Az MSc képzés programja

az egészségügyi mérnök,
a gazdaságinformatikus,
a mérnökinformatikus,
az űrmérnöki és
a villamosmérnöki
szakokon

Érvényes: 2023. február 1-től felmenő rendszerben

(V 5.1)

BUDAPEST, 2023

BME VILLAMOSMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

Tartalom

I. BEVEZETÉS 4

II. A TANTERVI KERETEK 6

II.1 Az egészségügyi mérnök mesterszak tantervi hálója 7

II.2 A gazdaságinformatikus mesterszak tantervi hálója 9

II.3 A mérnökinformatikus mesterszak tantervi hálója 11

II.4 Az űrmérnöki mesterszak tantervi hálója 13

II.5 A villamosmérnöki mesterszak tantervi hálója 15

III. EGÉSZSÉGÜGYI MÉRNÖK MESTERSZAK 17

III.1 Természettudományos alapismeretek 20

III.2 Gazdasági és humán ismeretek 24

III.3 Szakmai törzsanyag 27

III.4 Differenciált szakmai ismeretek 29

III.5 Szigorlat, diplomatervezés 35

III.6 Szabadon választható tantárgyak 36

IV. GAZDASÁGINFORMATIKUS MESTERSZAK 37

IV.1 Természettudományos alapismeretek 39

IV.2 Gazdasági és humán ismeretek 41

IV.3 Szakmai törzsanyag 44

IV.4 Specializációk 47

IV.4.1 Vállalatirányítási informatika specializáció (ETT) 48

IV.4.2 Gazdasági elemző informatika specializáció (TMIT) 54

IV.5 Kötelezően választható tantárgyak 61

IV.6 Szabadon választható tantárgyak 63

V. MÉRNÖKINFORMATIKUS MESTERSZAK 64

V.1 Természettudományos alapismeretek 66

V.1.1 Felsőbb matematika informatikusoknak 66

V.1.2 Közös tantárgyak 72

V.2 Gazdasági és humán ismeretek 79

V.3 Szakmai törzsanyag 81

V.3.1 Adattudomány és mesterséges intelligencia főspec. (MIT, TMIT) 82

V.3.2 Internetarchitektúra és felhőszolgáltatások főspecializáció (TMIT) 88

V.3.3 IT biztonság főspecializáció (HIT) 94

V.3.4 Szoftverfejlesztés (AUT) 99

V.3.5 Vizuális informatika főspecializáció (IIT) 104

V.3.6 Főspecializációk kötelezően választható (C-típusú) tantárgyai 109

V.4 Szakmai törzsanyag választható ismeretei 114

V.4.1 Mellékspecializációk 114

V.4.1.1 Energetikai informatika mellékspecializáció (VET) 115

V.4.1.2 Felhasználói élmény - UX és interakció mellékspecializáció (TMIT) 119

V.4.1.3 Felhő alapú elosztott rendszerek mellékspecializáció (IIT) 123

V.4.1.4 Kritikus rendszerek mellékspecializáció (MIT) 126

V.4.1.5 Kvantuminformatika mellékspecializáció (HIT) ... 129
V.4.1.6 Mobilszoftver-fejlesztés mellékspecializáció (AUT) ... 132
V.4.1.7 Számításelmélet mellékspecializáció (SZIT) ... 135
V.4.1.8 Szenzorrendszerek mellékspecializáció (EET-ETT) ... 138
V.4.2 Projekttantárgyak ... 141
V.5 Szabadon választható tantárgyak ... 147
VI. ŰRMÉRNÖKI MESTERSZAK ... 148
VI.1 Természettudományos ismeretek ... 150
VI.1.1 Felsőbb matematika űrmérnököknek ... 150
VI.1.2 Választható természettudományos tantárgyak ... 158
VI.2 Gazdasági és humán ismeretek ... 165
VI.3 Űrmérnöki szakmai ismeretek ... 168
VI.3.1 Kötelező tantárgyak ... 168
VI.3.2 Kötelezően választható tantárgyak ... 177
VI.4 Projekttantárgyak ... 184
VI.5 Szabadon választható tantárgyak ... 189
VII. VILLAMOSMÉRNÖKI MESTERSZAK ... 190
VII.1 Természettudományos alapismeretek ... 192
VII.1.1 Felsőbb matematika villamosmérnököknek ... 192
VII.1.2 Választható természettudományos ismeretek ... 197
VII.1.3 Közös tantárgyak ... 204
VII.2 Gazdasági és humán ismeretek ... 210
VII.3 Szakmai törzsanyag ... 212
VII.3.1 Elektronikai rendszerintegráció főspecializáció (EET-ETT) ... 213
VII.3.2 Intelligens beágyazott rendszerek főspecializáció (MIT) ... 219
VII.3.3 Intelligens hálózatok főspecializáció (HIT) ... 224
VII.3.4 Irányító és látórendszerek főspecializáció (IIT) ... 231
VII.3.5 Számítógép-alapú rendszerek főspecializáció (AUT) ... 236
VII.3.6 Vezetéknélküli kommunikációs rendszerek főspecializáció (HVT) ... 242
VII.3.7 Villamosenergia-rendszerek főspecializáció (VET) ... 247
VII.3.8 Főspecializációk kötelezően választható (C-típusú) tantárgyai ... 252
VII.4 Szakmai törzsanyag választható ismeretei ... 262
VII.4.1 Mellékspecializációk ... 262
VII.4.1.1 Akusztika és hangtechnika mellékspecializáció (HIT) ... 263
VII.4.1.2 Alkalmazott elektronika mellékspecializáció (AUT) ... 267
VII.4.1.3 Alkalmazott szenzorika mellékspecializáció (ETT) ... 272
VII.4.1.4 E-mobilitás mellékspecializáció (VET-VME) ... 276
VII.4.1.5 Épületvillamosság mellékspecializáció (VET-NF) ... 279
VII.4.1.6 FPGA alapú rendszerek mellékspecializáció (MIT) ... 283
VII.4.1.7 Nukleáris rendszertechnika mellékspecializáció (VIK-NTI) ... 286
VII.4.1.8 Okos város mellékspecializáció (TMIT) ... 291
VII.4.1.9 Rádiófrekvenciás zavarvédelem – EMC mellékspecializáció (HVT) ... 294
VII.4.1.10 Robotrendszerek mellékspecializáció (IIT) ... 297
VII.4.1.11 Zöld villamos energetika mellékspecializáció (EET-VET) ... 301
VII.4.2 Projekttantárgyak ... 304
VII.5 Szabadon választható tantárgyak ... 310

I. Bevezetés

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Villamosmérnöki és Informatikai Karán (VIK), 2006 tavaszán kidolgoztuk a mérnökinformatikus és villamosmérnöki MSc szakjaink azon változatának tantervi kereteit, amelyet a BSc programunk felfutását követően, 2009-ben indítottunk. A tantervi keretek jelenlegi formáját sorozatos egyeztetések és hangolások után 2008. május 8-án fogadta el határozatában a Kari Tanács. Megfogalmazásuknál törekedtünk arra, hogy a két szak tanterve lényegében azonos struktúrát kövessen, és ezáltal hallgatóink szakmai érdeklődésének kielégítése érdekében lehetőleg nagyfokú átjárhatóságot biztosító, de hatékonyan kiszolgálható programokhoz jussunk.

Az egészségügyi mérnök szak a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) és a Semmelweis Egyetem (SE) közös képzési programja. Magyarországon az első, átfogó oktatási forma, amelynek célja okleveles egészségügyi (orvosbiológiai) mérnök (MSc in Biomedical Engineering) diploma kiadása. A mesterszak indításáról a Kari Tanács 2007. november 17-i határozata döntött, tantervi kereteit a 2008. július 8-i határozatával fogadta el.

Az elsőként indított mesterszakok tapasztalatai alapján – alkalmazkodva a régiónkban jelentkező gazdaságinformatikai vonatkozású igényekhez – karunk 2009-ben harározta el a gazdaságinformatikus mesterképzés elindítását. Kari tanácsunk 2010. április 20-i határozatában fogadta el a a végleges tantervet és a tantárgyak részletes tematikáit, a képzés 2010. szeptemberétől került meghirdetésre.

2021-ben hozta létre és 2022 szeptemberétől indította el karunk az űrmérnöki mesterképzést.

A tantervi keretek felvázolását megelőzte a tanszékek kompetenciaterületeinek áttekintése, és az ún. kari kompetencia-térkép kialakítása. Gondolkodásunk fontos eleme volt, hogy képzéseink – lehetőség szerint – teljes spektrumúak legyenek, ezért minden, a Kar munkatársai által művelt terület az egyeztetések során teret kapott. Oktatási szempontból a kompetenciákat a mérnökinformatikus és a villamosmérnöki szakon belül hét szakmacsoportba rendeztük: (1) Beágyazott és robot rendszerek, (2) Infokommunikáció, (3) Információs rendszerek, (4) Informatikai rendszerek tervezése, (5) Mikroelektronika és elektronikai technológia, (6) Számításelmélet, (7) Villamos energetika. Ezek közül az első négy mindkét szakon érint témaköröket, a további három pedig csak az egyik, vagy a másik szakon megjelenőket érinti. Az egészségügyi mérnök szak egyetlen szakterülete (Orvosbiológiai mérnök) önálló szakmacsoportot (8) alkot, míg a gazdaságinformatikus képzésben két szakmacsoport került kialakításra: Komplex üzleti informatikai rendszerek (9) és Szolgáltatás-technológia (10). Végül az űrtechnológia (11) egy karokon átívelő szakterületet képez. A szakmacsoportokon belül a tanszékek kompetenciáik minél szélesebb körű felvonultathatósága érdekében lehetőséget kaptak – méretüktől és egyéb feladataiktól függően - legalább egy MSc specializáció önálló megfogalmazására. A tanszékenként különálló specializációs programok értelmét az adja, hogy a hallgatók tanulmányaikat egy-egy tanszék „munkatársaiként" végzik, tanulmányaik szerves része a tanszék szakmai tevékenységeiben, projektjeiben való részvétel.

A VIK Kari Tanácsa elfogadta az MSc képzés tantervének kereteit, és a specializációk célkitűzéseit és kimeneti követelményeit. 2006 őszén a tanszékek – első változatban – kidolgozták a mérnökinformatikus és a villamosmérnöki képzés közös, valamint specializáció-tantárgyait. Ez az első összefoglaló dokumentum az MSc képzés programja címmel 2007 januárjában jelent meg. Az első elképzelésnek a kiegészítése és pontosítása zajlott 2007-ben és 2008 első felében. Az egészségügyi mérnökképzés tantervi kereteit a Kari Tanács 2008. július 8-i határozatával fogadta el, a gazdaságinformatikus képzés tantervének és tantáryainak elfogadására 2010. április 20-án került sor. Jelen összeállítás ennek a munkafolyamatnak az összefoglalása, az Villamosmérnöki és Informatikai Kar mesterképzésének programja egységes szerkezetbe foglalva. Ezt az összeállítást szeretnénk felhasználni (1) előzetes, kölcsönös referenciaként a további részletek kidolgozása során, (2) ennek közreadásával kérünk véleményt, kritikát, tanácsot szakmánk prominenseitől, továbbá (3) ennek segítségével tájékoztatnánk a képzésünk iránt érdeklődőket.

2022 nyarán teljes tanterv-felülvizsgálat történt a karon, mesterképzéseink programjai megújultak, szakmailag frissítésre kerültek – az új tantervek 2023 februárjától kerülnek indításra.

A dokumentum első részében az öt szak tantervi hálóit, és a szakmacsoportok szerinti rendeződést mutatjuk be az általános orientálódás segítésére. Az ezt követő fő fejezetek már szakok szerinti bontásban mutatják be a képzésben szereplő főbb tantárgycsoportok elemeit és magukat a specializációkat. A specializációk szakmai tartalmát minimálisan 5 kötelező szaktárgy és tematikus laborok fedik le, az önálló laboratórium és a diplomatervezés a készségfejlesztést és az ehhez tartozó ismeretszerzést szolgálja. A specializációkhoz kötelezően választható, azaz előírt tantárgyválasztékból származó tantárgyak is tartozhatnak, amelyek a specializáció egy-egy fontos részterületén való jártasság megszerzését vagy elmélyítését szolgálják.

A magyarországi felsőoktatás terminológiájában változás történt, amely szerint

„Egyes szakokon a képzés során önálló szakképzettséget nem adó specializációk választhatók. Ezekről az intézmények tájékoztató jellegű információt adhatnak, indításuk intézményi feltételektől függ. A specializáció főszabályként kizárólag az oklevél záradékában tüntethető fel, a szakképzettség megnevezésében nem.”

Mivel a képzéseinkben megjelenő differenciált szakmai blokkok a fenti definíciónak felelnek meg, korábbi „szakirány” elnevezéseinket ezzel összhangban „specializációra” változtattuk.

Odaadó munkájáért köszönetemet fejezem ki a Villamosmérnöki és Informatikai Kar tanszékei

Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék (AUT)
Elektronikus Eszközök Tanszéke (EET)
Elektronikai Technológia Tanszék (ETT)
Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék (HIT) – korábban Híradástechnikai Tanszék
Irányítástechnika és Informatika Tanszék (IIT)
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék (MIT)
Számítástudományi és Információelméleti Tanszék (SzIT)
Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék (HVT)
Távközlési és Médiainformatikai Tanszék (TMIT)
Villamos Energetika Tanszék (VET)

továbbá a beoktató társkarok és társintézmények

BME Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar (GTK)
- Filozófia és Tudománytörténet Tanszék (GTK FTT)
- Menedzsment és Vállalkozásgazdaságtan Tanszék (GTK MVT)
- Pénzügyek Tanszék (GTK PT)
- Üzleti Jog Tanszék (GTK ÜJT)

BME Természettudományi Kar (TTK)
- Matematikai Intézet (TTK MI)
- Fizikai Intézet (TTK FI)

BME Építőmérnöki Kar (EMK)
BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar (KJK)
BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar (VBK)
Semmelweis Egyetem (SE)

vezetőinek és valamennyi közreműködő munkatársának.

Budapest, 2023. július 28.

Dr. Charaf Hassan
dékán

A dokumentumot összeállította: Tevesz Gábor

II. A tantervi keretek

Mind az öt mesterszakunk tantervi hálója két változatban készült el annak érdekében, hogy a tanulmányok a tavaszi és az őszi félévben is megkezdhetőek legyenek, de a tantárgyakat – kevés kivétellel – ne kelljen mindkét félévben meghirdetni. Ezzel biztosítani tudjuk, hogy a BSc képzést 7 (ill. páratlan számú) félév alatt teljesítő hallgatók félévkihagyás nélkül megkezdjék MSc tanulmányaikat.

A tanulmányaikat a tavaszi félévben megkezdő hallgatók mintatantervének féléveit 1-től 4-ig sorszámoztuk. Ugyanez a számozás az őszi félévben induló képzésnél 0-tól 3-ig terjed, ily módon valamennyi tavaszi félévet páratlan, valamennyi őszi félévet páros szám jelöl. A tantárgyakat igyekeztünk a különböző félévekben induló, de egyébként azonos szakon zajló képzések esetében úgy elhelyezni, hogy egy-egy tantárgy lehetőleg csak páros, vagy csak páratlan félévben forduljon elő. Ezzel elérhető lett az a racionális cél, hogy az adott tantárgyat mindkét képzés számára csak évente egyetlen alkalommal (vagy tavasszal, vagy ősszel) kelljen meghirdetni. Amennyiben ugyanaz a tantárgy nem azonos sorszámú, de azonos párosságú félévben fordul elő a két mintatantervben (pl. 0 és 2), a fentiek alapján azt jelenti, hogy a tantárgynak a többi tantárgyhoz viszonyított helyzete („a tantárgyak sorrendje”) megváltozik ugyan a kétféle kezdés szerinti képzés mintatanterveiben, a tantárgy mégis közösen tartható meg a kétféle képzés (eltérő évfolyamai) számára.

Minden tantárgy bemutatásánál a következő tájékoztató jelölésrendszert alkalmazzuk:

Tantárgy címe

(Tantárgykód, szemeszter - őszi kezdés: kezdés x., tavaszi kezdés: y., e/g/l/szk/kr kredit, Tanszék)

ahol:

- **Tantárgykód**: a tantárgy Neptun kódja, egyben link a tantárgy adatlapjára
- **Szemeszter**: mintatanterv szerinti haladás esetén
  - **őszi kezdés** esetén a tantárgyat az x. félévben,
  - **tavaszi kezdés** esetén az y. félévben kell felvenni.
- **e/g/l/sz/kr**: heti előadás, gyakorlat, labor óraszám, számonkérés módja (félévközi jegyes vagy vizsgás), a tantárgy kreditszáma
- **Tanszék**: a tantárgyat felkínáló tanszék kari szokások szerinti rövidített jelölése

A következő alfejezetekben a mesterképzési szakok mintatanterveit (ún. tantervi kereteit) mutatjuk be áttekintő jelleggel. Az egyes tantárgycsoportokban kötelező, kötelezően választható és szabadon választható tantárgyak is előfordulnak, ezek számát és kreditkorlátait az MSc képzés Képzési és kimeneti követelményei szabályozzák. Utóbbiról az egyes szakokat tárgyaló fejezetek elején adunk kivonatos áttekintést.

II.1 Az egészségügyi mérnök mesterszak tantervi hálója

a) Kezdés a tavaszi félévben (1)

	Tantárgynév	Szemeszter					
		1	2	3	4	Típ.	ZV
Természettudományos alapismeretek (22 kredit)							
1	Molekuláris biológia			2/2/0/v/**5**		K	
2	Biofizika	2/2/0/v/**5**				K	
3a	Rendszerélettani alapism. (műszaki alapk.-nek)		3/0/2/v/**6**			K	
3b	Matematika (orvosi alapk.-nek)	3/3/0/v/**7**				K	
4a	Funkcionális anatómia (műszaki alapk.-nek)	4/0/1/v/**6**				K	
4b	Fizika1 (orvosi alapk.-nek)		2/2/0/v/**5**			K	
További alapozó ismeretek (10 kredit)							
5	Folyamatszabályozás		2/2/0/v/**5**			K	ZV
6	Biomechanika			2/2/0/v/**5**		K	ZV
Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)							
7	Minőségmenedzsment			2/0/0/f/**2**		K	
8	Az orvostud. kutatások etikai kérdései	3/0/0/v/**4**				K	
9	Köt. vál. gazd. és humán ism.				2/1/0/v/**4**	KV	
Szakmai törzsanyag (20 kredit)							
10	Klinikai műsz. diagnosztika és terápia				2/2/0/v/**5**	K	ZV
11	Műszaki biológiai rendsz. elm	2/2/0/f/**5**				K	ZV
12	Orvosbiológiai méréstechnika		2/2/0/f/**5**			K	ZV
13	Orvosbiológiai sz.gépes gyak.			0/0/4/f/**5**		K	
Differenciált szakmai ismeretek (22 kredit)							
14	Önálló munka	0/0/4/f/**6**	0/0/4/f/**6**			KV	
15	Köt. vál. szakmai tantárgyak 1		2/2/0/v/**5**			KV	
16	Köt. vál. szakmai tantárgyak 2				2/2/0/v/**5**	KV	
Diplomatervezés (30 kredit)							
17	Szigorlat			0/0/0/sz/**0**			
18	Diplomatervezés			0/10/0/f/**15**	0/10/0/f/**15**	KV	
Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)							
19	Szabadon választható tantárgyak	2/1/0/v/**3**	2/1/0/v/**3**			SZV	
Kritérium tantárgy (0 kredit)							
20	Szakmai gyakorlat	4 hét/a/**0**				KV	
	Összes heti óra (műsz./orv.)	23/24	24/23	24	21		
	Összes kredit (műsz./orv.)	29/30	30/29	32	29		
	Vizsgaszám	3	3	2+sz	3		

K: kötelező, **KV:** kötelezően választható, **SZV:** szabadon választható

A záróvizsga tantárgy a **ZV** jelölésű halmazból választandó.

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

b) Kezdés az őszi félévben (0)

	Tantárgynév	Szemeszter					
		0	1	2	3	Típ.	ZV
Természettudományos alapismeretek (22 kredit)							
1	Molekuláris biológia		2/2/0/v/**5**			K	
2	Biofizika		2/2/0/v/**5**			K	
3a	Rendszerélettani alapism. (műszaki alapk.-nek)			3/0/2/v/**6**		K	
3b	Matematika (orvosi alapk.-nek)		3/3/0/v/**7**			K	
4a	Funkcionális anatómia (műszaki alapk.-nek)		4/0/1/v/**6**			K	
4b	Fizika1 (orvosi alapk.-nek)			2/2/0/v/**5**		K	
További alapozó ismeretek (10 kredit)							
5	Folyamatszabályozás	2/2/0/v/**5**				K	ZV
6	Biomechanika				2/2/0/v/**5**	K	ZV
Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)							
7	Minőségmenedzsment				2/0/0/f/**2**	K	
8	Az orvostud. kutatások etikai kérdései				3/0/0/v/**4**	K	
9	Köt. vál. gazd. és humán ism.			2/1/0/v/**4**		KV	
Szakmai törzsanyag (20 kredit)							
10	Klinikai műsz. diagnosztika és terápia			2/2/0/v/**5**		K	ZV
11	Műszaki biológiai rendsz. elm		2/2/0/f/**5**			K	ZV
12	Orvosbiológiai méréstechnika	2/2/0/f/**5**				K	ZV
13	Orvosbiológiai sz.gépes gyak.				0/0/4/f/**5**	K	
Differenciált szakmai ismeretek (22 kredit)							
14	Önálló munka	0/0/4/f/**6**	0/0/4/f/**6**			KV	
15	Köt. vál. szakmai tantárgyak 1	2/2/0/v/**5**				KV	
16	Köt. vál. szakmai tantárgyak 2		2/2/0/v/**5**			KV	
Diplomatervezés (30 kredit)							
17	Szigorlat			0/0/0/sz/**0**			
18	Diplomatervezés			0/10/0/f/**15**	0/10/0/f/**15**	KV	
Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)							
19	Szabadon választható tantárgyak	2/1/0/v/**3** 2/1/0/v/**3**				SZV	
Kritérium tantárgy (0 kredit)							
20	Szakmai gyakorlat	4 hét/a/**0**				KV	
	Összes heti óra (műsz./orv.)	22	25/26	22/21	23		
	Összes kredit (műsz./orv.)	27	32/33	30/29	31		
	Vizsgaszám	2	4	3+sz	2		

K: kötelező, **KV:** kötelezően választható, **SZV:** szabadon választható

A záróvizsga tantárgy a **ZV** jelölésű halmazból választandó.

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

II.2 A gazdaságinformatikus mesterszak tantervi hálója

a) Kezdés a tavaszi félévben (1)

	Tárgynév	Szemeszter			
		1	2	3	4
Természettudományos alapismeretek (10 kredit)					
1	Matematikai statisztika		3/0/1/v/**5**		
2	Operációkutatás gazdaságinformatikusoknak	3/1/0/v/**5**			
Gazdasági és humán ismeretek (16 kredit)					
3	Számvitel		3/1/0/v/**5**		
4	Kontrolling			3/1/0/v/**5**	
5	E-jog			2/0/0/f/**3**	
6	Projektmenedzsment				2/0/0/f/**3**
Szakmai törzsanyag (20 kredit)					
7	Pénzügyek		3/1/0/v/**5**		
8	Adatbiztonság a gazdaságinformatikában		3/1/0/f/**5**		
9	Hálózatba kapcsolt adatbázisok			3/1/0/v/**5**	
10	Adatbányászati technikák	3/1/0/f/**5**			
Specializáció: Vállalatirányítási informatika (24 kredit) – magyar nyelven					
11v	Integrált vállalatirányítási rendszerek	3/0/1/v/**6**			
12v	Vállalatirányítási rendszerek konfigurációja			3/0/2/v/**7**	
13v	Vállalatgazdaságtan				3/0/0/v/**4**
14v	Vállalati alkalmazások integrációja		3/0/2/v/**7**		
Specializáció: Gazdasági elemző informatika (24 kredit) – angol nyelven					
11g	Üzleti és pénzügyi elemzési módszerek	3/0/1/v/**6**			
12g	Ügyfélanalitika			3/0/1/v/**6**	
13g	Média- és szövegbányászat		3/0/1/v/**6**		
14g	Kockázatelemzés és -kezelés				3/0/1/v/**6**
Választható tantárgyak (10 kredit)					
15	Kötelezően választható tantárgy	4/0/0/v/**4**			
16	Szabadon vál. tantárgy 1.	4/0/0/v/**4**			
17	Szabadon vál. tantárgy 2.	2/0/0/f/**2**			
Önálló laboratórium és diplomatervezés (40 kredit) - specializációkhoz rendelve					
18	Önálló laboratórium 1.	0/0/3/f/**5**			
19	Önálló laboratórium 2.		0/0/3/f/**5**		
20	Diplomatervezés 1.			0/5/0/f/**10**	
21	Diplomatervezés 2.				0/10/0/f/**20**
Kritérium tantárgy (0 kredit) - specializációkhoz rendelve					
22	Szakmai gyakorlat	6 hét/a/**0**			

v	**Összes heti óraszám**	25	24	20	15
	Előadás/gyakorlat/labor óraszám	19 / 2 / 4	15 / 3 / 6	11 / 7 / 2	5 / 10 / 0
	Összes kredit-pontszám	**31**	**32**	**30**	**27**
	Vizsgaszám	4	4	3	1
g	**Összes heti óraszám**	25	23	19	16
	Előadás/gyakorlat/labor óraszám	19 / 2 / 4	15 / 3 / 5	11 / 7 / 1	5 / 10 / 1
	Összes kredit-pontszám	**31**	**31**	**29**	**29**
	Vizsgaszám	4	4	3	1

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

b) Kezdés az őszi félévben (0)

	Tárgynév	Szemeszter			
		0	1	2	3
Természettudományos alapismeretek (10 kredit)					
1	Matematikai statisztika	3/0/1/v/**5**			
2	Operációkutatás gazdaságinformatikusoknak		3/1/0/v/**5**		
Gazdasági és humán ismeretek (16 kredit)					
3	Számvitel	3/1/0/v/**5**			
4	Kontrolling				3/1/0/v/**5**
5	E-jog				2/0/0/f/**3**
6	Projektmenedzsment			2/0/0/f/**3**	
Szakmai törzsanyag (20 kredit)					
7	Pénzügyek	3/1/0/v/**5**			
8	Adatbiztonság a gazdaságinformatikában	3/1/0/f/**5**			
9	Hálózatba kapcsolt adatbázisok		3/1/0/v/**5**		
10	Adatbányászati technikák		3/1/0/f/**5**		
Specializáció: Vállalatirányítási informatika (24 kredit) – magyar nyelven					
11v	Integrált vállalatirányítási rendszerek		3/0/1/v/**6**		
12v	Vállalatirányítási rendszerek konfigurációja		3/0/2/v/**7**		
13v	Vállalatgazdaságtan			3/0/0/v/**4**	
14v	Vállalati alkalmazások integrációja			3/0/2/v/**7**	
Specializáció: Gazdasági elemző informatika (24 kredit) – angol nyelven					
11g	Üzleti és pénzügyi elemzési módszerek		3/0/1/v/**6**		
12g	Ügyfélanalitika		3/0/1/v/**6**		
13g	Média- és szövegbányászat			3/0/1/v/**6**	
14g	Kockázatelemzés és -kezelés			3/0/1/v/**6**	
Választható tantárgyak (10 kredit)					
15	Kötelezően választható tantárgy	4/0/0/v/**4**			
16	Szabadon vál. tantárgy 1.			4/0/0/v/**4**	
17	Szabadon vál. tantárgy 2.	2/0/0/f/**2**			
Önálló laboratórium és diplomatervezés (40 kredit) - specializációkhoz rendelve					
18	Önálló laboratórium 1.	0/0/3/f/**5**			
19	Önálló laboratórium 2.		0/0/3/f/**5**		
20	Diplomatervezés 1.			0/5/0/f/**10**	
21	Diplomatervezés 2.				0/10/0/f/**20**
Kritérium tantárgy (0 kredit) - specializációkhoz rendelve					
22	Szakmai gyakorlat	6 hét/a/**0**			

v	**Összes heti óraszám**	25	24	19	16
	Előadás/gyakorlat/labor óraszám	18 / 3 / 4	15 / 3 / 6	12 / 5 / 2	5 / 11 / 0
	Összes kredit-pontszám	**31**	**33**	**28**	**28**
	Vizsgaszám	4	4	3	1
g	**Összes heti óraszám**	25	23	19	16
	Előadás/gyakorlat/labor óraszám	18 / 3 / 4	15 / 3 / 5	12 / 5 / 2	5 / 11 / 0
	Összes kredit-pontszám	**31**	**32**	**29**	**28**
	Vizsgaszám	4	4	3	1

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

II.3 A mérnökinformatikus mesterszak tantervi hálója

a) Kezdés a tavaszi félévben (1)

	Tárgynév	Szemeszter			
		1	2	3	4
Természettudományos alapismeretek (20 kredit)					
1	Felsőbb matematika informatikusoknak	4/0/0/v/**5**	4/0/0/v/**5**		
2	Közös tantárgyak	3/0/0/f/**5**	3/0/0/f/**5**		
Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)					
3	Mérnöki menedzsment[1]				4/0/0/v/**4**
4	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 1	2/0/0/f/**2**			
5	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 2	2/0/0/f/**2**			
6	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 3		2/0/0/f/**2**		
Szakmai törzsanyag kötelező ismeretkörei (30 kredit)					
7	Főspecializáció A1 tantárgy	2/1/0/v/**5**			
8	Főspecializáció A1 labor		0/0/3/f/**5**		
9	Főspecializáció A2 tantárgy		2/1/0/v/**5**		
10	Főspecializáció A2 labor			0/0/3/f/**5**	
11	Főspecializáció B tantárgy			2/1/0/v/**5**	
12	Főspecializáció C tantárgy (vál.)			2/1/0/v/**5**	
Szakmai törzsanyag köt. választható ismeretkörei (54 kredit)					
13	Mellékspecializáció A tantárgy	2/1/0/v/**5**			
14	Mellékspecializáció A labor			0/0/3/f/**4**	
15	Mellékspecializáció B tantárgy		2/1/0/v/**5**		
16	Önálló laboratórium	0/0/3/f/**5**	0/0/3/f/**5**		
17	Diplomatervezés			0/3/0/f/**10**	0/7/0/f/**20**
Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)					
18	Szabadon választható tantárgy[2]			2/0/0/f/**2**	
19	Szabadon választható tantárgy[2]				2/0/0/f/**2**
20	Szabadon választható tantárgy[2]				2/0/0/f/**2**
Kritérium tantárgy (0 kredit)					
21	Szakmai gyakorlat	6 hét/a/**0**			

Összes heti óraszám	20	21	17	15
Előadás/gyakorlat/labor óraszám	15 / 2 / 3	13 / 2 / 6	6 / 5 / 6	8 / 7 / 0
Összes kredit-pontszám	**29**	**32**	**31**	**28**
Vizsgaszám	3	3	2	1

[1] A Mérnöki menedzsment c. tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.
[2] A szabadon választható tantárgyak bármilyen kreditszámmal felvehetők, min. 6 kreditnyi teljesítendő a képzés során

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

Összesítés: ea / gyak / lab: 42 / 16 / 15 = 73 óra (ea / gyak+lab = 42 / 31 = 57,5% / 42,5%)

b) Kezdés az őszi félévben (0)

	Tárgynév	Szemeszter			
		0	**1**	**2**	**3**
Természettudományos alapismeretek (20 kredit)					
1	Felsőbb matematika informatikusoknak	4/0/0/v/**5**	4/0/0/v/**5**		
2	Közös tantárgyak	3/0/0/f/**5**	3/0/0/f/**5**		
Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)					
3	Mérnöki menedzsment[1]	4/0/0/v/**4**			
4	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 1	2/0/0/f/**2**			
5	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 2	2/0/0/f/**2**			
6	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 3		2/0/0/f/**2**		
Szakmai törzsanyag kötelező ismeretkörei (30 kredit)					
7	Főspecializáció A1 tantárgy		2/1/0/v/**5**		
8	Főspecializáció A1 labor			0/0/3/f/**5**	
9	Főspecializáció A2 tantárgy	2/1/0/v/**5**			
10	Főspecializáció A2 labor		0/0/3/f/**5**		
11	Főspecializáció B tantárgy				2/1/0/v/**5**
12	Főspecializáció C tantárgy (vál.)			2/1/0/v/**5**	
Szakmai törzsanyag köt. választható ismeretkörei (54 kredit)					
13	Mellékspecializáció A tantárgy		2/1/0/v/**5**		
14	Mellékspecializáció A labor				0/0/3/f/**4**
15	Mellékspecializáció B tantárgy			2/1/0/v/**5**	
16	Önálló laboratórium	0/0/3/f/**5**	0/0/3/f/**5**		
17	Diplomatervezés			0/3/0/f/**10**	0/7/0/f/**20**
Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)					
18	Szabadon választható tantárgy[2]	2/0/0/f/**2**			
19	Szabadon választható tantárgy[2]			2/0/0/f/**2**	
20	Szabadon választható tantárgy[2]			2/0/0/f/**2**	
Kritérium tantárgy (0 kredit)					
21	Szakmai gyakorlat	6 hét/a/**0**			

Összes heti óraszám	23	21	16	13
Előadás/gyakorlat/labor óraszám	19 / 1 / 3	13 / 2 / 6	8 / 5 / 3	2 / 8 / 3
Összes kredit-pontszám	**30**	**32**	**29**	**29**
Vizsgaszám	3	3	2	1

[1] A Mérnöki menedzsment c. tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.
[2] A szabadon választható tantárgyak bármilyen kreditszámmal felvehetők, min. 6 kreditnyi teljesítendő a képzés során

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

Összesítés: ea / gyak / lab: 42 / 16 / 15 = 73 óra (ea / gyak+lab = 42 / 31 = 57,5% / 42,5%)

II.4 Az űrmérnöki mesterszak tantervi hálója

a) Kezdés a tavaszi félévben (1)

	Tárgynév	Szemeszter			
		1	2	3	4
Természettudományos ismeretek (22 kredit)					
1	Választható felsőbb matematika tantárgy	4/0/0/v/**5**			
2	Fizika űrmérnököknek	2/1/0/f/**4**			
3	Anyagtudomány		2/1/0/f/**4**		
4	Űrkörnyezet		2/1/0/v/**4**		
5	Választható természettudományos tantárgy		3/1/0/v/**5**		
Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)					
7	Komplex űrberendezések fejlesztésének koordinálása	1/1/0/f/**3**			
8	Hazai űrtevékenység és nemzetközi környezete		2/0/0/f/**3**		
6	Mérnöki menedzsment		4/0/0/v/**4**		
Űrmérnöki szakmai ismeretek (82 kredit)					
9	Űrkommunikáció	2/1/0/v/**4**			
10	Űrkutatás és űrtechnológia	2/2/0/f/**4**			
11	Űrrendszerek tervezése		2/2/0/v/**4**		
12	Űrnavigáció			2/1/0/v**4**	
13	Űreszközök pályái és földi állomások	2/1/0/v/**4**			
14	Megbízhatóság és minőségbiztosítás az űrtechnológiában			2/1/0/v/**4**	
15	Műholdas rendszerek és távérzékelés			2/1/0/v/**4**	
16	Űrtechnológia laboratórium		0/0/4/f/**4**	0/0/4/f/**4**	
17	Kötelezően választható tantárgy			2/2/0/f/**4**	2/2/0/f/**4**
14	Projektlaboratórium	0/0/3/f/**4**	0/0/3/f/**4**		
15	Diplomatervezés			0/5/0/f/**10**	0/10/0/f/**20**
Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)					
16	Szabadon választható tantárgy	2/0/0/f/**2**			2/0/0/f/**2** 2/0/0/f/**2**
Kritérium tantárgy (0 kredit)					
17	Szakmai gyakorlat	4 hét/a/**0**			

Összes heti óraszám	24	27	22	18
Előadás/gyakorlat/labor óraszám	15 / 6 / 3	15 / 5 / 7	8 / 10 / 4	6 / 12 / 0
Összes kredit-pontszám	**30**	**32**	**30**	**28**
Vizsgaszám	3	3	3	0

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

Összesítés: ea / gyak / lab: 44 / 33 / 14 = 91 óra (ea / gyak+lab = 44 / 47 = 48,3% / 51,7%)

b) Kezdés az őszi félévben (0)

	Tárgynév	Szemeszter			
		0	**1**	**2**	**3**
Természettudományos ismeretek (22 kredit)					
1	Választható felsőbb matematika tantárgy		4/0/0/v/**5**		
2	Fizika űrmérnököknek		2/1/0/f/**4**		
3	Anyagtudomány	2/1/0/f/**4**			
4	Űrkörnyezet	2/1/0/v/**4**			
5	Választható természettudományos tantárgy	3/1/0/v/**5**			
Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)					
7	Komplex űrberendezések fejlesztésének koordinálása		1/1/0/f/**3**		
8	Hazai űrtevékenység és nemzetközi környezete	2/0/0/f/**3**			
6	Mérnöki menedzsment	4/0/0/v/**4**			
Űrmérnöki szakmai ismeretek (82 kredit)					
9	Űrkommunikáció		2/1/0/v/**4**		
10	Űrkutatás és űrtechnológia		2/2/0/f/**4**		
11	Űrrendszerek tervezése	2/2/0/v/**4**			
12	Űrnavigáció				2/1/0/v**4**
13	Űreszközök pályái és földi állomások		2/1/0/v/**4**		
14	Megbízhatóság és minőségbiztosítás az űrtechnológiában				2/1/0/v/**4**
15	Műholdas rendszerek és távérzékelés				2/1/0/v/**4**
16	Űrtechnológia laboratórium		0/0/4/f/**4**	0/0/4/f/**4**	
17	Kötelezően választható tantárgy			2/2/0/f/**4** 2/2/0/f/**4**	
14	Projektlaboratórium	0/0/3/f/**4**	0/0/3/f/**4**		
15	Diplomatervezés			0/5/0/f/**10**	0/10/0/f/**20**
Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)					
16	Szabadon választható tantárgy			2/0/0/f/**2** 2/0/0/f/**2** 2/0/0/f/**2**	
Kritérium tantárgy (0 kredit)					
17	Szakmai gyakorlat	4 hét/a/**0**			

Összes heti óraszám	23	26	23	19
Előadás/gyakorlat/labor óraszám	15 / 5 / 3	13 / 6 / 7	10 / 9 / 4	6 / 13 / 0
Összes kredit-pontszám	**28**	**32**	**28**	**32**
Vizsgaszám	3	3	0	3

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

Összesítés: ea / gyak / lab: 44 / 33 / 14 = 91 óra (ea / gyak+lab = 44 / 47 = 48,3% / 51,7%)

II.5 A villamosmérnöki mesterszak tantervi hálója

a) Kezdés a tavaszi félévben (1)

	Tárgynév	Szemeszter			
		1	2	3	4
Természettudományos alapismeretek (20 kredit)					
1	Felsőbb matematika villamosmérnököknek	4/0/0/v/**5**	4/0/0/v/**5**		
2	Választható term. tud. tantárgy		3/1/0/v/**5**		
3	Közös tantárgy	3/0/0/v/**5**			
Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)					
4	Mérnöki menedzsment[1]				4/0/0/v/**4**
5	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 1	2/0/0/f/**2**			
6	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 2	2/0/0/f/**2**			
7	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 3				2/0/0/f/**2**
Szakmai törzsanyag kötelező ismeretkörei (30 kredit)					
8	Főspecializáció A1 tantárgy	2/1/0/v/**5**			
9	Főspecializáció A1 labor		0/0/3/f/**5**		
10	Főspecializáció A2 tantárgy		2/1/0/v/**5**		
11	Főspecializáció A2 labor			0/0/3/f/**5**	
12	Főspecializáció B tantárgy			2/1/0/v/**5**	
13	Főspecializáció C tantárgy (vál.)			2/1/0/v/**5**	
Szakmai törzsanyag köt. választható ismeretkörei (54 kredit)					
14	Mellékspecializáció A tantárgy	2/1/0/v/**5**			
15	Mellékspecializáció A labor			0/0/3/f/**4**	
16	Mellékspecializáció B tantárgy		2/1/0/v/**5**		
17	Önálló laboratórium	0/0/3/f/**5**	0/0/3/f/**5**		
18	Diplomatervezés			0/3/0/f/**10**	0/7/0/f/**20**
Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)					
19	Szabadon választható tantárgy[2]			2/0/0/f/**2**	
20	Szabadon választható tantárgy[2]				2/0/0/f/**2**
21	Szabadon választható tantárgy[2]				2/0/0/f/**2**
Kritérium tantárgy (0 kredit)					
22	Szakmai gyakorlat	4 hét/a/**0**			

Összes heti óraszám	20	20	17	17
Előadás/gyakorlat/labor óraszám	15 / 2 / 3	11 / 3 / 6	6 / 5 / 6	10 / 7 / 0
Összes kredit-pontszám	**29**	**30**	**31**	**30**
Vizsgaszám	4	4	2	1

[1] A Mérnöki menedzsment c. tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.
[2] A szabadon választható tantárgyak bármilyen kreditszámmal felvehetők, min. 6 kreditnyi teljesítendő a képzés során

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

Összesítés: ea / gyak / lab: 42 / 17 / 15 = 74 óra (ea / gyak+lab = 42 / 32 = 56,8% / 43,2%)

b) Kezdés az őszi félévben (0)

	Tárgynév	Szemeszter			
		0	1	2	3
Természettudományos alapismeretek (20 kredit)					
1	Felsőbb matematika villamosmérnököknek	4/0/0/v/**5**	4/0/0/v/**5**		
2	Választható term. tud. tantárgy	3/1/0/v/**5**			
3	Közös tantárgy		3/0/0/v/**5**		
Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)					
4	Mérnöki menedzsment[1]			4/0/0/v/**4**	
5	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 1	2/0/0/f/**2**			
6	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 2	2/0/0/f/**2**			
7	Köt. vál. gazd. hum. tantárgy 3				2/0/0/f/**2**
Szakmai törzsanyag kötelező ismeretkörei (30 kredit)					
8	Főspecializáció A1 tantárgy		2/1/0/v/**5**		
9	Főspecializáció A1 labor			0/0/3/f/**5**	
10	Főspecializáció A2 tantárgy	2/1/0/v/**5**			
11	Főspecializáció A2 labor		0/0/3/f/**5**		
12	Főspecializáció B tantárgy				2/1/0/v/**5**
13	Főspecializáció C tantárgy (vál.)			2/1/0/v/**5**	
Szakmai törzsanyag köt. választható ismeretkörei (54 kredit)					
14	Mellékspecializáció A tantárgy		2/1/0/v/**5**		
15	Mellékspecializáció A labor				0/0/3/f/**4**
16	Mellékspecializáció B tantárgy	2/1/0/v/**5**			
17	Önálló laboratórium	0/0/3/f/**5**	0/0/3/f/**5**		
18	Diplomatervezés			0/3/0/f/**10**	0/7/0/f/**20**
Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)					
19	Szabadon választható tantárgy[2]			2/0/0/f/**2**	
20	Szabadon választható tantárgy[2]			2/0/0/f/**2**	
21	Szabadon választható tantárgy[2]			2/0/0/f/**2**	
Kritérium tantárgy (0 kredit)					
22	Szakmai gyakorlat	4 hét/a/**0**			

Összes heti óraszám	21	19	19	15
Előadás/gyakorlat/labor óraszám	15 / 3 / 3	11 / 2 / 6	12 / 4 / 3	4 / 8 / 3
Összes kredit-pontszám	**29**	**30**	**30**	**31**
Vizsgaszám	4	4	2	1

[1] A Mérnöki menedzsment c. tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.
[2] A szabadon választható tantárgyak bármilyen kreditszámmal felvehetők, min. 6 kreditnyi teljesítendő a képzés során

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

Összesítés: ea / gyak / lab: 42 / 17 / 15 = 74 óra (ea / gyak+lab = 42 / 32 = 56,8% / 43,2%)

III. Egészségügyi mérnök mesterszak

A képzés célja olyan interdiszciplináris elméleti és gyakorlati ismeretekkel, valamint alkalmazási készséggel rendelkező mérnökök képzése, akik műszaki, informatikai, orvosi vagy természettudományos alaptudásukat kiegészítve, az elméleti és a gyakorlati jellegű egészségügyi mérnöki tevékenységek rendkívül széles területén alkalmazhatók. Az egészségügyi mérnökök az élő- és élettelen természettudományos, műszaki, gazdasági és humán ismereteik, továbbá az ezekhez kapcsolódó készségeik révén, szakterületükön tervezői és kutatási-fejlesztési feladatok ellátására, egészségügyi és műszaki szakemberekből álló csoportok kutató, fejlesztő és alkalmazói munkájában való közreműködésre, megfelelő gyakorlat után ilyen csoportok önálló irányítására alkalmasak. A mesterdiploma megszerzése feljogosít a doktori képzésben való részvételre.
Az orvosbiológiai mérnökképzés (biomedical engineering) az 1970-es években jelent meg önálló szakként a világban, eleinte elsősorban az Egyesült Államokban. Jelenleg a világban több mint 300 orvosbiológiai mérnökképzési program létezik, ebből csaknem 100 Európában. A Budapesti Műszaki Egyetemen az 1970-es években Orvosbiológiai méréstechnika szakmérnöki szak indult. 1995-ben orvosbiológiai mérnökképzés indult a Budapesti Műszaki Egyetem, a Semmelweis Orvostudományi Egyetem és az Állatorvostudományi Egyetem részvételével, gesztorintézmény a BME Villamosmérnöki Kar. Az országban jelenleg egyedüliként ezen a szakon történik egészségügyi (2002 előtt orvosbiológiai) mérnökök képzése, 2007-ig több mint 200 diploma került kiadásra.

Felvétel az egészségügyi mérnök mesterszakra: A mesterképzésre felvételt nyerni csak meglevő diploma birtokában lehet. A mesterképzésbe történő belépés előzményeként egyetlen szak sem vehető figyelembe teljes kreditérték beszámítással, mivel ezen a szakon jelenleg alapképzés nem folyik. Elsősorban az alábbi szakokon diplomát szerzettek jelentkezését várjuk: villamosmérnöki, biomérnöki, gépészmérnöki, szerkezetépítőmérnöki, mérnökinformatikus, programtervező informatikus, gazdaságinformatikus, orvosi laboratóriumi és képalkotó diagnosztikai analitikus, biológia, fizika, kémia (BSc) alapképzési szakok, valamint az orvos, fogorvos és gyógyszerész egységes, osztatlan mesterképzési szakok.

A mesterképzésbe való **felvétel** feltétele, hogy

- a műszaki, az informatikai, az orvos- és egészségtudomány és a természettudomány képzési terület alapképzési szakjain, valamint az általános orvos, fogorvos és gyógyszerész osztatlan szakon diplomát szerzett jelentkezők **legalább 30 kredittel** (ebből összesen legalább 12 kredit vagy matematikából és fizikából vagy anatómiából, élettanból és biokémiából),
- más szakon diplomát szerzett jelentkezők **legalább 40 kredittel**

rendelkezzenek, amelyeket korábbi tanulmányaik során szereztek az alábbiak szerinti 60 kreditből:

természettudományos ismeretek matematika (min. 12 kredit), fizika (min. 5 kredit), anatómia (min. 6 kredit), élettan (min. 6 kredit), biokémia (min. 5 kredit), kémia, biológia;	*35 kredit*
mérnöki alapismeretek rendszerek analízise, tervezési ismeretek.	*10 kredit*
számítástechnikai ismeretek	*5 kredit*
gazdasági és humán ismeretek közgazdaságtani és menedzsment ismeretek, környezetvédelem, minőségbiztosítás, munkavédelem, társadalomtudomány;	*10 kredit*

A **diploma kiadásának** feltétele, hogy a hallgatónak a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek – felsőoktatási törvényben meghatározott – összevetése alapján elismerhető legyen legalább 60 kredit a fenti ismeretkörökben. A felvételkor a fenti lista szerint még hiányzó krediteket a tanulmányokkal párhuzamosan meg kell szerezni.

A mesterképzés során megszerzendő ismeretek (120 kredit):

természettudományos alapismeretek matematika, fizika, funkcionális anatómia, rendszerélettan, biofizika, molekuláris biológia;	*20-30 kredit*
gazdasági és humán ismeretek minőségmenedzsment, az orvosi kutatások etikai kérdései, további, az egészségügyhöz kapcsolódó gazdasági és humán ismeretek;	*10-20 kredit*
egészségügyi mérnöki szakmai ismeretek biológiai eredetű jelek mérésére használható műszerek és méréstechnika, műszaki és biológiai rendszerek elmélete, folyamatszabályozás, biomechanika, orvosbiológiai számítógépes gyakorlat, bioinformatika, biokompatibilis anyagok, biotechnológia, orvosbiológiai érzékelők, orvosi képfeldolgozás, orvosi optika, beszéd- és hallásdiagnosztika, gyógyszerészeti biotechnológia, intelligens orvosi készülékek;	*15-35 kredit*
a szakmai törzsanyag kötelezően választható ismeretkörei differenciált szakmai ismeretek: orvosbiológiai mérnöki, egészségügyi mérnök-informatikus, sugárfizikai, továbbá a szakma igényeinek, valamint a szakindítást kérő intézmények hagyományainak megfelelő további specializációkhoz tartozó speciális szakmai ismeretek; diplomamunka (30 kredit);	*40-60 kredit*
szabadon választható tantárgyak ismeretkörei	*min. 6 kredit*

A szak orientációja: kiegyensúlyozott (a gyakorlati jellegű ismeretátadáshoz aránya 40-60 százalék).

A hallgatók a differenciált szakmai ismeretek egy részét – 10 kredit kiméretben – önálló munkával, megfelelő oktatói konzultációval segítve sajátítják el. Ennek során a hallgatók személyre szabott feladatot kapnak. Az önálló feladat kijelölése, az ehhez nyújtott konzultáció ad lehetőséget a tehetségekkel való foglalkozásra. A hallgatók az önálló munka keretében elkezdett szakmai tevékenységet a diplomatervezés (összesen 30 kredit) során folytathatják. A két tantárgy együtt a képzés harmadát (40 kredit a 120-ból) teszi ki. Ez lehetővé teszi, hogy a kiemelkedő képességű hallgatók megfelelő feladatot kapjanak, és előrehaladásukat személyre szabott konzultációval segítsük.

A minden egészségügyi mérnöktől elvárt általános kompetenciák megszerzését a kötelező tantárgyak biztosítják. Ezeket a különböző alapdiplomával rendelkezők a mintatantervben leírtak szerint hallgatják.

Előtanulmányi rend:

A kar által kötelezően előírt MSc előtanulmányi rend szerint

- Az egyes tantárgyak adatlapjai előtanulmányi rend előírásokat tartalmazhatnak, elsősorban a természettudományos és a, közös tantárgyakra vonatkozóan.
- Az Orvosbiológiai számítógépes gyakorlatok tantárgy felvételének előfeltétele az Orvosbiológiai méréstechnika és a Folyamatszabályozás tantárgyak kreditjeinek megszerzése.
- Az Önálló munka 1, Önálló munka 2, Diplomatervezés 1 és Diplomatervezés 2 tantárgyak
  - csak az adott szak MSc képzésének hallgatói számára vehetők fel,
  - csak a felsorolás sorrendjében vehetők fel, a felsorolásban őket megelőző tantárgyak kreditjeinek teljesítése után.
- A szigorlat letétele csak az alapozó ismereteket nyújtó tantárgyak (a meglevő alapdiplomától függően Matematika M1, Fizika M1, vagy Funkcionális anatómia, Rendszerélettani alapismeretek) kreditjeinek megszerzése után lehetséges. Ha a hallgató az előtanulmányi rendben szereplő egyik tantárgyat teljesítette, akkor az Egészségügyi mérnöki alapszigorlatot az előtanulmányi rendben szereplő másik tantárggyal egy időben, azonos félévben is felveheti.
- A Diplomatervezés 2 tantárgy felvételének feltétele
  - a mintatantervnek megfelelően 84 kredit teljesítése,
  - a szigorlat (egészségügyi alapképzettségűek számára matematika, fizika, számítástechnika, műszaki és természettudományos alapképzettségűek számára anatómia, élettan és biokémia témakörből) eredményes letétele.
- További előírásokat a „BME VIK MSc diplomaterv, záróvizsga, oklevél szabályzata” tartalmazhat.

Szakmai gyakorlat: A képzés hallgatói számára a diploma megszerzésének feltétele egy legalább 4 hetes egybefüggő szakmai gyakorlat sikeres teljesítése is. A szakmai gyakorlat lehetséges időpontjait, helyszíneit, tartalmát és lebonyolításának rendjét, a kar szabályzatai határozzák meg.

III.1 Természettudományos alapismeretek

A természettudományos alapismeretek tantárgyainak listája a következő:

Tárgy neve	Tantárgykód	Kötelező/választható
Molekuláris biológia	BMEVIEUM119	kötelező
Biofizika	BMEVIEUM120	kötelező
Rendszerélettani alapismeretek	BMEVIEUM200	kötelező (műsz.)
Matematika M1	BMETE90MX31	kötelező (orv.)
Funkcionális anatómia	BMEVIEUM121	kötelező (műsz.)
Fizika M1	BMETE13MX05	kötelező (orv.)
Folyamatszabályozás	BMEVIIIM158	kötelező
Biomechanika	BMEEOTMOM04	kötelező

Műsz.: műszaki alapképzettségűek számára, Orv.: orvosi alapképzettségűek számára

Molekuláris biológia

(BMEVIEUM119, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 2/2/0/v/5 kredit, SE)

1. A tantárgy célkitűzése

A genetikai információ tárolása, kifejeződése, a laboratóriumi géntechnológiák ismertetése. A biotechnológia molekuláris biológiai alapjainak elsajátítása.

2. A tantárgy tematikája

- Nukleinsavak szerkezete.
- A DNS replikációja.
- A DNS károsodásainak javítása, repair mechanizmusok, mutációk.
- RNS, és a transzkripció.
- A génkifejeződés szabályozása, transzkripciós faktorok, a sejtciklus szabályozása.
- A vírusgenom replikációja és az onkogének.
- Fehérjeszintézis.
- Molekuláris biológiai és egyéb biológiai laboratóriumi módszerek.
- Rekombináns géntechnológia.
- Vektorok és könyvtárak.
- Génamplifikációs eljárások.
- Génreguláció vizsgálata (transzkripciós szabályozás).
- A rekombináns géntechnológia gyakorlati alkalmazásai.
- Bioinformatika. Az in silico vizsgálatok alapjai.

Biofizika

(BMEVIEUM120, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/2/0/v/5 kredit, SE)

1. A tantárgy célkitűzése

Megismertetni a biológiai rendszerek életfolyamatainak alapjait képező fizikai törvényszerűségeket, a diagnosztikában, terápiában és az élettudományi kutatómunkában használt, fizikai elveken nyugvó főbb módszerek alapjait.

2. A tantárgy tematikája

- Rend-rendezetlenség, gázok, folyadékok, folyadékkristályok, szilárdtestek, az anyag nano-léptékű új tulajdonságai, kötéserősség, kötéstávolság, erős és gyenge kötések.

- Molekuláris biofizika: Biológiai makromolekulák szerkezete. Általános felépítési elvek, variációs lehetőségek, szerkezeti szintek, stabilitás, szerkezeti dinamika. A fehérjetekeredés biofizikája. Az anyag tulajdonságainak molekuláris szinten történő szabályozásán nyugvó szupramolekuláris szerkezetek, önszerveződés és önreprodukció képessége.
- Fény, hullámoptika, kvantumoptika. Fényforrások, hőmérsékleti sugárzás, lumineszcencia.
- Nem-ionizáló sugárzások, fotobiofizika, környezeti hatások.
- Ionizáló sugárzások (röntgen-, gamma- és részecskesugárzás) és kölcsönhatásuk az élő anyaggal. CT, SPECT, PET, MRI és ultrahangos módszerek alapjai. A dozimetria és a sugárvédelem alapfogalmai.
- Transzportfolyamatok, áramlás, diffúzió, transzportfolyamatok általános leírása. Nem-egyensúlyi termodinamika alapjai. Ingerületi folyamatok, érzékszervek biofizikája: látás, hallás, szaglás és ízlelés biofizikai vonatkozásai. Molekuláris biomechanika.
- Optikai spektroszkópiai és diffrakciós módszerek. Modern mikroszkópiai módszerek: lézer csipesz, konfokális mikroszkóp, kétfotonos mikroszkóp, FRET, FCS.

Rendszerélettani alapismeretek

(BMEVIEUM200, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 3/0/2/v/6 kredit, SE)
műszaki alapképzettségű hallgatók számára

1. A tantárgy célkitűzése
Műszaki alapképzettségű hallgatók számára alaptárgyi bevezetőt nyújtani az ember élettanába.

2. A tantárgy tematikája
Ismertetésre kerülnek az emberi test sejtjeinek, szerveinek és szervrendszereinek alapvető élettani folyamatai. Tárgyaljuk a sejtszabályozás, a membránelektromosság, az izomműködés, a vérkeringés, a légzés, a táplálkozás és tápanyag-feldolgozás, a kiválasztás, a hormonális szabályozás az érzékszervi és idegrendszeri működés főbb jelenségeit és a közöttük lévő összefüggéseket. Bemutatjuk a fontosabb tudományos és klinikai diagnosztikus vizsgálatok élettani alapjait. A rendszerélettani szemléletet követve tárgyaljuk a test homeosztázisának meghatározó szabályozási köreit, azok módosulásait különböző élettani és népegészségügyi szempontból fontosabb kórállapotokban. A hallgatók előtt így ismeretessé válnak a gyakrabban végzett tudományos, klinikai diagnosztikus mérések és terápiás beavatkozások élettani háttérfolyamatai. Képessé válnak arra, hogy ilyen műszerek, mérési feladatok, adatkezelési-feldolgozási feladatok fejlesztése, tervezése, kivitelezése, a berendezések beüzemeltetése és működtetése során az érintett élettani mechanizmusokat áttekintsék, és az orvosi valamint műszaki szakértők közötti nélkülözhetetlen kommunikációt megvalósítsák.

Matematika M1

(BMETE90MX31, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/3/0/v/7 kredit, TTK)
orvosi alapképzettségű hallgatók számára

1. A tantárgy célkitűzése
Orvosi alapképzettségű hallgatók számára alaptárgyi bevezetőt nyújtani a szaktárgyakban felhasználásra kerülő matematikai fogalmakról és számításokról.

2. A tantárgy tematikája
Műveletek vektorokkal és mátrixokkal. A térbeli analitikus geometria elemei. Komplex számok. Valós számsorozatok. Egyváltozós függvények. Az elemi függvények deriváltjai. A Riemann- integrál fogalma. Lineáris tér, függetlenség, bázis, dimenzió. Sajátérték, sajátvektor fogalma. Elsőrendű szeparábilis és lineáris differenciálegyenletek megoldása. Másodrendű lineáris, állandó együtthatós differenciálegyenletek megoldása. Kettősintegrál fogalma, létezésének elégséges feltétele, kiszámítása, alkalmazása. Hármasintegrál fogalma, létezésének elégséges feltétele, kiszámítása, alkalmazása.

Integráltranszformációk. A vektoranalízis elemei. Görbementi és felületmenti integrálok. Divergencia, rotáció, Gauss - Osztrogradszkij tétel, Stokes tétel. Numerikus sorok. Függvénysorok, hatványsorok. Taylor sor. Fourier sor. Fourier transzformáció. Laplace transzformáció. Parciális differenciálegyenlet.

Funkcionális anatómia

(BMEVIEUM121, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 4/0/1/v/6 kredit, SE)
műszaki alapképzettségű hallgatók számára

1. A tantárgy célkitűzése
Műszaki alapképzettségű hallgatók számára alaptárgyi bevezetőt nyújtani. A funkcionális anatómia az egészségügyimérnök-képzés természetes alapja, az emberi test szerkezetének funkcionális szemléletű bemutatása.

2. A tantárgy tematikája
A program 14x4 órában, egymásra épülő logikával tárgyalja a szervrendszerek (vázlatos) fejlődését, makro- és mikroszkópos funkcionális morfológiáját és életszerű példákkal utal a diagnosztika, gyógyítás, rehabilitáció, munkaélettan és sportorvoslás, valamint az ergonómia és bionika anatómiai alapjaira.
Bevezető, a funkcionális anatómia szemlélete. Általános egyedfejlődés. Csonttan. Az ízületek funkcionális anatómiája. Csontfejlődés, sérülések, rehabilitáció. A vázizomzat funkcionális anatómiája. Keringés I. - A szívműtétek és rehabilitáció. Keringés II. - A nagyvérkör, nyirokkeringés. A légzőrendszer. Az emésztőrendszer. Az urogenitalis rendszer. Az idegrendszer fejlődése és makroszkópiás leírása. A gerincvelő funkcionális szerkezete. Az agytörzs és agyidegek. A köztiagy, látó- és hallórendszer, neuroendokrin szabályozás. A testtartás és az adaptív mozgásszabályozás. A féltekék funkcionális anatómiája.

Fizika M1

(BMETE13MX05, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 2/2/0/v/5 kredit, TTK)
orvosi alapképzettségű hallgatók számára

1. A tantárgy célkitűzése
Orvosi alapképzettségű hallgatók számára alaptárgyi bevezetőt nyújtani a szaktárgyakban felhasználásra kerülő fizikai fogalmakról és számításokról.

2. A tantárgy tematikája
Kinematikai alapfogalmak. Erő és tömeg, Newton-törvények, munka, energia. Pontrendszer mozgása, megmaradási törvények. Hőmérséklet, gáztörvények, a kinetikus gázelmélet alapjai. Belső energia és hő, a hőtan alaptörvényei. Hőtranszport. Halmazállapot-változások. Az elektromos erőtér jellemzése és alaptörvényei. Az elektromos áram. A mágneses erőtér jellemzése és alaptörvényei. Időben változó elektromágneses erőtér. Harmonikus-, csillapodó- és kényszerrezgés. A hullám fogalma, harmonikus hullám. Hullámok terjedése, interferencia, állóhullámok. Hullámok elhajlása. Elektromágneses hullámok, elektromágneses spektrum. Fényelhajlás, fénypolarizáció, diszperzió, a színképelemzés alapelve. Az elektromágneses hullám részecske jellege, a foton. Részecskék hullámszerű viselkedése. Atommodellek, atomi energianívók, atomi fénykibocsátás és fényelnyelés. Az atommag összetétele és sajátságai.

Folyamatszabályozás

(BMEVIIIM158, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/2/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése
Szabályozástechnikai és irányítástechnikai alapfogalmak megismertetése és ezek alkalmazásának bemutatása példákon keresztül.

2. A tantárgy tematikája
Történeti áttekintés. Irányítástechnikai alapfogalmak. Zárt szabályozási rendszerek jelátviteli tulajdonságai. Szabályozási rendszerek stabilitásvizsgálata. Stabilitásvizsgálat Bode-diagramokkal. Strukturális és feltételes stabilitás. Paraméteroptimalizálás. Optimalizálási kritériumok. Integrálkritériumok. Optimalizálási kritériumok számítása. Szabályozók optimális paramétereinek beállítása. Nemlineáris szabályozási rendszerek. Mintavételező rendszerek. A z transzformáció és az inverz z transzformáció. Az Állapottér-módszer, állapotegyenletek. A megfigyelhetőség és az irányíthatóság. Többparaméteres kapcsolt szabályozások (TKSz)

Biomechanika

(BMEEOTMOM04, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/2/0/v/5 kredit, ÉMK)

1. A tantárgy célkitűzése
A mechanika élettani folyamatokban történő alkalmazásának és alkalmazhatóságának bemutatása.

2. A tantárgy tematikája
Elemi statikai összefüggések. Mechanikai rendszerek egyensúlyának vizsgálata. Külső és belső reakciók számításának alapelvei statikailag határozott szerkezeteken. Az igénybevételek fogalma. Az igénybevételek közötti matematikai kapcsolatrendszer. A feszültségek és alakváltozások definíciója. Egyensúlyi, geometriai és anyagmodell egyenletek. A mechanikai egyenletek megoldásának alapvető módszerei. Anyagmodellek típusai. A hiperelasztikus modellcsalád alkalmazási területei és fontosabb típusaik. Képlékeny viselkedés leírása. Az időfüggő anyagmodellek fontosabb típusai. A mechanikai feladatok peremértékfeladat típusú megfogalmazása és néhány alapvető szerkezet analitikus megoldása. Mechanikai feladatok variációs megfogalmazása és megoldása. A potenciális energia minimumának tétele. A Galjorkin- és a Ritz-módszer. A végeselemes megoldás alapelvei. Folyadékok áramlásásnak alapegyenlete, stacionárius áramlás csőhálózatokban. Veszteséges áramlások rugalmas és merev csövekben, instacionárius áramlások. Vérkör modellezése, nyomás és áramlássebesség mérése. Véráramlások vizsgálata és mérési módjai. Dinamikai alapelvek. Az emberi test lehetséges és használatos modelljei. A test súlypontjának és súlyponti tehetetlenségi mátrixának meghatározása. Mozgások kinematikai elemzése. A gyakorlatban használt számítógépes rendszerek. Felvételkészítés és kiértékelés. Online gerincvizsgálatok. A mellkas és a has ütközésének biomechanikai modellezése. A rezgések hatása.

III.2 Gazdasági és humán ismeretek

A gazdasági és humán ismeretek tantárgycsoportban a hallgatóknak két tantárgyat kötelező jelleggel, egyet az alábbi listából választva kell felvenniük.

Tárgy neve	Tantárgykód	Kötelező/választható
Minőségmenedzsment	BMEGT20M002	kötelező
Az orvostudományi kutatások etikai kérdései	BMEVIEUM300	kötelező
Diagnosztika és készségfejlesztés szimulátorokkal	BMEGT52M400	választható
Érvelés és tárgyalástechnika	BMEGT41M400	választható
Mérnöki menedzsment	BMEVITMMB03	választható

Minőségmenedzsment

(BMEGT20M002, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/0/0/f/2 kredit, GTK)

1. A tantárgy célkitűzése
A minőségmenedzsment alapelveinek és az alkalmazott minőség rendszerek fontosabb jellemzőinek bemutatása.

2. A tantárgy tematikája
Minőségmenedzsment rendszerek helye, szerepe a vállalatok, intézmények vezetési rendszerében. Minőségfilozófiák, minőségiskolák. Minőségmenedzsment rendszerek alapelvei. A termelő vállalatoknál és a szolgáltató szervezeteknél alkalmazott minőség rendszerek fontosabb jellemzői. A Total Quality Management alapelvei és fontosabb módszerei. A TQM vezetési filozófia alkalmazási lehetőségei, azonosságok és eltérések a termelő szervezetekben és a szolgáltató szektorban. A vevőközpontúság alapjai és módszerei. Folyamatmenedzsment alapjai és szerepe a minőségmenedzsment rendszerekben. A teljesítmények mérése, indikátorok szerepe a folyamatok folyamatos fejlesztésében. A dolgozók felhatalmazásának és bevonásának elve és módszerei. A vezető szerepének meghatározása és módszerei a TQM (kiválósági) kultúra kialakításában és fejlesztésében. Minőség költségek elemzése, a minőség gazdaságossági szempontjai. Az önértékelési (EFQM, CAF) modellek alapjai és alkalmazása a vállalati működés folyamatos fejlesztésére.

Az orvostudományi kutatások etikai kérdései

(BMEVIEUM300, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 1., 3/0/0/v/4 kredit, SE)

1. A tantárgy célkitűzése
Az orvosi tudományos kutatások etikai kérdéseinek és a kapcsolódó jogi szabályozásnak a bemutatása.

2. A tantárgy tematikája
Az orvos-beteg kapcsolatnak a jogrendszer kategóriái közé szorítása, polgári jogi fogalmakkal való leírása nagyon nehéz feladat, hiszen ez a jogviszony egyetlen szerződéstípusba sem sorolható be. Mégis, legközelebb a megbízási szerződéshez áll, hiszen a megbízási szerződés számos eleme megtalálható az orvos-beteg kapcsolatban is, ezért ezt a jogviszonyt általában „megbízásszerű” jogviszonyként szokták leírni. A megbízási szerződés tipikus gondossági kötelem, tehát az orvos a gondos eljárásra, és nem valamely eredmény létrehozására vállal kötelezettséget.
Jogi ismeretek. Az orvosi jogviszony elméleti alapjai. Az egészségügyi ellátórendszer működésének jogszabályi háttere. Az orvosi felelősség. A betegek jogai. Az orvosok jogai és kötelezettségei. Az szerv- és szövetátültetésekkel kapcsolatos előírások. Az emberen végzett orvostudományi kutatások szabályozása.

Orvosi etika, bioetika. A hagyományos orvosi etika. Az orvosi és bioetika Magyarországon. A bioetika legfontosabb témái.
A társadalombiztosítási jog. A társadalombiztosítási törvény felépítése. A társadalombiztosítási szolgáltatások. Biztosítási orvosi ismeretek. Az orvos felelőssége és kötelezettsége.

Diagnosztika és készségfejlesztés szimulátorokkal

(BMEGT52M400, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 4., 2/1/0/v/4 kredit, GTK)

1. A tantárgy célkitűzése
Áttekintést adni a szimulációs módszerek alkalmazási lehetőségeiről az ember fiziológiai sajátosságainak és pszichológiai képességeinek diagnosztizálásában, továbbá munkaköri alkalmasságának előrejelzésében, valamint szenzomotoros és kognitív képességeinek, készségeinek fejlesztésében.

2. A tantárgy tematikája
A bevezető jellegű elméleti módszertani ismereteket kiegészítik a különféle szimulátor-alkalmazási példákat bemutató esettanulmányok és helyszíni látogatások, elsősorban a közlekedés, valamint a folyamatirányítás területén alkalmazott szimulátoroknál.
A szimulált valóság-helyzet, mint a valóság adott szeletének modellezése. A szimuláció valósághűsége: fizikai, funkcionális és pszichológiai hűség. A szimulátorok gyakorlati alkalmazása: a főbb felhasználási területek, az alkalmazás előnyei és nehézségei.
A humán teljesítménymérés és értékelés elvi, módszertani kérdései.

Érvelés és tárgyalástechnika

(BMEGT41M400, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 4., 2/1/0/v/4 kredit, GTK)

1. A tantárgy célkitűzése
Az érvelések megértéséhez, elemzéséhez, értékeléséhez és kritikájához szükséges módszerek bemutatása.

2. A tantárgy tematikája
Az érvelések vagy indoklások két szempontból játszanak kiemelkedő szerepet: egyrészt, a döntések során az alternatívák közül aszerint választunk, hogy mi szól mellettük és ellenük, másrészt, az álláspontunkat indokolni és másokkal elfogadtatni érvelések segítségével tudjuk. Az érvelés tehát a racionális döntés, valamint a helyes álláspont kialakításának és elfogadtatásának eszköze.
A kurzus során a résztvevők megismerkedhetnek az érvelések megértésének, elemzésének, értékelésének és kritikájának módszereivel, valamint ezek alkalmazási lehetőségeivel. A képzésen különös gondot fordítunk a hibás, de gyakran meggyőzőnek tűnő – ezért veszélyes és félrevezető – érvelések vizsgálatára.
A tárgyalás az érdekütközések feloldásának leghatékonyabb eszköze. Egy konfliktus során az érdekek leginkább úgy érvényesíthetők, ha az egyik fél elfogadja a másik fél javaslatát a sajátja ellenében, vagy a tárgyaló felek közösen találnak olyan megoldást, amely mindkettőjük érdekeinek (leginkább) megfelel.
A képzés során mindkét eset elméleti és gyakorlati vizsgálatára sor kerül: áttekintjük a tárgyalás szokásos modelljeit és stratégiáit, bemutatjuk a tárgyalásnak – az érdekérvényesítésnek – az együttműködésen alapuló modelljét. Megvizsgáljuk a tárgyalási folyamat kezelésének gyakorlati eszközeit, amelyek a legfontosabbak a szokásos munkahelyi tárgyalások eredményessége szempontjából.

Mérnöki menedzsment

(BMEVITMMB03, 4/0/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatók megismerik a technológia- és innováció- menedzsment módszereket, az üzleti stratégiákat, a jellemző mérnöki vezetői szerepeket, helyzeteket és eszközöket. A sajátos technológiai és piacszabályozási elvek alapján lássák az új termékek és technológiák piacra lépésének és piaci elfogadtatásának folyamatát.

2. A tantárgy tematikája

A mérnöki menedzsment helye, szerepe, területei. Az információs, kommunikációs és elektronikus média technológia sajátosságai, átfogó trendjei, mérnöki menedzsmentje.
A stratégiai menedzsment szerepe, üzleti stratégiák tervezésének és követésének módszerei. Összetett mérnöki döntési problémák megoldása.
Szervezetek vezetése, mérnöki vezetői szerepek és feladatok, vezetési helyzetek és módszerek. Szervezetek életciklusa, döntési kultúrája, változtatások menedzselése.
Tudásmenedzsment folyamatok. Szellemi vagyon védelmének alapelvei.
Technológia- és innovációmenedzsment. A technológia előrejelzés, tervezés, bevezetés és váltás módszerei. A termékfejlesztés és piaci elfogadás folyamata, szervezeti és finanszírozási formái, eszközei. Technológiai, üzleti és innovációs stratégiák, döntési modellek, termékciklus menedzsment módszerek. Üzleti folyamatok menedzselése.
Az információs-, kommunikációs és média szektor technológia és piac szabályozásának céljai, elvei és modelljei. A verseny és a konvergencia kibontakoztatásának szabályozási feladatai. Az elektronikus hálózatok és szolgáltatások, az informatika és a média közösségi és hazai keretszabályozása. Spektrum- és azonosítómenedzsment, szolgáltatók együttműködésének szabályai, alkalmazások biztonság- és tartalomszabályozása.

III.3 Szakmai törzsanyag

A szakmai törzsanyag a következő tantárgyakból áll:

Tantárgy neve	Tantárgykód	Kötelező/választható
Klinikai műszeres diagnosztika és terápia	BMEVIEUM122	kötelező
Műszaki és biológiai rendszerek elmélete	BMEVIIIM123	kötelező
Orvosbiológiai méréstechnika	BMEVIMIM202	kötelező
Orvosbiológiai számítógépes gyakorlatok	BMEVIMIM301	kötelező

Klinikai műszeres diagnosztika és terápia

(BMEVIEUM122, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/v/5 kredit, SE)

1. A tantárgy célkitűzése
Az orvos által fizikális vizsgálattal nem követhető változások műszeres diagnosztikai módszereinek bemutatása. A hallgatókat elsősorban a klinikai szemlélettel kívánjuk megismertetni. Erre alapozva, mind a terápiás módszerek sokaságának, mind az egyes terápiás eszközök fejlesztésének és alkalmazásának bemutatása.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés. Testméretek mérőeszközei. Lehetőségek és határok a diagnosztikában és terápiában, terápiás eszközök ipari előállítása relatíve kis számban. Testmagasság, testsúlymérés eszközei, bőrvastagság- és zsírrétegvastagságmérő eszközök, koponyaméretek, gerinchajlás (elhajlás), izületi kitérés mérő eszközei, röntgen. Vérkeringési rendszer mérései. Diagnosztika: szív elektrográfia, ultrahang (ECHO), vértérfogat, véráramlás és vérnyomásmérés. Terápia: operálható szívbetegségek, szívizom biopszia, billentyűtágítás ballonos szívkatéterrel, értágítás periférián coronaria, alvadás, viszkozitás, vérgázelemzés. Légzési rendszer. Diagnosztika: légzési térfogatok, légzési áramlás mérése, légúti és intrathoracalis nyomásmérés. Terápia: bronchoszkópia, pleuroszkópia, mediatinoscopia, biopszia, pleuraür szívás, respirátorok. Emésztőrendszer. Diagnosztika: endoszkópiák (oesophagus, gastro, jejuno, colono, recto). Terápia: endoszkópos sebészi terápia. Idegrendszer. Diagnosztika: electroenkefalográfia, mágneses magrezonancia vizsgálat, komputer tomográfia, célzókészülékek, elektróda diagnosztika, MAP-technika. Pótlás. Szerv-, szövet- és funkciópótlás (műszív, művese, PM, érprotézis). Méret, funkció, szövetbarát tulajdonság, energiabiztosítás, költség. Invazív műszeres terápia. Invazív műszeres gyógyítási technikák (intervencionális radiológia). A három egyetemről meghívott előadók előadásuk elektronikus változatát kérésre a hallgatók számára rendelkezésre bocsátják jegyzetként.

Műszaki és biológiai rendszerek elmélete

(BMEVIIIM123, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/2/0/f/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése
Rendszerszemléletű ismeretanyag átadása a hallgatóknak az élettani folyamatok méréses meghatározásához. Bemutatja a diagnosztikai és kísérleti vizsgálatok tervezésének és kiértékelésének elméleti módszereit és azok számítógépes realizációját.

2. A tantárgy tematikája
A fiziológiai méréselmélet alapfogalmai. Jelek alapvető leírási módjai. Fiziológiai folyamatoknál a mérési eljárások tervezése. Szűréselmélet és alkalmazása. Szűrési algoritmusok és azok számítógépes realizációja. Mérési adatok feldolgozásának alapvető módszerei. A leíró statisztika alapfogalma. Sokaság és minta, a statisztikai következtetés alapjai. Varianciaanalízis. Változók összefüggéseinek vizsgálata. Főkomponens és faktoranalízis, korrespondenciaanalízis. Klaszter- és diszkriminanciaanalízis. Többdimenziós skálázás. Számítógépes statisztikai programcsomagok. Kompartment analízis

matematikai alapjai. Élettani folyamatok leírása kompartment analízis segítségével. Zárt-és nyitott rendszerek, valamint különböző kapcsolatok leírása. Inhomogenitás. Kompartment analízis alkalmazástechnikája. Számítógépes programcsomagok és alkalmazásuk. Inverz probléma vizsgálata. Paraméterbecslés és folyamatidentifikáció. Különböző megoldási elvek ismertetése. Élettani folyamatok identifikációja. Néhány tipikus alkalmazás. Számítógépes programcsomagok és alkalmazásuk. Fuzzy rendszerek. Következtetése térben és időben. Tanuló rendszerek. Biofuzzy és alkalmazása. Mesterséges mozgás és látás. Mesterséges intelligencia alapjai. Szakértői rendszerek alapjai. Mesterséges neurális hálózatok. Neurális hálók és fuzzy rendszerek. Párhuzamos algoritmusok implementálása, hardveres és szoftveres realizálás.

Orvosbiológiai méréstechnika

(BMEVIMIM202, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/2/0/f/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A biológiai jelek méréséhez szükséges jelátalakítók bemutatása és a hozzájuk kapcsolódó készülékek funkcionális ismertetése, ideértve mind a jellemző hardver egységeket mind az elterjedten használt jelfeldolgozó algoritmusokat.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés

A tantárgy kapcsolódási pontjai: egészségügy, műszergyártás. Jeltartományok, jeltípusok, közvetlen és közvetett mérések. Zajok, zavarok.

Jelátalakítók

Elektródok: típusok, helyettesítő képek. Nem villamos mennyiségek villamos jellé alakítása: elmozdulás, nyomás, erő, áramlási sebesség, hőmérséklet. Linearizálás, dinamikus tulajdonságok vizsgálata.

Biológiai jeleket feldolgozó erősítők

Jelhozzávezetés, bemeneti fokozat, védelem, galvanikus elválasztás, zajelnyomás, szelektív fokozatok.

Biztonságtechnika

Az áram fiziológiai hatása. Az áramutak létrejötte. Védekezés a nem kívánatos áramutak ellen. Szabványok.

Elektronikus jeleket feldolgozó orvosi készülékek bemutatása

A készülékek funkcionális blokkvázlata. Digitalizálás, adattömörítés, lényegkiemelés. Az eredmények reprezentálása. Készülékspecifikus jelfeldolgozás. Távmérés. A bemutatandó készülékek:
Elektrokardiográfok. Pacemakerek. Defibrillátorok. Elektroencefalográfok. Elektromiográfok. Stimulátorok. Vérnyomás- és pulzusmérők. Légzési paramétereket mérő készülékek. Impedanciamérők, pletizmográfok. Őrző készülékek. Dializátorok. Hallásvizsgálók. Laboratóriumi készülékek. Ultrahangot használó készülékek.

Képalkotó berendezések.

Mozgásanalízis.

Orvosi készülékek ellenőrzése.

Orvosbiológiai számítógépes gyakorlatok

(BMEVIMIM301, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/4/f/5 kredit, MIT, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az élettani folyamatok méréses meghatározása, szimulációja, identifikációja. Ezek bemutatásához különböző élettani folyamatokkal foglalkozik.

2. A tantárgy tematikája

Folyamatidentifikáció, folyamatszimuláció, EKG jelfeldolgozás, EEG jelfeldolgozás, vérnyomásmérés, ultrahang echokardiográfia, polysomnográfiás felvételek kiértékelése.
Alkalmazási példa: Vércukormérés - bemutató mérés.

III.4 Differenciált szakmai ismeretek

A differenciált szakmai ismeretek tantárgycsoportban a hallgatóknak az ismeretek egy részét – 10 kredit kiméretben – önálló munkával, megfelelő oktatói konzultációval segítve kell elsajátítaniuk. Ennek során minden hallgató személyre szabott feladatot kap. Az önálló feladat kijelölése, az ehhez nyújtott konzultáció ad lehetőséget a tehetségekkel való foglalkozásra. A hallgatók az önálló munka keretében elkezdett szakmai tevékenységet a diplomatervezés (30 kredit) során folytathatják.

Tárgy neve	Tantárgykód	Kötelező/választható
Önálló munka 1.	BMEVIEUM821	kötelező
Önálló munka 2.	BMEVIEUM871	kötelező

A két félévben folytatott önálló munkán túl két tantárgyat kell választaniuk az alábbi listából.

Tárgy neve	Tantárgykód	Kötelező/választható
Beszéd- és hallásdiagnosztika	BMEVITMM203	választható
Biokompatibilis anyagok	BMEGEMTMVV1	választható
Biotechnológia	BMEVEMBM700	választható
Egészségügyi informatika és biostatisztika	BMEVIMIM206	választható
Érzékelők az orvosbiológiában	BMEVIETM205	választható
Gyógyszerészi biotechnológia	BMEVIEUM206	választható
Orvosi képfeldolgozás	BMEVIIIM207	választható
Orvosi optikai műszerek	BMEGEMIMEM1	választható
Virtuális műszerezés az egészségügyi mérnöki gyakorlatban	BMEVIEEM208	választható

Beszéd- és hallásdiagnosztika

(BMEVITMM203, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2./4., 2/2/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Megismertetni a hallgatókkal a beszéd és hallászavarok diagnosztizálására és csökkentésére szolgáló modern, hatékony műszaki eszközöket, berendezéseket, eljárásokat.

2. A tantárgy tematikája

A tantárgy tárgyalja az emberi kommunikációban lényeges szerepet játszó két szervcsoport, a beszédszervek, valamint a hallás és beszédészlelés folyamataiért felelős szervek, és azok müködését vezérlő idegi folyamatok működését. Áttekintést ad a beszéd, a hallás, a beszédfeldolgozás tipikus zavarairól. Részleteiben tárgyalja a zavarokat diagnosztizáló, és a zavarokat csökkentő eljárásokat, eszközöket, számítógépes módszereket, azok müködési korlátait, alkalmazási problémáit. Kitér a különböző implantációs módszerekre, az implantáció utáni rehabilitációs eljárásokra. Gyakorlati foglalkozások részben a BME TMIT Beszédakusztikai laboratóriumban fognak folyni, részben speciális szakemberek bevonásával audiológiai állomáson, foniáter szakrendelésen.

Biokompatibilis anyagok

(BMEGEMTMVV1, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2./4., 2/2/0/v/5 kredit, GPK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése: az élő szervezetbe beültethető mesterséges anyagok tulajdonságainak, és a beültetés következményeinek megismertetése.

2. A tantárgy tematikája

Elvárások az élő szervezetbe beépített anyagokkal szemben. Bioaktív anyagok. Biodegradáció. Az anyagválasztás szempontjai és problémái. Az idegen anyagok és a testnedvek kölcsönhatásai. A biokompatibilitás problémaköre, definíciói. In-vitro vizsgálatok alkalmazhatósága. Sebészeti fém és ötvözet alapú implantátumok anyagai. Tulajdonságok (szilárdsági, kifáradási, kopásállósági, korróziós) és az ezeket meghatározó tényezők. Intelligens anyagok. Alakmemóriával rendelkező ötvözetek orvosi alkalmazásai. Fogászati és sebészeti alkalmazások. Kerámia, üveg és fém-kerámia implantátumok. Alapfogalmak, definíciók. Bioinert és bioaktív kerámiák. Bioaktív üvegek. Fogászati segéd és pótlóanyagok. Ötvözetek, amalgámok, kerámiák, polimerek. Speciális felületelõkészítõ technológiák. Implantátumok esetén alkalmazott felületvizsgálati módszerek. Orvosi eszközök, elektródák és szenzorok speciális anyagai. Mérő és vezérlő elektródák. Szívritmus-szabályozók, defibrillátorok. Érsebészeti implantátumok, haemodinamikai modellek. A véráramba ültetett implantátumok fajtái, anyagai és funkciójuk. Az implantátumok várható élettartamát meghatározó főbb tényezők. Az anyagok degradációja, korróziója. Az implantátumok tesztelésének módszerei. Mesterséges és természetes csontpótló anyagok. A csonthiányok pótlása: a csonthiányok helye, a defectusok eredete. Spontán gyógyulás. A defectusok művi kitöltése.

Biotechnológia

(BMEVEMBM700, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2./4., 2/2/0/v/5 kredit, VBK)

1. A tantárgy célkitűzése

Megismertetni a hallgatókat a modern és klasszikus biotechnológia alapjaival és alkalmazásának lehetőségeivel. Bemutatni a biotechnológiai (termelő) eljárások műveleti hátterét, valamint néhány típus technológiát (esettanulmányok mentén).

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés. Biokémiai áttekintés. A génmódosítás biológiai, biokémiai alapjai. DNS replikáció, transzkripció, transzláció, homológ rekombináció. Azonosságok és különbségek prokariótákban és eukriótákban. A gén fogalma, azonosítása biológiai, fizikai és informatikai módszerekkel. A génműködés szabályozása és vizsgálati módszerei. A génklónozás eszköztára: enzimek, vektorok, gazdák. A rekombináns DNS technikák alkalmazási lehetőségei ipari törzsek nemesítésénél. Génkönyvtárak készítése és felhasználása.
Heterológ fehérjék termeltetése. Enzimológiai alapismeretek, enzimek alkalmazása. Fermentációs alapismeretek: tenyésztési technikák, sterilezés és containement. Fermentációs és biotranszformációs technológiák. (Aminosav, szerves sav, antibiotikum. Biotranszformáció.) Biológiai biztonság alapjai.

Egészségügyi informatika és biostatisztika

(BMEVIMIM206, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2./4., 2/1/1/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az átfogó, heterogén, nagy mintaszámú egészségügyi adatok a standard klinikai adatok mellett egyre nagyobb mértékben tartalmaznak életmódra és környezetre vonatkozó adatokat, illetve molekuláris biológiai adatokat, ami mind információ technológiai, mind statisztikai szempontból is új kihívásokat jelent.

Az egészségügyi informatika számára új feladat a teljes körű egészségügyi, klinikai és gyógyszerfogyasztási adatok szinkronizált gyűjtése, amely ráadásul kiegészül olyan valós életből származó adatokkal, mint a viselhető elektronikai eszközök és a támogatott életviteli technológiáknak az adatai.
Az így előálló nagy mennyiségű, többrétű, sok ponton keresztkapcsolt, átfogó adathalmaz statisztikai és adatbányászati elemzése mind az egyén, az orvos, a biztosítók és a gyógyszeripar számára is vitális információkat biztosíthat. Ennek azonban feltétele ezen új adatokra is alkalmazható vagy éppen célzottan erre kifejlesztett adatelemzési eljárások használata.
A tantárgy ezen új, egészségügyi adatok által meghatározott szempontból ismerteti az informatikai és statisztikai megoldásokat.
A tantárgy a következő kompetenciák elsajátítását teszi lehetővé:

- biostatisztikai alapfogalmak és módszerek ismerete
- orvosi kódrendszerek, ontológiák kezelése
- adatmérnöki folyamatok tervezése
- az R statisztikai adatelemzési nyelv alkalmazása
- orvosi döntéstámogató rendszerek kialakítása

2. A tantárgy tematikája

1. Az R adatelemzési nyelv alapjai I.
2. Az R adatelemzési nyelv alapjai II.
3. Biostatisztikai alapok I. Statisztikai minta, mintavételezés, statisztikai erő számítása, populációk összehasonlítása.
4. Biostatisztikai alapok II: hipotézistesztelés és konfidencia-intervallumok, gyakori statisztikai tesztek.
5. Biostatisztikai alapok III: Túlélési elemzés.
6. Biostatisztikai alapok IV: a bayesi megközelítés.
7. Biomarker kutatás: biomarker típusok, a jegykiválasztási probléma.
8. A többszörös hipotézistesztelési probléma és megoldásai.
9. Dimenziócsökkentés és klaszterezés.
10. Prediktív módszerek: regressziós modellek, döntési fák.
11. Hálózati medicina és rendszerbiológia.
12. Kísérlettervezés és orvosi döntéstámogatás.
13. Egészségügyi kódrendszerek: genetikai és fenotípusos leírók, betegségek, gyógyszerek, diagnosztikai tesztek, képalkotó eljárások, beavatkozások kódrendszerei.
14. Egészségügyi és gyógyszeripari rendszerek, folyamatok, szereplők és informatikai támogatásuk.

A tantárgy keretén belül vizsgált alkalmazási területek

- Klinikai laboratóriumi diagnosztikai adatok és elemzésük
- Genetikai adatok és elemzésük
- Farmakovigilanciai adatok és elemzésük, betegegyüttműködési modellek, gyógyszerkutatási módszerek
- Orvosi képalkotó és képfeldolgozási eljárások
- Otthoni életvitelt támogató és viselhető egészségügyi elektronikai eszközök

Érzékelők az orvosbiológiában

(BMEVIETM205, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1./3., 2/2/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az orvosbiológiai célú érzékelők tulajdonságainak ismertetése, az érzékelők alkalmazásához szükséges feltételek elemzése.

2. A tantárgy tematikája

Az érzékelők fogalma, felosztása, jellemzői, intelligens és integrált érzékelők, újszerű követelmények. Speciális anyagtípusok és technológiák. Eszközstruktúrák az érzékelőkben: impedancia szerkezetek, félvezető eszközök, elektrokémiai cellák, kalorimetrikus, rezonátor és száloptikai típusok. A jelátalakításra alkalmas alapjelenségek. Termorezisztív és termoelektromos, piroelektromos effektus, piezoelektromos, piezorezisztív effektus, kapacitásváltozás, elektretek, töltéseltérítés Hall-efektus, magnetorezisztív effektus, hatás a szupravezetésre, termikus és kvantum effektusok. A kémiai jelátalakítás molekuláris kölcsönhatásai: adszorpció, abszorpció, ionkicserélődés, a kémiai optikai jelátalakítás lehetőségei, bioérzékelők alapjai. Fizikai érzékelők és alkalmazásaik az orvosbiológiában: hőmérsékletérzékelők és egyéb alkalmazásaik, mechanikai érzékelők, ultrahang érzékelők az echográfiában, nukleáris detektorok a radiológiában, mágneses érzékelők, áramlásmérés. Kémiai érzékelők és alkalmazásaik az orvosbiológiában: a vérbeli gázkoncentrációk és pH érzékelői (invazív és transzkután elektrokémiai érzékelők, optikai szálas érzékelők, kombinált típusok), oximetria, ionszelektív érzékelők, pH-mérés az emésztőrendszerben, szöveti pH/pO_2 meghatározása és feltérképezése. Bioérzékelők: enzimatikus ill. biokatalitikus érzékelők (alapelvek, glukóz érzékelők, további biokatalitikus érzékelők, affinitás bioérzékelők (immuno-érzékelők, DNS-chipek), élő bioszenzorok.

Gyógyszerészeti biotechnológia

(BMEVIEUM206, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1./3., 2/2/0/v/5 kredit, SE)

1. A tantárgy célkitűzése

Azoknak a biotechnológiai ismereteknek az átadása, amelyek a gyógyászati szempontból fontos hatóanyagok termeltetésére irányulnak, különös tekintettel a természetes eredetű biológiailag aktív anyagokra.

2. A tantárgy tematikája

- *A biotechnológia fogalma, tárgya*
  - A biotechnológiát megalapozó kutatások. Történeti áttekintés
- *A növényi biotechnológia alapjai és gazdasági jelentősége*
  - Izolált növényi sejtek és szövetek tenyésztése és anyagcseréje.
  - Különböző típusú növényi sejt-, szövet- és szervtenyészetek
  - Gyógyászatilag hatásos anyagcseretermékek *in vitro* termeltetése.

- *Farmakológiailag hatásos vegyületek termeltetése gyógynövény szövettenyészetekkel*
  - Azotoidok (pl. alkaloidok)
  - Fenoloidok (kumarinok, flavonoidok, antociánok, cserzőanyagok, antraglikozidok, stb.)
  - Terpenoidok (illóolajok, triterpének, tetraterpének, szívre ható glikozidok, stb.)
- *A szövettenyészetek hatóanyagképzésének fokozása*
  - Hormonális regulációval, elicitációval, biotranszformációval,
  - Mikrobiális géntranszformációval, stb.
- *Növényi géntechnológia alapjai*
  - A genetikai kód, génátültetés (közvetett génbevitelek; *Agrobacterium* által közvetített génbevitel; vírus vektorok, valamint közvetlen génbeviteli technikák)
- *Géntechnológia a gyakorlatban*
  - Géntechnológián alapuló gyógyszergyártás (interferon, inzulin, SCP, stb.)

- A jövő géntechnológiája. Erkölcsi kérdések. Milyen módon avatkozhat be az emberiség a természet rendjébe?
- *Új biotechnológiai technikák elterjedése a kutatásban és a gyógyszeripar területén*
  - Fermentációs eljárások. Speciális technológiák
  - Gazdasági kérdések

Orvosi képfeldolgozás

(BMEVIIIM207, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2./4., 2/2/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatók példákon keresztül sajátítsák el a különféle modalitásokkal kinyert képek feldolgozásának legfontosabb lépéseit, rendre megvizsgálva az alkalmazhatóság előnyeit és korlátjait.

2. A tantárgy tematikája

- 2D/3D orvosi adatok forrásai: CT, MRI, PET, UH
- tomográfiás rekonstrukció matematikai háttere: 2D/3D Fourier transzformáció, Fourier vetítősík tétel, szűrt visszavetítés, algebrai rekonstrukció
- újramintavételezés elmélete: konvolúciós szűrés, ideális és gyakorlati rekonstrukció, Nyquist-kritérium, ideális 2D/3D mintavételező rácsok
- szegmentálás, küszöbözés, régió növelése, morfológiai operátorok, neurális hálózatok alkalmazása, interaktív félautomata módszerek
- tömörítés: wavelet-transzformáció, vektorkvantálás, RLE
- indirekt vizualizáció: Fourier térfogat-vizualizáció, masírozó kockák (Marching Cubes) algoritmusa, Monte Carlo térfogat-vizualizáció
- direkt vizualizáció: sugárkövetés (ray casting), pacázás (splatting), nyírás/torzítás transzformáció, 3D textúraleképzés
- virtuális endoszkópia: szegmentálás, középvonal keresése, navigáció
- illusztratív nem-fotorealisztikus vizualizáció

Orvosi optikai műszerek

(BMEGEMIMEM1, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1./3., 2/2/0/v/5 kredit, GPK)

1. A tantárgy célkitűzése

Az orvosi gyakorlatban előforduló optikai műszerek működési elveinek és felépítésének megismertetése. A program áttekintést tartalmaz a szemészeti optikai műszerekről és az orvosi lézerekről is, amelyek azonban részletesebben külön fakultatív tantárgyban szerepelnek.

2. A tantárgy tematikája

A geometriai optika alapfogalmai. Fókusztávolság, nagyítás, fényerő, numerikus apertura, feloldóképesség. A száloptikák. Fénytovábbító és képtovábbító szálak. Képalkotó optikai elemek. Lencsék. Lencserendszerek, tükrök. Mikroszkópok. A mikroszkópi képalkotás elve. Mikroszkóp objektívek, okulárok, tubusok, állványok. Monokuláris és binikuláris mikroszkópok. Sztereo-mikroszkópok. Különféle megvilágítások. Finompozicionálók. Az operációs mikroszkóp. Az endoszkópok. Képalkotás, képtovábbítás, megfigyelés okulárral, spionnal, kamerával. Megvilágító rendszerek. Az endoszkópok manipulátorai. A biometria eszközei. Mérés katetométerrel. Sztereometria. Holográfia. A moire-technika alkalmazása az ortopédiában. Lézerek az orvosi gyakorlatban. Lézerek fajtái. Terápiás lézerek, sebészeti lézerek. A lézerfény optikája. A lézerek biztonságtechnikája. A szem optikája. Szemüvegek, kontaktlencsék. Szemvizsgáló berendezések. A színlátás optikája. A spektrofotometria. Spektrális mennyiségek mérése. Színszűrők, interferenciaszűrők, monokromátorok. Spektrofotométerek. Egyfényutas és kétfényutas spektrofotométerek. Minta-adagolók. Küvetták. Laboratóriumi minták spektrális értékelése. Az infraképtechnika. Termometria. A lumineszcencia. A polarimetria. Képfeldolgozás. Képfelvevők. Képdigitalizálók. A kép szűrése, tisztítása. Szegmentálás. Lényegkiemelés. Alakfelismerés. Geometriai torzítások. 3D mérés digitális képen.

Virtuális műszerezés az egészségügyi mérnöki gyakorlatban

(BMEVIEEM208, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2./4., 2/2/0/v/5 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése

A kurzus célja, hogy az egészségügyi mérnökhallgatóknak bemutassa a mai modern műszerkezelés és virtuális műszerezés alapjait és felkészítse őket önállóan összeállított mérések elvégzésére. Így olyan általános műszerkezelési és mérésvezérlési alapra tesznek szert, amit a tanulmányaik és később ipari munkáik során alkalmazni tudnak. Az előadások során áttekintjük, hogyan lehet olyan alkalmazásokat készíteni, amikkel mérési adatokat tudunk gyűjteni, tárolni és feldolgozni, illetve a mérőberendezéseket szakszerűen vezérelni. Ismertetjük a fizikai műszerek vezérlési lehetőségeit, adatgyűjtők, mérőkártyák használatát és mindezek integrálási lehetőségeit virtuális környezetbe. A laboratóriumi mérések gyakorlat orientáltak, lehetőség szerint minden hallgatónak külön mérőkártya áll rendelkezésre.

2. A tantárgy tematikája

1. blokk: LabVIEW programozás ismeretek
   a. Programozási alapok, adatgráf alapú programozás, LabVIEW alapok: objektumok, ciklusok, vezérlési szerkezetek (select, case), adattárolók (shift regiszterek)
   b. Adatstruktúrák (tömbök, klaszterek, típusdefiníciók, egyedi vezérlők, tulajdonságok örökítése). Fájlkezelés, fájlformátumok (bináris és szöveges fájlok, XML)
   c. Állapotgépek. Párhuzamos adattranszfer (lokális és globális változók, funkcionális globális változók)
   d. Szinkronizált adattranszfer (Notifier és Queue struktúra, VI időzítés), eseményvezérelt programozás
   e. Objektum orientált LabVIEW
   f. Mérésadatgyűjtés és kiértékelés, méréstervezés, DAQ architektúra, VISA architektúra. Adatgyűjtő rendszerek: RS232, GPIB, CAN, DAQmxg. Hibakezelés
2. blokk: mérésadatgyűjtés és jelfeldolgozás LabVIEW környezetben
   a. Mérésadatgyűjtés általános elvei, impedancia illesztés, szimmetrikus és aszimmetrikus jelforrások, kvantálás, mintavételezés
   b. Az egészségügyi mérnöki gyakorlatban előforduló jelek (EKG, EEG, respiratogram) kiértékelése LabVIEW környezetben: kvantálás, újramintavételezés, szűrés, ofszet kompenzáció, SNR mérése
   c. Egészségügyi mérnöki képfeldolgozás lehetőségei LabVIEW környezetben: mintázat keresés, küszöbérték keresés, kontrasztosítás
3. blokk: Projekt készítés
   a. A hallgatók feladata egy nyomásmérő szenzorral illetve NI-USB adatgyűjtő eszközzel (hallgatói páronként egy eszköz) megvalósított komplex adatgyűjtőkiértékelő rendszer megvalósítása
4. blokk: Házi feladat projekt: a hallgatók által a 7. héten kiválasztott egészségügyi mérnöki műszerezési problémát megoldó önálló feladat, melynek eredménye egy komplett mérőrendszer és az ezt vezérlő LabVIEW szoftver megvalósítása és dokumentálása. A házi feladatot a 14. héten mutatják be.
5. CLAD vizsga

III.5 Szigorlat, diplomatervezés

Szigorlat

(BMEVIEUM372, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 3., 0/0/0/sz/0 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy a hallgató – előképzettségétől függően – a műszaki vagy az orvosi alapismereteket szintetizálja.

Ha a hallgató nem rendelkezik műszaki képzési területen szerzett diplomával vagy természettudományos képzési területen szerzett matematika vagy fizika szakos diplomával, akkor műszaki alapszigorlatot kell tenni, amely matematika, fizika, számítástechnikai ismeretek témakörökre terjed ki, különben *orvosi alapszigorlatot* kell tenni, amely anatómia, élettan, biokémia témakörökre terjed ki.

Műszaki alapszigorlathoz kötelező előtanulmányi rend: Matematika M1, Fizika M1.

Orvosi alapszigorlathoz kötelező előtanulmányi rend: Rendszerélettani alapismeretek, Funkcionális anatómia.

Ha a hallgató az előtanulmányi rendben szereplő egyik tantárgyat teljesítette, akkor az Egészségügyi mérnöki alapszigorlatot az előtanulmányi rendben szereplő másik tantárggyal egy időben, azonos félévben is felveheti.

2. A tantárgy tematikája

A szigorlat részletes anyagát a tantárgy adatlapja tartalmazza.

Diplomatervezés 1 (Egészségügyi mérnök)

(BMEVIEUM921, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 3., 0/10/0/f/15 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomatervvel azt kell igazolni, hogy diplomázó önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni. Az első félév programja irodalomkutatás, a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

2. A tantárgy tematikája

A diplomatervezés részletes anyagát és előírásait a tantárgy adatlapja tartalmazza.

Diplomatervezés 2 (Egészségügyi mérnök)

(BMEVIEUM971, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 0/10/0/f/15 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomatervvel azt kell igazolni, hogy diplomázó önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni. A második félév programja a feladat megoldásának befejezése, valamint a diplomaterv elkészítése.

2. A tantárgy tematikája

A diplomatervezés részletes anyagát és előírásait a tantárgy adatlapja tartalmazza.

III.6 Szabadon választható tantárgyak

A szabadon választható tantárgycsoportban a hallgatók ismereteik bővítésére általuk szabadon választott tantárgyakat vesznek fel - minimum 6 kreditpont kiméretben - a Kar, más karok, vagy más egyetemek tantárgyainak kínálatából.

Felhívjuk figyelmét, hogy az összes intézményi tantárgy listájában szereplő tantárgyak több-kevesebb átfedést is tartalmazhatnak más tantárgyakkal. Ha a mintatantervben szereplő kötelező, illetve a tantervi követelmények teljesítéséhez már figyelembe vett egyéb tantárgyak ismeretei együttesen egy tantárgy tananyagának nagyobb hányadát tartalmazzák, úgy a tantárgy felvehető ugyan, de a tantervhez kapcsolódó követelmények teljesítéséhez nem vehető figyelembe [NFTv 49.§ (5)]. Ezt a Neptun nem tudja ellenőrizni, ezért a megfelelő tantárgyfelvétel minden hallgató saját felelőssége: ha a tantárgyi adatlap alapján ez nem egyértelmű, kérjük, hogy felvétel előtt ki-ki konzultáljon közvetlenül a tantárgy előadójával vagy felelősével, szükség esetén a Kari Kreditátviteli Bizottsággal.

IV. Gazdaságinformatikus mesterszak

A mesterképzés fontos célja, hogy az elméleti megalapozás igényességével és a specializációs képzés szakmai mélységével felkészítsen a magas szintű kutató-fejlesztő gazdaságinformatikusi tevékenységre, és a legtehetségesebbek számára a doktori képzésre. A képzés célja olyan kompetenciák adása, amellyel a képzésben résztvevők képesek a komplex üzleti folyamatokat megérteni, problémákat feltárni és megoldási alternatívákat kidolgozni. Alkalmasak az értékteremtő folyamatokat támogató informatikai rendszerekkel szemben támasztott igények felismerésére, fejlesztésre. Ennek elősegítésére a képzés súlyt helyez a legújabb szakirodalom és a szakmai rendezvények nemzetközi szintű követésére, az informatikai súlypont megtartása mellett az interdiszciplináris, illetve multidiszciplináris szemlélet elsajátítására, egyetemközi együttműködések és kutató-fejlesztő szervezetekkel kialakított kapcsolatok ápolására, a hallgatók szakmai rendezvényeken és közös kutatás-fejlesztési tevékenységekben való részvételének biztosítására. A Villamosmérnöki és Informatikai Karon (továbbiakban: VIK) működő doktori iskolák képesek befogadni a gazdaságinformatikus PhD hallgatókat, számukra színvonalas és perspektivikus kutatási témákat kiírni, azok konzultációját vezetni.

Felvétel a gazdaságinformatikus mesterszakra: A mesterképzésbe történő belépés előzményeként, kreditpótlás nélkül elfogadott szak a gazdaságinformatikus alapképzési (BSc) szak. Más alapszakon végzettek esetében a mesterfokú diplomához, a mintatantervben szereplő kreditek megszerzésén felül szükséges, hogy a hallgatónak a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek – felsőoktatási törvényben meghatározott – összevetése alapján elismerhető legyen legalább 70 kredit (amelyből 30 kredit még pótolható a mesterképzés első két félévében) a korábbi tanulmányai szerint.

A felvétel feltétele, hogy a szakterületi előtanulmányok során megszerzett kreditpontok összege elérje a 70 kreditpontot, amiből minimum 40-nel rendelkezni kell a mesterfokozat megszerzésére irányuló tanulmányok megkezdésekor, illetve a hiányzó (30) kreditet meg kell szerezni a mesterképzéssel párhuzamosan, a felvételtől számított két féléven belül, a felsőoktatási intézmény tanulmányi és vizsgaszabályzatában meghatározottak szerint.

A 70 kreditpont az alábbi kompetenciaterületeken oszlik meg:

természettudományos ismeretek analízis, valószínűségszámítás, statisztika, operációkutatás, matematika, számítástudomány;	*10 kredit*
gazdasági és humán ismeretek közgazdaságtani, vállalatgazdaságtani, gazdaságtudományi, pénzügyi, jogi ismeretek, EU ismeretek, menedzsment, vezetéselméleti (döntéselmélet, módszertan) ismeretek;	*20 kredit*
informatikai ismeretek számítógép-architektúrák, operációs rendszerek, számítógép-hálózatok, programozás-elmélet, programnyelvek, programtervezés, adatbázis-kezelés, IR-architektúrák, -fejlesztés, -menedzselés, minőségbiztosítás, integrált fejlesztőeszközök, fejlesztési támogatások, informatikai audit, integrált vállalatirányítási rendszerek, speciális alkalmazások.	*40 kredit*

A táblázat szerinti ismeretkörökben korábban megszerzett kreditek elismerése elsősorban a következő alapdiplomával rendelkezők esetében lehetséges: programtervező informatikus, mérnökinformatikus, villamosmérnök, műszaki menedzser, gazdálkodási és menedzsment, gazdaságelemzés, pénzügy és számvitel alapképzési szakok. A képzésbe tervezzük azon alapképzési szakon végzettek felvételét is, akik a saját alapképzésükkel párhuzamosan (választható tantárgyként) elegendő kredit-értékű ismereteket hallgattak.

Választható tantárgyként az előtanulmányi kreditek megszerzését az informatikai ismeretkörben a BME VIK kiemelten támogatja. Részleteket ld. Ajánlott tantárgyak az informatikai előtanulmányi kreditek megszerzésénél.

Ezen felül figyelembe vehetők mindazon alap- vagy mesterfokozatot adó alapképzési szakok, illetve a felsőoktatásról szóló 139/2015 (VI.9.) Korm. rendelet szerinti főiskolai vagy egyetemi szintű alapképzési szakok, amelyeket a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek összevetése alapján a VIK kreditátviteli bizottsága elfogad.

A mesterképzés során megszerzendő ismeretek (120 kredit):

természettudományi és gazdasági ismeretek számítástudomány, operációkutatás, többváltozós statisztika, menedzsment kontroll, stratégia, vezetői számvitel;	*18-30 kredit*
gazdaságinformatikai szakmai ismeretek szoftver engineering, hálózati technológiák, biztonság, rendszerfejlesztés, adatbányászat, adattárház, vállalati architektúra, informatikai stratégia, folyamatmenedzsment;	*20-25 kredit*
a szakmai törzsanyag kötelezően választható ismeretkörei A választható specializációkat is figyelembe véve az informatika szakma igényeinek megfelelő szakterületeken szerezhető speciális ismeret;	*25-50 kredit*
diplomamunka	*30 kredit*
szabadon választható tantárgyak ismeretkörei	*min. 6 kredit*

A szak orientációja: kiegyensúlyozott (a gyakorlati jellegű ismeretátadás aránya 40-60 százalék).

Előtanulmányi rend:
A kar által kötelezően előírt MSc előtanulmányi rend szerint

- A kar által kötelezően előírt MSc előtanulmányi rend szerint a Kontrolling (BMEGT35M401) tantárgy felvételének előfeltétele a Számvitel (BMEGT35M400) tantárgy teljesítése.
- Az Önálló labor 1, Önálló labor 2, Diplomatervezés 1 és Diplomatervezés 2 tantárgyak
  - csak az adott szak MSc képzésének hallgatói számára vehetők fel,
  - csak a felsorolás sorrendjében vehetők fel, a felsorolásban őket megelőző tantárgyak kreditjeinek teljesítése után.
- A Diplomatervezés 2 tantárgy felvételének feltétele a mintatantervnek megfelelően 84 kredit teljesítése.
- További előírásokat a „BME VIK MSc diplomaterv, záróvizsga, oklevél szabályzata” tartalmazhat.

Specializálódás, specializáció váltás:
A szakon a képzés teljes ideje alatt a hallgatók specializációhoz kapcsolódva végzik tanulmányaikat. A specializációra a jelentkezésüket (a választani kívánt specializációk sorrendjét) még felvételük előtt, a felvételi írásbeli ill. szóbeli alkalmával kell leadniuk.
A hallgató – méltányossága terhére – egy alkalommal, a specializációba kerülés kezdetétől számított fél éven belül, a BME Tanulmányi és Vizsgaszabályzatában meghatározott tanulmányi nyilvántartó rendszerben (TR) benyújtott kérvénnyel kérheti specializációja megváltoztatását. A kérelem elfogadása esetén a hallgató a következő félévtől kikerül az eredeti specializációról, és átkerül az általa megjelölt új specializációra (amennyiben az elindult). A specializációt váltó hallgatónak az eredeti specializáción elvégzett tantárgyai ügyében a Kari Kreditátviteli Bizottság hoz döntést.

Szakmai gyakorlat: A képzés hallgatói számára a diploma megszerzésének feltétele egy legalább 6 hetes egybefüggő szakmai gyakorlat sikeres teljesítése is. A szakmai gyakorlat lehetséges időpontjait, helyszíneit, tartalmát és lebonyolításának rendjét, a kar szabályzatai határozzák meg.

IV.1 Természettudományos alapismeretek

A természettudományos alapismereteken belül két felsőbb matematika tantárgy jelenik meg a gazdaságinformatikus MSc képzés kínálatában. Ezek a matematika tantárgyak a következők:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Matematikai statisztika	BMEVISZM108
Operációkutatás gazdaságinformatikusoknak	BMETE90MX50

Matematikai statisztika

(BMEVISZM108, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/0/1/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A matematikai statisztika alapvető elveivel, módszereivel és azok alkalmazhatóságával való megismerkedés egy bevezető előadás- és laborsorozat keretében. A félév első felében a valószínűségszámítás mértékelméleti megalapozása történik, majd a félév második felében a laborgyakorlatokon egy statisztikai programcsomag (pl. R) segítségével szemléltetjük a módszerek alkalmazásait. A programrendszer használatának megismerése mellett a gazdasági életből származó adatmátrixok komplex statisztikai elemzése által szembesülnek a hallgatók az anyag hasznosíthatóságával.

2. A tantárgy tematikája

Valószínűségszámítási fogalmak ismétlése, a matematikai statisztika alapfogalmai. Paraméterbecslés, pontbecslés, a becslés tulajdonságai (torzítatlanság, konzisztencia, erős konzisztencia, hatásosság), konkrét becslési eljárások (maximum likelihood módszer, momentum módszer) és tulajdonságaik. Student eloszlás, intervallumbecslés, konfidencia intervallum. Hipotézisvizsgálat, eloszlások (chi-négyzet eloszlás, Fisher-eloszlás), paraméteres próbák: egy- és kétmintás, egy- és kétoldali u- és t-próbák, F-próba és a Welch-próba. Nemparaméteres próbák: Kolmogorov-Szmirnov-próbák, Kruskal- Wallis-, Wilcoxon, Friedman-, előjel- és Mann-Whitney-próbák, Chi-négyzet próbák, varianciaanalízis, Friedman-próba, egzakt próbák. Regresszióanalízis: kétváltozós lineáris, legkisebb négyzetek módszere, lineárisra visszavezethető regressziók. Többváltozós lineáris regressziók: feladat definiálása, együtthatóbecslések, együtthatók és a modell tesztelése. Modellépítés, együttes-, parciális és többszörös korrelációs együtthatók. Főkomponens analízis, többdimenziós skálázás, klaszteranalízis. Sztochasztikus folyamatok: Markov-láncok, Poisson-folyamat. Determinisztikus módszerek, trendelemzés. Exponenciális szűrés. Idősorok: Box-Jenkins idősor-modellek (AR, MA, ARMA modellek).

Operációkutatás gazdaságinformatikusoknak

(BMETE90MX50, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/1/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

Az operációkutatás alapvető elveivel, módszereivel való megismerkedés egy bevezető előadássorozat keretében. A laborgyakorlatokon az operációkutatás rendelkezésre álló szoftvereit és azok gyakorlati feladatok megoldására történő alkalmazási lehetőségeit mutatjuk be. A hallgatók elsajátítják, hogyan lehet operációkutatási algoritmusokra készült számítógépes szoftverekkel gyakorlati alkalmazási feladatokat megoldani. A tantárgy elvégzése során lehetőség nyílik saját, önálló szoftverek fejlesztésére és azokkal történő feladatmegoldásokra is.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, szállítási feladat, probléma megfogalmazása. Megengedett megoldás létezése, induló megengedett bázismegoldás előállítása. Optimalitási kritériumok. Szállítási feladat variánsai, modelljei és alkalmazásai. Általános lineáris programozási feladatok. Lineáris optimalizálási modellek (termelés tervezés, keverési modellek). Lineáris egyenletrendszer és egyenlőtlenségrendszer megoldása és alkalmazásai. Lineáris függetlenség, bázis megoldás, általános megoldás. Szeparáció, Farkas lemma. Szimplex módszer és dualitás tétel. Gyenge és erős dualitás tétel. Degeneráció, ciklizálás, indexválasztási szabályok, végesség. Hálózati folyam feladatok. Gráfok, hálózatok, folyamok, legrövidebb út feladat. Maximális folyam, minimális vágás; Ford – Fulkerson tétele és javító utas algoritmusa. Maximális folyam feladatok és alkalmazásaik. Minimál költséges hálózati folyamfeladatok. Hálózati szimplex algoritmus és variánsai. Egészértékű programozási feladatok és alkalmazásai (ütemezés elmélet, személyzet hozzárendelés stb.). Hátizsák feladat, korlátozás és szétválasztás módszere. Egészértékű programozási feladatok. Játékelmélet alapjai. Mátrixjátékok, tiszta és kevert stratégiák, nyeregpont. Nash-féle egyensúly, Neumann János tétele. Játékelmélet alkalmazásai. Válogatott fejezetek az operációkutatásból. Kritikus út (CPM), hálótervezés. Ütemezés-elméleti alkalmazások. Több-célfüggvényes programozási feladatok. Az Excel solver használata. Modellező nyelvek: Mosel, AMPL. Solverek: Xpress, CPLEX.

IV.2 Gazdasági és humán ismeretek

A gazdasági és humán ismereteket négy tantárgy alapozza meg, amelyek listája a következő:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Számvitel	BMEGT35M400
Kontrolling	BMEGT35M401
E-jog	BMEGT55M400
Projektmenedzsment	BMEGT20M400

Számvitel

(BMEGT35M400, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, GTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A különböző intézményekből és szakokról érkező hallgatók számviteli ismereteit azonos szintre hozza, így a tantárgy részletes tárgyalásakor áttekintjük a hazai számviteli rendszert, a beszámolást, annak formáit, a beszámoló mellékleteit, természetesen a mesterszaknak megfelelő szinten. Részletesen bemutatásra kerül a könyvvezetés és az értékelés, a zárás, a beszámoló összeállítás témaköre. Kitérünk a pénzügyek és a számvitel kapcsolatára, valamint arra, hogy a számvitel által szolgáltatott információk miként használhatók fel egyéb nem számviteli területen. Kiemelt hangsúlyt helyezünk a beszámoló egyes mellékleteinek pénzügyi felhasználhatóságára, kitérve az adatkorrekciós tényezők bemutatására, továbbá a cash-flow kimutatás, mint a gazdasági elemzések alapja kiemelt szerepet kap a tantárgy feldolgozásakor. A tantárgy alapvető célul tűzi ki, hogy a hallgatók mélyen megértsék a számvitel főbb ok-okozati összefüggéseit, mindehhez a témakörökhöz kapcsolódóan több komplex példamegoldást bemutató foglalkozás is kapcsolódik. Törekszünk arra, hogy az informatikus hallgatók megértsék, hogy a számviteli információs rendszerrel, mint szoftverrel szemben milyen elvárások fogalmazódnak meg a gyakorlatban, valamint, hogy az elemi gazdasági események rendszere milyen programozható algoritmusokat kíván és alkalmaz.

2. A tantárgy tematikája

A számvitel fogalma, feladata. A kettős könyvvezetés elmélete és gyakorlata! A kettős könyvvitel alkalmazása kereskedelmi példán. Beszámoló. Mérleg eszköz oldala. Mérleg forrás oldala. Eredménykimutatás. Értékelés. Kiegészítő melléklet és az üzleti jelentés. Cash-flow kimutatás. A számviteli alapelvek és politika. Számviteli elszámolások és a finanszírozás. Elemzés külső szemmel. A heti 3+1 kiméret (3 előadás + 1 gyakorlat) a félév során nem szimmetrikusan kerül megtartásra. Azaz a félév első heteiben a gyakorlat terhére előadások kerültek a tantervbe, míg a félév második felében a hallgatók találkozhatnak majd olyan héttel is, amely kizárólag példamegoldásokkal telik. Átlagosan megfelel a tantárgy a kiméretben megfogalmazottaknak.

Kontrolling

(BMEGT35M401, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 3/1/0/v/5 kredit, GTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy követelménye, hogy felkészítse a hallgatókat a XXI. századi vállalatirányításban a kontrolling szerepére úgy, hogy ne csak értsék, de készségszinten képesek is legyenek alkalmazni a kontrolling módszereket, akár vezetőként kell döntéseket hozni, akár kontrollerként kell vezetői információáramlást kialakítani, elemző, döntés-előkészítő munkát végezni, akár informatikusként kell (szoftvert és hardvert is beleértve) támogatni e fontos feladatok hatékony ellátását.

2. A tantárgy tematikája
A kontrolling szerepe a vállalat vezérlésében. A kontroller legfontosabb feladatai. A szervezet felelősségi és elszámolási rendszerének kialakítása. A kontrolling rendszer építőelemei. A stratégia kapcsolódása a nyereség és a likviditás tervezéséhez. A kontrolling szervezet kialakításának lehetőségei. A költségelszámolás és a teljesítményértékelés szerepe a kontrollingban és megjelenítése a vezetői jelentésekben. A vezetői számvitel részterületei. Árképzési módszerek. A teljesítmények és a költségek szakszerű irányítását biztosító költségnemek, költséghelyek és költségviselők szerinti elszámolás felépítése. A termelő, a szolgáltató és a kereskedelmi szervezetek vezetői számvitele. A folyamatok költségszámítása (tevékenység alapú költségszámítás, Activity Based Costing). A normatív költségek előírása (zéró bázisú költségtervezés). A piacok, a vevők és az üzleti területek eredmény-számításának módszerei. Stratégiai és operatív kontrolling és értékorientált vállalatirányítás. A stratégiaalkotás során alkalmazott módszerek. A stratégiai elképzelések operatív megvalósítása. A stratégiai teljesítmény-mutatókon alapuló irányítási rendszer (Balanced Scorecard) felépítése. A stratégia, az üzleti tervezés, a projekttervezés és az operatív tervezés összekapcsolása. Operatív tervezés. Hogyan építjük fel az operatív tervezést? Hogyan kapcsolhatjuk össze az operatív tervezés egyes moduljait? A kontroller feladatai a tervezés során. Egy tervezési értekezletet sikeres levezénylése. Mitől lesz reális a terv? Az előrejelzések és a kockázatok kezelésének (kockázatmenedzsment) beillesztése a tervezési és beszámolási rendszerbe. A vezetői döntéshozatal lépcsői. Hogyan hozzuk mozgásba a szervezetet a beszámolókkal? A beszámoló rendszer elemei és a beszámolási folyamat. A kontroller munkáját támogató információs technológiák. Hogyan érjük el a beszámolókkal a kívánatos hatást? Az üzeneteket lényegre törő közvetítése. Diagramok, táblázatok alkalmazása a beszámolókban. A tervezés, beszámolás során előkerülő konfliktusok kezelése.

E-jog

(BMEGT55M400, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/0/0/f/3 kredit, GTK)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy - az információs társadalom jogának kialakulásába a gazdasági informatikus képzés más tárgyi követelményeivel összhangban - képessé tegye a hallgatókat egyfelől arra, hogy eligazodjanak az e-jog területein, munkájukkal összefüggő élethelyzeteikben az alapvető jogi kompetenciák birtokában járhassanak el másfelől pedig arra, hogy a gazdaságinformatikusi tevékenység során felmerülő jogi kérdésekben - nem jogászként - alapszinten választ tudjanak adni, meg tudják ítélni a jogi kockázatokat, illetve azt, hogy konkrét jogi tanácsért hova kell fordulniuk. A képzés további lényeges célkitűzése, hogy áttekintést adjon gazdaságinformatika körébe eső közbeszerzési eljárásokban az ajánlattevői oldalon jelentkező és az esetleges jogorvoslattal kapcsolatos feladatokról.

2. A tantárgy tematikája
A kurzus „alapozó órája” az információs társadalom jogi problémáinak általános igényű áttekintését célozza: olyan folyamatként állítja a hallgatók elé, mely tudatosan (az Európai Uniós és nemzeti információs társadalmi politikák célkitűzései szerint) indukált (a jogalkotás terén is) változásokat. Az információs jogokat – elsősorban az infokommunikációs technológiák igénybevételének összefüggésében áttekintjük a véleménynyilvánítás szabadságával, a tartalomszolgáltatással, a személyiségvédelemmel foglalkozó jogszabályokat. A negyedik óra az elektronikus aláírás, a titkosítás, az információ tárolás, az azonosítás szabályaira fókuszál: e technikai jellegű szabályok egyben sok szempontból a következő két nagy blokk „háttérszabályaiként” is érvényesülnek. Az elektronikus kereskedelemmel foglalkozó óra elsősorban az Interneten keresztül történő értékesítés és a távollévők közötti kereskedelem kérdéseit tárgyalja, s ezzel összefüggésben mutatja be az ügyleti forgalomhoz kapcsolódó egyéb (elektronikus fizetések, számlázás) sajátosságait is. Az elektronikus ügyintézést (hatóságokkal, bíróságokkal való kapcsolattartás) ugyancsak külön óra tárgyalja, mely átfogja az elektronikus közszolgáltatások (a Központi Elektronikus Szolgáltató Rendszer) működésével összefüggő informatikai jogi szakkérdéseket is. A kurzusban nagy hangsúlyt kíván fektetni a szerzői jog problémáinak árnyalt bemutatására, ezen belül is a szoftverjoggal, az adatbázisok jogi védelmével, az Interneten keresztül történő tartalom hozzáférhetővé tételével, illetve a közös jogkezeléssel, jogkezelési rendszerekkel kapcsolatos jogi összefüggésének

bemutatására. Egy-egy óra időtartamban tárgyaljuk az iparjogvédelem (súlyozottan a szabadalmi jog) és a domain nevek joga alapvető kérdéseit. A kurzust a közbeszerzések jogi szabályozási rendszerének áttekintése zárja, mely – az EU-s összeghatár feletti és alatti beszerzések eltérő szabályainak kiemelésével – az anyagi és alaki közbeszerzési jog fő fogalmaival, szabályozási kérdéseivel ismerteti meg a hallgatókat.

Projektmenedzsment

(BMEGT20M400, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 4., 2/0/0/f/3 kredit, GTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja megismertetni a projektmenedzsmenttel kapcsolatos definíciókat és módszereket. A kurzus nagy hangsúlyt fektet a szoftveres megoldások megismertetésére. A tantárgy a projektet egyrészt, mint az egyedi gyártás, illetve egyedi szolgáltatások nyújtásának szervezési és irányítási eszközét, másrészt a termelő és szolgáltató rendszerekben gyakran előforduló projektek (termékfejlesztés, folyamat-átalakítás stb.) lebonyolításának szervezési technikáját értelmezi.

2. A tantárgy tematikája

Projektmenedzsmenttel kapcsolatos alapvető definíciók. Fázisok jellemzői (rész megvalósíthatósági tanulmányok, lobbitérkép stb.). Projektéletciklus és a termékéletciklus kapcsolata (életciklus szerinti elemzés). Legfontosabb módszertanok felépítése (PMBoK, PRINCE2). Folyamatok, folyamatcsoportok. Főbb dokumentumok: projektalapító okirat, előzetes projektterjedelem-leírás, projektmenedzsmentterv. BPM dialektusok, folyamatmodellezés. Szoftver-életciklus modellek és szoftverfejlesztési módszertanok. Szereplők, szerepek. Emberi erőforrás menedzsment eszközei: tevékenység-felelős mátrix, készség-szaktudás adatbázis. Hálóelméleti alapok. Alapvető gráfelméleti algoritmusok összefoglalása. Munkalebontási szerkezet, függőség meghatározása; megelőzési és követési listák, listák átalakítása címkézési technikával. Háló rajzolásának szabályai és technikája, dinamizálása és elemzése. Legfontosabb paraméterek (TPT, S, TF, FF, IF, CF) kiszámítása. Sztochasztikus elemeket, döntési pontokat és összetettebb logikai pontokat tartalmazó speciális hálók. Idő- és költségbecslés alapjai. Modell paraméterezése. Nyomon követés (Earned Value Management, Earned Schedule). Erőforrás elemzés. Kockázat: kvalitatív és kvantitatív kockázatelemzés. Szerződéstípusok. Versenyeztetés. Projektportfólió-menedzsment: definíció, lépések, rangsorolás, iroda szerepe.

IV.3 Szakmai törzsanyag

A szakmai törzsanyag, amely a specializációk egyedi tudását – mind gazdasági, mind informatikai oldalról – megalapozza, a következő tantárgyakból áll:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Pénzügyek	BMEGT35M402
Adatbiztonság a gazdaságinformatikában	BMEVIHIM100
Hálózatba kapcsolt adatbázisok	BMEVITMM100
Adatbányászati technikák	BMEVITMM185

Pénzügyek

(BMEGT35M402, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, GTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A pénzügyek tantárgy gazdasági jellegű alapismereteket foglal össze. Célja, hogy a hallgatók átfogó képet kapjanak a gazdaság működésének főbb mechanizmusairól, és mélyen megértsék a gazdaság főbb okokozati összefüggéseit is – mindezt természetesen a mesterképzéseknek megfelelő színvonalon. A tantárgy a közgazdasági alapismeretekből, alapfogalmakból kiindulva jut el a részvényesi érdekképviselet, a releváns bevételek és költségek levezetéséig. A tantárgyban jelentős szerepet kap a modern pénzügyek alappilléreinek színvonalas áttekintése, ezek részeként az osztalékközömbösség, az étékek függetlensége. Ugyanide sorolható a Tőkepiaci árfolyamok modelljének (CAPM) részletes levezetése, bemutatása, de az érintőlegesen megjelenő tőkepiaci árazás témaköre is. A tőkeköltségek meghatározása, megadása külön fejezetben kerül tárgyalásra. Végül – természetesen – a tantárgyban helyet kapnak az alapvető gazdasági mutatók és számítások is, itt, mesterszinten, sokkal erőteljesebben fókuszálva ezek elméleti hátterére, levezetéseire is. A vállalati pénzügyek tantárgy számos későbbi pénzügyi tantárgy alapozó tantárgya, előtanulmányi követelménye.

2. A tantárgy tematikája

Részvényesi érték maximalizálása, megbízó ügynök probléma, profit, szabad pénzáramlások, mini vállalat megközelítés. Tőkeköltség. Döntés kockázatos pénzügyi helyzetekben, Markowitz féle portfólió elmélet. Tőkepiaci árfolyamok modellje (CAPM). Tőkeköltség becslés paraméterei tökéletes és tökéletlen tőkepiac mellett. Vállalati pénzügyi elemzések elmélete, háttere. Pénzáramok meghatározásának gyakorlati kérdései (növekményi alapú becslés, elsüllyedt költségek, releváns költségek stb.) Gazdasági elemzések főbb mutatóinak gyakorlati kérdései (NPV, IRR, PI, AE stb.) Adózás I. Hozzáadott érték alapú (forgalmi típusú) adók, vállalatokat érintő adók és ezek szerepe a gazdasági elemzésekben. Adózás II. Személy adók, és ezek szerepe a gazdasági elemzésekben. Osztalékfizetés elmélete, osztalékközömbösség levezetése tökéletes és tökéletlen piacon. Finanszírozás alapelméletei (Miller-Modigliani tételek levezetése tökéletes és tökéletlen piacon) és ezek hatásai a gazdasági elemzésekre. Tőkeköltség becslés gyakorlati lépései. Kockázatelemzés elméleti háttere, érzékenységvizsgálatok, scenárió-analízis, üzleti-szimuláció. Esettanulmányok feldolgozása

Adatbiztonság a gazdaságinformatikában

(BMEVIHIM100, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/f/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatókat megismertesse a számítógépes rendszerek biztonságának kockázatelemzés-alapú megközelítésével. Ez a gazdaságtudományi nézőpont alkalmas a műszaki megoldásokat, a szabályzói hátteret, a gazdasági ösztönzőket és az emberi tényezőt is integráló, holisztikus IT biztonsági szemlélet kialakítására. A tantárgyban az IT biztonság különböző műszaki

területei mellett fontos hangsúlyt kapnak a biztonsági beruházások és ezek keresztfüggései, az információ-megosztási kérdések és a kockázat átruházásán alapuló kiberbiztosítási megoldások.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés a rendszerbiztonságba: motivációk, példák, a terület felosztása, fogalmak, szereplők és biztonsági megoldások. Incidenskezelés. IT kockázatmenedzsment: folyamat, ajánlások és megfontolások. IT biztonság és adatvédelem jogi háttere. Rosszindulatú szoftverek és kiberbűnözés: típusok (vírusok, férgek, trójaiak, stb.), működésük, terjedési és rejtőzködési technikák (rootkit-ek), alkalmazások (botnetek, célzott támadások). Alkalmazott kriptográfia: építőelemek, rejtjelezés, üzenet hitelesítés, véletlenszám generálás, kulcscsere protokollok, PKI alapok, kommunikációs protokollok. Operációs rendszerek biztonsága: Felhasználóhitelesítés, jogosultságkezelés és hozzáférésvédelem. Szoftverbiztonság: programozási hibákból származó biztonsági problémák típusai, a hibákat kihasználó exploit technikák működése. Biztonságos programozás. Browserek és webes alkalmazások biztonságai: veszélyek és beépített biztonsági mechanismusok modern browserekben (DOM access control model, stb.). Webes alkalmazások biztonsági problémái (SQL injection, XSS, CSRF, stb.) és javasolt megoldások. Hálózati behatolási módszerek. Hálózatok biztonsági tesztelése (penetration testing, etikus hacking). Hálózati védelem: határvédelem tűzfalakkal, tűzfalak típusai, működésük, tipikus konfigurációs beállítások, és tipikus hibák, példák. Behatolás detektáló és SIEM rendszerek. Logelemző eszközök. Haladó IT biztonsági témák: felhő rendszerek, gépi tanuló rendszerek, usable security. IT biztonság gazdaságtana. IT biztonsági beruházások: Gordon-Loeb modell. IT biztonság keresztfüggései: összefonódó biztonság, kockázatok és függések, total effort, weakest link és best shot modellek, egyensúlyi megoldások. Információ-megosztás. Kiberbiztosítás: szerepe az IT biztonsági és privacy kockázatok kezelésében. Adatvédelem és keresztfüggései: személyes információ, adatvédelmi problémái, támadások fajtái, viselkedés-gazdaságtani vonatkozások, keresztfüggések, illusztratív példák (Facebook, Google, Android applikációk).

Hálózatba kapcsolt adatbázisok

(BMEVITMM100, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 3/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése
Az informatikai rendszereket hálózatba kapcsolt, kooperatív adatbázisok jellemzik. A tantárgy a korszerű távközlő hálózatok technológiáiba és szolgáltatásaiba, valamint az adatbázisrendszerek együttműködésének módszereibe vezeti be a hallgatókat elméleti és gyakorlati oldalról.

2. A tantárgy tematikája
Adatbáziskezelő rendszerek-architektúrái és a párhuzamos működés. Centralizált vs. kliens-szerver rendszerek, Párhuzamos működésű adatbáziskezelő rendszerek, IO párhuzamosítása, Inter- és intraquery párhuzamosítás. Elosztott adatbáziskezelés: Elosztott, hálózatba kapcsolt adatbázisok típusai, Hatékonysági megfontolások, Zárkezelési protokollok, Elosztott sorosíthatóság, Lavinamentesség biztosítása, Elosztott megegyezés: 2PC-3PC, Elosztott időbélyeges tranzakciókezelés, Csúcsok helyreállítása rendszerhibák után, Elosztott pattok kezelése. Extrém nagy adatmennyiségek kezelése: A NoSQL helye és szerepe, Google-Amazon technológiák, Skálázhatóság vs. erőforrások megosztása, Konzisztencia fogalmának kiterjesztése, Rendelkezésreállás, Hibatűrés, CAP tétel, NoSQL adatbáziskezelők típusa. Adatstruktúrák tervezése ismert alkalmazásprofilhoz. Relációs struktúrák tervezése OLTP rendszerekhez. Relációs struktúrák tervezése döntéstámogató rendszerek számára. Memóriaalapú adatbáziskezelés. Diszkrezidens és memóriarezidens adatbáziskezelés. Analitikus célú információs rendszerek tervezése és megvalósítása. Stratégiai adatorientált döntéstámogató rendszerek alapelvei. Adatbáziskezelők teljesítménymérése és hangolása. Szemantikus adatkezelés: Szemantikus elemek tárolása XML adatformátumban, XML séma, adatreprezentáció RDF formában, az RDF lehetőségei és korlátai, RDF sémaleíró nyelvek, Ontológia fogalma, kapcsolat a szemantikus webbel, szemistrukturált adatok tárolása, szemistrukturált adatbázisok.

Adatbányászati technikák

(BMEVITMM185, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/1/0/f/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az alapvető adatbányászati algoritmusok ismertetése, azok alkalmazhatóságának bemutatása a gazdasági életből származó példákon keresztül. A hallgatók legyenek képesek adatbányászati elemzések elvégzésére különböző területeken (kereskedelem, pénzügy, marketing, orvosi adatbányászat stb.). Ismerkedjenek meg a gyakorlatban széles körben elterjedt adatbányászati szoftverrel és szereznek tapasztalatokat az adatelemzés, tudáskinyerés területén.

2. A tantárgy tematikája

Adatbányászat fogalma, története, feladatai, alkalmazási területek, adatbányászat szoftverek. Előfeldolgozás, adattranszformációk, hasonlósági mértékek, hiányzó értékek kezelése, diszkretizálás, mintavételezés. Bevezetés az osztályozásba és a regresszióba, osztályozó módszerek, osztályozás feladata. Lokális többségen alapuló osztályozók, k-legközelebbi szomszéd módszere, partíciós- és kernel-szabály, k-d fa. Döntési fák felépítése, döntési fák és döntési szabályok, minimális döntési fa feladata, ID3 algoritmus (feltételes entrópia), CART/CHAID módszerek lényege. Bayes-döntés, Bayesi hálózatok, naiv bayesi hálók (NBH). Lineáris osztályozók, perceptron algoritmus, Vapnik algoritmusa, hipersíkkal nem szeparálható adatok, SVM. Osztályozók kombinálása (bagging, randomizálás, boosting). Konzisztencia, hibavalószínűség, osztályozók kiértékelése: ismételt mintavételezés, keresztvalidáció, bootstrap. Klasszikus klaszterezési célfüggvények, klaszterező algoritmusok típusai, partíciós algoritmusok, hierarhikus-, sűrűség-alapú módszerek, rács- és modellalapú klaszterező algoritmusok. Gyakori elemhalmaz keresés, Apriori algoritmus, Szófa a gyakori elemhalmazok tárolására, Apriori algoritmus gyorsítása: bemenet tárolása (piros-fekete fa), zsákutca nyesés. Asszociációs szabály fogalma, szabályok kinyerése, érdekességi mutatók, függetlenség meghatározása, hierarchikus asszociációs szabályok, asszociációs szabályok és az osztályozás.

IV.4 Specializációk

A képzés két specializációja a gazdaságinformatika legdinamikusabban fejlődő és a jelenlegi ipari, intézményi háttér által leginkább igényelt szakterületeken ad alkalmazás-közeli szakmai tudást. A specializációkban megszerzett kompetenciák versenyképességet biztosítanak, mind a terület munkaerőpiacán, mind a területhez kapcsolódó kutatásokban.

A specializációk listája:

Vállalatirányítási informatika specializáció (ETT)
(Specialization of Enterprise Application Systems)

A specializáció valamennyi tantárgya magyar nyelven kerül meghirdetésre.

Gazdasági elemző informatika specializáció (TMIT)
(Specialization of Analytical Business Intelligence)

A specializáció valamennyi tantárgya angol nyelven kerül meghirdetésre.

IV.4.1 Vállalatirányítási informatika specializáció (ETT)

1. A specializáció megnevezése: **Vállalatirányítási informatika**
(Specialization of Enterprise Systems)
2. MSc szak: gazdaságinformatikus
3. A specializációfelelős tanszék: Elektronikai Technológia Tanszék
4. A specializációfelelős oktató: Dr. Martinek Péter egyetemi docens

5. A megcélzott szakterület főbb jellegzetességei, trendjei:
A modern folyamat szemléletű vállalatirányítás ma már megköveteli az integrált vállalatirányítási rendszerek használatát. Ezen rendszerek által megvalósított üzleti automatizálás pedig a legújabb információtechnológiai megoldásokra épít, mint például a gépi tanulási módszerek, felhő alapú rendszerek vagy mikroszolgáltatás alapú architektúrák. A vállalati folyamatokat, az azokat támogató integrált vállalatirányítási rendszereket és az ezekben alkalmazott modern technológiákat értő és alkalmazni képes gazdaságinformatikusok ma a legkeresettebb szakemberek közé tartoznak.

6. A megszerezhető kompetenciák:
A specializáció olyan tudásanyagot nyújt a hallgatóknak, amelynek elsajátítása révén mélyreható ismereteket szereznek mind a vállalat működéséről, mind az azt kiszolgáló korszerű vállalatirányítási informatikai rendszerekről.

A tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Integrált vállalatirányítási rendszerek	BMEVIETM193
Vállalatirányítási rendszerek konfigurációja	BMEVIETM194
Vállalatgazdaságtan	BMEGT20M401
Vállalati alkalmazások integrációja	BMEVIETM195
Önálló laboratórium 1	BMEVIETM388
Önálló laboratórium 2	BMEVIETM389
Diplomatervezés 1	BMEVIETM390
Diplomatervezés 2	BMEVIETM391
Szakmai gyakorlat	BMEVIETM375

Integrált vállalatirányítási rendszerek

(BMEVIETM193, szemeszter – őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/0/1/v/6 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal a tipikus vállalati alkalmazásokat, az integrált vállalatirányítási rendszerek elemeit és az általuk támogatott üzleti folyamatokat. A tantárgy során bemutatjuk a típusrendszerek jellegzetességeit, funkcionális és informatikai összefüggéseit a komplex vállalati folyamatokban.
A hallgatók képesek lesznek a vállalati alkalmazási rendszerek kezelésére, működtetésére, a működési problémák feltárására, és elhárítására. Képesek lesznek a vállalati igényeket támogató rendszerek tervezésére, az új igények informatikai vetületének felmérésére.

2. A tantárgy tematikája
Üzleti modellek és megfontolások, vállalatközi, bankközi és lakossági értékesítési modellek, vállalati értékláncok, iparági ellátási láncok, ebusiness modellek. Az integrált rendszerek legfontosabb tulajdonságai, jellegzetes moduljai és kapcsolódó vállalati folyamatok ismertetése. Szükséglettervező algoritmusok egyszerű és nagybonyolultságú rendszerekben. Az elosztási erőforrás-tervezés. Termeléstervezés és ütemezés adatbázisa, különböző időtávokon használatos algoritmusai.

Ügyfélkapcsolati rendszerek fő feladatai. Az ellátási lánc kezelésének célja, módszerei. A logisztika üzletviteli és funkcionális megoldásai, ezek informatikai támogatása. Elektronikus fizetési rendszerek és alkalmazásuk meghatározása konkrét üzleti modellekhez. ERP alapú PLM rendszerek. Webes technológiák a termék életciklus-menedzsmentben. Szabványok a termékadat-kezelésben és megjelenítésben.

Vállalatirányítási rendszerek konfigurációja

(BMEVIETM194, szemeszter – őszi kezdés 1., tavaszi kezdés: 3., 3/0/2/v/7 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése: A tantárgy bemutatja a vállalatirányítási rendszerek konfigurációs feladatait, a célrendszert specifikáló folyamatmodellek előállítási módszereit, a testreszabás és az átadás menetét, valamint a használat alatti folyamatos támogatás módszereit; valamint gyakorlati ismereteket nyújt a standard integrált vállalatirányítási információs rendszerek tipikus konfigurálási feladatairól, a vállalati folyamatmodellekhez illeszkedő rendszer létrehozásának módszertanáról. A tantárgy kialakítja a hallgatókban a rendszerek bevezetéséhez szükséges képességeket, az üzleti folyamatok és az informatikai funkciók párhuzamos szemléletének készségét. Képesek lesznek a konfigurálási feladatok végrehajtására és/vagy a végrehajtás irányítására, a bevezetett rendszer folyamatos támogatására a teljes életcikluson keresztül.

2. A tantárgy tematikája: Vállalati informatikai projektek sajátosságai. A vállalati folyamatok felmérésének és meghatározásának módszerei. Követelményspecifikáció meghatározása, sikertényezők. A célrendszer specifikálása: modellezési módszerek. Folyamatmodellezési módszerek, különböző megközelítések. Többszintű üzleti folyamatmodellek, business process mapping. A BPMN szabvány és kapcsolódó módszertanok. A konfiguráció előkészítési szakaszai, feladatai. A standard vállalatirányítási rendszerek tipikus modelljei és architektúrái. A rendszerkonfiguráció indítása, nyomkövetése. Az értékesítési szervezet és a vállalat alapvető paraméterei. Alapvető területi és könyvelési beállítások. A funkcionális követelmények szerinti konfigurációk beállítása. Ügyfél-specifikus funkciók fejlesztése. Adatbázis-elérés külső rendszerekből. A rendszer többfázisú tesztelése, verifikálása. Cutover feltételek ellenőrzése. Rendszertámogatás stratégiái, módszerei. A módosítási igények kezelése-végrehajtása, minőségbiztosítás, dokumentálás, kibocsátás.

Vállalatgazdaságtan

(BMEGT20M401, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 4., 3/0/0/f/4 kredit, GTK)

1. A tantárgy célkitűzése: A tantárgy legfontosabb célja egy olyan szemlélet kialakítása, melynek segítségével a hallgatók átlátják, és megértik egy vállalat felépítését és működését. Cél továbbá bemutatni az egyes vállalati funkciók tevékenységi és felelősségi területeit, valamint a közöttük lévő információs kapcsolatokat, melyek segítségével a vállalat vezetői és tulajdonosai valós képet kaphatnak a vállalat pillanatnyi teljesítményéről.

2. A tantárgy tematikája: Az innovációs folyamatok menedzselésének problémái a vállalati gazdálkodásban. A termék-életgörbe alapján meghatározott innovációs stratégiák a termék és szolgáltatásportfolió optimalizálása érdekében. Vállalati innovációs stratégiák, és azok vállalat specifikus kombinációi. Az innovációs projektek elhatárolása a vállalati rutintevékenységektől. Logisztikai alapfolyamatok a vállalat működésében, és szerepük a vevőkiszolgálás eredményességében és potenciális fejlesztésében. Beszerzési, termelési és értékesítési folyamatok hatása a vállalat gazdasági eredményeire. A tevékenységalapú költségszámítás szerepe a vállalati költségstruktúra finomításában, ennek informatikai követelményei. A vállalati folyamatok fejlesztése a lean szemlélet segítségével. Lean folyamatok támogatása ERP rendszerek segítségével. A termelési és logisztikai folyamatok összehangolásának lehetőségei a vállalkozás jövedelemtermelő képességének növelése érdekében. A vállalati folyamatok kihelyezésének lehetőségei, tranzakciós költségek, kockázatok. Középméretű

vállalkozások standardizálható folyamatrendszere, termelő vállalatok, szolgáltató vállalatok különbsége. Nagyvállalatok jellegzetességei: piaci erő kihasználása, innovációs erő, érdekérvényesítés a szabályozásban, vevői alkupozíciók. Tudás-intenzív vállalkozások jellegzetességei: tudásösszesítő folyamatok szerepe. Piaci és árazási politikák kialakítása az informatikai termékek piacán. Cégcsoportok összefüggései, hol van a vállalat határa? Virtuális cégek.

Vállalati alkalmazások integrációja

(BMEVIETM195, szemeszter – őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 3/0/2/v/7 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése: Megismertetni a hallgatókkal a vállalati alkalmazások integrációját, annak különféle megoldásait és módszereit, valamint bemutatni az elterjedt megoldások (pl. adatbázis-, alkalmazás-, folyamatintegráció) jellegzetességeit és a kapcsolódó informatikai technológiákat. A tantárgy kialakítja a hallgatókban a rendszerek integrációjának képességét az üzleti oldalon megfogalmazott integrációs igények kielégítésére. A hallgatók képesek lesznek a különféle integrációs üzleti igények felmérésére, a vállalati rendszerek integrációs képességeinek azonosítására, az integrációs megoldás megtervezésére, az integráció adaptereinek és keretrendszerének konfigurálására és éles környezetben történő bevezetésére.

2. A tantárgy tematikája: Vállalati alkalmazások típusai, felépítésük, együttműködési lehetőségeik. Integráció alapvető fogalmai: résztvevő rendszerek, különböző megközelítések, protokollok, tipikus architektúrák. Az üzleti oldal alapvető integrációs igényei: riportolás, adatbányászat, összetett folyamatok, migráció, biztonsági mentés. Az integráció szintjei: adatintegráció, alkalmazásintegráció és felületintegráció. Az alkalmazásintegráció különböző megvalósításai. Vállalati tartalmak, vállalati adatok életciklusa. Információ és tudásintegráció. A séma illesztés feladata, tipikus algoritmusok, strukturális, lingvisztikus és hibrid megközelítések. Különböző megoldások komplexitása, teljesítménye, alkalmazhatósága a vállalati adatok függvényében. Adatreprezentációs és definíciós különbségek azonosítása. SOA alap architektúra és szolgáltatás alapú alkalmazás integráció. Szolgáltatás analízis és megvalósítás. Szolgáltatási szintek, szolgáltatás alapú rendszerek és integrációs megoldások minőségbiztosítása. Vállalati mikroszolgáltatások, mikroszolgáltatás alapú architektúrák. Felhő alapú vállalatirányítási rendszerek. Ontológiák tervezése, integrációja. Vállalati ontológiák. Ontológiák és szemantikai leírók alkalmazása az alkalmazás integrációban. Kapcsolódó technológiák és szabványok.

Önálló laboratórium 1.

(BMEVIETM388, szemeszter – őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 1., 0/0/3/f/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése: A tantárgyban a hallgatók komplex gazdaságinformatikai feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a gazdaságinformatikusi munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. Az önálló laboratórium tantárgyak felkészítenek a diplomatervezésre, és az önálló gazdaságinformatikusi munkavégzésre.

2. A tantárgy tematikája: Az oktatási időszak első hetében a hallgatók jelentkeznek a meghirdetett konkrét témákra, vagy témacsoportokra, a leendő konzulenssel egyeztetve a feladatot. A feladat egy – a gazdasághoz kapcsolódó – informatikai probléma megoldását célozza meg a hallgató specializációjához kapcsolódó tématerületen. A félév elején a hallgatók a konzulensekkel közösen elkészítik a feladatok kiírását és ütemezését. A feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenst biztosít. A külső konzulens egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező, vagy szakmájában több mint 5 éve dolgozó, elismert szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell

elkészíteni, hogy a hallgató tevékenysége a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen. Két vagy több hallgató részére közös témát is ki lehet adni, de csak különválasztva, névre szólóan akkor, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.

Önálló laboratórium 2.

(BMEVIETM389, szemeszter – őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgyban a hallgatók komplex gazdaságinformatikai feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a gazdaságinformatikusi munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. Az önálló laboratórium tantárgyak felkészítenek a diplomatervezésre, és az önálló gazdaságinformatikusi munkavégzésre.

2. A tantárgy tematikája

Az oktatási időszak első hetében a hallgatók jelentkeznek a meghirdetett konkrét témákra, vagy témacsoportokra, a leendő konzulenssel egyeztetve a feladatot. A feladat egy – a gazdasághoz kapcsolódó – informatikai probléma megoldását célozza meg a hallgató specializációjához kapcsolódó tématerületen. A félév elején a hallgatók a konzulensekkel közösen elkészítik a feladatok kiírását és ütemezését. A feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenst biztosít. A külső konzulens egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező, vagy szakmájában több mint 5 éve dolgozó, elismert szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a hallgató tevékenysége a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen. Két vagy több hallgató részére közös témát is ki lehet adni, de csak különválasztva, névre szólóan akkor, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.

Diplomatervezés 1.

(BMEVIETM390, szemeszter – őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 3., 0/5/0/f/10, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomázónak a diplomatervvel azt kell igazolnia, hogy önálló gazdaságinformatikusi munkára alkalmas, ismeri, és alkalmazni tudja a munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni. Az első félév programja irodalomkutatás, megoldási alternatívák feltárása, a modell felállítása és/vagy a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

2. A tantárgy tematikája

A diplomaterv témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett specializációnak megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját általában úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető

vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. A téma titkosságáról a hallgatót a témára jelentkezéskor tájékoztatni kell.
Egy-egy diplomaterv témája gazdasághoz kapcsolódó informatikai probléma megoldását célozza meg, különös tekintettel a közös tantárgyak és a specializációk által lefedett területekre. Például, de nem kizárólag: üzleti modellezés, szakértői rendszerek, döntéstámogatás, üzletmenet-folytonosság tervezése, informatikai rendszerek fejlesztése, tudásbázis-tervezés, adat- és tudásbázis-menedzsment, formális nyelvek a modellezésben, informatikai stratégia tervezése, projekttervezés és –irányítás, szabványos fejlesztési megoldások, informatikai rendszerek újjászervezése, integrált vállalatirányítási rendszerek adaptálása, elektronikus és mobil üzletvitel, web-technológiák üzleti alkalmazása területén. Továbbá rendszerfejlesztés, vállalati/szervezeti szintű alkalmazásintegráció, intelligens elektronikus és mobil megoldások, üzletmenet-folytonosság informatikai aspektusa, IT-támogatott szervezetfejlesztés, szervezetközi alkalmazások, infokommunikációs szolgáltatások, térinformatika, integrált vállalatirányítási rendszerek, adat- és szövegbányászat, trendelemzés és vizualizáció, döntéstámogatás, fejlesztési módszertanok, adatbázis-menedzsment, folyamatmenedzsment, kockázatkezelés, változás- és konfigurációmenedzsment, alkalmazásportfolió-kezelés, mesterséges intelligencia, informatikai audit, csoportmunka támogatása.
A diplomaterv külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.
Két vagy több hallgató részére közös témájú feladatot is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat. Közös feladat esetén lehetőség van csak egyes részfeladatok titkosítására. Ekkor az a diplomaterv-téma minősül titkosnak, amely legalább egy titkos részfeladatot tartalmaz. Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.

Diplomatervezés 2

(BMEVIETM391, szemeszter – őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 0/10/0/f/20, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése
A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomázónak a diplomatervvel azt kell igazolni, hogy alkalmas gazdaságinformatikusi problémák önálló megoldására, a modell ill. a rendszerterv részletes kibontásával / megvalósításával igazolja, hogy ismeri, és alkalmazni tudja az informatikusi munkamódszereket, rendelkezik gazdasági szemléletmóddal, képes a választott megoldást értékelni, elemezni és következtetéseket levonni.

2. A tantárgy tematikája
A diplomaterv témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett specializációnak megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható. A diplomatervezés második félévében az első félévben megkezdett munkát kell folytatni. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját általában úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. A téma titkosságáról a hallgatót a témára jelentkezéskor tájékoztatni kell.

A diplomaterv külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.
Két vagy több hallgató részére a tantárgy második félévében nem adható ki közös feladat. A diplomatervben a hallgatónak nyilatkoznia kell arról, hogy az saját munkájának eredménye. Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.

Szakmai gyakorlat

(BMEVIETM375, összesen 240 óra, 0/17/0/a/0 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A szakmai gyakorlat célja, hogy a hallgatók a gyakorlatban alkalmazzák a gazdasághoz kapcsolódó új informatikai rendszerek és eszközök tervezésével, fejlesztésével és rendszerbe integrálásával kapcsolatos ismereteiket, részt vegyenek szakterületük kutatási-fejlesztési feladatainak kidolgozásában. A szakmai gyakorlat során a hallgatók a tanszéki és vállalati konzulens által meghatározott feladatot oldanak meg. Feladatuk kapcsolódhat diplomatervükhöz, TDK dolgozatukhoz, önálló labor feladatukhoz, de azoktól jól elkülöníthetőnek kell lennie.

2. A tantárgy tematikája

A gyakorlat során a tanszékek, illetve a gazdálkodó szervezetek által meghatározott, részletesen specifikált feladatot kell megoldani. A gyakorlat négy hét (húsz munkanap) kiméretű, melyet az oktatási intézményben, vagy az oktatási intézményen kívül lehet teljesíteni. A lehetséges helyszínekre alapvetően az oktatási intézmény tesz javaslatot. A munkakezdésre, befejezésre a tanszéki, illetve a vállalati munkarend előírásai a mértékadók. A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt napra lebontott munkanaplót vezetnek. A szakmai gyakorlat végén a hallgatók írásos beszámolót készítenek. A beszámoló a BME bármely oktatási nyelvén megírható (magyar, angol, francia, német és orosz nyelven), függetlenül attól, hogy a szakmai gyakorlat mely országban valósult meg, amennyiben a tanszéki/kari felelős ehhez előzetesen hozzájárul.

IV.4.2 Gazdasági elemző informatika specializáció (TMIT)

1. A specializáció megnevezése: **Gazdasági elemző informatika**
(Specialization of Analytical Business Intelligence)
2. MSc szak: gazdaságinformatikus
3. A specializációfelelős tanszék: Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
4. A specializációfelelős oktató: Dr. Simon Csaba egyetemi docens

5. A megcélzott szakterület főbb jellegzetességei, trendjei:
Az angol nyelven indított specializáció az ipari és a szolgáltatás szektorban azt az üzletpolitikai trendet ragadja meg, amely a növekvő adatmennyiség kiaknázására kvantitatív elemzésre építve alakít ki korszerű üzleti intelligencia (pl. ügyfélanalitikai) rendszereket üzleti, pénzügyi, kockázat- és adatelemzési módszerek segítségével. Az informatika a gazdasági fejlődés egyik húzó ágazatának tekinthető és a munkaerőpiacon komoly igény van olyan szakemberek iránt, akik gazdasági ismereteik mellett kellően jártasak az informatika és azon belül az adatelemzési területén is.

6. A megszerezhető kompetenciák:
A specializáció az üzleti intelligencia különböző felhasználási területeiről nyújt széles körben alkalmazható ismereteket a hallgatóknak. A tananyag fókuszában a nagy és komplex, elsősorban az üzleti alkalmazásokban előforduló strukturált és strukturálatlan adathalmazok feldolgozása áll.

A tantárgyak listája:

Tantárgy neve		Tantárgykód
Üzleti és pénzügyi elemzési módszerek	(angol nyelven)	BMEVITMM104
Ügyfélanalitika	(angol nyelven)	BMEVITMM200
Média- és szövegbányászat	(angol nyelven)	BMEVITMM277
Kockázatelemzés és –kezelés	(angol nyelven)	BMEVIHIM279
Önálló laboratórium 1	(angol nyelven)	BMEVITMM379
Önálló laboratórium 2	(angol nyelven)	BMEVITMM380
Diplomatervezés 1	(angol nyelven)	BMEVITMM381
Diplomatervezés 2	(angol nyelven)	BMEVITMM382
Szakmai gyakorlat		BMEVITMM378

Üzleti és pénzügyi elemzési módszerek

(BMEVITMM104, szemeszter – őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/0/1/v/6 kredit, TMIT)

A tantárgy csak angol nyelven indul

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy általános célja a vállalatok külső értékelésének elméleti megalapozása, az erre épülő befektetési tevékenység támogatása, ezt a témakört lefedő informatikai megoldások bemutatása, valamint az elemzések alapjait képező gazdasági és pénzügyi modellek megértése, a modellek alkalmazhatóságának esettanulmányok segítségével történő gyakorlása. A tantárgy első részében a szükséges gazdasági háttérismereteket, a vállalat értékének és kockázatának megállapításához szükséges mutatókat tekintjük át. A második részben módszertani kérdésekkel foglalkozunk, annak a vállalati és pénzügyi teljesítmény értékelésére történő alkalmazását mutatjuk be. A harmadik részben a befektetői magatartásokat vizsgáljuk, bemutatva a felmerülő pénzügyi kockázatok elemzésének módszereit, azok alapvető modelljeit.

2. A tantárgy tematikája
Vállalati mutatók a vállalat értékének és kockázatának megállapításához. Vállalati tőkebevonás lehetséges formái, fedezeti stratégiák. Hitel-árazás és hiteligény-értékelés. Pénzügyi viselkedéstan: befektetői magatartások jellemzői. Nem pénzügyi befektetések jellemzői és kockázatai. Előrejelzési problémák megközelítése, az előrejelzési folyamat. Előrejelzési módszerek kategóriái: kvalitatív és kvantitatív módszerek. Idősorok elemei, adatminőség megítélése. Hozam és kockázat összefüggései, hozamkalkulálás. A French-Fama CAPM modell, a modell bővítése többfaktoros irányba. Értékpapír kiválasztás a várható megtérülések alapján. Kamatozó értékpapírok elemzése. Állami kötvények, ország-kockázat és infláció értékelése. Vállalati kötvények árazása. Derivatív eszközök és hatásuk. Értékpapír-piacok jellemzői, megtérülés előrejelzése. A Markowitz MPT modell és a befektetői hozam-hasznosság függvénye.

Ügyfélanalitika

(BMEVITMM200, szemeszter – őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 3/0/1/v/6 kredit, TMIT)

A tantárgy csak angol nyelven indul

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a hallgatókat bevezesse az ügyféladatok elemzésének elméleti és gyakorlati módszertanába. Kiemelten fontosnak tartjuk az üzleti környezet ügyfélorientált adatelemzési gyakorlata kapcsán az elemzési szemlélet átadását, az adatbányászati algoritmusok használatának átfogó megértését.

2. A tantárgy tematikája
Adatelemzési CRISP-DM módszertan. Python-alapú szoftverkörnyezet bemutatása, gépi tanulási eszközök és könyvtárak. Előrejelzések és vizualizáció: indoklási technikák elemzéssel, adat-reprezentáció és transzformációk, ábrás és képi megjelenítés, interakciós technikák, üzleti döntés térkép (BDM). Termékárazás, újszerű adatgyűjtési módok. Távközlési adatok adatbányászata, ügyfélértékszámítás: lemorzsolódás probléma, lemorzsolódás előrejelzése, kiértékelő görbék. Hitelbírálati elemzések ügyfélviselkedés alapon: pontozótábla, viselkedésalapú elemzések speciális kérdéseinek kezelése, elemzési tábla készítése tranzakciós adatokból. Weboldalak felhasználóinak elemzése: webbányászat, ügyfél-viselkedési kérdések. Kampányoptimalizáció: profit maximalizálás alapú kampány optimalizáció. Kapcsolati háló elemzése: a háló elemei és felépítései lehetőségei, hálózatkutatás és kapcsolatai az adatbányászati előrejelzésekkel, közösségi háló hatása a lemorzsolódás előrejelzésre. Eladások elemzése: idősor jellegű adatok elemzésének lehetőségei, időbeli és szezonális hatások szűrésének kezelése, időben rétegelt tanító és teszt adathalmazok. Sportanalitika: futball játékosok értékelése, időbeli trendek elemzése, ármeghatározó képességek azonosítása.

Média- és szövegbányászat

(BMEVITMM277, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 3/0/1/v/6 kredit, TMIT)

A tantárgy csak angol nyelven indul

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése a hallgatók bevezetése a tartalom- és információkereső szolgáltatások világába a szövegfeldolgozástól a médiafolyamokig. A hallgatók megismerik a szöveg- és médiakeresési technikákat, elsajátítják a mélytanulási technikákat alkalmazó média- és szövegelemzési módszereket, valamint képesek lesznek döntéseket hozni vállalati keresőrendszerek, médiatartalom-kezelő rendszerek kialakításánál.

2. A tantárgy tematikája
Tipikus feladattípusok a média- és szövegbányászatban. Média- és szöveganalízis módszerei, keresési technikák, indexelés, rangsorolási eljárások. Szózsák modell. Információvisszakeresés modelljei.

Keresési kifejezés optimalizációja, keresés a Weben. Szövegelőkészítési lépések. Tokenizálás, szótövező algoritmusok. Nyelvdetektálás, nyelvfüggőség, Zipf törvény. NLP (Natural Language Processing) eszközök. Névelemfelismerés, relációkinyerés szövegből. Véleményanalízis, mint a piackutatás modern eszköze. Mély neurális hálók használata a szövegelemzésben és képi, videó tartalmak elemzésében. Médiaosztályozás képekre, videókra, mélytanuló módszerek, rendszerek. A szövegkorpuszok és média adathalmazok problématerének redukciója, jellemző kinyerő és jellemző kiválasztó technikák. Szövegosztályozás típusai, módszerei. Naïve Bayes osztályozó. Automatikus szövegfeldolgozás (szöveg generálás mélytanulással). Vállalatoknál használt chatbotok, virtuális asszisztensek. Költséghatékony osztályozás. Egycímkés és többcímkés szövegosztályozás. Média ajánlórendszerek.

Kockázatelemzés és -kezelés

(BMEVIHIM279, szemeszter – őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 4., 3/0/1/v/6 kredit, HIT)

A tantárgy csak angol nyelven indul

1. A tantárgy célkitűzése

Átfogó ismeretek adása a jövendő döntéshozóknak a jelenleg használatban lévő kockázat analízis és kockázat menedzselő módszertanokról, azok alkalmazási stratégiáiról. A tantárgy elsősorban azon matematikai eszköztárakra összpontosít, amelyek az üzleti gyakorlatban előforduló kockázati problémák azonosítására, illetve azok kezelésére, elkerülésére alkalmasak.

2. A tantárgy tematikája

Lineáris egyenletrendszerek, szinguláris értékek szerinti felbontás és grafikus értelmezése, Sylvester egyenlet és megoldása Kronecker szorzat segítségével. Spektrális felbontás és ennek alkalmazása mátrix függvények számítására. Valószínűségi változók, teljes valószínűség tétele, normális eloszlás. Cash-flow menedzsment probléma és megoldása. Markov és Chebysev egyenlőtlenség. Centrális momentum alapú egyenlőtlenségek, Chernoff korlát, Cantelli egyenlőtlenség. Centrális határeloszlás tétel és alkalmazása, mintavételezési eljárások, Li-Sylvester módszer, véletlen mintavételezés (Monte Carlo szimuláció) és alkalmazása a kockázat becslésére, rétegzett mintavétel és hatása a becslés bizonytalanságára. Portfólió modellek optimalizálása, lehetséges célfüggvények. Portfólió optimalizálás a kockázat minimalizálására és ennek közelítése. Portfólió modell várható értékének és kovariancia mátrixának becslése minták alapján. Mean reverting portfólió optimalizálása: Orsntein-Uhlenbeck modell. Autoregresszív modell stacionáris normális speciális esete, a stabilitás feltétele, kovariancia mátrix meghatározása az időbeli megadás alapján. Optimális portfólió a becsülhetőségi tényező alapján, modell identifikáció, kereskedési algoritmus mean reverting portfólió esetén. Pénzügyi opciók árazásának matematikai modelljeinek alapjai: egyszintű binomális árazási modell, Black-Scholes modell feltételezései és alapegyenlete. Általános bináris fa alapú modell, binomiális árazási modell matematikai leírása. Az opció árának eloszlása és várható értéke.

Önálló laboratórium 1.

(BMEVITMM379, szemeszter – őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 1., 0/0/3/f/5 kredit, TMIT)

A tantárgy csak angol nyelven indul

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgyban a hallgatók komplex gazdaságinformatikai feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a gazdaságinformatikusi munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. Az önálló laboratórium tantárgyak felkészítenek a diplomatervezésre, és az önálló gazdaságinformatikusi munkavégzésre.

2. A tantárgy tematikája
Az oktatási időszak első hetében a hallgatók jelentkeznek a meghirdetett konkrét témákra, vagy témacsoportokra, a leendő konzulenssel egyeztetve a feladatot. A feladat egy – a gazdasághoz kapcsolódó – informatikai probléma megoldását célozza meg a hallgató specializációjához kapcsolódó tématerületen. A félév elején a hallgatók a konzulensekkel közösen elkészítik a feladatok kiírását és ütemezését. A feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenst biztosít. A külső konzulens egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező, vagy szakmájában több mint 5 éve dolgozó, elismert szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a hallgató tevékenysége a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen. Két vagy több hallgató részére közös témát is ki lehet adni, de csak különválasztva, névre szólóan akkor, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.

Önálló laboratórium 2.

(BMEVITMM380, szemeszter – őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, TMIT)

A tantárgy csak angol nyelven indul

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgyban a hallgatók komplex gazdaságinformatikai feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a gazdaságinformatikusi munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. Az önálló laboratórium tantárgyak felkészítenek a diplomatervezésre, és az önálló gazdaságinformatikusi munkavégzésre.

2. A tantárgy tematikája
Az oktatási időszak első hetében a hallgatók jelentkeznek a meghirdetett konkrét témákra, vagy témacsoportokra, a leendő konzulenssel egyeztetve a feladatot. A feladat egy – a gazdasághoz kapcsolódó – informatikai probléma megoldását célozza meg a hallgató specializációjához kapcsolódó tématerületen. A félév elején a hallgatók a konzulensekkel közösen elkészítik a feladatok kiírását és ütemezését. A feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenst biztosít. A külső konzulens egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező, vagy szakmájában több mint 5 éve dolgozó, elismert szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a hallgató tevékenysége a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen. Két vagy több hallgató részére közös témát is ki lehet adni, de csak különválasztva, névre szólóan akkor, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.

Diplomatervezés 1.

(BMEVITMM381, szemeszter – őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 3., 0/5/0/f/10, TMIT)

A tantárgy csak angol nyelven indul

1. A tantárgy célkitűzése
A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomázónak a diplomatervvel azt kell igazolnia, hogy önálló gazdaságinformatikusi munkára alkalmas, ismeri, és

alkalmazni tudja a munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni. Az első félév programja irodalomkutatás, megoldási alternatívák feltárása, a modell felállítása és/vagy a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

2. A tantárgy tematikája

A diplomaterv témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett specializációnak megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját általában úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. A téma titkosságáról a hallgatót a témára jelentkezéskor tájékoztatni kell.

Egy-egy diplomaterv témája gazdasághoz kapcsolódó informatikai probléma megoldását célozza meg, különös tekintettel a közös tantárgyak és a specializációk által lefedett területekre. Például, de nem kizárólag: üzleti modellezés, szakértői rendszerek, döntéstámogatás, üzletmenet-folytonosság tervezése, informatikai rendszerek fejlesztése, tudásbázis-tervezés, adat- és tudásbázis-menedzsment, formális nyelvek a modellezésben, informatikai stratégia tervezése, projekttervezés és –irányítás, szabványos fejlesztési megoldások, informatikai rendszerek újjászervezése, integrált vállalatirányítási rendszerek adaptálása, elektronikus és mobil üzletvitel, web-technológiák üzleti alkalmazása területén. Továbbá rendszerfejlesztés, vállalati/szervezeti szintű alkalmazásintegráció, intelligens elektronikus és mobil megoldások, üzletmenet-folytonosság informatikai aspektusa, IT-támogatott szervezetfejlesztés, szervezetközi alkalmazások, infokommunikációs szolgáltatások, térinformatika, integrált vállalatirányítási rendszerek, adat- és szövegbányászat, trendelemzés és vizualizáció, döntéstámogatás, fejlesztési módszertanok, adatbázis-menedzsment, folyamatmenedzsment, kockázatkezelés, változás- és konfigurációmenedzsment, alkalmazásportfolió-kezelés, mesterséges intelligencia, informatikai audit, csoportmunka támogatása.

A diplomaterv külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.

Két vagy több hallgató részére közös témájú feladatot is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat. Közös feladat esetén lehetőség van csak egyes részfeladatok titkosítására. Ekkor az a diplomaterv-téma minősül titkosnak, amely legalább egy titkos részfeladatot tartalmaz. Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.

Diplomatervezés 2

(BMEVITMM382, szemeszter – őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 0/10/0/f/20, TMIT)

A tantárgy csak angol nyelven indul

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomázónak a diplomatervvel azt kell igazolni, hogy alkalmas gazdaságinformatikusi problémák önálló megoldására, a modell ill. a rendszerterv részletes kibontásával / megvalósításával igazolja, hogy ismeri, és alkalmazni tudja az informatikusi munkamódszereket, rendelkezik gazdasági szemléletmóddal, képes a választott megoldást értékelni, elemezni és következtetéseket levonni.

2. A tantárgy tematikája

A diplomaterv témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett specializációnak megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját általában úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. A téma titkosságáról a hallgatót a témára jelentkezéskor tájékoztatni kell.

Egy-egy diplomaterv témája gazdasághoz kapcsolódó informatikai probléma megoldását célozza meg, különös tekintettel a közös tantárgyak és a specializációk által lefedett területekre. Például, de nem kizárólag: üzleti modellezés, szakértői rendszerek, döntéstámogatás, üzletmenet-folytonosság tervezése, informatikai rendszerek fejlesztése, tudásbázis-tervezés, adat- és tudásbázis-menedzsment, formális nyelvek a modellezésben, informatikai stratégia tervezése, projekttervezés és –irányítás, szabványos fejlesztési megoldások, informatikai rendszerek újjászervezése, integrált vállalatirányítási rendszerek adaptálása, elektronikus és mobil üzletvitel, web-technológiák üzleti alkalmazása területén. Továbbá rendszerfejlesztés, vállalati/szervezeti szintű alkalmazásintegráció, intelligens elektronikus és mobil megoldások, üzletmenet-folytonosság informatikai aspektusa, IT-támogatott szervezetfejlesztés, szervezetközi alkalmazások, infokommunikációs szolgáltatások, térinformatika, integrált vállalatirányítási rendszerek, adat- és szövegbányászat, trendelemzés és vizualizáció, döntéstámogatás, fejlesztési módszertanok, adatbázis-menedzsment, folyamatmenedzsment, kockázatkezelés, változás- és konfigurációmenedzsment, alkalmazásportfolió-kezelés, mesterséges intelligencia, informatikai audit, csoportmunka támogatása.

A diplomaterv külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.

Két vagy több hallgató részére közös témájú feladatot is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat. Közös feladat esetén lehetőség van csak egyes részfeladatok titkosítására. Ekkor az a diplomaterv-téma minősül titkosnak, amely legalább egy titkos részfeladatot tartalmaz. Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.

Szakmai gyakorlat

(BMEVITMM378, összesen 240 óra, 0/17/0/a/0 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A szakmai gyakorlat célja, hogy a hallgatók a gyakorlatban alkalmazzák a gazdasághoz kapcsolódó új informatikai rendszerek és eszközök tervezésével, fejlesztésével és rendszerbe integrálásával kapcsolatos ismereteiket, részt vegyenek szakterületük kutatási-fejlesztési feladatainak kidolgozásában. A szakmai gyakorlat során a hallgatók a tanszéki és vállalati konzulens által meghatározott feladatot oldanak meg. Feladatuk kapcsolódhat diplomatervükhöz, TDK dolgozatukhoz, önálló labor feladatukhoz, de azoktól jól elkülöníthetőnek kell lennie.

2. A tantárgy tematikája

A gyakorlat során a tanszékek, illetve a gazdálkodó szervezetek által meghatározott, részletesen specifikált feladatot kell megoldani. A gyakorlat négy hét (húsz munkanap) kiméretű, melyet az oktatási

intézményben, vagy az oktatási intézményen kívül lehet teljesíteni. A lehetséges helyszínekre alapvetően az oktatási intézmény tesz javaslatot. A munkakezdésre, befejezésre a tanszéki, illetve a vállalati munkarend előírásai a mértékadók. A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt napra lebontott munkanaplót vezetnek. A szakmai gyakorlat végén a hallgatók írásos beszámolót készítenek. A beszámoló a BME bármely oktatási nyelvén megírható (magyar, angol, francia, német és orosz nyelven), függetlenül attól, hogy a szakmai gyakorlat mely országban valósult meg, amennyiben a tanszéki/kari felelős ehhez előzetesen hozzájárul.

IV.5 Kötelezően választható tantárgyak

A kötelezően választható tantárgyak közül a hallgatók 2 tantárgy közül választhatnak (egyet a kettő közül kötelező elvégezni), az egyik informatikai, a másik pedig a gazdasági területhez tartozik. Az egyik csak az őszi, másik pedig csak a tavaszi félévben indul; azonban a választási szempontnál javasolt az alapképzési diploma területét figyelembe venni a következőképpen:

- aki informatikai végzettséggel rendelkezik, annak a “Mérnöki menedzsment” tantárgyat,
- aki pedig nem informatikai végzettségű, annak pedig a “Python programozás adatelemzéshez” tantárgyat javasoljuk felvenni.

Van lehetőség mindkét tantárgy elvégzésére is, ekkor az egyik kötelezően választható tantárgyként, másik pedig szabadon választható tantárgyként lesz elismerve.

Kötelezően választható tantárgy	Neptun kód	Terhelés ea/gy/lab/köv/kred	Tantárgy indításának féléve
Mérnöki menedzsment	BMEVITMMB03	4/0/0/v/4	az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven
Python programozás adatelemzéshez	BMEVITMM191	2/2/0/v/4	tavaszi

Mérnöki menedzsment

(BMEVITMMB03, 4/0/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a villamosmérnök, mérnök- és gazdaságinformatikus, valamint egészségügyi mérnökhallgatók számára technológia- és innovációmenedzsment módszerek, üzleti stratégiák, döntési modellek ismertetése, a jellemző mérnöki vezetői szerepek, feladatok, helyzetek és eszközök bemutatása, valamint a sajátos technológiák és piac szabályozási elveinek és modelljeinek tárgyalása, életszerű példák felsorakoztatása, mindezekkel a sikeres pályakezdés elősegítése.

2. A tantárgy tematikája

A mérnöki menedzsment helye, szerepe, területei. Mérnöki menedzsment a tudásgazdaságban. Az információs, kommunikációs és elektronikus média technológia (ICT) sajátosságai, mérnöki menedzsmentje. A mérnöki tevékenység menedzsment elemei és alapelvei. Vezetési helyzetek és módszerek. Stratégiai menedzsment. Üzleti stratégiatervezési módszerek. Versenystratégiák. A stratégia megvalósítása: sikertényezők, az előrehaladás követése. Szervezet menedzsment, szervezet típusok az ICT szektorban. Szervezetek életciklusa, döntési kultúrája, változtatások menedzselése. Tudásmenedzsment. Tudásmegosztás, tudásalapú rendszerek, bevezetésük egy piaci vállalatnál. A szellemi tulajdon fajtái, védelmének alapelvei, hasznosítása. Technológia menedzsment. Technológiai hajtóerő és szcenárió elemzés. Az ICT alkalmazása hatékonyabb szervezeti struktúrák kialakítására. Innováció menedzsment. A kutatás-fejlesztés és innováció célkitűzései és folyamata. Innovációs modellek és metrikák. Minőség menedzselése, kockázatok kezelése. Innovációs lánc: egyetemi-ipari partnerségek, kormányzati szerep. Az innováció finanszírozása. Technológiai inkubátorok, start-up cégek, technológiai konzorciumok. Termékmenedzsment. A termékfejlesztés célkitűzései és folyamata. A piaci versenykörnyezet. Piacszegmentálás. A termékek életfázisai, a termék-életciklus menedzselése. A termékek árazása, piackutatási, értékesítési és értékesítés-támogatási módszerek. Üzleti folyamatok

menedzselése. Folyamatok elemzése, tervezése, szabályozása. Egy távközlési szolgáltató cég informatikai rendszerének általános felépítése. A szabályozási környezet. A szabályozás célja, elvei. Versenyszabályozás, fogyasztóvédelem. A szabályozás intézményei és eljárásai, ex-ante és ex-post szabályozás. Az ICT szektor technológiai és piacszabályozásának modelljei. Az informatika, hírközlés és média konvergenciája kibontakoztatásának szabályozási feladatai. Az elektronikus hírközlő hálózatok és szolgáltatások, az informatika és a média közösségi és hazai keretszabályozása. Szolgáltatók együttműködésének szabályai. Korlátos erőforrások gazdálkodásának szabályozása, informatikabiztonság és tartalom szabályozása.

Python programozás adatelemzéshez

(BMEVITMM191, szemeszter – őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/2/0/v/4 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A Python nyelv a legdinamikusabban fejlődő programozási nyelvek egyike és manapság szinte már elengedhetetlen kelléke az adatbányászatnak és gépi tanulásnak. A tárgy célja megismertetni a gazdaságinformatikus képzés hallgatóival a Python programozás nyelv alapjait és programkönyvtárait, amelyet a későbbi tanulmányaik során és az iparban is hasznosíthatnak.

2. A tantárgy tematikája

A Python fő jellemzőinek bemutatása, adatok és változók, utasításfolyam vezérlése Pythonban: szekvencia, feltételes utasítások, ismétlődő utasítások. Adatstruktúrák, beépített konténertípusok ismertetése: lista, halmaz, szótár. Indexelés, szeletelés. Függvények, névterek. Egymásba ágyazott függvények, dekorátorok. Python könyvtárak és packagek használata. Adatmanipuláció a Pandas könyvtárral, multiindexing, Pandas-rolling, aggregálás, csoportosítás. Numpy könyvtár. Diagramok.

IV.6 Szabadon választható tantárgyak

A szabadon választható tantárgycsoportban a hallgatók ismereteik bővítésére általuk szabadon választott tantárgyakat vesznek fel - minimum 6 kreditpont kiméretben - a Kar, más karok, vagy más egyetemek tantárgyainak kínálatából.

A szabadon választható tantárgyakat a képzések szakbizottságai három kategóriába sorolják: **Ajánlott** egy tantárgy, ha azt a szakbizottság a hallgató szakmai ismereteit bővítő tantárgynak ítéli. **Befogadott** egy tantárgy, ha az a hallgató általános érdeklődésére tarthat számot, de szakmailag kevésbé kapcsolódik a képzéshez. **Tiltott** egy tantárgy, ha az a képzésben szereplő tantárgyakkal a TVSz-ben megengedett mértéknél nagyobb átfedést tartalmaz, így teljesítése kredittel nem elismerhető.

A kari honlapon található, szakonként elkülönülő táblázatok és a Neptun Egységes Tanulmányi Rendszerben található mintatanterv szabadon választható tantárgyi blokkja az ajánlott tantárgyakat tartalmazza. A befogadott tantárgyakat a Neptunban az intézményi tantárgyak között találja, a tiltott tantárgyak (egy részének) felvételét a Neptun megakadályozza.

Felhívjuk figyelmét, hogy az összes intézményi tantárgy listájában szereplő tantárgyak több-kevesebb átfedést is tartalmazhatnak más tantárgyakkal. Ha a mintatantervben szereplő kötelező, illetve a tantervi követelmények teljesítéséhez már figyelembe vett egyéb tantárgyak ismeretei együttesen egy tantárgy tananyagának nagyobb hányadát tartalmazzák, úgy a tantárgy felvehető ugyan, de a tantervhez kapcsolódó követelmények teljesítéséhez nem vehető figyelembe [NFTv 49.§ (5)]. Ezt a Neptun nem tudja ellenőrizni, ezért a megfelelő tantárgyfelvétel minden hallgató saját felelőssége: ha a tantárgyi adatlap alapján ez nem egyértelmű, kérjük, hogy felvétel előtt ki-ki konzultáljon közvetlenül a tantárgy előadójával vagy felelősével, szükség esetén a Kari Kreditátviteli Bizottsággal.

V. Mérnökinformatikus mesterszak

A képzés célja olyan mérnökök képzése, akik az informatika szakterületéhez kapcsolódó természettudományos és specifikus műszaki ismeretek magas szintű elsajátítását követően képesek új informatikai rendszerek és eszközök tervezésére, informatikai rendszerek fejlesztésére és integrálására, az informatikai célú kutatásifejlesztési feladatok ellátására, koordinálására, tanulmányaik PhD képzés keretében való folytatására.

Felvétel a mérnökinformatikus mesterszakra: a mesterképzésbe történő belépés előzményeként elfogadott szak a mérnökinformatikus alapképzési (BSc) szak. A mesterfokú diplomához a mintatantervben szereplő kreditek megszerzésén felül szükséges, hogy a hallgatónak a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek – felsőoktatási törvényben meghatározott – összevetése alapján elismerhető legyen legalább 80 kredit a korábbi tanulmányai szerint az alábbi ismeretkörökben:

természettudományos ismeretek analízis, algebra, valószínűségszámítás, matematikai statisztika, fizika;	*20 kredit*
gazdasági és humán ismeretek közgazdaságtan, környezetvédelem, minőségbiztosítás, szaknyelv, társadalomtudomány;	*15 kredit*
számításelméleti és programozási ismeretek számítás- és algoritmuselmélet, programnyelvek, programtervezés, szoftver technológia;	*15 kredit*
számítógép ismeretek elektronika, digitális technika, mérés- és szabályozástechnika, számítógép architektúrák, operációs rendszerek, számítógépes hálózatok;	*15 kredit*
információs rendszerek ismeretei adatbázis-kezelés, tudásreprezentáció, informatikai rendszerek modellezése, analízise, megvalósítása, biztonsági kérdései.	*15 kredit*

A táblázat szerinti ismeretkörökben korábban megszerzett kreditek elismerése az előzményként elfogadott szak esetében automatikusan teljesül. Más szakokról történő jelentkezés esetében az elismerés elsősorban a következő alapdiplomával rendelkezők esetében lehetséges: gazdasági informatikus és programtervező informatikus alapképzési szakok.
A mesterképzésbe való felvétel feltétele, hogy a felsorolt ismeretkörökben legalább 40 kredittel rendelkezzen a hallgató. A hiányzó krediteket a mesterfokozat megszerzésére irányuló képzéssel párhuzamosan, a felvételtől számított két féléven belül, a felsőoktatási intézmény tanulmányi és vizsgaszabályzatában meghatározottak szerint meg kell szerezni.

A mesterképzés során megszerzendő ismeretek (120 kredit):

természettudományos alapismeretek matematika, információelmélet, számítástudomány, számítástechnika, rendszerelmélet;	*20-30 kredit*
gazdasági és humán ismeretek mikroökonomia, vezetési, jogi és menedzsment ismeretek, minőségbiztosítás, ergonómia, kommunikációelmélet, műszaki tudományok kultúrtörténete, környezetvédelem;	*9-15 kredit*
informatikai szakmai ismeretek komplex informatikai rendszerek fejlesztéséhez, tervezéséhez, és az ezekkel létrehozott szolgáltatásokhoz kapcsolódó átfogó elméleti ismeret, a specializációtól függően, különösen az alábbi területek valamelyikén: szoftvertervezés, hálózatok, mobil rendszerek, számítógépes grafika és képfeldolgozás, kritikus rendszerek, médiainformatika, adatbiztonság, párhuzamos rendszerek, intelligens rendszerek, számításelmélet, adatbázisok; diplomamunka (30 kredit);	*54-90 kredit*
speciális ismeretek A mérnökinformatikus szakma igényeinek megfelelő szakterületeken szerezhető speciális ismeretek;	
szabadon választható tantárgyak ismeretkörei	*min. 6 kredit*

A szak orientációja: kiegyensúlyozott (a gyakorlati jellegű ismeretátadáshoz aránya 40-60 százalék).

Előtanulmányi rend:
A kar által kötelezően előírt MSc előtanulmányi rend szerint

- Az egyes specializáció-tantárgyak adatlapjai előtanulmányi rend előírásokat tartalmazhatnak, elsősorban saját laboratóriumi tantárgyaik felvételére vonatkozóan.
- Az Önálló labor 1, Önálló labor 2, Diplomatervezés 1 és Diplomatervezés 2 tantárgyak
  - csak az adott szak MSc képzésének hallgatói számára vehetők fel,
  - csak a felsorolás sorrendjében vehetők fel, a felsorolásban őket megelőző tantárgyak kreditjeinek teljesítése után.
- A Diplomatervezés 2 tantárgy felvételének feltételeit a „BME VIK MSc diplomaterv, záróvizsga, oklevél szabályzata” tartalmazza.

Specializálódás, specializáció váltás:
A szakon a képzés teljes ideje alatt a hallgatók fő- és mellékspecializációkhoz kapcsolódva végzik tanulmányaikat. A specializációkra a jelentkezésüket (a választani kívánt fő és mellékspecializációk sorrendjét) még felvételük előtt, a felvételi írásbeli ill. szóbeli alkalmával kell leadniuk.
A hallgató – méltányossága terhére – egy alkalommal, a specializációba kerülés kezdetétől számított fél éven belül, a BME Tanulmányi és Vizsgaszabályzatában meghatározott tanulmányi nyilvántartó rendszerben (TR) benyújtott kérvénnyel kérheti specializációja megváltoztatását. A kérelem elfogadása esetén a hallgató a következő félévtől kikerül az eredeti specializációról, és átkerül az általa megjelölt új specializációra (amennyiben az elindult). A specializációt váltó hallgatónak az eredeti specializáción elvégzett tantárgyai ügyében a Kari Kreditátviteli Bizottság hoz döntést.

Szakmai gyakorlat: A képzés hallgatói számára a diploma megszerzésének feltétele egy legalább 6 hetes egybefüggő szakmai gyakorlat sikeres teljesítése is. A szakmai gyakorlat lehetséges időpontjait, helyszíneit, tartalmát és lebonyolításának rendjét, a kar szabályzatai határozzák meg.

V.1 Természettudományos alapismeretek

V.1.1 Felsőbb matematika informatikusoknak

A természettudományos alapismereteken belül 5 felsőbb matematika tantárgy jelenik meg mérnökinformatikus MSc képzés kínálatában, melyek közül kettőt kell teljesíteni.

A felsőbb matematika tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód	Indítás féléve
Alkalmazott algebra és matematikai logika (TTK)	BMETE90MX75	őszi
Analízis (TTK)	BMETE90MX76	tavaszi
Rendszeroptimalizálás (SZIT)	BMEVISZMA10	tavaszi
Matematikai statisztika (SZIT)	BMEVISZMA11	őszi
Sztochasztika (TTK)	BMETE90MX77	őszi

A hallgatók szabadon választhatnak a matematika tantárgyak közül, a fő- és mellékspecializáció felvételétől függetlenül.

Alkalmazott algebra és matematikai logika

(BMETE90MX75, szemeszter – őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 4/0/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

Az Algebra legintenzívebben alkalmazott területének a Lineáris algebrának és informatikai alkalmazásainak haladó tárgyalása. Ilyen alkalmazások például: a kódelméleti és kriptográfiai alkalmazások, a sztochasztikus mátrixok vizsgálata, valamint az SVD alkalmazása az információkeresési gyakorlatban. A Matematikai Logika és az Algebra szoros kapcsolatának bemutatása az állításlogika és a Boole algebrák kapcsolatának elemzésén keresztül. Tárgyaljuk ezen kapcsolat általánosítási lehetőségeit, valamint alkalmazását is. A Matematikai logika legfontosabb fogalmainak feldolgozása és a témakör néhány informatikai alkalmazásának bemutatása, úgymint: gépi bizonyítás, logikai programozás, modellalkotás a mesterséges intelligencia részére, bonyolultságelmélet. Annak bemutatása, hogy a Matematikai logika minden fontos szintje, így a nyelv, a szemantika és a bizonyításelmélet is jelentős szerephez jut a számítástudományban.

A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő minden hallgatótól elvárható, hogy:

- értse és konkrét feladatokban, példákon alkalmazni tudja a tárgyalt fogalmakat és ismereteket,
- a gyakorlati élet által felvetett problémákban felismerje a tanult módszerek alkalmazási lehetőségeit,
- legyen képes a szakirodalomra támaszkodva bővíteni az idevágó ismereteit.

2. A tantárgy tematikája

A lineáris algebra tanult fogalmainak áttekintése

Vektorterek, alterek, bázis, dimenzió. Lineáris leképezések, képtér, magtér, dimenzió tétel, műveletek lineáris leképezésekkel. Mátrixok, mint formális objektumok. Lineáris leképezések és műveleteik reprezentálása mátrixokkal. Báziscsere. Sajátérték, sajátvektor, sajátaltér. Diagonizálás, spektrál felbontás. Mátrix hatványa. Lineáris egyenletrendszerek diszkussziója. Megoldás Gauss eliminációval. Determináns fogalma.

Lineáris operátorok véges dimenziós euklideszi terekben, normálformák

Euklideszi tér fogalma. Szimmetrikus, önadjungált, unitér, normális, projektor operátorok és mátrixaik. Jordan normálforma.

Nemnegatív elemű mátrixok

Pozitív, reducibilis és irreducibilis mátrixok. Frobenius és Perron tételei (irreducibilis nemnegatív mátrixokra). Egyenlőtlenségek a spektrálsugárra. Sztochasztikus és duplán sztochasztikus mátrixok. Kapcsolat a Markov-láncokkal. Birkhoff tétele, kapcsolat a párosítási feladattal, a Frobenius-König-tétel.

Szinguláris értékek szerinti felbontás (SVD)

Létezése, egyértelműsége, kapcsolata a poláris felbontással. SVD és alacsony rangú közelítések, Eckart-Young-tétel. Az SVD számítása. A módszer néhány alkalmazása (pszeudoinverz számítása, homogén lineáris egyenletrendszer megoldása, legkisebb négyzetek módszere). A QR-felbontás fogalma. Householder-tükrözések, alkalmazásuk a QR-felbontás számítására.

A lineáris algebra további alkalmazásairól

A lineáris algebra néhány nevezetes alkalmazása: nemnegatív és szimmetrikus mátrixok az internetes lapokat rangsoroló algoritmusokban; SVD az információkeresés gyakorlatában (vektorteres indexelés, a mögöttes szemantikájú indexelés lineáris algebrai vonatkozásai); hibajavító kódok; titokmegosztás.

Formális nyelv, formalizálás

Tárgynyelv-metanyelv, infix-prefix írásmód, nulladrendű-magasabbrendű nyelv, egyértelmű olvashatóság. A nyelv elemei. Formulák és kifejezések.

Logikai szemantika - a halmazelméletre alapozva

Struktúra, algebra, modell. Interpretáció. Az „igazság" definíciója - a halmazelméletre építve. Igazsághalmazok és tulajdonságaik. Különféle típusú modellek: állítás, elsőrendű, modális stb. Példák mesterséges intelligenciabeli alkalmazásokra. A logikai következmény fogalom. Dedukció tétel. Nevezetes logikai ekvivalenciák. Normálformák: konjunktív, prenex, Skolem.

Bizonyításelmélet

Az axiomatikus módszer. Levezetési és cáfolati bizonyítási rendszerek. Hilbert rendszer, analitikus fák, rezolúció. A logikai programozásról. Elmélet fogalma. Axiomatizálhatóság, eldönthetőség, ellentmondástalanság, teljesség. Kompaktsági tétel (szintaktikai). A gépi bizonyításról.

A szemantika és a bizonyításelmélet kapcsolatáról

A logika (matematika) szemantikai és bizonyításelméleti megközelítése egyenértékű: Gödel teljességi tétele és változatai. Bizonyításelméleti fogalmak modellelméleti jellemzései, modell módszer. Egy elmélet ellentmondástalan akkor és csak akkor, ha kielégíthető. A kompaktsági tétel (szemantikai) és a végesítés fogalma.

A bizonyításelmélet korlátai: Gödel inkomplettségi és Church eldönthetetlenségi tételei. E tételek interpretációi a tudomány metodológiában. A Löwenheim-Skolem típusú tételek és jelentőségük. Kitekintés a magasabb rendű logikákra.

A matematikai logika néhány további alkalmazása

Néhány bonyolultsági osztály jellemzése logikai problémákkal, Fagin tétele. A végtelen kicsiny mennyiség (infinitezimális) bevezetése egy modell konstrukció, az ultrahatvány ill. a kompaktsági tétel segítségével. A valós számfogalom bővítése: a hipervalós számok. Newton és Leibniz analízisének rekonstrukciója e fogalmak segítségével: Nem-standard analízis. A folytonosság, differenciálhatóság és integrálhatóság nem-standard definíciói.

Matematikai logika és az Algebra kapcsolatáról

Néhány párhuzamba állítható logikai és Boole algebrai fogalom: elmélet - szűrő, komplettség - prím, levezethető - kisebb, axiómák üres halmaza - szabad algebra, axiómák feltételezése - relativizálás stb. A szóban forgó kapcsolat alkalmazása a valószínűségszámításban (eseményalgebrák) és hálózatok elemzésénél. Általánosítások elsőrendű logikára.

Analízis

(BMETE90MX76, szemeszter – őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 4/0/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a mérnök informatikus MSc képzésben felmerülő analízis jellegű matematikai ismeretek széles körét mutatja be, alapvetően feladat- és alkalmazás-centrikus tárgyalásban. A következő témákat dolgozzuk fel: Laplace transzformáció és alkalmazásai, általánosított függvények (Fourier-transzformáció és alkalmazásai), waveletek, parciális differenciálegyenletek (elmélet, alkalmazás és numerikus módszerek), variációszámítás, irányításelmélet, numerikus optimalizálás.

A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő minden hallgatótól elvárható, hogy:

- értse és konkrét feladatokban, példákon alkalmazni tudja a tárgyalt fogalmakat és ismereteket,
- a gyakorlati élet által felvetett problémákban felismerje a tanult módszerek alkalmazási lehetőségeit.

2. A tantárgy tematikája

A Laplace-transzformáció és alkalmazásai

A transzformált értelmezési tartománya, alaptulajdonságai, elemi függvények transzformáltjai, deriválás, integrálás, konvolúció. Unicitás, inverz Laplace-transzformáció, numerikus inverzió. Lineáris differenciálegyenletek megoldása Laplace-transzformációval. Kezdeti és végérték-tétel, egységugrás, fűrészfog és négyszögjel transzformáltja. Áramkörök. A z-transzformált.

Általánosított függvények; Fourier-transzformáció és alkalmazásai

A disztribúcióelmélet elemei, Dirac-delta, Heaviside-függvény. Disztribúciók Laplace- és Fourier-transzformáltja. Fourier-transzformált az L2-térben, harmonikus oszcillátor. A Fourier-transzformált kapcsolata a Laplace-transzformálttal.

Waveletek

A harmonikus rezgés elemei (amplitúdó, frekvencia). Véges és végtelen összegre való felbontás. Jelek analízise és szintézisek problémái a Fourier-sor, transzformáció segítségével. Wavelet-sor, wavelet-transzformáció bevezetése. A wavelet-analízis feladata.

Ablak Fourier-transzformációk. Alkalmazás az időbeli és frekvencia lokalizációjára. Diszkrét és gyors Fourier-transzformáció. Folytonos wavelet-transzformációk: Waveletek transzformálásának célja és definíciója. Rekonstruálási formulák. Frekvencia lokalizációja. Diszkrét idő-frekvencia analizálása és mintavételezése: Shannon-féle mintavételi tétel. Mintavételezés az idő-frekvencia tartományon. Az ortogonalizálás problémája.

Fizikai waveletek: Jelek és hullámok. Elektromágneses waveletek szóródása. Az elektromagnetikai hullámok atomos összeállítása. Alkalmazás radarra.

Parciális differenciálegyenletek elmélete, alkalmazásai és numerikus módszerei

Laplace-egyenlet, hővezetési egyenlet, hullámegyenlet. Végeselem módszer. Numerikus integrálás. Integrálegyenletek: transzport egyenlet (Fredholm féle másodfajú).

Variációszámítás, irányításelmélet

A variációszámítás alapfeladatai és alkalmazásaik, az Euler-Lagrange-egyenlet. Véges függvénysorokat alkalmazó numerikus módszerek.

Numerikus optimalizálás

Gyökkeresés és optimalizálás: Numerikus gyökkeresés nemlineáris egyenletek és egyenletrendszerek esetén (intervallumfelezési eljárás, szelőmódszer, egyszerű iteráció, Newton-módszer és változatai). Minimalizálás egy- és többdimenzióban (gradiens-alapú módszerek, konjugált irányok módszerei, Newton-módszerek, Simulated Annealing). Korlátozások melletti (constrained) optimalizálás.

Rendszeroptimalizálás

(BMEVISZMA10, szemeszter – őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 4/0/0/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy az operációkutatás és a kombinatorikus optimalizálás néhány területére nyújt bevezetést. A téma legfontosabb algoritmusainak, módszereinek és azok korlátainak ismertetése mellett célul tűzi ki, hogy ezek gyakorlati életbeli alkalmazási lehetőségeit is bemutassa. A tantárgy által érintett főbb témakörök: lineáris- és egészértékű programozás, közelítő algoritmusok és ütemezési algoritmusok.

A tantárgy további célja, hogy a mérnökinformatikus BSc képzés Bevezetés a számításelméletbe 1 és 2, valamint Algoritmuselmélet című tantárgyai során korábban megszerzett ismereteket alkalmazza, elmélyítse, azok elméleti hátterét jobban megvilágítsa.

2. A tantárgy tematikája

Lineáris és egészértékű programozás

A páros gráfban maximális méretű párosítás keresésére szolgáló javító utas algoritmus ismétlése. Egerváry algoritmusa maximális összsúlyú párosítás és teljes párosítás keresésére páros gráfban.

A lineáris programozás alapfeladata, a megoldhatóság és korlátosság kérdései. Kétváltozós lineáris programozási feladatok grafikus megoldása. A lineáris programozás bonyolultsága. Gyakorlati életben felmerülő problémák formalizálása lineáris programozási feladatként.

Az egészértékű programozás alapfeladata, annak bonyolultsága. Korlátozás és szétválasztás (Branch and Bound) módszer egészértékű programok megoldására. Gyakorlati életben felmerülő problémák formalizálása egészértékű programozási feladatokként.

A lineáris programozás alapfeladatának mátrixos alakja. Szükséges és elégséges feltételek lineáris egyenletrendszerek nemnegatív változókkal való, illetve lineáris egyenlőtlenségrendszerek megoldhatóságára: a Farkas-lemma.

Szükséges és elégséges feltételek a lineáris program célfüggvényének korlátosságára. A lineáris programozás dualitástétele.

Hálózati folyamfeladatok formalizálása lineáris programozási feladatként: a maximális folyam, a minimális költségű folyam, illetve a többtermékes folyamprobléma.

Egészértékű programozás totálisan unimoduláris együtthatómátrixszal. Alkalmazások páros gráfok párosításaival, hálózati folyamokkal és intervallumrendszerek színezésével kapcsolatos problémákra.

Közelítő algoritmusok

NP-nehéz problémák kezelése. NP-nehéz problémák polinomiális időben megoldható speciális esetei: erőforrások ütemezése, maximális független ponthalmaz keresése, élszínezés.

Additív hibával közelítő algoritmus fogalma. Additív hibával közelítő algoritmusok színezési problémákra, a leghosszabb kör keresésének feladata. Multiplikatív hibával közelítő algoritmus fogalma, a maximális páros részgráf probléma.

A minimális lefogó ponthalmaz probléma. A súlyozott halmazfedési feladat: NP-nehézsége, approximációs algoritmus.

Steiner-fák: approximációs algoritmus a metrikus és az általános esetre. Az utazóügynök probléma, 2-approximációs algoritmus az utazóügynök probléma metrikus esetére.

Christofides algoritmusa az utazóügynök probléma metrikus esetére. Teljesen polinomiális approximációs séma fogalma, a részösszeg probléma.

Ütemezési algoritmusok

Ütemezési feladatok típusai. Egygépes ütemezések, listás ütemező algoritmus párhuzamos gépek esetén. Listás ütemezés LPT, illetve leghosszabb út szerinti sorrendben megelőzési feltételekkel és azok nélkül, Hu algoritmusa.

Ismétlés, összefoglalás, a tanult anyagrészek rendszerezett áttekintése.

Matematikai statisztika

(BMEVISZMA11, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/0/1/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése a matematikai statisztika alapvető elveivel, módszereivel és azok alkalmazhatóságával való megismerkedés egy bevezető előadás- és laborsorozat keretében. A félév második felében a laborgyakorlatokon valamilyen statisztikai programcsomag (pl. R) segítségével szemléltetjük a módszerek alkalmazásait. A programrendszer használatának megismerése mellett adatmátrixok komplex statisztikai elemzése által szembesülnek a hallgatók az anyag hasznosíthatóságával.

2. A tantárgy tematikája

Valószínűségszámítási fogalmak ismétlése

A matematikai statisztika alapfogalmai

Sokaság, populáció, minta, mintavétel, mintaelemszám meghatározás, statisztika, paraméter.

Paraméterbecslés

Pontbecslés, a becslés tulajdonságai (torzítatlanság, konzisztencia, erős konzisztencia, hatásosság), konkrét becslési eljárások (maximum likelihood módszer, momentum módszer) és tulajdonságaik
Student eloszlás, intervallumbecslés, konfidencia intervallum

Hipotézisvizsgálat

Új eloszlások (chi-négyzet eloszlás, Fisher-eloszlás), hipotézisvizsgálat bevezetés, alapfogalmak
Paraméteres próbák: egy- és kétmintás, egy- és kétoldali u- és t-próbák. Az F-próba és a Welch-próba.
Nemparaméteres próbák 1. - Kolmogorov-Szmirnov-próbák. Kruskal- Wallis-, Wilcoxon, Friedman-, előjel- és Mann-Whitney-próbák.
Nem paraméteres próbák 2. - chi-négyzet próbák, varianciaanalízis, Friedman-próba, egzakt próbák

Regresszióanalízis

Bevezetés, elméleti, kétváltozós lineáris, legkisebb négyzetek módszere, lineárisra visszavezethető regressziók
Többváltozós lineáris 1. - feladat definiálása, együttható becslések, együtthatók és a modell tesztelése
Többváltozós lineáris 2. - Modellépítés, együttes-, parciális és többszörös korrelációs együtthatók.

Főkomponens analízis, többdimenziós skálázás, klaszteranalízis

Sztochasztikus folyamatok - Markov-láncok, Poisson-folyamat

Idősorok

Determinisztikus módszerek, trendelemzés. Exponenciális szűrés.
Box-Jenkins idősor-modellek (AR, MA, ARMA modellek)

Sztochasztika

(BMETE90MX77, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 4/0/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A véletlen és a valószínűségszámítási módszerek fontos szerepet játszanak az informatikában, elsősorban a randomizált algoritmusokon, valamint a sztochasztikus folyamatok elméletén keresztül. A feldolgozott anyag betekintést nyújt ebbe a világba. A hangsúlyokat a jelenségek megértetésére és az alkalmazásokra helyezzük. Széles körben (a tantárgy témakörén kívül is) alkalmazható technikákat prezentálunk, rávilágítunk más matematikai és matematikán kívüli természettudományos és műszaki területekkel való összefüggésekre, a lehetséges alkalmazások körére. Fontos célunk, hogy a hallgatóink képesek legyenek randomizált algoritmusok tervezésére és elemzésére. Alapelv: minden egyes témához sok konkrét példát, számolást, konkrét alkalmazást mutatunk be. Bizonyításokat többnyire csak vázlatosan prezentálunk, viszont hangsúlyt helyezünk a szemléletre és a (matematikai és egyéb) jelenségekre.

2. A tantárgy tematikája

Valószínűségszámítási alapok ismétlése

Valószínűségi változó, eloszlásfüggvény, sűrűségfüggvény. Várható érték, szórásnégyzet, magasabb momentumok. Nevezetes eloszlások. Együttesen értelmezett valószínűségi változók, együttes eloszlás- és sűrűségfüggvény. Várható érték vektor, kovariancia mátrix, alaptulajdonságai, Cauchy-Schwarz-egyenlőtlenség. Nevezetes többdimenziós eloszlások. Sűrűségfüggvények transzformációja leképezésekkel. Többdimenziós normális eloszlás.

Létezés és véletlen

Véletlent használó egzisztanciabizonyítások (az ún. Erdős-módszer) nevezetes példákon keresztül (hipergráf 2-színezése, Ramsey-gráfok stb.), ezek algoritmikus vonatkozásai. A Turán-tétel véletlent használó bizonyítása. Derandomizálás.

Néhány nevezetes randomizált algoritmus elemzése

A gyorsrendezés várható lépésszáma. A Rabin—Miller-prímteszt elemzése. A Schwartz—Zippel-lemma és közvetlen alkalmazásai (Tutte-determináns, mátrixszorzás ellenőrzése). Randomizált mintaillesztés. Minimális feszítőfa számítása lineáris várható időben. Bolyongások és algoritmusok.

Lovász lokális lemmája

A módszer ismertetése, néhány egyszerű alkalmazása, a módszer algoritmikus változta.

Véletlen és bonyolultsági osztályok

Az RP és a Las Vegas nyelvosztályok, példákkal. Az IP nyelvosztály: nem izomorrf gráfok, IP=PSPACE lényeges részének a bizonyítása. Nulla ismeretű bizonyítás fogalma, példák. A BPP nyelvosztály, a BPP és a P viszonyával foglalkozó néhány eredmény vázlatos ismertetése. Az RL nyelvosztály.

Véletlen gráfok

Erdős-Rényi-gráfok, néhány gráftulajdonság (pl. összefüggőség) evolúciója. Barabási-Albert-gráfok, alkalmazásuk (számítógépes-, szociális-, biológiai-) hálózatok modellezésére.

Konvergencia típusok

Sztochasztikus konvergencia fogalma és a nagy számok gyenge törvénye. L^p-beli konvergencia. Majdnem biztos konvergencia, Borel-Cantelli lemmák és a nagy számok erős törvénye. Valószínűségi eloszlások gyenge konvergenciája és határeloszlás-tételek.

Generátor- és karakterisztikus függvények. Alkalmazásaik: határeloszlások és nagy eltérések

Generátorfüggvény, alaptulajdonságai. Konvolúció és keverék-eloszlások generátorfüggvénye. Alkalmazások: elágazó folyamatok, bolyongások. Karakterisztikus függvény, alaptulajdonságai. Fourier-analízis elemei, inverzió, momentum-probléma. Folytonossági tétel, következménye: határeloszlás-tételek. Nagy számok törvényei és centrális határeloszlás tétel karakterisztikus függvény módszerével. Stabilitás, stabilis eloszlások, gyenge konvergencia stabilishoz. Nagy eltérések elemei: Bernstein-egyenlőtlenség, Chernoff-korlát, Cramér-tétel.

Sztochasztikus folyamatok elemei: Markov-láncok és Markov-folyamatok

Mi is egy sztochasztikus folyamat? Véges állapotterű Markov-láncok, állapotok osztályozása, irreducibilitás, periódus, aperiodicitás. Lineáris algebrai eszköztár: sztochasztikus mátrixok, hatás előre (függvényekre), hatás hátra (mértékekre). Stacionárius mérték, hosszú idejű viselkedés, ergodicitás.

Reverzibilis Markov-láncok, MCMC elemei. Megszámlálható állapotterű Markov-láncok: tranziencia, null-rekurrencia, pozitív rekurrencia jellemzése. Alkalmazás születési-halálozási folyamatokra, bolyongásokra (Pólya-tétel). Folytonos idejű Markov-láncok elemei: Poisson folyamat, ugrási ráták, szemléletes jellemzés. Sztochasztikus mátrixok egy-paraméteres félcsoportja: Kolmogorov-Chapman egyenletek, infinitezimális generátor, kapcsolat mátrix-analízissel.

Kitekintés: válogatás a modern valószínűségszámítás problémaköreiből

Perkoláció: az alapprobléma, kapcsolat véletlen gráfokkal, alaptételek, fázisátmenet. “Kártyakeverés matematikája”: Markov-láncok konvergenciájának kérdésköre, hányszor keverjük meg a kártyacsomagot, hogy (közel) egyenletes eloszlású véletlen sorrendet kapjunk?

V.1.2 Közös tantárgyak

A természettudományos alapismereteken belül öt közös tantárgy jelenik meg a mérnökinformatikus mesterképzés programjában. A közös tantárgyak a következők:

Tantárgy neve	Tantárgykód	Indítás féléve
Formális módszerek (MIT)	BMEVIMIMA26	tavaszi
Nyelvek és automaták (SZIT)	BMEVISZMA12	őszi
Szoftverarchitektúrák (AUT)	BMEVIAUMA21	őszi
Információelmélet (SZIT)	BMEVISZMA13	tavaszi
Adatbázisok elmélete (TMIT)	BMEVITMMA17	tavaszi

Az öt tantárgy közül a hallgatóknak két tantárgyat kell teljesíteniük specializációválasztásuktól függetlenül.

Formális módszerek

(BMEVIMIMA26, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/0/0/f/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az informatikai rendszerek bonyolultságának és a potenciális hibák kockázatának növekedésével mindinkább elvárás az, hogy a kritikus funkciók tervezése és megvalósítása bizonyítottan helyes (hibamentes) legyen. Ennek egyik jellegzetes megoldása a formális módszereket alkalmazó fejlesztés: formális modellek biztosítják a követelmények és tervek egyértelmű és precíz rögzítését, formális verifikációval vizsgálhatók a tervezői döntések és bizonyíthatók a tervek egyes tulajdonságai, az ellenőrzött tervek pedig alapját képezhetik a forráskód szintézisnek. A tantárgy áttekintést ad az informatikai rendszerek formális modelljeinek megalkotásához és analíziséhez szükséges számításelméleti háttérről, ideértve a legfontosabb modellezési nyelveket, valamint a kapcsolódó analitikus és szimulációs vizsgálati módszereket. A tantárgy demonstrálja a formális módszerek alkalmazását a követelmény-specifikáció, a rendszer- és szoftvertervezés, a modell alapú verifikáció, valamint a forráskód szintézis területén.

A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatók

(1) megismernek és alkalmazni tudnak különböző formális módszereket,
(2) képesek lesznek nem-formális rendszerleírások alapján formális modellt alkotni,
(3) tisztában lesznek a formális verifikációs technikák előnyeivel és korlátaival,
(4) megismernek formális módszereket támogató alapvető eszközöket.

2. A tantárgy tematikája

A formális módszerek szerepe az informatikai rendszerek fejlesztésében (bevezető): formális követelmény-specifikáció, modellezés, verifikáció (modellellenőrzés, helyességbizonyítás) szerepe. Mérnöki és formális modellek kapcsolata, modell-leképzések. Formális módszereket alkalmazó tervezőrendszerek (példák).

Alapszintű formális modellek és szemantikájuk: Kripke struktúrák, tranzíciós rendszerek, Kripke tranzíciós rendszerek, időzített automaták és időzített automaták hálózata.

Követelmények formalizálása temporális logikákkal: Lineáris temporális logika (LTL), elágazó idejű temporális logikák (CTL, CTL*). A kifejezőképesség összehasonlítása.

Formális verifikáció modellellenőrzéssel: Modellellenőrzés tabló módszerrel, valamint szimbolikus technikákkal. Időfüggő viselkedés ellenőrzése.

Nagyméretű állapottérrel rendelkező modellek verifikációja: Az állapottér kezelése döntési diagramok használatával. Korlátos modellellenőrzés.

Gyakorlati alkalmazások: Beágyazott vezérlők és protokollok modellezése időzített automatákkal, temporális követelmények ellenőrzése az UPPAAL modellellenőrző használatával. Automatikus tesztgenerálás modellellenőrzővel. Monitor szintézis temporális logikai követelmények alapján.

Állapotfüggő viselkedés magas szintű modellezése: Állapottérképek formális szemantikája. Tervezés állapottérképek használatával, az állapottérképek verifikációja. Az állapottérkép alapú forráskód szintézis elterjedt megoldásai.
Konkurens rendszerek modellezése és viselkedési tulajdonságainak vizsgálata: A Petri háló formalizmus. Modellek dinamikus tulajdonságainak (holtpontmentesség, élőség, korlátosság, perzisztencia, visszatérő állapotok) ellenőrzése szimulációval és az elérhetőségi gráf alapján. Hierarchikus Petri hálók. Modellezési mintapéldák.
Konkurens rendszerek strukturális tulajdonságainak vizsgálata: Állapotokra és viselkedésre vonatkozó invariánsok, strukturális korlátosság és vezérelhetőség kifejezése és ellenőrzése. Tulajdonságmegőrző modell-redukciós technikák.
Adatfüggő viselkedés modellezése: Adattípusok és adatkezelés modellezése. A dinamikus és strukturális tulajdonságok kiterjesztése. Gyakorlati alkalmazások: Elosztott adatkezelés konzisztenciájának vizsgálata, protokollok analízise.
Extra-funkcionális tulajdonságok specifikálása és verifikációja: A Petri hálók kiterjesztése valószínűségi és idő jellemzőkkel: sztochasztikus Petri hálók. Követelmények formalizálása sztochasztikus analízishez, teljesítmény és megbízhatósági tulajdonságok vizsgálata.
Modellfinomítás: A szisztematikus modellfinomítás módszerei. A modellfinomítás konzisztenciájának ellenőrzése a viselkedésre vonatkozó relációk használatával.
Szoftver forráskód alapú formális verifikációs technikák: Modellellenőrzés C programokon. Absztrakció használata: statikus analízis absztrakt interpretációval, predikátum absztrakció, ellenpélda vezérelt absztrakció finomítás a modellellenőrzés során.
Program helyességbizonyítás: Kontraktusok, elő- és utófeltételek, invariánsok formalizálása, ellenőrzésük az algoritmusok magas szintű leírása, illetve köztes reprezentációja alapján.

Nyelvek és automaták

(BMEVISZMA12, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/0/0/f/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a legfontosabb automatatípusokkal, és a formális nyelvtanok alapjaival foglalkozik. Bemutatja az automaták és nyelvtanok közötti kapcsolatokat, alkalmazhatóságuk határait. A hallgatók megismerkednek a fordítóprogramok készítéséhez szükséges legfontosabb elméleti alapokkal. A Turing-gépek kapcsán megismerkednek algoritmussal eldönthetetlen és hatékonyan nem eldönthető problémákkal is.

(1) A tárgyalt automaták és nyelvtanok megismerése, példákon szemléltetése.
(2) A különböző automaták és nyelvtanok közötti kapcsolatok átlátása.
(3) A tanult technikák alkalmazása.
(4) Adott problémához a megfelelő eszköz kiválasztása, alkalmazásának képessége

2. A tantárgy tematikája

Ábécé, szó, nyelv fogalma. Determinisztikus véges automata. Reguláris nyelvek osztálya, és ennek zártsága unióra, metszetre, különbségre, komplementerre.
Hiányos, nemdeterminisztikus és epszilon-átmenetes véges automata, ezek ekvivalenciája. A reguláris nyelvek osztálya zárt az összefűzésre és tranzitív lezárásra.
Ekvivalenciareláció szavakon és egy véges automata állapotain, ezek kapcsolata. Minimálautomata.
Reguláris kifejezések, ekvivalenciájuk a véges automatákkal. Nem regularitás bizonyítása, a pumpálási lemma.
Formális nyelvtanok, a Chomsky hierarchia. Reguláris nyelvtanok. Reguláris nyelvekkel kapcsolatos eldöntési kérdések (üres, véges, tartalmazza-e az adott szót, egyenlő-e két nyelv)
Környezetfüggetlen nyelvtanok és nyelvek. CF nyelvtanok egyszerűsítése: epszilon-szabályok, láncszabályok, felesleges szimbólumok kiküszöbölése.
Környezetfüggetlen nyelvek zártsági tulajdonságai. Nem környezetfüggetlen nyelvek, a pumpálási lemma. Nemdeterminisztkus és determinisztikus veremautomata. CF nyelvtan és veremautomata kapcsolata. Determinisztikus CF nyelvek.

A beletartozás eldöntése: Cocke-Younger-Kasami-algoritmus és ennek hatékonysága. Általános elemzők. CF nyelvtanok és nyelvek egyértelműsége, példák, kapcsolat a determinisztikussággal.
Determinisztikus és nemdeterminisztikus Turing-gépek. Nemdeterminisztikus Turing-gépek determinizálása.
Az R és RE osztályok fogalma, példák. A Church-Turing-tézis.
Egy- és többszalagos Turing-gépek ekvivalenciája. Nevezetes nyelvek: diagonális, univerzális, megállási nyelv.
Az R és RE zártsági tulajdonságai. R, RE, coRE kapcsolata, további példák.
Rice-tétel és alkalmazásai. Post megfeleltetési problémája.
Algoritmikus kérdések a CF nyelvtanokkal kapcsolatban: eldönthető és eldönthetetlen problémák.
Generatív nyelvek és Turing-gépek, környezetfüggő nyelvek és a lineárisan korlátozott Turing-gépek kapcsolata.
Tár- és időkorlátos Turing-gépek. Tár-idő tétel. TIME, SPACE, NTIME NSPACE osztályok. Zártsági tulajdonságaik, kapcsolatuk.
A P, NP, PSPACE, EXPTIME osztályok kapcsolata. Tanú tétel az NP osztályra. Karp-redukció, Cook-Levin tétel a SAT NP-teljességéről. További NP-teljes nyelvek.
Turing-gépek kapcsolata a RAM modellel, Kapcsolat az időkorlátok között.

Szoftverarchitektúrák

(BMEVIAUMA21, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/0/0/f/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy áttekinti az alkalmazások, kutatások és fejlesztések élvonalába tartozó szoftverarchitektúrákat, tárgyalja ezen architektúrák szerepét, jelentőségét az információs rendszerek fejlesztésében. A szakma trendjeinek áttekintésére alapozva kitekintést nyújt a jövőben várhatóan megjelenő elosztott és nagy megbízhatóságú rendszerarchitektúrákra és technológiákra. A korábban megismert objektumorientált, komponensalapú és szolgáltatásalapú architektúrákat szintézis formájában foglaljuk össze. A tantárgy hangsúlyozza a szisztematikus szoftver-újrafelhasználhatóságot és a szoftverarchitektúrák területén folyó kutatási tevékenységek tükrében elemzi a lazán csatolt rendszerek kialakításának problémakörét, valamint az architekturális minták jelentőségét. Az tantárgy egy fontos további célkitűzése a fentiekhez kapcsolódó naprakész ismeretek rendszerezése és átadása a hallgatóságnak.
A nagyvállalati (enterprise) rendszerek fejlesztési gyakorlatában a többrétegű objektumorientált platformok és a mikroszolgáltatások és felhő technológiák dominálnak. A gyakorlat azt bizonyítja, hogy ezek az eszközök és technológiák képesek hatékonyan támogatni alkalmazások fejlesztését, azonban a megfelelő architekturális ismeretek hiányában az implementáció során számos nehézség merülhet fel. A hibák és sikertelen fejlesztések törvényszerűen fakadnak abból, hogy a szoftverfejlesztők nem rendelkeznek kellően mély és széleskörű architekturális ismeretekkel. Ebben a tekintetben a tantárgy másik célkitűzése a hallgatók teljeskörű felkészítése nagyvállalati (enterprise) rendszerek professzionális fejlesztési feladatainak ellátására.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés
- Definíciók, történelmi áttekintés, architektúra alapok
- Célkitűzés: megismertetni a hallgatókkal a szoftverarchitektúrák tulajdonságait, jelentőségét és a megvalósított szoftverrendszerekre való hatását. Alapfogalmak. Tervezési és architekturális minták. Skálázhatóság, elosztottság, rendszerjellemzők.

Szoftverarchitektúra alapok
- Az architekt szerepe. A szoftverarchitektúra célja és tervezési lépései. Tipikus architektúra hibák.

Szoftverarchitekturális minták
- Motiváció. Minták csoportosítása: Szolgáltatáshozzáférés és konfiguráció, eseménykezelés, konkurencia, szinkronizáció. Első csoport: Wrapper Facade, Component Configurator, Interceptor, Extension Interface

Alapvető architekturális minták ismertetése és illusztrálása. Objektumorientált csomagolás (Wrapper Facade). Szolgáltatások konfigurálása (Component configurator). Szolgáltatás-keretrendszerek bővítése transzparens módon (Interceptor). Az interfészek egységes kezelése a hatékonyság érdekében (Extenstion Interface). További minták.

Eseménykezelési minták

Reactor. Proactor. ACT. Acceptor-Connector

Architekturális minták ismertetése és illusztrálása. Szolgáltatáskérések szétosztása (Reactor). Aszinkron műveletek feldolgozása (Proactor). Aszinkron válaszok kezelése (Asynchronous Completion Token). Szolgáltatások létrehozásának különválasztása (Acceptor-Connector). További minták.

Konkurenciakezelési minták

Active Object. Monitor Object. Half Sync/Half Async. Leader-Followers. Thread Specific Storage

Architekturális minták ismertetése és illusztrálása. Konkurens objektumok (Active Object). Szálbiztos passzív objektumok (Monitor Object). Az aszinkron és szinkron szolgáltatásfeldolgozások szétválasztása (Half Sync-Half Async). Nagy teljesítőképességű többszálú szerverek (Leader/Followers). További minták.

Szinkronizáció minták, minták összefoglalása

Scoped Locking. Stragized Locking. Thread-Safe Interface. Double Checked Locking Optimization. Összefoglaló a minták kapcsolatáról

Architekturális minták ismertetése és illusztrálása. A kontextus lehetőségeinek felhasználása automatikus erőforrás-kezelésre (Scoped Locking). Parametrizált szinkronizálási mechanizmusok (Strategized Locking). Komponensen belüli szinkronizáció (Thread-Safe Interface). Megosztott erőforrások többszálú hozzáférése (Double-Checked Locking Optimazation).

Rétegezett architektúrák,

Alapvető architekturális minták: MVC, Document/View, Rétegelés. Tervezési szemlélet követelményei. A szoftverrétegek tervezési kérdései

A rétegezés szerepe, a réteghatárok definiálása. Többrétegű architektúrák. Szakterület logika (domain logic) kategorizálása. Webes megjelenítés. Relációs adatbázisok kezelése. Konkurenciakezelés. Elosztási stratégiák. Teljesítmény és egyéb jellemzők.

Esettanulmány

Az esettanulmány célja, hogy szemléltető példán keresztül illusztráljuk a minták használatát és az előzőekben ismertetett témakörök felhasználása egy konkrét rendszerben. Igyekszünk meghívott ipari szakembert hívni minden esettanulmány alkalomra.

Felhő architektúrák

Architekturális kihívások a felhő alapú fejlesztések esetén, minőségi kritériumok, A felhő alapú fejlesztés specifikus, gyakran előforduló tervezési minták ismertetése pl. Backends for Frontends, Circuit Breaker, Static Content Hosting, stb.

Mikroszolgáltatások architektúra

A mikroszolgáltatások alapú fejlesztések architekturális kihívásai. A használatához kapcsolódó előnyök és következmények, valamint a teljesítmény, a megbízhatóság és rendelkezésre állási kérdések.

Esettanulmány

A felhő alapú fejlesztést és a mikroszolgáltatásokat szemléltető példa tárgyalása.

Az architektúra dokumentálási kérdései

Szoftver dokumentáció alapkérdései. Célok, szereplők, feladatok. Szoftver architektúrák dokumentálása.

Architekturális módszertanok

Top 4 Enterprise Architecture methodologies (mindig az aktuális módszerek) pl: Zachman Framework, TOGAF, Federal Enterprise Architecture, Gartner Methodology

Szoftver rendszerek teljesítmény és performancia tuningolási kérdései

Teljesítmény értékelési szempontok. Teljesítmény modellek. Tuningolási lehetőségek.

Integrációs megoldások

Integrációs megoldások ismertetése és illusztrálása. Rendszerintegrációs típusok. Üzenetalapú rendszerek. Rendszermenedzsment kérdések. Integrációs minták. Egyéb integrációs minták.

Esettanulmány

Módszertanok, teljesítmény tuningolási kérdések, Integrációs megoldások illusztrálása példán keresztül.

Elosztott rendszerek architekturális kérdései
Elosztott rendszerek elméleti alapjai, elosztott informatikai rendszerek tervezése és fejlesztése, elosztott rendszerek felépítéséhez szükséges alapszolgáltatások, Komponens és szolgáltatás alapú fejlesztés architekturális kérdései.
Tipikus elosztott rendszerek architektúrák, Middleware szolgáltatások
Middleware szolgáltatások, gyakran előforduló Elosztott architektúrák összehasonlítása alkalmazási területeik. Rugalmas IT architektúrák.
Elosztott adatkezelés
Elosztott adatfeldolgozás előnyei, felhasználási módja, az átlátszóság szerepe az elosztott adatfeldolgozásban.
Autonóm informatikai rendszerek
Autonom Computing Vision ismertetése, Az autonómia attribútumai, Intelligens hurok definíciója és szerepe az autonóm rendszerekben. Az előadás végén összegzésre kerülnek a félév során tanultak.

Információelmélet

(BMEVISZMA13, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/0/0/f/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy az információ továbbítása és tárolása során az információ tömörítésének és védelmének gazdaságos és biztonságos kódolási algoritmusaival foglalkozik. Bemutatja az információforrások veszteségmentes adattömörítésének elvi határait és az optimális adattömörítési eljárásokat mind ismert, mind ismeretlen forráseloszlás esetén. Tárgyalja az alapvető veszteséges forráskódolási elveket. Bemutatja a csatornakódolás alapjait, továbbá a többszörös hozzáférésű csatornák fő típusait. A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatóktól elvárható, hogy:

(1) ismerjék a változó szóhosszúságú adattömörítés elvi határait és alapvető kódjait,
(2) képesek legyenek gyakorlatban előforduló tömörítési feladatok megoldására úgy, hogy a megoldás mind a tömörítési arány, mind a kódoló, dekódoló számítási bonyolultsága szempontjából megfelelő legyen,
(3) ismerjék a veszteséges forráskódolás leggyakrabban használt technikáit,
(4) képesek legyenek egy zajos csatornán történő adatátviteli problémában megválasztani a számítási bonyolultság szempontjából megfelelő modulációs és hibajavító technikát.

2. Rövid tematika

Üzenet változó szóhosszúságú kódolása, egyértelmű dekódolhatóság, prefix kód
Jensen-egyenlőtlenség, McMillan-egyenlőtlenség
Kraft-egyenlőtlenség, entrópia és tulajdonságai
Shannon-Fano-kód, Huffman-kód
Lempel-Ziv algoritmusok, forrásentrópia
Feltételes entrópia és tulajdonságai, stacionárius forrás változó szóhosszúságú kódolása
Markov-forrás, kölcsönös információ és tulajdonságai
Egyenletes kvantáló négyzetes hibája, egyenletes kvantáló entrópiája
Lloyd--Max-algoritmus, kompanderes kvantálás
Vektorkvantálás, lineáris szűrés, prediktív kvantálás
Lineáris becslés, transzformációs kódolás, Bayes-döntés
Maximum likelihood döntés bináris szimmetrikus csatorna kimenetén, emlékezetnélküli csatorna
Csatornakapacitás, Fano-egyenlőtlenség
Csatornakódolási tétel megfordítása, csatornakódolási tétel

Adatbázisok elmélete

(BMEVITMMA17, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/0/0/f/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

(K1) Bemutatni, hogy az adatbáziskezelő-rendszerek hardver és szoftver komponenseit hogyan és miért érdemes többszörözni, hogyan épülnek fel az ilyen rendszerek, mire és milyen formában lehet ezeket használni.

(K3) Képessé tenni olyan relációs adatstruktúrák szintézisére, amelyek alkalmasak OLTP környezetben nagy hatékonyságú információs rendszerek funkcionalitásának megalapozására.

(K3) Képessé tenni olyan adatstruktúrák szintézisére, amelyek alkalmasak analitikus környezetben információs rendszerek funkcionalitásának megalapozására.

(K1) Áttekintést adni a „big data” korszak jellegzetes adatbázis-kezelési megoldásairól, elősegítve ezzel adott feladathoz legjobban illeszkedő technológia kiválasztását.

(K2) Megismertetni módszerekkel, amelyek alkalmasak arra, hogy egy adatbázis-alapú információs rendszer teljesítményét növelni lehessen.

(K1) Esettanulmányok, megvalósítási példák segítségével megmutatni, hogy a megismert technológiák hogyan jelennek meg a legkorszerűbb információfeldolgozó rendszerekben.

2. A tantárgy tematikája

Adatbázis architektúrák és a párhuzamos működés

Centralizált vs. kliens-szerver rendszerek, Párhuzamos rendszerek, IO párhuzamosítása, Inter- és intraquery párhuzamosítás, Particionálás lehetőségei, Relációs műveletek párhuzamos végrehajtása: párhuzamos keresési, rendezési, illesztési algoritmusok, Lekérdezés optimalizálás párhuzamos végrehajtás estén, SMP és MPP architektúrák, Párhuzamos működésű adatbáziskezelők tervezési kérdései, Megvalósítási példa: Oracle Exadata, Adatbáziskezelés a felhőben.

Elosztott adatbáziskezelés

Elosztott adatbázisok típusai, Hatékonysági megfontolások, Zárkezelési protokollok, Elosztott sorosíthatóság, Lavinamentesség biztosítása, Elosztott megegyezés: 2PC-3PC, Elosztott időbélyeges tranzakciókezelés, Csúcsok helyreállítása rendszerhibák után, Elosztott pattok kezelése.

Extrém nagy adatmennyiségek kezelése

A NoSQL létjogosultsága, Google-Amazon technológiák, Skálázási kérdések, Skálázhatóság vs. erőforrások megosztása, Konzisztencia fogalmának kiterjesztése, Rendelkezésreállás, Hibatűrés, CAP tétel, NoSQL adatbáziskezelők típusai: kulcs-érték tárak, oszlopcsaládok, gráfadatbázisok, dokumentumtárak, A fontosabb megvalósítások: MongoDB, Hadoop, Cassandra.

Adatstruktúrák tervezése ismert alkalmazásprofilhoz

a) Relációs struktúrák tervezése OLTP rendszerekhez

Adatbázis kényszerek szerepe, Sématervezés dekompozícióval, Funkcionális függések tulajdonságai, Helyesség és teljesség, Armstrong axiómái, Függéshalmaz tranzitív lezártja, Attribútumhalmaz tranzitív lezártja, Minimális függéshalmaz, Veszteségmentes sémafelbontás, Függőségőrző sémafelbontás, Sématervezés adott normálformába veszteségmentes és függőségőrző sémadekompozícióval.

b) Relációs struktúrák tervezése analitikus célokra

Analitikus rendszerek tervezésének sajátosságai, Dimenziós modellezés, Tények és dimenziók, Egyed-kapcsolat vs. dimenziós modellezés, Adattárház busz, Dimenziós modellek készítése, Lassan változó dimenziók esete, Fizikai adatmodell tervezése.

Memóriaalapú adatbáziskezelés

Diszk-rezidens és memória-rezidens (IMDB) adatbáziskezelés, motivációk/trendek-előnyök/hátrányok, Megvalósítási kihívások: optimalizált adatszerkezetek, perzisztencia biztosítása, naplózás, tranzakciókezelés, Speciális indexstruktúrák IMDB-kben: B*-fa, AVL-fa, T-fa hatékonysága, Lekérdezések végrehajtása és költsége, Megvalósítási példa: Oracle TimesTen

Analitikus célú információs rendszerek tervezése és megvalósítása

Stratégiai adatorientált döntéstámogató rendszerek alapelvei, Építőelemek, OLAP: Drill down, roll up, slice and dice; Analitikus rendszerek implementációs technológiái, Implementációs módszertanok, ETL folyamat, Adatminőség és adattisztítás szerepe, Valósidejűség értelmezései, Technológiai megoldások a valósidejűség megvalósítására, CTF (Capture-Transform-Flow).

Adatbáziskezelők teljesítménymérése és hangolása

A teljesítménymérés céljai és kihívásai, Metrikák és benchmarkok, Adatstruktúrák és adatok, Benchmarkok felállításának szabályai, ill. szabadságfokai, TPC-C, TPC-E, TPC-H, A hangolás szintjei, eszközei, Bevált módszerek a teljesítmény javítására. Esettanulmány.

V.2 Gazdasági és humán ismeretek

A mérnökinformatikus MSc képzésben a gazdasági és humán ismeretek tantárgyblokkja két részből tevődik össze: egy kötelező tantárgyból (ez a 4/0/0/v/4 kiméretű Mérnöki menedzsment c. tantárgy) és a hallgatók által kötelezően választható tantárgylista további 3 x 2/0/0/f/2 kiméretű tantárgyából. A kötelezően felveendő tantárgy kari tanszék (TMIT) gondozásában van, a választható tantárgyak a Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar (GTK) valamint a Villamosmérnöki és Informatikai Kar (VIK) által kerülnek felkínálásra.

Kötelezően felveendő gazdasági és humán ismeret tantárgy:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Mérnöki menedzsment	BMEVITMMB03

Mind a BSc, mind az MSc képzésben szerepelnek kötelezően választható tantárgyak a gazdasági és humán ismeretek témakörében. A két tantárgylista (egyetlen tantárgy kivételével) különböző tantárgyakat tartalmaz, a hallgatók csak a saját képzési formájuknak megfelelő listából választhatnak. A mindkét listán szereplő Pénzügyi technológiák (FinTech) alapjai (BMEVITMAK50) c. tantárgy csak az egyik képzési szinten teljesíthető. A választható gazdasági és humán ismeretek tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tanszék	Tantárgykód
Befektetések	Pénzügyek	BMEGT35M004
Érvelés, tárgyalás, meggyőzés	Filozófia- és Tudománytörténeti	BMEGT41MS01
Információs társadalom joga	Üzleti Jog	BMEGT55M005
Minőségmenedzsment	Menedzsment és Vállalatgazdaságtan	BMEGT20M002
Projektmenedzsment	Menedzsment és Vállalatgazdaságtan	BMEGT20M400
Vállalati jog	Üzleti Jog	BMEGT55M002
Vezetői számvitel	Pénzügyek	BMEGT35M005
Pénzügyi technológiák (FinTech) alapjai	Távközlési és Médiainformatikai	BMEVITMAK50

A felsorolt tantárgyak tematikái a Kar és a GTK honlapján megtalálhatók.

Mérnöki menedzsment

(BMEVITMMB03, 4/0/0/v/4 kredit, TMIT)
A tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja a villamosmérnök, mérnök- és gazdaságinformatikus, valamint egészségügyi mérnök szakok hallgatói számára technológia- és innovációmenedzsment módszerek, üzleti stratégiák, döntési modellek ismertetése, a jellemző mérnöki vezetői szerepek, feladatok, helyzetek és eszközök bemutatása, valamint a sajátos technológiák és piac szabályozási elveinek és modelljeinek tárgyalása, életszerű példák felsorakoztatása, mindezekkel a sikeres pályakezdés elősegítése.
Rövid tematika: Mérnöki menedzsment a tudásgazdaságban: A mérnöki menedzsment általában: helye, szerepe, területei. Az információs, kommunikációs és média technológia (ICT) sajátosságai, trendje, kihívásai és mérnöki menedzsmentje. A digitális ökoszisztéma kialakulása. A mérnöki tevékenység menedzsment elemei. A vezetői tevékenység jellegzetességei, összetevői, a sikeresség komponensei. Vezetési helyzetek és módszerek. Stratégiai menedzsment. A stratégiák felépítése és alkotóelemei. Üzleti stratégiatervezési módszerek. Versenystratégiák osztályai. Stratégiai példák: az Internet jövőképe, a

digitális üzleti stratégia. A stratégia megvalósítása: sikertényezők, az előrehaladás követése. Stratégiai irányítás és kontroll módszerei. Összetett mérnöki döntési problémák megoldása, ügyfél- és rendszerszemléletű megközelítések, a játékelmélet alkalmazása. Erőforrások tervezése, allokálása. Multiprojekt-menedzsment. Szervezet menedzsment. Szervezetek vezetése, szervezet típusok. Szervezetek életciklusa, döntési kultúrája, változtatások menedzselése. Vezetés a gyakorlatban. Vezetési stílusok és kultúrák. Mikor, hol melyik vezetési stílus a hatásos? Tudásmenedzsment. Tudásfolyamatok. Szakmai kompetencia. Tudásmegosztás. Tudásalapú rendszerek. Tudásmenedzsment rendszer bevezetése egy piaci vállalatnál. A szellemi tulajdon fajtái, védelmének alapelvei. Szabad hozzáférésű szoftverek. A szellemi tulajdon hasznosítása. Szellemi közjavak.
ICT specifikus mérnöki menedzsment: Technológia menedzsment. Technológiai tervezés, előrejelzés, transzfer, bevezetés, beépítés és váltás. Technológiai jövőkép-készítés, hajtóerő elemzés, szcenáriók összevetése. Technológia-hajtott üzleti stratégiák. Vállalati ICT funkciók. Az ICT alkalmazása: új üzleti stratégiák, globális munkafolyamatok, hatékonyabb szervezeti struktúrák kialakítása. Innováció menedzsment. A kutatás-fejlesztés és innováció célkitűzései. Innovációs modellek és metrikák. Az innovációs folyamat, a kutatás-fejlesztés és a minőség menedzselése, a kockázatok kezelése. Innovációs lánc. A K+F+I menedzsment többszintű szervezete, összekapcsolódó cselekvései. Az innováció finanszírozása. Technológiai inkubátorok, innovációs centrumok, start-up cégek, technológiai konzorciumok. Termékmenedzsment. A termékfejlesztés célkitűzései és folyamata. Az ICT termékek és szolgáltatások piaci helyzete. A piac szereplői. A piaci versenykörnyezet. Piacszegmentálás. A termékek életfázisai, a termék-életciklus menedzselése. A termékek árazása, a fogyasztók árérzékenysége. Marketing-kutatási, termékértékesítési és értékesítés-támogatási módszerek. Üzleti folyamatok menedzselése. Folyamatok elemzése, tervezése, szabályozása, javítása, átalakítása. Folyamatok fejlesztésének módszerei. Informatika a vállalati értékteremtésben. Ügyfélkapcsolatok menedzselése. Működéstámogató rendszerek. Az ellátási lánc menedzselése. Üzletmenet folytonosság menedzselése. Egy szolgáltató cég informatikai rendszerének általános felépítése.

A szabályozási környezet: Az ágazati szabályozás. A szabályozás célja, elvei általában, valamint a hálózatos ágazatokban. Versenyszabályozás, fogyasztóvédelem. A szabályozás intézményei és eljárásai, ex-ante és ex-post szabályozás. Önszabályozás, egyezmények, szabványok. Az ICT szektor technológiai és piacszabályozásának modelljei. A verseny és a digitális konvergencia kibontakoztatásának szabályozási feladatai. Az elektronikus hírközlő hálózatok és szolgáltatások, az informatika és a média közösségi és hazai keretszabályozása. Szolgáltatók együttműködésének szabályai. Korlátos erőforrások gazdálkodásának szabályozása, frekvencia- és azonosító-gazdálkodás. Adatvédelem, információbiztonság és tartalom szabályozása.

V.3 Szakmai törzsanyag

A képzés hallgatóinak öt főspecializáció közül kell egyet elvégezniük. A főspecializációk mindegyike egy-egy szakmai területre fókuszálva ad át elméleti és gyakorlati ismereteket és alakít ki készségeket. A főspecializáció valamennyi tantárgyából meg kell szerezni a kreditet az MSc fokozat elnyeréséhez. Valamennyi főspecializációban a témakörre alkalmazva kerülnek tárgyalásra a képzésben kötelező olyan elméleti alapok, mint rendszermodellezés, formális módszerek, adatbázis-elmélet, valamint a témakör rendszertervezési, adatbázis-tervezési, adatbiztonsági, vizualizációs (grafikai és képi) és teljesítményelemzési aspektusai.

Minden főspecializáció hat tantárgyat tartalmaz:

A tantárgy típusa	A tantárgy betűjele	Magyarázat
elmélet és gyakorlat	A1	kötelező elméleti tantárgy laborral
	A2	kötelező elméleti tantárgy laborral
	B	kötelező elméleti tantárgy labor nélkül
	C	választható elméleti tantárgy labor nélkül
labor	A1	az A1 elméleti tantárgy laborja
	A2	az A2 elméleti tantárgy laborja

A főspecializáció teljesítéséhez a hallgatónak mind a hat tantárgyat teljesítenie kell. Az A1, az A2 és a B jelű tantárgyak az adott specializáció kötelezően teljesítendő tantárgyai, a C tantárgyak egy, valamennyi főspecializáció számára közös listából választhatók (ezek között találhatók csak a tavaszi és csak az őszi félévben induló tantárgyak is). A C tantárgyak listája a főspecializációkat követő fejezetben található.

A hallgatóknak a főspecializáció mellett a felkínált nyolc mellékspecializáció egyikét is el kell végezni. A mellékspecializációk célja egy szűkebb szakterületen hasonló, mint a főspecializációké. A mellékspecializációk leírása a Szakmai törzsanyag kötelezően választható ismeretei c. fejezetben található.

A fő- és mellékspecializációk tetszőlegesen párosíthatók.

V.3.1 Adattudomány és mesterséges intelligencia főspec. (MIT, TMIT)

1. A specializáció megnevezése: Adattudomány és mesterséges intelligencia
(Data Science and Artifical Intelligence)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: MIT
4. Oktató tanszékek: MIT, TMIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Antal Péter egyetemi docens (MIT)

6. A specializáció célkitűzése:
Az Adattudomány és mesterséges intelligencia (AMI) főspecializáció célja egy modern szemléletű elméleti háttértudás és kurrens technológiákra építő gyakorlati készségkészlet elsajátításának segítése a mérnökinformatikai MSc hallgatói számára.
Az adatok mennyiségének és a számítási kapacitás robbanásszerű növekedésének, továbbá új tudományos eredményeknek köszönhetően jött létre az adattudomány, amely az adatvezérelt kutatási paradigma kialakulását is segítette, illetve széles skálájú ipari alkalmazási területekkel is rendelkezik. A hallgatók megtanulhatják, hogyan kell a teljes adatelemzési munkafolyamat során kombinált gépi tanulási algoritmusokat és olyan alkalmazásokat létrehozni, amelyek átalakítják a nyers adatokat, segítik az adatokban rejlő összefüggések felfedezését és felhasználhatóak az üzleti döntéshozatalban. A hallgatók elsajátítják azokat a módszereket is, melyek alkalmasak arra, hogy a napjaink média-intenzív világában általánossá vált heterogén, zajos és hiányos multimédia tartalmakat is kezeljenek és elemezzenek.
Nagy mennyiségű adat esetén napjainkban a gépi tanuló módszerek közül gyakran a mélytanulás módszertana bizonyul legalkalmasabbnak az adott, valós életbeli folyamat modellezésére. A mélytanulás alapjául szolgáló neurális hálózatok sok esetben egy lépésben képesek az adatokat legjobban leíró jellemzők tanulására és az adatok modellezésére - legyen szó akár képről, hangról, videóról, idősorról, vagy más adattípusról. Mindemellett a fejlett szoftver- és hardverarchitektúráknak köszönhetően ma már kifejezetten jól skálázhatóak ezen rendszerek.
A nagy mennyiségű adatok elérhetősége mellett egyre nyilvánvalóbbá váltak az asszociatív, leíró jellegű adatelemzési módszerek és gépi tanulási modellek korlátai. A felhalmozódó természetes nyelvű és formálisan leírt tudás mellett a mesterséges intelligencia széles repertoárja is egyre nagyobb szerepet játszik az adatok helyes elemzésében, értelmezésében, döntéstámogató modellek kifejlesztésében, és társadalmi szintű eljárások kidolgozásában. Az általános mesterséges intelligencia kutatások újra előtérbe kerültek és a szakértői tudáson túli intelligens megoldásokat is célba vettek úgy, mint a következőket: beavatkozási adatok felhasználása, oksági következtetés, aktív adatgyűjtés és adaptív kísérlettervezés, megerősítéses tanulás, transzfer tanulás, adaptív multiágens rendszerek, modellek értelmezhetősége, magyarázatgenerálás, illetve akár a prediktív modellek kontrafaktuális, etikai kiértékelése. Ehhez igazodva a hallgatók megismerkednek a bayesi becslés- és döntéselmélet általános keretével, a gépi tanulás elméleti alapjaival, a felskálázhatóságot biztosító optimalizációs, közelítő és Monte Carlo módszerekkel, a komplex modellek dekomponálásának univerzális módszereivel, a modern oksági következtetés alapjaival, az adatok és a háttértudás különböző integrációs lehetőségeivel.
Az AMI MSc főspecializáció a mérnökinformatikus BSc mérnöki alapképzésére és BSc-beli MI tantárgyára épít, illetve azzal ekvivalens MI tantárgy ismeretére, amely az MI BSc szintű ismertetése. Nem tételezi fel adattudománnyal, mesterséges intelligenciával és gépi tanulással kapcsolatos választható tantárgyak és BSc specializációk teljesítését.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Gépi tanulás	A1 tantárgy	BMEVIMIMA27
Gépi tanulási esettanulmányok	A1 labor	BMEVITMMA18
Mélytanulás	A2 tantárgy	BMEVITMMA19
Haladó adatelemzési módszerek labor	A2 labor	BMEVITMMB10
Intelligens adatelemzés és döntéstámogatás	B tantárgy	BMEVIMIMB09
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Gépi tanulás

Főspecializáció A1 tantárgy

(BMEVIMIMA27, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy az intelligens rendszerek egyik alapvető képességének, a tanulásnak a gépi megvalósítási lehetőségeivel foglalkozik. Bemutatja a gépi tanulás fajtáit, összefoglalja a gépi tanulás elméleti alapjait, és részletesen elemzi a legfontosabb tanuló rendszer architektúrákat. A tantárgy a gépi tanulást egységes valószínűségi keretbe helyezve vizsgálja, amelynek során érinti a matematikai, filozófiai és programozási aspektusokat is. Az elméleti alapok bemutatásán túl a tantárgy célja, hogy fejlessze a gyakorlati problémamegoldó készséget. Mindezt az egységes tárgyalásmód alkalmazásával és komplex alkalmazási példák bemutatásával éri el. A tantárgy keretében elsajátított módszerek megalapozásként és háttérként szolgálnak kutatási és fejlesztési feladatok megoldásához.

2. A tantárgy tematikája

Bayesi valószínűségelméleti alapfogalmak. Valószínűség, prior, likelihood, posterior. Maximum likelihood (ML), maximum a posteriori (MAP), teljesen bayesi következtetés, modellátlagolás. A teljesen bayesi következtetés nehézségei (példák, mikor van analitikus megoldás). Konjugált priorok (példák, hol használjuk őket).

Gépi tanulási alapfogalmak. Generatív és diszkriminatív modellek, diszkriminatív függvények a gépi tanulásban (példák). Bias-variancia dekompozíció, alultanulás, túltanulás, regularizáció. Gyakran használt veszteségfüggvények és regularizációs sémák valószínűségelméleti származtatása. Kiértékelés (CV, AUC, AUPR).

Regresszió. Alapfeladat, a lineáris regresszió valószínűségi modellje, ML és MAP becslés, ezekre az analitikus formulák levezetése, a megoldás menete, numerikus szempontok. Teljesen bayesi következtetés. Nem lineáris kiterjesztések: bázisfüggvények alkalmazása, gyakran használt bázisfüggvények.

Klasszifikáció. Alapfeladat, a logisztikus regresszió valószínűségi modellje. Perceptron származtatása a Bayes-tétel felhasználásával, ML és MAP becslés, az iteratív formulák levezetése (szigmoid függvény, gradiens), a megoldás menete, numerikus szempontok.

Neurális hálózatok. MLP architektúra, ML és MAP becslés, a backpropagation algoritmus levezetése. Neurális modellekben használt aktivációs függvények, a regularizáció módjai. Konvolúciós és visszacsatolt architektúrák, az ezekben használt rétegtípusok, példa alkalmazások.

Optimalizáció neurális modellekben. Az optimalizáció nehézségei, analitikus és numerikus szempontok. Optimalizációs algoritmusok alapelvei (batch, momentum, adaptív learning rate, magasabb rendű módszerek). Nevezetes algoritmusok.

Variációs módszerek. Közelítő bayesi következtetés, ELBO+KL dekompozíció, a variációs módszerek alapelve. BBVI, sztochasztikus gradiens-alapú optimalizáció. Reparametrizációs trükk, VAE. Adversarial training ötlete, GAN architektúrák alapelve.

Kernel gépek. Alapötlet, a kernel trükk lényege, gyakran használt kernel függvények. Szupportvektor-gép, veszteségfüggvény (hinge loss) és regularizáció. A duális probléma levezetése a Lagrange-módszerrel. Geometriai interpretáció, maximális margó.

Dimenzió-redukció. Főkomponens-analízis: alapötlet, veszteségfüggvény, minimalizálása a Lagrange-módszerrel. Geometriai interpretáció. Kernel PCA.

EM algoritmus és klaszterezés. Maximum likelihood becslés nehézségei rejtett változók esetén. Az EM algoritmus levezetése. Gauss keverék-eloszlás, használata klaszterezésben. EM Gauss-keverékekre (az E- és M-lépések származtatása). K-means algoritmus. Spektrális klaszterezés alapötlete, a diszkrét Laplace-operátor tulajdonságai.

MCMC. Az MCMC módszerek alapelve. Markov-láncok tulajdonságai. Az egyensúlyi eloszlás létezésének elégséges feltétele. Metropolis, Metropolis–Hastings algoritmus. Gibbs-mintavétel, konjugált priorok. Példa: bayesi lineáris regresszió Gibbs mintavétellel.

Modellek kombinációja. Bootstrap, bagging, az átlagos hiba alakulása. Exponenciális loss tulajdonságai, összehasonlítása egyéb veszteségfüggvényekkel. Az exponenciális loss minimalizálása gyenge osztályozók lineáris kombinációjával. AdaBoost algoritmus.

Aktív tanulás. A K-karú rabló probléma, exploration vs. exploitation tradeoff. Regret definíciója, ennek alakulása különböző stratégiák esetében. Thompson-mintavétel, UCB1 algoritmus, a felső korlát bizonyítása. MCTS algoritmus és modern kiterjesztései (AlphaZero).

Federált tanulás. Alapötlet, kihívások. Nevezetes algoritmusok: federated averaging, FedProx. A federált tanulás valószínűségi megközelítései. Federált modellek kiértékelése.

Gépi tanulási esettanulmányok

Főspecializáció A1 labor

(BMEVITMMA18, szemeszter – őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A gépi tanulási és data scinece ismeretek hasznosításának kulcskérdése, hogy egy valós adathalmazhoz és tényleges üzleti problémát megfelelő módon tudjuk leképezni a gépi tanulási és adatelemzési eszközkészletünkre. A tantárgy célja, hogy ebbe az adatelemzési folyamatban adjon mélyebb gyakorlati tapasztalatot a hallgatóinak azáltal, hogy több valós esettanulmány megoldásával bemutatja milyen sorrendben, milyen módon érdemes alkalmazni a módszereket.

Módszertani szempontból a labor során a hallgatók az előadóval egy időben saját Notebook-at hoznak létre. Hogy a haladó feladatmegoldási feladatokra koncentrálhassunk több esetben egy kiinduló Notebook továbbfejlesztésével indulunk el az alkalmak során. A félévhez egy kijelölt adatbányászati létraverseny is tartozik, ahol minél hatékonyabban kell megoldani egy felügyelt tanulási feladatot.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető, módszerek, technológiák, használt programozási nyelvek és technológiák áttekintése (pl. Python)

Táblázatos adatok kezelése, DataFrame alapú feladatmegoldás, kódhatékonyság kérdései

Felügyelt tanulás – Fejlett regressziós módszerek egy ingatlanadathalmaz felett, fejlett módszerek az adatelőkészítésben, időbeli trendek kezelése

Felügyelt tanulás – Speciális adatelőkészítési módszerek és hatásuk az előrejelzésre

Felügyelt tanulás – Fejlett osztályozási feladat egy hitelbírálati feladat megoldásánál

Felügyelt tanulás – Komplex osztályozási kiértékelési módok, egyedi célfüggvények, optimalizáció egyedi célfüggvények esetén

Felügyelt tanulás – A ROC görbe és AUC értékének különleges tulajdonságai, hibakeresés és a kiértékelő függvények kapcsolata, a kiértékelés evolúciója az üzleti igények ismeretében

Klaszterezési eljárások – Ügyfélszegmentáció kihívásai klaszterezés alapon, adatelőkészítési nehézségek, klaszterezési módszerek kiválasztása, klaszterezési eredmények magyarázhatósága, triviális klaszterezési helyzetek felismerése, klaszterezéshez kapcsolódó story-telling

Story telling és a modellek interpretálhatóságának kapcsolata, modellek magyarázhatóságának algoritmikai kérdései

Anomália detekció – Komplex anomália detekciós feladatat megoldása időben változó adathalmaz felett

Anomália detekció – Anomália score értékek összevonása, visszajelzési folyamat beépítése a teljes elemzési sorba

Változó generálás fejlett módszerei, kapcsolata a változó kiválasztási módszerekkel

Változó kiválasztás módszerei, kihívásai, a kiválasztás eredményeit hasznosító feature engineering folyamat bemutatása

Nagyházifeladat kiinduló megoldásának elkészítése, az adatelemzési feladat buktatóinak ismertetése

Mélytanulás

Főspecializáció A2 tantárgy

(BMEVITMMA19, szemeszter – őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A mélytanulás (deep learning) az adatvezérelt mesterséges intelligencia eljárások napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő ága. A mélytanulás egyik elsődleges előnye más gépi tanuló módszerekkel szemben, hogy egy lépésben tanulja meg az adatokat legjobban leíró reprezentációkat és ezek modellezését. A mélytanulás paradigma számos tudományterületen minden korábbinál jobb, state-of-the-art eredményt ért el - például gépi látás, természetes nyelvfeldolgozás és beszédtechnológia témákban. Rögzített körülmények között számos alkalmazásban az emberi teljesítményt is képesek ezek a módszerek megközelíteni, sőt, van, hogy jobban is teljesítenek.

A mélytanuló rendszerek kutatását és fejlesztését ma már széleskörű hardver- és szoftverarchitektúra segíti. Ezek hatékony használatához elengedhetetlen a mélytanulás elméletének és a szoftver- és hardvereszközök ismerete, továbbá a tapasztalat útján megszerzett tudás.

A tantárgy célkitűzése, hogy a szükséges elméleti alapok bemutatása mellett példákon keresztül segítse a hallgatókat a modern mélytanuló szoftvereszközök és technikák elsajátításában és hatékony használatában. A tantárgyban elsődlegesen a nyílt forráskódú, Python alapú Meta AI gondozásában készült PyTorch és a Google TensorFlow / Keras mélytanuló keretrendszereket használjuk.

2. A tantárgy tematikája

Mélytanulás előzményei, CRISP-DM módszertan, mélytanulás elsődleges szoftverarchitektúrája (pl. Google Colab, NVIDIA Docker, Kubernetes, SLURM, TensorFlow, TensorFlow-Keras, PyTorch).

Forward propagation, backward propagation, hiba-visszaterjesztés, hibafüggvények, GPU implementáció, mélytanulás elsődleges hardverarchitektúrája (pl. CPU, különböző párhuzamos architektúrák, hardver architektúrák skálázása, elsődleges hardver komponensek, hardver architektúrák teljesítményének összehasonlítása).

Alapvető hiperparaméterek és ezek hatása a tanításra (pl. epoch szám, batch méret, aktivációs függvények, optimalizációs algoritmusok és tanítási ráta stb.).

Mélytanuló keretrendszer-modulok ismertetése, neurális hálózatok mint számítási gráfok, paraméterek tanítása.

Automatikus deriválás a mélytanuló keretrendszerekben, komplex összeköttetések (residual és skip kapcsolatok), adatok és tanítás vizsgálata és monitorozása (pl. TensorBoard, WandB.ai eszközökkel).

Regularizációs módszerek mély neurális hálózatokban (pl. korai megállás, dropout, batch normalization, layer normalization stb.).

Konvolúciós neurális hálózat alapok, hiba-visszaterjesztés a konvolúciós rétegekben, előtanított neurális hálózatok, transfer learning.

Népszerű konvolúciós neurális hálózat architektúrák, betanított modell gyűjtemények, bináris inferencia modulok.

Rekurrens neurális hálózatok alapjai, alacsony és magas szintű implementációk (Python, C++ és cuDNN).

Sequence-to-sequence (seq2seq) modellek, transzformer architektúra szekvenciális adatok modellezéséhez.

Önfelügyelt tanulás (Self-Supervised Learning, SSL) a természetes nyelvfeldolgozásban, transzformer alapú NLP alkalmazások.

Önfelügyelt tanulás a gépi látásban, kontrasztív és nem-kontrasztív módszerek.

Megerősítéses mély tanulás, Deep Q Learning és kapcsolódó szoftvereszközök.

Gráf neurális hálózatok alapjai és szoftvereszközei.

Haladó adatelemzési módszerek labor

Főspecializáció A2 labor

(BMEVITMMB10, szemeszter – őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja az Adattudomány és mesterséges intelligencia specializáción szerzett elméleti ismeretek és gyakorlati képességek elmélyítése egy konkrét adatbányászati projekt végrehajtásával.

2. A tantárgy tematikája

Az adatbányászati feladat kiválasztása és értelmezése, a projektmunka megtervezése, a majdani megoldások kiértékelésének rögzítése

A továbbiakban teljes adatbányászati ciklusok megtétele és újradefiniálása az alábbi munkaszakaszok értékelésével:

- Adatelőkészítés (adatbázis és adatformátum kiválasztása, adattisztítás stb.)
- Adatvizualizáció és adatelemzés (korrelációanalízis, magyarázóváltozó-választás, adattranszformációk stb.)
- Gépi tanulási modellek előállítása (modellválasztás, hibrid, mélytanulás stb.)
- Gépi tanulási modellek értékelése (metrika-választás, bootstrapping, az eredmények javítása, hiperparaméter-hangolással, boosting alkalmazásával stb.)
- Az előállított adatbányászati folyamat gyakorlati alkalmazása (felhőbe történő telepítés, etikai kérdések, adatvédelem)

Intelligens adatelemzés és döntéstámogatás

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVIMIMB09, szemeszter – őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az Intelligens adatelemzés és döntéstámogatás tantárgy haladó, a gépi tanulás és mélytanulás kutatási frontvonalában lévő megközelítéseket mutat be, így segítve valós problémák szélesebb körének mérnöki megoldását. Elsőként áttekintjük a bayes statisztikai és döntéselméleti kereteket, amelyek egységes keretet nyújtanak a háttértudás felhasználásához, a hiányos és bizonytalan adatok kezeléséhez, komplex modellek alkalmazásához és az intelligens következtetési formákhoz, adaptív adatgyűjtéshez.

Intelligens adatelemzési módszerek között bemutatjuk azokat a technikákat, melyek előfeldolgozásként segíthetnek az elemzés hatékonyságán, jóságán. Ezek között a dimenziócsökkentési és reprezentáció tanulási módszerek a hatékonyságot növelik - az utóbbiak absztraktabb megoldást nyújtva - a klaszterezés pedig fontos része az adatelemzés folyamatának. Az adatelemzést segítő gépi tanuló módszerek teljesítményének növelése történhet együttes gépi tanuló módszerekkel, ezen kívül valós teszthalmazon robusztusabb teljesítmény érhető el regularizációval. Részletesen ismertetjük az adatvezérelt döntéstámogatást ezekkel a gépi tanuló módszerekkel és a döntések kiértékelésének folyamatát, valamint gyakorlatban bemutatjuk ezek használatát különböző típusú (egyszerű, hierarchikus, idősoros, strukturálatlan) adatokon.

A beavatkozási adatok kezelésére és az intelligens adatgyűjtés támogatására bemutatjuk a valószínűségi gráfos modellosztályt és a kapcsolódó döntési hálókat és oksági hálókat, valamint a valószínűségi, oksági és kontrafaktuális következtetési módokat. Ismertetjük a bayes következtetések közelítő számítási módszereit, elsősorban a Markov lánc Monte Carlo módszereket. Bemutatjuk az oksági modellek modern gépi tanulási módszereit és a háttértudás szerepét a tanulásban, adat- és tudásfúzióban. Az adaptív adatgyűjtés keretén belül bemutatjuk az aktív tanulást, a megerősítéses tanulást és a k-karú rablókat, valamint ezek alkalmazását ajánló rendszerekben és felfedező rendszerekben.

2. A tantárgy tematikája

Becslés és döntéselmélet, az optimális döntés és az emberi döntések sajátosságai, hasznosságfüggvények típusai. Intelligens következtetési típusok: valószínűségi, oksági és kontrafaktuális következtetés. Az információ értéke és optimális információgyűjtési stratégiák.

Intelligens adatelemzési módszerek, adatelemzés különböző típusú (táblázatos, idősoros, strukturálatlan) adatokon.

Regresszió típusú döntési problémák. Regularizált regressziós módszerek: Ridge, Lasso, Elastic net.

Nem lineáris dimenziócsökkentő metódusok (autoencoder, manifold). Dimenzióredukció alkalmazási területei.

Klaszterezés csoportosítási feladatoknál és osztályozási problémák előfeldolgozásaként. Biklaszterezés, spektrál klaszterező módszerek.

ML módszerek teljesítményének (pontosságának) növelése. Együttes gépi tanuló módszerek (ensemble, ECOC).

Ajánlórendszerek típusai és adatelemző módszerei. Mátrix faktorizáció és kollaboratív szűrés az ajánlórendszereknél.

Adatvezérelt döntéstámogatás gépi tanuló modellekkel. Döntések kiértékelésének folyamata.

Valószínűségi gráfos modellek definíciói, parametrikus és strukturális szemantikája, ritka reprezentációk használata, következtetési algoritmusok, nevezetes modellosztályok (naív Bayes hálók, Rejtett Markov Modellek). Kiterjesztések elsőrendű valószínűségi logikák és sztochasztikus nyelvtanok irányába.

Oksági modellek származtatása, megfigyelési ekvivalencia fogalma. Beavatkozások modellezése a do(.) szemantika és gráf csonkolás segítségével. Korrigálás fogalma oksági hatáserősség becslésében. Kontrafaktuális következtetés.

Konjugáltság és elégséges statisztika egzakt Bayes következtetésben. Bayes következtetések közelítési módszerei. Monte Carlo módszerek, elutasításos és fontossági mintavételezés. Markov Lánc Monte Carlo módszerek (MLMC): konvergencia és konfidencia diagnosztikai, többláncú módszerek, Metropolis-kapcsolt MLMC. Hibrid MLMC.

Oksági modellek tanulása megfigyelési és beavatkozási adatból. Tanulás háttértudással, adat- és tudásfúzió rendszermodellek tanulásánál. Modelltulajdonságok Bayes tanulása.

Aktív tanulás, tanulás költséggel. k-karú rablók (banditák), Monte Carlo fakeresés. Megerősítéses tanulás, mély megerősítéses tanulás.

Ajánló rendszerek, zaj és informatív hiányzás kezelése. Felfedező rendszerek, korai felfedezési teljesítménymértékek, kísérlet várható hasznossága, adaptív kísérlettervezés.

V.3.2 Internetarchitektúra és felhőszolgáltatások főspecializáció (TMIT)

1. A specializáció megnevezése: Adattudomány és mesterséges intelligencia
(Internet Architecture and Cloud Services)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: TMIT
4. Oktató tanszékek: TMIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Heszberger Zalán egyetemi docens (TMIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A főspecializáció hallgatói olyan infokommunikációs hálózati architektúra- és felhőszolgáltatás-tervező és fejlesztő mérnökök lesznek, akik értik az internet felépítését és működését, illetve értik az internet közvetítésével létrejövő felhőalapú számítástechnika paradigmájának alapjait. A mesterszakunk hallgatói a BSc tanulmányokon túllépve alkalmassá válnak olyan komplex informatikai rendszerek, hálózat-alapú szolgáltatások és alkalmazások kialakítására, illetve azzal kapcsolatos fejlesztési folyamatok vezetésére, melyek megvalósításában a hálózati erőforrások tervezése és a szolgáltatásminőségi követelmények biztosítása kiemelt szerepet kap.
A specializáció a modern internetarchitektúrák egyik legfontosabb építőelemeként tárgyalja a cloud-native architektúrákat, a kapcsolódó technológiákat és programtervezési mintákat, az ezekhez szükséges elérhető open-source eszközöket és fizetős szolgáltatásokat. A microservice architektúra lehetővé teszi a vállalkozások számára, hogy olyan skálázható alkalmazásokat hozzanak létre, amelyek dinamikus számítási környezetekben, nyilvános, privát és hibrid felhőrendszerekben futnak. A mesterszak tantárgyai ezen alapokra építkezve mutatják be a cloud-native technológiákra épülő alkalmazásfejlesztés kommunikációs hálózatokkal szemben támasztott speciális igényeit, legfontosabb tervezési kérdéseit is.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Felhő- és mikroszolgáltatások hálózati architektúrái	A1 tantárgy	BMEVITMMA20
Felhők hálózati architektúrái laboratórium	A1 labor	BMEVITMMA21
Felhőalapú hálózati szolgáltatások programozása Go nyelven	A2 tantárgy	BMEVITMMA22
Felhők hálózati szolgáltatásai laboratórium	A2 labor	BMEVITMMB11
Az Internet ökoszisztémája	B tantárgy	BMEVITMMB12
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Felhő- és mikroszolgáltatások hálózati architektúrái

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVITMMA20, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy alapvető célja, hogy a hallgatók mérnöki megoldásokat sajátítsanak el a felhő rendszerek és felhő szolgáltatások tervezése és üzemeltetése során felmerülő hálózati feladatokra, amelyek közül a legfontosabb, hogy hogyan tervezzünk és építsünk skálázható (a terheléshez és igényekhez rugalmasan alkalmazkodó) hálózatot.
A tantárgy betekintést ad a hallgatóknak a felhő rendszerek hálózati működésébe és felépítésébe, valamint megismerteti a hallgatókat a mikroszolgáltatás architektúra alapjaival, valamint azokkal a hálózati alkalmazásokat támogató elemekkel, eszközökkel, amelyeket egy felhő-natív környezet nyújt mikroszolgáltatás architektúrájú alkalmazások számára, úgymint a skálázhatóság, az erőforrás menedzsment vagy a hálózati forgalom irányítása, kezelése. A tantárgy különös hangsúlyt fektet a kapcsolódó gyakorlati ismeretekre, a tervezési megfontolásokra, amelyekkel optimális működés érhető el.

A tantárgy keretében ismertetésre kerülnek a felhő rendszerek technológiái, az adatközpontok hálózati felépítése, mind a virtuális gép alapú (OpenStack), mind a konténer alapú (Kubernetes) rendszerek esetében, a hálózat virtualizációs megoldások, valamint az ezekre épülő eszköztár, amellyel a felhőben futó alkalmazások és szolgáltatások hatékonyan felépíthetők és üzemeltethetők a mikroszolgáltatás architektúra elvei szerint. A mikroszolgáltatás architektúra szerinti elosztott szoftver megoldások esetében fontos a mikroszolgáltatások közti kapcsolatok kialakítása, amit a hálózati komponens biztosít.
Az elsajátított tudás birtokában a hallgató képes virtuális hálózatok megtervezésére, virtuális hálózati eszközök létesítésére és konfigurálására, valamint a felhőben futó elosztott alkalmazások számára komplex és hibatűrő kommunikációt lehetővé tevő hálózat kialakítására.

2. A tantárgy tematikája

Felhő technológiák jellemzői
: Felhő szolgáltatási modellek. Virtuális gép és konténer alapú rendszerek. Hálózat szerepe a felhő rendszerekben, virtuális hálózatok alapjai.

Hálózati feladatok egy adatközpontban
: Izoláció, skálázhatóság, virtuális hálózatok leképezése a fizikaira. Adatközpontban alkalmazott hálózati technológiák.

Adatközpont hálózat felépítése
: Hálózati eszköz típusok (virtuális, ToR, EoR, aggregáló/központi kapcsoló) és jellemzőik, topológia. Módszerek a hálózati teljesítmény növelésére.

Fat tree topológia
: Adatközpont forgalmi minták, fat-tree topológia jellemzői és kialakítása, terheléskiegyenlítés és hibatűrés.

Overlay hálózati technológiák
: VXLAN, NVGRE, GENEVE, STT.

OpenStack
: OpenStack jellemzői, felépítése, főbb komponensei, egy VM elindításának folyamata. OpenStack hálózati funkciók, típusok. OpenStack Neutron hálózati komponens, felépítés, megvalósítás, működés, egy hálózati csomag útja, Floating IP. Open Virtual Network.

Mikroszolgáltatás architektúra
: Definíció, jellemzők, előnyök, problémák. Modellezés és tervezési alapelvek. Együttműködés a hálózattal.

Konténer menedzsment rendszerek
: Automatizálás, feladat típusok, működés áttekintése. Eszközök: Kubernetes, Docker Swarm mode, (Apache Mesos).

Kubernetes architektúra, hálózatkezelés
: Kubernetes elemei, klaszter felépítése, vezérlő sík elemei és működése, a virtuális infrastruktúra elemei. Kubernetes hálózati modell, CNI: kommunikáció az elemek között, hálózati működési módok, megvalósítások (pl. WeaveNet, Flannel) és multi-interfész megoldások (Multus, DANM).

Manuális és automatikus skálázás
: Erőforráshasználat kezelése: CPU, memória, egyedi erőforrás metrikák. Ütemezés, QoS osztályok. Skálázási paraméterek, Horizontal / Vertical Pod Autoscaling, Event Driven Autoscaling, Cluster Autoscaling.

Külső hálózati forgalom kezelése
: Kubernetes Service, ingress, ingress controller, load balancing, forgalomirányítási szabályok.

Szolgáltatás háló
: Platform által nyújtott eszközkészlet: Service mesh. Hálózat absztrakció, Layer7 proxy sidecar, klaszteren belüli forgalom irányítás.

Mintapéldák távközlési alkalmazási területekről
: Távközlési szolgáltatások QoS követelményeinek figyelembevétele. Orkesztráció szerepe a távközlési felhőkben. Esettanulmány: 5G rendszerbe integrált felhő natív szolgáltatás.

Felhők hálózati architektúrái laboratórium

Főspecializáció A1 labor

(BMEVITMMA21, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja egyrészt a specializáció elméleti tantárgyaiban tanított ismeretek gyakorlati ismeretekkel történő kiegészítése, másrészt a mérnöki gyakorlatban használt eszközök és módszerek készség szintű elsajátíttatása, felkészítve ezzel a hallgatókat a diplomatervezés során, valamint a mérnöki gyakorlatban végzendő alkotó tevékenységre. A tantárgy oktatása laboratóriumi foglalkozások és kiadott házifeladatok keretében történik.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő méréseket és házi feladatokat tartalmazza:

- Felhő (Cloud) megoldások
  Felhő (Cloud) infrastruktúra létrehozása laboratóriumi környezetben. Alap szolgáltatások konfigurálása, menedzselése, teljesítményvizsgálatok.
- Házi feladat: saját felhő infrastruktúra létrehozása
- Az internet útvonalválasztási módszerei a gyakorlatban (Routing).
  A jelenlegi módszerek bemutatása, konfigurálása laboratóriumi környezetben. A jelenlegi módszerek problémái, határai, új irányok/módszerek.
- Házi feladat: SSH forgalom szűrése és irányítása OSI harmadik rétegbeli megoldásokkal.
- Software-Defined Networking (SDN)
  Az SDN koncepció, OpenFlow hálózatok és eszközök bemutatása. Új hálózati algoritmusok gyors prototipizálása. Mininet hálózatemulációs program.
- Házi feladat: SSH forgalom szűrése és irányítása OpenFlow (SDN) megoldásokkal.

- Felhő (Cloud) megoldások
  Felhő (Cloud) infrastruktúra létrehozása laboratóriumi környezetben. Alap szolgáltatások konfigurálása, menedzselése, teljesítményvizsgálatok.
- Internet szolgáltatások fejlesztése és menedzsmentje
  Egy összetett internet szolgáltatás megismerése, kiegészítése, komponensek fejlesztése. A rendszer beüzemelése, menedzsment funkciók.
- Házi feladat: SSH forgalom szűrése és irányítása OSI negyedik rétegbeli megoldásokkal.

Felhőalapú hálózati szolgáltatások programozása Go nyelven

Főspecializáció A2 tantárgy

(BMEVITMMA22, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a cloud-native programtervezési minták bemutatása a Go programozási nyelv elemeinek segítségével. Ezek a minták lehetővé teszik a megbízhatatlan és folyton változó felhő környezetben megbízható és skálázható elosztott mikroszolgáltatás-alapú hálózati alkalmazások fejlesztését.

A hallgatók a félév végére elsajátítják a Go nyelv alapjait, megismerik a cloud-native fejlesztésben legfontosabb Go nyelvi konstrukciókat, és képesek a Go sztenderd könyvtárában megtalálható modulok segítségével önállóan összetett hálózati szolgáltatásokat fejleszteni. A félév második felében a hallgatók megismerkednek a cloud-native szoftverfejlesztés legfontosabb programtervezési mintáival, megtanulják ezek Go nyelvi implementációját, és egy konkrét mikroszolgáltatás-alapú hálózati alkalmazás fejlesztésének példáján megérthetik az egyes minták jelentőségét. Végül a hallgatók megismerhetik a szolgáltatáshálók architektúráját, és a cloud-native programfejlesztési minták automatizálását és deklaratív konfigurációját.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés a cloud-native fejlesztésbe

A monolitikus alkalmazásoktól az elosztott mikroszolgáltatás-alapú alkalmazásokig, az elosztott alkalmazások fejlesztésében leggyakrabban felmerülő félreértések (Fallacies of distributed computing). A cloud-native fejlesztési filozófia. A Kubernetes.

A Go programozás alapjai I

Go történelem. Go nyelvi elemek: változók, deklarációk, láthatóság, adattípusok (tömbök, szeletek, struktúrák), csomagok, modulok. Függvények, metódusok, hibakezelés, interfészek.

A Go programozás alapjai II

Csomagok és tesztelés: importálás, tesztelő függvények, teljesítményteszt, profilozás, hibakeresés. Alacsony szintű Go programozás és kitekintés: reflexió, unsafe csomag, Godoc, generics.

Konkurens programok fejlesztése Go-ban

Elméleti alapok és a CSP konkurencia modell. Go rutinok, szálak, csatornák, versenyhelyzetek és a mutexek.

Cloud-native fejlesztési minták

Immutability. HTTP szolgáltatások fejlesztése Góban. Alkalmazás és erőforrás állapotok, a beágyazott állapotok veszélyei, állapotok kiszervezése külső adatbázisba. Az “immutability” szerepe.

Cloud-native fejlesztési minták

Idempotency. A RESTful APIk jellemzői és megvalósításuk Go nyelven. Konkurens adatstruktúrák használata, szinkronizáció csatornákkal. Perzisztencia tranzakciós naplófájl használatával, az "újrapróbálhatóság“ és az "idempotency” szerepe.

Cloud-native programtervezési minták

Resiliency I. Mikroszolgáltatások: motiváció, jellemzők. Minták megbízható kliens oldali alkalmazások fejlesztésére: circuit breaker, timeout, retry. A "retry storm" megelőzése, az "exponential random backoff" retry stratégia.

Cloud-native programtervezési minták

Resiliency II. Minták megbízható elosztott szerver oldali alkalmazások fejlesztésére: throttle/rate-limiter és debounce minta. A "retry storm" megelőzése szerver oldalon a rate-limiting segítségével.

Cloud-native programtervezési minták

Scalability. A vertikális és horizontális skálázás. Konkurens programtervezési minták: fan-in, fan-out, future, sharding. A terheléselosztás: round-robin, konzisztens hash, “power of two choices”. Automatikus skálázás.

Cloud-native programtervezési minták

Observability. Megfigyelhetőség az elosztott alkalmazások üzemeltetésében. Az idősor (time series) adatbázisok és a Prometheus, metrikák, Prometheus kliens használata Go nyelven. A dashboard-ok szerepe.

Cloud-native programtervezési minták

Lazy coupling. A lazán csatolás szerepe a felhő alkalmazásokban: API verziók, API gateway-ek és API marketplace-ek. Lazán csatolást támogató nyelvi elemek Go-ban. A lazán csatolás kritikája: RESTful APIk definíciója az OpenAPI segítségével, a gRPC használata. A hexagonális architektúra.

A szolgáltatáshálók I.

A cloud-native programtervezési minták beépítése az infrastruktúrába, a sidecar proxy architektúra és az alkalmazás-szintű hálózati virtualizáció. Az Istio. Health-checking, retry/timeout, load-balancing és circuit breaker Istioban. Káosztesztelés és a mesterséges hibák előidézése (fault injection).

A szolgáltatáshálók II.

Forgalommenedzsment: HTTP routing és rewriting a szolgáltatáshálók fölött. Continuous delivery, DevOps és GitOps, a “canary rollout” stratégia támogatása Istio felett. Biztonsági szolgáltatások az Istioban: a mikroszegmentáció, Mutual TLS. A “distributed tracing”.

Felhők hálózati szolgáltatásai laboratórium

Főspecializáció A2 labor

(BMEVITMMB11, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a szakirány elméleti tantárgyaiban szerzett elméleti ismeretek és gyakorlati képességek elmélyítése konkrét feladatok kidolgozásával laboralkalmak és házifeladatok során.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő méréseket és házi feladatokat tartalmazza:

- Felhő natív környezet kialakítása, monolitikus alkalmazás VM-ben való üzemeltetése
- Alkalmazás konténerizáció, cloud native fejlesztés
- CI/CD környezet kialakítása és alkalmazása
- Feladatbemutatás
- Automatizálás a hálózati alkalmazások fejlesztésében és üzemeltetésében
- Szolgáltatás hálók alkalmazása a megbízhatóság és megfigyelhetőség javítására
- Forgalom továbbítás szabályozási megoldások alkalmazása
- Feladatbemutatás
- Üzenetsor alapú kommunikáció alkalmazása a szolgáltatások között
- Alkalmazás állapot tárolás és kezelés hálózati tárhelyen
- Hálózati szolgáltatások naplózása, monitorozása, anomália detektálás
- Feladatbemutatás

Az Internet ökoszisztémája

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVITMMB12, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja bemutatni az Internet, mint “élő” rendszer legfontosabb tulajdonságait. A tantárgy alapján a hallgató elsajátíthatja az Internet, mint folytonosan változó, összetett architektúra fejlődésének logikáját, megismerkedik annak megoldásaival, ahogyan a bonyolult, többrétegű infrastruktúrán a hálózati szolgáltatások, valamint a végponti alkalmazások (Skype, Twitter, Dropbox, stb.) kifejleszthetők és működtethetők. A műszaki/technológiai jellemzőkön túl, a tantárgy érinti a fontosabb szabályozási, üzleti és politikai ill. azokkal kapcsolatos hazai vonatkozásokat is.

2. A tantárgy tematikája

Alapvető intra-domain hálózatok, protokollok és funkciók: Rétegek/funkciók. IP: kapcsolatmentes datagram szolgáltatás, IPv4, IPv6, headerek. Címzés: classful, classless, multicast, longest prefix match. IP routing & forwarding: destination-based, hop-by-hop, best-effort packet forwarding, distributed routing. Alsóbb szintű protokollok: fizikai réteg és adatkapcsolati réteg, Ethernet, DSL, kábel, Wifi, mobil. Felsőbb szintű protokollok: TCP/UDP, alkalmazások, HTTP és tsai. IP protokoll suite homokóra profil.

Kapcsolódó gyakorlat: IP maszkolás, IP csomagok generálása és értelmezése (scapy), monitorok: CIDR report, Internet Weather Map, Internet Traffic Report (http://www.internettrafficreport.com), Visual TraceRoute (http://traceroute.monitis.com), Spotter (ELTE), Renesys és tsai, live trace-ek

Az Internet szolgáltatási modell: Az Internet architektúrája: AS, ISP, IXP, access/edge/core. AS-szintű kapcsolatok: peer, customer-provider, payed peering, gazdasági háttér, IXP-k jelentősége,backup routing, példák. Az útválasztási preferenciák érvényrejuttatása: path-vector routing, policy routing.

Az Internet szolgáltatási modell: Valley-free routing: tiltott részútvonalak, definíció, gazdasági értelmezés. Tier-ek: tier-1, a default-free zone, regionális és nemzeti szolgáltatók. Pricing: tranzit árak alakulása, peering vagy tranzit vásárlása, peering wars. Szolgáltatásmegbízhatóság: multi-homing, provider independent addressing, ingress traffic-engineering, hot-potato routing.

Kapcsolódó lehetséges gyakorlat: Völgymentes útvonalak meghatározása, IP cím deaggregáció optimális és szuboptimális ingress traffic engineering-hez monitorok: IRR-ek és a Routing Policy Specification Language (RPSL), CAIDA inferred AS relationship graphs, tier besorolások, robtex (AS-lekérdezések, AS szomszédsági gráfok)

Internet inter-domain útválasztás: IP útválasztás: tartományon belüli és tartományok közötti útválasztás, ezek együttműködése, statikus és dinamikus útvonalak. BGP: felépítés, működés, path-vector.

Internet inter-domain útválasztás: BGP döntési mechanizmus, import/export szűrők, a BGP RIB. BGP üzenetek: BGP konfig alapok, peer és customer/provider viszonyok kifejezése route map-ekkel, BGP stabilitás, BGP oszcilláció iBGP, route reflektorok.

Kapcsolódó lehetséges gyakorlat: BGP monitorok használata, GNS3 szimulációk futtatása, demonstráció BGP monitorok (RouteViews, Looking glass, Potaroo reports), BGP instabilitások, Gao-Rexford

Internet forgalomtovábbítás: IP FIB: longest prefix match és megvalósítása. IP FIB adatstruktúrák: prefix fák, leaf-pushing, ORTC, level-compression. A Linux FIB implementációja. Hogy lesz a RIB-ből FIB? Heterogén protokoll környezet, prioritások, együttműködés.

Kapcsolódó lehetséges gyakorlat: prefix fák felrajzolása, méretbecslés, monitorok: FIB statisztikák, vizsgálatok a Linux FIB-en

Újgenerációs Internet: az IPv6 - IPv4 és IPv6. Kísérő szolgáltatások: DNS, ARP vs.ND, DHCP vs. stateless address auto-conf. IPv4 és IPv6 együttműködése.

Kapcsolódó gyakorlat: egy komplett IPv4/IPv6 kommunikáció lebonyolódása (mondjuk egy HTTP get, egy levél elküldése – egy csomag útja a hálózatban)

Tartalomelosztó hálózatok az Interneten: A tartalomelosztó hálózatok alapvető modellje: teljesítmény, elérhetőség, biztonság, menedzselhetőség. Internet felhasználói és szolgáltatói elvárások. Hálózati technológiák és protokollok.

Átfedő hálózati megoldások az Interneten. Tartalomelosztási algoritmusok: Web gyorsítótárazási megoldások, forgalom elosztási technológiák.

Kapcsolódó lehetséges gyakorlat: Web gyorsítótáras algoritmusok vizsgálata openflow alapú demohálózaton

Internet politika: Az internet működésének nemzetközi szabályozása. Nemzetközi szervezi háttér. Mely szerverek, központi elemek hol találhatók a világon, ki uralja ma az Internetet? Szerzői jogi kérdések változása, élet az P2P fájlcsere után.

Internettel kapcsolatos nemzeti és nemzetközi mozgalmak: Hálózat semlegesség (Network Neutrality). Gyenge és erős hálózatsemlegesség. Egyetemes szolgáltatás és vonzatai. Esettanulmányok.

Kapcsolódó lehetséges gyakorlat: Nemzetközi mozgalmakkal kapcsolatos cikket/weboldalak áttekintése. Szakmai konferenciák aktuális témáit. Ismerkedés Internet aktuálpolitikai kérdésekkel a weben.

Internet működésének nemzetközi, hazai és EU szervezetei: IAB, IETF, IESG, IRTF, IANA, RIPE/AFRINIC es társai. Kik, hogyan szolgáltatnak hazánkban. Infrastruktúra kiépítettsége Mo-n (BIX, KIFÜ, Nemzeti Távközlési Gerinchálózat, NISZ, kormányzati informatika), fontosabb struktúrális részei, hazai internet szolgáltatók és egyéb kapcsolódó szervezetek (NISZ, NIIFI, IVSZ). Hírközlési és média törvény(ek) kapcsolódó részei.

V.3.3 IT biztonság főspecializáció (HIT)

1. A specializáció megnevezése: IT biztonság
(IT Security)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: HIT
4. Oktató tanszékek: HIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Buttyán Levente egyetemi tanár (HIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A specializáció célja, hogy megismertesse a hallgatókkal a IT rendszerek informatikai biztonsággal kapcsolatos problémáit és az azok megoldására alkalmazott korszerű módszereket és technológiákat. IT rendszerek alatt az információs technológia tág értelemben vett fogalomkörébe tartozó számítógépes rendszereket és az ezeket összekötő hálózatokat értjük, melyek az alkalmazási területek széles skáláját foglalják magukban, a beágyazott rendszerektől, a vállalati és otthoni rendszereken keresztül, a felhő alapú rendszerekig, beleértve ezek különböző integrált változatait is. A fenti szkópba tartozó IT rendszerekben felmerülő biztonsági problémákat és megoldásokat a specializáció vertikálisan strukturálva tárgyalja, a hardver szinttől, az operációs rendszeren keresztül, az alkalmazásokig, utóbbiba beleértve, az általános szoftverbiztonsági kérdések mellett, néhány speciális alkalmazási területet is, mint például a kriptográfiai protokollokat és a gépi tanulás alapú alkalmazásokat. Az elsajátítható tudás és képességek tekintetében, a specializáció célja olyan mérnök-informatikusok képzése, aki jól értik az IT rendszerek különböző architekturális szintjein felmerülő informatikai biztonsági problémákat, képesek egy adott rendszerben felmerülő releváns biztonsági problémák azonosítására és elemzésére, értik és alkalmazni tudják a problémák megoldására szolgáló tipikus biztonsági technológiákat és módszereket, és képesek új biztonsági architektúrák és mechanizmusok tervezésére és megvalósítására is. Mindezen tudás és képességek elsajátítását előadások, tantermi gyakorlatok, laborgyakorlatok, és projekt feladatok segítik.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Szoftverbiztonság	A1 tantárgy	BMEVIHIMA21
Szoftverbiztonság labor	A1 labor	BMEVIHIMA22
Számítógép- és hálózatbiztonság	A2 tantárgy	BMEVIHIMA23
Számítógép- és hálózatbiztonság labor	A2 labor	BMEVIHIMB07
Kriptográfiai protokollok	B tantárgy	BMEVIHIMB08
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Szoftverbiztonság

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVIHIMA21, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy átfogó képet adjon a szoftverbiztonság területéről a programozási nyelvek és az alkalmazások szintjén felmerülő biztonsági problémák, kihívások, és az azok megoldására használt módszerek elveinek és gyakorlati megvalósításainak bemutatásával.
A tantárgy olyan elvi tudás és gyakorlati képességek elsajátítását teszi lehetővé, melyek segítik a biztonságos alkalmazások tervezését és megkönnyítik a szoftverfejlesztés során előforduló tipikus programozási hibák elkerülését. A tantárgyban szerzett ismeretek lehetővé teszik továbbá az alkalmazások biztonsági tesztelésének megfelelő tervezését és végrehajtását.

2. A tantárgy tematikája

Háttér és motiváció: a szoftverbiztonság fontosságának a bemutatása példákon keresztül, komolyabb kárt okozó korábbi sérülékenységek áttekintése, aktuális trendek megismerése

Hitelesítés és engedélyezés alkalmazásokban: felhasználóhitelesítés és jogosultságkezelés módszereinek részletes bemutatása, elterjedt könyvtárak és szabványok bemutatása a gyakorlatban

Webes alkalmazások biztonsága – szerver oldal: a webes alkalmazásokat érintő általános problémák bemutatása, a leggyakoribb veszélyek elleni védekezés ismertetése a szerver oldalon

Webes alkalmazások biztonsága – API biztonság: a webes API-k fejlődésének rövid bemutatása, a leggyakoribb támadások és védekezési módszerek megismerése

Webes alkalmazások biztonsága – kliens oldal: a böngészőkben alkalmazott biztonsági mechanizmusok bemutatása, SOP és CORS, a Javascript nyelv sajátosságai és veszélyei, a leggyakoribb támadások (XSS, CSRF, Clickjacking) és védekezések (CSP) megismerése

Menedzselt nyelvek biztonsága – támadások: a menedzselt nyelvek sajátosságainak bemutatása (reflexió), a magas szintű nyelveket érintő támadások megismerése (integer overflow, command injection)

Menedzselt nyelvek biztonsága – védekezés: menedzselt nyelveken előforduló sérülékenységek elleni védekezés, a tipikus problémák (deadlock, szálkezelés nehézségei, TOCTTOU, szerializáció) elkerülése

Mobil alkalmazások biztonsága – Android: az Android környezet sajátosságainak a bemutatása, a tipikus kódolási hibák elkerülése, a fejlesztési folyamat során a biztonság megjelenése

Mobil alkalmazások biztonsága – iOS: az iOS és a hozzá kapcsolódó ökoszisztéma sajátosságainak a bemutatása, a mobil alkalmazásokat érő tipikus támadások, a fejlesztés során leggyakrabban előforduló sérülékenységek megismerése

Memóriakorrupció – támadások: alacsony szintű szoftverfejlesztés sajátosságainak az áttekintése, a C és C++ nyelv memóriakezelési kihívásai, a buffer overflow és az abból kiinduló támadások (return-to-Libc, return oriented programming) bemutatása

Memóriakorrupció – védekezés: a memóriakezelési hibákat kihasználó támadások megállítása, nyelvi szintű védelmek, szoftverfejlesztési megoldások, operációs rendszer szintű védelmek

Szoftverek biztonsági tesztelése: a funkcionális és biztonsági tesztelés közötti különbségek és kihívások, a különböző tesztelési megközelítések áttekintése, leghatékonyabb módszerek bemutatása

Gépi tanulás alkalmazása a szoftverbiztonság növelésére 1: Gépi tanulási alapfogalmak, felügyelt és önfelügyelt tanulás, klasszifikáció, kód stilometria

Gépi tanulás alkalmazása a szoftverbiztonság növelésére 2: Gép tanulás alapú bug detekció forráskódban. Fuzz-tesztelés támogatása gépi tanulással (pl. input mutáció genetikus algoritmusokkal).

Szoftverbiztonság labor

Főspecializáció A1 labor

(BMEVIHIMA22, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a Szoftverbiztonság tantárgyban szerzett elméleti ismeretek és gyakorlati képességek elmélyítése konkrét programozási feladatok végrehajtásával.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:

- Alkalmazások biztonsági tesztelése
- Programkód digitálisan aláírása, biztonságos bootfolyamat
- Webes alkalmazások biztonsága – kliens oldal
- Webes alkalmazások biztonsága – szerver oldal
- Menedzselt nyelvek biztonsága – támadások
- Menedzselt nyelvek biztonsága – biztonsági mechanizmusok
- Mobil alkalmazások biztonsága (Android)
- Memóriakorrupció – támadások
- Memóriakorrupció – védekezési technikák

Számítógép- és hálózatbiztonság

Főspecializáció A2 tantárgy

(BMEVIHIMA23, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a számítógépekhez kapcsolódó főbb biztonsági problémák ismertetése, és az azok megoldását szolgáló elvek és a gyakorlatban használt módszerek és eszközök bemutatása. Számítógép alatt különböző típusú számítástechnikai eszközöket értünk (pl. személyi számítógépeket, szervereket, mobil eszközöket, beágyazott számítógépeket, stb). A tantárgy elsősorban ezen eszközök fizikai és operációs rendszer szintű biztonságát fedi le, az alkalmazás szintű biztonsági kérdésekkel egy másik tantárgy (Szoftverbiztonság) foglalkozik.

A tantárgy részletes betekintést nyújt továbbá a számítógépekből épített hálózatok biztonsági problémáiba, azok megoldási lehetőségeibe, valamint a különböző hálózatok üzemeltetési gyakorlatában használt hálózatbiztonsági technikák és eszközök működésébe. A tantárgyat elvégző hallgatók olyan elméleti és gyakorlati ismereteket szereznek, melyek a hálózatok biztonságos üzemeltetésének alapját képezik, lehetővé téve a fenyegetettségek megértését és felmérését, az alkalmas biztonsági megoldások kiválasztását, integrálását, továbbfejlesztését, és üzemeltetését, valamint új megoldások tervezését. A tantárgy megalapozza továbbá a hálózatok biztonsági tesztelése (ethical hacking) módszereinek elsajátítását és alkalmazását.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető, kártékony programok (malware) problémája

Számítógép-biztonsági problémák a gyakorlatban, illusztratív példák, főbb számítógép-biztonsági követelmények, a számítógép-biztonság különböző szintjei. Malware-ek főbb csoportjainak bemutatása és a rosszindulatú kódok elemzésének alapjai.

Biztonsági mechanizmusok az operációs rendszer szintjén

Kernel integritás, folyamatok izolációja, memória védelem. Felhasználóhitelesítés, jogosultságkezelés és hozzáférésvédelem módszereinek részletes tárgyalása, gyakorlati illusztráció Windows és Unix/Linux rendszerekből vett példákon keresztül.

Mobil platformok biztonsága 1 (Android)

Android platform biztonsági architektúrája, alkalmazás jogosultsági modellek, alkalmazások aláírása. Biztonságos boot folyamat és rendszerfrissítés. Eszközbiztonsági kérdések (pl. képernyő lezárás, háttértár titkosítás, fizikai kapcsolatok biztonsága).

Mobil platformok biztonsága 2 (iOS)

iOS platform biztonsági architektúrája, biztonságos boot folyamat és rendszerfrissítés. Külső fejlesztésű alkalmazások biztonsága, chain-of-trust. Integrált internet szolgáltatások biztonsága. Privacy problémák mobil környezetben.

Virtualizációs és konténer technológiák biztonsága

Virtualizáció alkalmazása felhő szolgáltatásokban, különböző szolgáltatás modellek (pl. SaaS, PaaS, IaaS) biztonsági kihívásai. Hardver virtualizáció fajtái és biztonsági kérdései, hypervisor-ok. Guest-to-guest, guest-to-host, és guest-to-hypervisor támadások virtualizált környezetben. Virtualizáció detekciója és a transzparenciát segítő módszerek. Konténertechnológiák és összehasonlításuk a virtualizációval biztonság szempontjából. Az OS által nyújtott, a konténerizációt támogató biztonsági mechanizmusok.

Biztonsági mechanizmusok a firmware szintjén

A firmware biztonság fontosságának motivációja, támadási példák. UEFI bootfolyamat és a biztonságos boot során alkalmazott mechanizmusok.

Fizikai támadások és bontásellenálló hardware modulok

A bontás-ellenállóság szintjei, a FIPS 140-2 szabvány. Támadás típusok bontás-ellenálló eszközök ellen: invasive és non-invasive támadások, side channel támadások, és API támadások. Intelligens chip kártyák és high-end hardver biztonsági modulok (HSM).

Hálózati behatolástesztelés (penetration testing, ethical hacking)

Tipikus támadás fázisai, az egyes fázisokban alkalmazott módszerek és eszközök, illusztratív példák. Hálózatok biztonsági tesztelése (penetration testing, ethical hacking).

Biztonsági mechanizmusok a hálózati infrastruktúra szintjén (pl. DNS, BGP)
A DNS rendszer működése, fenyegetettségei, támadási példák. A DNS biztonságának elérése DNSSEC-kel. BGP útvonalválasztó protokoll biztonsági problémái, azok következményei, lehetséges megoldásai. AS-en belüli útvonalválasztás biztonsági kérdései
VPN megoldások, Layer 2 szintű biztonság
Támadásoka a helyi hálózatban. Védekezési módszerek. Távoli hálózatok és hosztok biztonságos összekapcsolása a helyi hálózattal.
Tűzfalak
Határvédelem tűzfalakkal, tűzfalak típusai, működésük, tipikus konfigurációs beállítások, és tipikus hibák. Új generációs tűzfalak, alkalmazás detekció, tartalomszűrés. Néhány konkrét tűzfal termék bemutatása, illusztratív példák.
Behatolás detektáló és egyéb monitorozó rendszerek (IDS, IPS, SIEM, SOC, honeypot)
IPS/IDS rendszerek fajtái, működésük, konfigurációjuk. Biztonsági információk és események kezelését célzó integrált rendszerek (SIEM), security dashboard funkciók. Néhány konkrét IPS/IDS és SIEM termék bemutatása, illusztratív példák.
Hálózati forgalom rögzítése, logelemzés
Hálózati forgalom monitorozása és rögzítése. Hálózati logelemzés célja, elvi háttere és eszközei, konkrét logelemző megoldások bemutatása, illusztratív példák.
Biztonság speciális hálózatokban (ICS/SCADA, jármű CAN)
Kiberfizikai rendszerek biztonsága. Ipari irányítástechnikai rendszerek speciális biztonsági kihívásai és ajánlott megoldások. Járművek belső és egymás közötti kommunikációjának biztonsági specialitásai.

Számítógép- és hálózatbiztonság labor

Főspecializáció A2 labor
(BMEVIHIMB07, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a Számítógép- és hálózatbiztonság tantárgyban szerzett elméleti ismeretek és gyakorlati képességek elmélyítése laboratóriumi keretek között végzett konkrét gyakorlatok végrehajtásával.

2. A tantárgy tematikája
A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:
- Konténerek, virtuális gépek, hypervisor környezetek biztonsági beállításai
- Jogosultságkezelés (ACL, capability) Linux alapú operációs rendszereken
- Memóriában végzett digitális elemzés (memory forensics)
- Háttértár digitális elemzése (disk forensics)
- Rögzített hálózati forgalom és hálózati eszközök logjainak elemzése
- Tűzfal konfiguráció
- VPN konfiguráció
- Hálózatok és számítógépes rendszerek biztonsági tesztelése (penetration testing)
- Internet of Things (IoT) rendszerek biztonsága

Kriptográfiai protokollok

Főspecializáció B tantárgy
(BMEVIHIMB08, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy
(i) bemutassa az alapvető kriptográfiai algoritmusok és protokollok működését és tulajdonságait,
(ii) megismertesse a hallgatókkal a különböző alkalmazásokban felmerülő, kriptográfiai módszerekkel megoldható problémákat,

(iii) bemutassa a problémák megoldására használt kriptográfiai protokollok elveit és gyakorlati megvalósításait, és

(iv) az ismertetett protokollok részletes analízisén, valamint a gyakorlatokon és házi feladatokon keresztül betekintést nyújtson a kriptográfiai protokollok tervezési és implementációs kérdéseibe.

2. A tantárgy tematikája

Folyamrejtjelezők: működési elv, tulajdonságok, példák (one-time pad, Salsa20), egyszerűbb folyamrejtjelezők feltörése

Blokkrejtjelezők és blokkrejtjelezési módok: működési elv, tulajdonságok, példák (DES, AES), többszörös rejtjelezés és a középen találkozás (meet-in-the-middle) támadás, klasszikus (ECB, CBC, CTR, stb.) és hitelesített blokkrejtjelezési módok (CCM, GCM)

Különböző blokkrejtjelezési módok elleni támadások: padding orákulum támadás (CBC esetén), kis méretű blokkok problémája (CBC, CFB esetén), egyéb támadások

Kriptográfiai hash- és MAC függvények: működési elv, tulajdonságok, példák (SHA-2 és SHA-3, HMAC, CBC-MAC, CMAC), hash- és MAC függvények elleni támadások (pl. születésnapi paradoxon, meet-in-the-middle, naív MAC konstrukciók támadása)

Publikus kulcsú kriptográfiai algoritmusok (RSA, ECC): a publikus kulcsú rejtjelezés és digitális aláírás működési elve, tulajdonságai, példák (RSA, ElGamal, ECC), kapcsolódó nehéz matematikai problémák, a tankönyvi RSA támadása, PKCS#1 formázás

Publikus kulcsú kriptográfiai algoritmusok (poszt-kvantum sémák): kódolás (McElice) és lattice (pl. NTRU) rejtjelezési sémák működési elve és tulajdonságai, kapcsolódó nehéz matematikai problémák, poszt-kvantum digitális aláírás sémák

TLS Record protokoll: működés és támadások (pl. padding orákulum támadás, BEAST, BREACH, CRIME stb.)

Kulcscsere protokollok: célok, támadási modell, kulcsszállító és kulcs-megegyezés protokollok, a kulcsfrissesség biztosítása időbélyeggel és nem-megjósolható véletlen számokkal, perfect forward secrecy tulajdonság, példák protokollokra és protokollok elleni támadásokra

Kulcsmenedzsment: kulcsok generálása és származtatása, álvéletlen generátorok működési elvei és tulajdonságai, kulcsszármaztatás nagy entrópiájú inputból (HKDF) és jelszóból (PBKDF2, scrypt, Argon2), tanúsítványok kezelése és a PKI alapelvei

TLS Handshake protokoll: működés és támadások (pl. version rollback, POODLE, LogJam)

Kriptográfiai protokollok WiFi hálózatokban: WEP, WPA, és WPA2 protokollok működése és támadása (pl. ChopChop, KRACK)

Háttértár-rejtjelezés és biztonságos felhő alapú adattárolás: full disk encryption (FDE) motivációja, kihívásai, és FDE-re alkalmas blokkrejtjelezési módok működése, tulajdonságai, a felhő alapú biztonságos adattárolás követelményei, létező megoldások, példák (pl. Tresorit)

Kriptovaluta rendszerekben használt kriptográfiai protokollok: blockchain és smart contract alapelvek, elektronikus fizetőeszközzel szemben támasztott követelmények, példák kriptovaluta rendszerekre (pl. BitCoin, Zcash)

További alkalmazási példák (pl. IPsec, secure messaging, kriptográfiai protokollok erőforrás korlátozott beágyazott rendszerekben, programkód aláírás stb.)

V.3.4 Szoftverfejlesztés (AUT)

1. A specializáció megnevezése: Szoftverfejlesztés
(Software Engineering)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: AUT
4. Oktató tanszékek: AUT, IIT, MIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Lengyel László egyetemi tanár (AUT)

6. A specializáció célkitűzése:
A Szoftverfejlesztés főspecializáció célja, hogy megismertesse a hallgatókat az élenjáró nemzetközi iskolák képviselte szoftvertechnikákkal, eszközökkel, architektúrákkal, tervezési módszerekkel, szakterületi nyelvekkel, üzleti intelligencia megoldásokkal, valamint a skálázható alkalmazások fejlesztési gyakorlatával, melyek az információs rendszerek tervezéséhez, megvalósításához, integrációjához, dokumentálásához, teszteléséhez és karbantartásához szükségesek. A specializáció központi elemei a teljes szoftvertermékek kialakításához szükséges módszertani, adatkezelési, integrációs, üzleti logikát megvalósító technikák, valamint a felhasználói felületek kialakításának módszerei. Ide tartoznak a felhő-alapú architektúrák és szolgáltatások, a fullstack megvalósítások és a fejlesztési folyamatokat, valamint az üzemeltetést támogató DevOps gyakorlatok és eszközök. A specializáció a szoftverrendszerek széles spektrumát fedi le, a tantárgyak keretében elsajátított ismeretek elmélyítését a különböző témakörökhöz kapcsolódó esettanulmányok és laborok segítik.
Megszerezhető kompetenciák:

- Korszerű szoftverfejlesztési elvek, módszerek és technikák
- Kliens és szerver oldali alkalmazásfejlesztés (architektúrák, folyamatok)
- Adatvezérelt alkalmazások
- Adatkezelési és megjelenítési technikák
- Szakterületi nyelvek, szoftvermodellezés
- Korszerű szöveges és vizuális nyelvek
- Üzleti intelligencia eszközök
- Skálázható alkalmazások fejlesztése

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Modellalapú szoftverfejlesztés	A1 tantárgy	BMEVIAUMA22
Modellalapú szoftverfejlesztés labor	A1 labor	BMEVIAUMA23
Üzleti intelligencia	A2 tantárgy	BMEVIAUMA24
Üzleti intelligencia labor	A2 labor	BMEVIAUMB09
Szoftverfejlesztés az iparban	B tantárgy	BMEVIAUMB10
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Modellalapú szoftverfejlesztés

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVIAUMA22, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a hallgatók megismerjék a modellvezérelt szoftverfejlesztés alapjait, ideértve a szakterületi nyelvek fogalmát, a szöveges, ill. grafikus nyelvek kialakítása során vizsgálandó szempontokat, a követendő lépéseket, a szakterületi nyelvek bevezetéséhez kapcsolódó feladatokat, valamint a nyelvek karbantartásának kérdéseit. A tantárgy elvégzésével a hallgatók átlátják és alkalmazni tudják a modellfeldolgozás eltérő lehetőségeit szoftvermodellek feldolgozására és különböző szoftvertermékek (forráskód, konfigurációs fájl, egyéb) generálására.

2. A tantárgy tematikája

A modellvezérelt fejlesztés, a szakterületi modellezés használata. A szakterületi nyelvek jellemzői, felhasználásuk, példák. A nyelvtervezés folyamatának és a modellek feldolgozásának bemutatása.

Szöveges nyelvek/modellek feldolgozása, a fordítóprogramok felépítése. A szöveges nyelvek csoportosítási lehetőségei. Interpreterek működése és jellemzői. Projekciós editorok.

A lexikai elemzés alapfogalmai és lépései, reguláris kifejezések, tokenizáció. A szintaktikai elemzés alapjai, levezetési fa, konkrét és absztrakt szintaxisfa. Környezetfüggetlen nyelvtanok.

Szintaktikai elemzés: egyértelműség fogalma, balrekurzió, top-down parsing (BFS, DFS), LL(1) elemzés. A jobbelemzés sajátosságai.

A szemantikai elemzés feladatai: szimbólumtáblák kialakítása és kezelése, típusrendszer, statikus és dinamikus típuselemzés. Attribútumnyelvtanok.

Az optimalizáció feladata. Az alapblokk feladata, az optimalizáció szintjei. Transzformáció, Static Single Assignment (SSA), gráfreprezentáció, fi-függvény, optimalizálási technikák.

A kódgenerálás technikái. Nyelvek közti átjárhatóság, az IL nyelv. Kódobfuszkáció.

Modellezés metamodell alapon, a metamodellezés alapjai. Az UML kiterjesztési lehetőségei, UML Profile. Modellezés Blockly alapon. MOF és Eclipse-Modeling Framework (EMF). Kényszerek a modellekben, OCL.

Konkrét és absztrakt szintaxis fogalma. Szöveges és grafikus nyelvek konkrét szintaxisa. Modellek szemantikája.

Modellek feldolgozása, feldolgozási módszerek csoportosítása. Modelltranszformációk.

Modellek transzformációja, gráftranszformációk.

Modell-alapú fejlesztések. A kiterjeszthetőség támogatása: generatív és generikus programozás sajátosságai, Termékcsaládok támogatása: feature modeling. Multiplatform fejlesztések: MDA. Modell szimuláció

Kitekintés: modellezés/DSL fejlesztés a nagyvilágban/aktuális kihívások

Modellalapú szoftverfejlesztés labor

Főspecializáció A1 labor

(BMEVIAUMA23, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók a modellalapú szoftverfejlesztés témakörében megszerzett elméleti tudást a gyakorlatban is megtanulják alkalmazni.

2. A tantárgy tematikája

A hallgatók egy szakterületi nyelv, valamint az abból készíthető modellek kialakításának és feldolgozásának folyamatát veszik végig. A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:

- A szakterület megismerése, az EMF-alapú metamodell kialakítása
- Xtext alapú szövegszerkesztő készítése a metamodellhez 1
- Xtext alapú szövegszerkesztő készítése a metamodellhez 2
- Feladatbemutatás: Xtext
- Modellfeldolgozás gráftranszformáció segítségével 1
- Modellfeldolgozás gráftranszformáció segítségével 2
- Feladatbemutatás: Gráftranszformáció
- Kiegészítő modulok, Blockly
- Kiegészítő modulok, ANTLR
- Feladatbemutatás: Modulok

Üzleti intelligencia

Főspecializáció A2 tantárgy

(BMEVIAUMA24, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók olyan versenyképes tudásra tegyenek szert, melyre folyamatos igény van az ipar részéről: modern adattárház építése, üzleti intelligencia rendszer tervezése, adattovábbítás, riportok, jelentések készítése, grafikonok, dashboardok (vezérlőpultok) fejlesztése, adatvizualizáció, adatok földrajzi elemzése és megjelenítése, KPI-k feltárása és alkalmazása, illetve churn és csalásdetektálás.

2. A tantárgy tematikája

Az előadás kertében az üzleti intelligenciához tartozó alapfogalmak kerülnek ismertetésre. Ismertetésre kerül továbbá az adattárházak, adatpiacok és döntéstámogatási folyamatok fogalma alkalmazott informatikai szemszögből.

Bemutatásra kerül az üzleti intelligencia rendszerek kiépítési folyamata, az architektúra és a komponensek szempontjából. Ezt követően áttekintésre kerülnek a napjainkban elérhető modern üzleti intelligencia rendszerek, illetve azok alkalmazási területei.

Az előadás keretin belül a modern adattárolási technikák kerülnek bemutatásra alkalmazási területek szempontjából. Kitérünk a Relációs és NoSQL megoldásokra (Mongodb, Redis, Elasticsearch), az adattárházakra, valamint a tipikus adat rétegekre alkalmazás példákon keresztül. Bemutatjuk, hogyan támogathatók a különféle kliensek. Szövegfeldolgozási problémákhoz bemutatásra kerül az Elasticsearch adatbázis és analízis képességei, valamint a gyors aggregációs képessége.

Ismertetésre kerülnek az alkalmazás készítés során gyakran szükséges ETL/ELT folyamatok, illetve bemutatjuk a folyamat létrehozási és testreszabás lehetőségeket. Ezt követően a gyakran előforduló adatgyűjtési, adattisztítási folyamatok, valamint a normalizálás, diszkretizáció és KPI kiválasztás kerül bemutatásra.

Az előadás keretében a komplex esemény feldolgozás kerül ismertetésre, valamint bemutatjuk a több adatforrás összekapcsolási lehetőségeket és a komplex esemény felismerést beléértve a csalás detektálás módszereit alkalmazott lehetőségek szemszögéből. Az előadás során olyan adatforrásokat vizsgálunk meg, mint a mobil kliensek, webes felületek, beágyazott rendszerek és asztali alkalmazások.

Az előadás során az adat vizualizáció klasszikus és modern (reszponzív) lehetőségei kerülnek ismertetésre. Emellett bemutatásra kerülnek a megjelenítési lehetőségek, a testre szabható reportok/dashboard-ok, valamint a szűrési, beágyazhatósági és ütemezési lehetőségek. Az előadás célja, hogy áttekintse az adat megjelenítési lehetőségeket alkalmazott szoftverfejlesztési szempontokból. Az Elasticsearch platformhoz kapcsolódóan bemutatásra kerül a Kibana vizualizációs eszköz.

Az előadás során a már bemutatott technikák és alkalmazási területek szemszögéből mélyebben összehasonlításra kerülnek a különböző modern, gyakran alkalmazott üzleti intelligencia megoldások. Kitérünk az előnyök és hátrányok bemutatására, illetve az integrációs lehetőségekre.

A legtöbb üzleti intelligencia rendszer biztosít egyfajta SDK-t (Software Development Kit), mely lehetőséget nyújt a megoldások kiterjesztésére és testreszabására. Az előadás keretein belül ezen SDK-kat tekintjük át és gyakorlati példákon keresztül mutatjuk be azok szerepét.

Ezen alkalom során az alapvető és gyakran használt statisztikai szoftverek kerülnek bemutatásra, kitérve azok alkalmazási és integrációs lehetőségre. Emellett az előadás kereteiben az idősoros adatok és idősoros elemzés felhasználási és alkalmazási lehetőségei is ismertetésre kerülnek. Bemutatjuk az adatbányászat alapvető problémáit, illetve a népszerű Pandas & Jupyter szoftverkörnyezetet az „adattudós” („data scientist”) eszköztárát.

Bemutatásra kerülnek a gyakran használt és alkalmazott BigData alapfogalmak és szoftveres eszközök. Az előadás keretein belül ismertetésre kerülnek azon alkalmazási területek, ahol elengedhetetlen BigData megoldások megvalósítása rávezetve a BigData rendszerek szükségességére.

Az előadás keretin belül a Hadoop rendszer kerül bemutatásra alkalmazási és felhasználói terület szempontjából. Bevezetjük a Hadoophoz kapcsolódó alapfogalmakat, valamint a már bevált és gyakran

alkalmazott kiegészítő technológiákat, mint például a Hive és az Impala. Szintén az előadás célja a Hadoop fejlesztés alapjainak bemutatása az API-n keresztül.

Ismertetjük a Hadoop gyakorlati felhasználhatóságának lehetőségeit esettanulmányokon keresztül. Részletezzük az adat betöltés, tárolás és megjelenítési lehetőségeket, a különféle adatkezelési elveket, az adatok elérhetővé tételét, valamint a kliensekkel való együttműködést. Emellett kitérünk a mobil eszközök támogatásának kérdéskörére is.

Az előadás során áttekintést adunk a felhő szolgáltatások képességeiről BigData szempontból. Ismertetjük a gyakran alkalmazott felhő alapú megoldásokat és több BigData megoldást támogató felhő szolgáltatást összehasonlítunk alkalmazott informatikai szempontok mentén.

Az előadás célja a bemutatott elméleti eszközök és fogalmak alkalmazása esettanulmányok vizsgálata segítségével. Az alkalom során több megoldás kerül bemutatásra és elemezzük azok előnyeit, hátrányait és továbbfejlesztési lehetőségeit.

Üzleti intelligencia labor

Főspecializáció A2 labor

(BMEVIAUMB09, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A labor célja, hogy laborfeladatok formájában lehetőséget biztosítson az Üzleti intelligencia tantárgyakban ismertetett területek kipróbálására és gyakorlati elsajátítására.

2. A tantárgy tematikája

A tantárgyból 3 számítógépes labort (4x45p) kell elvégezni és egy (önálló) projektfeladatot kell megoldani.

A laborok tematikája a következő:

- Open Source BI eszközök használata, adatbetöltés, reporting
- MSSQL alapú üzleti intelligencia megoldás fejlesztése, PowerBI a gyakorlatban
- Adatelemzés, statisztikai és adatbányászati eszközök használata

A projektfeladat témája:

- Saját BI megoldás fejlesztése: adatforrás(ok) bekötése, ETL folyamatok építése, reportok és döntéselőkészítő KPI-k megjelenítése és számítása

Szoftverfejlesztés az iparban

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVIAUMB10, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy összefoglalja a szoftverfejlesztési módszertanokat, azok alkalmazási lehetőségeit és feltételeit, a tervezési és fejlesztés módszerek által igényelt és előnyben részesített gyakorlatokat és eszközöket. Az alapképzésben tanult kompetenciákra építve a tantárgy integrálja a technikai aspektusokat az üzleti megközelítésekkel. Bemutatja a szoftverprojektekhez kapcsolódó menedzsment módszereket és eszközöket, üzleti folyamatokat. Tárgyalja a szoftver alapú szolgáltatások és termékek kidolgozásának lépéseit, a termék- és szolgáltatásmenedzser szerepét. Bemutatásra kerülnek a szoftverfejlesztés és IT üzemeltetés tevékenységek, szerepkörök és feladataik. A tantárgy ismerteti, hogy mit tud egy szoftver architekt, hogyan lesz valaki architekt, milyen feladatai vannak.

Ismertetésre kerül a szoftvercégek sajátossága, fejlesztése és működtetése, a szoftvercégek szervezeti felépítése, a megrendelővel történő tárgyalási, az árképzési módszerek, szoftveres projektek szerződéskötési kérdései, a szoftvercégek exit kérdése.

Cél, hogy a tantárgy elvégzésével a hallgatók átfogó rálátással rendelkezzenek a szoftveri ipar működésére, a szoftver projektek szervezési és menedzselési kérdéseiben, a szoftver cégek működtetésére, valamint több kiemelt szoftveres szerepkör részleteire, mint amilyen a szoftver architekt és a termékmenedzser.

2. A tantárgy tematikája

Ismétlés és összefoglalás
- Szoftverfejlesztési módszertanok
- Agilis fejlesztési módszerek

Szoftverprojekt-menedzsment
- Üzleti folyamatok, üzleti modellezés, üzleti becslés
- Szoftverprojekt-menedzsment módszerek és eszközök, projekt életciklus, folyamatok, időkeretek, erőforrások, stratégia és szervezeti formák
- Szolgáltatások és alkalmazások kidolgozásának és bevezetésének szempontjai és módszere: hogyan építsünk fel egy terméket/szolgáltatást, hogyan vigyük piacra, innováció menedzser, mint termékmenedzser szerepe, tudás-készség-attitűd mátrix

Szoftverfejlesztés és IT üzemeltetés, kooperáció a fejlesztő és IT csapatok között
- Verziókezelés, Continuous Integration/Deployment/Monitoring/Testing/Delivery/Business Planning
- Hogyan monitorozzuk a szoftver előre haladását
- Szerepkörök és feladataik: product owner, process manager, process stakeholder, IT securuty professional, project manager, software engineer, IT engineer, release manager, software tester
- Software engineer (szoftver architekt)
- Mit tud egy szoftver architekt, hogyan lesz valaki architekt, milyen feladatai vannak, tudás-készség-attitűd mátrix
- Hogyan becsüljünk egy szoftver rendszert
- Clean Code

Szoftver cégek
- Mit csinál egy szoftveres cég: konzultál, tervez, fejleszt, üzemeltet, optimalizál
- Hogyan tárgyalunk a megrendelővel, hogyan egyeztetjük az árat
- Szerződéskötés
- Szoftver cégek kezelési módjai, szoftver cégek építése, szervezete, szoftver cégek mindennapjai, exit kérdései

NoSQL adatbázisok, adatvezérelt alkalmazások architektúrái

Kliens oldali technikák és megoldások

V.3.5 Vizuális informatika főspecializáció (IIT)

1. A specializáció megnevezése: Vizuális informatika
(Visual Informatics)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: IIT
4. Oktató tanszékek: IIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Szirmay-Kalos László egyetemi tanár (IIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A specializáció célja a hallgatók felkészítése grafikus információkat feldolgozó és előállító, interaktív szoftverek fejlesztésére, az ehhez szükséges elméleti alapok és programozási ismeretek átadása. A megcélzott alkalmazási területek magukban foglalják a mérnöki tervezőrendszereket, a digitális alakzatrekonstrukciót, orvosi diagnosztikai programokat, web-es és mobil alkalmazásokat, számítógépes játékokat, gépi látással vezérelt automóm járműveket és mesterséges intelligenciát, valamint a szimulációs eszközöket is.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Képszintézis	A1 tantárgy	BMEVIIIMA23
Játékfejlesztés labor	A1 labor	BMEVIIIMA24
3D számítógépes geometria és alakzatrekonstrukció	A2 tantárgy	BMEVIIIMA25
GPU programozás és párhuzamos rendszerek labor	A2 labor	BMEVIIIMB09
Deep-learning a vizuális informatikában	B tantárgy	BMEVIIIMB10
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Képszintézis

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVIIIMA23, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy a 3D virtuális világok fizikai alapú képszintézisének eljárásait tárgyalja. A hallgatók megismerik a számítógépes grafika vizuális informatikában használt korszerű megoldásait és az azokat támogató hardvereszközök működését, anélkül, hogy összetett szoftver-rendszereket vagy alacsony szintű programozási felületeket kellene használniuk.

2. A tantárgy tematikája
A grafikus hardver felépítése, az inkrementális csővezeték lépései, programozható egységek. Modern grafikus API felépítése és használata (geometria-definíció, shaderprogramok, a csővezeték állapottere), shader nyelvek.
Textúrák. Textúra-koordináták. Textúra-formátumok. Szűrés. Mipmapelés. Plakátok (billboards). Plakátfelhők. Keverés (blending) és átlátszóság.
A fény jellemzői, fluxus, sugársűrűség, spektrum. Árnyalási egyenlet felületeken. BRDF. Absztrakt fényforrások.
Kockatextúrák (cube textures) és a környezeti leképezés (environment mapping). Az ideális tükör felületi fényvisszaverődési modell. Microfacet model, fizikai alapú rendering.
Többmenetes (multi-pass) képalkotás. A lokalitás problémája. A rajzolási célpont (render target) fogalma. MRT (multiple render target, több párhuzamos rajzolási célpont). Késleltetett árnyalás (deferred shading). Portálok. Imposztorok. Gömbplakátok (spherical billboards).
Egyszerű képfeldolgozási műveletek (fényesség-transzformáció, küszöbözés, konvolúcióalapú szűrések, élkeresés)

Sugárkövetés. Sugáregyenlet. Implicit egyenletek. Metszésszámítás. Gyorsító struktúrák. RTX. OptiX.
Implicit felületmodell, távolságfüggvény-reprezentáció, gömbkövetés. Kvadratikus felületek. Területi fényforrások, árnyékok, ideális visszaverődés.
Monte-Carlo szimuláció és térfogat-vizualizációs módszerek: Fényterjedési jelenségek szimulációja és a szimuláció eredményének megjelenítése.
Fényútkövetés. BRDF-mintavételezés. Orosz rulett. Kétirányú fényútkövetés.
Árnyalási egyenlet fényelnyelő anyagokban. Hatáskeresztmetszet.
Radiosity. Fotontérkép-módszer. Virtuális fényforrások módszere. Metropolis Light Transport.

Játékfejlesztés labor

Főspecializáció A1 labor
(BMEVIIIMA24, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgató legyen képes akár önállóan egy játékmotor, illetve erre épülő játék összeállítására, illetve ismerje ezek felépítését és működését, hogy programozóként tudjon dolgozni velük. Ismerje meg a megjelenítés, animáció és vezérlés módszereit. Legyen képes a grafikus kártyákon, illetve konzol környezetben a mai játékokban jellemző látványhatások megvalósítására, ilyen területen fejlesztői és kutatói feladatok megoldására. A laboratórium keretein belül betekintést nyerünk a Unity motor használatába is.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető
A bevezetés során teszünk egy rövid játéktörténeti áttekintést, megismerkedünk a játékfejlesztés szereplőivel és feladataikkal. Teszünk egy számítógépes grafikai áttekintést is, hogy minden a tantárgyhoz feltétlenül szükséges alaptudást érintsünk.
Játékmotorok alapjai:
A jatékmotorok működése, a játékhurok. Objektumorientált és komponens-alapú megközelítések összehasonlítása egy egyszerű 2D játék példáján.
Unity – Bevezetés, fizika
A Unity játékmotor alapjai. Unity project és assetek. Szkriptelés és eseménykezelés. Objektumok, fényforrások, kamerák kezelése. Program publikálása. Fizika.
Unity – Karakter animáció és fizika (2D):
2D sprite animációja és irányítása. Háttér. Talaj és emeletek. Fizikai anyagjellemzők. 2D karakter fizika.
Unity – Karakter animáció és fizika (3D)
3D modell animációja és irányítása. Karakter importálása. Rigging. Animációk és mozgások hozzáadása. Controllerek. 3D karakter fizika, ragdoll. Inverz kinematika.
Unity – Mesterséges intelligencia és navigáció
AI a játékokban. Játék AI architektúrák: állapotgép, behavior tree, planner, neurális háló. Navigáció: mesh és agent. Akadályok.
Unity – Árnyalás I. (Anyagok, megvilágítás)
3D árnyalás és grafikus csővezeték áttekintése. Unity árnyalási modell. Fényforrások. Unity materialok.
Unity – Árnyalás II. (Shaderek)
Többmenetes renderelés. Unity shader programok. Environment mapping. Nem-fotorealisztikus renderelés, kontúr-rajzolás.
Unity – Utófeldolgozás
Képtérben történő utófeldolgozás. Színkorrekció. Képfeldolgozási módszerek, konvolúciós szűrők. Mélység-alapú effektek.
Unity – Leképezések
Bump mapping, displacement mapping. Ambient occlusion. Shadow maps.

Unity – Plakátok, részecskerendszerek
Plakátok, fák, árnyékok. Részecskerendszerek, robbanások, ütközések, animált textúrák.
Unity – Multimédia
Hangok, hang-effektek, szkriptelés. Unity keverő. Videók, videó-textúrák.
Unity – Hálózati játékok
Unity hálózati API. Kliens-szerver architektúra. Hálózati játékosok kezelése. Szinkronizáció. Távoli műveletek.

3D számítógépes geometria és alakzatrekonstrukció

Főspecializáció A2 tantárgy
(BMEVIIIMA25, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy háromdimenziós pontfelhők, poligonhálók, görbék és felületek, valamint szilárd testek számítógépes reprezentációjával, legfontosabb algoritmusaival és ezek alkalmazásával foglalkozik. Az elméleti alapok mellett, a tudásanyag jól hasznosítható 3D-s számítógépes szoftver rendszerek fejlesztése és integrálása során, az alábbi területeken: számítógéppel segített tervezés, műszaki informatika, digitális alakzatrekonstrukció, 3D nyomtatás, virtuális valóság létrehozása.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés; vektorműveletek és lineáris algebra alapismeretek; implicit és parametrikus görbék elemi differenciálgeometriája
Felületek differenciálgeometriája; az implicit és parametrikus reprezentáció összehasonlítása
Háromszöghálók létrehozása 2D-ben: Voronoi diagram, Delaunay háromszögelés; háromszöghálók létrehozása 3D-ben nagyméretű pontfelhők alapján; implicit és parametrikus felületek háromszögelése
Háromszöghálók egyszerűsítése; progresszív háromszöghálók; normál vektorok és görbületek becslése; háromszöghálók simítása
Háromszögháló algoritmusok számítógépes implementációja, a tantárgy grafikus keretrendszerének bemutatása (Gyakorlat)
Az OpenMesh könyvtár, komplex operációk háromszöghálókkal, háromszöghálók megjelenítése és grafikus kiértékelése; ismerkedés a Paraview rendszerrel (Gyakorlat)
Polinomiális interpoláció; Bernstein polinomok; Bézier görbék és tulajdonságaik; egyszerű algoritmusok; Bézier felületek és tulajdonságaik
B-spline görbék, csomópontok és bázisfüggvények; poláris forma; kontroll poligonok; egyszerű algoritmusok; tulajdonságok; B-spline felületek és tulajdonságaik
Interpoláló felületek: Coons (transzfinit) felületek; általános n-oldalú felület reprezentációk; Demó: Görbeháló alapú formatervezés (Sketches rendszer)
Rekurzív felosztásos felületek
Tömör testek modellezése, procedurális (CSG) és kiértékelt (B-rep) reprezentáció, regularizált halmazműveletek, lokális műveletek, kényszerek
Topológiai kényszerek, az Euler-Poincaré egyenlet, Euler operációk. Demó: tömör testek parametrikus modellezése (Shapr3D rendszer)
Görbe és felület algoritmusok számítógépes implementációja I. (Gyakorlat)
Görbe és felület algoritmusok számítógépes implementációja II. (Gyakorlat)
Interpoláció B-spline görbékkel, hallgatói előadások
Sűrű ponthalmazok közelítése szabadformájú görbék és felületek segítségével; paraméterezés, paraméter korrekció.
A digitális alakzatrekonstrukció célja és folyamata; 3D-s méréstechnika
3D-s poligonhálók szegmentálása, indikátorok, tartománynövesztés, direkt szegmentáció, Morse szegmentáció
Rekonstruált modellek tökéletesítése kényszerek alapján
3D nyomtatás és additív megmunkáló eljárások, Demo 3D nyomtatás élőben (a Formlabs rendszer)
Parametrikus felületek simítása (fairing). Demó: Digitális alakzatrekonstrukció a gyakorlatban (Geomagic Studio rendszer)

GPU programozás és párhuzamos rendszerek labor

Főspecializáció A2 labor

(BMEVIIIMB09, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja CUDA és kisebb részben a Vulkan környezet alkalmazásának megtanítása a vizuális informatikához kapcsolódó gyakorlati problémákon keresztül. Az architektúra és az azon hatékonyan végrehajtható párhuzamos alap- és összetettebb műveletek megismerése után az alacsony szintű erőforráskezelés és a legújabb GPU-képességek kihasználásával legyenek képesek a hallgatók szimulációs és megjelenítési feladatok megoldására.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés a CUDA keretrendszer használatába: CUDA virtuális gép platform, memória és program modellje. A párhuzamos programok végrehajtási sémája. A CUDA C/C++ nyelv bemutatása. Vektorfeldolgozás a GPU-n, szóró és gyűjtő típusú algoritmusok.

Párhuzamos primitívek megvalósítása CUDA platformon. Párhuzamos rendezések. Radix-rendezés.

Optimalizációs technikák CUDA környezetben. A párhuzamos programok skálázódási kérdései, magas szintű optimalizációs technikák. Memóriasávszélesség elméleti és effektív értékének meghatározása, a rendelkezésre álló memóriasávszélesség optimális kihasználása. Kódszervezési kérdések vizsgálata. CUDA programok teljesítményének mérése és hibakeresés NVidia NSight segítségével.

Position-Based Dynamics. Ruhaszimuláció. Ütközésdetektálás.

Hajszimuláció. Sorrendfüggetlen átlátszóság (OIT). Anti-aliasing. Előszűrés és utószűrés (FSAA vagyis full-screen anti-aliasing).

Strain-Based Dynamics. Lágy testek szimulációja.

Folyadékszimuláció a GPU-n: A Navier-Stokes egyenletek valós idejű megoldása 2D és 3D rácson.

Folyadékszimuláció a GPU-n részecske alapon. Smoothed Particle Hydrodynamics. Az összenyomhatatlanság biztosítása. Position Based Fluids.

Modern alacsony szintű grafikus API (Vulkan). Pipeline, memóriakezelés, diszkriptorok, szinkronizáció.

Fényforráskezelés és árnyékok. Mélység-térképek létrehozása és használata. Takarás-szűrés (percentage closer filtering). Lágy árnyékok (soft shadow).

Magasságmező, terepgenerálás, tesszellátor. Részletességi szintek. Folytonos LOD. Mesh shader.

Illusztratív képszintézis. Geometria-alapú kontúrrajzolás. Vonalkázás, Tonal Art Maps.

Deep-learning a vizuális informatikában

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVIIIMB10, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a GPU alapú deep learning technikák alkalmazásának bemutatása a vizuális informatika területén (gépi látás, alakzatfelismerés, textúra és optikai modell szintézis, zajszűrés, szuperfelbontás, tomográfia), megismertetve a hallgatókat a képi információfeldolgozás, valamint a látás alapú robotika feladataival, és ezekre a feladatokra a mélytanulás alkalmazásával.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés a számítógépes látásba, alapfeladatok, nehézségek. Képfeldolgozás matematikai alapjai: konvolúció, Fourier transzformáció, szűrés frekvencia tartományban.

Tanuló látás, mérőszámok. Lineáris osztályozás, költségfüggvények, optimalizálási módszerek. Neurális hálózatok alapjai: moduláris backpropagation, többrétegű neurális hálók.

Konvolúciós neurális hálók, Gépi látásban gyakran használt háló architektúrák. Tanuló látás gyakorlati problémái és praktikái.

Deep Learning a gyakorlatban, Konvergencia biztosítása, overfitting elkerülése. Hiperparaméterek keresése, modelltömörítés, ritkítás és együttesek.

Szegmentálás típusai, szemantikus szegmentáló módszerek, U-Net, felskálázási technikák. ASPP és CRF kiegészítések. Adatbázisok, mérőszámok, alkalmazás autonóm járművekben, szimulációs megoldások

Detektáló architektúrák, R-CNN variánsok, YOLO. Fontos metrikák és adatbázisok, anchor-alapú és anchor nélküli megoldások. Mask- és egyéb R-CNN kiegészítések. Önjáró autók vizuális intelligenciája és szenzorai, vezetéshez releváns objektumok felismerése

Videoanalitika, események detektálása videókon, vezető segítő rendszerek. Figyelem típusok: térbeli és csatorna figyelem, ön-figyelem, vizuális transzformerek.

Deep Learning 3D-ben, térbeli struktúrák reprezentációja: voxel, pontfelhő, mesh. Volumetrikus hálók, kd-hálók, ponthálók, mesh-hálók. Többnézetű alkalmazások

Konvolúciós hálók vizualizációja. Textúra generálás, képgenerálás. Fekete-fehér képek színezése, stílus és domain transzfer konvolúciós hálókkal.

Vizuális intelligencia megerősítéses tanulás segítségével, DQN, REINFORCE, Actor-Critic. Számítógépes játékok ágenseinek létrehozása, kemény vizuális figyelem.

Felügyelt tanulás hátrányai és limitációi, kevés adatból történő tanulás lehetőségei: sim2real, few-shot. Kompakt reprezentációk tanulása, önfelügyelt technikák: hiányzó képrészletek kipótlása, objektumok eltüntetése.

Neurális renderelés: a klasszikus számítógépes grafika technikáinak ötvözése mély generatív hálókkal szabályozható és fotorealisztikus képek előállításáért. Differenciálható renderelés: 3D színtérinformációk integrálása a háló tanításába.

V.3.6 Főspecializációk kötelezően választható (C-típusú) tantárgyai

A szakmai törzsanyagot képező főspecializációk részét képezik az ún. C típusú tantárgyak, melyek közül egyet – a főspecializációjától függetlenül – minden hallgatónak teljesítenie kell. Ez a tantárgy egy adott tantárgylistából választható (ún. kötelezően választható típus), a tantárgyak vagy a tavaszi, vagy az őszi félévekben kerülnek meghirdetésre. A tantárgyak valamennyi főspecializáció számára a következők:

Tantárgy neve	Meghirdető tanszék	Tantárgykód	Meghirdetés féléve
Skálázható szoftverek	AUT	BMEVIAUMB11	őszi
A gépi tanulás biztonsága	HIT	BMEVIHIMB09	tavaszi
Vizualizáció és orvosi képalkotás	IIT	BMEVIIIMB11	őszi
Megbízható mesterséges intelligencia és adatelemzés	MIT	BMEVIMIMB10	tavaszi
Adatszerkezetek és algoritmusok	SZIT	BMEVISZMB02	tavaszi
IoT - Tárgyak internete	TMIT	BMEVITMMB13	őszi

Skálázható szoftverek

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIAUMB11, őszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgató megismerkedik a horizontálisan skálázható szoftverfejlesztés kihívásaival, mintáival, tervezési megközelítésivel, telepítési megoldásaival, architektúrális döntéseivel. A tantárgy fókuszba helyezi azokat az architektúrális mintákat, amelyek követése segíti a jó teljesítménnyel működő skálázható szoftverek készítését: mikroszolgáltatások, serverless megoldások, MSA patternek. A tantárgy áttekinti az ezen minták alkalmazását támogató szoftverplatformokat, illetve felhőszolgáltatásokat. A hallgató így gyakorlatot szerez skálázható szoftverek fejlesztésében mind felhőbeli mind felhőtől független környezetben.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, skálázható szoftverek kihívásai, monolitikus és mikroszolgáltatások architektúra bemutatása, teljesítményproblémák, szűk keresztmetszetek (esettanulmányok)

Konténer alapú szoftverfejlesztés alapjai, Docker alapvető működése, Docker-konténerek felépítése, Dockerfile írása, docker CLI használata. Konténer-kompatibilis szoftverfejlesztői környezetek.

Orkesztrációs technológiák, több komponens futtatása konténer alapokon, Docker-compose fájlok és használatuk. A Kubernetes platform alapjai, alkalmazás telepítése Kubernetes platformra, Podok és Deploymentek használata, DaemonSet, Ingress, CronJob használata.

Állapotkezelés elosztott környezetben, adattárolási architektúrák. Tranzakciókezelés elosztott környezetben, „eventually consistent” modell.

Naplózás és alkalmazás monitorozás elosztott rendszerekben, „health check”-ek implementálása. Kérések nyomkövetése szolgáltatások között, OpenTracing szabvány-alapú rendszerek. Teljesítménymérés, szűk keresztmetszetek azonosítása.

Mikroszolgáltatások közötti kommunikáció HTTP és message queue alapon; alternatív kommunikációs protokollok (pl. protobuf). Üzenetvesztés és megbízható kommunikáció; üzenet ismétlés, circuit-breaker, throttle minták. Service mesh-ek.

Bevezetés a számítási felhők világába. Üzleti igények és trendek. Megoldási szintek és alternatívák (SaaS, IaaS, PaaS). Skálázódás a felhőben.

Azure konténer és Kubernetes alapú szolgáltatások (ACR, ACA, AKS).

Serverless, Function-as-a-Service platformok áttekintése.

Cloud native serverless architektúrákban előforduló Azure szolgáltatások áttekintése. Állapottároló, üzenetkezelő és orkesztrációs szolgáltatások. API gateway, útválasztás, terheléselosztó szolgáltatások.
Cloud native serverless architekturális minták.
Kitekintés egyéb elosztott keretrendszerek és platformok irányába, például Orleans, Azure Service Fabric.

A gépi tanulás biztonsága

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIHIMB09, tavaszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy betekintést nyújtson a gépi tanulás és az arra épülő rendszerek biztonsági kérdéseibe, és átfogó jelleggel tárgyalja a gépi tanulási algoritmusok ellen kivitelezhető különböző támadások és védekezési megoldások elvi alapjait és gyakorlati módszereit, valamint a gyakorlatokon és házi feladatokon keresztül betekintést nyújtson a gépi modellek adatvédelmi auditálásának kérdéseibe.

2. A tantárgy tematikája

A gépi tanulás biztonságának áttekintése: bizalmasság, integritás, rendelkezésre- állás (CIA). Motivációs példák, jogi háttér, kockázat alapú megközelítés
Döntések manipulációja 1: Támadó modellek, white-box támadások (FGSM, CW, Saliency maps), fizikai támadások
Döntések manipulációja 2: Black box támadások, támadó minták transzferálhatósága
Döntések manipulációja 3: Védekezések (támadói tanítás, bizonyítható robusztusság, deep k-NN)
Tanító adat nem célzott mérgezése (poisoning), védekezések (label flipping, anomália detekció)
Tanító adat célzott mérgezése (poisoning), feature collision, Witches' Brew, védekezések (minták súlyozása)
Hátsó kapuk (backdoor) a gépi modellekben, védekezések (Neural Cleanse)
Trójai támadások gépi modellek ellen
Rendelkezésre állási problémák: Black- és white-box sponge konstrukciók
Tanító adat rekonstruálása: Támadó modellek, modell invertálása
Tagsági támadás (membership attack): Aktív és passzív támadások. gradiens alapú, score alapú, címke alapú támadások
Tagsági támadás elleni védekezések: Tanítás differenciális adatvédelemmel (DP-SGD, PATE), regularizáció
Modell-lopás, védekezések: modell vízjelezése, tanító adathalmaz inferenciája, modellek ujjlenyomat alapú összehasonlítása
Modellek elmagyarázhatóságának támadhatósága, federált tanulás biztonsága (biztonságos aggregáció, bizánci problémák, KRUM)

Vizualizáció és orvosi képalkotás

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIIIMB11, őszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók elsajátítsák a térfogatvizualizáció és az orvosi képfeldolgozás eszköztárának készségszintű használatát, ezáltal képesek legyenek összetett orvosi képalkotó, diagnosztikai és szimulációs rendszerek fejlesztésére OpenGL C++ környezetben.

2. A tantárgy tematikája

Az orvosi képfeldolgozás és a térfogatvizualizáció matematikai alapjai: Fourier-transzformáció, DTFT, DFT, mintavételezési elmélet, approximációelmélet.
3D orvosi adatok forrásai: CT, MRI, PET.

Tomográfiás rekonstrukciós technikák: Szűrt visszavetítés (Filtered Back-Projection - FBP), algebrai rekonstrukció (Algebraic Reconstruction Technique - ART)
Folytonos rekonstrukciós szűrők osztályozása és tervezése frekvenciatartomány- és tértartománybeli kritériumok alapján.
Praktikus alkalmazások: 2D/3D adatok transzformációja újramintavételezéssel (elforgatás, felskálázás), multimodális regisztráció, 2D/3D regisztráció.
Indirekt vizualizációs módszerek: Fourier-térfogatvizualizáció, Monte-Carlo térfogatvizualizáció, masírozó kockák (Marching Cubes).
Direkt vizualizációs módszerek: képsorrendi megközelítés (sugárkövetés – Ray Casting), objektumsorrendi megközelítés (pacázás - Splatting), hibrid megközelítés (a nézeti transzformáció nyírás/torzítás transzformációja – Shear/Warp Factorization).
A térfogatvizualizáció hatékony GPU-alapú implementációja: textúraszeletelés – Texture Slicing, Polygon-Assisted Ray Casting.

Megbízható mesterséges intelligencia és adatelemzés

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIMIMB10, tavaszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A mesterséges intelligencia, a gépi tanulás és az adatelemzés eredményei egyre elterjedtebben használtak szolgáltatásként, beépített módon komplex, mindennapi célokat megvalósító informatikai rendszerekben. Ezen informatikai rendszerek üzembiztonsága azonban jelenleg gyakran nem megoldott, mivel helyes működésükre tipikusan nincs garancia, fejlesztési/tesztelési módszereik nem ismertek, robusztus működésük nem biztosított, és szándékos vagy véletlen bemeneti adathibák ellen nem védettek. A megbízhatóság növelésére sokrétű kutatási és szabályozási aktivitás irányul, amely új etikai, jogi, technológiai és elméleti megközelítésekhez vezetett a társadalmi szintű kockázatok kezelésére.
A tantárgy célkitűzése a megbízható adatelemzés, gépi tanulás, és mesterséges intelligencia megközelítéseinek, fogalmainak és mérnöki gyakorlatának a bemutatása. A tantárgy áttekinti az intelligens algoritmusok informatikai rendszerekbe történő integrálásának kérdéseit is, műszaki jellegű feladatok adatalapú megoldásának módszereit, és ezek integrációját a fejlesztési/üzemeltetési folyamatokba.
A tantárgy bemutatja az adatelemzés és mesterséges intelligencia társadalmi szintű felhasználásának emberközpontú megközelítését, annak etikai hátterét, jogi szabályozását, szabványokban történő megjelenését, és jó mérnöki gyakorlatban való megjelenését. Mind az adatelemzés, mind az MI esetében bemutatja az értelmezhetőség, a magyarázhatóság, a tesztelhetőség és az érzékenységvizsgálat lehetőségeit és korlátait. Ismerteti az adatelemzési munkafolyamatának és egy MI szolgáltatás/termék létrehozásának az életciklusának az átfogó formalizálását, speciálisan azok blokklánc eszközökkel hitelesített dokumentálását és az eredmény auditálását.

2. A tantárgy tematikája

A megbízhatóság és üzembiztonság alapfogalmai és értelmezésük az adatelemzés és a mesterséges intelligencia területén. A megbízható adatelemzés és mesterséges intelligencia megközelítései, az emberközpontú mesterséges intelligencia. Az etikus adatelemzés és etikus MI etikai háttere, jogi szabályozásai, szabványosítása és jó mérnöki gyakorlatban való megjelenései.
Az adat megbízhatósága/minősége. Intelligens módszerek bemenetének előállítása és ellenőrzése: Feltáró adatelemzés céljai és alkalmazása. Adatminőség mérése, adatok feldolgozása, tidy data, ETL / ELT keretrendszerek, automatizált adatfeldolgozás és -megjelenítés. Mérnöki feltételezések felhasználása adatelemzésben: oksági, időbeli és topologikus kapcsolatok figyelembevétele.
Az adat megértése és magyarázhatósága adatvizualizációval: összehasonlítás, trendelemzés, kiugró értékek keresése, kapcsolatok meghatározása, csoportosítás. Vizualizáció felhasználási esetei és ezek támogató technológiái: monitorozás/dashboard, üzleti jelentés, alternatívák/hipotézisek kiértékelése, megismételhető kutatás.

Adatelemzési és gépi tanulási modellek kiértékelése, tesztelése, és garantálása: teljesítménymetrikák definiálása, alternatívák kiértékelése, eredmények és paraméterezés kiértékelésének vizuális támogatása. Érzékenységvizsgálat, változók fontosságának vizsgálata.
Az adatelemzés életciklusa. Felhő alapú rendszerek. Blokklánc alkalmazása adatok megosztásának folyamatában.
Kvalitatív modellek használata megbízható rendszerek felépítésének és változásainak leírására. Kvalitatív modellek/modellrészletek validálása mért adatok alapján.
Adat alapú modellalkotás: Folyamatbányászat (process mining) módszerei és alkalmazásai: modellalkotás, konformanciavizsgálat, logelemzés, fraud detection. Üzleti szabályrendszerek adatalapú paraméterezése, szabálybányászat.
Intelligens tanuló módszerek felhasználása kritikus rendszerekben. Hibatűrő minták alkalmazása. Tesztgenerálás MI szolgáltatásokhoz.
Megbízható és magyarázható mesterséges intelligencia: fekete és fehér doboz megközelítések. Valószínűségi és oksági modellek.
Megbízható valószínűségi, oksági, döntéselméleti, és kontrafaktuális érvelés.
Értelmezhető MI modellek a megbízható MI formalizálásában: magyarázhatóság, hasznosság, igazságosság.
Fehér doboz modellek életciklusa, auditálás, modellek kiértékelése és kockázatelemzése: ALTAI megközelítés, modellek elfogadásának/átvételének folyamata, analitikus/hibrid módszerek, modelltesztelés, magyarázatgenerálás.
Fekete doboz modellek magyarázhatósága, egyszerűbb modellek származtatása
Megbízható ember-gép hibrid rendszerek, „human in the loop” megközelítés, megbízható multiágens rendszerek.

Adatszerkezetek és algoritmusok

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVISZMB02, tavaszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a BSc képzésből kimaradt legfontosabb, sok helyen használt adatszerkezetek és algoritmusok megismertetése.
A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatóktól elvárható, hogy:
(1) ismerjék az előadáson elhangzó módszereket,
(2) megértsék a módszerek helyességének és hatékonyságának bizonyítását,
(3) képesek legyenek a tanultak alkalmazásával feladatokat megoldani,
(4) képesek legyenek felismerni az alkalmazási lehetőségeket, fel tudják fedezni, milyen kisebb módosításokra van esetleg szükség az alkalmazásokhoz és ezt átgondolt módon meg is tudják valósítani.

2. A tantárgy tematikája

k. elem keresés várhatóan lineáris időben és determinisztikus lineáris időben. A dinamikus eset – bináris keresőfa kibővítése
Bináris keresőfák további alkalmazásai: legkisebb közös ős keresése, intervallumba eső minimum keresése. Intervallumfák.
Alapvető síkgeometriai algoritmusok (metsző szakaszpár, legközelebbi pontpár keresése, konvex burok)
Hash-elés elméleti és gyakorlati változatai: lineáris próba, dupla hash módosítása. Univerzális hash, hosszabbítható hash.
Folyamalgoritmusok: Ford-Fulkerson-algoritmus, és ennek javítása az Edmonds-Karp-algoritmus.
Hatékonyabb folyamalgortimusok: mohó javítás. Előfolyam módszer, előreemelő algoritmus.
Mintaillesztés: egyszerű algoritmus, gyorskeresés. A lineáris idejű Knuth-Morris-Pratt-algoritmus
A dinamikus programozás néhány alkalmazása: közelítő mintaillesztés, szerkesztési távolság, leghosszabb közös részsorozat, egy egyszerű bioinformatikai alkalmazás.

Az algoritmusok hatékonyságának egy, a tapasztalatokhoz sokszor közelebbi eredményt adó elemzési módszere: amortizált elemzés és ennek néhány alkalmazása.
Gráfok minimális feszítőfájának keresése: az általános piros-kék algoritmus, Prim, Boruvka, Kruskal algoritmusa, mint ennek alkalmazásai.
A Kruskal algoritmushoz is szükséges unió-holvan adatszerkezet különböző megvalósításai, ezek (amortizált) elemzése.
Nagy számok gyorsabb szorzása Karacuba módszerével. Nagy mátrixok gyorsabb szorzása. A gyors-Fourier transzformáció és alkalmazásai.

IoT - Tárgyak internete

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVITMMB13, őszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy a hallgatók gyakorlati problémák megoldásán keresztül, valós IoT eszközök felhasználásával megismerjék és elsajátítsák az IoT rendszerek és alkalmazások alapjait.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés: A tárgyak internetének világa (IoT), trendek az IoT világában. Az IoT megjelenése az okos városokban, intelligens otthonokban és az iparban. IoT eszközök követelményei és képességei.
IoT technológiák: Szenzorok, beavatkozók, vezérlők. Alacsony fogyasztású vezetéknélküli megoldások. Erőforrás-hatékony megoldások. Energiaforrások.
IoT kommunikáció: Alacsony fogyasztású, rövid hatótávolságú rádiókommunikációs megoldások. Alacsony fogyasztású, nagy hatótávolságú rádiókommunikációs megoldások.
IoT hálózati architektúrák. IoT adatok gyűjtése és feldolgozása. Mérési adatok szállítása az Interneten. Szerver/kliens és hirdetés/feliratkozás modellek az IoT kommunikációban. IoT adatok vizualizációja.
IoT a felhőben: Különböző IoT felhő platformok és kapcsolódásuk a fizikai szenzorokhoz. IoT platformok: IBM Watson IoT. Google Cloud, MS Azure, AWS IoT. ThingSpeak, OpenRemote. Kommunikáció különböző platformok és komponensek között.
IoT megbízhatóság és biztonság. IoT eszközök hitelesítése.
IoT és Mesterséges Intelligencia. Adatfeldolgozás. Edge AI. Felhő megoldások: TorchServe és TensorFlow Serving
Ipari IoT (IIoT) megoldások. IoT és robotika. IIoT platformok. Esettanulmány: EU 5G-SMART, Arrowhead.
Okos város megoldások. Esettanulmány: Smart Santander. Massive IoT.
Intelligens közlekedési rendszerek támogató infrastruktúrái. Okos parkolás megoldások.
Intelligens otthon. Nyílt forráskódú otthonautomatizálási megoldások. Home Assistant, OpenHAB.
Környezetmonitorozás. Esettanulmányok: esőerdő monitorozás, víz/levegő/környezetszennyezés. Globális megoldások (pl. szökőár, földrengés monitorozás és előrejelzés).
eHealth. Viselhető eszközök. WPAN és testen belüli vezetéknélküli IoT megoldások.

V.4 Szakmai törzsanyag választható ismeretei

A szakmai törzsanyag kötelezően választható ismereteit a mellékspecializációk és a projekttantárgyak képezik. A hallgatóknak a főspecializáció mellett a felkínált mellékspecializációk egyikét is el kell végezni. A mellékspecializációk célja egy szűkebb szakterületen hasonló, mint a főspecializációké. A mellékspecializációk esetén is valamennyi tantárgyból meg kell szerezni a kreditet az MSc fokozat elnyeréséhez. A fő- és mellékspecializációk tetszőlegesen párosíthatók. A specializációk keretein belül a hallgatók ún. projekttantárgyakat is felvesznek, melyek az 1. szemesztertől kezdődően végigívelnek a képzésen. Ezen tantárgyakban a hallgatók néhány fős csoportokban, vagy önállóan oldanak meg nagyobb méretű műszaki feladatokat (projekteket), egy-egy téma akár több tantárgy keretein is átívelhet (minden egyes tantárgy számára konkrét, önállóan értékelhető részfeladatot megfogalmazva).

V.4.1 Mellékspecializációk

A hallgatóknak a főspecializáció mellett a felkínált mellékspecializációk egyikét is el kell végezni. A mellékspecializációk célja egy szűkebb szakterületen hasonló, mint a főspecializációké. A mellékspecializációk egy A és egy B jelű elméleti tantárgyat tartalmaznak, az A tantárgyhoz itt is laboratórium kapcsolódik. Ebben a blokkban választási lehetőség nincs, a hallgatóknak mindhárom tantárgyat teljesíteniük kell a mellékspecializáció teljesítéséhez.

A fő- és mellékspecializációk tetszőlegesen párosíthatók.

V.4.1.1 Energetikai informatika mellékspecializáció (VET)

1. A specializáció megnevezése: Energetikai informatika
(Information Technology of Electric Power Systems)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: VET
4. Oktató tanszékek: VET
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Csatár János egyetemi adjunktus (VET)

6. A specializáció célkitűzése:
Napjainkban az ICT (infocommunication technology) eszközök szerves részévé váltak hétköznapi életünknek az alapvető szolgáltatásoktól kezdve az ipari alkalmazásokon át az űrtechnológiáig. Ma már szinte elképzelhetetlen a fejlett, modern világ ezen eszközök nélkül. Az is vitathatatlan, hogy a villamos energia rendelkezésre állása ugyancsak alapvető igény a modern társadalom részéről, és az informatikai eszközök egyre fontosabb szerepet játszanak ennek az igénynek a színvonalas és gazdaságos kielégítésében.
Az informatika alkalmazása egy szakterületen interdiszciplináris szakértelmet igényel, szakterületi és informatikai szakértelmet egyaránt. Így van ez a villamosenergia-rendszerek területén is: amennyire informatikai, legalább annyira villamos energetikai tudás is szükséges ahhoz, hogy a modern villamosenergia-rendszer tervezését, üzemeltetését, irányítását, kapcsolódó területeit hatékonyan kiszolgáljuk, a termeléstől, az átvitelen át a végfelhasználói elosztásig, fogyasztóig.
A specializáció tantárgyaiban a hallgatók megismerkednek a termeléssel, az átvitellel, az elosztással és a felhasználással kapcsolatos rendszerirányítási tevékenységekkel, feladatokkal, kihívásokkal és megoldásokkal. Az ehhez szükséges komplex informatikai architektúrák elemzése, a keresztfunkcionális megoldások és a módszertani, elemzési eszköztárak ismertetése, a számítógéppel támogatott villamosenergiarendszer-tervezési és -üzemeltetési eljárások átfogó megismertetése képezi a tantárgyak tematikáinak fő területeit. A mellékspecializáció a feladatok korszerű megoldásaival, az elméleti módszerek alkalmazásával, a rendszerek tervezési elveivel, vizsgálatával ismerteti meg a hallgatókat. A felmerülő feladatok speciális megoldásokat és megközelítéseket igényelnek, amelyekhez egyaránt szükségesek a mély informatikai és a villamosenergia-rendszer működésével kapcsolatos ismeretek.
A cél olyan informatikusok képzése, akik e mellékspecializáció elvégzése után tisztában lesznek a villamos energetika alapfogalmaival, a tervezés/üzemirányítás kapcsán felmerülő, új informatikai megoldások létrehozását követelő kihívásokkal és a jelenlegi szakágspecifikus informatikai megoldásokkal annak érdekében, hogy ne csupán használó/adaptáló, hanem saját, versenyképes megoldásokat fejlesztő mérnökökké váljanak.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
A villamosenergia-rendszer működése és üzemirányítása	A tantárgy	BMEVIVEMA25
A villamosenergia-rendszer informatikai infrastruktúrája	B tantárgy	BMEVIVEMA26
Energetikai informatika laboratórium	A labor	BMEVIVEMB08

A villamosenergia-rendszer működése és üzemirányítása

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIVEMA25, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy a hallgatókat a villamosenergia-rendszer fizikai jellemzőinek, szereplőinek rövid, alapozó áttekintése után bevezeti azokba a főbb, informatikával határterület koncepciókba, amik lehetővé teszik a mai hatékony üzemvitelt biztosító funkciók magasabb szintű megértését.

A fentiekkel a tantárgyat sikeresen teljesítők egy olyan átfogó tudást szerezhetnek mely megfelelő alapot jelent a villamos energetikai iparban bármely szoftverfejlesztő feladatnál a helytállásra, illetve általa könnyebben kapcsolódhat a villamosmérnöki igények implementációjához.

2. A tantárgy tematikája

A Villamosenergia-rendszer fizikai felépítése, szereplők
- fizikai kiterjedés, elosztó- és átviteli hálózat, mikrogridek, smart grid
- hatásos teljesítmény, teljesítményegyensúly, frekvencia, inercia
- reakcióidő
- TSO, DSO, Aggregátor, rendszerhasználók
- Piaci folyamatok különlegességei

A villamos hálózat közvetlenül mérhető paraméterei, jelfeldolgozás.
- Mért jellemzők, megfigyelhetőség, állapotbecslés szükségessége
- Pillanatértékek és egyéb mennyiségek
- Időfelbontás (valós idő- periodikus – aperiodikus)
- Felügyeleti és védelmi cél eltérősége.
- jelfeldolgozás, analóg-digitális konverziók

Beavatkozó és érzékelő eszközök a VER-ben.
- Kapcsoló eszközök, védelmek, automatikák, vezérelt fogyasztók és termelők
- Inverterek szabályozása
- Érzékelők különböző célokra (villamos és nem villamos mennyiségek, helyi – WAMS skála)
- késleltetések fontossága
- helyi és központi logika, smart eszközök, IoT perspektívák
- OT eszközök, sajátosságok
- eszköz menedzsment

Szimulációs technikák és felhasználásaik
- hálózat modellezés, adatok rendszerezése, adatbőség és hiány
- alapvető jellemzők számítási lehetőségei (load-flow, állapotbecslés, optimal power flow)
- szimulációk típusai, felhasználásai (kvázi-valós/ valósidejű szimulációk, tréning és elemzési célú szimulátorok)

Algoritmusok az üzemirányítás támogatásában
- hagyományos példák (OPF - redispatch, állapotbecslés, droop karakterisztikák, ...)
- új megközelítések, optimalizálási problémák
- algoritmusok kritikussága, biztonság

A VER üzemirányításának alapjai, irányítástechnikai vonatkozások.
- üzemirányítás feladata, szintjei
- Smart grid architektúra modell
- üzemirányítást támogató rendszerek
- SCADA rendszerek, alapfunkciók
- vizualizáció, GIS - térinformatika,
- döntéstámogatás, workforce mgmt
- tervezés, előrejelzés, üzemelőkészítés
- Adatok gyűjtése, naplózás, alarmok
- Big data, data lake elvi lehetősége
- Beavatkozó és mérő eszközök felhasználása, fejlődése, trendek
- ICT és OT egymásra utaltsága és kapcsolata a fizikai folyamatokkal

A villamosenergia piac és a külső, belső függőségek összefonódása az üzemirányítással
- piac hatása az üzemirányításra
- piac a felhasználó szemszögéből,
- decentralizált szerepek erősödése (aggregátor, transactive energy)
- SAP és egyéb irodai rendszerek kapcsolata
- energiaellátás
- adatkoncentrátorok, adatközpontok
- adatbányászat
- (kiber)biztonság

A villamosenergia-rendszer informatikai infrastruktúrája

Mellékspecializáció B tantárgy

(BMEVIVEMA26, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy bevezeti a hallgatókat a villamosenergia-rendszer hatékony (digitalizált) üzemviteléhez elengedhetetlen, komplex kommunikációs, architektúrális és adat infrastruktúra világába, aminek során az iparági sajátosságokra koncentrál.

A tantárgyat sikeresen teljesítők egy olyan elmélyült, áttekintő és rendszerező tudást szerezhetnek, mely megteremti az alapot akár eszközszintű, akár rendszerszintű funkciók tervezéséhez, fejlesztéséhez.

2. A tantárgy tematikája

A VER irányítástechnikai infrastruktúrája
- Alállomási belső, helyi – központi üzemirányítás közötti, regionális összeköttetések
- Kommunikációs követelmények (megbízhatóság, rendelkezésre állás, sértetlenség)
- Purdue modell ICS rendszereknél, ennek átalakulása
- időszinkron fontossága
- Az információ fizikai útja
- optika-réz-levegő
- fizikai és logikai utak és azok elkülönülése, bemutatása

Modern SCADA rendszerek felépítése, funkciói
- SCADA rendszer architektúra lapok
- SCADA funkciók, és megvalósíthatóságuk
- EMS, DMS,
- állapotbecslés, kontingencia analízis,
- adatgyűjtés és logolás,
- külső rendszerek kiszolgálása, kapcsolattartás
- tréning rendszerek
- Szinkrofazor mérések és a Wide Area Measurement System keretrendszere
- Megbízhatósági, rendelkezésreállási megfontolások
- Biztonsági kérdések

A rendszerirányításban alkalmazott leggyakoribb protokollok bemutatása
- Adatok formátumát (is) leíró protokollok
- IEC 60870-5-104
- IEC 60870-6 (ICCP)
- IEC 61850 család
- DNP3
- Modbus, SUNSPEC Modbus
- IEEE C37.118
- Biztonság: IEC 62351, IEC 62443
- Alacsonyszintű, infrastrukturális protokollok (Pl. HSR/PRP, PTP)

Magasabb szintű kommunikációs koncepciók
- HKV, RKV és felhasználása
- inverterek, okos eszközök a felhőben
- távoli elérés, konfigurációs lehetőségek

IT/ICS/OT összefonódás a VER ben
- többféle hálózat és annak irányítása különböző kompetencia igényei
- többszörös egymásra hatás
- IT üzemeltető, OT üzemeltető, közös kérdéskörök
- kiberfizikai rendszer, holisztikus szemlélet

Üzemirányítást, üzemvitelt segítő egyéb rendszerek architektúrális kérdései
- Térinformatika, GIS
- eszköz adatbázisok, asset management
- SAP

- munka ütemező
- telefon
- energiaellátás
- adatközpontok koncentrátorok (pl. okos mérők, GSM-en keresztül érkező mérések)

Adatbőség kezelése – adatbányászat, gépi tanulás a VER-ben
Kritikus infrastruktúra, kiberbiztonsági kérdések VER specialitásai

- Kritikus infrastruktúrák
- Regulációs környezet, interdiszciplináris terület
- energia-kommunikáció
- Földrajzi elhelyezkedésbeli kérdések
- Bizalmasság, sértetlenség, rendelkezésre állás, jogosultságok kezelése
- kockázat analízis, kezelés, incidens
- ICS specialitások

Energetikai informatika laboratórium

Mellékspecializáció A labor
(BMEVIVEMB08, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatók a mellékspecializáció tantárgyaiban tanult elvi témaköreinek kiscsoportos elmélyült bemutatása, kipróbálása.

2. A tantárgy tematikája

- Alállomási irányítástechnika
  - egy konkrét, új mérési jel bekötése az alállomási irányítástechnikába (adatgyűjtő, MAB-Gateway fizikai összekötése és paraméterezése)
- Védelmi működés 61850-en keresztül
  - Goose üzenetek, védelmi eszközök „összekötése” ICT és paraméterek segítségével
  - Védelmi érzékelés Sampled value alapon, eszközök paraméterezése, üzenetek elemzése
- SCADA rendszer működése
  - Egy valós SCADA rendszer működés közben – bemutató mérés
  - SCADA mint platform - funkciók implementálási lehetősége
- Kommunikáció
  - Hagyományos TCP/IP alapon: Adatforgalomba való betekintés WireShark-al (IEC-60870-5-104, vagy C37.118 protokoll)
  - VER speciális igényei alacsony szintű infrastruktúrában (HSR/PRP, PTP), eszközök együttműködésének bemutatása
- Automatizálás a hálózatszámításban
  - Egy hálózatszámítási feladat szkriptelése: magasszintű nyelven megírt irányítása egy hálózatszámító szoftvermodulnak
- Kiberbiztonság
  - Kibertámadás hatásai CPS rendszerek esetén – esettanulmány, hatások elemzése koszimulációs környezetben

V.4.1.2 Felhasználói élmény - UX és interakció mellékspecializáció (TMIT)

1. A specializáció megnevezése: Felhasználói élmény - UX és interakció
(User Experience - UX and Interaction)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: TMIT
4. Oktató tanszékek: TMIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Németh Géza egyetemi docens (TMIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A felhasználói élmény (User Experience, UX) megtervezése és megvalósítása átszövi egy termék létrehozásának és alkalmazásba integrálásának teljes folyamatát. Ebbe beleértendő a márkanévtől, a funkcionális tervezésen át a design és a felhasználhatóság (usability) témaköre is. A felhasználói élmény részterülete a felhasználói felület (user interface), az interakció, a felhasználhatóság, és még az esetleges hibajavítás és termékfrissítés is.
A gépi tanulás alapú mesterséges intelligencia szerepe egyre nő azokban a megoldásokban, amelyekkel a felhasználók találkoznak. Ahhoz, hogy a mesterséges intelligenciában rejlő lehetőségek hasznosuljanak, nem elegendő tesztadatokon jól teljesítő modelleket előállítani, hanem a felhasználók számára megfelelő módon kell ezekhez hozzáférést biztosítani. A felhasználói felület és a felhasználói élmény megfelelő szintjét segíthetik elő a mögöttes mesterséges intelligencia alapú tartalmak, modellek és motorok.
A mellékspecializáció célja, hogy a hallgató megismerje a felhasználói élmény színvonalas eléréséhez szükséges alapelveket, módszereket és eszközöket. Különös tekintettel az ezekhez kapcsolódó gépi tanuláson alapuló módszerekre, modellekre és azok felhasználására. A fókuszt ezek alkalmazására, kész rendszerekbe való integrálására, illetve a működő megoldások követésére és továbbfejlesztésére tesszük.
A felhasználói élmény (UX) és a mesterséges intelligencia (AI) kapcsolatának ismertetése gyakorlat alapú, ipari megoldások bemutatásával, csoportmunka keretében történő hallgatói projektekkel, valamint ipari példák alapján kidolgozott laborok segítségével valósul meg.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Felhasználói élmény - UX elmélete és gyakorlata	A tantárgy	BMEVITMMA25
MI alapú ember-gép interakció	B tantárgy	BMEVITMMA23
UX laboratórium	A labor	BMEVITMMB14

Felhasználói élmény - UX elmélete és gyakorlata

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVITMMA25, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal a felhasználói élmény (UX), az ember-gép interakció (HCI) és a felhasználói felület (UI) fogalmával, majd az ehhez kapcsolódó minőségi szoftverek tervezésének folyamatával. Az elméleti témakörök ismertetésével párhuzamosan gyakorlatok keretében is feldolgozzuk az anyagot. A hallgatók gyakorlati feladatok megoldásával igazolják a témakörben szerzett jártasságukat. A kurzus végére a hallgatók megtanulják a felhasználói élmény tervezéséhez, teszteléséhez, minősítéséhez szükséges alapelveket, hogy azt majd gyakorlatban is alkalmazhassák a későbbi munkájuk folyamán.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés, feladatkiosztás, csoportalkotás
Motiváló összefoglaló előadás a téma alapfogalmairól és fontosságáról néhány való életből vett történet segítségével. Félévi munkarend átbeszélése, projekt csapatok alkotása, projekt feladatok kiválasztása.

Interjúzás, termék koncepció (product discovery)
A hallgatók megtanulják hogyan lehet interjúk segítségével feltárni egy adott célcsoport problémáit és az így gyűjtött információ alapján előállni egy termék koncepcióval. Ehhez megismerik az alapvető interjú technikákat és a begyűjtött információk értékelésének módszerét.
Felhasználói folyamatok (User journey, customer journey)
A felhasználói folyamatok magas szintű tervezésének megismerése. Egy felhasználó hogyan és mikor találkozik a termékkel, az egyes alkalmakor milyen utat jár be, és mindezt hogyan tudjuk előre, tudatosan tervezni.
Képernyő tervezés
A cél megismerni a képernyő felületek tervezésének alapvető szabályait.
Prototipizálás
A hallgatók megismerik a UX prototípusok tervezésének alapjait és ehhez egy tervező szoftver használatát.
Felhasználói tesztelés
A felhasználói felületek tesztelésének módszertana. A hallgatók megismerik hogyan tudják felhasználói tesztek segítségével validálni az általuk tervezett felületeket, betekintést nyernek az iteratív tervezési folyamat lépéseibe.
Felhasználói felület (UI) tervező szoftver megismerése
Egy adott UI tervező szoftver megismerése, kipróbálása
UI design alapok: tipográfia, színek, UI elemek
A cél megismerni a felhasználói felületek részletes tervezésének főbb szempontjait. A hallgatók bevezetést kapnak a tipográfiába, a szín elméletbe és különböző UI elemek vizuális felépítésébe és ezek használati módjába.
Micro copy, UX writing
A hallgatók megtanulják hogyan tudnak a UI felületen keresztül kommunikálni a felhasználókkal és fejleszthetik az írási készségeket.
Design rendszerek
A modern komponens alapú design rendszerek megismerése. A design rendszerek lehetővé teszik, hogy konzisztens és könnyen újrahasznosítható felületi elemeket tervezzünk az alkalmazásaink számára.
Kiértékelés
Az elkészült felhasználói felületek kiértékelése, továbbfejlesztési irányok meghatározása, eredmények értékelése
Nem szokványos interfészek, beszéd alapú kommunikációs felületek
Beszédinterfészek, chatbotok alapjai, tervezése
Mesterséges intelligencia alapú megoldások felhasználói felületbe való integrálása
Záró prezentációk
A hallgatók előadják a félév során végzett tervezési projekt munkákat bemutató prezentációkat.

MI alapú ember-gép interakció

Mellékspecializáció B tantárgy
(BMEVITMMA23, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy olyan adatvezérelt, mesterséges intelligencia alapú rendszerekbe nyújt betekintést, ahol a felhasználó közvetlenül szolgáltat, illetve fogyaszt pl. képi, hang- és/vagy szenzoradatokat. A felhasználóközpontú rendszerekben a felhasználói élmény és elégedettség kulcsfontosságú a rendszer sikeressége, használhatósága szempontjából, így ebből a szempontból is tárgyaljuk az különféle megközelítéseket. Bemutatjuk az egyes felhasználói felület modalitások tekintetében, melyek a korszerű mesterséges intelligencia-modellek, azok hogyan járulnak hozzá a felhasználói élményhez, hogyan tesztelhetők, üzemeltethetők és mely kihívásoknak kell megfelelniük. Gyakorlati példákon keresztül megmutatjuk, miként lehet az egyes részproblémára kidolgozott modelleket egy olyan rendszerbe integrálni, amely közvetlenül a felhasználókkal kerül interakcióba. A felhasználókkal is kapcsolatban álló

rendszereknél a használat alapján a modellek finomíthatók, a működéshez adaptálhatók. A tantárgy gyakorlati részében többek között bemutatjuk, hogyan lehet ezt a folyamatot megvalósítani.
A tantárgy specifikus célkitűzései továbbá:

- MI modellek alkalmazása felhasználó felületekben
- Gépi tanulás mérőszámai és a szubjektív felhasználói ítéletek kapcsolata
- MI alapmodellek tovább-tanítása, finomítása felhasználói használat alapján
- Interaktív felhasználói felületeken (UI) alkalmazott modellek alkalmazási kérdései
- MI modellek gyorsítási lehetőségei a megfelelő UI válaszidő érdekében

Konkrét esettanulmányok mentén mutatjuk be többek között az emberi interakciók felismerését (hang és kép alapokon), a rendszerek illesztését pl. fogyatékkal élő felhasználókhoz, illetve akár az agyi interfészeket (Brain-Computer Interface).

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, intelligens ember-gép interakciók, mélytanulási alapok

Mitől intelligens egy ember-gép interakció. Mesterséges intelligencia és gépi, ill. mélytanulás kapcsolata. Esettanulmányok.

A felügyelt mélytanulási technikák áttekintése (Multi-layer perceptron, konvolúciós hálók, rekurrens hálók, figyelmi mechanizmus és transzfomer struktúrák). Tanítás és inferencia kihívások a valós életben.

Inferencia a gyakorlatban (deployment), hálózat-tömörítési és egyéb (pl. kvantálási) technikák és szoftver-eszköztárak.

Felhasználói képi adatok feldolgozása

A gépi látás legfőbb kihívásai és alkalmazási területei.

2D konvolúción alapuló, korszerű mélytanulási modellek. Pretraining, transfer learning képeken, személyreszabás.

Önfelügyelt tanulás a gépi látásban, kihívások, előnyök és hátrányok, gyakorlati alkalmazások.

A képfeldolgozás mélytanulási szoftver-eszköztárai, egyszerű példák órai megoldása/megoldásvázlata.

Hangadatok feldolgozása

Wake-word (ébresztőszó) detektálás.

Gépi beszédleiratozás, neurális akusztikus modellek.

Nyelvmodellek a beszédleiratozásban.

Felügyelten és önfelügyelten előtanított modellek finomhangolása a gyakorlatban.

Modellek performancia mérései

Személyreszabható text-to-speech

Mélytanulás alapú gépi beszédszintézis, neurális modellek

Beszédmodellek tanítása egy- és több-beszélő esetén

Szintézismodellek alkalmazásának és továbbfejlesztésének lehetőségei

Modellek minőségi és performancia mérései

Emberi emóciók felismerése

Az érzelmek megjelenési módjai, modellezése, leírási módjai gépi feldolgozáshoz. Adatbázis építési ismeretek és technikák.

A gépi felismeréshez alkalmazott AI modellezési technikák és eljárások. Vizuális adatok modellezése, képi emóció detektálás. Beszédklasszifikációs eljárások alkalmazása az érzelemfelismeréshez, hangalapú detektálás. Nyelvi elemek modellezése és reprezentációs technikái a szövegalapú felismeréshez. Szentiment elemzés.

Gyakorlat: gépi érzelemfelismerési esettanulmányok

UX megvalósítása időseket és fogyatékossággal élőket támogató rendszerekhez

Időseket támogató rendszerek, Ambient Assisted Living (AAL), elöregedő társadalom. Fogyatékossággal élőket (látássérültek, beszédfogyatékosok, sztrókon átesettek) támogató rendszerek. Életfunkciójukban tartósan károsodott vagy veszélyeztetett személyek eredeti életkörülményeinek segítése infokommunikációs eszközökkel. Egészségvédelmi célok.

Szenzoradatok feldolgozása, testen viselhető eszközök. Vitális funkciók folyamatos vagy rendszeres figyelése, a megfigyelt értékek elemzése. Elesésdetekció mély tanulás alapon. Lakásban elhelyezett

mozgásdetektorok vagy használati tárgyakba helyezett elektronikus egységek összekötése telekommunikációs rendszerrel.
Gyakorlat: esettanulmányok az időseket és fogyatékossággal élőket támogató rendszerekhez.

Egyedi interface-ek és komplex esettanulmányok
Agy-számítógép interfészek (Brain-Computer Interface, BCI) elméleti, anatómiai és információtechnológiai alapjai, alkalmazási lehetőségei.
Komplex hang és/vagy képi kapcsolatra épülő ember-gép interakciós rendszerek bemutatása, konklúziók.

UX laboratórium

Mellékspecializáció A labor
(BMEVITMMB14, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy a hallgató elsajátítsa a UX tervezéshez kapcsolódó jó gyakorlatokat. A félév során több teljes felhasználói interfészt készít el, a hozzá kapcsolódó gépi tanulás alapú modelleket megfelelően beilleszti, valamint az elkészült rendszert kiértékeli, teszteli.

2. A tantárgy tematikája

3 nagyobb feladat, 4 hetes ciklusokban:

- Gesztusvezérlés. Külső eszköz (pl. IP-n keresztül elérhető és vezérelhető webkamera) gesztusokkal történő vezérlésének megvalósítása. Előtanított mélytanuló modell felhasználása kézmozgás felismerésére. Gépi tanulási modell adaptálása / továbbtanítása saját kézmozgás felismerésére.
- Conversational AI alkalmazások. NLP (Natural Language Processing, természetes nyelvfeldolgozás), ASR (Automatic Speech Recognition, beszédfelismerés) és TTS (Text-To-Speech, gépi szövegfelolvasás) alapok és modern mélytanulás alapú eszközök. Szükséges hardver és szoftverplatform. Beszéd alapú MI-alkalmazások létrehozása és üzembe helyezése, MI szolgáltatások skálázása.
- Chatbot és beszéd UI (ASR és TTS alkalmazása). Szabály alapú és gépi tanulás alapú dialógus tervezése / összehasonlítása. NLP modulok a dialógusban. Különböző ASR és TTS modellek előtanított ASR és TTS modellek integrálása. Dialógus csatoló interfészek. Modell adaptáció új beszélőre.

V.4.1.3 Felhő alapú elosztott rendszerek mellékspecializáció (IIT)

1. A specializáció megnevezése: Felhő alapú elosztott rendszerek
(Cloud-based Distributed Systems)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: IIT
4. Oktató tanszékek: IIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Simon Balázs egyetemi docens (IIT)

6. A specializáció célkitűzése:
Elosztott rendszerek tervezése, fejlesztése és üzemeltetése számos kihívással jár. A mellékszakirány ezeket tárja fel és ad elsősorban nyílt forráskódú megoldásokat. A szakirány hallgatói megismerkedhetnek a felhő rendszerek alapfogalmaival és azokkal az elméleti és technológiai alapokkal, amelyek nagyméretű teljesítőképes rendszerek kialakításához alkalmasak. Így például az elosztott fájlrendszerekkel, konfigurációkezeléssel, üzenetküldő és feldolgozó eszközökkel. Fontos célkitűzés továbbá betekintést adni a kutatási feladatokat támogató számítási és adatfeldolgozási felhőszolgáltatások témakörébe. A szakirány tantárgyai a fejlesztés teljes életciklusát bemutatják, így egyaránt hangsúlyos a szolgáltatások tervezése, megvalósítása, tesztelése és telepítése is.
A szakirány tantárgyaihoz kapcsolódó gyakorlati órák lehetőséget adnak konkrét eszközök, valamint érdekes kihívásokat rejtő fejlesztési feladatok bemutatására az elméleti ismeretek elmélyítése érdekében. A szakirány laborkeretei között a hallgatóknak PaaS alapú fejlesztőeszközöket használva ki kell alakítani egy olyan webes alkalmazást, ami a tanult technológiákra (SOAP, REST, WebSocket, ProtoBuf, ...) és eszközökre (RabbitMQ, Celery, Zookeper, Kafka, Kubernetes, ...) épül.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Szolgáltatásorientált rendszerek és alkalmazások fejlesztése	A tantárgy	BMEVIIIMA27
Számítási és tárolási felhők alapjai	B tantárgy	BMEVIIIMA26
Felhőalapú elosztott rendszerek laboratórium	A labor	BMEVIIIMB12

Szolgáltatásorientált rendszerek és alkalmazások fejlesztése

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIIIMA27, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése, hogy megismertesse a hallgatókat az elosztott informatikai rendszerek fejlesztésének elméleti és technológiai hátterével. A tantárgy részletesen elemzi az elosztott rendszerek fejlesztése során előforduló problémákat és azok megoldásait, főként az elosztott rendszerek közötti kommunikációt megvalósító szolgáltatásokra fókuszálva, melyek többek között a felhőalapú megoldásokban is előfordulnak. A tantárgy a fejlesztés teljes életciklusát lefedi, így egyaránt hangsúlyos a szolgáltatások tervezése, megvalósítása és tesztelése és felhőkörnyezetbe való illesztése is. A tantárgy bemutatja a legfontosabb kommunikációs technológiákat (SOAP, REST, WebSocket, stb.), valamint az ezekre épülő szolgáltatások fejlesztését támogató platformokat (.NET, Java, node.js, stb.). A tantárgy gyakorlati óráin összetett, érdekes kihívásokat rejtő fejlesztési feladatok segítik elő az elméleti ismeretek elmélyítését.

2. A tantárgy tematikája

Szolgáltatás-Orientált Architektúra (SOA). A SOA története a korábbi technológiák (elosztott objektum-orientáltság, elosztott komponens alapú programozás) fényében, a SOA definíciója és alapelvei.

SOAP webszolgáltatások. A webszolgáltatások interfészleíró nyelve (WSDL), a webszolgáltatások kommunikációs protokollja (SOAP).

SOAP webszolgáltatások fejlesztése. Webszolgáltatások fejlesztési lehetőségei .NET és Java környezetben.

WS-* protokollok. A webszolgáltatások kiegészítő protokolljai címzésre, megbízható üzenetküldésre, titkosításra és digitális aláírásra.

REST szolgáltatások. A REST kommunikációs technológia, a REST alapelvei. RESTful szolgáltatások. REST szolgáltatásokhoz interfészleírási lehetőségek (pl. Open API).

REST szolgáltatások fejlesztése. REST szolgáltatások fejlesztési lehetőségei .NET és Java környezetben.

WebSocket szolgáltatások. A WebSocket kommunikációs technológia. WebSocket szolgáltatások fejlesztési lehetőségei .NET, Java és JavaScript környezetben.

További hasznos kommunikációs technológiák. Konkrét szoftvergyártókhoz köthető, nem szabványos, de nyílt forráskódú megoldások (pl. Google ProtoBuf, Facebook GraphQL, Amazon Smithy).

Mikroszolgáltatások. A mikroszolgáltatások fogalma és alapelvei. Mikroszolgáltatások fejlesztésének és üzemeltetésének előnyei és hátrányai. Mikroszolgáltatások futtatási lehetőségei konténerekben.

Mikroszolgáltatások fejlesztése. Mikroszolgáltatások fejlesztési lehetőségei .NET és Java környezetben.

Összetett integrációs feladatok. Az Enterprise Service Bus (ESB) különböző technológiák (adatbázis, FTP, SMTP, webszolgáltatások, stb.) integrálására, üzenetek irányítása és transzformálása.

ESB környezet elemei. Üzleti folyamatok tervezése és futtatása, humán feladatok, üzleti szabályok, eseménykezelés, szolgáltatáskatalógus.

Tervezési és fejlesztési irányelvek webszolgáltatásokhoz. A bottom-up (code first) fejlesztés előnyei és hátrányai, a top-down (interface first) fejlesztés előnyei és hátrányai. Interfésztervezési alapelvek, szolgáltatások verziózása. Szolgáltatások tesztelési lehetőségei.

Szolgáltatásorientált rendszerek és alkalmazások modell alapú fejlesztése és tesztelése. Automatikus programkód és konfiguráció generálásának lehetőségei.

Számítási és tárolási felhők alapjai

Mellékspecializáció B tantárgy

(BMEVIIIMA26, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy hallgatókat megismertesse a felhőalapú informatikai rendszerek, valamint a nagy méretű, nagy teljesítőképességű elosztott rendszerek jellemző technológiáival, a tervezésükkor és üzemeltetésükkor felmerülő problémákkal, valamint azok lehetséges megoldásaival. A tantárgy különös hangsúlyt fektet a nyílt forráskódú elosztott fájlrendszerekre (pl. HDFS, GlusterFS, Ceph), valamint az üzenetküldő, szinkronizációs és feldolgozó eszközökre (pl. RabbitMQ, Celery, Zookeper). A tantárgy rámutat az elosztott rendszerek tervezési, fejlesztési és üzemeltetési problémaira is, ami magába foglalja a monitorozási, automatizálási és deployment eszközöket is (pl. Grafana, Ansible, Salt), melyek használatát a gyakorlatokon igyekszik bemutatni. A tantárgy betekintést ad a kutatási feladatokat támogató számítási felhők témakörébe is, melyek felhasználása egyre általánosabb.

2. A tantárgy tematikája

Felhő alapú rendszerek osztályozása szolgáltatási szint és telepítési modell szerint: NIST definíciók és modellek (IaaS, PaaS, SaaS, privát felhő, publikus felhő, hibrid felhő).

Technológiai háttér röviden: Virtualizációs technikák. Virtualizáció-menedzsment. Virtualizációs API. LAN, SAN, NAS eszközök szerepe és helye. Geo-redundáns adatközpontok, DR stratégiák. Költséghatékonysági megfontolások. Tervezési és termékválasztási szempontok, gyakorlati megoldások.

Elterjedten használt felhő infrastruktúra menedzsment és virtualizációs megoldások elemei (OpenNebula, OpensStack, CIRCLE, vSphere, Hyper-v, Xen, KVM).

Elterjedt SaaS, PaaS és IaaS üzleti szolgáltatások (Amazon, MS Azure, Google AppEngine, Heroku, OpenShift) szintjei és jellemzői. Ismertebb PaaS megoldások bemutatása (AppEngine, AWS Elastik Beanstalk, OpenShift). Programozási (fejlesztői) felületek áttekintése.
Egy mini webalkalmazás kidolgozása és megvalósítása PaaS modellben a fejlesztési lépéseket támogató eszközök használatának és integrációjának demonstrálására.
IaC (Infrastructure as Code) és PaC (Platform as Code) modellek szerepe, helye és szükségessége. Gyakorlati példák.
Tanult modellek összehasonlítása. Megfeleltetés a NIST referencia modellnek.
Elosztott fájlrendszerek (pl. NFS, HDFS, GlusterFS, Ceph) bemutatása. Követelmények és fontosabb tulajdonságok. Esettanulmányok.
Big Data alapfogalmak és legismertebb eszközei (pl. Hadoop, BigQuery, Snowflake). Felhő alapú adattárházak, adattavak és tóházak. Apache Hadoop és kapcsolódó projektjei.
Big Data téma folytatása, kapcsolódó projektekrövid bemutatása (pl: Tez, Pig, Hive, Cassandra, HBase, Chukwa) és rendszerezése.
Üzenetküldő és szinkronizációs eszközök (pl. RabbitMQ, Celery, Zookeper)
Monitorozó, automatizáló és deployment eszközök bemutatása (pl. Grafana, Ansible, Salt).
Számítási felhők használata tudományos számításokban. HPC (High Performance Computing) és HTC (High Throughput Computing) szerepe, kapcsolata. Kapcsolódó eszközök bemutatása: Ütemezők és erőforrás allokátorok (pl. Slurm, SGE, torque)

Felhőalapú elosztott rendszerek laboratórium

Mellékspecializáció A labor

(BMEVIIIMB12, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A specializáció laborkeretei között a hallgatóknak PaaS alapú fejlesztőeszközöket használva ki kell alakítani egy olyan webes alkalmazást, ami a tanult technológiákra (SOAP, REST, WebSocket, ProtoBuf, …) és eszközökre (RabbitMQ, Celery, Zookeper, Kafka, Kubernetes, …) épül.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:

- Bevezetés. PaaS környezet megismerése. Mintaalkalmazás életrekeltése, módosítása. Fejlesztőkörnyezet kiválasztása és kialakítása. Feladatok ismertetése.
- Feladatválasztás, megfelelő architektúra megtervezése.
- Backend tervezése
- Backend megvalósítás
- Backend megvalósítás
- Frontend tervezés
- Frontend megvalósítása
- Tesztelés
- Tesztelés
- Feladatok értékelése

V.4.1.4 Kritikus rendszerek mellékspecializáció (MIT)

1. A specializáció megnevezése: Kritikus rendszerek
(Critical systems)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: MIT
4. Oktató tanszékek: MIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Micskei Zoltán egyetemi docens (MIT)

6. A specializáció célkitűzése:
Kritikus rendszerekben a rendszer hibás működése komoly üzleti károkat vagy akár baleseteket is okozhat. Biztonságkritikus rendszerekkel találkozunk gépjárművek, vasutak, repülőgépek, gyárak, egészségügyi rendszerek esetén, de ugyanilyen kiemelt jelentőségűek a kritikus szolgáltatások és számítógépes platformok (pl. üzleti folyamatok vagy blokkláncok). Napjainkban az ilyen rendszerek 70-80%-át komplex szoftveralkalmazások teszik ki, melyek egyre inkább dinamikusan szerveződőek, elosztott platformokon futnak és intelligens szolgáltatásokat integrálnak. Mivel a kiemelt minőség elsődleges szempont, a kritikus rendszerek tervezése, fejlesztése és ellenőrzése további módszereket és eszközöket igényel a hagyományos szoftverfejlesztési gyakorlatok kiegészítéseként.

A Kritikus rendszerek mellékspecializáció célja olyan mérnökinformatikusok képzése, akik képesek a kritikus rendszerekkel szemben támasztott fő kihívásokra – ellenállóképesség, megbízhatóság, teljesítmény – szisztematikus tervezési és ellenőrzési módszerekkel megfelelő válaszokat adni, így erre alapozva bármilyen európai munkahelyen megállják a helyüket.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Megbízható elosztott és decentralizált rendszerek	A tantárgy	BMEVIMIMA28
Automatizált ellenőrzési technikák	B tantárgy	BMEVIMIMA29
Kritikus rendszerek laboratórium	A labor	BMEVIMIMB11

Megbízható elosztott és decentralizált rendszerek

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIMIMA28, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy megismertesse az elosztott és decentralizált rendszerek tervezésének és alkalmazásra tervezésének kihívásait, és bemutassa azokat a hardver és szoftver tervezési megoldásokat, amikkel ezen rendszerek nagy megbízhatósága és rendelkezésre állása garantálható. Jellemző modern célplatformként, illetve architektúraként kiemelt figyelmet kapnak a felhő és edge architektúrák; a szolgáltatásminőségi garanciákkal támogatott kommunikáció alapú integráció; valamint az elosztott főkönyvi technológiák (mind a blokklánc, mind pedig a nem blokklánc alapú megoldások). A tantárgy gyakorlatai metodológiai demonstrációkon és esettanulmányokon keresztül teremtik meg a kapcsolatot a tipikus rendszermérnöki kihívásokkal.

2. A tantárgy tematikája
Elosztott rendszerek. Alapvető típusok; architektúrák; alapszolgáltatások.
A szolgáltatásbiztos (dependable) és helyreállásképes (resilient) számítástechnika alapfogalmai. Hiba, hibás állapot, hibahatás, hibaterjedés; alapvető attribútumok és tipikus metrikáik.
Szolgáltatásbiztonságra tervezés és hibatűrő működés. A szolgáltatásbiztonság biztosításának eszközei fejlesztési és működtetési időben; a hibatűrő működés életciklus-modelljei; a szolgáltatásbiztonságra tervezés folyamata.

Hibatűrő rendszerek tervezési mintái. Architekturális minták (pl. egyszerű replikáció, moduláris redundancia, helyreállítási blokkok); a hibadetektálás, -kezelés (pl. checkpoint, rollback, roll forward, failover, túlterhelés-kezelési minták) és -eltávolítás alapvető megoldásai.
Önmenedzselő rendszerek. Autonóm számítástechnika; a MAPE-K modell; eljárásrend alapú menedzsment; rendszerek rendszerei (System-of-Systems, SoS).
Skálázható platformok. Virtualizáció és konténerizáció; felhő, edge és fog számítástechnika. Ellenállóképesség biztosítása skálázás alapú platfomokon; chaos engineering.
Valósidejű kommunikáció alapú integráció. Architekturális paradigma, tipikus követelmények és kihívások; egy modern megoldás szolgáltatásminőségi garanciákkal: az OMG Data Distribution Service (DDS).
Megbízható csoportkommunikáció és elosztott döntések. Tagsági kép biztosítása elosztott rendszerekben; a multicast kommunikáció megoldásai; kétfázisú, háromfázisú commit és hibakezelésük.
Hibatűrő konszenzus. Alapvető kihívások és korlátok (a CAP tétel és kiterjesztései); az állapotgép-replikációs megközelítés; a Paxos és a Raft konszenzus protokollok.
Támadástűrő konszenzus. Hibatűrés nehezen detektálható (bizánci) hibák esetén; hatékony algoritmusok (a Practical Byzantine Fault Tolerance algoritmus és továbbfejlesztései).
Decentralizált rendszerek. Elosztott főkönyvi rendszerek és típusaik; az elosztott állapotgép probléma blokklánc alapú megoldása; Bitcoin; Proof of Work; Ethereum.
Konszenzus decentralizált rendszerekben. Decentralizált rendszerek konszenzusának kihívásai és az alapvető trade-offok; meghatározó protokollok, pl. Proof of Stake, Proof of Elapsed Time, delegált delegált bizánci hibatűrés, Proof of Authority konszenzus mechanizmusok és összehasonlításuk.
Decentralizált architektúrák. Reprezentatív architektúrák: Hyperledger Fabric, R3 Corda és openCBDC. Garancia-modellek és tipikus alkalmazások összehasonlítása. Okosszerződések kezelése az egyes platformokon, decentralizált megoldások integrációja.
Decentralizált rendszerek privát és auditálható számítási modelljei. Trusted computing megoldások alkalmazása a decentralizált rendszerekben; biztonságos többszereplős számítás; homomorf titkosítás; tudásmentes bizonyítás alapú megoldások (Zero-Knowledge Proofs).

Automatizált ellenőrzési technikák

Mellékspecializáció B tantárgy
(BMEVIMIMA29, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy olyan intelligens ellenőrzési technikákkal ismerteti meg a hallgatókat, amik manapság már automatizált eszközökben is elérhetők és amelyekkel garantálható a szoftverintenzív rendszerek minősége. Ilyen technikákra manapság már nem csupán a kritikus rendszerek esetén van szükség (ahol ezek alkalmazását legtöbbször szabvány írja elő), hanem már olyan mindennapi informatikai rendszerekben is elterjedtek, mint a fejlesztő eszközökben lévő elemzések vagy a felhő platformok és az üzleti információs rendszerek.

A tantárgy teljesítése után a hallgatók

- Átlátják az ellenőrzési folyamatokat, és ismerik, hogy az egyes fejlesztési fázisokban mely technikák alkalmazása javasolt.
- Képesek alkalmazni különböző tesztgenerálási technikákat.
- Ismerik az automatizált ellenőrzéshez szükséges népszerű matematikai és logikai következtetési módszereket és képesek ezek verifikációban történő alkalmazására.
- Ismerik a különböző statikus szoftverellenőrzési technikákat, és képesek statikus ellenőrző eszközöket feladatspecifikusan használni forráskódok átvizsgálására.
- Ismerik az extrafunkcionális jellemzők elemzésére használható módszereket (pl. megbízhatóság modellezése és vizsgálata).

2. A tantárgy tematikája

Áttekintés

Különböző ellenőrzési módszerek áttekintése és helyük az informatikai fejlesztési folyamatokban.

Szoftvertesztelés

Tesztelési módszerek és orákulumok (teszt orákulumok fajtái és szerepük a V&V során, metamorfikus tesztelés, regressziós tesztelés). Struktúra alapú teszttervezés (összetett lefedettségi kritériumok).

Modellalapú tesztgenerálás (tesztgenerálási algoritmusok, MBT folyamat, lefedettségi kritériumok).

Kód alapú tesztgenerálás (véletlen tesztgenerálás, fuzzing, dinamikus szimbolikus végrehajtás).

Logikai megoldó technológiák használata a verifikációban

Verifikációs problémák leképezése formális logikai és matematikai problémákra. Logikai megoldók fajtái és tipikus felhasználásuk: IP, LP és SAT megoldók.

Elsőrendű logikai feladatok a programverikációban, SMT megoldók felépítése és felhasználása.

Hatékony verifikáció komplex és objektumorientált programkódokhoz (bitvektor, tömbök, mutatók, aritmetikai műveletek). SMT megoldók szükséges mögöttes elméletei.

Statikus ellenőrzési technikák

A forráskódon használható statikus analízis eszközök típusai. Ellenőrzés által detektált tipikus hibák. Ellenőrzési módszerek és tulajdonságaik.

Szoftverek modellellenőrzése (vezérlési struktúra és adatfolyam ellenőrzése, formalizmusok szoftverkódok reprezentálására).

Statikus ellenőrzési módszerek és algoritmusok: absztrakt interpretáció, moduláris verifikáció.

Szolgáltatásbiztonság vizsgálata

Szolgáltatásbiztonsági követelmények modellezése (dinamikus hibafa, Markov-láncok).

Szolgáltatásbiztonsági követelmények ellenőrzése, kvalitatív és kvantitatív analízis.

Kitekintés

Esettanulmányok: Blokklánc és mesterséges intelligencia alapú rendszerek ellenőrzése

Vendégelőadás

Kritikus rendszerek laboratórium

Mellékspecializáció A labor

(BMEVIMIMB11, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy a Kritikus rendszerek mellékspecializáció tantárgyainak anyagához és a specializáció tématerületéhez kapcsolódó ismereteket mélyítse el laboratóriumi mérések segítségével.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő témakörökben kínál méréseket:

- Technológiai bemutató: a laboratórium során használt technológiai háttér bemutatása és megismerése
- Szakterület-specifikus nyelvek elemzése: szakterület-specifikus nyelvek automatikus elemzése logikai megoldók használatával.
- Programverifikáció I.: korlátos modellellenőrző algoritmus implementálása.
- Programverifikáció II.: absztrakcióalapú modellellenőrző algoritmus implementálása.
- Modellezés alkalmazása megbízhatósági vizsgálatokban: kvantitatív és kvalitatív módszerek kipróbálása a gyakorlatban, megbízhatóság számítása, probabilisztikus programozási környezetek használata.
- Szolgáltatásbiztonsági mérések elemzése I.: mérési adatok feldolgozása és vizsgálata felderítő adatelemzés segítségével.
- Szolgáltatásbiztonsági mérések elemzése II.: következtetés és elemzés Answer set programming (ASP) használatával.
- Elosztott rendszerek hibatűrése: hibatűrési minták használata elosztott rendszerekben.
- Okosszerződések használata: decentralizált rendszereken futó okosszerződések készítése és ellenőrzése.

V.4.1.5 Kvantuminformatika mellékspecializáció (HIT)

1. A specializáció megnevezése: Kvantuminformatika
(Quantum Informatics)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: HIT
4. Oktató tanszékek: HIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Imre Sándor egyetemi tanár (HIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A kvantumos elveken működő informatika és távközlés mára a technológiai fejlesztések útjára lépett. Szerte a világon sorra válnak hozzáférhetővé kvantumszámítógépek, illetve létesülnek teszthálózatok. Az Európai Unió 2016-ban hirdette meg vonatkozó programját a versenyelőny megszerzése érdekében. Ez a program évről évre mind tartalmát tekintve, mind finanszírozásilag jelentősen bővül. Mára mind több multinacionális cég alkalmaz szakembereket a kvantumos átállás előkészítésére miközben egyre több startup cég alakul világszerte.
A Kvantuminformatika mellékspecializáció elsődleges célkitűzése, hogy a hazai vállalatok és vállalkozások számára a kvantumos technológiák működési elveit és gyakorlati megvalósításait ismerő, a témakörben nemzetközi szinten is jól tájékozott kreatív mérnököket neveljen. Ennek érdekében mérnöki megközelítésben áttekintjük azokat a fizikai elveket, működési szabályokat, melyekre ez a szakterület épül. Bemutatjuk a kvantumszámítógépek hardver megoldásait és a meghatározó kvantumos programozási nyelveket. Áttekintjük a legfontosabb algoritmusokat és alkalmazási területeket (adatfeldolgozás, optimalizálás stb.). A hagyományos informatikához hasonlóan a kvantumszámítógépek hálózatba kapcsolásával minőségi előrelépés érhető el, ezért a specializációt választó hallgatók megismerkednek az optikai szál alapú és a műholdas kvantumkommunikációs rendszerekkel, melyek kiemelt alkalmazási területe – a kvantumszámítógépek összekacsolása mellett – a kvantumos elvekre épülő kriptográfia. Az előadások mellett a gyakorlatok keretében a hallgatók tervezési, elemzési feladatokba nyernek betekintést. A specializáció laboratóriumi foglalkozásai során pedig távoli hozzáféréssel kvantumszámítógépek programozásban szereznek gyakorlatot, illetve a hazai kvantumos hálózaton végeznek teszteléseket.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Kvantumszámítógépek és alkalmazásaik	A tantárgy	BMEVIHIMA24
Kvantumhálózatok	B tantárgy	BMEVIHIMA25
Kvantuminformatika laboratórium	A labor	BMEVIHIMB10

Kvantumszámítógépek és alkalmazásaik

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIHIMA24, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy fő célkitűzései egyfelől a kvantumszámítógépek működésére és programozására vonatkozó ismeretek átadása. Ezen belül a hallgatók megismerkednek a különféle kvantumszámítógépes architektúrákkal. Másfelől bemutatjuk a kvantumos algoritmusok tervezési módszertanát és a legfontosabb hatékony algoritmusokat, illetve azokat a korszerű kvantumszámítógép-programozási nyelveket, rendszereket, melyek lehetővé teszik ezek futtatását a kvantumszámítógépeken. Végezetül a hallgatók megismerkednek a kvantuminformatikai rendszerek minősítését lehetővé benchmarking technikákkal.

2. A tantárgy tematikája

Motivációk. A kvantuminformatika alkalmazásának lehetőségei. Kvantummechanikai alapok.
Kvantuminformatika posztulátumai: kvantumbit, műveletek, mérés, regiszter. Összefonódás (entanglement) és hatásai.
Bell-állapotok. EPR-paradoxon. Mérési technikák.: projektív és POVM mérés.
Kvantumszámítógépek működésének alapjai (No Cloning Theorem, szuperpozícióban levő kvantumbit előállítása, kvantumpárhuzamosság). A kvantumalgoritmusok tervezési módszertana.
Kvantuminformatikai algoritmusok: adatbáziskezelés (adott elem megkeresése, optimumkeresés, hibavalószínűség csökkentése)
Kvantuminformatikai algoritmusok: kvantum Fourier-transzformáció, rendkeresés, Shor-algoritmus
Posztkvantumkriptográfia
Kvantumszámítógépek fizikai architektúrái és aktuális megvalósításának áttekintése
Kvantumhardverek megvalósítási kihívásai (kvantumbitek, kvantumkapuk hibajavítása)
Kvantumszámítógépek bonyolultsági problémaosztálya
Kvantumszámítógépek: benchmarking (https://standards.ieee.org/ieee/7131/10681/)
Kvantumszámítógépek programozása
Kvantum mesterséges intelligencia
Félév végi összefoglalás. Kitekintés: kvantumszámítógépek piaca és jövője

Kvantumhálózatok

Mellékspecializáció B tantárgy
(BMEVIHIMA25, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja kvantumkommunikációs ismeretek átadása a hallgatók számára. A tantárgy célja elmagyarázni a kvantumkommunikációs hálózatok működési alapjait és megvilágítani kvantumkommunikáció fontosságát és alkalmazhatóságának sokszínűségét. A kapcsolódó kvantum-információelméleti alapfogalmak bevezetését követően a tantárgy kvantumkommunikációs hálózatokról nyújt alapos áttekintést, tárgyalva mind a kvantum alapú kulcsszétosztó (QKD) hálózatokat, mind az úgynevezett „beyond QKD” megoldásokat, amelyek a jövő kvantuminternetének alapját jelentik.

2. A tantárgy tematikája

A kvantumkommunikációs hálózatok működési modellje, alkalmazási területek.
Kvantum-információelméleti alapfogalmak. A kvantuminformatika sűrűségmátrixos jelölésrendszere. Posztulátumok sűrűségmátrixszal. Tiszta és kevert állapotok.
Egyszerű kvantumkommunikációs protokollok: teleportáció, szupersűrű tömörítés.
A kvantum alapú kulcsszétosztás alapprotokolljai. Előállít-és-megmér típusú QKD és összefonódáson alapuló QKD.
A QKD fizikai rétege felett: information reconcelation and privacy amplification
Nagy távolságú kvantumkulcsszétosztó rendszerek tervezési kérdései. Az ETSI QKD-szabványai.
Kvantum-entrópia fogalma, feltételes kvantum-entrópia, kölcsönös kvantum-információ, kvantum-relatív entrópia függvény, analógia klasszikus rendszerekkel. Kvantumcsatornák leírása és jellemzése. Alapvető kvantumcsatornák. Klasszikus és kvantum kapacitás definíciók. Holevo–tétel. Kapacitások meghatározása jellegzetes kvantumcsatornákra.
Kvantumcsatornák hibajavítása, kapcsolódó információelméleti korlátok. Hibajavító kódolások áttekintése, hatékonyság, fizikai megvalósítások tárgyalása.
A kvantuminternet architektúrája és protokollkészlete
A kvantum-jelismétlők (kvantum-repeaterek) működési elve és alkalmazásai telekommunikációs rendszerekben. Kvantummemória és kvantumjelismétlők fizikai felépítése
Összefonódás-megosztás protokollja és alkalmazásai. Kommunikáció zéró kapacitású csatornán - szuperaktiválás.
Optikai szálas kvantumkommunikációs rendszerek technológiai kihívásai
Szabadtéri és műholdas kvantumkommunikációs rendszerek technológiai kihívásai
Félév végi összefoglalás. Kitekintés: kvantumhálózatok piaca és jövője

Kvantuminformatika laboratórium

Mellékspecializáció A labor

(BMEVIHIMB10, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A laboratórium elsődleges célja a Kvantuminformatika mellékspecializáció két tantárgyában átadott ismeretek szemléltetése és elmélyítése a hallgatók személyes tapasztalatszerzése útján. A laboratórium keretében egyfelől lehetőség nyílik a korszerű kvantumprogramozási paradigmák kipróbálására, másfelől a BME saját fejlesztésű kvantumhálózatos rendszereinek, tesztelésére. Tekintettel arra, hogy az EU 2023-ban megkezdi a páneurópai kvantumhálózat kiépítését és a Műegyetem meghatározó hazai szereplője ennek a folyamatnak, lehetőséget kívánunk biztosítani a kiépülő hálózat megismerésére, gyakorlati tapasztalatok szerzésére.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:

- Bevezetés. Laborhasználati házirend áttekintése, a félév során használt mérési eszközök áttekintése.
- Műveletek a Bloch-gömbön
- Optikai kvantumkommunikáció alapjai: optikai szál, fényvezetés. A fényvezető szál tulajdonságainak mérése.
- Kvantuminformatikai alapjelenségek: interferometer és statisztika
- Kvantumkommunikáció alapjai: vezetett optikai csatorna tulajdonságai
- Fotonszámláló alkalmazási kérdései, egyfoton-detektorok: fotoelektron-sokszorozók, egyfoton-lavinadiódák. Fotoelektron-sokszorozó paramétereinek mérése, működtetésének bemutatása. Külső zaj hatásának áttekintése.
- Kvantum alapú véletlenszámok előállítása
- Kvantumszámítógépek programozása áramköri terv alapján
- Kvantumszámítógépek programozása utasításkészlettel
- Kvantumszámítógépes fejlesztőkörnyezetek: Q#
- Összefonódás mint erőforrás
- Szabadtéri kvantumkulcsszétosztás (időbélyeg, referenciajel)
- Etikus hackelés a QKD világában

V.4.1.6 Mobilszoftver-fejlesztés mellékspecializáció (AUT)

1. A specializáció megnevezése: Mobilszoftver-fejlesztés
(Mobile Software Development)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: AUT
4. Oktató tanszékek: AUT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Forstner Bertalan egyetemi docens (AUT)

6. A specializáció célkitűzése:
A Mobilszoftver-fejlesztés mellékspecializáció célja, hogy a hallgatókat megismertesse az általános mobilszoftverek tervezési és fejlesztési szempontjaival, a kurrens és jellemző technológiákkal, illetve a technológiából adódó kihívásokkal és a gyakorlatban leginkább bevált megoldásokkal. A hordozható számítástechnikából adódó kommunikációs, adatkezelési, adatbeviteli és adatmegjelenítési kihívások azonosítása után az aktuális és a közeljövőben várható megoldások vizsgálata és alkalmazása történik. A kurzusok alatt a hallgatók megismerik a hardver által jelentett korlátozásokra adott szoftveres válaszokat. Alapvető áttekintést és gyakorlatot szereznek a legfontosabb, illetve legelterjedtebb mobilplatformokra történő fejlesztésről. Hangsúlyt kap a különböző megközelítéssel történő multiplatform alkalmazások kialakítása, illetve a webes technológiákra épülő mobil szoftverek készítése. A mobil alkalmazásokra jellemző, hogy a felhasználói élmény meghatározó eleme az elkészült termék értékének, ezért a hallgatók külön előadások keretében foglalkoznak szoftverergonómiai kérdésekkel, valamint a felület igényes megvalósításának technológiájával. A laboratóriumi foglalkozások célja, hogy a hallgatók ipari minőségű gyakorlatot szerezzenek a különböző platformokra készített mobil projektek tervezésében, magas színvonalú megvalósításában, a tesztelés módszerességében, és így hosszútávon karbantartható szoftver termékeket legyenek képesek előállítani.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Mobilszoftver-platformok	A tantárgy	BMEVIAUMA25
Mobilszoftver-rendszerek fejlesztése	B tantárgy	BMEVIAUMA26
Mobilszoftver laboratórium	A labor	BMEVIAUMB02

Mobilszoftver-platformok

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIAUMA25, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a hallgatókkal megismertesse a tipikus, mobilszoftvert alkalmazó rendszereket, valamint a szoftverek kialakításához szükséges, legelterjedtebb megközelítéseket és platformokat.

2. A tantárgy tematikája
Ismertetésre kerülnek a mobilplatformokhoz kapcsolódó alapelvek. Áttekintjük az aktuálisan legelterjedtebb platformokat. Megismerkedünk a platformfüggetlenség és keresztplatformos fejlesztés fogalmaival.
Áttekintjük az Android platform alapjait és a főbb alkalmazás komponenseket mélyebb szinten. Alkalmazások lazán csatolt architektúrája, komponensek kommunikációja. Az előadás részét képezi az instant (telepítés nélküli) alkalmazások bemutatása is.
Az előadás témája az összetett felhasználói felülettervezés Android környezetben, layout-ok és vezérlők felhasználása, testreszabása, képernyő méret függetlenség, tablet, telefon, és egyéb eszköz egyidejű támogatása. Megvizsgáljuk a Fragmentek és a ConstraintLayout működését.

Áttekintjük a hálózati kommunikáció lehetőségeit Android környezetben. Megvizsgáljuk, hogyan lehet elérni a beépített alkalmazásokat, feliratkozni rendszer eseményekre és felüldefiniálni az alapértelmezett viselkedést.

Az előadáson egyrészt a Google Play szolgáltatásaival, másrészt pedig a helyfüggő Android alkalmazások készítésével foglalkozunk (fused location, proximity alert stb.) Megismerkedünk a térképek és overlay megjelenítési technikák használatával.

Az előadás fő témája az iOS platform alapjainak bemutatása. Megismerkedünk a platform jellegzetességeivel és a Swift programozási nyelv alapjaival.

Az előadás témája a felhasználói felületek készítése iOS alkalmazásokhoz: Storyboard, Segue, View Controllerek bemutatása. Áttekintjük a platformra jellemző design alapelveket. Megismerkedünk a többnézetes iOS alkalmazások készítésének alapjaival (Navigation Controller, Tab Bar Controller).

Az előadáson ismertetjük az egyik leggyakrabban használt iOS-es komponenst, a Table View-t. Megismerjük az iOS alkalmazások életciklusát. Szó lesz az animációkról és az alkalmazások közti kommunikációs lehetőségekről. Áttekintjük az alkalmazások és a rendszer védelmi mechanizmusait (pl. sandboxing) és néhány adattárolási megoldást.

Az előadás témája az Apple fejlesztői szolgáltatások ismertetése (pl. Push Notification, iCloud). Megvizsgáljuk a rendszeralkalmazások kibővítésének lehetőségeit, és az alkalmazások közötti integrációs lehetőségeket (pl. widgetek és dokumentumszolgáltatók).

Bemutatjuk a keresztplatformos mobil alkalmazás fejlesztés koncepcióját. Megvizsgáljuk a .NET alapú Xamarin keretrendszert és fejlesztőkörnyezet és fejlesztési folyamatot. Ismertetjük a szorosan kapcsolódó szoftverfejlesztési technikákat, tervezési mintákat (DI, IoC).

Platformfüggetlen felhasználói felület programozása Xamarin.Forms keretrendszerrel XAML nyelven. Áttekintjük a legfontosabb koncepciókat: vezérlők, erőforrások, stílusok, navigáció. Továbbá téma az MVVM tervezési minta alkalmazása Xamarin.Forms alkalmazások esetében.

Megismerkedünk a Flutter keretrendszer felépítésével, működésével. Megvizsgáljuk a Dart programozási nyelv érdekességeit, különlegességeit, illetve eltéréseit más nyelvekhez képest.

A Flutter fő komponensének, a Widgetnek az ismertetése kerül sor. Pár egyszerű felületi elem kerül bemutatásra. Megismerjük a StatelessWidget és StatefulWidget osztályokat. Megvizsgáljuk a Material Design által használt elemeket.

Megvizsgáljuk egy általános Flutter projekt felépítését. Ismertetésre kerül az oldalak közötti navigációhoz használt Navigator osztály. Végül a kódgenerátorok fontossága kerül bemutatásra.

Mobilszoftver-rendszerek fejlesztése

Mellékspecializáció B tantárgy

(BMEVIAUMA26, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a mobilszoftver-tervezés és fejlesztés általánosan érvényes irányelveinek bemutatása, valamint mérnöki szemlélet kialakítása a területen.

2. A tantárgy tematikája

Az előadáson a bevezetés után a mobilszoftver-specifikáció kérdéseinek és platformválasztásnak a körüljárása történik. A formális specifikáció elkészítése mellett megvizsgáljuk a platformfüggetlen, illetve hordozható részek kiemelését. Átnézzük, milyen szempontokat kell figyelembe venni mobil alkalmazás tervezésénél.

A felhasználói felület kapcsán kitérünk a képernyőképek tervezésére, illetve a fragmentációra való felkészülésre. A csak tablet- illetve csak mobiltelefon-felület tervezésének különbségeit is vizsgáljuk. Bemutatjuk a platformspecifikus vs. generikus felhasználói felület közti különbségeket. Körüljárjuk a mock alkalmazások készítésének lehetőségét. Feltárjuk, milyen felhasználói élmény emelésére alkalmas szempontokra kell figyelni.

Az előadáson körbejárjuk az adatréteg tervezés kérdéseit, az adattárolás helyét, illetve a backenddel való szinkronizáció lehetőségeit, típusait. Bemutatunk elterjedt mobilos ORM megoldásokat.

A tanóra témája a Kommunikációs réteg tervezése. Bemutatjuk, hogyan kell egyedi kommunikációs protokoll tervezni és leírni, megvalósítani. Átvesszük az kapcsolódó eljárásokat és technikákat (mint a

REST, az XML vs. JSON, illetve különböző, ezt támogató kódkönyvtárak). Megvizsgáljuk a Push üzenetek szerepét és használatát. Megvizsgáljuk a kommunikációs réteg tesztelésének módjait, illetve további stratégiákat (pl. Cache, hálózat elérhetősége).

A mobil alkalmazások kapcsán vizsgáljuk a közösségi rendszerekkel való integráció lehetőségét. Ennek kapcsán részletesebben nézzük az OAuth megvalósítását. Áttekintjük a gyakori közösségi site-ok szolgáltatásait és integrációjukat.

Az óra tematikája a „Backend as a service" koncepció bemutatása, elemzése, illetve használata. Ennek kapcsán megvizsgálunk több BaaS típust és képességeiket.

Az előadáson a csapatban történő mobilszoftver fejlesztés kihívásaival foglalkozunk. Ennek részeként áttekintjük a verziókövetés, build szerverek, continuous integration, illetve a kódmetrika és automatikus kódmetrika report készítésének lehetőségeit.

Az előadás témája a külső (vezetéknélküli) eszközök integrálása. Megvizsgáljuk a korszerű technológiákat (BLE, NFC, Zigbee/Z-Wave). Emellett szintén az óra anyaga a hordható informatika és integrációja (Google wear, okosszemüveg, orvosi eszközök stb.)

Az óra keretein belül megismerkedünk a mobilszoftverek tesztelési kérdéseivel, illetve a TDD, BDD módszertanokkal.

A tesztelési kérdések kapcsán ezen az előadáson a felhasználói felület tesztekkel, automatizált UI teszteléssel foglalkozunk.

A tanóra anyaga az analitikai és loggolási funkciók beépítése, illetve ezekhez külső szolgáltatások integrációja. Az óra bemutatja a crash reporting megoldásokat és jelentőségüket. Az analitika egy területeként kitérünk a felhasználói felület használatának mérésére, hőtérkép készítésére, illetve az A/B tesztelésre.

Bemutatjuk a mobil piacterekre lépés feladatait, az alkalmazás publikálás elemeit. Az előadás bemutatja, hogyan tervezzük meg a mobil alkalmazásunk béta-programját.

Áttekintjük az elterjedt alkalmazás-finanszírozási modelleket, úgymint: paid, ad-supported, freemium, in-app purchase, enterprise, illetve ezek szoftveres támogatását. Szintén elemezzük a szoftver életciklus kezelés és frissítés módjait.

Mobilszoftver laboratórium

Mellékspecializáció A labor

(BMEVIAUMB02, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A laboratórium célja a Mobilszoftver-platformok, illetve Mobilszoftver-rendszerek fejlesztése tantárgyakon tanultak személyes alkalmazása és elmélyítése laboratóriumi mérések elvégzésével.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:

- iOS labor. A labor során elkészített alkalmazás egy iPhone mobil kliens lesz, mely egy szerverhez kapcsolódik, ahol felhasználók koordinátáit és státuszát lehet eltárolni, illetve lekérdezni. A kliens meg fogja jeleníteni az összes felhasználót egy listában, illetve egy térkép nézeten.
- iOS labor. A labor során elkészített alkalmazás az iOS által nyújtott különböző UI technológiákat mutatja be. A labor során érintett témák: Auto LayoutAdaptive Layout, StackView, CollectionView
- Android labor: Specifikáció, actorok, use-case-ek, user-story-k
- UI és UX tervezés labor: Specifikáció alapján UI tervezés, content és lo-fi wireframek készítése, JustInMind eszköz megismerése
- Android labor: Architektúra kialakítása, környezet összeállítása (Jenkins, Git, flavor-ök), alkalmazás skeleton készítése
- Android labor: Hálózati kommunikáció tervezése és implementálása, mock kommunikációs réteg.
- Android labor: Adatmodell és ORM réteg implementálása. Mock adatréteg (flavor).
- Android labor: Felület implementáció, logikai implementáció, alkalmazás funkcionális befejezése, unit tesztek készítése.
- Android labor: Analitika (Google Analytics, Crashlytics) hozzáadása, automatizált UI tesztek elkészítése.

V.4.1.7 Számításelmélet mellékspecializáció (SZIT)

1. A specializáció megnevezése: Számításelmélet
(Theory of Computation)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: SZIT
4. Oktató tanszékek: SZIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Katona Gyula egyetemi docens (SZIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A holnap informatikájának egyik kulcskérdése az, hogy a számítógépek közelebb kerüljenek a különböző típusú felhasználóikhoz. A BME VIK mérnökinformatikus MSc képzés részét képező számításelméleti mellékspecializáció felsorakoztatja az ehhez szükséges új matematikai módszereket és az ezekre épülő technológiákat.
Az algoritmustervezés és bonyolultságelmélet területén a hallgatók tovább mélyíthetik az Algoritmuselmélet tantárgyban megszerzett ismereteiket. A témák között szerepelnek kvantum, elosztott, online és párhuzamos algoritmusok, véletlen gráfmodellek, paraméteres és kommunikációs bonyolultság.

Gráfelmélet területén a Bevezetés a számításelméletbe 2 tantárgyban megszerzett tudás fejleszthető tovább. Nehezebb gráfelméleti eredmények mellett szó lesz a gráfok általánosításairól a hipergráfokról valamint extremális halmazrendszerekről is.
A mellékspecializáció labor tantárgya A Deklaratív programozás tantárgy folytatása. További témákat ismerhetnek meg a hallgatók a funkcionális, ill. korlát (constraint) alapokon nyugvó, deklaratív programozási nyelvek témakörében, valamint ezek gyakorlati alkalmazásairól is tanulhatnak.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Algoritmusok és bonyolultságuk	A tantárgy	BMEVISZMA14
Gráfok, hipergráfok és alkalmazásaik	B tantárgy	BMEVISZMA15
Nagyhatékonyságú deklaratív programozás laboratórium	A labor	BMEVISZMB01

Algoritmusok és bonyolultságuk

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVISZMA14, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja az algoritmikus gondolkodás fejlesztése, további módszerek, technikák megismerése. A hallgatók betekintést kapnak nem csak a klasszikus, de az újabb és jövőbeli eszközökkel kapcsolatos eredményekbe, kérdésekbe is. Az aktuális témák és időzítésük a hallgatói érdeklődés függvényében valamennyire változhatnak. Cél, hogy mindenki, általában angol nyelvű anyagok alapján, egy témakört önállóan is feldolgozzon, majd prezentálja a többieknek.
A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatóktól elvárható, hogy:
(1) ismerjék meg a tárgyalt módszereket, képesek legyenek oktatói segítséggel egy kisebb témakört önállóan is feldolgozni,
(2) átlássák a módszerek helyességét és ezt világos módon el is tudják magyarázni,
(3) képesek legyenek egy nagyobb anyagból kiválasztani az érdekes és releváns részeket,
(4) felismerjék az egyes anyagrészek közötti kapcsolatokat, alkalmazási lehetőségeiket valós problémákra.

2. A tantárgy tematikája

A várható témakörök megbeszélése, annak felmérése, ki milyen témákkal szeretne mélyebben foglalkozni. A kvantumalgoritmusok alapjai.

Hatékony keresés kvantumalgoritmussal. A kvantumtitkosítás alapmódszere.

Interaktív bizonyítások – az NP osztály kiterjesztése. Az AM és az IP osztályok, IP=PSPACE, a PCP alapötlete.

Kommunikációs bonyolultság alapfeladata, determinisztikus és nemdeterminisztikus változata, ezek kapcsolata. Példa, amikor a véletlen segíthet.

Gyakorlati mintaillesztő algoritmusok: Boyer-Moore algoritmus és egyéb heurisztikák.

Párhuzamos algoritmusok: a PRAM modell különböző változatai. Algoritmus néhány alapvető függvényre. Bináris fa alapú algoritmusok. A processzorszám csökkentése, Brent-elv.

Batcher párhuzamos rendező algoritmusa. Párhuzamos prefix-számítás és alkalmazásai. A rang meghatározása.

Elosztott algoritmusok: elméleti modell. Vezetőválasztás gyűrűben szinkron és aszinkron esetben. Általánosítás tetszőleges összefüggő gráfra. Alsó becslés.

Elosztott algoritmus hibák esetén. A vonalhiba esete. Algoritmus leállási hibákra. Tetszőleges (bizánci) hibák kezelése. A maximálisan tolerálható hibás processzorok száma.

Hálózati topológiák pl. rács, CCC, pillangó, Benes-hálózat gráfelméleti tulajdonságai (legrövidebb utak, átmérő, vágások, összefüggőségi szám), egymásba ágyazhatóságuk, algoritmikus szempontok.

Véletlen gráfok különböző modelljei, alaptulajdonságuk (pl. fokszámok, utak, összefüggőség). Véletlen gráfok, mint hálózati modellek.

On-line algoritmusok: modell, hatékonyság mérése. A listaelérési feladat, dinamikus adatszerkezetek, k-szerver probléma, népszerű ütemező eljárások elemzése.

Paraméteres bonyolultság: NP-nehéz de kis paraméterérték mellet gyorsan megoldható feladatok. Keresőfa korlátozása és a kernelizációs módszer. W[1]-teljesség.

Gráfok, hipergráfok és alkalmazásaik

Mellékspecializáció B tantárgy

(BMEVISZMA15, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy fő célja a hallgatók gráfelméleti ismereteinek bővítése, a hipergráfok elmélete néhány fontosabb eredményének bemutatása és ezáltal a diszkrét matematikai gondolkodás fejlesztése. Hangsúlyosan be kívánja mutatni a hipergráf fogalom különféle nézőpontjait (gráfok általánosításai, halmazrendszerek, az élek karakterisztikus vektorainak halmazai, kódok), megismertetni a különböző nézőpontok előnyeit és rutinszerűvé tenni a közöttük való átjárást. Ezzel összefüggő cél a hallgatók azon készségének fejlesztése, hogy a gyakorlatban felmerülő problémák felvetette elméleti kérdéseket észrevegyék és meg tudják fogalmazni.

2. A tantárgy tematikája

Párosítási és élszínezési eredmények, stabil párosítások, Gale-Shapley tétel és alkalmazása felvételi és egyéb pályázati rendszerekben.

Listaszínezés, listaszínezési sejtés, Galvin-tétel, síkgráfok listaszínezése

Hipergráfok fogalma, nézőpontjai: gráfok általánosításai, halmazrendszerek, 0-1 sorozatok halmazai, bináris kódok

Gráfelméleti eredmények általánosításai: Baranyai tétele, Ryser-sejtés

Nevezetes extremális halmazelméleti eredmények: Sperner-tétel, LYM-egyenlőtlenség, Bollobás-egyenlőtlenség, Ahlswede-Zhang azonosság, Erdős-Ko-Rado tétel, Kruskal-Katona tétel

Ramsey tétele gráfokra és hipergráfokra, geometriai alkalmazások

Lineáris algebra alkalmazására példák: Fisher-egyenlőtlenség, Páratlanváros-tétel,

Frankl-Wilson tétel, Graham-Pollak tétel

Erdős-Katona sejtés és Shearer-féle cáfolata, a probléma kódelméleti interpretálása, bináris szorzócsatorna kapacitástartománya,

Frankl-Füredi és Tolhuizen vonatkozó eredményei.
További geometriai alkalmazások: Chvátal "art gallery" tétele, Borsuk-sejtés Kahn-Kalai-Nilli féle cáfolata
Részben rendezett halmazok, Dilworth-tétel, perfekt gráfok és poliéderes jellemzésük, imperfektségi hányados, kapcsolat frekvenciakiosztási problémákkal.

Nagyhatékonyságú deklaratív programozás laboratórium

Mellékspecializáció A labor
(BMEVISZMB01, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A Deklaratív Programozás c. BSc tantárgy keretében szerzett tudás elmélyítése, kiterjesztése a korlát-logikai programozás (constraint logic programming, CLP) területére. A CLP elméleti alapjainak és megvalósításainak megismertetése, a korlát-programozás módszereinek áttekintése és gyakoroltatása.

2. A tantárgy tematikája

A CLP alapjai (a CLP(X) séma, példák), CLP megvalósításhoz szükséges haladó Prolog eszközök (blokkolás, korutin-szervezés, korutin-szervező eljárások Prologban, példák korutinok alkalmazására, kifejezések testreszabott kiírása)
CLP(MiniNat) esettanulmány (kvázi-CLP nyelv természetes számokra), a CLP(MiniNat) megvalósítása a tanult haladó Prolog eszközök segítségével.
A SICStus Prolog clpq és clpr könyvtára, használatuk és működési elveik, példák a könyvtárak használatára és működésére, esettanulmány: tökéletes téglalapok
A korlát logikai programozás elmélete (CLP szintaxis, deklaratív szemantika, procedurális szemantika, következtetés folyamata). A SICStus Prolog clpb könyvtára (a könyvtár használata és működése, példák)
A CLP(FD) alapjai, bevezetés a SICStus Prolog clpfd könyvtárának használatába, elméleti háttér: korlát-kielégítési problémák (CSP), egyszerű és összetett korlátok, halmazkorlátok és aritmetikai korlátok, példák a clpfd könyvtár használatára
Konzisztencia és szűkítési szintek, a korlátok végrehajtása, klasszikus CSP feladatok (zebra feladat, n királynő probléma, mágikus sorozatok), redundáns korlátok.
Reifikáció, logikai korlátok, korlátok levezethetősége, globális aritmetikai korlátok, clpfd segédeljárások, FD-halmazok, címkézés (címkézési eljárások, címkézési opciók, a címkézés testreszabása), 2. kis házi feladat kiadása
Felhasználói korlátok definiálási lehetőségei: globális korlátok és FD-predikátumok. Globális korlátok megadásának módja, a szűkítést végző kampó-eljárások szerkezete.
FD-predikátumok: indexikálisok és tartománykifejezések, reifikáláshoz szükséges további FD-klózok, indexikálisok jelentése, korlátok fordítása indexikálisokká.
A SICStus clpfd beépített kombinatorikus korlátai: számlálás és különbözőség, általános relációk megadása (párokkal, gráfokkal, táblázattal, automatával), gráf-korlátok, ütemezés, pakolás. Példák ezek alkalmazására
CLP(FD) nyomkövetés az FDBG könyvtár segítségével (használat, testreszabás, saját megjelenítő írása)
Összetett CLP(FD) esettanulmányok (négyzetdarabolás, torpedó, dominó): modellezés, korlátok megválasztása, hatékony keresés
A CHR (Constraint Handling Rules) generikus korlát-programozási eszköz, CHR szabályok megadása és végrehajtása, példák a CHR alkalmazására

V.4.1.8 Szenzorrendszerek mellékspecializáció (EET-ETT)

1. A specializáció megnevezése: Szenzorrendszerek
(Sensor Systems)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: ETT
4. Oktató tanszékek: EET, ETT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Géczy Attila egyetemi docens (ETT)

6. A specializáció célkitűzése:
A mellékspecializáció célja, hogy a hallgató megismerkedjen a szenzorokkal kapcsolatos alapfogalmak rendszerével, szenzorok működési elveivel és előállítási technológiáival, szenzorok eszközstruktúráival. A technológiai megoldások, szenzorok példáján keresztül cél továbbá az alapeffektusok, mint a hőmérséklet, mechanikai terhelés, sugárzás és kémiai tulajdonságok mérési módszereinek bemutatása. Végezetül a beavatkozók áttekintésével egészül ki a mellékspecializáció tematikája. A mellékspecializáció különös hangsúlyt fektet arra, hogy a hallgatók a rendszertechnikai alapokat is elsajátítsák, annak érdekében, hogy a bemutatásra kerülő orvosi- biológiai, autóipari, gyártósori és további, kereskedelmi forgalomban elérhető szenzorrendszerekkel kapcsolatos esettanulmányok szemléleti értelmezése az önálló munkavégzésben is felhasználásra kerüljön.
A modern intelligens szenzorokból nyert adatok előfeldolgozásának különböző módszerei is áttekintésre kerülnek. A digitális kimenetek feldolgozását kétféle megközelítéssel vizsgálják a hallgatók, programozható logikai eszköz, valamint perifériavezérlőkkel ellátott mikrokontroller segítségével. Az alkalmazástechnikai sajátosságok mentén a gyakorlatiasságra törekszik a tananyag, a szenzorikára jellemző konkrét problémák és az azokra adható jól bevált megoldások részletes ismertetésével.
A gyakorlatok és laborfoglalkozások célja, hogy a hallgatók képesek legyenek a rendelkezésre álló alkalmazott, intelligens szenzorikai fejlesztőeszközök megismerésével szenzor köré rendezett mérőrendszert építeni és azt mérnöki szemléletben, önállóan kidolgozni, tesztelni, alkalmazni.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Szenzorok rendszertechnikája	A tantárgy	BMEVIETMA17
Érzékelő eszközök hardver-szoftver integrációja	B tantárgy	BMEVIEEMA12
Alkalmazott szenzorika laboratórium	A labor	BMEVIETMB05

Szenzorok rendszertechnikája

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIETMA17, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal a villamos és optikai jeleket szolgáltató érzékelők és beavatkozók főbb típusait, működésük alapelveit, a technológiáikat és alkalmazási lehetőségeit.
A technológiai alapokon felül a tantárgy valós példákon keresztül, széles spektrumban mutatja be a szenzorok hasznosulását és alkalmazási lehetőségeit.

2. A tantárgy tematikája
Érzékelőkkel kapcsolatos alapfogalmak: az érzékelők fogalma, felosztása, jellemzői, intelligens és integrált érzékelők, újszerű követelmények.
Előállítási technológiák. Speciális anyagtípusok és technológiák (a szilícium anizotróp maratása, a felületi mikromegmunkálás). Szervetlen és polimer rétegek leválasztása.
Eszközstruktúrák az érzékelőkben: Impedancia szerkezetek, félvezető eszközök, kalorimetrikus, rezonátor és száloptikai típusok.

Alapeffektusok: A hőmérséklet hatásai: termorezisztív és termoelektromos, piroelektromos effektus. Mechanikai feszültség és deformáció hatásai: piezoelektromos, piezorezisztív effektus, kapacitásváltozás, elektretek alkalmazása. Hagyományos mechanikai érzékelő típusok: elmozdulás, deformáció, erő-, nyomás- és gyorsulásérzékelők. Szilícium alapú erő-, nyomás- és gyorsulásérzékelők, a hőfokkompenzálás kérdései. Sugárzások hatásai: termikus és kvantum effektusok.

Sugárzásérzékelők: termikus típusok és foton-detektorok. A mágneses tér hatásai: töltéseltérítés Hall-effektus, magnetorezisztív effektus, hatás a szupravezetésre. A kémiai jelátalakítás molekuláris kölcsönhatásai: adszorpció, abszorpció, ionkicserélődés, a kémiai optikai jelátalakítás lehetőségei, biokatalitikus folyamatok. Félvezető oxid alapú vékony- és vastagréteg gázérzékelők, a működés alapjai, jellemzők. Szilícium alapú kémiai érzékelő eszközök: gázérzékelő és ion-érzékelő FET-ek. A szelektív kémiai érzékelés problematikája, lehetséges megoldásai.

A beavatkozók (aktuátorok) felosztása, működése. Piezoelektromos beavatkozók, mozgatók. Szervomotorok, léptetőmotorok. Magnetosztrikciós aktuátorok.

A mikromechanika alapjai elektrosztatikus mikromotorok, szilícium alapú mikroaktuátorok, szelepek, optikai eltérítők, összetett beavatkozó rendszerek. Mikro-elektromachanikai rendszerek (MEMS).

Fotometriai alapozás, látás szenzorok segítségével. A technológiai anyagrész átfogó áttekintése.

Rendszertechnikai alapok. Analóg szenzorok illesztése. Digitális szenzorok illesztése és kódolási módszerek. Speciális jelátviteli módszerek (fény, rádiófrekvencia). Távadók - analóg/digitális.

Rendszertechnikai alapok, szenzorok vezetékes és vezeték nélküli kommunikációja.

Környezetvédelem és biztonság autóelektronikai érzékelőkkel megvalósítva; ABS, ASR, ESP; Gépjárművek káros anyag kibocsátásának szabályozása, előírások, lambda szondás szabályozási kör; Részecskeszűrők. Esettanulmány.

Termikus érzékelők és alkalmazásaik; Kontakt és kontaktmentes hőmérők; Különböző gyártók termékeinek bemutatása. Ismerkedés a mérőeszközökkel.; Hőmérő elemek az elektronikai gyártástechnológiában;

Nyomásmérők és alkalmazásaik, aktuátorok és nyomásmérők fúziója;

Érzékelő eszközök hardver-szoftver integrációja

Mellékspecializáció A tantárgy

(BMEVIEEMA12, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a modern intelligens szenzorokból nyert adatok előfeldolgozásának különböző módszereit és technológiáit tárgyalja. Az intelligens szenzorok általános felépítésének rövid összefoglalása után a tantárgy azokra az eszközökre koncentrál, amelyek digitális kimenetet (bináris vektor vagy bináris periodikus jel) állítanak elő. E szenzoreszközök kimenetének feldolgozását a tantárgy kétféle megközelítésben tárgyalja. Az első megközelítésben a szenzor kimenetének feldolgozására programozható logikai eszközt, a másikban a megfelelő perifériavezérlőkkel ellátott mikrokontrollert feltételezünk. A tantárgy e két legjellemzőbbnek tekintett, előfeldolgozásra alkalmas technológia bemutatása során – azok általános alkalmazástechnikai sajátosságait nem elhanyagolva – gyakorlatiasságra törekszik, a szenzorikára jellemző konkrét problémák és az azokra adható jól bevált megoldások részletes ismertetésével. A tantárgyhoz tartozó előadássorozatot ipari partnerek által bemutatott esettanulmányok zárják.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés érzékelés, érzékelők általában, transzducer + kiolvasó áramkör + erősítő + A/D + interfész logika + μP, szenzorok típusai, generációk.

Az analóg jelformálás alapjai. Erősítők alapfogalmai, műveleti erősítő, hídkapcsolás.

A/D és D/A átalakítás: analóg multiplexer, mintavevő-tartó, komparátor, alapvető A/D és D/A megoldások, átalakítók hibái, frekvencia-kimenetű A/D-átalakítás (VCO)

Digitális előfeldolgozás bevezető: szenzorok digitális kimenetének feldolgozása mikrokontrollerrel vagy programozható logikai eszközzel, bináris vektor kimenetű A/D interfészek (párhuzamos, soros interfészek, SPI, I2C, TWI, CAN stb.), frekvencia-kimenet feldolgozása
Digitális interfészlogikák I.: a tervezés folyamata, RTL tervezés
Digitális interfészlogikák II.: RTL modellek verifikációjának alapjai, egyszerű HDL verifikációs környezetek, HDL modellek szimulációja
Digitális interfészlogikák III.: A/D-k tipikus interfész-logikái RTL szinten, HDL modellek (UART/SPI/I2C)
Digitális interfészlogikák IV.: Frekvencia kimenetű szenzorok digitális interfészlogikái, frekvencia vs. periódusidő-mérés RTL megvalósítása
Mikrokontrollerek és soft-core processzorok felépítése, általános jellemzőik, processzorbuszok (AMBA, AXI, WISHBONE, AVALON stb.)
Mikrokontrollerek, beágyazott processzorok és perifériáik programozása C és C++ nyelven. A C/C++ nyelv hardverközeli használata
Adatfeldolgozás beágyazott processzorral, kommunikáció megvalósítása. Energiahatékonyság.
Ipari esettanulmány I. - autóipari szakember vendégelőadása
Ipari esettanulmány II. - félvezetőipari szakember vendégelőadása

Alkalmazott szenzorika laboratórium

Mellékspecializáció A labor
(BMEVIETMB05, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése
A laboratóriumi gyakorlatok célja a leggyakrabban alkalmazott szenzor típusok megismerése működés közben, az alkalmazástechnika és rendszerbeépítés problémáinak tanulmányozása, a hitelesítés és mérés módszereinek megismerése. A tantárgy célja továbbá, hogy a rendelkezésre álló korszerű fejlesztőeszközökön keresztül a hallgató képes legyen önállóan felépíteni egy alkalmazott szenzorikai mérőrendszert.

2. A tantárgy tematikája
A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:
- Bevezető mérés, elvárások, projekt témák egyeztetése, munka- és balesetvédelem.
- Alkalmazott szenzorikai fejlesztőeszközök bemutatása. Fejlesztőrendszer alapjainak ismertetése, digitális és analóg illesztés, shieldek, szenzor modul (breakout) élesztése, alapszintű mérésekkel.
- Szenzorok illesztése virtuális műszerekhez, azok alkalmazása szenzoros mérésekhez. Virtuális műszer validálása.
- Környezeti szenzorok vizsgálata ipari minőségű szenzorklaszterek segítségével. Ambiens hőmérsékletmérés, nyomás, páratartalom. Megjelenítési lehetőségek.
- Orvosbiológiai alkalmazású szenzorok vezetett mérés.
- Projekt fejlesztési folyamat áttekintése, irodalmazás áttekintése, dashboard kialakítási lehetőségek bemutatása.
- Ipari hőmérséklet és nyomásmérés az a mikroelektronika típuspéldáin keresztül.
- MEMS szenzorok.
- Projekt fejlesztés bemérése, validáció, laboratóriumi és terepi mérések összehasonlítása.
- Projekt fejlesztés bemutatása, műszaki tanulságok levonása, továbbfejlesztési lehetőségek áttekintése.

V.4.2 Projekttantárgyak

A mesterképzés keretein belül a hallgatók ún. projekttantárgyakat vesznek fel, melyek az általuk választott fő-, vagy mellékspecializációhoz kapcsolódik. Ezek a tantárgyak rendre az első szemesztertől kezdődően az Önálló laboratórium 1, Önálló laboratórium 2, Szakmai gyakorlat (kritérium tantárgy), majd a Diplomatervezés 1 és Diplomatervezés 2. Ezen tantárgyakban a hallgatók néhány fős csoportokban, vagy önállóan oldanak meg nagyobb méretű műszaki feladatokat (projekteket), egy-egy téma akár több tantárgy keretein is átívelhet (minden egyes tantárgy számára konkrét, önállóan értékelhető részfeladatot megfogalmazva). A projekttantárgyakat a hallgatók kizárólag valamelyik specializációra való besorolásukat követően vehetik fel, a felvétel szabályait részletesen az MSc specializációválasztási szabályzat tartalmazza.

Önálló laboratórium 1

(szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 1., 0/0/3/f/5 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUML10	Önálló laboratórium 1	AUT
BMEVIEEML10	Önálló laboratórium 1	EET
BMEVIETML10	Önálló laboratórium 1	ETT
BMEVIHIML10	Önálló laboratórium 1	HIT
BMEVIHVML10	Önálló laboratórium 1	HVT
BMEVIIIML10	Önálló laboratórium 1	IIT
BMEVIMIML10	Önálló laboratórium 1	MIT
BMEVISZML10	Önálló laboratórium 1	SZIT
BMEVITMML10	Önálló laboratórium 1	TMIT
BMEVIVEML10	Önálló laboratórium 1	VET

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy két féléve során a hallgatók komplex mérnöki feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a mérnöki munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. A két féléves Önálló laboratórium tantárgy felkészít a szintén két féléves Diplomatervezés tantárgy elvégzésére.

Az első félév programja a téma kiválasztása, a feladat részletes specifikálása, a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

2. A tantárgy tematikája

Az oktatási időszak első hetében (a regisztrációs hetet követően) a hallgatók jelentkeznek a meghirdetett konkrét témákra, vagy témacsoportokra, a leendő konzulenssel egyeztetve a feladatot. Célszerű a téma kiválasztása ügyében a tanszéket a félévet megelőző vizsgaidőszakban felkeresni, amennyiben ez lehetséges.

A félév elején a hallgatók a konzulenssel közösen elkészítik a feladatok kiírását és ütemezését. A feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

A tantárgy első félévének végén mindenkinek be kell számolni a félév során végzett munkáról. A beszámoló szóbeli és írásbeli részt tartalmaz. A beszámoló konkrét formai követelményeit és ütemezését a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi

végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a hallgató tevékenysége.
Az önálló laboratóriumi feladat külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső témához hasonló módon előre egyeztetni kell a felvett tantárgyat gondozó tanszékkel. A hallgató munkájáról a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a konzulens értékel. A külföldön készített munkáról ugyanúgy kell beszámolni, mint az itthon kidolgozott feladatok esetében.
Két vagy több hallgató részére közös témát is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.

Önálló laboratórium 2

(szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUML11	Önálló laboratórium 2	AUT
BMEVIEEML11	Önálló laboratórium 2	EET
BMEVIETML11	Önálló laboratórium 2	ETT
BMEVIHIML11	Önálló laboratórium 2	HIT
BMEVIHVML11	Önálló laboratórium 2	HVT
BMEVIIIML11	Önálló laboratórium 2	IIT
BMEVIMIML11	Önálló laboratórium 2	MIT
BMEVISZML11	Önálló laboratórium 2	SZIT
BMEVITMML11	Önálló laboratórium 2	TMIT
BMEVIVEML11	Önálló laboratórium 2	VET

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy két féléve során a hallgatók komplex mérnöki feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a mérnöki munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. A két féléves Önálló laboratórium tantárgy felkészít a szintén két féléves Diplomatervezés tantárgy elvégzésére.
A második félév programja a feladat megoldásának befejezése, valamint az elkészült műszaki alkotás tesztelése és dokumentálása.

2. A tantárgy tematikája
A tantárgy második félévében a hallgatók általában az első félévben elkezdett feladatot folytatják, a feladatkiírásnak megfelelően.
Az első oktatási héten, értékelve a feladat készültségi fokát, dönteni kell a feladat esetleges módosításáról úgy, hogy a feladat a félév végéig befejezhető legyen. A módosított feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.
A tantárgy második félévének végén mindenkinek be kell számolni a félév során végzett munkáról. A beszámoló szóbeli és írásbeli részt tartalmaz. A beszámolók konkrét formai követelményeit és ütemezését a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.
Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a hallgató tevékenysége.

Az önálló laboratóriumi feladat külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső témához hasonló módon előre egyeztetni kell a felvett tantárgyat gondozó tanszékkel. A hallgató munkájáról a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a konzulens értékel. A külföldön készített munkáról ugyanúgy kell beszámolni, mint az itthon kidolgozott feladatok esetében.
Két vagy több hallgató részére közös témát is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.

Szakmai gyakorlat

(1.-4. szemeszter, 0/0/0/a/0 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUMS00	Szakmai gyakorlat	AUT
BMEVIEEMS00	Szakmai gyakorlat	EET
BMEVIETMS00	Szakmai gyakorlat	ETT
BMEVIHIMS00	Szakmai gyakorlat	HIT
BMEVIHVMS00	Szakmai gyakorlat	HVT
BMEVIIIMS00	Szakmai gyakorlat	IIT
BMEVIMIMS00	Szakmai gyakorlat	MIT
BMEVISZMS00	Szakmai gyakorlat	SZIT
BMEVITMMS00	Szakmai gyakorlat	TMIT
BMEVIVEMS00	Szakmai gyakorlat	VET

1. A tantárgy célkitűzése
A szakmai gyakorlat célja, hogy a hallgatók a gyakorlatban alkalmazzák az új villamos, elektronikus és számítástechnikai rendszerek, berendezések és eszközök tervezésével, fejlesztésével és rendszerbe integrálásával kapcsolatos ismereteiket, részt vegyenek szakterületük kutatási-fejlesztési feladatainak kidolgozásában. A legalább négy hetes szakmai gyakorlat során a hallgatók a tanszéki és vállalati konzulens által meghatározott feladatot oldanak meg. Feladatuk kapcsolódhat diplomatervükhöz, TDK dolgozatukhoz, önálló labor feladatukhoz, de azoktól jól elkülöníthetőnek kell lennie.

2. A tantárgy tematikája
Hat hét (harminc munkanap) kiméretű, az oktatási intézményben, vagy az oktatási intézményen kívül teljesítendő szakmai gyakorlati munka. A lehetséges helyszínekről és időpontokról a szakmai gyakorlat lebonyolításra vonatkozó szabályzat rendelkezik.
A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt a tanszéki, vagy a vállalati konzulens felügyelete és irányítása mellett dolgoznak. A munkakezdésre, befejezésre a tanszéki, illetve a vállalati munkarend előírásai a mértékadók.
A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt napra lebontott munkanaplót vezetnek. A munkanapló hitelességét a szakmai gyakorlat végén a konzulens aláírásával igazolja.
A szakmai gyakorlat végén a hallgatók írásos beszámolót készítenek. A beszámoló a BME bármely oktatási nyelvén megírható (magyar, angol, francia, német és orosz nyelven), függetlenül attól, hogy a szakmai gyakorlat mely országban valósult meg, amennyiben a tanszéki/kari felelős ehhez előzetesen hozzájárul. A beszámolót a konzulens aláírásával igazolja, a munkáról rövid értékelést készít. A munkanaplót, a beszámolót és az értékelést arra a tanszékre kell benyújtani, amely a témát kiírta. A beadási határidőt a tanszéki szakmai gyakorlati felelős határozza meg, figyelembe véve az egyetemi munkarendet (pl. nyári leállás).

Diplomatervezés 1

(szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 3., 0/3/0/f/10 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUMT10	Diplomatervezés 1	AUT
BMEVIEEMT10	Diplomatervezés 1	EET
BMEVIETMT10	Diplomatervezés 1	ETT
BMEVIHIMT10	Diplomatervezés 1	HIT
BMEVIHVMT10	Diplomatervezés 1	HVT
BMEVIIIMT10	Diplomatervezés 1	IIT
BMEVIMIMT10	Diplomatervezés 1	MIT
BMEVISZMT10	Diplomatervezés 1	SZIT
BMEVITMMT10	Diplomatervezés 1	TMIT
BMEVIVEMT10	Diplomatervezés 1	VET

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomatervvel azt kell igazolni, hogy diplomázó önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni.

Az első félév programja irodalomkutatás, a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

2. A tantárgy tematikája

A diplomaterv témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett szakiránynak megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható.

Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját általában úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. A téma titkosságáról a hallgatót a témára jelentkezéskor tájékoztatni kell.

A diplomaterv külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.

Két vagy több hallgató részére közös témájú feladatot is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat. Közös feladat esetén lehetőség van csak egyes részfeladatok titkosítására. Ekkor az a diplomaterv-téma minősül titkosnak, amely legalább egy titkos részfeladatot tartalmaz.

Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.

A munkabeosztás betartását, a munka előrehaladását és a hallgató felkészülését a konzulens folyamatosan ellenőrzi. Ha a munkavégzés nem a tanszéken történik, a hallgatónak akkor is rendszeresen be kell számolnia a tanszéki konzulensnek.

A félév végén a hallgató munkájáról írásos beszámolót készít és szekcióülésen előadást tart. Az írásos beszámolót a szóbeli beszámoló előtt 5 munkanappal korábban kell beadni. Terjedelme kb. 30 oldal. A szorgalmi időszak végén, egyeztetett időpontban a hallgató legalább 10 perces előadásban, szekcióülésen számol be az általa végzett munkáról.
Az írásos beszámolót a kari diplomaterv portálra is fel kell tölteni.

Diplomatervezés 2

(szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 0/7/0/f/20 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUMT11	Diplomatervezés 2	AUT
BMEVIEEMT11	Diplomatervezés 2	EET
BMEVIETMT11	Diplomatervezés 2	ETT
BMEVIHIMT11	Diplomatervezés 2	HIT
BMEVIHVMT11	Diplomatervezés 2	HVT
BMEVIIIMT11	Diplomatervezés 2	IIT
BMEVIMIMT11	Diplomatervezés 2	MIT
BMEVISZMT11	Diplomatervezés 2	SZIT
BMEVITMMT11	Diplomatervezés 2	TMIT
BMEVIVEMT11	Diplomatervezés 2	VET

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomatervvel azt kell igazolni, hogy diplomázó önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni.
A második félév programja a feladat megoldásának befejezése, valamint a diplomaterv elkészítése.

2. A tantárgy tematikája

A diplomaterv témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett szakiránynak megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható. A diplomatervezés második félévében az első félévben megkezdett munkát kell folytatni. A téma megváltoztatására csak akkor van lehetőség, ha a hallgató a második félévben a Diplomatervezés 1. tantárgyat javító célú tantárgyfelvétellel ismét felveszi. Ez esetben újra 30 kredit értékű feladatot kell kiírni.
Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. Az engedélyt a tanszéknek a Diplomatervezés 1. tantárgy felvétele előtt meg kell szereznie.
A diplomaterv külföldön is készíthető. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.
Diplomatervet magyar nyelven kívül a BME valamely idegen oktatási nyelvén (angol, francia, német és orosz nyelven) is lehet készíteni, amennyiben a tanszéki konzulens ehhez hozzájárul.

Két vagy több hallgató részére a tantárgy második félévében nem adható ki közös feladat.
A diplomatervben a hallgatónak nyilatkoznia kell arról, hogy az saját munkájának eredménye. Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.
A munkabeosztás betartását, a munka előrehaladását és a hallgató felkészülését a konzulens folyamatosan ellenőrzi. Ha a munkavégzés nem a tanszéken történik, a hallgatónak akkor is rendszeresen be kell számolnia a tanszéki konzulensnek. A félévközi jegy megszerzésének a diplomaterv beadása nem feltétele. Az érdemjegyet a tanszéki konzulens javaslata alapján a tantárgyfelelős adja. A tantárgyat teljesíti a hallgató, ha a két félév során az előkészítő munkát elvégezte, és a diplomatervet ezután már várhatóan konzulensi segítség nélkül is el tudja készíteni. A diplomaterv beadásának határideje annak a szorgalmi időszaknak az utolsó napja, amelyhez tartozó záróvizsga-időszakban a hallgató diplomatervét meg kívánja védeni.
A diplomaterv beadhatóságát a tanszéki konzulens minősíti. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma esetén a külső konzulens ajánlást ad a beadhatóság minősítéséhez. A diplomaterv beadásának tartalmi feltétele: a diplomatervben be kell mutatni a feladatkiírásban megnevezett, összes önállóan kidolgozandó részfeladat megoldását. Ha egy részfeladat megoldása mégis ellehetetlenül, akkor kivételes esetben a diplomaterv tanszékvezetői engedéllyel beadható, de a részfeladatra vonatkozó alfejezetben deklarálni kell az ellehetetlenülés tényét, és meg kell adni az ellehetetlenülés okát. A diplomaterv formai követelményei: A diplomatervet 1 példányban írásban, egy kötetben, keménytáblás borítással, szükség esetén mellékletekkel, valamint 1 példányban elektronikus formában, az érvényes kari előírások szerint kell beadni.
Két vagy több hallgató közös témájú diplomatervét külön kötetben és külön elektronikus példányban kell elkészíteni.
A diplomaterv nyilvános, kivéve, ha a diplomaterv-témát a dékán titkosította. Ez utóbbi esetben a diplomaterv a sikeres záróvizsgát követő 3 év múlva válik nyilvánossá. A nyilvánosságra-hozatalról a kari diplomaterv portál kezelője gondoskodik. A diplomaterv elkészítésével, beadásával és megvédésével kapcsolatos tudnivalókról a tanszék a kiadáskor tájékoztatja a hallgatót.
A tantárgy sikeres elvégzése során elkészített diplomaterv érdemjegyét a záróvizsga bizottság állapítja meg.

V.5 Szabadon választható tantárgyak

A szabadon választható tantárgycsoportban a hallgatók ismereteik bővítésére általuk szabadon választott tantárgyakat vesznek fel - minimum 6 kreditpont kiméretben - a Kar, más karok, vagy más egyetemek tantárgyainak kínálatából.

A szabadon választható tantárgyakat a képzések szakbizottságai három kategóriába sorolják: **Ajánlott** egy tantárgy, ha azt a szakbizottság a hallgató szakmai ismereteit bővítő tantárgynak ítéli. **Befogadott** egy tantárgy, ha az a hallgató általános érdeklődésére tarthat számot, de szakmailag kevésbé kapcsolódik a képzéshez. **Tiltott** egy tantárgy, ha az a képzésben szereplő tantárgyakkal a TVSz-ben megengedett mértéknél nagyobb átfedést tartalmaz, így teljesítése kredittel nem elismerhető.

A kari honlapon található, szakonként elkülönülő táblázatok és a Neptun Egységes Tanulmányi Rendszerben található mintatanterv szabadon választható tantárgyi blokkja az ajánlott tantárgyakat tartalmazza. A befogadott tantárgyakat a Neptunban az intézményi tantárgyak között találja, a tiltott tantárgyak (egy részének) felvételét a Neptun megakadályozza.

Felhívjuk figyelmét, hogy az összes intézményi tantárgy listájában szereplő tantárgyak több-kevesebb átfedést is tartalmazhatnak más tantárgyakkal. Ha a mintatantervben szereplő kötelező, illetve a tantervi követelmények teljesítéséhez már figyelembe vett egyéb tantárgyak ismeretei együttesen egy tantárgy tananyagának nagyobb hányadát tartalmazzák, úgy a tantárgy felvehető ugyan, de a tantervhez kapcsolódó követelmények teljesítéséhez nem vehető figyelembe [NFTv 49.§ (5)]. Ezt a Neptun nem tudja ellenőrizni, ezért a megfelelő tantárgyfelvétel minden hallgató saját felelőssége: ha a tantárgyi adatlap alapján ez nem egyértelmű, kérjük, hogy felvétel előtt ki-ki konzultáljon közvetlenül a tantárgy előadójával vagy felelősével, szükség esetén a Kari Kreditátviteli Bizottsággal.

VI. Űrmérnöki mesterszak

Az űrmérnök képzés célja olyan felsőfokú ismeretekkel rendelkező műszaki szakemberek képzése, akik az űrtechnológiához, űrkutatáshoz kapcsolódó, elsősorban mérnöki jellegű tervezési, fejlesztési, gyártási és üzemeltetési feladatokat képesek ellátni. A képzést elvégzettek releváns tudással rendelkeznek az űrkörnyezet sajátosságairól, a világűrbe juttatandó, ott üzemelő berendezések felépítéséről és azok létrehozásának folyamatairól, továbbá az űrberendezések földi kiszolgálását ellátó eszközök és rendszerek konstrukciójáról, elkészítéséről és üzemeltetéséről.

Felvétel az űrmérnöki mesterszakra: a mesterképzésbe történő belépés előzményeként elfogadott szak a villamosmérnöki, illetve a mechatronikai mérnöki (BSc) alapszak. Ezen alapszakon végzők esetén a követelmények automatikusan teljesülnek.

Egyéb – elsősorban a műszaki, az informatika és a természettudomány képzési területek alapképzési szakjai (gépészmérnöki, közlekedés- és járműmérnöki, had- és biztonságtechnikai mérnöki, energetikai mérnöki és mérnökinformatikus, fizikus) – esetén is lehetőség van jelentkezni, ha a megállapított ismeretkörökben megfelelő kredittel rendelkezik a hallgató. Ezen jelentkezők az alább részletezett követelmények teljesülését, illetve a teljesítés vállalását jelzik azzal, hogy a felvételi eljárásban részt vesznek.

A nem villamosmérnöki, illetve mechatronikai mérnöki alapszakon végzettek esetében a mesterfokú diplomához a mintatantervben szereplő kreditek megszerzésén felül szükséges, hogy a hallgatónak a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek -- felsőoktatási törvényben meghatározott -- összevetése alapján elismerhető legyen legalább 80 kredit a korábbi tanulmányai szerint az alábbi, a vonatkozó 18/2016. (VIII.5) EMMI rendeletében rögzített ismeretkörökben:

természettudományos ismeretek matematika, fizika, anyagismeret;	*20 kredit*
gazdasági és humán ismeretek közgazdaságtani és menedzsment ismeretek, környezetvédelem, minőségbiztosítás, munkavédelem, szaknyelv, társadalomtudomány;	*10 kredit*
műszaki és mérnöki alapismeretek digitális technika, elektrotechnika, elektronika, gépészet, helymeghatározás, informatika, jelfeldolgozás, mechatronika, programozás, szabályozástechnika, optika, távérzékelés, térinformatika;	*30 kredit*
szakmai alapismeretek híradástechnika, irányítástechnika, mechanikus és termikus tervezés, méréstechnika, laboratóriumi mérések, termodinamika;	*20 kredit*

A mesterképzésbe való felvétel feltétele, hogy a fent felsorolt ismeretkörökben legalább 50 kredittel rendelkezzen a hallgató. A hiányzó krediteket a mesterfokozat megszerzésére irányuló képzéssel párhuzamosan, a felvételtől számított két féléven belül, a felsőoktatási intézmény tanulmányi és vizsgaszabályzatában meghatározottak szerint meg kell szerezni.

A mesterképzés során megszerzendő ismeretek (120 kredit):

természettudományos ismeretek matematika, fizika, anyagtudomány, űrkörnyezet, valamint szakmaspecifikus alaptárgyak;	*20-25 kredit*
űrmérnöki szakmai ismeretek űrtechnológiához, űrrendszerekhez kapcsolódó eszközök, berendezések, továbbá összetett egységek fejlesztéséhez, tervezéséhez, kivitelezéséhez, gyártásához és minőség-ellenőrzéséhez, és az ezekkel létrehozott komplex szolgáltatásokhoz kapcsolódó, a szakterületi mesterképzést megalapozó, átfogó elméleti ismeretek, amely az űrmérnöki szakma képzésében reprezentált szakterületek valamelyikének műveléséhez szükségesek;	*40-60 kredit*

a szakmai törzsanyag kötelezően választható ismeretkörei az űrmérnöki szakma képzésben reprezentált szakterületei valamelyikének műveléséhez szükséges anyag-, eszköz-, készülék-, berendezés-, rendszer-, technológiai és tervezési ismeret területeiről szerezhető speciális ismeretek: digitális jelfeldolgozás a hírközlésben, fedélzeti adatfeldolgozó rendszerek, finommechanikai tervezés, fotonikus eszközök és optikai kommunikáció, földmegfigyelő műholdas távérzékelés, kisműholdak szerepe az űrtechnológiában, különleges űreszközök és űrbiztonság, nemlineáris végeselemes analízis, optikai távérzékelés, rakéták, rakétahajtóművek, űrberendezések konstrukciója és energiaellátása, űreszközök hődinamikája; projektlaboratórium (10 kredit); diplomamunka (30 kredit);	*40-60 kredit*
gazdasági és humán ismeretek gazdasági, vezetési és menedzsment ismeretek, komplex űrberendezések fejlesztésének koordinálása, hazai űrtevékenység és nemzetközi környezete	*10-15 kredit*
szabadon választható tantárgyak ismeretkörei	*min. 6 kredit*

A szak orientációja: kiegyensúlyozott (a gyakorlati jellegű ismeretátadáshoz aránya 40-60 százalék).

Előtanulmányi rend:
A kar által kötelezően előírt MSc előtanulmányi rend szerint

- A Projektlaboratórium 1, Projektlaboratórium 2, Diplomatervezés 1 és Diplomatervezés 2 tantárgyak
  - csak az adott szak MSc képzésének hallgatói számára vehetők fel,
  - csak a felsorolás sorrendjében vehetők fel, a felsorolásban őket megelőző tantárgyak kreditjeinek teljesítése után.
- A Diplomatervezés 2 tantárgy felvételének feltétele
  - a mintatantervnek megfelelően 84 kredit teljesítése,
  - a természettudományos ismeretek blokk és a Diplomatervezés 1 tantárgy kreditjeinek megléte.
- További előírásokat a „BME VIK MSc diplomaterv, záróvizsga, oklevél szabályzata” tartalmazhat.

Specializálódás, specializáció váltás:
Az űrmérnöki MSc képzésben jelenleg nincsenek sem szakirányok, sem specializációk. A képzésben előírt szakmai ismeretek átadása minden hallgató számára megvalósul a kötelező tantárgyak elvégzése során, ugyanakkor a képzési programban kötelezően és szabadon választható tárgyak is segítik a hallgatókat abban, hogy korábbi alapképzésüknek és érdeklődési körüknek megfelelően bizonyos szakmai ismeretekben jobban el tudjanak mélyülni.

Szakmai gyakorlat: A képzés hallgatói számára a diploma megszerzésének feltétele egy legalább 4 hetes egybefüggő szakmai gyakorlat sikeres teljesítése is. A szakmai gyakorlat lehetséges időpontjait, helyszíneit, tartalmát és lebonyolításának rendjét, a kar szabályzatai határozzák meg.

VI.1 Természettudományos ismeretek

VI.1.1 Felsőbb matematika űrmérnököknek

A természettudományos ismereteken belül 4 felsőbb matematika tantárgy jelenik meg az űrmérnök mesterképzés kínálatában, melyek közül egyet kell teljesíteni.

A felsőbb matematika tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Haladó lineáris algebra	BMETE90MX78
Kombinatorikus optimalizálás	BMEVISZMA09
Sztochasztika	BMETE90MX80
Analízis	BMETE90MX79

A négy tantárgy közül a hallgatók előtanulmányaik ismeretében, a tervezett szakmai irányultságuk alapján vesznek fel egy tantárgyat. Tekintettel arra, hogy korábbi tanulmányaik során valamennyi hallgató részesült már matematikai képzésben, ezért az űrmérnöki szak esetében a természettudományos ismeretek blokk választható felsőbb matematika tantárgya a hallgatók számára lehetőséget biztosít a leginkább szükséges területen az ismeretek bővítésére.

Haladó lineáris algebra

(BMETE90MX78, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 4/0/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a lineáris algebra azon fejezeteibe nyújt bevezetést, amelyek fontosak a haladó mérnöki tanulmányok szempontjából. Fontos cél, hogy a hallgatók alkalmazni tudják a lineáris algebra módszereit, eszközeit a felmerülő szakmai problémák megoldása során. A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatótól elvárható, hogy értse, és konkrét feladatokban, példákon alkalmazni tudja a tanult fogalmakat, ismereteket, a gyakorlatban felmerülő helyzetekben ismerje fel a tanult módszerek alkalmazási lehetőségeit, legyen képes a szakirodalomra támaszkodva önállóan bővíteni a kapcsolatos ismereteit.

2. A tantárgy tematikája

A lineáris algebra eddig tanult alapfogalmainak áttekintése

Vektortér, mátrix, lineáris egyenletrendszer és megoldása. Mátrix determinánsa, rangja, sajátérték, sajátvektor, karakterisztikus polinom, Cayley-Hamilton-tétel, hasonlóság.

Bilineáris formák, euklideszi terek. Speciális mátrixok (szimmetrikus, Hermite-, ortogonális, unitér, (szemi-definit). Jordan-normálforma, főtengelytétel.

A Moore-Penrose-inverz és alkalmazásai

Projekciók. Az általánosított inverz mátrix fogalma, a Moore-Penrose-tétel. Inkonzisztens lineáris egyenletrendszerek közelítő megoldása.

Nevezetes lineáris mátrixegyenletek (AXB=C, AX-XB=C, AX-YB=C) és megoldásuk az MP-inverz segítségével.

Normák és mátrixfüggvények

A spektrális és az euklideszi (Frobenius-) mátrixnorma, p-normák, kapcsolatuk, egyenlőtlenségek. Sajátértékekre vonatkozó egyenlőtlenségek (Gersgorin, Schur). Alul- és túlhatározott lineáris egyenletrendszerek. Legkisebb négyzetek módszere.

Mátrixfüggvények, előállításuk polinomokkal, a mátrix-exponenciális. Mátrixfüggvények differenciálása, lineáris differenciálegyenlet-rendszerek. A Lax-egyenlet.

Nem negatív elemű mátrixok

Pozitív, reducibilis és irreducibilis mátrixok. Frobenius és Perron tételei (irreducibilis nemnegatív mátrixokra). Egyenlőtlenségek a spektrálsugárra.
Sztochasztikus és duplán sztochasztikus mátrixok. Kapcsolat a Markov-láncokkal. Birkhoff tétele, kapcsolat a párosítási feladattal, a Frobenius-König-tétel.

Optimalizálás, lineáris mátrixegyenlőtlenségek
Lineáris mátrix egyenlőtlenségek, alkalmazási példák (stabilitás, SV-minimalizálás, Leontyev-modell). Megoldásuk ellipszoid-módszerrel és belső pontos algoritmusokkal.

Szinguláris értékek szerinti felbontás (SVD)
Az SVD létezése, egyértelműsége, kapcsolata a poláris felbontással. SVD és alacsony rangú közelítések, Eckart-Young-tétel. Az SVD számítása.
Az SVD néhány alkalmazása (pszeudoinverz számítása, homogén lineáris egyenletrendszer megoldása, legkisebb négyzetek módszere). A QR-felbontás fogalma. Householder-tükrözések, alkalmazásuk a QR-felbontás számítására.

További alkalmazások
Nemnegatív és szimmetrikus mátrixok az internetes lapokat rangsoroló algoritmusokban. SVD az információkeresés gyakorlatában (vektorteres indexelés, a mögöttes szemantikájú indexelés lineáris algebrai vonatkozásai)

Véges testek és alkalmazásaik
Véges test konstrukciója, az aritmetika implementációja. Az additív és a multiplikatav csoport struktúrája. Polinomok gyökei, irreducibilitás. Általánosított Fibonacci-sorozatok. Lineáris visszacsatolásos léptetőszámlálók, periódus, álzaj. Galois-számlálók és alkalmazásaik.

A hibajavító kódolás alapfogalmai
Lineáris kódok, paraméterek, Singleton-korlát, gömbpakolási korlát, MDS kódok. A Reed-Solomon-kód paraméterei, a Berlekamp-Massey hibajavító algoritmus. Résztest részkódok, kód alapú posztkvantum kriptográfia.

Kombinatorikus optimalizálás

(BMEVISZMA09, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/2/0/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy az operációkutatás és a kombinatorikus optimalizálás néhány területére nyújt bevezetést. A téma legfontosabb algoritmusainak, módszereinek és ezek korlátainak ismertetése mellett célul tűzi ki, hogy ezek műszaki alkalmazásaiba is betekintést nyújtson. Így terítékre kerülnek olyan átfogó algoritmikus megközelítéseket kínáló területek, mint a hálózati folyamok elmélete és a lineáris és egészértékű programozás, de emellett a tantárgy betekintést nyújt a megbízható hálózatok tervezése során felmerülő magasabb összefüggőséggel kapcsolatos problémák mellett az közelítő algoritmusok és az ütemezéselmélet világába is. A tantárgy további célja, hogy a villamosmérnök BSc képzés A számítástudomány alapjai című tantárgya során korábban megszerzett ismereteket alkalmazza, elmélyítse, azok elméleti hátterét jobban megvilágítsa.

2. A tantárgy tematikája

Hálózati folyamok, Ford-Fulkerson-algoritmus, egészértékűségi lemma, a folyamprobléma egyszerű általánosításai.

Páros gráfok karakterizációja, maximális méretű párosítás páros gráfban. Kőnig, Frobenius és Hall tételei.

Gráfszínezések. Alsó és felső korlát a kromatikus számra. Gráfok élszínezése, Vizing tétele. Páros gráfok élszínezése az egészértékűségi lemma segítségével

Egerváry algoritmusa maximális összsúlyú párosítás és teljes párosítás keresésére páros gráfban.

Lineáris egyenlőtlenségrendszerek, a lineáris programozás alapfeladata, kétváltozós feladatok megoldása grafikus módszerrel. Lineáris egyenlőtlenségrendszerek megoldása Fourier-Motzkin eliminációval. Szükséges és elégséges feltételek lineáris egyenletrendszerek nemnegatív változókkal való, illetve lineáris egyenlőtlenségrendszerek megoldhatóságára: a Farkas-lemma.

A lineáris programozás alapfeladata mátrixos alakban. Szükséges és elégséges feltételek a lineáris program célfüggvényének korlátosságára. Lineáris program duálisának fogalma, különféle alakban felírt lineáris programok duálisai.

A lineáris programozás dualitástétele. A lineáris programozás feladatának algoritmikus bonyolultsága. Az egészértékű programozás alapfeladata, annak bonyolultsága. Optimalizálási problémák formalizálása egészértékű programozási feladatként.

Egészértékű programozás totálisan unimoduláris együtthatómátrixszal. Alkalmazások a páros gráfok párosításainak és a hálózati folyamproblémák területéről: maximális folyam, minimális költségű folyam, ill. többtermékes folyam feladatok.

Lokális él- és pontösszefüggőség, illetve globális él- és pontösszefüggőség fogalma, a vonatkozó Menger-tételek (ismétlés). Max-vissza sorrend, Nagamochi-Ibaraki algoritmusa az élösszefüggőség meghatározására.

Algoritmus gráfok 2-élösszefüggővé növelésére, alsó becslés a szükséges élek számára. Algoritmus minimális költségű feszítő fenyő keresésére. Fülfelbontás, gráfok erősen összefüggővé irányítása.

Közelítő algoritmusok. Élkromatikus szám, síkgráf kromatikus szám közelítése additív hibával, leghosszabb kör additív hibával való közelíthetetlensége. 2-közelítés a lefogó ponthalmaz méretére, logaritmikus közelítés a halmazfedési problémára.

Ütemezési problémák. Alapfogalmak, jelölésrendszer, hasznos módszerek: SPT sorrend és listás ütemezés. FD és FFD heurisztikák a ládapakolási problémára.

Sztochasztika

(BMETE90MX80, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 4/0/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A valószínűségszámítás és sztochasztikus folyamatok elmélete néhány haladóbb témakörének bemutatása a villamosmérnöki mesterképzésben résztvevő hallgatóknak. A hangsúlyokat a jelenségek megértetésére és az alkalmazásokra helyezzük. Széles körben (a tantárgy témakörén kívül is) alkalmazható technikákat prezentálunk, rávilágítunk más matematikai és matematikán kívüli természettudományos és műszaki területekkel való összefüggésekre. Alapelv: minden egyes témához sok konkrét példát, számolást, konkrét alkalmazást mutatunk be. Bizonyításokat többnyire csak vázlatosan prezentálunk, viszont hangsúlyt helyezünk a szemléletre és a (matematikai és egyéb) jelenségekre.

2. A tantárgy tematikája

Valószínűségszámítási alapok ismétlése: Események és valószínűségük. Valószínűségi változó, diszkrét valószínűség-eloszlás, eloszlásfüggvény, sűrűségfüggvény. Várható érték, szórásnégyzet, magasabb momentumok. Függetlenség, feltételes valószínűség; teljes valószínűség és teljes várható érték tétel. Nagy számok törvénye. Nevezetes eloszlások.

Együttesen értelmezett valószínűségi változók, együttes eloszlás- és sűrűségfüggvény. Várható érték vektor, kovariancia mátrix, alaptulajdonságai, Cauchy-Schwarz-egyenlőtlenség. Nevezetes többdimenziós eloszlások. Sűrűségfüggvények transzformációja leképezésekkel. Többdimenziós normális eloszlás.

Generátorfüggvény, alaptulajdonságai. Konvolúció és keverék-eloszlások generátorfüggvénye. Alkalmazások. Galton-Watson elágazó folyamatok.

Poisson folyamat: ekvivalens jellemzések és konstrukciók; Poisson pontfolyamat és számláló folyamat. Poisson folyamat intenzitása, mint az exponenciális óra rátája. Poisson folyamatok ritkítása, színezése, egyesítése.

Normális eloszlás és centrális határeloszlás tétel, az alkalmazás korlátai. Berry-Esseen tétel. A nagy eltérések problémája.

Nagy eltérések elemei: Bernstein egyenlőtlenség, Chernoff korlát, Hoeffding egyenlőtlenség. Momentumgeneráló függvények, Cramér féle nagy eltérés tétel. Alkalmazások sorbanállási problémákra és kapacitás méretezésre.

Sztochasztikus folyamatok elemei: Markov-láncok és Markov-folyamatok. Mi is egy sztochasztikus folyamat? Véges állapotterű Markov-láncok, állapotok osztályozása, irreducibilitás, periódus, aperiodicitás. Stacionárius mérték, hosszú idejű viselkedés, ergodicitás és keverés.

Megszámlálható állapotterű Markov-láncok, a rekurrencia és stabilitás problémája. Alkalmazás születési-halálozási folyamatokra és sorbanállási problémákra.

Folytonos idejű Markov-láncok elemei: tiszta ugró folyamatok ekvivalens konstrukciói, ugrási ráták, szemléletes jellemzés. Kolmogorov-Chapman egyenletek, infinitezimális generátor. Hosszú távú viselkedés, ergodicitás, keverés. Sorbanállási alkalmazások.

A matematikai statisztika elemei: Mintavétel, momentumbecslések, Lineáris és nemlineáris regresszió. Maximum likelihood becslés.

Statisztikai hipotézisek, statisztikai próbák: u-próba, t-próba, F-próba, khi-négyzet-próba.

Gyengén stacionárius folyamatok: spektrál-felbontás, spektrál-elmélet elemei: Gyengén stacionárius folyamatok Z-n, R-en, jellemzésük a kovariancia-függvénnyel, realizációjuk Gauss-folyamatként.

Trigonometrikus folyamatok, autoregresszív és mozgó átlag folyamatok. Stacionárius folyamat spektrális felbontása. Példák. Szűrés, példák szűrőkre.

Analízis

(BMETE90MX79, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 4/0/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a villamosmérnöki MSc képzésben felmerülő analízis jellegű matematikai ismeretek széles körét mutatja be, alapvetően feladat- és alkalmazás-centrikus tárgyalásban. A következő témákat dolgozzuk fel: a funkcionálanalízis alapjai (függvények mint függvényterek elemei), integrál egyenlőtlenségek, skaláris szorzat és norma függvénytereken, ortogonális függvényrendszerek, Banach fixponttétel alkalmazása integrál és differenciálegyenletek iteratív megoldására, a Fourier és egyéb függvénytranszformációk szerepe és alkalmazása, a disztribúciók (mint általánosított függvények) fogalma, feltételes optimalizálás és variációszámítás illetve ezek alkalmazása fizikai példákban, numerikus egyenletmegoldás és optimalizálás (elmélet és algoritmusok).

A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő minden hallgatótól elvárható, hogy:

- értse és konkrét feladatokban, példákon alkalmazni tudja a tárgyalt fogalmakat és ismereteket,
- a gyakorlati élet által felvetett problémákban felismerje a tanult módszerek alkalmazási lehetőségeit.

2. A tantárgy tematikája

I. A funkcionálanalízis alapjai

Függvények, mint függvényterek vektorai. Az Lp és lp terek fogalma. Norma, (komplex) skaláris szorzat, Cauchy-Schwarz, Hölder és Minkowski egyenlőtlenségek. Banach fixponttétel alkalmazásokkal: differenciál- és integrálegyenletek iteratív megoldása hibabecsléssel. Ortogonális függvényrendszerek, ortogonális vetítés, mint egy elem legjobb közelítése egy adott altérbe eső elemmel, ortogonális rendszer szerinti kifejtés, Parseval egyenlőség, a Fourier sorfejtés mint ortogonális rendszer szerinti kifejtés.

II. Függvénytranszformációk

A Fourier transzformáció, mint a Fourier sorfejtés határesete, mint unitér transzformáció, stb. Alapvető tulajdonságok, néhány konkrét függvény Fourier transzformáltja, a Fourier transzformáció felhasználása feladatokban (pl.: függvényegyenletek megoldása). Fourier transzformáció több dimenzióban, Fourier vetítési tétel és annak felhasználása a tomográfiában. „Határozatlansági reláció” (mint összefüggés a „jel időbeli és frekvenciatérben vett szétfolytsága között”), a függvény, illetve Fourier transzformáltjának „lecsengésének gyorsasága” és „simasága” közötti kapcsolat, a Schwarz féle függvénytér. Kitekintés (csak „mesélve”, pontos fogalmak, állítások és bizonyítások nélkül): egyéb függvénytranszformációk (wavelet, Laplace, diszkrét Fourier), azok szerepe, illetve a diszkrét Fourier esetén a számolási sebesség ("gyors Fourier transzformáció") és annak jelentősége a képfeldolgozásban.

III. Disztribúciók

A disztribúciók, mint általánosított függvények, mint lineáris leképezések a Schwarz téren, a disztribúciók különböző „természetes” megjelenési módja; pl. mint egy „hagyományos” (de nem L2-beli) függvény Fourier transzformáltja. Dirac delta és Dirac fésű, műveletek disztribúciókkal (disztribúció deriváltja, Fourier transzformáltja stb.) a disztribúciók jelentősége pl. a differenciálegyenletek megoldásában. (Csak

kitekintés szintjén; az idő szűkössége miatt ebben a témakörben a cél inkább csak a fogalom megértése, mint a disztribúciókkal való számolási készség tényleges elsajátítása.)

IV. Optimalizálás
Optimalizálás feltételek mellett, Lagrange multiplikátor, optimalizálás függvénytérben, variációszámítás, Euler-Lagrange egyenletek. Fizikai példák és alkalmazások.

V. Numerikus analízis
Iteratív egyenletmegoldási módszerek. Felezős módszer, Newton iteráció hibabecsléssel. Kitekintés: Newton iteráció több változóval, a Newton iteráció szerepe az optimalizálásban, egyéb optimalizációs módszerek (pl. gradiens), a "dimenzió átka" és a véletlent is fölhasználó, illetve sztochasztikus módszerek szerepe.

Fizika űrmérnököknek

(BMETE80MU00, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/f/4 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja az űrmérnök szak hallgatói számára szükséges alapozó fizikai ismeretek átadása, összefoglalása, és az alapvető fizikai számítások készségszintű elsajátítása. A tantárgyban két fő terület jelenik meg: a bolygómozgás és űreszközök pályaszámításához szükséges mechanikai ismeretek alapjai, és az űrkörnyezet megismerésének alapjait jelentő sugárzás- és plazmafizikai alapismeretek. A tantárgy a Világegyetem alapvető felépítésével kapcsolatos ismereteink vázlatos összefoglalásával indul, majd az űr megismerésének alapvető méréstechnikai alapjait ismerteti. Ez után a Naprendszerre fókuszálva és a mechanika alapjaitól felépítve alkalmazható tudást nyújt alapvető égi mechanikai számítások és speciálisan az űreszközök irányításával kapcsolatos számítások kivitelezéséhez. Az űreszközök működési környezetét átvezetésül használva az űrre jellemző sugárzásos és anyagi környezet fizikai alapjait mutatja be. Ennek hangsúlyos részét képezi a plazmafizikai alapok elsajátítása egészen a magnetohidrodinamika alapjainak megértéséig. A plazmafizikai fogalmak tárgyalásához kapcsolódóan az űreszközök tervezése szempontjából releváns fizikai fogalmak is átismétlésre kerülnek, mint az anyagok mágnesezhetősége, a hőtranszportfolyamatok és a dózisfogalmak. A tantárgy elősegíti, hogy a hallgatók a képzés során később elhangzó speciális szakmai ismereteket egy egységes rendszerbe tudják foglalni, és alapvető számításokat el tudjanak végezni.

2. A tantárgy tematikája
A Világegyetem szerkezeti felépítése és kialakulásának mai elmélete: Ősrobbanás, táguló világegyetem, Hubble-törvény, vöröseltolódás, kozmikus háttérsugárzás, részecskefizikai korszakok, atomok kialakulása, csillagok és galaxisok létrejötte és fejlődése, bolygók, fekete lyukak, kémiai elemek keletkezése.
Sötét anyag és sötét energia. Sugárzások és sugárforrások az űrben. A kozmosz kutatásának eszközei: távcsövek, rádió- és röntgencsillagászat, műholdas és űrszondás megfigyelések (Hubble, Chandra, Voyager, New Horizons, NuSTAR, Planck), földi megfigyelő eszközök és módszerek (Auger-, Cserenkov, IceCube, Solar neutrínó kísérletek). Meteoritok, holdi és marsi kőzetek elemzése, annak eszközei. A kozmikus sugárzás földi észlelése. Az univerzum, a Tejútrendszer, a Naprendszer, a Föld űrrepülés szempontjából történő bemutatása, Föld alakja, légköre.
Inerciarendszerek, forgó koordináta-rendszerek, Galilei-transzformáció, speciális relativitáselmélet, tömeg-energia ekvivalencia, Lorentz-transzformáció, időmérés. Általános relativitás elve, a gravitáció hatása a tér görbületére, a gravitáció hatása az idő mérésére. Példák koordinátarendszerek használatára, koordinátatranszformációk.
Tömegpontok és szilárd testek és folyadékok mechanikájának alapjai. Rakétamozgás kinematikája, pozíció, orientáció, sebességkomponensek. Kepleri pályák, kéttest probléma, pályaháborgások alapjai. Jellegzetes Föld körüli pályák. Többtest probléma alapjai, kaotikus pályák, kezdeti feltételekre érzékenység. Hajítások, rakétamozgás, bolygó pályák. Tehetetlenség, főtengelyek, erőmentes pörgettyű, precesszió, nutáció. Gyorsuló forgómozgás, pörgettyűk. Űreszközök irányítása a tömegközépponthoz viszonyítva: tájolás, stabilizálás, giroszkópok. Űrrandevú létrehozása hagyományos és alacsony tolóerejű

manőverekkel, űreszközök kötelékben. Az űreszközök indítási és űrbeli fizikai környezete. Röviden az indításkor fellépő statikus és dinamikus terhelésekről.
Súlytalanság, vákuum, légellenállás, atomos oxigén hatása az űreszközökre. Űridőjárás. Meteorok és űrszemét. Űrkörnyezet: részecskék és sugárzások. Töltött részecsék mozgása elektromos és mágneses terekben
Elektromos és mágneses terek keltése töltött részecskék által, Maxwell-egyenletek. Anyagok elektromos és mágneses jellemzői, diamágnesség, paramágnesség, ferromágnesség. Mozgásegyenlet, Larmor-pálya, mágneses tükrök, driftmozgások. A plazma jellemzői, Debye-árnyékolás, plazmaparaméter, előfordulása, jellemző paraméterei. Elemi atomfizikai folyamatok plazmákban, az elektromágneses sugárzás keletkezési mechanizmusai, hőtranszport folyamatok, részleges és teljes termodinamikai egyensúly, korona-egyensúly. Reakcióráták, rátaegyenletek, hőtranszport vákuumban. A plazmák elméleti leírása: kinetikus és folyadék elméletek, alkalmazási feltételek, alkalmazási példák. Ideális és rezisztív magnetohidrodinamika alkalmazásokkal, napkitörés, napszél, a Föld magnetoszférája, sugárzási tér földközelben, dózisfogalmak. MHD generátor, mágneses tér befagyása a plazmába.

Anyagtudomány

(BMEGEMTNUAT, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/f/4 kredit, GPK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy fő célkitűzési, hogy ismertesse az űriparban alkalmazott főbb szerkezeti anyagok tulajdonságait, és ezek kötéstechnológiáját. A kémiai kötések típusai, és ezek hatása a makroszerkezet tulajdonságaira. Acélok csoportosítása, fizikai, mechanikai tulajdonságaik és ezek módosításának ismerete. Az alumínium, nikkel, réz, titán, magnézium és ötvözeteinek csoportosítása, fizikai, mechanikai tulajdonságaik. A korrózió elektrokémiai alapjai, típusai.
Optikai anyagok, kerámiák, kompozitok, polimer kompozitok, mágneses anyagok ismerete. Az alkalmazható kötéstechnológiák ismerete.

2. A tantárgy tematikája

Bemutatkozás. Az anyagtudomány jelenlegi helyzete az űriparban.
Acélok csoportosítási rendszere. Fázisdiagramok. Szabványos anyagvizsgálatokból meghatározható mérőszámok, fogalmak. Az anyagszerkezet és a mechanikai tulajdonságok általános kapcsolata.
Szakítóvizsgálat. Keménységmérés. Fárasztó vizsgálatok. Kúszási vizsgálat. Korróziós vizsgálatok.
Hegesztési eljárások csoportosítása. Huzalelektródás védőgázos ívhegesztés, TIG-hegesztés, ellenállás-ponthegesztés alapjai, alkalmazási lehetőségei.
Nagy energiasűrűségű hegesztési eljárások. Elektronsugaras hegesztés. Lézersugaras hegesztés. Hibrid hegesztési eljárások.
Forrasztási eljárások csoportosítása. Lágyforrasztás.
Keményforrasztás. A keményforrasztás anyagai, technológiája, eljárásváltozatok. A hegesztőforrasztás különböző eljárásváltozatai.
A szilárdságnövelés lehetőségei acélok esetén. Nagy szilárdságú acélok és hőkezelésük. Alkalmazható hegesztési eljárások. Alkalmazási példák.
A korrózió fogalma, a korrózió típusai. Korrózióvédelem. Nagy hőmérsékletű korrózió, hőállóság, kúszásállóság.
A korrózióálló acélok típusai. A korrózióálló acélok hőkezelése, az anyagszerkezet és a mechanikai tulajdonságok, valamint a korrózióállóság kapcsolata. Vonatkozó szabványok.
A hőálló és kúszásálló acélok típusai. A hőálló és kúszásálló acélok hőkezelése, az anyagszerkezet és a mechanikai tulajdonságok, valamint a hőállóság és kúszásállóság kapcsolata. A rozsdamentes acélok hegesztése.
Az alumínium és alumíniumötvözetek típusai. Kiválásos keményítés, kiválásosan keményíthető alumíniumötvözetek az űriparban.
Az alumínium és ötvözeteinek hegesztése. Hegeszthetőségi problémák. Alkalmazási példák.
A nikkel és nikkelötvözetek típusai. Szilárdoldatosan és kiválásosan keményített típusok. Kobaltötvözetek.
A nikkel és ötvözeteinek hegesztése. Alkalmazási példák.

A réz és ötvözeteinek típusai. A réz és ötvözeteinek kötéstechnológiája. Alkalmazási példák.
A titán és titánötvözetek típusai. Alakemlékező ötvözetek. A titán és ötvözeteinek hegesztése. Alkalmazási példák.
A magnézium, berillium és ötvözeteinek típusai. A magnézium, berillium és ötvözeteinek hegesztése. Alkalmazási példák.
Kerámiák csoportosítása, tulajdonságai. Kerámiaalkatrészek gyártástechnológiája. Kerámiák lehetséges kötéstechnológiái.
Fémmátrixú kompozitok tulajdonságai. Fémmátrixú kompozitok típusai, gyártástechnológiájuk. A fémmátrixú kompozitok lehetséges kötéstechnológiái.
Polimerkompozitok tulajdonságai, típusai. Polimer kompozitok gyártástechnológiája. Az űriparban alkalmazott optikai anyagok.
Mágneses anyagok csoportosítás. Keménymágneses anyagok. Ferritek, hexaferritek.

Űrkörnyezet

(BMEVIETMA18, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/f/4 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az űrkörnyezet alatt a Föld atmoszféráját elhagyva azt a működési környezetet érjük, ahol a nem földi eredetű energiaforrások hatása válik uralkodóvá. Az űreszközöknek ebben a speciális környezetben kell normál körülmények között, hibamentesen működniük és ezért úgy kell azokat megtervezni, hogy a speciális környezeti hatásokkal szemben ellenállóak, vagy hibatűrőek legyenek. Az űreszközök környezettel történő kölcsönhatása sokszor az űreszközök teljesítőképességének a korlátja. A tantárgy célja a speciális környezetben található jellegzetes fizikai adottságok bemutatása és ezen körülmények űreszközökre gyakorolt hatásának az ismertetése. A külső hatások okozta jellemző hibamechanizmusok megismerésén és megértésén keresztül sajátítható el az űreszközök tervezésének olyan szemléletű alapjai, melyek tekintettel vannak a speciális működési környezetre.

2. A tantárgy tematikája

Az űrkörnyezet határai. Földközeli és a bolygóközi környezet alapvető sajátosságainak ismertetése. Az űridőjárás fogalmának ismertetése. (Environment Design Requirements - EDR). Az EDR bemutatása, célja, felépítése, formai elemei. A makroszkopikus gáztörvények összefoglalása. Mikroszkopikus molekuláris törvények. A kinetikus gázelmélet alapfeltevései. A nyomás meghatározása a kinetikus gázelmélet alapján. A Maxwell-Boltzmann sebességeloszlás. Közepes szabad úthossz. Ütközési szám. A vákuum fogalma. A Knudsen szám. Meyer formula, gázáram egy vékony fal kis nyílásán, gázok viszkozitása és ennek nyomás és hőmérséklet függése, gázok hővezetése és ennek nyomás és hőmérséklet függése, a diffúzió fenomenológiai leírása, a diffúziós együttható. Az effúzió fogalma. Gázok áramlása, Reynolds szám. Viszkózus és molekuláris áramlás egyenes csőben. Viszkózus áramlás kapillárisban. Fázisok fázis diagramm, párolgás és lecsapódás (kondenzáció), fiziszorpció kemiszorpció deszorpció, telített gőznyomás és hőmérséklet függése. Aktivációs energia. A forrás fogalma, Clausius - Clapeyron egyenlet. Az elpárolgó anyag mennyisége (Langmuir formula), permeáció. A McLeod mérő elve, Pirani mérő, termokeresztes mérő, ionizációs mérő, hidegkatódos mérő, parciális nyomás mérők, tömeg spektrométerek, Aston, Wien. Repülési idő, kvadrupol tömegspektrométerek. A lyukkeresés módszerei. Anyagi tulajdonságok változása és alapvető fizikai folyamatok viselkedése mikrogravitációs környezetben. A Nap elektromágneses sugárzásának jellemzői és hatásai, a Nap elektromágneses aktivitása a napciklus függvényében. Kozmikus sugárzási környezet és a hatásmodellek. A Föld Elektromágneses sugárzása. Albedo sugárzás és infravörös sugárzásnak forrása és irányfüggése, hatása. Geomágneses aktivitás. Fedélzeti berendezések által keltett elektromágneses sugárzás és kompatibilitás. Az ionoszféra bemutatása, viselkedése és a hatása a kommunikációra és az anyagokra. Hőtranszport folyamatok. Különböző pályákon tapasztalható termikus viszonyok áttekintése. Alacsony földkörüli pálya, geoszinkron, Molniya. Hold körüli, merkúri, vénuszi, marsi környezet, külső bolygók környezete. Jellemző részecskék, azok eloszlása és forrása. A részecskékkel való kölcsönhatási formák és azok következményei. Az elektromosan töltött részecskék sugárzási öve (Van Allen sugárzási övek). A töltött részecskék kölcsönhatása az anyagokkal. A dózis fogalmak értelmezése. Az ionizáló sugárzás mérésére leggyakrabban alkalmazott fizikai elvek. Sugárzásmérő berendezések alapvető felépítése és

működése. Mikrometeroritok, statisztikai modellek, kockázatbecslés. Űrszemét, és az űrszemét kezelése. Molekuláris és részecske szintű szennyeződések ismertetése, transport folyamatok. A súlytalanság hatása és következményei, töltött részecskék élettani hatásai, fiziológiai effektusok.

VI.1.2 Választható természettudományos tantárgyak

A választható természettudományos tantárgy esetében hat tantárgy közül kell kötelező jelleggel egyet választani a hallgatóknak, ahol a tantárgy választása a hallgató orientációjától függ. A választható természettudományos ismeretek területen a hallgatónak az alábbi listában szereplő 6 tantárgy közül egyet kell kötelező jelleggel teljesítenie.

A választható természettudományos tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Elektromágneses terek	BMEVIHVMA19
Fotonikai eszközök	BMEVIETMA13
Kvantum-informatika és kommunikáció	BMEVIHIMA18
Nanotudomány	BMEVIETMA14
Űr, többtest és nemlináris dinamika	BMEGEMMNUTT
Villamos szigetelések és kisülések	BMEVIVEMA19

Elektromágneses terek

(BMEVIHVMA19, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy fő célkitűzése az elektromágneses jelenségek kvalitatív és kvantitatív tárgyalása deduktív módon, a Maxwell-egyenletekből kiindulva. Az elektromágneses terek elméletének magasabb szintű tárgyalása, az alapképzésben megszerzett ismeretek elmélyítése. Az elektromágneses mezők számítógépes szimulációjára alkalmazott módszerek megismertetése, egyes modellezési kérdések tárgyalása. A modellezés alapján történő eszköz tervezési folyamat megismertetése. Néhány elektromágneses eszköz működési elvének ill. térelméleti alapjainak bemutatása az alacsony frekvenciás, villamosenergetikai alkalmazásoktól a nagyfrekvenciás, mikrohullámú eszközökön keresztül egyes optikai és nanoelektronikai alkalmazásokig bezárólag.

2. A tantárgy tematikája

I. Bevezetés, az eddigi ismeretek rendszerezése

Matematikai áttekintés. A Maxwell-egyenletek. Elektromágneses térjellemzők, erőhatások. Anyagjellemzők, térbeli és időbeli diszperzió. A beiktatott elektromos térerősség értelmezése. Makroszkopikus és mikroszkopikus Maxwell-egyenletek és ezek kapcsolata. A térjellemzők viselkedése különböző anyagállandójú térrészek határán.

Energiatétel, teljesítménysűrűség. Kezdetiérték- és peremérték-feladatok fogalma. Speciális időfüggés figyelembevétele lineáris közegekben: periodikus gerjesztés állandósult állapotban, tetszőleges időfüggés passzív közegben, belépő időfüggés. Komplex teljesítmény, a komplex teljesítménymérleg.

II. Az elektrodinamika peremérték-feladatai

Maxwell-egyenletek egyértelmű megoldhatósága, a sugárzási feltétel. Az elektrodinamika peremérték-feladatai (PDE, perem- és folytonossági feltételek megadása, ezek fizikai értelmezése). Időben állandó (sztatikus) terek: Laplace-Poisson egyenletre vezető, skalárpotenciállal leírható problémák: (i) elektrosztatikus tér, (ii) stacionárius áramlási tér (a Kirchhoff-hálózat n-pólusának térelméleti modellje), (iii) magnetosztatikus tér. A Laplace-Poisson egyenlet egyértelmű megoldhatóságának feltételei, a peremfeltételek fizikai tartalma.

Az elektrodinamika további peremérték-feladatai: (iv) stacionárius áramok mágneses terének analízise vektorpotenciál és redukált skalárpotenciál segítségével. 2D-s problémák az elektrodinamikában. A stacionárius áramok mágneses terének peremérték-feladata 2D-ben, az egy komponensű vektorpotenciál használata planáris és hengerszimmetrikus elrendezésekben.

További peremérték-feladatok: (v) örvényáramú problémák és egyéb kvázistacionárius terek, (vi) elektromágneses hullámok.

III. Peremérték feladatok numerikus megoldása, a mérnöki gyakorlatban használt szimulációs programok működésének alapjai és használata

Peremérték-feladatok numerikus megoldási módszereinek áttekintése (globális- és lokális közelítések, integrális- és differenciális megfogalmazások stb.). A végeselem módszer (FEM) alkalmazása peremérték-feladatok megoldására. Reziduum-elv, diszkretizált egyenlet levezetése a Poisson-feladatra. Példák a végeselem módszerhez használt formafüggvényekre.

Green-függvények skalárral leírható peremérték-problémák esetében. Néhány 1-dimenziós Green-függvény. A skaláris Poisson- és hullámegyenlethez tartozó szabadtéri Green-függvény. Diadikus Green-függvények, a vektoriális Poisson- és hullámegyenlethez tartozó szabadtéri Green-függvények.

Az integrálegyenletek módszere az elektrodinamika peremérték-feladatainak megoldására. Időbeli véges differencia módszer (FDTD). A differenciál-operátor diszkretizálása, a Yee-algoritmus vázlata 1- és 3-dimenziós esetekben.

IV. A villamosmérnöki gyakorlatban előforduló klasszikus térszámítási problémák

Tranziens folyamatok veszteséges távvezetéken, a Fourier-transzformáció alkalmazása. Ideális távvezeték tranziens jelenségei a Laplace-transzformáció alkalmazása, a menetdiagram értelmezése.

Elektromágneses inverz és optimalizációs feladatok (avagy: tervezés és képalkotás). Alapfogalmak: modelltér, adattér, direkt és inverz feladat. Gyengén meghatározottság fogalma, definíciója. Regularizálás célja, módszerei: dimenzió-kontroll, additív büntetőfüggvény (Tikhonov). Néhány klasszikus és modern optimalizálási algoritmus.

Hullámtani problémák. Síkhullámok: ferdén beeső síkhullámok, teljes visszaverődés, tetszőleges hullámtér előállítása síkhullámok szuperpozíciójaként.

Hullámvezetők: sajátérték-problémák, a módus fogalma, tetszőleges peremgörbével határolt csőtápvonalak, négyszög keresztmetszetű csőtápvonal módusai. Hertz-dipólus: közel- és távoltér, iránykarakterisztika, sugárzási ellenállás, irányhatás, nyereség. Patch antenna. Elektromágneses hullámok periodikus közegben, bizonyos típusú meta-anyagok viselkedésének vizsgálata. Homogenizálás. Elektromágneses hullámok modellezésére használható aszimptotikus módszerek (hullámkövetéses eljárások) áttekintése.

Fotonikai eszközök

(BMEVIETMA13, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy bemutassa és megismertesse a gyakorlatban használt fény és anyag kölcsönhatáson alapuló eszközök működési elvét és az egyes eszközök karakterisztikus jellemzőit.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető: A fény alapvető fizikai tulajdonságai megismerése, az elektromágneses hullámterjedés alapjainak átismétlése.

Passzív optikai elemek: Aktív energiaellátást nem igénylő optikai elemek tulajdonságainak ismertetése. Tükrök, lencsék, prizmák, optikai szálkábelek, diffrakciós rácsok leképzésének áttekintése.

Optikai anyagok fizikai tulajdonságai: Optikai üvegek szerkezeti tulajdonságaink ismertetése. Üveggyártástechnológia bemutatása. Különböző katalógus üvegek tulajdonságai bemutatása és alkalmazási területek ismertetése.

Optikai kristályok előállítása: Optikai kristályok szerkezeti tulajdonságaink ismertetése. Egykristály növesztési eljárások bemutatása. Optikai kristályok speciális tulajdonságainak bemutatása és alkalmazási területek ismertetése.

Nemkoherens fényforrások: Termikus és luminescens sugárzók, világító diódák, fénykeltési módjának ismertetése. Az így keltett sugárzás tulajdonságainak ismertetése. Fény érzékelésre használható fotodetektorok működési elvének ismertetése

Koherens fényforrások: Bevezetés. A lézerműködés alapfeltételei tárgyalása. A lézerek osztályozása lézer aktív közeg szerint. A különböző típusú lézerek tulajdonságinak összehasonlítása

Szilárdtest lézerek és alkalmazásaik: Direkt sávszerkezetű félvezető anyagok leírása. Lézerdiódák szerkezeti felépítései ismertetése. A félvezető lézerek fizikai paramétereinek és alkalmazásainak bemutatása

Optikai célú multirétegek: Vékonyréteg technológia áttekintése, vákuumpárologtatás és a porlasztás tárgyalása. Speciális tulajdonságokkal rendelkező vékonyréteg struktúrák bemutatása: dielektrikum tükrök, modulátorok, deflektorok.

Optikai elemek: A fény polarizációs tulajdonságának ismertetése. Kettőstörő anyagok szerkezetének ismertetése. Különböző elven működő polarizátorok, szűrők működésének áttekintése. Nemlineáris optikai eszközök frekvenciaváltoztató elemek bemutatása.

Optikai adatátvitel: Optikai hullámvezető struktúrák bemutatása. Egy és a többmódusú optikai szálkábelek és a felületi hullámvezetők ismertetése. Optikai szálkábelek gyártástechnológiai áttekintése. Az optikai szálkábelek fizikai sajátosságainak bemutatása.

Optikai kapcsolók: A mágneses tér kölcsönhatása fénnyel és akkusztikus hullámokkal. Magnetoptikai és akusztooptikai eszközök ismertetése és működési elvének áttekintése.

Folyadékkristályok: A folyadékkristályos anyagok szerkezeti felépítésének és optikai jellemzői áttekintése, folyadékkristályos kijelzők típusai és azok összehasonlítása optikai és egyéb tulajdonságaik alapján.

CMOS és CCD eszközök a fényérzékelésben: CMOS és CCD képalkotó szenzor működési alapjainak áttekintése. A szenzorelemek strukturális felépítésének bemutatása. A két szenzortípus összehasonlítása különböző tulajdonságaik alapján.

Kvantum-informatika és kommunikáció

(BMEVIHIMA18, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Napjaink számítástechnikai eszközei teljesítőképességük elvi határához éreztek, mivel az áramköri elemek a jelenlegi technológiával tovább nem csökkenthetők lényegesen. Ugyanakkor egyre több informatikai és távközlési feladat vár megoldásra, melyeket a jelenlegi számítástechnikai kapacitásokkal reménytelen megoldani, csupán szuboptimális megoldások alkalmazhatók. E kettős problémakörre kínál megoldást a kvantummechanikai alapokra épülő ún. kvantum informatika és kommunikáció, mely egyfelől atomi méretekre zsugorítja az áramköri elemeket, másfelől nagyfokú párhuzamosíthatóságot tesz lehetővé, ezáltal lényegesen redukálva a számítási időt, harmadrészt pedig a klasszikus világban szokatlan megoldási lehetőségeket is kínál (pl. teleportálás). A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatóságot a kvantum informatika fogalomrendszerével, információ elméleti vonatkozásaival és alkalmazási példákon keresztül informatikai és távközlési környezetben való alkalmazhatóságával. A tantárgy röviden ismerteti a gyakorlati megvalósítás alapjait is.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés.

A kvantuminformatika motivációja. A Moore-törvény korlátja és a kvantummechanika kapcsolata. A kvantuminformatika alkalmazásának lehetőségei. A gyök NOT kapu rejtélye (kvantum interferométer)

Kvantuminformatika jelölésrendszere és posztulátumai.

A Hilbert-tér és a kvantummechanika kapcsolata, egyszerűsített leírás. Kvantuminformatikai jelölések, komplex valószínűségi amplitúdók. A kvantummechanika posztulátumai. Kvantumbit és kvantumregiszter, szuperpozíció elve. Ábrázolás a Bloch-gömb segítségével. Alap kvantum kapuk és leírásuk.

Műveletek kvantumbitekkel és kvantumregiszterekkel

N-bites kapuk. N-bites Hadamard-kapu és a szuperpozíció elve. Interferométer leírása. Összefonódás (entanglement). CNOT-kapu

Összefonódás
Bell-állapotok. Környezettel való összefonódás (dekoherencia) és következményei. EPR paradoxon. No cloning.
Projektív mérés
Mérés: kapcsolat a kvantum és a klasszikus világ között. Projektív mérés tulajdonságai és konstrukciója.
POVM mérés
POVM mérés tulajdonságai és konstrukciója. Kapcsolat a különböző mérések között.
Egyszerű kvantum protokollok
Tetszőleges kvantumbit előállítása alap kvantumkapuk segítségével. Szupersűrűségű tömörítés. Teleportálás.
Kvantum párhuzamosság
A kvantum párhuzamosság alapjai. A Deutsch-Jozsa-algoritmus leírása. Simon algoritmus
Kvantum prímfaktorizáció – Shor-algoritmus
Prímfaktorizáció, rendkeresés és a Shor-algoritmus kapcsolata és működésük ismertetése. Hatékonyság elemzése.
Infokommunikációs problémák kvantum alapú megoldásai (1)
Kvantum alapú véletlenszám-generátorok
Infokommunikációs problémák kvantum alapú megoldásai (2)
Kvantum alapú kulcsszétosztás. A BB84 protokoll működése és megvalósítása. A B92 protokoll működése.
Infokommunikációs problémák kvantum alapú megoldásai (3)
Hatékony keresés rendezetlen adatbázisban: a Grover-algoritmus. Működés és blokkdiagramm. Hatékonyság elemzése.
Kvantum számlálás és szélsőérték keresés
Kvantum-számlálás elméleti háttere. Kvantum-számlálás elemzése, komplexitása, értékelése, Minimum/maximum keresés elméleti háttere. Minimum/maximum keresés elemzése, komplexitása, értékelése.
Kvantumkriptográfia gyakorlati alkalmazásai
2. generációs folytonos változós kulcsszétosztás. A jelenlegi vezetékes kvantumkulcsszétosztó rendszerek bemutatása.
A Grover-algoritmus általánosítása
Általánosított Grover-algoritmus mely lehetővé teszi a tévesztési hiba megszüntetését.
Kvantum számítógépek, hol tart ma a világ
Kvantum számítógép építésének aktuális helyzete: foton, elektron, atom, molekula alapú megközelítések, jelenlegi elképzelések és kutatási irányok.
Kvantum információelmélet alapjai
Sűrűségmátrixos leírás, posztulátumok megfogalmazása a sűrűségmátrixos leírás segítségével. Összefonódás és teleportálás értelmezése sűrűségmátrixok segítségével.
Kvantuminternet építőkövei
A kvantuminternet architektúrája és protokollkészlete. Repeaterek és memóriák.
Műholdas kvantumkommunikáció
Szabadtéri és műholdas kvantumkommunikáció
Összefoglalás és kitekintés
A tanult témakörök összegzése. A kvantummechanika rövid története. A kvantummechanika és filozófia kapcsolata.

Nanotudomány

(BMEVIETMA14, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A nanotudomány elsődleges célja jelenségek tanulmányozása szerves és szervetlen rendszerekben, amelyek néhány száztól néhány millió atomból állhatnak (0,2...100 nm-es tartományba tartoznak). A tantárgy három fő tematikai részre különíthető. Az első rész elméletileg tekinti át a nanotartományba eső

rendszerek fizikáját, a skálázással kapcsolatos kérdéseket, a vonatkozó alapvető kvantummechanikai és szilárdtest fizikai jelenségeket. A második rész a nanoanyagok fizikai tulajdonságaival, előállítási technológiájukkal és fő alkalmazási területeivel foglalkozik, beleértve szerves és szervetlen rendszereket is. A harmadik rész célja a nanometrológia bevezetése, a nano méretskálán alkalmazható mikroszkópos és spektroszkópiás eljárások megismertetése.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, a nanotudomány elhelyezése, fontosabb eddigi eredményei. A nanotudomány által használt fogalmak definiálása. A nano mint mérettartomány különlegességei. Az anyagok felépítése bottom-up megközelítésben.

A fizikai tulajdonságok megváltozása a nano-méretskálán. A geometriai skálázás hatásai. A top-down tervezés skálázási problémái. Makroszkopikus fizikai jellemzők (mechanikai, elektromos, optikai, termikus, mágneses), ezek mikroszkopikus értelmezése (újdonságok a nanovilágban).

Bevezető a kvantummechanikáról, kvantummechanikai problémák és megoldásuk: A kvantummechanika alapelveinek áttekintése, egyszerű problémák esetében a megoldás menete és eredménye.

Szilárdtestfizikai alapok: Hogyan jutunk el a szilárdtestfizika villamosmérnöki szempontból lényeges modelljeihez és a kapott eredmények értelmezéséhez.

Félvezetők elmélete Áramvezetés jelensége a félvezetőkön belül. A különböző jellegű félvezetők közötti különbségek és a makroszkópikus egyenletek előállítása.

Nanoszerkezetek, nanoanyagok előállítási módszerei 1: gőzfázisú módszerek. Fizikai és kémiai gőzfázisú rétegleválasztás, valamint kondenzáció és ezek speciális változatai (pl. PVD, CVD, CCVD, ALD, GPC, CVC). Lézeres abláció, kriogénolvasztás, permethőbontás.

Nanoszerkezetek, nanoanyagok előállítási módszerei 2: folyadékfázisú módszerek. Nanorészecskék előállítása szol-gél eljárással. Alak- és méretkontrollált kémiai redukció. Felületkémia, önszerveződő rétegek, bevonatok. Elektrokémiai és árammentes rétegleválasztás.

Nanoszerkezetek, nanoanyagok előállítási módszerei 3: nanolitográfia 1. A projekciós és direktírásos litográfiák alapelvei, a felbontóképesség korlátjai. Optikai (UV) litográfia, röntgen-litográfia, elektronsugaras és ionsugaras eljárások.

Nanoszerkezetek, nanoanyagok előállítási módszerei 4: nanolitográfia 2. Haladó litográfiás eljárások. Nanoimprint litográfia és replikáció. Lézerinterferencia litográfia. Litográfia pásztázó tűszondás mikroszkópokkal (STM, AFM). Nanodiszpenzálás.

Szén allotróp módosulatai: fullerének, nanocsövek, grafén. Kristálytani leírás, fizikai tulajdonságok, főbb előállítási technológiák. Megvalósult és potenciális alkalmazási területek a nanoelektronika, szenzorika, kijelzők, kompozit anyagok stb. Terén.

Nanoanyagok vizsgálati lehetőségei, a nanometrológiai eljárások áttekintése. A mikroszkópos eljárások alapjai, a felbontóképesség korlátjai az egyes eljárásoknál. A pásztázó tűszondás mikroszkópok működése (STM, AFM).

Elektronsugaras mikroszkópos eljárások áttekintése. A pásztázó és transzmissziós elektronmikroszkópia (SEM és TEM) alapjai, lehetőségei és korlátjai. Anyag elektron kölcsönhatás, származtatott jelek, detektortípusok és képalkotási módok.

Az anyagösszetétel vizsgálat lehetőségei a nano-méretskálán. Spektroszkópiai módszerek (SEM-EDS, XRF, XPS, AES, Raman-spektroszkópia, SERS, FT-IR) alapjai, az egyes eljárások előnyei, hátrányai.

Űr, többtest és nemlineáris dinamika

(BMEGEMMNUTT, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, GPK)

1. A tantárgy célkitűzése

Az égitestek, az űrjárművek és az űrkutatásban alkalmazott robotikai eszközök kinematikájának és dinamikájának nélkülözhetetlen elemzési és szimulációs módszereivel kapcsolatban nyernek áttekintést és alkalmazható tudást a tágy hallgatói. A tantárgy javarészt merev test modellekre szorítkozik és a Newtoni mechanikára épít. Az egyes témakörökben a legegyszerűbb gyakorlati példán keresztül történik meg az elmélet bemutatása és megértése.

2. A tantárgy tematikája

Merev testek mechanikájával kapcsolatos alapfogalmak. A merev test helyzete: pozícióvektor, forgatási tenzor, homogén transzformáció. Orientáció megadási módok: tengely-szög reprezentáció, Euler-szögek, (Tait–Bryan-szögek, fix szögek, roll-pitch-yaw szögek), szingularitási problémák, egységkvaterniók. Nyílt kinematikai láncok kinematikai leírása Denavit–Hartenberg-módszerrel, zárt láncok kinematikai leírása holonom kényszerek segítségével. Newton–Euler-rekurzió nyílt kinematikai láncokra, összevetés a másodfajú Lagrange-egyenletekkel, példák az űrbéli robotikai alkalmazások közül. A Newton–Euler-rekurzió és a másodfajú Lagrange-egyenletek alkalmazása egy nyílt kinematikai láncra. Elsőfajú Lagrange-egyenletek alkalmazása zárt kinemaktikai láncú szerkezetekre, összevetés a másodfajú Lagrange-egyenletekkel, példák az űrbéli robotikai alkalmazások közül. Hatékony numerikus módszerek sok szabadsági fokú többtestdinamikai rendszerek mozgásegyenleteinek megoldására: Lagrange-multiplikátorok formalizmusa, penalty módszerek. Szabályozott mechanikai rendszerek mozgásszabályozási módszerei: kiszámított nyomatékok módszere, teljes és részleges állapotvisszacsatolás (teljes aktuáltságú, alulaktuált, redundáns rendszerekre) digitális hatások figyelembevétele. Dinamikai rendszerek egyensúlyi helyzetei, ezek stabilitása. Periodikus pályák és stabilitásuk, kváziperiodikus megoldások, ciklikus rendszerek stabilitása. Lagrange-pontok, égitestek pályái, stabilitás. Alapvető koncepciók a nemlineáris dinamikában és a bifurkáció analízisben, a mechanikában (statikában, rugalmasságtanban, dinamikában) előforduló esetek, alkalmazási példák az űrben. Űreszközök pozíciójának és orientációjának stabilizációja, giroszkóp alkalmazása az orientáció-szabályozásban, CMG (control moment gyroscope). Az optimális pályatervezésről általában, optimális pályák a robotikában, űreszközök optimális pályái, időoptimális és energiaoptimális pályák.

Villamos szigetelések és kisülések

(BMEVIVEMA19, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A villamosmérnöki tudományok egyik klasszikus ágának számít a villamos szigeteléstechnika. Azonban a XI. század új lendületet adott a területnek, mivel a legtöbb alkalmazás egyre különlegesebb igénybevételeknek ellenálló szigetelések és a szigetelőanyagok alkalmazását igényli. Ezen kihívásokra válaszul megjelentek a különleges polimerek, azok kompozitjai, valamint a nanokompozit polimerek, mivel kiderült, hogy a polimerek előnyös tulajdonságai nanométerű anyagok megfelelő adagolásával tovább javíthatók. A kurzus során hallgatóságot megismertetjük a villamos szigetelőanyagokban és szigetelésekben lezajló villamos folyamatokkal. Áttekintjük a dielektromos polarizáció jelenségét különböző anyagokban, továbbá az elemi folyamatokat leíró modellek alapjait. Bemutatjuk a villamos kisülések és a villamos szilárdság letörésének folyamatát különböző halmazállapotú szigetelőanyagokban. Mind a kisülési, mind a dielektromos folyamatok esetén bemutatjuk a gyakorlati vonatkozásokat, a villamosmérnöki tudományok azon területeit, ahol a szigeteléseket extrém villamos és környezeti igénybevételek érik.

2. A tantárgy tematikája

A villamos szigeteléstechnika alapjai, a szigetelések alaptípusai és a villamos szilárdság letörése. Az átalakuló energetika szigeteléstechnikai problémái.

Szigetelőanyagok villamos erőtérben, rétegzett szigetelések, dielektromos refrakció és jelentősége a szigetelésekben, térvezérlés megoldásai. Kompozit szigetelőanyagok

Dielektromos polarizáció: a térjellemző mennyiségek és a töltések kapcsolata. A polarizáció makro és mikrojellemzői. A polarizálhatóság.

Elemi polarizációs folyamatok I.: Elektronpolarizáció és modelljei. A Clausius-Mossotti összefüggés. Az ioneltolódási polarizáció

Elemi polarizáció folyamatok II.: a hőmérsékleti orientációs polarizáció és a hőmérsékleti ionpolarizáció

A dielektromos válasz-függvény és tulajdonságai, idő és frekvencia tartományban.

A dielektromos válasz mérése idő és frekvenciatartományban, áram- és feszültségméréssel. A dielektromos válasz kapcsolata szigetelés állapotával

A villamos kisülések kialakulása gázokban (az ütközési, foto- és hőionozás kialakulása, törvényszerűségei), villamos ív. A töltéshordozókat termelő és fogyasztó fizikai folyamatok.

Részleges kisülések: koronakisülések (elektronlavina, pamatos kisülés, csatorna kisülés), üregkisülések, kúszókisülések, villámszerű kisülések. Teljes kisülések: átütés és átívelés, szikrakisülés, villamos ív.

Az elektrosztatikus kisülések (fojtott szikrakisülések, terjedő kisülések, lerakódott porréteg felületén fellépő kisülések). A kisülések okozta káros hatások (tüzek, robbanások, ESD). A kisülések ipari alkalmazása.

Átütési folyamatok kialakulása szigetelő folyadékokban. Nagy tisztaságú és technikai tisztaságú folyadékok átütése.

A villamos szilárdság letörése szilárd szigetelőanyagokban. Villamos átütés esetei: intrinsic átütés, elektromechanikai átütés, hő-villamos átütés, villamos öregedés

Az átütés statisztikus elmélete, a feszültségigénybevétel és az időtartam hatása a villamos szilárdságra.

VI.2 Gazdasági és humán ismeretek

Az űrmérnöki MSc képzésben a gazdasági és humán ismeretek tantárgyblokkjában három tantárgytalálható, melyek kötelezőek minden hallgató számára.

Gazdasági és humán ismeretek tantárgyai:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Mérnöki menedzsment	BMEVITMMB03
Komplex űrberendezések fejlesztésének koordinálása	BMEVIETMA09
Hazai űrtevékenység és nemzetközi környezete	BMEVIIIMA16

Mérnöki menedzsment

(BMEVITMMB03, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 4/0/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a villamosmérnök, mérnök- és gazdaságinformatikus, valamint egészségügyi mérnök szakok hallgatói számára technológia- és innovációmenedzsment módszerek, üzleti stratégiák, döntési modellek ismertetése, a jellemző mérnöki vezetői szerepek, feladatok, helyzetek és eszközök bemutatása, valamint a sajátos technológiák és piac szabályozási elveinek és modelljeinek tárgyalása, életszerű példák felsorakoztatása, mindezekkel a sikeres pályakezdés elősegítése.

2. A tantárgy tematikája

Mérnöki menedzsment a tudásgazdaságban: A mérnöki menedzsment általában: helye, szerepe, területei. Az információs, kommunikációs és média technológia (ICT) sajátosságai, trendje, kihívásai és mérnöki menedzsmentje. A digitális ökoszisztéma kialakulása. A mérnöki tevékenység menedzsment elemei. A vezetői tevékenység jellegzetességei, összetevői, a sikeresség komponensei. Vezetési helyzetek és módszerek. Stratégiai menedzsment. A stratégiák felépítése és alkotóelemei. Üzleti stratégiatervezési módszerek. Versenystratégiák osztályai. Stratégiai példák: az Internet jövőképe, a digitális üzleti stratégia. A stratégia megvalósítása: sikertényezők, az előrehaladás követése. Stratégiai irányítás és kontroll módszerei. Összetett mérnöki döntési problémák megoldása, ügyfél- és rendszerszemléletű megközelítések, a játékelmélet alkalmazása. Erőforrások tervezése, allokálása. Multiprojekt-menedzsment. Szervezet menedzsment. Szervezetek vezetése, szervezet típusok. Szervezetek életciklusa, döntési kultúrája, változtatások menedzselése. Vezetés a gyakorlatban. Vezetési stílusok és kultúrák. Mikor, hol melyik vezetési stílus a hatásos? Tudásmenedzsment. Tudásfolyamatok. Szakmai kompetencia. Tudásmegosztás. Tudásalapú rendszerek. Tudásmenedzsment rendszer bevezetése egy piaci vállalatnál. A szellemi tulajdon fajtái, védelmének alapelvei. Szabad hozzáférésű szoftverek. A szellemi tulajdon hasznosítása. Szellemi közjavak.

ICT specifikus mérnöki menedzsment: Technológia menedzsment. Technológiai tervezés, előrejelzés, transzfer, bevezetés, beépítés és váltás. Technológiai jövőkép-készítés, hajtóerő elemzés, szcenáriók összevetése. Technológia-hajtott üzleti stratégiák. Vállalati ICT funkciók. Az ICT alkalmazása: új üzleti stratégiák, globális munkafolyamatok, hatékonyabb szervezeti struktúrák kialakítása. Innováció menedzsment. A kutatás-fejlesztés és innováció célkitűzései. Innovációs modellek és metrikák. Az innovációs folyamat, a kutatás-fejlesztés és a minőség menedzselése, a kockázatok kezelése. Innovációs lánc. A K+F+I menedzsment többszintű szervezete, összekapcsolódó cselekvései. Az innováció finanszírozása. Technológiai inkubátorok, innovációs centrumok, start-up cégek, technológiai konzorciumok. Termékmenedzsment. A termékfejlesztés célkitűzései és folyamata. Az ICT termékek és szolgáltatások piaci helyzete. A piac szereplői. A piaci versenykörnyezet. Piacszegmentálás. A termékek életfázisai, a termék-életciklus menedzselése. A termékek árazása, a fogyasztók árérzékenysége. Marketing-kutatási, termékértékesítési és értékesítés-támogatási módszerek. Üzleti folyamatok

menedzselése. Folyamatok elemzése, tervezése, szabályozása, javítása, átalakítása. Folyamatok fejlesztésének módszerei. Informatika a vállalati értékteremtésben. Ügyfélkapcsolatok menedzselése. Működéstámogató rendszerek. Az ellátási lánc menedzselése. Üzletmenet folytonosság menedzselése. Egy szolgáltató cég informatikai rendszerének általános felépítése.
A szabályozási környezet: Az ágazati szabályozás. A szabályozás célja, elvei általában, valamint a hálózatos ágazatokban. Versenyszabályozás, fogyasztóvédelem. A szabályozás intézményei és eljárásai, ex-ante és ex-post szabályozás. Önszabályozás, egyezmények, szabványok. Az ICT szektor technológiai és piacszabályozásának modelljei. A verseny és a digitális konvergencia kibontakoztatásának szabályozási feladatai. Az elektronikus hírközlő hálózatok és szolgáltatások, az informatika és a média közösségi és hazai keretszabályozása. Szolgáltatók együttműködésének szabályai. Korlátos erőforrások gazdálkodásának szabályozása, frekvencia- és azonosító-gazdálkodás. Adatvédelem, információbiztonság és tartalom szabályozása.

Komplex űrberendezések fejlesztésének koordinálása

(BMEVIETMA09, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 1/1/0/f/3 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az űrvonatkozású projektek menedzsmentje némileg eltér a szokványos mérnöki gyakorlattól. A költséges és nagy kockázatú küldetések kivitelezése standardizált módon történik, melynek minden aspektusa szakértők által, korábbi tapasztalat alapján megalkotott, szabványok által szabályozott módon történik.
Az Európai Űrügynökség (ESA) módszertan alapján az űrprojektek életciklusát tipikusan hét fázisra osztják. Ezekhez a fázisokhoz szorosan kapcsolódnak a komplett rendszer vagy az egyes alegységek szintjén végzendő konkrét tevékenységek. Ezek a tevékenységek az egyes fázisok között időben átlapolódhatnak és jellemzően olyan beszámolókkal zárulnak, melyek teljesítése szükséges, de nem elégséges feltétele a továbblépéshez. A tantárgy az egyes fázisok során végzendő feladatokat ismerteti tételesen, a hozzájuk tartozó dokumentumok formai és tartalmi követelményeinek bemutatásával. Konkrét példákon keresztül mutatjuk meg azokat a projektmenedzsment módszereket, melyek hatékony segítséget nyújthatnak egy komplex rendszerintegrációs feladat kivitelezésében.
A tantárgy célkitűzése tehát az ilyen szabványos módon történő tervezés általános módszertanának ismertetése. Az Európai Együttműködés az Űrszabványosításért Testület (European Cooperation for Space Standardization -- ECSS) szervezeti felépítésének és a testület gondozásában lévő szabványok ismertetésén keresztül mutatja be az űrszövetségek által a gyakorlatban alkalmazott módszertan formai elemeit és követelményeit. Bár elsősorban az ESA által alkalmazott módszer formai követelményeinek való megfelelőségre koncentrál a tantárgy, de kitekintést nyújt más űrügynökségeknél használatos módszertanokra is.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető: Az Űr-projektek sajátosságai. A szabványosított tervezési módszertan szükségességének bemutatása gyakorlati példákon keresztül. Az European Cooperation for Space Standardization – ECSS testület bemutatása: A testület célkitűzéseinek és felépítésének ismertetése.
Projekttervezési alapok az ECSS ajánlása alapján: projekttervezés és szervezés, Projekt felbontási struktúrák, űr-projekt fázisokra bontása. Projekttervezési alapok az ECSS ajánlása alapján: projekttervezési követelmények. Konfigurációkezelési alapelvek: konfigurációkezelési áttekintés, management és tervezés, konfigurációkezelés kivitelezése. Konfigurációkezelési alapelvek: konfigurációkezeléssel szemben támasztott követelmények. Költség- és időmanagement űrprojektekben: Űr-projektek tervezésének idő és a költség-becsélési módszerei. Költség és időkontroll. Szerződéstípusok és a megállapodások fajtái és ezek jellemzői. Integrált logisztikai támogatás: logisztikai kihívások áttekintése. Alkatrész elérhetőség, támogatás és emberi erőforrások managelése. Kockázat management: Kockázat management alapjai és folyamata és az azzal szemben támasztott követelmények. Műszaki dokumentációk: A műszaki jellegű információk dokumentálásának módja. Verifikációs és a tesztelési folyamatok dokumentációs igénye. Beszámoltatási kötelezettségek és beszámolási folyamatok ismertetése, PDR, CDR, QR, MCR, LRR stb. Dokumentum rendszerzési és archiválási cselekmények: Adatbázis építések, archiválási stratégiák és gyakorlatok.
Kitekintő előadás: NASA, JAXA, CNSA, Roszkoszmosz módszertanok.

Hazai űrtevékenység és nemzetközi környezete

(BMEVIIIMA16, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 1/1/0/f/3 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy arra fókuszál, milyen jellemző területei és céljai vannak a hazai űrtevékenységnek (űrkutatásnak, űriparnak, űralkalmazásoknak stb.), és hova pozícionálhatók a hazai kutatási és ipari/fejlesztési programok és lehetőségek a nemzetközi űrtevékenység tágabb környezetében, különös tekintettel az Európai Űrügynökségre. A tantárgy során vendégelőadókat tervezünk meghívni, mind hazai mind nemzetközi oldalról. Például a hazai űrkutatásért és űrtevékenységért felelős minisztérium képviselőjétől kérünk tájékoztatást a hazai űrtevékenység irányvonalairól, illetve a hazai űripari klaszterek képviselői mutatják be az űripar hazai és nemzetközi helyzetét, lehetőségeit. Nemzetközi oldalról szeretnénk előadókat elhívni például az Európai Űrügynökségtől (Hollandiából), az ENSZ Világűrirodájától (Ausztriából), az ENSZ által alapított 18-35 éves űrkutató korosztályt képviselő Space Generation Advisory Council bécsi központjából (Ausztriából).

2. A tantárgy tematikája

A tantárgy célkitűzéseinek bemutatása, a félév menetének ismertetése. A modern űrkutatás kezdete és jelentősebb állomásai, és főbb technológiai újdonságai (emberes missziók, földmegfigyelés, űrtechnológia-űripar stb.) és intézményrendszerei.
A hazai űrtevékenység főbb mérföldköveinek ismertetése az 1946-os Bay-féle holdradar-kísérlettől kezdve. A hazai űrszektor felépítése és főbb szervezetei.
A műegyetemi űrtevékenység bemutatása a közelmúltból napjainkig. Aktuális projektek a Műegyetemen.
Az első magyar műhold és további kisműholdas sikerek a BME-n; komplex fedélzeti rendszerek különböző missziókban (meghívott műegyetemi előadók a programokból).
A nemzeti űrstratégia. A hazai űrtevékenység aktuális eredményei és irányai.
A hazai űripari cégek jelentős részét tömörítő űripari klaszter (HUNSPACE), valamint a klaszterhez tartozó cégek szakmai területeinek, aktuális kihívásainak és célkitűzéseinek bemutatása.
A hazai űrtevékenység meghatározó szervezetének (HUPT) és kiemelkedő cégének (BHE) megismertetése, a technológiai területek és szakmai kapcsolatok, sikerek bemutatása.
Az űrtechnológia szerepe a jelen és a jövő digitális szolgáltatásaiban. Hazai kutatások és alkalmazásfejlesztések. Jelentősebb hazai alkalmazási területek.
Áttekintés az űrkutatás és űrtevékenység hazai társadalomra gyakorolt hatásáról.
Az Európai Űrügynökség története és felépítése. Magyarország és az ESA. Hazai részvétel az ESA programjaiban.
Dióhéjban a NASA-ról, a NASA jelentősége Magyarország számára. A magyar-orosz együttműködések és aktuális projektek áttekintése. Az ázsiai országok előretörése, India, Kína, Japán, stb. űrtevékenysége.
A Nemzetközi Asztronautikai Akadémia (IAA), a Nemzetközi Űrjogi Intézet (IISL) és a Nemzetközi Asztronautikai Szövetség (IAF) feladatai és tevékenységei. Az ENSZ Világűrbizottság (UN COPOUS) bemutatása. Magyarország munkája a COPOUS bizottságaiban.
Világűregyezmény, Holdegyezmény és további más fontos nemzetközi űrjogi egyezmények bemutatása. Űrbányászat jogi kérdései.
Az Európai Űrügynökség fiatalok számára szóló oktatási és kutatási programjai. Young Graduate Trainee-ként az Európai Űrügynökségben. Az ENSZ által alapított Space Generation Advisory Council feladata és programjai a 18-35 éves korosztály számára.

VI.3 Űrmérnöki szakmai ismeretek

VI.3.1 Kötelező tantárgyak

Az űrmérnöki képzésben jelenleg nincsenek sem szakirányok, sem specializációk. A képzésben előírt szakmai ismeretek átadása minden hallgató számára megvalósul a kötelező tantárgyak elvégzése során, ugyanakkor a képzési programban kötelezően és szabadon választható tárgyak is segítik a hallgatókat abban, hogy korábbi alapképzésüknek és érdeklődési körüknek megfelelően bizonyos szakmai ismeretekben jobban el tudjanak mélyülni.

Az űrmérnöki szakmai ismeretek blokkban az alábbi tématerületek minden hallgató számára kötelezően tárgyalásra kerülnek:

- űrkutatás és űrtechnológia témakörének áttekintése
- űrkommunikáció
- űrrendszerek tervezése
- űrnavigáció
- űreszközök pályái és földi állomások
- megbízhatóság és minőségbiztosítás az űrtechnológiában
- műholdas rendszerek és távérzékelés

Az űrmérnöki szakmai ismeretek blokkban található tantárgyak listája a következő:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Űrkommunikáció	BMEVIHVMA11
Űrkutatás és űrtechnológia	BMEVIHIMA15
Űrrendszerek tervezése	BMEVIHVMA12
Űrnavigáció	BMEEOAFM351
Űreszközök pályái és földi állomások	BMEVIHVMA10
Megbízhatóság és minőségbiztosítás az űrtechnológiában	BMEVIEEMA08
Műholdas rendszerek és távérzékelés	BMEVIHVMA09
Űrtechnológia laboratórium 1.	BMEVIHVMA13
Űrtechnológia laboratórium 2.	BMEVIHVMA14

A fentieken kívül a kötelezően választható tárgy blokkból összesen 12 tantárgy közül kell kötelező jelleggel kettőt választani a hallgatóknak. Ez a választási lehetőség alapoz a BME oktatógárdájának szerteágazó tapasztalatára az űrmérnöki képzés különböző szakterületein, egyben biztosítja a hallgatók számára a lehetőséget, hogy a 120 kredites képzés során két kötelezően választható tárgy révén az érdeklődési körüknek megfelelően mélyíthessék el az ismereteiket. Technikailag a kötelezően választható blokkban szereplő 12 tantárgy közül a tantárgyak egy részét az őszi félévben, egy részét a tavaszi félévben, egy részét pedig lehet, hogy mindkét félévben meg fogjuk hirdetni a BME Tanulmányi és Vizsgaszabályzatában rögzített aktuális rendelkezések figyelembevételével.

Az űrmérnök képzésben részt vevő hallgatók két féléven keresztül az Űrtechnológia laboratórium tantárgy keretében méréseket végeznek, hogy a tanult elméleti ismereteket kiegészítsék gyakorlati, az ipari és kutatás-fejlesztési területen hasznosítható ismeretekkel.

Űrkommunikáció

(BMEVIHVMA11, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célkitűzése az űreszközök közötti információ átvitele, az űrkommunikáció, a hírközlés és műholdas műsorszórás fogalmainak és feladatainak elméleti és gyakorlati bemutatása. Különös hangsúllyal tárgyalja a tárgy az űrrendszerek földi és műholdas egységei közötti rádiócsatornákon történő kommunikációt, kitérve az információelmélet, a digitális hírközlés alapjaira, valamint az űrkommunikáció átviteli csatornáin fellépő fading-jelenségekre és ezek modellezésére. A fogalmak alkalmazását a rádióhírközlésből és az optikai hírközlésből és a műholdas kommunikációs rendszerekből vett gyakorlati példák részletes tárgyalásával mutatjuk be.
Rövid tematika: Kommunikációs rendszerek általános blokkdiagrammja (forrás/nyelő-(de)kódoló-(de)modulátor-csatorna), űrkommunikációs összeköttetések típusai (pont-pont, pont-többpont, többpont-többpont kapcsolatok). Főbb ITU műholdas szolgáltatási kategóriák (BSS, MSS, FSS). Űrkommunikációs feladatok típusai (Föld-űreszköz, űreszköz(ök)-űreszköz(ök), mélyűri kommunikáció).
Információ fogalma, információ források jellemzése; memóriával rendelkező források, információ mértéke; entrópia. Forráskódolás célja, hatékonysága, memóriamentes és memóriával rendelkező források kódolása, Shannon I. forráskódolási tétele, Huffman kód.

Üzenetek, zajok, zavarok fogalomköre, ezek leírása diszkrét és folytonos sztochasztikus folyamatokkal, stacionárius folyamatok, korrelációs jellemzés. Kölcsönös információ, csatornakapacitás fogalma, BSC, DMC, additív Gauss-zajos csatorna (AWGN), Shannon korlát, Shannon II. csatornakódolás tétele.
Pont-pont, pont-többpont, többpont-többpont összeköttetéseken (műhold-Föld, műhold-műhold, földi pont-pont) fellépő féding folyamatok a különböző frekvenciasávokban, ideértve az optikát is. Földi mozgó csatorna, alacsony pályás űreszköz, HAP, drón. Időben változó csatornák jellemzése, WSSUS.
Üzenettér, kódtér fogalma, hibák osztályozása, Hamming távolság, kódkonstrukciós törvények (Singleton, Hamming korlátok, MDS, perfekt kód), kódvektorok, generátormátrix és polinom, paritásellenőrző mátrix és polinom. Bináris és nembináris lineáris csatornakódolási eljárások: Véges testek fogalma, műveletek Galois testek felett, nembináris Hamming kódok, Reed-Solomon kódok, ciklikus kódok.
A komplex burkoló fogalma, digitális jelkészlet, jeltér fogalma, kétdimenziós jelkészletek, PSK és QAM moduláció, több dimenziós (ortogonális, biortogonális, szimplex) jelterek, optimális vétel AWGN csatornában, vevőstruktúrák.
OFDM, kódolt moduláció (TC-QAM, Viterbi algoritmus), folytonos fázisú moduláció (CPM).
OFDM, FBMC; pont-pont, pont-többpont, multi-link rendszerek (SISO, SIMO, MISO, MIMO) csatornákra, T/F/C/SDMA, Aloha, műholdas diverziti.
Földi mobilkommunikációs rendszerek áttekintése, követelmények az 5G rendszerekben (eMBB, mMTC, URLLC).
Műholdas rendszerek szerepe az 5G elvárások teljesítésében. Ellátó hálózati funkciók, hozzáférési hálózati feladatok, műsorszóró feladatok.
Video jelek kódolása (MPEG2) áttekintés, műholdas digitális műsorszórás DVB-S/RSC.
FSO, optikai modulációk, lézerösszeköttetések szerepe a műhold-Föld, műhold-műhold, és a mélyűri kommunikációban.
Űrkommunikáció lehallgatás-biztonsági kérdései, kvantumkommunikáció elve, alkalmazási lehetőségei.
NASA mélyűri kommunikációs hálózatának (DSN) áttekintése, kommunikációs eljárások planetáris (Hold, Mars, üstökösök) missziók megvalósításához.

Űrkutatás és űrtechnológia

(BMEVIHIMA15, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 1/1/0/v/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy űrkutatási és űrtechnológiai alapismereteket nyújt. Az űrkutatási/űrtechnológiai projektek alapvetően különböznek a hagyományos projektektől, ugyanis sokszor a tervezésük, kivitelezésük és kiértékelésük nagyon sok évet (akár évtizedeket) is felölel. A tantárgy célja ennek a szemléletnek az átadása, ezért különböző történelmi és aktuális űrkutatási és űrtechnológiai projektek révén bemutatja az az űrtevékenység sokszínűségét a Föld megismerésétől kezdve a

Naprendszeren is túlmutató kutatásokig. Áttekintjük az egyes projektek sikereit és kudarcait is, levonva a megfelelő következtetéseket. Alapvető fogalmak (különbség űrkutatás és űrtevékenység között, mit értünk űrtechnológia alatt) tisztázásán túl kiemelten koncentrálunk a 2020-as évtized aktuális projektjeire (pl. műholdseregek, földmegfigyelés kisméretű műholdakkal, visszatérés a Holdra, emberes űrrepülés, űrállomások, magánűrhajózás, stb.), és törekszünk a nemzetközi sokszínűségre is (azaz európai és amerikai példák mellett hangsúlyosan ismertetésre kerülnek pl. dél-amerikai és ázsiai projektek is). A tárgy során bizonyos kiemelt témákhoz vendégelőadókat is hívunk, a félév során pedig aktívan bevonjuk a tárgy hallgatóit is a témakörök feldolgozásába.
Rövid tematika: A tárgy célkitűzéseinek bemutatása, a félév menetének ismertetése. Hallgatói csoportok megalakulása, témaválasztás a félévre.
Hétköznapi űralkalmazások. Az elmúlt évek spinoffjai. Földmegfigyelés. Az „új űr” megközelítés. Űridőjárás. Európai űridőjárási projektek feldolgozása. Történelmi projektek: Holdraszállás. Visszatérés a Holdra. Célpontban a Mars. Sikertelen Mars-küldetések. Leszállás egy üstökösre. Űrbányászat. Feljutni a világűrbe. Magyar űrtevékenység – tudomány született. Emberes űrrepülés. A hosszú távú emberes űrrepülés kérdései. Űrállomások. Laboratórium a Föld felett. Űrtávközlés. Műholdseregek. Bolygóvédelem. Kitekintés a „nagyokon” túl. Asztrobiológia.
Látogatás űrkutatással foglalkozó kutatóintézetnél vagy űrtechnológiai vállalatnál.
Az előttünk álló évtized izgalmas űrprojektjei. Tervezett hazai projektek.

Űrrendszerek tervezése

(BMEVIHVMA12, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/2/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy átfogó ismereteket ad az űrmérnök képzésben részt vevő hallgatók számára azokról a mérnöki feladatokról, amelyek egy világűrbe kerülő, és ott működtetni kívánt berendezés tervezése, gyártása és üzemeltetése során fellépnek. Foglalkozik az űrbeli környezet hatásaival és a kapcsolódó speciális követelményekkel, ami az anyagválasztást, a mechanikus, termikus és a különféle sugárzások elleni védelmet befolyásolja. Ismerteti az űrszondák, mesterséges holdak, nagyobb űrrendszerek azon alapelemeit, amelyek biztosítják az űreszköz egészének működését. Az előadásokhoz gyakorlati példák is kapcsolódnak, továbbá külső meghívott előadók és laborlátogatások is színesítik a tananyagot.
Rövid tematika: Bevezetés, a világűrbeli környezet. Számítások az űrkörnyezethez kapcsolódóan. Űreszközök pályái, pályaszámítás. Mechanikai struktúrák, anyagok az űrtechnológiában, mechanikai alapszámítások. Hajtóművek űreszközök pályára állítására. Pályára állításhoz kapcsolódó számítások. Pályakorrekció. A KJK hajtómű laboratóriumának bemutatása, demonstráció. Fedélzeti energia. Energiaellátás a gyakorlatban. Termikus tervezés, termikus számítások. Pozíció és helyzet érzékelés. Helyzet változtatás a gyakorlatban. Műholdas kommunikáció, rádiókommunikációs számítások. Hullámterjedési vizsgálatok. Adaptív kódolás és moduláció a gyakorlatban. Fedélzeti adatkezelés. Digitális fedélzeti áramkörök a gyakorlatban. Fedélzeti mérés-adatgyűjtés, mérés-adatgyűjtés a gyakorlatban. Programozható logikai áramkörök. FPGA az űreszközök gyakorlatában. Megbízhatóság az űrtechnológiában.
Üzemlátogatás: egy hazai űripari vállalat meglátogatása.

Űrnavigáció

(BMEEOAFM351, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/4 kredit, EMK)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célja, hogy a hallgatókat megismertesse az űrbéli helymeghatározás és navigáció megvalósításának kérdéskörével. A hallgatók megismerik az alkalmazott vonatkozási (ITRS, ICRS) és időrendszereket (TAI, GPST stb.), az alapvető űrben is használható mérési módszereket (fotografikus, SLR, Doppler, GNSS, VLBI stb.) és a méréseket terhelő szabályos hibák kiküszöbölésére szolgáló eljárásokat. Megismerkednek az űreszközök nagypontosságú pályameghatározási eljárásaival, a perturbáló erők fogalmával, a nagypontosságú időmeghatározás szerepével és megvalósításával, valamint az űreszközök navigálásának feladataival.

Rövid tematika: Vonatkoztatási és koordinátarendszerek és időrendszerek. A helymeghatározásban használatos időrendszerek. Koordináta és időtranszformáció számítása. Műholdak mozgása a Föld nehézségi erőterében. Műholdak helyzetének meghatározása pályaelemekből. GNSS műholdak pályaszámítása. Optikai helymeghatározási technikák. Mélyűr navigáció. Mikrohullámú helymeghatározó rendszerek. A globális helymeghatározó rendszerek (GNSS). Műholdra végzett lézeres távmérés eredményeinek feldolgozása. GNSS méréseket terhelő szabályos hibák. GNSS mérési eljárások. Pályameghatározás matematikai modelljei. Kepler pályaelemek számítása műholdak térbeli derékszögű koordinátáiból. Pályameghatározás matematikai statisztikai eszközei. MEO műholdpályák meghatározása GNSS technikával. Pályamódosító manőverek számítása.

Űreszközök pályái és földi állomások

(BMEVIHVMA10, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: Az űrmérnök képzéshez kapcsolódóan a tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal az egyes űreszközök pályáit, az egyes pályák tulajdonságait, a pályákhoz tartozó lehetséges küldetéseket, az egyes küldetésekhez tartozó mérnöki paramétereket: energia háztartás, termikus viszonyok, rádióátviteli paraméterek, fedélzeti adat-tárolás-feldolgozás kérdései.
A tárgy részletesen tárgyalja az űreszközökkel folytatott rádiókommunikáció űreszköz és földi állomás oldali elméleti és gyakorlati megvalósulásait, mint: link méretezés; analóg és digitális modulációs módok; fedélzeti átjátszók és hasznos terhek; gyakorlatban megvalósított kódolási és hibajavítási technikák; űreszköz és földi állomás oldali kommunikációs rendszer felépítése, működése, az egyes fokozatokkal szemben támasztott követelmények; földi állomás oldali manuális és automatizált működés, működtetés; távvezérelhetőség és autonóm működés; űreszköz mechanikus és elektronikus irány követése antennanyalábbal.
Rövid tematika: Műholdpályák: LEO, MEO, HEO, GEO, küldetés szerint, pályaadatok, pályaszámítás.
Műholdas rádiókommunikáció: link, felépítés, működés, elvárt paraméterek.
Modulációs módok: analóg (AM, FM, PM),
Modulációs módok: digitális (ASK, PSK, FSK, QAM, OFDM).
Kódolás a digitális rádióátvitel során: elvi határok, gyakorlatban alkalmazott eljárások, tömörítés, hibadetektálás, hibajavítás.
Műholdfedélzeti rádióberendezések, antennák: frekvencia sáv, elvárt paraméterek, gyakorlati megvalósítások, szuperheterodin elv.
Földi állomás rádió, antenna: felépítés, működés, méretezés, a megvalósítás korlátai.
Adaptív antenna rendszerek: fázisvezérlés, antenna sor, antenna rács műholdon és Földön.
Fázisvezérelt antenna rendszer: adás irány, követés, pásztázás, link optimalizálás.
Fázisvezérelt antenna rendszer: vétel irány, iránybecslés, követés.
LEO földmegfigyelő műholdak: felépítése és jellemző paraméterei.
LEO földmegfigyelő műholdak: optikai sáv, radar sáv, küldetés szerint: MET, felderítő stb.
Radar, mint hasznos teher: paraméterek, felépítés, működés – Doppler, ATC, képalkotó, MET.
LEO földmegfigyelő műholdak: SLAR, SAR, ISAR képalkotás.
Kommunikációs műholdak: pályák, frekvencia sávok, sávszélességek, felhasználások.
Műsorszóró műholdak: transzponder, mint hasznos teher, felépítés, működés.
Földi állomás: antenna, forgatás, telemetria vétel, telekommand adás, irány kalibráció, pontosítás.
Földi állomás: nagy sebességű adatkapcsolat, nagy sávszélességű jel sugárzása műholdfedélzeti átjátszó számára.

Megbízhatóság és minőségbiztosítás az űrtechnológiában

(BMEVIEEMA08, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/4 kredit, EET)

A tantárgy célkitűzése: Az űreszközök, műszerek és berendezések tervezésénél és megvalósításánál speciális megbízhatósági és minőségbiztosítási elveket kell alkalmazni. A tantárgy ismerteti az űrberendezésekre vonatkozó szabványokat és minőségbiztosítási követelményeket, tervezési elveket és számítási módszereket. Foglalkozik a tartalékolás elméletével és gyakorlati megvalósítási lehetőségeivel. Kitér a tesztelés és verifikáció kérdéskörére, különös tekintettel a nemzetközi űrügynökségek által megkövetelt metódusokra is.

Rövid tematika: Az ECSS szabványrendszer bemutatása (célkitűzés, szerkezet, dokumentumtípusok stb.) az ECSS-S-ST-00C alapján. Az ECSS szabványrendszer „Product assurance" ág egyes elemeinek az ismertetése és magyarázata. .

Kritikus elemek meghatározása, nem-megfelelőségi ellenőrző rendszerek, termékbiztosítási menedzsment. Modellfilozófia bemutatása és a modellfilozófia-választás szempontjai. A tartalékolás elmélete és gyakorlati megvalósítási lehetőségei. (ECSS-Q-ST-10).

A minőségbiztosítási tudományterület általános bemutatása. Alapvető fogalmak és módszerek definiálása. Tesztközpontok és berendezések értékelése minőségbiztosítási szempontok alapján. (ECSS-Q-ST- 20).

A megbízhatósági tudományterület általános bemutatása. Rendelkezésre állás és a karbantarthatóság kérdéseinek definiálása. Öregedés, paraméterváltozások, worst-case analízis, hibamodellek, kritikus hibamódok, FMEA. (ECSS-Q-ST- 30).

Terméktervezéssel, fejlesztéssel, gyártással és üzemeltetéssel kapcsolatos biztonsági kockázatok bemutatása, elemzése. Hazárd és hibafa analízis. (ECSS-Q-ST- 40) .

Űriparban használt komponensek kiválasztása, beszerzése és minősítésének folyamata. Komponensek kezelése, tárolása, pótlása. Elektromos eszközök, érzékelők és beavatkozók megbízhatósági modellezése. (ECSS-Q-ST- 60).

PCB minősítés, javítás, beszerzés, tervezési szabályok. Korrózió, kézi és gépi forrasztás ellenőrzése, Főbb űripari megbízhatósági szempontok az űreszközök elektronikai tervezése során. Elektromos összeköttetések, vezetékezés kérdései (ECSS-Q-ST-70 Assembling processes, parts).

Felhasznált anyagokra, gépészeti összetevőkre és folyamatokra vonatkozó minőségbiztosítási előírások. Tisztaság és szennyeződések kézbentartása, detektálása, monitorozása. (ECSS-Q-ST-70 Materials, cleanliness).

Kipárolgás, sugárzással kapcsolatos tulajdonságok, forrasztás, törés, tisztaság, sterilizálás szerepe. (ECSS-Q-ST-70 Planetary protection).

Korrózió, törések, sugárzás hatásának, megállapítása, vizsgálata a festésekben, mechanikai egységekben áramköri paneleken. (ECSS-Q-ST-70 Material testing, material processes).

Katonai és űriparai standardokat kielégítő termikus dinamikai méréstechnikák, tesztelések, termikus ciklálás, termovákuum, termikus sokk mérések. (ECSS-Q-ST-70 Material testing, material processes)

Szoftvertermékek életciklus-folyamata (követelmények meghatározása, architektúra tervezése, fejlesztés, üzemeltetés, karbantartás), fedélzeti (beágyazott) szoftverek, földi szoftverek, minősítésre, tesztelésre és verifikációra szánt szoftverek. (ECSS-Q-ST-80).

A kifejlesztett és/vagy újrafelhasznált szoftverkomponensek és szolgáltatások megfelelő működésének biztosítása az űrben. (ECSS-Q-ST-80).

Gyárlátogatás (tanulmányi kirándulás): Betekintés egy hazai űreszköz fejlesztő központ/vállalat minőségbiztosítási/tesztelési rendszerébe.

Minőségbiztosítási rendszer egy komplett űrküldetés során. Űreszköz tesztelési tervének, verifikációjának definiálása. Áramköri panelek hibaanalitikája, mikroszkópi vizsgálata (EM, röntgen, akusztikus). Elektromos és elektromechanikus alkatrészek megbízhatósági modellezése. Űreszközök, űrminősített alkatrészek, áramköri panelek termikus tesztelésének kérdései. Megbízhatóság növelése numerikus analízis segítségével, tesztelési pontosság növelése. Nagymegbízhatóságú szoftvertervezés bemutatása és önálló feladat megoldása az előadáson elhangzott paradigmák szerint.

Műholdas rendszerek és távérzékelés

(BMEVIHVMA09, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja elsősorban rendszerszintű ismeretek adása, melyek megalapozzák a hírközlő hálózatokban alkalmazott műholdas összeköttetések és rendszerek tervezését, üzemeltetését és alkalmazását.
A tantárgy bevezet a rádióhullámokkal megvalósítható képalkotás és mérés elméletébe. Rendszerezett elméleti és gyakorlati ismereteket nyújt a rádió mérőrendszerek témakörben, úgy mint: pontszerű objektumok távérzékelése (légiforgalom irányító radar); felületszerű objektumok távérzékelése (SLAR, SAR, inverz SAR); térfogat szerű objektumok (meteorológiai radar); céltárgy detekció, mérés, becslés, klasszifikáció; optikai felderítés; űrszemét felderítés, rádió asztronómia.
A tantárgy bemutatja a mikrohullámú képek főbb felhasználási területeit (környezetvédelem, geológia, árvízvédelem, mezőgazdaság, régészet stb.)
Rövid tematika: Műholdas rendszerek: az elektromágneses spektrum, állandóhelyű és mobil műholdas összeköttetések, rendszerjellemzők: frekvenciasáv, polarizáció, moduláció, hozzáférés, EIRP, G/T.
Műholdas fedélzeti rendszerek, földi állomások: VSAT hálózat, példák: INTELSAT, EUTELSAT, INMARSAT, GLOBALSTAR, IRIDIUM, TELEDESIC, THURAYA.
Ionoszferikus hullámterjedés, refrakció, troposzférikus szórás, meteorburst, EME.
Alapvető optikai elvek, eszközök (távcsövek, kamerák) a földi ill. műholdas távérzékelésben. Fotometriai és spektrális alapok az UV-VIS-IR tartományokban. Optikai tartományon képfelvétel és digitális képfeldolgozás az űrtechnológiában. Esettanulmányok a Rosetta és DAWN űrmissziókról.
Képalkotási elvek hullámok (akusztikus, rádió, fény stb.) segítségével, 2 és 3D képalkotási elvek, optikai és mikrohullámú hologram, mikrohullámú képalkotás, a mikrohullámú kép minősége, mikrohullámú képalkotás kapcsolata a mikrohullámú távérzékeléssel, valamint a radartechnikával.
Mikrohullámú távérzékelés általános bevezetés. Mérés elve, a mérőrendszer csoportosítása feladat, alkalmazási terület, telepítés, frekvencia, mérendő objektum típusa stb. szerint.
A mérendő objektumról reflektálódott rádióhullámmal közvetlenül mérhető mennyiségek (radiális távolság, radiális sebesség, térbeli irány, céltárgy mérete, alakja, mikro-Doppler stb.), a mérés szabadtéri hatótávolsága, céltárgy hatásos keresztmetszete.
Távérzékelő rendszerek tipikus antennái, kapcsolat a fedési diagrammal, légkör, föld görbültség, reflexiós hely hatása, fázisvezérelt antennarács.
Neyman-Pearson hipotézisvizsgálat. Becsléselmélet. A döntés és a mérés minősége. Optimális jelfeldolgozás, illesztett szűrő.
Impulzuskompressziós adó modulációs eljárások és a megfelelő illesztett szűrők, speciális hardware követelmények, digitális KF.
Interferenciák és jammerek; hatótávolság, ill. mérési pontosság termikus zajtól eltérő esetben: felületi ill. térbeli passzív zavarban, rögzített helyű, ill. a céltárggyal együttes aktív zavarban, ECM és ECCM módszerek, MTI, MTD.
Mikrohullámú képalkotó távérzékelés. Aktív és passzív távérzékelési módszerek. SLAR és SAR képalkotás elve, minőségi paraméterei. Inverz SAR elve. Interferometrikus SAR elve.
SAR letapogatási módszerek. Spot SAR képalkotás elve, minőségi paraméterei. Példák műholdas SAR alkalmazásokra. Űrszemét felderítő radar általános bemutatása. Konkrét űrszemét felderítő radar ismertetése. Meteorológiai radar 3D képalkotásának elve. Mérendő és származtatott mérési eredmények.
Rádió és radar asztronómia célja és módszerei, érzékenység, radiométer módszerek.
Antenna típusok (rádióteleszkóp ill. interferométer: LBI ill. VLBI rendszerek), antenna ekvivalens zajhőmérsékletének analízise.
Vendégelőadás: A Földmegfigyelő távérzékelés legfontosabb alkalmazásainak áttekintése. Felvételek főbb felhasználási területei: környezet monitorig, globális klímaváltozás, víz körforgás elemeinek megfigyelése, katasztrófavédelem támogatása, kataszteri térképezés, urbanizáció és városi hőszigetek monitoring rendszerei. Alkalmazások, meglévő termékek, adatrendszerek bemutatása, célkitűzések megfogalmazása.

Űrtechnológia laboratórium 1.

(BMEVIHVMA13, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/4/f/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy laboratóriumi méréseket tartalmaz, amelyben az űrmérnök képzésen részt vevő hallgatók átfogó gyakorlati, laboratóriumi és méréstechnikai ismereteket szereznek az űrtechnológiához kapcsolódó mérnöki tématerületekről. Két féléves tantárgy, amely nem épül egymásra, és amelynek jelen tagja az első félév anyagát tartalmazza.
Főbb témakörök: PCB rázásvizsgálat, hőkamra, berendezés termálvákuum teszt, cubesat RF, cubesat OBDH, földi vevőállomás, EMC vizsgálatok, hajtómű és helyzetérzékelés, elektromechanikus eszközök, OBDH megbízhatóság, energiaellátás.
Rövid tematika: A laboratóriumi mérésekben használt műszerek bemutatása. Alapmérések, gyakorló mérések elvégzése.
PCB Rázásvizsgálat
- PCB rezonancia vizsgálata rögzítés és tömeg függvényében (szimuláció és mérés)
- fáradásos törés és kivédése
Hőkamra
- passszív és aktív alkatrészek hőmérséklet függése
Berendezés termálvákuum teszt
- alkatrészek hőmérséklete vákuumban,
- derating faktorok, outgassing
- szigetelések, ventillation hole
CubeSat RF
- adás és vétel vizsgálata
- analóg és digitális modulációk
- digitális KF
- műhold-földi állomás összeköttetés méretezése
- adatsebesség-sávszélesség, kódolás-hibajavítás, CRC, titkosítás
CubeSat OBDH
- nagy megbízhatóságú szoftver írása beágyazott környezetben
- elosztott intelligenciájú rendszer adatgyűjtésének vezérlése
- esemény-vezérelt programozás
- energiamenedzsment
- hideg- melegtartalékolás ismertetése
BME-GND vevőállomás
- alacsony pályás műhold vétel és vezérlés
- antenna forgatás vezérlés
- Doppler-korrekció TLE alapján v. adaptív szabályozás
- adaptív nyalábformálású antenna rendszerek
EMC vizsgálatok
- vezetett és sugárzott zavaremisszió
- vezetett és sugárzott zavarral szembeni immunitás
Hajtómű, helyzet érzékelés
- műhold fedélzeti hajtóművek és kapcsolódó helyzet érzékelési feladatok
- hideg gázos hajtómű és vezérlése
- helyzet érzékelés/mérés
Elektromechanikus eszközök
- ismerkedés a műhold fedélzetén alkalmazott elektromechanikus eszközök működésével, alkalmazásaival
- aktuátorok, motorok
- csapágyak
- Pyro-mechanika
OBDH megbízhatóság
- a fedélzeti számítógép (Onboard Data Handling) egység megbízhatóságát növelő technológiák bemutatása
- watchdog

- reset kérdésköre (reset előállítás, vizsgálat, több egység resetjének összehangolása)
- TMR logika
- EDAC a memóriában és a processzorban
- a fedélzeti software megbízhatóságának kérdésköre (programozási feladat)

Technológia
- forrasztástechnika
- mikroszkópos vizsgálat

Energiaellátás
- napelem soros szabályozás, MPPT
- napelem párhuzamos szabályozás, S3R
- napelem szimulátor, akkumulátor szimulátor

Űrtechnológia laboratórium 2.

(BMEVIHVMA14, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/4/f/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy laboratóriumi méréseket tartalmaz, amelyben az űrmérnök képzésen részt vevő hallgatók átfogó gyakorlati, laboratóriumi és méréstechnikai ismereteket szereznek az űrtechnológiához kapcsolódó mérnöki tématerületekről. Két féléves tantárgy, amely nem épül egymásra, és amelynek jelen tagja a második félév anyagát tartalmazza.
Főbb témakörök: berendezés rázásvizsgálat, hőkamra, berendezés termálvákuum teszt, cubesat power, távérzékelés és radar, műholdak és pályakövetés, antenna mérés, attitude control, fedélzeti adatgyűjtés, fedélzeti kommunikáció, energia szétosztás.
Rövid tematika: A laboratóriumi mérésekben használt műszerek bemutatása. Alapmérések, gyakorló mérések elvégzése.

Berendezés rázásvizsgálata
- komplex berendezés rázásvizsgálata
- rezonancia keresés, szinuszos és random rázás

Hőkamra
- berendezés termál teszt (funcional és performance teszt, ciklus vizsgálat stb.)
- termikus időállandó, dinamikus disszipáció mérés

Berendezés termálvákuum teszt
- kisműhold termikus egyensúlyának vizsgálata
- berendezés outgassing mérése
- berendezés hőciklus tesztelése
- ventillation hole

CubeSat power
- napelemek kiválasztása, elrendezése, bekötése
- hatékony napenergia-átalakítás
- telemetria szolgáltatása OBC felé
- műhold pályára állításának érzékelése (RBF, deployment switch), indítási logika ismertetése
- fedélzeti tápfeszültségek előállítása, vezérlése, monitorozása és automatikus védelme
- akkumulátor töltése, védelme

Távérzékelés, radar
- radar mérési elv: ATC, SLAR, SAR, ISAR, passzív,
- távérzékelés műholdról: SAR feldolgozás,
- labormérés: SONAR, passzív radar,
- konzerv adaton SAR feldolgozás

Műholdpályák, követés
- LEO, MEO, HEO pálya számítás
- antenna forgató típusok, forgató vezérlés
- digitális nyalábformálású antennarendszerek (adás-vétel)
- műhold jelre való szabályozás (szigma-delta)
- predict, AGI

Antenna mérés
- iránykarakterisztika,
- polarizáció
Attitude control, szenzorok
- műhold helyzetének érzékelése: szenzorok bemutatása
- műhold helyzetének szabályozása: giroszkópos stabilizálás és helyzet változtatás
Fedélzeti adatgyűjtés, telemetria, telekommand
- onboard SW: telemetria frame összeállítás, kiküldés, fogadás PC-n, adatok megjelenítése
- telekommand küldés PC felől, OBDH vezérlése
- TM/TC formátumok vizsgálata
Fedélzeti kommunikáció
- jelek vizsgálata (mérése) az egyes buszfajtákon, visszahurkolt vonalon
- adatátviteli protokollok
- hibadetekció/hibajavítás az egyes buszokon, CRC
Technológia
- tömeg paraméterek mérése.
- tömegközéppont, tehetetlenségi nyomaték mérése
- spin balance
Energia szétosztás
- passzív eszközök: NTC, PTC, biztosítók
- aktív eszközök: LCL, FCL, R-LCL
- kapcsolók: SW, LSW

VI.3.2 Kötelezően választható tantárgyak

A kötelezően választható tantárgy blokkból összesen 12 tantárgy közül kell kötelező jelleggel kettőt választani a hallgatóknak. A kötelezően választható tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Digitális jelfeldolgozás a hírközlésben	BMEVIHVMB04
Fedélzeti adatfeldolgozó rendszerek	BMEVIEEMB01
Finommechanikai tervezés	BMEGEMINUFT
Fotonikus eszközök és optikai kommunikáció	BMEVIHVMB05
Földmegfigyelő műholdas távérzékelés	BMEEOFTM361
Kisműholdak szerepe az űrtechnológiában	BMEVIHVMB06
Különleges űreszközök és űrbiztonság	BMEKOVRM955
Nemlineáris végeselemes analízis	BMEGEMMNUVE
Optikai távérzékelés	BMEGEMINUOT
Rakéták, rakétahajtóművek	BMEKOVRM954
Űrberendezések konstrukciója és energiaellátása	BMEVIHVMB07
Űreszközök hődinamikája	BMEGEENNUHD

Digitális jelfeldolgozás a hírközlésben

(BMEVIHVMB04, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja az űrtechnológiában, különösen a kommunikációs célra használt jelek előállításának és feldolgozásának tárgyalása. A módszertani alapok ismertetését követően a tantárgyban a digitális műholdas kommunikációs rendszerek jelfeldolgozási problémái és azok lehetséges megoldásai kerülnek bemutatásra. A tantárgy keretén belül az elméleti megoldások mellett valós környezetbeli, szoftverrádiós platformok is ismertetésre kerülnek. A tantárgy egy konkrét projekt (digitális műholdkép vétele az L-sávban, szoftverrádiós feldolgozással) köré épül, a teljes feldolgozási lánc különböző aspektusainak bemutatásával és a laborgyakorlatok során egyes funkcionális elemek önálló megvalósításával.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, kommunikációs rendszerek áttekintése, rendszerterv, szoftverrádiók. Jelfeldolgozási alapok ismétlése: mintavételezés, jelátlapolódás, frekvenciatartománybeli leírás. Digitális szűrők, szűrők realizációja és tervezése. Interpoláció, decimálás, digitális le- és felkeverés. (Egyvivős) digitális modulációs eljárások, tulajdonságaik, alapsávi jelkezelés. Vevőarchitektúrák. Szinkronizációs módszerek áttekintése, ML becslő, CRB határ. A mintavételi frekvencia irracionális arányú változtatása (interpoláció). Digitális modulációk szimbólumszinkronizációja, nyílt és zárt hurkú szinkronizáció. Digitális modulációk frekvenciaszinkronizációja. Digitális modulációk fázisszinkronizációja, nyílt- és zárt hurkú szinkronizáció. Csatornakódolási eljárások. Adatcsomagok felépítése, feldolgozása. Csatornabecslési és -kompenzálási eljárások.
A gyakorlati foglalkozásokon az előadáson elhangzottak gyakorlati implementációja kerül megvalósításra.

Fedélzeti adatfeldolgozó rendszerek

(BMEVIEEMB01, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése

Az űreszközök egyik kulcsfontosságú, rendszerszintű egysége a fedélzeti adatok kezelését, feldolgozását, tárolását és továbbítását végző egység. A tantárgy ismerteti a műhold fedélzeti számítógépeinek változatait, felépítését, tervezési megfontolásait. Kitér a megbízható, hibamentes működést biztosító

hardver és szoftver technológiákra, az űrkörnyezet, elsősorban a részecskesugárzás okozta hatásokra és kivédésüknek a lehetőségeire. Tárgyalja a fedélzeti mérés/adatgyűjtés rendszereit is. Ismerteti a fedélzeti kommunikáció eszközeit és protokolljait, a telemetria fogalmát és egyes formátumait, a földi parancs és adattovábbítás feladatait és megvalósítási módjait.

2. A tantárgy tematikája
Az előadás célja a tantárgy tematikájának elhelyezése tágabb kontextusban. Alrendszerek: ground segment + launch segment + space segment. Műholdak felépítése: platform (bus) + payload. Műhold/misszió típusok/alkalmazások (kommunikáció, műsorszórás, Föld-megfigyelés, navigáció, időjárás, asztronómia, katonai alkalmazások, űrállomások), hasonlóságok és különbségek a fedélzeti rendszerek szempontjából. A fedélzeti adatfeldolgozó rendszerek szerepe, feladatkörei. A környezet hatása. A sugárzás hatásainak mérséklését szolgáló technológiák. Rendszerszintű architektúrák. Központi feldolgozás – Mikroprocesszorok, mikrokontrollerek. Adattárolás. Adatgyűjtés. Fedélzeti kommunikáció hardver vonatkozásai. Központi feldolgozás – Programozható logikai eszközök.
Központi feldolgozás – Soft-processzoros rendszerek, SoC FPGA-k. Szoftver-architektúrák nagymegbízhatóságú rendszerekben. RTL (HDL) tervezési megoldások nagymegbízhatóságú rendszerekben. Fedélzeti kommunikáció szoftver vonatkozásai. TMTC kommunikáció szoftver vonatkozásai. Design flow: Specifikáció, rendszertervezés és HW/SW particionálás. Design flow: FPGA-alapú rendszerek tervezési módszerei.

Finommechanikai tervezés

(BMEGEMINUFT, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, GPK)

1. A tantárgy célkitűzése
Kis méretek hatásának előnyeinek és hátrányainak ismertetése. Finommechanikai technológiák gyakorlati példákon történő bemutatása. Finommechanikai alapelemek bemutatása – ezen belül: erővel, alakkal és anyaggal záró kötések. Gördülő és siklócsapágyak elemzése lineáris és forgó változatban. Precíziós csapágyazások (mágneses, levegő, rugalmas stb.). Mechanizmusok, fékek bemutatása és alkalmazása. Hajtóművek és tengelykapcsolók rendszerezése. Finommechanikai mozgásátalakítók – transzformátorok. Mechanikai jusztírozások és szabályzások. A finommechanikai tervezés módszerei és dokumentálása.

2. A tantárgy tematikája
A finommechanika definiálása. Kapcsolat a mechatronikával. Szerkezeti példák ismertetése. A kis méretek hatása, a finommechanikai konstrukció jellegzetességei, és a finommechanika építőelemeinek és szerkezeteinek rendszerezése. Finommechanikai alkatrész analízise vezetett rajzos gyakorlat keretében. A finommechanikai anyaggal záró kötések rendszerezése és bemutatása. Speciális finommechanikai kötések rendszerezése és bemutatása. Finommechanikai hajtóművek és hajtások. Finommechanikai mozgásátalakítók. Finommechanikai alkatrész méretezés számítása. Mozgásátalakítók: fogaskerekek, vonóelemes hajtások. Alapvető finommechanikai csapágyazások-vezetékek. Finommechanikai szerkezet analízis gyakorlatban. Különleges finommechanikai csapágyazások. Fékek-akadályozások, tengelykapcsolók, mechanizmusok. Finommechanikai szerkezeti rajz és tervezés analízis alapján. A finommechanikai jusztírozás. Finommechanikai szabályzók.

Fotonikus eszközök és optikai kommunikáció

(BMEVIHVMB05, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése
A modern telekommunikációs infrastruktúra optikai szál alapú rendszerekből áll, amelyet vezeték nélküli technológiákkal kombinálunk. A szabadtéri optikai kommunikációs összeköttetések esetén a lézer fényforrás, fotodetektor kiegészül adaptív optikával és távcsövekkel. A szabadtéri optikai kommunikáció alkalmazható műholdak között (LEO, GEO), illetve műhold-földi állomás közötti kapcsolatban is.

A tantárgyat teljesítő hallgatók jártasak lesznek az optikai hálózatok fizikai rétegének tervezési feladataiban. A tantárgy bemutatja az optikai közeget használó adatátviteli rendszerekben lejátszódó fizikai alapjelenségeket és azok mérését, ismerteti a korszerű hálózatokban alkalmazott átviteli eljárásokat és azok méréstechnikáját.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés, fénytávközlő rendszerek fejlődési lépései, optikai rendszerek előnyei-hátrányai. Üvegszál típusok. Egycsatornás optikai átviteli rendszer felépítése. Optikai összeköttetés csillapítás mérlege. Többcsatornás rendszerek. Optikai távközlési szálak, csatlakozók. DWDM gerinchálózat, tervezési feladat. Nagysebességű kommunikációs rendszerek. Diszperzió. Nagysebességű kommunikációs rendszerek. Koherens rendszerek tulajdonságainak számítása, számítógépes gyakorlat. Optikai hozzáférési hálózatok. Moduláció. FTTH rendszerek teljesítménymérleg számítás. RoF (Radio over Fiber rendszerek). Optikai méréstechnika. Látható fényű kommunikáció. Szabadtéri optikai összeköttetés. Műholdak közötti és Műhold – Föld szabadtéri optikai kommunikáció. LIDAR. Optoelektronikai berendezések a műhold fedélzetén. Optikai érzékelők. Szabadtéri optikai összeköttetés biztonsági kérdései.

Földmegfigyelő műholdas távérzékelés

(BMEEOFTM361, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, EMK)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja áttekintést adni a Földmegfigyelő, képalkotó távérzékelési technológiák alkalmazásairól, legújabb fejlesztési irányairól, technológiai hátteréről. A tantárgy áttekintést ad az optikai, képalkotó RADAR, passzív mikrohullámú és termális szenzorok Földmegfigyelés célú használatáról. A tantárgy fontos célkitűzése a Földmegfigyelés alkalmazásainak széleskörű, átfogó megismerése a környezet monitoringtól, a térképezési célú távérzékelésen és 3D távérzékelésen keresztül, a Big Earth Data legújabb trendjeikig. A gyakorlati képzés során széleskörű tematikai alkalmazások mentén ismerkednek meg a felsorolt alkalmazások adataival. A gyakorlati foglalkozások során a hallgatók önállóan feldolgozandó feladatot kapnak, mely a műholdas adatok beszerzésétől, a adatfeldolgozásokon át a végtermékek előállításáig és azok téradatbázisokban történő integrálásáig terjed.

2. A tantárgy tematikája
Földmegfigyelés bevezetés, fizikai alapok. Multispektrális optikai távérzékelés. Hiperspektrális optikai távérzékelés. Termális távérzékelés. Képalkotó RADAR távérzékelés. 3D RADAR távérzékelés, felszínmodell és deformáció. Passzív mikrohullámú távérzékelés. Multispektrális műholdas adatrendszerek feldolgozása: Légköri torzítások. Geometriai torzulások. Multispektrális képtranszformáció. Tematikus információ nyerés. Legújabb fejlesztési irányok. Földmegfigyelési alkalmazások: A víz körforgás megfigyelése. Földmegfigyelési alkalmazások: Földmegfigyelő távérzékelés a katasztrófavédelemben

Kisműholdak szerepe az űrtechnológiában

(BMEVIHVMB06, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy fókuszál a (főként oktatási vonalon) megvalósított és tervezett kis méretű műholdkategóriákra, mint 10x10x10 cm 1U CubeSat és ennek egész számú többszörösei (2, 3, 6, 9, 27U); valamint 5x5x5 cm 1 PocketQube osztály és ennek egész számú többszörösei (2, 3, 6PQ).
Részletesen bemutatásra kerülnek a CubeSat és PocketQube kategóriájú műholdak egyes fedélzeti alrendszerei; azok tervezési paraméterei, megvalósulási formái főként a magyar műholdak példáin keresztül.

2. A tantárgy tematikája
Kisműholdas műholdpályák: energetikája, hőmérsékleti és sugárzás viszonyai, pályaadatok, LEO. Űreszközök általános felépítése, kisműholdak hasznos terhe – PL, küldetéstervezés. Elsődleges energia ellátó rendszer – EPS1. Másodlagos energia ellátó rendszer – EPS2. Fedélzeti számítógép – OBC. Fedélzeti adatgyűjtő és feldolgozó rendszer – OBDH. Fedélzeti kommunikációs rendszer - COM: telemetria - TM, telecommand – TC, nagysebességű adatkapcsolat - HSDL, átjátszó – TR, modulációs eljárások, analóg és digitális rádióátvitel. Fedélzeti antennák: TM, TC, HSDL, TR, GP. Tartalékolási megfontolások (hibatűrés): működés szerint (hideg tartalékolás, langyos tartalékolás, meleg tartalékolás), felépítés szerint (alkatrész szintű, alrendszer szintű). Űreszközök (műholdak) fejlesztési lépései: nemzetközi besorolás szerint (TRL1-9), a fejlesztés során (kezdeti előkísérlet - PM, mérnöki példány - EM, kvalifikációs példány - QM, repülő példány - FM). Űreszközök tesztelése (QM, FM): működési, automatizált működési, hosszútávú működési, levegős hőkamrás tesztek, thermo-vacuum tesztek, rázástesztek, rázópados vizsgálatok, repülő példány start előkészítése). Földi kiszolgáló rendszerek: a fejlesztést, tesztelést segítő rendszerek, földi állomás (műhold vevő állomás, műhold vezérlő állomás), földi állomás automatizációja (antenna forgatás, Doppler-korrekció, automatizált vétel és vezérlés). Magyar műholdak részletes bemutatása, tapasztalatok, mérési eredmények: Masat-1 - 1U cubesat - 10x10x10 cm, SMOG-P, SMOG-1 - 1P pocketqube - 5x5x5 cm, ATL-1 - 2P pocketqube - 5x5x10 cm.

Különleges űreszközök és űrbiztonság

(BMEKOVRM955, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, KJK)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a különleges űreszközök, hajtóművek megismertetése a hallgatókkal. Ezen belül elsőként kitér a hagyományostól eltérő meghajtási módokra, úgymint elektromos és fotonikus meghajtások, környezetbarát („zöld”) hajtóanyagok, nukleáris hajtóművek. Részleteiben ismerteti a tömegcsökkentés egyik legelterjedtebb módját, a kompozit anyagok felhasználását a szerkezetek és hajtóműrendszerek terén. Jelentős költségcsökkentést lehet elérni atmoszférikus indítórendszerek alkalmazásával, vagyis hordozó repülőgépről történő pályára állítással, az efféle megoldások is bemutatásra kerülnek, a repülőeszköz és annak hajtóműrendszerének részleteivel. A tantárgy ismerteti a különböző hajtómű rendszerek karakterisztikáit, különös tekintettel a csekély gravitáció mellett kialakuló folyamatokra. Ezen tantárgyon belül mutatjuk be továbbá a vészelhagyó rendszerek kialakítását, fejlődésük történetét az űrrepülésben, valamint azokat az eseményeket, katasztrófákat, amelyek alapos ismeretével a jövőben elkerülhetőek lehetnek a hasonló szituációk.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés a különleges hajtóművek témakörébe. Napenergiát hasznosító termikus rakéták. Ionhajtóművek. Hall-effektuson alapuló hajtóművek. Rakéta nélküli meghajtások. Napvitorla hajtóművek. Napvitorla hajtóművek kutatása. Napvitorla hajtóművek dinamikája, nem-kepleri pályák. Meghajtás nukleáris energia felhasználásával. Nukleáris pulzáló hajtóművek, csillagközi torlósugárhajtóművek. Fotonhajtóművek, csillagközi utazás. Környezetbarát rakéta hajtóanyagok, fejlett kémiai rakéták. Atmoszférikus indító platformok. Környező levegővel működő hajtóművek elmélete. Környező levegővel működő hajtóművek karakterisztikái. Visszatérő egységek kialakításának kérdései. A világűr katonai felhasználása. Mikrogravitációs körülmények között létrejövő jelenségek a hajtóműrendszerben. Űrjárművek meghibásodásai, vészelhagyó rendszerek. Események az űrrepülés történetében

Nemlineáris végeselemes analízis

(BMEGEMMNUVE, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, GPK)

1. A tantárgy célkitűzése

Szerkezet analízissel kapcsolatos problémák megoldási módszereinek elsajátítása végeselem módszer felhasználásával. Nemlinearitások (anyagi, geometriai) kezelése.
Főbb témakörök: Matematikai alapok; Kontinuumechanikai alapok; Végeselem módszer; Nemlineáris jelenségek a numerikus analízisben; Végeselem alapegyenlet származtatás; Nemlinearitások kezelése; Végeselemes alkalmazás.

2. A tantárgy tematikája

Műveletek vektorokkal és magasabb rendű tenzorokkal. Műveletek indexes jelölésmódban. Alakváltozási és deformációs tenzorok. Feszültségállapot. Véges alakváltozások leírása. Lineáris rugalmasságtani példák 1 dimenzióban. Formafüggvények. Gauss kvadratúra alkalmazása. Geometriai és anyagi nemlinearitás. Nemlineáris anyagmodellek és alkalmazásaik. Teljes potenciál minimuménak elve. Iránymenti derivált. Véges alakváltozás. Virtuális munka elv. Virtuális teljesítmény elv. Anyagi nemlinearitás: hyperelasztikus és hipoelasztikus anyagok. A Von-Mises rúd probléma analitikus és numerikus megoldása. „Arc-length” eljárás. Kis rugalmas-képlékeny alakváltozások leírása. Keményedési modellek. Prandtl-Reuss elmélet. „Radial-return” algoritmus. Horpadásvizsgálat matematikai háttere. Kritikus terhelés meghatározása. „Post-buckling” analízis. 4 csomópontos síkelem, teljes Lagrange leírás. Globális iterációs algoritmus. Newton-Raphson iterációs algoritmus alkalmazása.
Alternatív modern numerikus technikák a végeselem módszer mellett.

Optikai távérzékelés

(BMEGEMINUOT, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, GPK)

1. A tantárgy célkitűzése

A kurzus megismerteti a hallgatókat az optikai távérzékelés fizikai elméletével és alapvető műszereivel (távcsövek, kamerák, egyéb optikai mérő- és vizsgáló eszközök). Az előadások áttekintik a reflexió, szóródás, emisszió mérését, az UV, Vis valamint az IR spektrum tartományokban, és ezen keresztül a megfigyelt objektumok jellemzőinek meghatározását. A tantárgy alapvető célja az űrszondákon, valamint a Földön elhelyezett optikai eszközök bemutatása és a rögzített adatok feldolgozásának alapvető lépései: nagyfelbontású képalkotás, spektrális adatok rögzítése, (multi- és hiperspektrális képalkotás). A gyakorlati foglalkozások keretében a hallgatók kutató szondák pályaadatainak és rögzített képeinek feldolgozását végzik el. A laboratóriumi gyakorlatokon alapvető kalibrációs és tesztmérések elvégzésére kerül sor.

2. A tantárgy tematikája

Az optikai távérzékelés fizikai alapjai. Az optikai sugárzás mérése. Alapvető optikai számítások. Képalkotó optikai rendszerek. Optikai anyagok és technológiák. Spektrális optikai rendszerek. Detektorok. Speciális optikai rendszerek. Nagyfelbontású optikai képalkotó rendszerek. Adatfeldolgozás, kalibráció. Adatfeldolgozás, kép-kiértékelés. A megfigyelések tervezése.
Alkalmazások: a Föld megfigyelése.
Alkalmazások: A Nap megfigyelése, naprendszer kutatás, a távoli űr kutatása.

Rakéták, rakétahajtóművek

(BMEKOVRM954, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, KJK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja bemutatni a hordozórakéták konstrukciójának alapvető kérdéseit, a többfokozatú felépítés során felmerülő fontosabb számítási eljárásokat. Ehhez kapcsolódóan bevezeti a hallgatókat a hordozórakéták számítógépes modellezésébe. A tantárgy során külön foglalkozunk a leggyakrabban elterjedt rakétahajtómű fajtákkal, a bennük lejátszódó aero-termodinamika folyamatokkal, azok

szimulációjával. Fontos részt képez még a tartályok és segédrendszerek ismertetése, amelyek a rakétahajtómű rendeltetésszerű működését lehetővé teszik.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés a hordozórakéták témakörébe. A rakétamozgás számítása. Egy- és többfokozatú rakéták. A rakétamozgás dinamikája. Rakétamozgás szimulációs gyakorlat. Hordozórakéták tervezése. Hajtóanyag kiválasztása a hordozórakétához. Optimális tömegeloszlás a fokozatokban és indulótömeg meghatározása. Előzetes méretek és térfogatok számítása. Hordozórakéták tervezése. Űrrepülőtér, indítókomplexum kérdései. Konkrét hordozórakéta típusok bemutatása. Hordozórakéta kiválasztás. Rakétarendszerek megbízhatósága, többször használatos hordozóeszközök. Rakétahajtóművek elmélete bevezetés. Rakétahajtóművek alapvető számítása. Szuperszonikus fúvócsövek gázdinamikája. Laval-csövek számítása és numerikus áramlástani szimulációja. Folyékony hajtóanyagú rakéták elmélete. Folyékony hajtóanyagok. Tartályok. Égéskamrák és égés. Szilárd és hibrid (szilárd-folyékony) hajtóanyagú rakéták. Szilárd hajtóanyagú rakéták felépítése, tervezése. Turbószivattyúk. Hajtóművek integrálása, pneumatikus és hidraulikus rendszerei. Tolóerővektor irányítása. Rakétarendszer kiválasztása, tesztelése.

Űrberendezések konstrukciója és energiaellátása

(BMEVIHVMB07, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy bevezetést nyújt az űrberendezések tervezésébe és szerkesztésébe, együttesen a konstrukciójába. Foglalkozik az elektronikai tervezés és mechanikai szerkesztés interaktív kapcsolatán alapuló, az elektromágneses kompatibilitási szempontokat is figyelembe vevő, a követelmények kielégítése szempontjából optimális konstrukció keresés módszereivel.
Bemutatja a készülékek követelmények szerinti működéséhez szükséges anyagválasztási, elektronikai, elektromágneses kompatibilitási, hőtani és mechanikai ismereteket.
Foglalkozik a berendezések szabványos tesztelési eljárásaival és a követelmények szerinti minősítő mérésekkel.

2. A tantárgy tematikája
Nyomtatott huzalozású lemezek tervezése. Forrasztás. Alapanyagok, bevonatok. Csatlakozók, összekötő eszközök. Készüléképítés anyagai. Alkatrészek kiválasztásának elvei űreszközök esetében. Készüléképítési módok. Kötőelemek. Hőtani tervezési szempontok, vizsgálatok. Fedélzeti energiaellátás. Fedélzeti Energiaellátó fejlesztő környezet. Fedélzeti energiatárolás és generálás. Elektrokémiai és fényelektromos energiaforrások áttekintése. Műholdfedélzeti energiavédő és szétosztó architektúrák. Általános limiter kapcsoló méretezése. Lineáris és kapcsolóüzemű energia átalakítók. Egyszerű lineáris tápegységek. Napelemes primer rendszerek elektronikája. Energia átalakítók részáramkörei. Sugárzás hatásai elektronikus eszközökre. Sugárzásállósági tesztek. Anyagok elektromágneses tulajdonságai. Sugárzott és vezetett zavarforrások. EMC/EMI tervezés alapjai. Vezetett és sugárzott zavarok csökkentése. EMC vizsgálatok. EMC mérések eszközei.

Űreszközök hődinamikája

(BMEGEENNUHD, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 2/2/0/f/4 kredit, GPK)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy bemutatja a hőtani modellezés jellemző lépéseit, annak főbb termodinamikai aspektusait, egyaránt tárgyalva az állandósult és időfüggő állapotok leírására vonatkozó fejezeteket. Erre építve bemutatásra kerülnek a modellezés geometriai sajátosságai, az azokhoz tartozó matematikai leírással együtt. A tantárgy célja ezen modellezési eszközöknek az elsajátíttatása, azok konstruktív, hatékony felhasználásának bemutatása, amelyben a hangsúlyt főképp az űrbéli körülmények által adott környezeti sajátosságokra helyezzük.

2. A tantárgy tematikája

Állapotjelzők, koncentrált vs. kontinuum modellek, bevezetés. Mérlegegyenletek, I. és II. főtétel jelentése, kihasználása. A Fourier-féle hővezetési egyenlet bemutatása, jelentése, szerkezete izotróp és anizotróp anyagokra, lehetséges kezdeti és peremfeltételek. A hőközlési folyamatok állandósult állapotának leírása, példákon keresztüli bemutatása. Térfogati hőforrások szerepe, hatások az állandósult állapotra. Hőmérsékleti sugárzás elméleti háttere, főbb összefüggések és törvények bemutatása. Hőmérsékleti sugárzás: példákon keresztül az elmélet alkalmazásának bemutatása. A hőközlési folyamatok időbeliségének leírása, alapmegoldások. Véges és végtelen kiterjedésű közegek alapmegoldásai, főbb fizikai paraméterek és azok jelentésének a tárgyalása. Időbeli folyamatok: az elméleti háttér példákon keresztüli bemutatása, használatának lehetőségei. Az áramló közegekhez tartozó hőtani jellemzők tárgyalása. Kitekintés a hőátadásra, annak modellezési szerepe és kapcsolata a hőmérsékleti sugárzással.

Projektfeladatok prezentálása: a tantárgy hallgatói a féléves feladatukat prezentálják egymásnak, melyek szakmai tartalmát és eredményeit közösen elemezzük.

VI.4 Projekttantárgyak

A mesterképzés keretein belül a hallgatók ún. projekttantárgyakat vesznek fel. Ezek a tantárgyak rendre az első szemesztertől kezdődően a Projektlaboratórium 1, Projektlaboratórium 2, Szakmai gyakorlat (kritérium tantárgy), majd a Diplomatervezés 1 és Diplomatervezés 2. Ezen tantárgyakban a hallgatók néhány fős csoportokban, vagy önállóan oldanak meg nagyobb méretű műszaki feladatokat (projekteket), egy-egy téma akár több tantárgy keretein is átívelhet (minden egyes tantárgy számára konkrét, önállóan értékelhető részfeladatot megfogalmazva). A projekttantárgyak felvételének szabályait részletesen az MSc specializációválasztási szabályzat tartalmazza.

Projektlaboratórium 1

(BMEVIHIML06, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 1., 0/0/3/f/4 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy két féléve során a hallgatók komplex mérnöki feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a mérnöki munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. A két féléves Projektlaboratórium tantárgy felkészít a szintén két féléves Diplomatervezés tantárgy elvégzésére.

Az első félév programja a téma kiválasztása, a feladat részletes specifikálása, a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

2. A tantárgy tematikája

Az oktatási időszak első hetében (a regisztrációs hetet követően) a hallgatók jelentkeznek a meghirdetett konkrét témákra, vagy témacsoportokra, a leendő konzulenssel egyeztetve a feladatot. Célszerű a téma kiválasztása ügyében a tanszéket a félévet megelőző vizsgaidőszakban felkeresni, amennyiben ez lehetséges.

A félév elején a hallgatók a konzulenssel közösen elkészítik a feladatok kiírását és ütemezését. A feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

A tantárgy első félévének végén mindenkinek be kell számolni a félév során végzett munkáról. A beszámoló szóbeli és írásbeli részt tartalmaz. A beszámoló konkrét formai követelményeit és ütemezését a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a hallgató tevékenysége.

A projektlaboratórium feladat külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső témához hasonló módon előre egyeztetni kell a felvett tantárgyat gondozó tanszékkel. A hallgató munkájáról a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a konzulens értékel. A külföldön készített munkáról ugyanúgy kell beszámolni, mint az itthon kidolgozott feladatok esetében.

Két vagy több hallgató részére közös témát is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.

Projektlaboratórium 2

(BMEVIHIML05, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/4 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy két féléve során a hallgatók komplex mérnöki feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a mérnöki munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. A két féléves projektlaboratórium tantárgy felkészít a szintén két féléves Diplomatervezés tantárgy elvégzésére.

A második félév programja a feladat megoldásának befejezése, valamint az elkészült műszaki alkotás tesztelése és dokumentálása.

2. A tantárgy tematikája

A tantárgy második félévében a hallgatók általában az első félévben elkezdett feladatot folytatják, a feladatkiírásnak megfelelően.

Az első oktatási héten, értékelve a feladat készültségi fokát, dönteni kell a feladat esetleges módosításáról úgy, hogy a feladat a félév végéig befejezhető legyen. A módosított feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

A tantárgy második félévének végén mindenkinek be kell számolni a félév során végzett munkáról. A beszámoló szóbeli és írásbeli részt tartalmaz. A beszámolók konkrét formai követelményeit és ütemezését a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a hallgató tevékenysége.

A projektlaboratórium feladat külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső témához hasonló módon előre egyeztetni kell a felvett tantárgyat gondozó tanszékkel. A hallgató munkájáról a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a konzulens értékel. A külföldön készített munkáról ugyanúgy kell beszámolni, mint az itthon kidolgozott feladatok esetében.

Két vagy több hallgató részére közös témát is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.

Szakmai gyakorlat

(BMEVIHVMS02, 0.-4. szemeszter, 0/0/0/a/0 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A szakmai gyakorlat célja, hogy a hallgatók a gyakorlatban alkalmazzák az űrmérnöki gyakorlatban előforduló rendszerek, berendezések és eszközök tervezésével, fejlesztésével és rendszerbe integrálásával kapcsolatos ismereteiket, részt vegyenek szakterületük kutatási-fejlesztési feladatainak kidolgozásában. A legalább négy hetes szakmai gyakorlat során a hallgatók a tanszéki és vállalati konzulens által meghatározott feladatot oldanak meg. Feladatuk kapcsolódhat diplomatervükhöz, TDK dolgozatukhoz, projektlaboratórium feladatukhoz, de azoktól jól elkülöníthetőnek kell lennie.

2. A tantárgy tematikája

Négy hét (húsz munkanap) kiméretű, az oktatási intézményben, vagy az oktatási intézményen kívül teljesítendő szakmai gyakorlati munka. A lehetséges helyszínekről és időpontokról a szakmai gyakorlat lebonyolításra vonatkozó szabályzat rendelkezik.

A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt a tanszéki, vagy a vállalati konzulens felügyelete és irányítása mellett dolgoznak. A munkakezdésre, befejezésre a tanszéki, illetve a vállalati munkarend előírásai a mértékadók.

A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt napra lebontott munkanaplót vezetnek. A munkanapló hitelességét a szakmai gyakorlat végén a konzulens aláírásával igazolja.
A szakmai gyakorlat végén a hallgatók írásos beszámolót készítenek. A beszámoló a BME bármely oktatási nyelvén megírható (magyar, angol, francia, német és orosz nyelven), függetlenül attól, hogy a szakmai gyakorlat mely országban valósult meg, amennyiben a tanszéki/kari felelős ehhez előzetesen hozzájárul. A beszámolót a konzulens aláírásával igazolja, a munkáról rövid értékelést készít. A munkanaplót, a beszámolót és az értékelést arra a tanszékre kell benyújtani, amely a témát kiírta. A beadási határidőt a tanszéki szakmai gyakorlati felelős határozza meg, figyelembe véve az egyetemi munkarendet (pl. nyári leállás).

Diplomatervezés 1

(BMEVIHVMT04, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 3., 0/5/0/f/10 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomatervvel azt kell igazolni, hogy a diplomázó önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni.
Az első félév programja irodalomkutatás, a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

2. A tantárgy tematikája

A diplomaterv témája a kar valamely tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható.
Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját általában úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. A téma titkosságáról a hallgatót a témára jelentkezéskor tájékoztatni kell.
A diplomaterv külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.
Két vagy több hallgató részére közös témájú feladatot is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat. Közös feladat esetén lehetőség van csak egyes részfeladatok titkosítására. Ekkor az a diplomaterv-téma minősül titkosnak, amely legalább egy titkos részfeladatot tartalmaz.
Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.
A munkabeosztás betartását, a munka előrehaladását és a hallgató felkészülését a konzulens folyamatosan ellenőrzi. Ha a munkavégzés nem a tanszéken történik, a hallgatónak akkor is rendszeresen be kell számolnia a tanszéki konzulensnek.
A félév végén a hallgató munkájáról írásos beszámolót készít és szekcióülésen előadást tart. Az írásos beszámolót a szóbeli beszámoló előtt 5 munkanappal korábban kell beadni. Terjedelme kb. 30 oldal. A szorgalmi időszak végén, egyeztetett időpontban a hallgató legalább 10 perces előadásban, szekcióülésen számol be az általa végzett munkáról.
Az írásos beszámolót a kari diplomaterv portálra is fel kell tölteni.

Diplomatervezés 2

(BMEVIHVMT05, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 0/10/0/f/20 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomatervvel azt kell igazolni, hogy a diplomázó önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni.

A második félév programja a feladat megoldásának befejezése, valamint a diplomaterv elkészítése.

2. A tantárgy tematikája

A diplomaterv témája a kar tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható. A diplomatervezés második félévében az első félévben megkezdett munkát kell folytatni. A téma megváltoztatására csak akkor van lehetőség, ha a hallgató a második félévben a Diplomatervezés 1. tantárgyat javító célú tantárgyfelvétellel ismét felveszi. Ez esetben újra 30 kredit értékű feladatot kell kiírni.

Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. Az engedélyt a tanszéknek a Diplomatervezés 1. tantárgy felvétele előtt meg kell szereznie.

A diplomaterv külföldön is készíthető. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.

Diplomatervet magyar nyelven kívül a BME valamely idegen oktatási nyelvén (angol, francia, német és orosz nyelven) is lehet készíteni, amennyiben a tanszéki konzulens ehhez hozzájárul.

Két vagy több hallgató részére a tantárgy második félévében nem adható ki közös feladat.

A diplomatervben a hallgatónak nyilatkoznia kell arról, hogy az saját munkájának eredménye. Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.

A munkabeosztás betartását, a munka előrehaladását és a hallgató felkészülését a konzulens folyamatosan ellenőrzi. Ha a munkavégzés nem a tanszéken történik, a hallgatónak akkor is rendszeresen be kell számolnia a tanszéki konzulensnek.

A félévközi jegy megszerzésének a diplomaterv beadása nem feltétele. Az érdemjegyet a tanszéki konzulens javaslata alapján a tantárgyfelelős adja.

A tantárgyat teljesíti a hallgató, ha a két félév során az előkészítő munkát elvégezte, és a diplomatervet ezután már várhatóan konzulensi segítség nélkül is el tudja készíteni.

A diplomaterv beadásának határideje annak a szorgalmi időszaknak az utolsó napja, amelyhez tartozó záróvizsga-időszakban a hallgató diplomatervét meg kívánja védeni.

A diplomaterv beadhatóságát a tanszéki konzulens minősíti. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma esetén a külső konzulens ajánlást ad a beadhatóság minősítéséhez. A diplomaterv beadásának tartalmi feltétele: a diplomatervben be kell mutatni a feladatkiírásban megnevezett, összes önállóan kidolgozandó részfeladat megoldását. Ha egy részfeladat megoldása mégis ellehetetlenül, akkor kivételes esetben a diplomaterv tanszékvezetői engedéllyel beadható, de a részfeladatra vonatkozó alfejezetben deklarálni kell az ellehetetlenülés tényét, és meg kell adni az ellehetetlenülés okát.

A diplomaterv formai követelményei: A diplomatervet 1 példányban írásban, egy kötetben, keménytáblás borítással, szükség esetén mellékletekkel, valamint 1 példányban elektronikus formában, az érvényes kari előírások szerint kell beadni.

Két vagy több hallgató közös témájú diplomatervét külön kötetben és külön elektronikus példányban kell elkészíteni.
A diplomaterv nyilvános, kivéve, ha a diplomaterv-témát a dékán titkosította. Ez utóbbi esetben a diplomaterv a sikeres záróvizsgát követő 3 év múlva válik nyilvánossá. A nyilvánosságra-hozatalról a kari diplomaterv portál kezelője gondoskodik. A diplomaterv elkészítésével, beadásával és megvédésével kapcsolatos tudnivalókról a tanszék a kiadáskor tájékoztatja a hallgatót.
A tantárgy sikeres elvégzése során elkészített diplomaterv érdemjegyét a záróvizsga bizottság állapítja meg.

VI.5 Szabadon választható tantárgyak

A szabadon választható tantárgycsoportban a hallgatók ismereteik bővítésére általuk szabadon választott tantárgyakat vesznek fel - minimum 6 kreditpont kiméretben - a Kar, más karok, vagy más egyetemek tantárgyainak kínálatából.

A szabadon választható tantárgyakat a képzések szakbizottságai három kategóriába sorolják: **Ajánlott** egy tantárgy, ha azt a szakbizottság a hallgató szakmai ismereteit bővítő tantárgynak ítéli. **Befogadott** egy tantárgy, ha az a hallgató általános érdeklődésére tarthat számot, de szakmailag kevésbé kapcsolódik a képzéshez. **Tiltott** egy tantárgy, ha az a képzésben szereplő tantárgyakkal a TVSz-ben megengedett mértéknél nagyobb átfedést tartalmaz, így teljesítése kredittel nem elismerhető.

A kari honlapon található, szakonként elkülönülő táblázatok és a Neptun Egységes Tanulmányi Rendszerben található mintatanterv szabadon választható tantárgyi blokkja az ajánlott tantárgyakat tartalmazza. A befogadott tantárgyakat a Neptunban az intézményi tantárgyak között találja, a tiltott tantárgyak (egy részének) felvételét a Neptun megakadályozza.

Felhívjuk figyelmét, hogy az összes intézményi tantárgy listájában szereplő tantárgyak több-kevesebb átfedést is tartalmazhatnak más tantárgyakkal. Ha a mintatantervben szereplő kötelező, illetve a tantervi követelmények teljesítéséhez már figyelembe vett egyéb tantárgyak ismeretei együttesen egy tantárgy tananyagának nagyobb hányadát tartalmazzák, úgy a tantárgy felvehető ugyan, de a tantervhez kapcsolódó követelmények teljesítéséhez nem vehető figyelembe [NFTv 49.§ (5)]. Ezt a Neptun nem tudja ellenőrizni, ezért a megfelelő tantárgyfelvétel minden hallgató saját felelőssége: ha a tantárgyi adatlap alapján ez nem egyértelmű, kérjük, hogy felvétel előtt ki-ki konzultáljon közvetlenül a tantárgy előadójával vagy felelősével, szükség esetén a Kari Kreditátviteli Bizottsággal.

VII. Villamosmérnöki mesterszak

A képzés célja olyan mérnökök képzése, akik a villamos, elektronikus és számítástechnikai eszközökhöz, berendezésekhez és rendszerekhez kapcsolódó magas szintű természettudományos és specifikus műszaki ismeretek birtokában képesek új villamos, elektronikus és számítástechnikai rendszerek, berendezések és eszközök tervezésére, fejlesztésére és integrálására, a szakterületen kutatási-fejlesztési feladatok ellátására, koordinálására, alap- és alkalmazott kutatási feladatok kidolgozásában való részvételre, tanulmányaik PhD képzés keretében való folytatására.

Felvétel a villamosmérnöki mesterszakra: a mesterképzésbe történő belépés előzményeként elfogadott szak a villamosmérnöki (BSc) alapszak. A mesterfokú diplomához a mintatantervben szereplő kreditek megszerzésén felül szükséges, hogy a hallgatónak a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek – felsőoktatási törvényben meghatározott – összevetése alapján elismerhető legyen legalább 80 kredit a korábbi tanulmányai szerint az alábbi ismeretkörökben:

természettudományos ismeretek matematika (min. 12 kredit), fizika, villamos ipari anyagismeret;	*20 kredit*
gazdasági és humán ismeretek közgazdaságtani és menedzsment ismeretek, környezetvédelem, minőségbiztosítás, munkavédelem, szaknyelv, társadalomtudomány;	*10 kredit*
elektrotechnikai, elektronikai és informatikai ismeretek elektrotechnika, jelek és rendszerek, elektronika, digitális technika, informatika, programozás;	*30 kredit*
villamosmérnöki szakmai alapismeretek híradástechnika, méréstechnika, irányítástechnika, mikroelektronika, elektronikai technológia, villamos energetika, laboratórium.	*20 kredit*

A táblázat szerinti ismeretkörökben korábban megszerzett kreditek elismerése az előzményként elfogadott szak esetében automatikusan teljesül. Más szakokról történő jelentkezés esetében az elismerés elsősorban a következő alapdiplomával rendelkezők esetében lehetséges: a gépészmérnöki, a közlekedésmérnöki, a mechatronikai mérnöki, a had- és biztonságtechnikai mérnöki, az energetikai mérnöki és a mérnökinformatikus alapszak.
A mesterképzésbe való felvétel feltétele, hogy a felsorolt ismeretkörökben legalább 50 kredittel rendelkezzen a hallgató. A hiányzó krediteket a mesterfokozat megszerzésére irányuló képzéssel párhuzamosan, a felvételtől számított két féléven belül, a felsőoktatási intézmény tanulmányi és vizsgaszabályzatában meghatározottak szerint meg kell szerezni.

A mesterképzés során megszerzendő ismeretek (120 kredit):

természettudományos alapismeretek matematika, fizika, számítástudomány, rendszerelmélet, valamint szakmaspecifikus alaptárgyak;	*20-35 kredit*
villamosmérnöki szakmai ismeretek villamos, elektronikus és számítástechnikai eszközök, berendezések, továbbá összetett rendszerek fejlesztéséhez, tervezéséhez, kivitelezéséhez, gyártásához és minőség-ellenőrzéséhez, és az ezekkel létrehozott komplex szolgáltatásokhoz kapcsolódó, a szakterületi mesterképzést megalapozó, átfogó elméleti ismeret, amely a villamosmérnöki szakma képzésében reprezentált szakterületei valamelyikének műveléséhez szükségesek;	*15-35 kredit*
a szakmai törzsanyag kötelezően választható ismeretkörei a választható specializációkat is figyelembe véve a villamosmérnöki szakma képzésben reprezentált szakterületei valamelyikének műveléséhez szükséges anyag-, eszköz-, készülék-, berendezés-, rendszer-, technológiai és tervezési ismeret területeiről szerezhető speciális ismeret. Szakmaspecifikus szakterületek: a beágyazott információs rendszerek, az energiaátalakító rendszerek, az infokommunikációs rendszerek, az irányítórendszerek és robotinformatika, a mikroelektronika és elektronikai technológia, a számítógép-alapú rendszerek, a multimédia rendszerek és szolgáltatások, a villamosenergia-rendszerek, a folyamatok automatizálása és informatikája, a távközlés és ipari kommunikáció; diplomamunka (30 kredit);	*40-60 kredit*

gazdasági és humán ismeretek gazdasági, vezetési és menedzsment ismeretek, minőségbiztosítás, ergonómia, kommunikációelmélet, műszaki tudományok kultúrtörténete, környezetvédelem;	*10-20 kredit*
szabadon választható tantárgyak ismeretkörei	*min. 6 kredit*

A szak orientációja: kiegyensúlyozott (a gyakorlati jellegű ismeretátadáshoz aránya 40-60 százalék).

Előtanulmányi rend:
A kar által kötelezően előírt MSc előtanulmányi rend szerint

- Az egyes specializáció-tantárgyak adatlapjai előtanulmányi rend előírásokat tartalmazhatnak, elsősorban saját laboratóriumi tantárgyaik felvételére vonatkozóan.
- Az Önálló labor 1, Önálló labor 2, Diplomatervezés 1 és Diplomatervezés 2 tantárgyak
  - csak az adott szak MSc képzésének hallgatói számára vehetők fel,
  - csak a felsorolás sorrendjében vehetők fel, a felsorolásban őket megelőző tantárgyak kreditjeinek teljesítése után.
- A Diplomatervezés 2 tantárgy felvételének feltételeit a „BME VIK MSc diplomaterv, záróvizsga, oklevél szabályzata” tartalmazza.

Specializálódás, specializáció váltás:
A szakon a képzés teljes ideje alatt a hallgatók fő- és mellékspecializációkhoz kapcsolódva végzik tanulmányaikat. A specializációkra a jelentkezésüket (a választani kívánt fő és mellékspecializációk sorrendjét) még felvételük előtt, a felvételi írásbeli ill. szóbeli alkalmával kell leadniuk.
A hallgató – méltányossága terhére – egy alkalommal, a specializációba kerülés kezdetétől számított fél éven belül, a BME Tanulmányi és Vizsgaszabályzatában meghatározott tanulmányi nyilvántartó rendszerben (TR) benyújtott kérvénnyel kérheti specializációja megváltoztatását. A kérelem elfogadása esetén a hallgató a következő félévtől kikerül az eredeti specializációról, és átkerül az általa megjelölt új specializációra (amennyiben az elindult). A specializációt váltó hallgatónak az eredeti specializáción elvégzett tantárgyai ügyében a Kari Kreditátviteli Bizottság hoz döntést.

Szakmai gyakorlat: A képzés hallgatói számára a diploma megszerzésének feltétele egy legalább 4 hetes egybefüggő szakmai gyakorlat sikeres teljesítése is. A szakmai gyakorlat lehetséges időpontjait, helyszíneit, tartalmát és lebonyolításának rendjét, a kar szabályzatai határozzák meg.

VII.1 Természettudományos alapismeretek

VII.1.1 Felsőbb matematika villamosmérnököknek

A természettudományos alapismereteken belül 4 felsőbb matematika tantárgy jelenik meg a villamosmérnök mesterképzés kínálatában, melyek közül kettőt kell teljesíteni.

A felsőbb matematika tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód	Indítás féléve
Haladó lineáris algebra	BMETE90MX78	tavaszi
Kombinatorikus optimalizálás	BMEVISZMA09	tavaszi
Sztochasztika	BMETE90MX80	őszi
Analízis	BMETE90MX79	őszi

A hallgatók szabadon választhatnak a matematika tantárgyak közül, a fő- és mellékspecializáció felvételétől függetlenül.

Haladó lineáris algebra

(BMETE90MX78, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 4/0/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a lineáris algebra azon fejezeteibe nyújt bevezetést, amelyek fontosak a haladó mérnöki tanulmányok szempontjából. Fontos cél, hogy a hallgatók alkalmazni tudják a lineáris algebra módszereit, eszközeit a felmerülő szakmai problémák megoldása során. A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatótól elvárható, hogy értse, és konkrét feladatokban, példákon alkalmazni tudja a tanult fogalmakat, ismereteket, a gyakorlatban felmerülő helyzetekben ismerje fel a tanult módszerek alkalmazási lehetőségeit, legyen képes a szakirodalomra támaszkodva önállóan bővíteni a kapcsolatos ismereteit.

2. A tantárgy tematikája

A lineáris algebra eddig tanult alapfogalmainak áttekintése

Vektortér, mátrix, lineáris egyenletrendszer és megoldása. Mátrix determinánsa, rangja, sajátérték, sajátvektor, karakterisztikus polinom, Cayley-Hamilton-tétel, hasonlóság.

Bilineáris formák, euklideszi terek. Speciális mátrixok (szimmetrikus, Hermite-, ortogonális, unitér, (szemi-definit). Jordan-normálforma, főtengelytétel.

A Moore-Penrose-inverz és alkalmazásai

Projekciók. Az általánosított inverz mátrix fogalma, a Moore-Penrose-tétel. Inkonzisztens lineáris egyenletrendszerek közelítő megoldása.

Nevezetes lineáris mátrixegyenletek (AXB=C, AX-XB=C, AX-YB=C) és megoldásuk az MP-inverz segítségével.

Normák és mátrixfüggvények

A spektrális és az euklideszi (Frobenius-) mátrixnorma, p-normák, kapcsolatuk, egyenlőtlenségek. Sajátértékekre vonatkozó egyenlőtlenségek (Gersgorin, Schur). Alul- és túlhatározott lineáris egyenletrendszerek. Legkisebb négyzetek módszere.

Mátrixfüggvények, előállításuk polinomokkal, a mátrix-exponenciális. Mátrixfüggvények differenciálása, lineáris differenciálegyenlet-rendszerek. A Lax-egyenlet.

Nem negatív elemű mátrixok

Pozitív, reducibilis és irreducibilis mátrixok. Frobenius és Perron tételei (irreducibilis nemnegatív mátrixokra). Egyenlőtlenségek a spektrálsugárra.

Sztochasztikus és duplán sztochasztikus mátrixok. Kapcsolat a Markov-láncokkal. Birkhoff tétele, kapcsolat a párosítási feladattal, a Frobenius-König-tétel.

Optimalizálás, lineáris mátrixegyenlőtlenségek
Lineáris mátrix egyenlőtlenségek, alkalmazási példák (stabilitás, SV-minimalizálás, Leontyev-modell). Megoldásuk ellipszoid-módszerrel és belső pontos algoritmusokkal.
Szinguláris értékek szerinti felbontás (SVD)
Az SVD létezése, egyértelműsége, kapcsolata a poláris felbontással. SVD és alacsony rangú közelítések, Eckart-Young-tétel. Az SVD számítása.
Az SVD néhány alkalmazása (pszeudoinverz számítása, homogén lineáris egyenletrendszer megoldása, legkisebb négyzetek módszere). A QR-felbontás fogalma. Householder-tükrözések, alkalmazásuk a QR-felbontás számítására.
További alkalmazások
Nemnegatív és szimmetrikus mátrixok az internetes lapokat rangsoroló algoritmusokban. SVD az információkeresés gyakorlatában (vektorteres indexelés, a mögöttes szemantikájú indexelés lineáris algebrai vonatkozásai)
Véges testek és alkalmazásaik
Véges test konstrukciója, az aritmetika implementációja. Az additív és a multiplikatav csoport struktúrája. Polinomok gyökei, irreducibilitás. Általánosított Fibonacci-sorozatok. Lineáris visszacsatolásos léptetőszámlálók, periódus, álzaj. Galois-számlálók és alkalmazásaik.
A hibajavító kódolás alapfogalmai
Lineáris kódok, paraméterek, Singleton-korlát, gömbpakolási korlát, MDS kódok. A Reed-Solomon-kód paraméterei, a Berlekamp-Massey hibajavító algoritmus. Résztest részkódok, kód alapú posztkvantum kriptográfia.

Kombinatorikus optimalizálás

(BMEVISZMA09, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/2/0/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy az operációkutatás és a kombinatorikus optimalizálás néhány területére nyújt bevezetést. A téma legfontosabb algoritmusainak, módszereinek és ezek korlátainak ismertetése mellett célul tűzi ki, hogy ezek műszaki alkalmazásaiba is betekintést nyújtson. Így terítékre kerülnek olyan átfogó algoritmikus megközelítéseket kínáló területek, mint a hálózati folyamok elmélete és a lineáris és egészértékű programozás, de emellett a tantárgy betekintést nyújt a megbízható hálózatok tervezése során felmerülő magasabb összefüggőséggel kapcsolatos problémák mellett az közelítő algoritmusok és az ütemezéselmélet világába is. A tantárgy további célja, hogy a villamosmérnök BSc képzés A számítástudomány alapjai című tantárgya során korábban megszerzett ismereteket alkalmazza, elmélyítse, azok elméleti hátterét jobban megvilágítsa.

2. A tantárgy tematikája

Hálózati folyamok, Ford-Fulkerson-algoritmus, egészértékűségi lemma, a folyamprobléma egyszerű általánosításai.
Páros gráfok karakterizációja, maximális méretű párosítás páros gráfban. Kőnig, Frobenius és Hall tételei.
Gráfszínezések. Alsó és felső korlát a kromatikus számra. Gráfok élszínezése, Vizing tétele. Páros gráfok élszínezése az egészértékűségi lemma segítségével
Egerváry algoritmusa maximális összsúlyú párosítás és teljes párosítás keresésére páros gráfban.
Lineáris egyenlőtlenségrendszerek, a lineáris programozás alapfeladata, kétváltozós feladatok megoldása grafikus módszerrel. Lineáris egyenlőtlenségrendszerek megoldása Fourier-Motzkin eliminációval. Szükséges és elégséges feltételek lineáris egyenletrendszerek nemnegatív változókkal való, illetve lineáris egyenlőtlenségrendszerek megoldhatóságára: a Farkas-lemma.
A lineáris programozás alapfeladata mátrixos alakban. Szükséges és elégséges feltételek a lineáris program célfüggvényének korlátosságára. Lineáris program duálisának fogalma, különféle alakban felírt lineáris programok duálisai.
A lineáris programozás dualitástétele. A lineáris programozás feladatának algoritmikus bonyolultsága. Az egészértékű programozás alapfeladata, annak bonyolultsága. Optimalizálási problémák formalizálása egészértékű programozási feladatként.

Egészértékű programozás totálisan unimoduláris együtthatómátrixszal. Alkalmazások a páros gráfok párosításainak és a hálózati folyamproblémák területéről: maximális folyam, minimális költségű folyam, ill. többtermékes folyam feladatok.

Lokális él- és pontösszefüggőség, illetve globális él- és pontösszefüggőség fogalma, a vonatkozó Menger-tételek (ismétlés). Max-vissza sorrend, Nagamochi-Ibaraki algoritmusa az élösszefüggőség meghatározására.

Algoritmus gráfok 2-élösszefüggővé növelésére, alsó becslés a szükséges élek számára. Algoritmus minimális költségű feszítő fenyő keresésére. Fülfelbontás, gráfok erősen összefüggővé irányítása.

Közelítő algoritmusok. Élkromatikus szám, síkgráf kromatikus szám közelítése additív hibával, leghosszabb kör additív hibával való közelíthetetlensége. 2-közelítés a lefogó ponthalmaz méretére, logaritmikus közelítés a halmazfedési problémára.

Ütemezési problémák. Alapfogalmak, jelölésrendszer, hasznos módszerek: SPT sorrend és listás ütemezés. FD és FFD heurisztikák a ládapakolási problémára.

Sztochasztika

(BMETE90MX80, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 4/0/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A valószínűségszámítás és sztochasztikus folyamatok elmélete néhány haladóbb témakörének bemutatása a villamosmérnöki mesterképzésben résztvevő hallgatóknak. A hangsúlyokat a jelenségek megértetésére és az alkalmazásokra helyezzük. Széles körben (a tantárgy témakörén kívül is) alkalmazható technikákat prezentálunk, rávilágítunk más matematikai és matematikán kívüli természettudományos és műszaki területekkel való összefüggésekre. Alapelv: minden egyes témához sok konkrét példát, számolást, konkrét alkalmazást mutatunk be. Bizonyításokat többnyire csak vázlatosan prezentálunk, viszont hangsúlyt helyezünk a szemléletre és a (matematikai és egyéb) jelenségekre.

2. A tantárgy tematikája

Valószínűségszámítási alapok ismétlése: Események és valószínűségük. Valószínűségi változó, diszkrét valószínűség-eloszlás, eloszlásfüggvény, sűrűségfüggvény. Várható érték, szórásnégyzet, magasabb momentumok. Függetlenség, feltételes valószínűség; teljes valószínűség és teljes várható érték tétel. Nagy számok törvénye. Nevezetes eloszlások.

Együttesen értelmezett valószínűségi változók, együttes eloszlás- és sűrűségfüggvény. Várható érték vektor, kovariancia mátrix, alaptulajdonságai, Cauchy-Schwarz-egyenlőtlenség. Nevezetes többdimenziós eloszlások. Sűrűségfüggvények transzformációja leképezésekkel. Többdimenziós normális eloszlás.

Generátorfüggvény, alaptulajdonságai. Konvolúció és keverék-eloszlások generátorfüggvénye. Alkalmazások. Galton-Watson elágazó folyamatok.

Poisson folyamat: ekvivalens jellemzések és konstrukciók; Poisson pontfolyamat és számláló folyamat. Poisson folyamat intenzitása, mint az exponenciális óra rátája. Poisson folyamatok ritkítása, színezése, egyesítése.

Normális eloszlás és centrális határeloszlás tétel, az alkalmazás korlátai. Berry-Esseen tétel. A nagy eltérések problémája.

Nagy eltérések elemei: Bernstein egyenlőtlenség, Chernoff korlát, Hoeffding egyenlőtlenség. Momentumgeneráló függvények, Cramér féle nagy eltérés tétel. Alkalmazások sorbanállási problémákra és kapacitás méretezésre.

Sztochasztikus folyamatok elemei: Markov-láncok és Markov-folyamatok. Mi is egy sztochasztikus folyamat? Véges állapotterű Markov-láncok, állapotok osztályozása, irreducibilitás, periódus, aperiodicitás. Stacionárius mérték, hosszú idejű viselkedés, ergodicitás és keverés.

Megszámlálható állapotterű Markov-láncok, a rekurrencia és stabilitás problémája. Alkalmazás születési-halálozási folyamatokra és sorbanállási problémákra.

Folytonos idejű Markov-láncok elemei: tiszta ugró folyamatok ekvivalens konstrukciói, ugrási ráták, szemléletes jellemzés. Kolmogorov-Chapman egyenletek, infinitezimális generátor. Hosszú távú viselkedés, ergodicitás, keverés. Sorbanállási alkalmazások.

A matematikai statisztika elemei: Mintavétel, momentumbecslések, Lineáris és nemlineáris regresszió. Maximum likelihood becslés.

Statisztikai hipotézisek, statisztikai próbák: u-próba, t-próba, F-próba, khi-négyzet-próba.

Gyengén stacionárius folyamatok: spektrál-felbontás, spektrál-elmélet elemei: Gyengén stacionárius folyamatok Z-n, R-en, jellemzésük a kovariancia-függvénnyel, realizációjuk Gauss-folyamatként.

Trigonometrikus folyamatok, autoregresszív és mozgó átlag folyamatok. Stacionárius folyamat spektrális felbontása. Példák. Szűrés, példák szűrőkre.

Analízis

(BMETE90MX79, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 4/0/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a villamosmérnöki MSc képzésben felmerülő analízis jellegű matematikai ismeretek széles körét mutatja be, alapvetően feladat- és alkalmazás-centrikus tárgyalásban. A következő témákat dolgozzuk fel: a funkcionálanalízis alapjai (függvények mint függvényterek elemei), integrál egyenlőtlenségek, skaláris szorzat és norma függvénytereken, ortogonális függvényrendszerek, Banach fixponttétel alkalmazása integrál és differenciálegyenletek iteratív megoldására, a Fourier és egyéb függvénytranszformációk szerepe és alkalmazása, a disztribúciók (mint általánosított függvények) fogalma, feltételes optimalizálás és variációszámítás illetve ezek alkalmazása fizikai példákban, numerikus egyenletmegoldás és optimalizálás (elmélet és algoritmusok).

A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő minden hallgatótól elvárható, hogy:

- értse és konkrét feladatokban, példákon alkalmazni tudja a tárgyalt fogalmakat és ismereteket,
- a gyakorlati élet által felvetett problémákban felismerje a tanult módszerek alkalmazási lehetőségeit.

2. A tantárgy tematikája

I. A funkcionálanalízis alapjai

Függvények, mint függvényterek vektorai. Az Lp és lp terek fogalma. Norma, (komplex) skaláris szorzat, Cauchy-Schwarz, Hölder és Minkowski egyenlőtlenségek. Banach fixponttétel alkalmazásokkal: differenciál- és integrálegyenletek iteratív megoldása hibabecsléssel. Ortogonális függvényrendszerek, ortogonális vetítés, mint egy elem legjobb közelítése egy adott altérbe eső elemmel, ortogonális rendszer szerinti kifejtés, Parseval egyenlőség, a Fourier sorfejtés mint ortogonális rendszer szerinti kifejtés.

II. Függvénytranszformációk

A Fourier transzformáció, mint a Fourier sorfejtés határesete, mint unitér transzformáció, stb. Alapvető tulajdonságok, néhány konkrét függvény Fourier transzformáltja, a Fourier transzformáció felhasználása feladatokban (pl.: függvényegyenletek megoldása). Fourier transzformáció több dimenzióban, Fourier vetítési tétel és annak felhasználása a tomográfiában. „Határozatlansági reláció” (mint összefüggés a „jel időbeli és frekvenciatérben vett szétfolytsága között”), a függvény, illetve Fourier transzformáltjának „lecsengésének gyorsasága” és „simasága” közötti kapcsolat, a Schwarz féle függvénytér. Kitekintés (csak „mesélve”, pontos fogalmak, állítások és bizonyítások nélkül): egyéb függvénytranszformációk (wavelet, Laplace, diszkrét Fourier), azok szerepe, illetve a diszkrét Fourier esetén a számolási sebesség ("gyors Fourier transzformáció") és annak jelentősége a képfeldolgozásban.

III. Disztribúciók

A disztribúciók, mint általánosított függvények, mint lineáris leképezések a Schwarz téren, a disztribúciók különböző „természetes” megjelenési módja; pl. mint egy „hagyományos” (de nem L2-beli) függvény Fourier transzformáltja. Dirac delta és Dirac fésű, műveletek disztribúciókkal (disztribúció deriváltja, Fourier transzformáltja stb.) a disztribúciók jelentősége pl. a differenciálegyenletek megoldásában. (Csak kitekintés szintjén; az idő szűkössége miatt ebben a témakörben a cél inkább csak a fogalom megértése, mint a disztribúciókkal való számolási készség tényleges elsajátítása.)

IV. Optimalizálás
Optimalizálás feltételek mellett, Lagrange multiplikátor, optimalizálás függvénytérben, variációszámítás, Euler-Lagrange egyenletek. Fizikai példák és alkalmazások.

V. Numerikus analízis
Iteratív egyenletmegoldási módszerek. Felezős módszer, Newton iteráció hibabecsléssel. Kitekintés: Newton iteráció több változóval, a Newton iteráció szerepe az optimalizálásban, egyéb optimalizációs módszerek (pl. gradiens), a "dimenzió átka" és a véletlent is fölhasználó, illetve sztochasztikus módszerek szerepe.

VII.1.2 Választható természettudományos ismeretek

Választható természettudományos ismeretek területén a hallgatónak az alábbi listában szereplő tantárgyak közül egyet kell kötelező jelleggel teljesítenie. Valamennyi tantárgy az őszi félévekben kerül indításra.

A választható természettudományos tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Fizika 3 – Modern fizika villamosmérnököknek	BMETE15MX81
Elektromágneses terek	BMEVIHVMA19
Fotonikai eszközök	BMEVIETMA13
Kvantuminformatika és -kommunikáció	BMEVIHIMA18
Nanotudomány	BMEVIETMA14
Villamos szigetelések és kisülések	BMEVIVEMA19

Fizika 3 – Modern fizika villamosmérnököknek

(BMETE15MX81, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a modern fizika azon fejezeteibe nyújt bevezetést, amelyek fontosak a haladó mérnöki tanulmányok szempontjából. Fontos cél, hogy a hallgatók alkalmazni tudják a modern fizika módszereit, eszközeit a felmerülő szakmai problémák megoldása során.

A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatótól elvárható, hogy értse, és konkrét feladatokban, példákon alkalmazni tudja a tanult fogalmakat, ismereteket, a gyakorlatban felmerülő helyzetekben ismerje fel a tanult módszerek alkalmazási lehetőségeit, legyen képes a szakirodalomra támaszkodva önállóan bővíteni a kapcsolatos ismereteit.

2. A tantárgy tematikája

A Kvantummechanikában használt matematikai eszközök rövid összefoglalása: Az (absztrakt) Hilbert tér és fontosabb jellemzői. Kötött és nem kötött állapotok tárgyalása. A klasszikus mechanika és a kvantummechanika kapcsolata. Az atomok elektronszerkezete. Az elektron-spin és leírása Pauli mátrixokkal. Atomok mágneses térben. Az „egyrészecske” közelítés. Kötéstípusok. Molekulapályák.

A kvantumstatisztikák, Fermion- és Bozon- rendszerek. A „fotongáz”. Rugalmas hullámok és a fononok. Szilárd testek fajhője alacsony hőmérsékleten. Kristályos anyagok sávszerkezete, vezetők, szigetelők, félvezetők. „Kristályelektronok” fogalma és azok viselkedése külső tér hatására. Az Ehrenfest tétel alkalmazása. A Boltzmann egyenlet stacionárius esetben. A relaxációs idő és a lineáris közelítés. Az elektromos vezetőképesség meghatározása kvantummechanikai modellben.

A szilárd anyagok optikai tulajdonságainak atomi elmélete, az oszcillátor-modell. Fémek optikai tulajdonságai. A Plazmafrekvencia. Elektromágneses hullám terjedése vezetőkben. Transzmissziós tényező. Atomok dia-mágnesessége, a szabad elektrongáz paramágnessége. A paramágneses szuszceptibilitás, a ferromágnesség átlagtér elmélete. A szupravezetés kísérleti alapjai, a Meissner effektus. Fenomenológikus elmélet A BCS elmélet alapgondolata és kísérleti igazolása, fluxuskvantálás.

Kvantum-interferometria.

A kvantum-optika és a lézerfizika alapjai.

Elektromágneses terek

(BMEVIHVMA19, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése:

A tantárgy fő célkitűzése az elektromágneses jelenségek kvalitatív és kvantitatív tárgyalása deduktív módon, a Maxwell-egyenletekből kiindulva. Az elektromágneses terek elméletének magasabb szintű tárgyalása, az alapképzésben megszerzett ismeretek elmélyítése. Az elektromágneses mezők számítógépes szimulációjára alkalmazott módszerek megismertetése, egyes modellezési kérdések tárgyalása. A modellezés alapján történő eszköz tervezési folyamat megismertetése. Néhány elektromágneses eszköz működési elvének ill. térelméleti alapjainak bemutatása az alacsony frekvenciás, villamosenergetikai alkalmazásoktól a nagyfrekvenciás, mikrohullámú eszközökön keresztül egyes optikai és nanoelektronikai alkalmazásokig bezárólag.

2. A tantárgy tematikája

I. Bevezetés, az eddigi ismeretek rendszerezése

Matematikai áttekintés. A Maxwell-egyenletek. Elektromágneses térjellemzők, erőhatások. Anyagjellemzők, térbeli és időbeli diszperzió. A beiktatott elektromos térerősség értelmezése. Makroszkopikus és mikroszkopikus Maxwell-egyenletek és ezek kapcsolata. A térjellemzők viselkedése különböző anyagállandójú térrészek határán.

Energiatétel, teljesítménysűrűség. Kezdetiérték- és peremérték-feladatok fogalma. Speciális időfüggés figyelembevétele lineáris közegekben: periodikus gerjesztés állandósult állapotban, tetszőleges időfüggés passzív közegben, belépő időfüggés. Komplex teljesítmény, a komplex teljesítménymérleg.

II. Az elektrodinamika peremérték-feladatai

Maxwell-egyenletek egyértelmű megoldhatósága, a sugárzási feltétel. Az elektrodinamika peremérték-feladatai (PDE, perem- és folytonossági feltételek megadása, ezek fizikai értelmezése). Időben állandó (sztatikus) terek: Laplace-Poisson egyenletre vezető, skalárpotenciállal leírható problémák: (i) elektrosztatikus tér, (ii) stacionárius áramlási tér (a Kirchhoff-hálózat n-pólusának térelméleti modellje), (iii) magnetosztatikus tér. A Laplace-Poisson egyenlet egyértelmű megoldhatóságának feltételei, a peremfeltételek fizikai tartalma.

Az elektrodinamika további peremérték-feladatai: (iv) stacionárius áramok mágneses terének analízise vektorpotenciál és redukált skalárpotenciál segítségével. 2D-s problémák az elektrodinamikában. A stacionárius áramok mágneses terének peremérték-feladata 2D-ben, az egy komponensű vektorpotenciál használata planáris és hengerszimmetrikus elrendezésekben.

További peremérték-feladatok: (v) örvényáramú problémák és egyéb kvázistacionárius terek, (vi) elektromágneses hullámok.

III. Peremérték feladatok numerikus megoldása, a mérnöki gyakorlatban használt szimulációs programok működésének alapjai és használata

Peremérték-feladatok numerikus megoldási módszereinek áttekintése (globális- és lokális közelítések, integrális- és differenciális megfogalmazások, stb.). A végeselem módszer (FEM) alkalmazása peremérték-feladatok megoldására. Reziduum-elv, diszkretizált egyenlet levezetése a Poisson-feladatra. Példák a végeselem módszerhez használt formafüggvényekre.

Green-függvények skalárral leírható peremérték-problémák esetében. Néhány 1-dimenziós Green-függvény. A skaláris Poisson- és hullámegyenlethez tartozó szabadtéri Green-függvény. Diadikus Green-függvények, a vektoriális Poisson- és hullámegyenlethez tartozó szabadtéri Green-függvények.

Az integrálegyenletek módszere az elektrodinamika peremérték-feladatainak megoldására. Időbeli véges differencia módszer (FDTD). A differenciál-operátor diszkretizálása, a Yee-algoritmus vázlata 1- és 3-dimenziós esetekben.

IV. A villamosmérnöki gyakorlatban előforduló klasszikus térszámítási problémák

Tranziens folyamatok veszteséges távvezetéken, a Fourier-transzformáció alkalmazása. Ideális távvezeték tranziens jelenségei a Laplace-transzformáció alkalmazása, a menetdiagram értelmezése.

Elektromágneses inverz és optimalizációs feladatok (avagy: tervezés és képalkotás). Alapfogalmak: modelltér, adattér, direkt és inverz feladat. Gyengén meghatározottság fogalma, definíciója. Regularizálás célja, módszerei: dimenzió-kontroll, additív büntetőfüggvény (Tikhonov). Néhány klasszikus és modern optimalizálási algoritmus.

Hullámtani problémák. Síkhullámok: ferdén beeső síkhullámok, teljes visszaverődés, tetszőleges hullámtér előállítása síkhullámok szuperpozíciójaként.

Hullámvezetők: sajátérték-problémák, a módus fogalma, tetszőleges peremgörbével határolt csőtápvonalak, négyszög keresztmetszetű csőtápvonal módusai. Hertz-dipólus: közel- és távoltér, iránykarakterisztika, sugárzási ellenállás, irányhatás, nyereség. Patch antenna. Elektromágneses hullámok periodikus közegben, bizonyos típusú meta-anyagok viselkedésének vizsgálata. Homogenizálás. Elektromágneses hullámok modellezésére használható aszimptotikus módszerek (hullámkövetéses eljárások) áttekintése.

Fotonikai eszközök

(BMEVIETMA13, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy bemutassa és megismertesse a gyakorlatban használt fény és anyag kölcsönhatáson alapuló eszközök működési elvét és az egyes eszközök karakterisztikus jellemzőit.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető: A fény alapvető fizikai tulajdonságai megismerése, az elektromágneses hullámterjedés alapjainak átismétlése.

Passzív optikai elemek: Aktív energiaellátást nem igénylő optikai elemek tulajdonságainak ismertetése. Tükrök, lencsék, prizmák, optikai szálkábelek, diffrakciós rácsok leképzésének áttekintése.

Optikai anyagok fizikai tulajdonságai: Optikai üvegek szerkezeti tulajdonságaink ismertetése. Üveggyártástechnológia bemutatása. Különböző katalógus üvegek tulajdonságai bemutatása és alkalmazási területek ismertetése.

Optikai kristályok előállítása: Optikai kristályok szerkezeti tulajdonságaink ismertetése. Egykristály növesztési eljárások bemutatása. Optikai kristályok speciális tulajdonságainak bemutatása és alkalmazási területek ismertetése.

Nemkoherens fényforrások: Termikus és luminescens sugárzók, világító diódák, fénykeltési módjának ismertetése. Az így keltett sugárzás tulajdonságainak ismertetése. Fény érzékelésre használható fotodetektorok működési elvének ismertetése

Koherens fényforrások: Bevezetés. A lézerműködés alapfeltételei tárgyalása. A lézerek osztályozása lézer aktív közeg szerint. A különböző típusú lézerek tulajdonságinak összehasonlítása

Szilárdtest lézerek és alkalmazásaik: Direkt sávszerkezetű félvezető anyagok leírása. Lézerdiódák szerkezeti felépítései ismertetése. A félvezető lézerek fizikai paramétereinek és alkalmazásainak bemutatása

Optikai célú multirétegek: Vékonyréteg technológia áttekintése, vákuumpárologtatás és a porlasztás tárgyalása. Speciális tulajdonságokkal rendelkező vékonyréteg struktúrák bemutatása: dielektrikum tükrök, modulátorok, deflektorok.

Optikai elemek: A fény polarizációs tulajdonságának ismertetése. Kettőstörő anyagok szerkezetének ismertetése. Különböző elven működő polarizátorok, szűrők működésének áttekintése. Nemlineáris optikai eszközök frekvenciaváltoztató elemek bemutatása.

Optikai adatátvitel: Optikai hullámvezető struktúrák bemutatása. Egy és a többmódusú optikai szálkábelek és a felületi hullámvezetők ismertetése. Optikai szálkábelek gyártástechnológiai áttekintése. Az optikai szálkábelek fizikai sajátosságainak bemutatása.

Optikai kapcsolók: A mágneses tér kölcsönhatása fénnyel és akkusztikus hullámokkal. Magnetoptikai és akusztooptikai eszközök ismertetése és működési elvének áttekintése.
Folyadékkristályok: A folyadékkristályos anyagok szerkezeti felépítésének és optikai jellemzői áttekintése, folyadékkristályos kijelzők típusai és azok összehasonlítása optikai és egyéb tulajdonságaik alapján.
CMOS és CCD eszközök a fényérzékelésben: CMOS és CCD képalkotó szenzor működési alapjainak áttekintése. A szenzorelemek strukturális felépítésének bemutatása. A két szenzortípus összehasonlítása különböző tulajdonságaik alapján.

Kvantuminformatika és -kommunikáció

(BMEVIHIMA18, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Napjaink számítástechnikai eszközei teljesítőképességük elvi határához éreztek, mivel az áramköri elemek a jelenlegi technológiával tovább nem csökkenthetők lényegesen. Ugyanakkor egyre több informatikai és távközlési feladat vár megoldásra, melyeket a jelenlegi számítástechnikai kapacitásokkal reménytelen megoldani, csupán szuboptimális megoldások alkalmazhatók. E kettős problémakörre kínál megoldást a kvantummechanikai alapokra épülő ún. kvantum informatika és kommunikáció, mely egyfelől atomi méretekre zsugorítja az áramköri elemeket, másfelől nagyfokú párhuzamosíthatóságot tesz lehetővé, ezáltal lényegesen redukálva a számítási időt, harmadrészt pedig a klasszikus világban szokatlan megoldási lehetőségeket is kínál (pl. teleportálás). A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatóságot a kvantum informatika fogalomrendszerével, információ elméleti vonatkozásaival és alkalmazási példákon keresztül informatikai és távközlési környezetben való alkalmazhatóságával. A tantárgy röviden ismerteti a gyakorlati megvalósítás alapjait is.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés.
A kvantuminformatika motivációja. A Moore-törvény korlátja és a kvantummechanika kapcsolata. A kvantuminformatika alkalmazásának lehetőségei. A gyök NOT kapu rejtélye (kvantum interferométer)
Kvantuminformatika jelölésrendszere és posztulátumai.
A Hilbert-tér és a kvantummechanika kapcsolata, egyszerűsített leírás. Kvantuminformatikai jelölések, komplex valószínűségi amplitúdók. A kvantummechanika posztulátumai. Kvantumbit és kvantumregiszter, szuperpozíció elve. Ábrázolás a Bloch-gömb segítségével. Alap kvantum kapuk és leírásuk.
Műveletek kvantumbitekkel és kvantumregiszterekkel
N-bites kapuk. N-bites Hadamard-kapu és a szuperpozíció elve. Interferométer leírása. Összefonódás (entanglement). CNOT-kapu
Összefonódás
Bell-állapotok. Környezettel való összefonódás (dekoherencia) és következményei. EPR paradoxon. No cloning.
Projektív mérés
Mérés: kapcsolat a kvantum és a klasszikus világ között. Projektív mérés tulajdonságai és konstrukciója.
POVM mérés
POVM mérés tulajdonságai és konstrukciója. Kapcsolat a különböző mérések között.
Egyszerű kvantum protokollok
Tetszőleges kvantumbit előállítása alap kvantumkapuk segítségével. Szupersűrűségű tömörítés. Teleportálás.
Kvantum párhuzamosság
A kvantum párhuzamosság alapjai. A Deutsch-Jozsa-algoritmus leírása. Simon algoritmus
Kvantum prímfaktorizáció – Shor-algoritmus
Prímfaktorizáció, rendkeresés és a Shor-algoritmus kapcsolata és működésük ismertetése. Hatékonyság elemzése.
Infokommunikációs problémák kvantum alapú megoldásai (1)
Kvantum alapú véletlenszám-generátorok

Infokommunikációs problémák kvantum alapú megoldásai (2)
Kvantum alapú kulcsszétosztás. A BB84 protokoll működése és megvalósítása. A B92 protokoll működése.
Infokommunikációs problémák kvantum alapú megoldásai (3)
Hatékony keresés rendezetlen adatbázisban: a Grover-algoritmus. Működés és blokkdiagramm. Hatékonyság elemzése.
Kvantum számlálás és szélsőérték keresés
Kvantum-számlálás elméleti háttere. Kvantum-számlálás elemzése, komplexitása, értékelése, Minimum/maximum keresés elméleti háttere. Minimum/maximum keresés elemzése, komplexitása, értékelése.
Kvantumkriptográfia gyakorlati alkalmazásai
2. generációs folytonos változós kulcsszétosztás. A jelenlegi vezetékes kvantumkulcsszétosztó rendszerek bemutatása.
A Grover-algoritmus általánosítása
Általánosított Grover-algoritmus mely lehetővé teszi a tévesztési hiba megszüntetését.
Kvantum számítógépek, hol tart ma a világ
Kvantum számítógép építésének aktuális helyzete: foton, elektron, atom, molekula alapú megközelítések, jelenlegi elképzelések és kutatási irányok.
Kvantum információelmélet alapjai
Sűrűségmátrixos leírás, posztulátumok megfogalmazása a sűrűségmátrixos leírás segítségével. Összefonódás és teleportálás értelmezése sűrűségmátrixok segítségével.
Kvantuminternet építőkövei
A kvantuminternet architektúrája és protokollkészlete. Repeaterek és memóriák.
Műholdas kvantumkommunikáció
Szabadtéri és műholdas kvantumkommunikáció
Összefoglalás és kitekintés
A tanult témakörök összegzése. A kvantummechanika rövid története. A kvantummechanika és filozófia kapcsolata.

Nanotudomány

(BMEVIETMA14, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A nanotudomány elsődleges célja jelenségek tanulmányozása szerves és szervetlen rendszerekben, amelyek néhány száztól néhány millió atomból állhatnak (0,2...100 nm-es tartományba tartoznak). A tantárgy három fő tematikai részre különíthető. Az első rész elméletileg tekinti át a nanotartományba eső rendszerek fizikáját, a skálázással kapcsolatos kérdéseket, a vonatkozó alapvető kvantummechanikai és szilárdtest fizikai jelenségeket. A második rész a nanoanyagok fizikai tulajdonságaival, előállítási technológiájukkal és fő alkalmazási területeivel foglalkozik, beleértve szerves és szervetlen rendszereket is. A harmadik rész célja a nanometrológia bevezetése, a nano méretskálán alkalmazható mikroszkópos és spektroszkópiás eljárások megismertetése.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, a nanotudomány elhelyezése, fontosabb eddigi eredményei. A nanotudomány által használt fogalmak definiálása. A nano mint mérettartomány különlegességei. Az anyagok felépítése bottom-up megközelítésben.
A fizikai tulajdonságok megváltozása a nano-méretskálán. A geometriai skálázás hatásai. A top-down tervezés skálázási problémái. Makroszkopikus fizikai jellemzők (mechanikai, elektromos, optikai, termikus, mágneses), ezek mikroszkopikus értelmezése (újdonságok a nanovilágban).
Bevezető a kvantummechanikáról, kvantummechanikai problémák és megoldásuk: A kvantummechanika alapelveinek áttekintése, egyszerű problémák esetében a megoldás menete és eredménye.
Szilárdtestfizikai alapok: Hogyan jutunk el a szilárdtestfizika villamosmérnöki szempontból lényeges modelljeihez és a kapott eredmények értelmezéséhez.

Félvezetők elmélete Áramvezetés jelensége a félvezetőkön belül. A különböző jellegű félvezetők közötti különbségek és a makroszkópikus egyenletek előállítása.
Nanoszerkezetek, nanoanyagok előállítási módszerei 1: gőzfázisú módszerek. Fizikai és kémiai gőzfázisú rétegleválasztás, valamint kondenzáció és ezek speciális változatai (pl. PVD, CVD, CCVD, ALD, GPC, CVC). Lézeres abláció, kriogénolvasztás, permethőbontás.
Nanoszerkezetek, nanoanyagok előállítási módszerei 2: folyadékfázisú módszerek. Nanorészecskék előállítása szol-gél eljárással. Alak- és méretkontrollált kémiai redukció. Felületkémia, önszerveződő rétegek, bevonatok. Elektrokémiai és árammentes rétegleválasztás.
Nanoszerkezetek, nanoanyagok előállítási módszerei 3: nanolitográfia 1. A projekciós és direktírásos litográfiák alapelvei, a felbontóképesség korlátjai. Optikai (UV) litográfia, röntgen-litográfia, elektronsugaras és ionsugaras eljárások.
Nanoszerkezetek, nanoanyagok előállítási módszerei 4: nanolitográfia 2. Haladó litográfiás eljárások. Nanoimprint litográfia és replikáció. Lézerinterferencia litográfia. Litográfia pásztázó tűszondás mikroszkópokkal (STM, AFM). Nanodiszpenzálás.
Szén allotróp módosulatai: fullerének, nanocsövek, grafén. Kristálytani leírás, fizikai tulajdonságok, főbb előállítási technológiák. Megvalósult és potenciális alkalmazási területek a nanoelektronika, szenzorika, kijelzők, kompozit anyagok stb. Terén.
Nanoanyagok vizsgálati lehetőségei, a nanometrológiai eljárások áttekintése. A mikroszkópos eljárások alapjai, a felbontóképesség korlátjai az egyes eljárásoknál. A pásztázó tűszondás mikroszkópok működése (STM, AFM).
Elektronsugaras mikroszkópos eljárások áttekintése. A pásztázó és transzmissziós elektronmikroszkópia (SEM és TEM) alapjai, lehetőségei és korlátjai. Anyag elektron kölcsönhatás, származtatott jelek, detektortípusok és képalkotási módok.
Az anyagösszetétel vizsgálat lehetőségei a nano-méretskálán. Spektroszkópiai módszerek (SEM-EDS, XRF, XPS, AES, Raman-spektroszkópia, SERS, FT-IR) alapjai, az egyes eljárások előnyei, hátrányai.

Villamos szigetelések és kisülések

(BMEVIVEMA19, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A villamosmérnöki tudományok egyik klasszikus ágának számít a villamos szigeteléstechnika. Azonban a XI. század új lendületet adott a területnek, mivel a legtöbb alkalmazás egyre különlegesebb igénybevételeknek ellenálló szigetelések és a szigetelőanyagok alkalmazását igényli. Ezen kihívásokra válaszul megjelentek a különleges polimerek, azok kompozitjai, valamint a nanokompozit polimerek, mivel kiderült, hogy a polimerek előnyös tulajdonságai nanométerű anyagok megfelelő adagolásával tovább javíthatók. A kurzus során hallgatóságot megismertetjük a villamos szigetelőanyagokban és szigetelésekben lezajló villamos folyamatokkal. Áttekintjük a dielektromos polarizáció jelenségét különböző anyagokban, továbbá az elemi folyamatokat leíró modellek alapjait. Bemutatjuk a villamos kisülések és a villamos szilárdság letörésének folyamatát különböző halmazállapotú szigetelőanyagokban. Mind a kisülési, mind a dielektromos folyamatok esetén bemutatjuk a gyakorlati vonatkozásokat, a villamosmérnöki tudományok azon területeit, ahol a szigeteléseket extrém villamos és környezeti igénybevételek érik.

2. A tantárgy tematikája

A villamos szigeteléstechnika alapjai, a szigetelések alaptípusai és a villamos szilárdság letörése. Az átalakuló energetika szigeteléstechnikai problémái.
Szigetelőanyagok villamos erőtérben, rétegzett szigetelések, dielektromos refrakció és jelentősége a szigetelésekben, térvezérlés megoldásai. Kompozit szigetelőanyagok
Dielektromos polarizáció: a térjellemző mennyiségek és a töltések kapcsolata. A polarizáció makro és mikrojellemzői. A polarizálhatóság.
Elemi polarizációs folyamatok I.: Elektronpolarizáció és modelljei. A Clausius-Mossotti összefüggés. Az ioneltolódási polarizáció
Elemi polarizáció folyamatok II.: a hőmérsékleti orientációs polarizáció és a hőmérsékleti ionpolarizáció
A dielektromos válasz-függvény és tulajdonságai, idő és frekvencia tartományban.

A dielektromos válasz mérése idő és frekvenciatartományban, áram- és feszültségméréssel. A dielektromos válasz kapcsolata szigetelés állapotával

A villamos kisülések kialakulása gázokban (az ütközési, foto- és hőionozás kialakulása, törvényszerűségei), villamos ív. A töltéshordozókat termelő és fogyasztó fizikai folyamatok.

Részleges kisülések: koronakisülések (elektronlavina, pamatos kisülés, csatorna kisülés), üregkisülések, kúszókisülések, villámszerű kisülések. Teljes kisülések: átütés és átívelés, szikrakisülés, villamos ív.

Az elektrosztatikus kisülések (fojtott szikrakisülések, terjedő kisülések, lerakódott porréteg felületén fellépő kisülések). A kisülések okozta káros hatások (tüzek, robbanások, ESD). A kisülések ipari alkalmazása.

Átütési folyamatok kialakulása szigetelő folyadékokban. Nagy tisztaságú és technikai tisztaságú folyadékok átütése.

A villamos szilárdság letörése szilárd szigetelőanyagokban. Villamos átütés esetei: intrinsic átütés, elektromechanikai átütés, hő-villamos átütés, villamos öregedés

Az átütés statisztikus elmélete, a feszültségigénybevétel és az időtartam hatása a villamos szilárdságra.

VII.1.3 Közös tantárgyak

A természettudományos alapismereteken belül öt közös tantárgy jelenik meg a villamosmérnöki mesterképzés programjában, valamennyi a tavaszi félévben kerül meghirdetésre. A közös tantárgyak a következők:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Hírközléselmélet	BMEVIHVMA18
Méréselmélet	BMEVIMIMA23
Minőségbiztosítás a mikroelektronikában	BMEVIETMA12
Szoftvertervezés	BMEVIIIMA20
Nagyfeszültségű technika és rendszermenedzsment	BMEVIVEMA27

Az öt tantárgy közül a hallgatóknak egy tantárgyat kell teljesíteniük specializációválasztásuktól függetlenül.

Hírközléselmélet

(BMEVIHVMA18, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/0/0/v/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A híradástechnika, a hírközlés szerteágazó fogalmai és feladatai többé-kevésbé egységes elmélet segítségével írhatók le. A tantárgy célkitűzése bemutatni ennek az elméletnek az alapfogalmait, alapjait és gondolkodásmódját. A tantárgy elsősorban az információelmélet, a döntés- és becsléselmélet, valamint a digitális hírközlés alapjaival foglalkozik.

Ennek keretében a hallgatók megismerkednek fontos fogalmakkal (illetve egyes, már megismert fogalmakkal mélyebben foglalkoznak). A fogalmak alkalmazását a rádióhírközlésből és a mobil eszközök közötti hírközlésből vett gyakorlati példák részletes tárgyalásával mutatjuk be.

Az előadások, a gyakorlófeladatok és a számonkérés módszere együttesen arra törekszik, hogy a hallgatók a megismert elemeket, módszereket és eljárásokat egyrészt alkotó módon tudják alkalmazni, másrészt elegendően sok fix pontot kapjanak ahhoz, hogy a számukra újdonságnak tűnő vagy ténylegesen új hírközlő rendszereket kevés utánolvasással, utánjárással megértsék. A tantárgy így megalapozza a későbbi szakirányú tantárgyakban oktatott digitális hírközlési ismereteket, valamint a digitális hírközlés önálló elsajátítását.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés: A hírközlés feladata, információforrások, üzenetek, zajok, zavarok fogalomköre, hírközlő rendszerek főbb alkotóelemeinek funkciója, a digitális és az analóg hírközlési feladatok bemutatása. Matematikai bevezetés: A sztochasztikus folyamatok elemei.

Az információelmélet alapjai: Alapfogalmak (források, információelméleti alapfogalmak stb.) definíciója, bemutatásuk példákon

Forráskódolás: Célja, hatékonysága, memóriamentes és memóriával rendelkező források kódolása, Shannon I. forráskódolási tétele.

Forráskódolási eljárások: Huffman-kód, LZW-kód, aritmetikai kódoló.

Az átviteli csatorna: Kölcsönös információ, csatornakapacitás fogalma, BSC, DMC, additív Gauss-zajos csatorna (AWGN), Shannon korlát, Shannon II. csatornakódolás tétele.

Csatornakódolás: Üzenettér, kódtér fogalma, hibák osztályozása, Hamming távolság, kódkonstrukciós törvények (Singleton, Hamming korlátok, MDS, perfekt kód).

Bináris lineáris csatornakódolási eljárások: heurisztikus kódolás, kódvektorok, generátormátrix és polinom, paritásellenőrző mátrix és polinom, Hamming kódok.

Nembináris lineáris csatornakódolási eljárások: Véges testek fogalma, műveletek Galois testek felett, nembináris Hamming kódok, Reed-Solomon kódok, ciklikus kódok.

A döntéselmélet alapjai: Döntési feladatok a hírközlésben, bináris döntés, a Bayes-féle (min. risk) döntés, MAP kritérium, ML kritérium, elégséges statisztika. A becsléselmélet alapjai: Becslési feladatok, Bayes, MMSE, MAP, ML becslések, becslők jellemzése, a Cramer-Rao egyenlőtlenség, CRB

Digitális jelek átvitele analóg csatornán: A komplex burkoló fogalma, digitális jelkészlet, jeltér fogalma, kétdimenziós jelkészletek, PSK és QAM moduláció, több dimenziós (ortogonális, biortogonális, szimplex) jelterek, optimális vétel AWGN csatornában, vevőstruktúrák.

Zaj hatása a PSK és QAM átvitelre, modulációk összehasonlítása, sávkorlátozott csatornák, jelalakok megválasztása, Nyquist-kritérium.

Memóriával rendelkező csatornakódolási és modulációs lejárások: Konvolóciós kódolás, folytonos fázisú modulációs eljárások, Viterbi algoritmus.

Fadinges csatornák: Rayleigh- és Rice-csatorna, hibaarány fadinges csatornán, a kiterjesztett spektrumú átvitel alapjai, DS és FH rendszer.

Méréselmélet

(BMEVIMIMA23, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/0/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Rendszeresen mérünk/becslünk távolságot, időt, nyomást, lázat, költséget – meg mást is. Mérik vércukorszintünket, súlyunkat, elégedettségünket. A mérések megismerési folyamataink szerves részei. Miközben minden szakmának létezik a maga méréstechnikája, létezik egy közös szemléleti háttér és technikai apparátus is, amelynek ismerete nagyban segíti a különféle szakterületek megismerési folyamatainak elsajátítását, és a hatékony együttműködést. Ennek bemutatására vállalkozik a Méréselmélet.

A tantárgy bemutatja a környező anyagi világ megismerését, valamint kvantitatív és kvalitatív jellemzését segítő mérnöki módszerek elméleti hátterének alapjait. Jel- és rendszerelméleti, becslés és döntéselméleti továbbá adat- és jelfeldolgozási módszereket tekint át azzal az igénnyel, hogy elősegítse komplex mérési, modellezési és információfeldolgozási feladatok megoldását. Elsősorban folytonos és hibrid rendszerekhez kapcsolódóan jelentős mértékben fejleszti a tudatos modellalkotási és problémamegoldó készséget. Mindezt a mérési és modellezési problémák egységes szemléleti keretbe helyezésével éri el. Ez a keret a jelátviteli rendszerek alapkoncepcióit is befogadja. A tantárgy keretében elsajátított módszerek megalapozásként és háttérként szolgálnak kutatási és fejlesztési feladatok megoldásához.

A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatóktól elvárható, hogy:

1. Ismerjék a mérés és modellezés helyét, szerepét és egymáshoz való viszonyát a megismerési folyamatokban;
2. Gyakorlati problémák megoldása során alkalmazni tudják az alapvető jel- és rendszerelméleti, valamint becslés- és döntéselméleti eljárásokat;
3. Tisztában legyenek a modellillesztés (identifikáció és adaptáció) alapvető módszereivel, továbbá az optimalizálás különböző technikáival, különös tekintettel a való időben megvalósítható, rekurzív eljárásokra;
4. Ismerjék a leggyakrabban használt rekurzív jelfeldolgozási technikákat és azok implementációs vonatkozásait.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés. A tantárgy célkitűzése. Adatfajták. Mérési pontosság, mérési bizonytalanság. A mérési eljárás: Megfigyelés determinisztikus csatorna esetén. Megfigyelés zajos csatorna esetén.

A döntéselmélet alapjai: kéthipotézises Bayes döntés. Példák: konstans jel detektálása, változó amplitúdójú jel detektálása. A döntéselmélet alapjai. Példák: véletlen amplitúdójú jel detektálása zajban.

A becsléselmélet alapjai: Bayes becslők. Minimális átlagos négyzetes hibájú, minimális átlagos abszolút hibájú, maximum a posteriori becslés. Bayes becslő Gauss eloszlások esetén. Maximum likelihood becslő. Gauss-Markov becslő. Becslők determinisztikus modellel jellemzett paraméterek esetén. Becslések minősítése. Minimális varianciájú, torzítatlan becslők. Cramer-Rao alsó korlát. Példák skalár- és vektor-paraméteres esetekre. Gauss eloszlású, fehér zajjal terhelt lineáris modellek esete. Példák: diszkrét időindex polinomja, diszkrét Fourier sorfejtés, FIR szűrő, lineáris modell színes zaj esetén, lineáris modell ismert komponens esetén. A legjobb lineáris torzítatlan becslő (BLUE).

Maximum Likelihood (ML) becslők. Legkisebb négyzetes hibájú (LS) becslők. Összetett példák: célkövetés, irányszög mérése. Összefoglalás.

Modellillesztés: regresszió számítás. Teljesen specifikált teljesen, ill. részben specifikált statisztikai jellemzőkkel, lineáris regresszió, lineáris regresszió mérési adatok alapján. Adaptív lineáris kombinátor: Wiener-Hopf egyenlet. A regressziós mátrix vizsgálata: sajátérték, sajátvektor probléma. Iteratív modellillesztési módszerek: Newton, legmeredekebb lejtő, LMS, alfa-LMS, LMS-Newton, LMS-Newton a regressziós mátrix iteratív becslésével. Iteratív modellillesztés a kritériumfüggvény Taylor sorfejtése alapján. Adaptív IIR rendszerek. Stabilitáselméleti megközelítés.

Szűréselmélet alapjai. Optimális nemrekurzív becslő: skalár Wiener szűrő. Rekurzív becslő az optimális nemrekurzív becslőből. Optimális rekurzív becslő: skalár Kalman becslő. Példa. Optimális rekurzív prediktor. Kalman szűrő vektoros esetben.

LS becslők rekurzív számítása: Lineáris megfigyelési modell esete. LS becslők kényszerfeltételek esetén. Nemlineáris megfigyelési modell esete.

Modell-alapú jelfeldolgozás. Az alapok felidézése. Egyszerű átlagolás, exponenciális átlagolás, csúszó-ablakos átlagolás, idő- és frekvenciatartománybeli viselkedés. Jelek reprezentációja jelterekben: lineáris vektortér, lineáris tér, integrál transzformáció. Megfigyelő jelfeldolgozási feladatra. Keverés-integrálás-keverés helyett sávszűrés. A rezonátoros struktúra származtatása, tulajdonságai. Kapcsolat a Lagrange struktúrával és a frekvencia-mintavételi eljárással. Tetszőleges diszkrét transzformáció rekurzív előállítása. A rezonátor alapú diszkrét Fourier transzformátor. A rezonátor alapú megfigyelő, mint univerzális jelfeldolgozó eszköz. Kapcsolat az interpolációs struktúrákkal. Másodfokú valós együtthatós rezonátor alaptagok: direkt, ortogonális, hullám-digitális. A passzivitás feltétele rezonátor alapú megfigyelőknél. A korlátosság feltétele rezonátor alapú megfigyelőnél. A tulajdonságokat megőrző tervezés menete. Jelfeldolgozó algoritmusok energiaviszonyai. Példa mindentáteresztő hálózatok/számítások energiaviszonyaira. Hatékonyan implementálható ortogonális transzformáció. A rekurzív DFT és az LMS eljárás (formális) kapcsolata. Átkapcsolások tranziens jelenségeinek struktúrafüggése. Passzivitás az irányítástechnikában: szabályozás hálózaton keresztül. Az ortogonális struktúrák általában. Ortogonális transzformáció adatredukciós céllal (Főkomponens analízis.).

A nemlineáris jelfeldolgozás alapjai: speciális vizsgálójelek, speciális struktúrák, homomorf jelfeldolgozás, sorfejtések alkalmazása. Polinomiális szűrő. Kitekintés: méréselméleti módszerek komplex feladatokban. A tantárgy anyagának összefoglalása.

Minőségbiztosítás a mikroelektronikában

(BMEVIETMA12, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/0/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése megismertetni a hallgatókat a minőségbiztosítás, minőségirányítás fogalmával, eszmerendszerével és szükséges eljárásaival. Bemutatja az elektronikai anyagok villamos jellemzőinek, mikromechanikai tulajdonságainak vizsgálatára alkalmas villamos és nem villamos módszereket. Foglalkozik az elektronikai alkatrészipar és az elektronikai szerelőipar jellegzetes minőségbiztosítási feladataival, módszereivel. A minőségbiztosítás általános fogalmainak és módszereinek megismerése után a tantárgy kitér a mikroelektronika speciális minősítési módszereinek tárgyalására. Tárgyalja a legfontosabb eszközvizsgálati módszereket, és azok eszközeit. Bemutatja a mikroelektronikai tesztelhetőre való tervezés fontosságát ill. annak elemeit. A hallgatók megismerkednek a megbízhatóság előrejelzésének matematikai módszereivel és a hibamechanizmusok felderítésére alkalmas legfontosabb vizsgálatokkal.

2. A tantárgy tematikája

A tantárgy és a félévközi követelmények bemutatása. A minőségügy statisztikai alapjai. Valószínűség számítás és a statisztika, Valószínűségi változók és eloszlások, az ingadozás paraméterei, nagyszámok törvényei.

A minőség fogalma, a minőségbiztosítási elvek és rendszerek. A TQC, TQM és ISO 9xxx keletkezése, alapelvei. Egyéb minőségbiztosítási rendszerek, MES stb.

Statisztikai adatok grafikai reprezentációi és hibatípusok fajtái. Normalitás-vizsgálat, Idősorok és „bar chart”-ok.

Mintavételezés alapjai és a mintavételes ellenőrzés Az AQL módszer és alkalmazása, példák.
Mintaértékelés, Becsléselmélet, Mintavételes becslésének pontossága, hipotézis vizsgálatok, összefüggőség vizsgálatok.
Az SPC (Statistic Process Control) módszer, Az SPC alapjai, adatgyűjtés és osztályozás, Folyamatparaméterek és szabályozókártyák, elfogadási és beavatkozási határok, SPC döntési algoritmusok, példák.
Gép- és folyamatképesség vizsgálatok. Hibaráta fogalma, Gép- és folyamatképességi indexek, Minőségkapacitás, Stabilitás, Példák
Passzív elektronikai alkatrészek minősítési módszerei. Rrezisztív, kapacitív, induktív struktúrák. Szereletlen áramköri hordozók (összeköttetés-rendszerek és passzív hálózatok) vizsgálata. Kötések, tokozások minősítése.
Gyorsított megbízhatósági vizsgálatok. A legfontosabb gyorsító tényezők. A gyorsított vizsgálatok módszerei és eszközei. Termékek várható élettartamának meghatározása.
Termékek megbízhatósága. A meghibásodás okai és fajtái. Az állományfüggvény. A megbízhatósági függvények. A várható működési idő. A megbízhatósági jellemzők becslési módszerei. Rendszerek megbízhatósága, tartalékolás.
Roncsolásmentes tesztelési és hibaanalitikai módszerek. Optikai vizsgálatok, röntgen vizsgálatok, akusztikus mikroszkópia és ezek alkalmazásai az elektronikai anyagok, alkatrészek és szerelt egységek minősítő folyamataiban.
Az integrált áramkörök minősítési módszerei. A mikroelektronikai struktúrák vizsgálati módszerei. A mikroelektronikai eszközök jellegzetes vizsgálati módszerei. Struktúrák vizsgálata: mikroszkópi vizsgálat optikai, elektron-, atomerő és alagútáram-mikroszkópia. Felületi potenciál térképezés.
Eszközvizsgálati módszerek. Sztatikus karakterisztika és paraméterek mérése áramerősítés, küszöbfeszültség, áram-állandó, küszöbfeszültség alatti áram stb. Dinamikus jellemzők mérése, határfrekvencia, kapacitás stb. Hőmérsékletfüggés mérése, impulzusmérés.
A technológia tesztelése: Mikroelektronikai tesztelő struktúrák tervezése. A technológia tesztelésére szolgáló legfontosabb módszerek: tesztábrák adalékdózis, illesztési hiba, küszöbfeszültség stb. mérésére. A tesztáramkörök (pl. ring oszcillátor) szerepe és fontosabb megvalósítása.
Termikus teszt. A termikus tesztelés fontossága a mai mikroelektronikában. A termikus tesztelés módszerei: termovízió, folyadékkristályos hőtérképezés, sztatikus és dinamikus termikus tokminősítés, termikus tranziens teszt, kompakt modellezés.

Szoftvertervezés

(BMEVIIIMA20, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/0/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a modern szoftvertervezés elméleti és gyakorlati alapjainak ismertetése, a szoftver rendszerek fejlesztése során alkalmazott legfontosabb elvek és módszerek, valamint azok gyakorlatban történő alkalmazásának bemutatása. A hallgatók közvetlenül alkalmazható tudást szereznek az objektum-orientált szoftvertervezés gyakorlatából, megismerhetik a szoftvertervezési minták alkalmazását. Képesek lesznek átlátni a szoftvertervezés és fejlesztés folyamatát, a szoftverek létrehozása során alkalmazott különböző típusú követelményeket, valamint az azokat kielégítő szoftver rendszer megvalósításának folyamatát.

2. A tantárgy tematikája

A szoftver rendszerek létrehozásának folyamata. A software engineering fogalmának meghatározása. Alapfogalmak definíciója: szoftver, szoftverfejlesztési módszertan, életciklus modell. A szoftverfejlesztési módszertanok és szoftverfejlesztési környezetek fejlődésének bemutatása. A szoftver életciklus modelljeinek bemutatása és azok összehasonlítása: vízesés modell, V modell, iteratív-inkrementális fejlesztés, spirál modell. Modell vezérel fejlesztés jellemzői.
Modern szoftverfejlesztési módszertanok jellemzői, agilis fejlesztési módszertanok meghatározása. Néhány elterjedt agilis tervezés módszertan és módszer bemutatása: SCRUM, Extreme Programming, Test First Development, Test Driven Development.

SCRUM keretrendszer: A keretrendszer mint módszertan bemutatása, az agile szemléletmód és annak megvalósítása a fejlesztés során. A Product Backlog és annak használata a fejlesztés során. A Scrum Folyamat és a Scrum Csapat bemutatása. Az egyes szerepkörök ismertetése: Scrum Master szerep, Product Owner szerep, Fejlesztő (Developer) szerep. A Scrum folyamat végrehajtása a gyakorlatban, ceremóniák és fogalmak. A Product Backlog kezelésének részletei, különböző típusú Backlog Item-ek definiálása, azok leírásának kezelése a fejlesztés során. User Story fogalma és használata. A ráfordítás becslése és előrejelzése a Scrum folyamat végrehajtása során.

Objektum orientált szoftver fejlesztés meghatározása. Objektum orientált megközelítés, ill. szoftver fejlesztési elvek alkalmazása az elemzés, a tervezés és a megvalósítás során: legfontosabb alapelvek és módszerek ismertetése. Unified Process (UP) fejlesztési módszertan bemutatása. A UP fázisai, diszciplínák vagy munkafolyamatok, a UP során létrejövő szoftverfejlesztési termékek. A sikeres fejlesztés kockázatainak kezelése. Unified Modelling Language (UML) bemutatása.

A Unified Process Előkészítés (Inception) fázisa. Jellemző termékek tartalmának meghatározása: Vízió, Use Case modell, Kiegészítő követelmények leírása (Supplementary Specification), Glossary. A funkcionális és nem funkcionális követelmények meghatározásának módszerei. A FURPS+ modell a követelmények meghatározására.

A Use Case modellezés meghatározása. A Use Case-ek és Aktorok definiálása és azok leírása. A Use Case diagramok felépítése és azok strukturálása. A System Sequence Diagram (SSD) szintaktikája és elkészítése. Az SSD viszonya más fejlesztési termékekkel. Gyakorlati példa ismertetése.

Az Aktivitás diagram és annak használata a Use Case modellezés során. Az Aktivitás diagram és a Use Case leírás viszonya. Gyakorlati példa ismertetése.

Az UML osztály diagram. A Domain modell felépítése, értelmezése és létrehozásának módszerei. Gyakorlati példa ismertetése.

A Unified Process Kidolgozás (Elaboration) fázisa. Felelősségek meghatározásának és kiosztásának módszerei. Gyakorlati példa ismertetése.

Az UML interakciós diagramjainak (szekvencia és kommunikációs, ill. együttműködési diagramok) szintaktikája, azok alkalmazása a tervezés során. A Unified Process Design Modell elemei és azok létrehozásának módszerei. Gyakorlati példa ismertetése.

A szoftverfejlesztés során alkalmazott szoftver tervezési minták fogalma, típusai, alkalmazásuk. Tervezési minták a szoftver felelősségek meghatározásához: Genenal Responsibility Assignment Software Patterns (GRASP). Gyakorlati példák ismertetése.

A Unified Process Megvalósítás (Construction) és Átadás (Transition) fázisai. Modellek és a szoftver kód viszonya, kódgenerálás módszerei és lehetőségei. UML modellek és alkalmazásuk a Megvalósítás és Átadás fázisaiban. A szoftver rendszerek verifikációja és validációja: a feladatok meghatározása, helyük a fejlesztési folyamatában, jellemző típusai. A szoftver verifikáció és validáció során felhasznált legfontosabb módszerek.

Nagyfeszültségű technika és rendszermenedzsment

(BMEVIVEMA27, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 3/0/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A fenntartható energetika új kihívások elé állítja a villamosenergia-rendszer öregedő infrastruktúráját, emiatt elengedhetetlen az iparágban dolgozó mérnökök számára is állapotmenedzsment fogalomkörének és módszereinek alapos ismerete. Ennek megfelelően a tantárgyban bemutatjuk az öregedésmenedzsment alapjait, a minősítés és állapotellenőrzés módszereit, továbbá a karbantartás és a feszültség alatti munkavégzés legújabb technológiáit és technikáit, valamint a műszaki és a gazdasági előnyeit, hátrányait. Kiemelten foglalkozunk a kérdés nagyfeszültségű technikai vonatkozásával is.

2. A tantárgy tematikája

A fenntartható energetika és a villamos villamosenergia-rendszer öregedő elemeinek problémája. A rendszer fenntarthatóságának háttere

Az öregedésmenedzsment alapjai, hálózati elemek állapotának ellenőrzése, minősítése

Az eszközmanagement módszerei: top-down és bottom-up megközelítés. A módszerek előnyei és hátrányai.

Az állapotvizsgálatok elméleti háttere, főbb villamos vizsgálati módszerek, azok eredményeinek kapcsolata a berendezés állapotával. Villamos vizsgálati módszerek nehézségei
Nagyfeszültség előállításának módszerei: egyen-, váltó- és impulzusfeszültség esetén.
Nagyfeszültségű méréstechnika I.: Nagyfeszültség mérésének módszerei.
Nagyfeszültségű méréstechnika II.: Anyagjellemzők mérése, Nagyfeszültségű mérőhidak, részkisülések mérése
Túlfeszültségek a villamosenergia-rendszerben. Túlfeszültségvédelem és a szigetelési szintek koordinációja
Berendezések főbb karbantartási és javítási technikái I.: Tipikus meghibásodások, transzformátorok, távvezetékek
Berendezések főbb karbantartási és javítási technikái II.: Kompozit szigetelők tipikus meghibásodásai és diagnosztikai módszerei
A feszültség alatti munkavégzés (FAM) műszaki és gazdasági előnyei és hátrányai
A szakszemélyzetet érő erőterek és az ellenük való védekezés
Robotok alkalmazhatósága a nagyfeszültségű technikában
Dinamikus távvezeték-terhelhetőség (DLR)

VII.2 Gazdasági és humán ismeretek

A mérnökinformatikus MSc képzésben a gazdasági és humán ismeretek tantárgyblokkja két részből tevődik össze: egy kötelező tantárgyból (ez a 4/0/0/v/4 kiméretű Mérnöki menedzsment c. tantárgy) és a hallgatók által kötelezően választható tantárgylista további 3 x 2/0/0/f/2 kiméretű tantárgyából. A kötelezően felveendő tantárgy kari tanszék (TMIT) gondozásában van, a választható tantárgyak a Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar (GTK) valamint a Villamosmérnöki és Informatikai Kar (VIK) által kerülnek felkínálásra.

Kötelezően felveendő gazdasági és humán ismeret tantárgy:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Mérnöki menedzsment	BMEVITMMB03

Mind a BSc, mind az MSc képzésben szerepelnek kötelezően választható tantárgyak a gazdasági és humán ismeretek témakörében. A két tantárgylista (egyetlen tantárgy kivételével) különböző tantárgyakat tartalmaz, a hallgatók csak a saját képzési formájuknak megfelelő listából választhatnak. A mindkét listán szereplő Pénzügyi technológiák (FinTech) alapjai (BMEVITMAK50) c. tantárgy csak az egyik képzési szinten teljesíthető. A választható gazdasági és humán ismeretek tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tanszék	Tantárgykód
Befektetések	Pénzügyek	BMEGT35M004
Érvelés, tárgyalás, meggyőzés	Filozófia- és Tudománytörténeti	BMEGT41MS01
Információs társadalom joga	Üzleti Jog	BMEGT55M005
Minőségmenedzsment	Menedzsment és Vállalatgazdaságtan	BMEGT20M002
Projektmenedzsment	Menedzsment és Vállalatgazdaságtan	BMEGT20M400
Vállalati jog	Üzleti Jog	BMEGT55M002
Vezetői számvitel	Pénzügyek	BMEGT35M005
Pénzügyi technológiák (FinTech) alapjai	Távközlési és Médiainformatikai	BMEVITMAK50

A felsorolt tantárgyak tematikái a Kar és a GTK honlapján megtalálhatók.

Mérnöki menedzsment

(BMEVITMMB03, 4/0/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a villamosmérnök, mérnök- és gazdaságinformatikus, valamint egészségügyi mérnök szakok hallgatói számára technológia- és innovációmenedzsment módszerek, üzleti stratégiák, döntési modellek ismertetése, a jellemző mérnöki vezetői szerepek, feladatok, helyzetek és eszközök bemutatása, valamint a sajátos technológiák és piac szabályozási elveinek és modelljeinek tárgyalása, életszerű példák felsorakoztatása, mindezekkel a sikeres pályakezdés elősegítése.

2. A tantárgy tematikája

Mérnöki menedzsment a tudásgazdaságban: A mérnöki menedzsment általában: helye, szerepe, területei. Az információs, kommunikációs és média technológia (ICT) sajátosságai, trendje, kihívásai és mérnöki menedzsmentje. A digitális ökoszisztéma kialakulása. A mérnöki tevékenység menedzsment elemei. A vezetői tevékenység jellegzetességei, összetevői, a sikeresség komponensei. Vezetési helyzetek és módszerek. Stratégiai menedzsment. A stratégiák felépítése és alkotóelemei. Üzleti stratégiatervezési módszerek. Versenystratégiák osztályai. Stratégiai példák: az Internet jövőképe, a digitális üzleti stratégia. A stratégia megvalósítása: sikertényezők, az előrehaladás követése. Stratégiai irányítás és kontroll

módszerei. Összetett mérnöki döntési problémák megoldása, ügyfél- és rendszerszemléletű megközelítések, a játékelmélet alkalmazása. Erőforrások tervezése, allokálása. Multiprojekt-menedzsment. Szervezet menedzsment. Szervezetek vezetése, szervezet típusok. Szervezetek életciklusa, döntési kultúrája, változtatások menedzselése. Vezetés a gyakorlatban. Vezetési stílusok és kultúrák. Mikor, hol melyik vezetési stílus a hatásos? Tudásmenedzsment. Tudásfolyamatok. Szakmai kompetencia. Tudásmegosztás. Tudásalapú rendszerek. Tudásmenedzsment rendszer bevezetése egy piaci vállalatnál. A szellemi tulajdon fajtái, védelmének alapelvei. Szabad hozzáférésű szoftverek. A szellemi tulajdon hasznosítása. Szellemi közjavak.
ICT specifikus mérnöki menedzsment: Technológia menedzsment. Technológiai tervezés, előrejelzés, transzfer, bevezetés, beépítés és váltás. Technológiai jövőkép-készítés, hajtóerő elemzés, szcenáriók összevetése. Technológia-hajtott üzleti stratégiák. Vállalati ICT funkciók. Az ICT alkalmazása: új üzleti stratégiák, globális munkafolyamatok, hatékonyabb szervezeti struktúrák kialakítása. Innováció menedzsment. A kutatás-fejlesztés és innováció célkitűzései. Innovációs modellek és metrikák. Az innovációs folyamat, a kutatás-fejlesztés és a minőség menedzselése, a kockázatok kezelése. Innovációs lánc. A K+F+I menedzsment többszintű szervezete, összekapcsolódó cselekvései. Az innováció finanszírozása. Technológiai inkubátorok, innovációs centrumok, start-up cégek, technológiai konzorciumok. Termékmenedzsment. A termékfejlesztés célkitűzései és folyamata. Az ICT termékek és szolgáltatások piaci helyzete. A piac szereplői. A piaci versenykörnyezet. Piacszegmentálás. A termékek életfázisai, a termék-életciklus menedzselése. A termékek árazása, a fogyasztók árérzékenysége. Marketing-kutatási, termékértékesítési és értékesítés-támogatási módszerek. Üzleti folyamatok menedzselése. Folyamatok elemzése, tervezése, szabályozása, javítása, átalakítása. Folyamatok fejlesztésének módszerei. Informatika a vállalati értékteremtésben. Ügyfélkapcsolatok menedzselése. Működéstámogató rendszerek. Az ellátási lánc menedzselése. Üzletmenet folytonosság menedzselése. Egy szolgáltató cég informatikai rendszerének általános felépítése.
A szabályozási környezet: Az ágazati szabályozás. A szabályozás célja, elvei általában, valamint a hálózatos ágazatokban. Versenyszabályozás, fogyasztóvédelem. A szabályozás intézményei és eljárásai, ex-ante és ex-post szabályozás. Önszabályozás, egyezmények, szabványok. Az ICT szektor technológiai és piacszabályozásának modelljei. A verseny és a digitális konvergencia kibontakoztatásának szabályozási feladatai. Az elektronikus hírközlő hálózatok és szolgáltatások, az informatika és a média közösségi és hazai keretszabályozása. Szolgáltatók együttműködésének szabályai. Korlátos erőforrások gazdálkodásának szabályozása, frekvencia- és azonosító-gazdálkodás. Adatvédelem, információbiztonság és tartalom szabályozása.

VII.3 Szakmai törzsanyag

A képzés hallgatóinak hét főspecializáció közül kell egyet elvégezniük. A főspecializációk mindegyike egy-egy szakmai területre fókuszálva ad át elméleti és gyakorlati ismereteket és alakít ki készségeket. A főspecializáció valamennyi tantárgyából meg kell szerezni a kreditet az MSc fokozat elnyeréséhez. Valamennyi főspecializációban a témakörre alkalmazva kerülnek tárgyalásra a képzésben kötelező olyan elméleti alapok, mint

- tervezői szintű elektronikai alkatrész- és mikroelektronikai ismeretek,
- analóg és digitális áramkörök analízise, tervezése és kivitelezése,
- rendszermodellezés, méréstervezés, adat- és jelfeldolgozás tervezése,
- irányítástechnikai eszközök és rendszerek ismerete, tervezése,
- híradástechnikai és infokommunikációs rendszerek ismerete, tervezése,
- a villamos energiaellátás és -átalakítás folyamatának ismerete, tervezése,
- főbb villamosipari anyagok és technológiák ismerete, fejlesztése,
- számítógép-hardver és -szoftver ismeretek, számítógépek és számítógép-hálózatok alkalmazástechnikája,
- elektronikai berendezések és számítógépes rendszerek tervezése, analizálása,
- technológiai gépek és folyamatok illesztési, biztonsági funkcióit ellátó rendszerek ismerete, tervezése,
- alkalmazásszintű ismeretek (tervezés, fejlesztés, integrálás, üzembe helyezés, gyártás, minőségbiztosítás, üzemeltetés, szolgáltatás, karbantartás) a kiválasztott szakterületen,
- a fogyasztóvédelem, a termékfelelősség, az egyenlő esélyű hozzáférés elve és alkalmazása, a munkahelyi egészség és biztonság, a műszaki és gazdasági jogi szabályozás, valamint a mérnöketika alapvető ismeretei.

Minden főspecializáció hat tantárgyat tartalmaz:

A tantárgy típusa	A tantárgy betűjele	Magyarázat
elmélet és gyakorlat	A1	kötelező elméleti tantárgy laborral
	A2	kötelező elméleti tantárgy laborral
	B	kötelező elméleti tantárgy labor nélkül
	C	választható elméleti tantárgy labor nélkül
labor	A1	az A1 elméleti tantárgy laborja
	A2	az A2 elméleti tantárgy laborja

A főspecializáció teljesítéséhez a hallgatónak mind a hat tantárgyat teljesítenie kell. Az A1, az A2 és a B jelű tantárgyak az adott specializáció kötelezően teljesítendő tantárgyai, a C tantárgyak egy, valamennyi főspecializáció számára közös listából választhatók (ezek között találhatók csak a tavaszi és csak az őszi félévben induló tantárgyak is). A C tantárgyak listája a főspecializációkat követő fejezetben található.

A hallgatóknak a főspecializáció mellett a felkínált tizenegy mellékspecializáció egyikét is el kell végezni. A mellékspecializációk célja egy szűkebb szakterületen hasonló, mint a főspecializációké. A mellékspecializációk leírása a Szakmai törzsanyag kötelezően választható ismeretei c. fejezetben található.

A fő- és mellékspecializációk tetszőlegesen párosíthatók.

VII.3.1 Elektronikai rendszerintegráció főspecializáció (EET-ETT)

1. A specializáció megnevezése: **Elektronikai rendszerintegráció**
(Electronics Systemintegration)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Elektronikus Eszközök Tanszéke (EET) és Elektronikai Technológia Tanszék (ETT)
4. Oktató tanszékek: EET, ETT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Krammer Olivér egyetemi docens (ETT)

6. A specializáció célkitűzése:
A specializáció alapvető célkitűzése, hogy a magyar ipar egyik meghatározó húzóágazatát képező, a globális elektronikai iparba szorosan beágyazott hazai elektronikai és mikroelektronikai tervező és gyártó cégek leendő szakemberei számára olyan komoly, elméleti megalapozottságú, a gyakorlati vonatkozások tekintetében a legmodernebb módszereket, eljárásokat és eszközöket felölelő versenyképes tudást adjon, amellyel akár egy multinacionális nagyvállalati, akár kis és közepes vállalkozási vagy vezető ipari környezetben megállják a helyüket. A főspecializáció tantárgyai ismertetik azokat az elektronikai rendszerintegrációs eljárásokat, mikro- és nanotechnológiai tervezési módszereket, amelyek lehetővé teszik a nagy alkatrész sűrűségű elektronikus rendszerek fejlesztését, gyártásba vitelét és folyamatos gyártását. A specializáció által lefedett témák magukba foglalják az integrált áramkörök és mikro-elektromechanikai rendszerek (MEMS) tervezésének és modellezésének, korszerű 2.5D és 3D elektronika tokozások és heterogén integrált áramköri rendszerek konstrukciójának, elektronikai ipari folyamatok menedzsmentjének, a komplex elektronikai rendszerek és gyártástechnológiák szimulációjának, valamint az elektronikai rendszerek hibaanalitikai módszereinek ismereteit.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Chiptervezés	A1 tantárgy	BMEVIEEMA09
Chiptervezés laboratórium	A1 labor	BMEVIEEMA10
Elektronikai rendszerek vizsgálati módszerei	A2 tantárgy	BMEVIETMA11
Elektronikai rendszerek vizsgálata laboratórium	A2 labor	BMEVIETMB02
Heterogén integráció a mikroelektronikában	B tantárgy	BMEVIEEMB02
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Chiptervezés

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVIEEMA09, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatókat az olyan integrált áramkörök (chipek) tervezésének módszereivel, amelyek mikro- elektromechanikus rendszereket (MEMS), és az azok kiolvasásához vagy mozgatásához szükséges áramköröket tartalmazzák. Bemutatjuk a főbb különbségeket a chiptervezés és a diszkrét komponensekkel való áramkörtervezés között.
A tantárgy első felében az analóg integrált áramkörtervezés alapjait sajátíthatják el a hallgatók, amely tudást egy modern, az iparban széleskörűen elterjedt mikroelektronikai tervezőrendszer használata segítségével mélyíthetnek el. A tervezés alapjául szolgáló integrált áramköri technológia (PDK-t) szintén ismertetésre kerül, különös figyelmet fordítva az elérhető speciális komponensekre. A tervezés során használható analóg integrált áramköri blokkok megismerése után az integrált áramkörtervezés speciális ellenőrzési és szimulációs módszerek bemutatása és alkalmazása következik, fontos szerepet adva a robusztus működésre és a gyárthatóságra való tervezésre.

A tantárgy második fele a MEMS eszközök gyártástechnológiáinak ismertetésével indul, majd az így elkészíthető eszközök bemutatása, és azok tervezési módszerei következnek. Különös figyelmet fordítunk az elektro-mechanikus és elektro-termikus hatások megismerésére, valamint az ilyen fizikai elveken alapuló MEMS eszközök bemutatására. A félév végén a MEMS eszközök számítógépes tervezését sajátíthatják el a hallgatók, amely magába foglalja a tervezési stratégiák, a csatolt fizikai modellezés, a digitális iker létrehozásának, és a redukált rendű modellezés főbb kérdéseit és kihívásait.
A hallgatók az elméleti ismereteket a gyakorlati foglalkozások alkalmával mélyíthetik el.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető előadás: az integrált áramkörök és a diszkrét komponenseken alapuló áramkörök különbségei, előnyök-hátrányok, lehetőségek és korlátok.

A méretcsökkentés (scale down) fizikai és technológiai vívmányai. Modern MOS-FET tranzisztorok és új technológiai megoldások (gate engineering, high K, low K, strained silicon, multi Vt technique, tri-gate és GateAllAround tranzisztorok stb.) megismerése. A fejlődés további motivációs tényezői, kitekintés a jövőbe a tervező szemszögéből. Modern fotolitográfia újszerű technológiai megoldásai nanométeres mérettartományban történő alakzat kialakításához.

Integrált áramkör (IC) tervező rendszer bemutatása. Egy választott technológia szerinti tervezési folyamat (design flow) részletes ismertetése. A Process Design Kit (PDK) fogalma. Egy választott process részletes megismerése (rendelkezésre álló eszközök, modellek, opcionális bővítési lehetőségek (HVMOS-FET, PolyR, MIM stb.), maszkrétegek stb.).

Tipikus analóg integrált áramkörök és működésük ismertetése I.: egytranzisztoros alapkapcsolások, áramtükör és differenciál-pár.

Tipikus analóg integrált áramkörök és működésük ismertetése II.: többfokozatú erősítők és OTA / OpAmp,

Tipikus analóg integrált áramkörök és működésük ismertetése III.: fokozatok közötti csatolások, visszacsatolt erősítő kapcsolások, munkaponti és stabilitási kérdések.

Integrált áramkörök fizikai ellenőrzésének fontossága, gyárthatóságra való tervezés. DRC, LVS, Extract, DFM, QRC, PVS, ERC fogalmai. Tipikus technológia hibák és kiküszöbölésük érdekében tett tervezői megfontolások. Legfontosabb DRC szabályok ismertetése.

Integrált áramkörök maszk rajzolatának (layout) tervezésének ismertetése, különös figyelemmel az analóg layout kialakítási szabályokra. Analóg és vegyesjelű (mixed-signal) áramkörök layout tervezésének módszertana és gyakorlata. Paraméter szórás becslése és figyelembevétele integrált áramköri technológiák esetén. Process szórás és mismatch fogalmai. Monte-Carlo analízis lehetőségei. Analóg áramkörök (diff.pár, áramtükör) tervezése során a mismatch minimalizálása érdekében tett tervezési megfontolások. PVT sarokpontok és modern ellenőrző eszközök.

MEMS eszközök gyártástechnológiái.

Szilárdságtan alapjai, MEMS gyorsulásérzékelők koncepciója, fizikai háttere.

Elektrosztatikus mozgatás és érzékelés; Fésűs meghajtó, mikrotükör felépítése és működésük fizikai leírása. Elektro-mechanikus átalakítás: piezorezisztivitás és piezoelektromosság; Giroszkópok és elektromechanikus kapcsolók működése;

Elektro-termikus kereszteffektusok, hőmérsékletérzékelés, infravörös szenzorok, elektro-termikus aktuátorok.

Csatolt fizikai modellezés kérdései, multidomén helyettesítő képek analízise, digitális iker létrehozása, áramköri helyettesítő képek megalkotása, redukált rendű modellezés.

MEMS tervezési stratégiák ismertetése, MEMS-ek számítógépes tervezése, modellezése és szimulációja.

Chiptervezés laboratórium

Főspecializáció A1 labor

(BMEVIEEMA10, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése

A laboratórium tantárgy célja, hogy lehetőséget teremtsen a Chiptervezés tantárgy során elsajátított elméleti ismeretek gyakorlati alkalmazására és az ott szerzett tudás elmélyítésére, valamint készség szintre történő emelésére. A laboratóriumi munka során a hallgatók korszerű mikrorendszerek (MEMS)

tervezésének modern, számítógépes tervezőrendszerekkel és korszerű szimulációs környezetekkel támogatott módszereivel ismerkednek meg. Egy, a szemeszter során esettanulmány jellegű (egyedileg vagy csapatban) megoldandó tervezési projektfeladat segítségével a laboratóriumi munka során a hallgatók készség szinten elsajátítják a tervezőrendszerek használatát. A feladat elvégzése során azokkal az ipari projektekben is felmerülő problémákkal szembesülnek, amelyek megoldásához magas szintű problémamegoldó képesség szükséges, amelyet ezen laborgyakorlatokon szerezhetnek meg. A megtervezett eszközök a specifikációban foglaltaknak megfelelő működését különböző szimulációs eljárásokkal igazolják, amely módszerek más, a mikroelektronikában felmerülő kérdésre is választ adhat.

2. A tantárgy tematikája

A MEMS tervezés projektfeladat során a hallgatók megismerkednek az iparban elterjedten alkalmazott, korszerű MEMS tervező és modellező rendszerekkel. A MEMS eszköz végeselemes mechanikai szimulációit FEM eszköz segítségével hajtják végre a hallgatók.

- Ismerkedés MEMS tervezőrendszerekkel;
- Egy széleskörűen használt tervezőrendszer használatának elsajátítása.
- Ismerkedés a MEMS tervezésben használatos szimulációs módszerekkel.
- Önálló tervezési projektfeladat végrehajtása a bemutatott tervező programok (pl. ANSYS) egyikével
    - A megvalósítandó MEMS eszköz kiválasztása az előzetes specifikációnak megfelelően
    - A MEMS eszköz az előállításához alkalmazott gyártástechnológia részletes megismerése, kidolgozása
    - A MEMS eszköz 3D geometriai modelljének elkészítése
    - Szimulációs környezet beállítása csatolt szimulációk futtatása
    - FEM szimulációk futtatása különböző kialakítások (változó geometriai- és anyagparaméterek) és gerjesztések mellet
    - Szimulációs eredmények exportálása, előzetes számításokkal és becslésekkel való összevetése
    - Féléves munka prezentálása

Elektronikai rendszerek vizsgálati módszerei

Főspecializáció A2 tantárgy

(BMEVIETMA11, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatókat azokkal a vizsgálati módszerekkel és technikákkal, amelyek az elektronikai rendszerek meghibásodása során keletkező hibák gyökérokainak feltárását segítik, valamint, hogy használható tudás adjon a hallgatóknak az elektronikai rendszerek működésének, megfelelőségének vizsgálatára irányuló modellezési és szimulációs lehetőségeiről.

Az elektronikai rendszerek rutin vizsgálati eszköztárának, mikroszkópos módszerek (optikai, röntgen, pásztázó elektronmikroszkóp, akusztikus mikroszkóp), elemi és anyagösszetétel meghatározási módszereinek bemutatása. Készülék, nyomtatott áramköri és integrált áramköri szintű vizsgálati módszerek. Gyakorlati példák bemutatása hiba gyökérok meghatározásra és folyamatvalidációs tesztekre. Az elektronikai rendszerekben leggyakrabban előforduló fizikai, kémiai, és elektrokémiai jelenségek bemutatása, modellezése. Valós folyamatok, rendszerek elemzése: több jelenség egyidejű megjelenése, a törvények „egymásba kapcsolódása”. A hallgatók modellezési készségének fejlesztése modellezési problémák bemutatása segítségével.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés. A tantárgy követelményeinek ismertetése. A vizsgálati és hibaanalitikai tevékenység motivációi, helye és szerepe az elektronikai gyártás és minőségbiztosítás területén. Alkalmazott módszerek csoportosítási lehetőségei. A modellezés alapjainak bemutatása, története: a modellezés fogalma, célja, kapcsolata a természetes emberi gondolkodással. Modellek csoportosítása több szempont szerint, a gyártási folyamatok modellezésének elhelyezése.

Optikai vizsgálatok. Optikai mikroszkópia, mikroszkóp típusok, felépítésük, megvilágítási módok. Az optikai rendszerek hibái, a felbontást és mélységélességet korlátozó tényezők.

Röntgenes szerkezetvizsgálatok. Röntgensugárzás keletkezése, jellemzői. Röntgenmikroszkópok megvalósítási formái, felépítésük. Detektor típusok, képalkotási, képfeldolgozási lehetőségek. előadás)

Pásztázó elektronmikroszkópia. Elektronmikroszkóp felépítése, az elektronoptikai rendszer hibái. Gerjesztett térfogat, szekunder és visszaszórt elektronok, karakterisztikus röntgensugárzás keletkezése. Válaszjelek detektálása. Elektronsugaras mikroanalízis.

Anyagösszetétel meghatározási módszerek. Gerjesztő és válaszjel (elektronok, ionok, röntgen fotonok) kapcsolata, módszerek csoportosítása. XRF-röntgenfluoreszcens spektroszkópia. Infravörös spektroszkópia. A módszerek összehasonlítása alkalmazási terület, detektálási határok, detektálható elemek, felbontás szempontjából.

Modellezési alapok az elektronikai termékek validációjához. A modellezés szerepe és helye a termékek fejlesztésében és vizsgálatában. A numerikus és analitikus deriválás kapcsolata. A numerikus deriválás hibái, a hiba közelítésnek lehetőségei és a hiba csökkentése. Numerikus deriválási formulák (előre és hátra lépő, centrális). Numerikus integrálási módszerek és közelítési hibáik. Differenciálegyenletek szerepe, fajtái, bemutatása (szemléletesen, a technológia folyamatainak gyakorlati példáin keresztül). Modellek csoportosítása a leíró differenciálegyenletek szerint.

Áramkörök modellezése. Áramköri szimuláció szerepe. Szimulációs programok felépítése. Áramköri szimulációk fontosabb típusai. Alkatrész modellek. Az összekapcsolási kényszerek, hálózati egyenletek kezelése, admittancia és incidenciamátrix jelentősége. Ágegyenletek (karakterisztikák) kezelése. Lineáris és nem lineáris egyenáramú hálózatok leírása, valamint kisjelű váltakozóáramú vizsgálat.

Hőterjedés és diffúzió. A hőterjedés (hővezetés, konvenció és radiáció), a hőátadás és a diffúzió jelenségének a bemutatása és matematikai leírásuk tárgyalása. Termikus modellezés szerepe az elektronikai technológiában. A termikus-villamos analógia ismertetése.

Áramlástan. Hűtési megoldások az elektronikus eszközökben (hűtőbordák, folyadék és fázisátalakulásos hűtés). Áramlástani esetek megközelítése és csoportosítása. Skalár és vektor mennyiségek szerepe az áramlástan matematikai leírásában. Folytonossági tétel értelmezése az áramlástanban. Lamináris áramlások leírása a Bernoulli, Euler és Navier-Stokes egyenletekkel. Turbulens áramlások értelmezése és a szerepe a mérnöki gyakorlatban. CFD (Cumputional Fluid Dynamics) módszerek bemutatása, különösen a RANS módszeré. Turbulens áramlások numerikus szimulációja a k-e módszerrel.

Mechanika és termomechanika. A szilárdságtan fogalma és elhelyezése a mechanikában. Mechanikai feszültség felírása általános esetben. A feszültség hatása a szilárd testekre, feszültség elméletek (Coulomb, Mohr és Mises Modell. Mechanikai feszültség kialakulása hő hatására (hőtágulás). Szakító vizsgálatok: a tartós folyás és általános kúszás ismertetése. Termomechanikai szimulációk az elektronikai technológiában.

Elektronikai rendszerek vizsgálata laboratórium

Főspecializáció A2 labor

(BMEVIETMB02, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy gyakorlati ismereteket nyújtson elektronikai alkatrészek és termékek minőségbiztosításának stratégiájáról, minőségi és hibaanalitikai vizsgálatainak megtervezéséről, laboratóriumi és numerikus szimulációs kísérletek végrehajtásáról, kiértékeléséről és dokumentálásáról.

2. A tantárgy tematikája

A laborfoglalkozás során a hallgatók megismerkedhetnek az alábbi vizsgálatok lehetőségeivel, korlátaival, továbbá az egymást kiegészítő jellegükkel:

- Röntgen-fluoreszcens spektrométeres (XRF) vizsgálatok.

Elektronikai alkatrészek, nyomtatott huzalozású lemezek és a forraszanyag ötvözetek anyagösszetétel vizsgálata. Az anyagok összehasonlítása a specifikációban és a szabványban rögzített értékekkel.

- Szerelőlemez mechanikai deformációjának vizsgálata.
  Végeselem szimulációk segítségével különböző kényszerek mellett áramköri szerelőlemezek deformációjának vizsgálata
- Nyúlásmérő bélyeges vizsgálatok
  Szerelt és szereletlen áramköri hordozók előkészítése nyúlásmérő bélyeges vizsgálatokra. A panelt érő mechanikai hatások függvényében a panel felületén mérhető megnyúlás és annak hatásainak vizsgálata.
- Infravörös spektroszkópiás (FT-IR) vizsgálatok
  Szerves eredetű szennyezők vizsgálatára FT-IR berendezéssel. Az infra elnyelési spektrumok utófeldolgozása és a spektrumokból levonható következtetések vizsgálata.
- Röntgenes struktúravizsgálat.
  Elektronikai alkatrészek röntgenmikroszkópos vizsgálata. A röntgenmikroszkóppal készíthető képek értelmezése és dokumentálása a rejtett forrasztott kötések elemzéséhez.
- Computer tomográfiás (CT) vizsgálatok
  A CT vizsgálatok alapjainak áttekintése és a rekonstruált 3D modellből nyerhető információk vizsgálata.
- Pásztázó akusztikus mikroszkópos (SAM) vizsgálatok
  SAM vizsgálatok megtervezése, elvégzése és értelmezése az integrált áramköri tokon belüli delaminációk és repedések feltérképezésére.
- Optikai mikroszkópos és penetrációs vizsgálatok
  Keresztcsiszolatok készítése és kiértékelésük elvégzése. Különleges kontrasztnövelő és festékpenetrációs minta előkészítési módszerek alkalmazása a gyakorlatban.
- Pásztázó elektronmikroszkópiai (SEM)
  SEM vizsgálatok alapjainak áttekintése. Elektronsugaras mikroanalízis (EDS) vizsgálatok gyakorlati alkalmazása elektronikai eszközök hibakeresésében. Elektron-anyag kölcsönhatás vizsgálata Monte Carlo szimulációk segítségével. Az elektronmikroszkópos vizsgálatok korlátainak visszavezetése az elektron anyag kölcsönhatásra.
- Vizsgamérés
  Önálló problémamegoldás elektronikai gyártásból származó valós mintákon. A félév során megismert analitikai módszerek alapján egy példára vonatkozó vizsgálati terv összeállítása és az eredményekből levonható következtetések kiértékelés.

Heterogén integráció a mikroelektronikában

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVIEEMB02, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy keretében a hallgatók megismerkednek a korszerű elektronikai tokozásokkal, azok felépítésével, kialakításuk és alkalmazhatóságuk előnyeivel, korlátaival és a felépítésükhöz szükséges félvezető- és szereléstechnológiai háttérrel. Különösen nagy hangsúlyt fektetünk a More-than-Moore 3D integráció és a különböző integrációs szintek (System-on-Chip, System-in-Package, System-on-Package) megismerésére és összehasonlítására, a 2.5D és 3D integrált eszközök kialakítási technológiájának, termikus és konstrukciós kérdéseinek vizsgálatára.

Megismerkednek a mikroelektronikában széles körűen alkalmazott heterogén integrációval, az áramköri tokozások tervezésének módszertanával és gyakorlati, készségszintű ismereteket szereznek az áramköri tokozások kialakításának technológiájában. Ennek keretében megismerik a különböző köztes hordozó megvalósításokkal, és elsajátítják a különböző szeletkötési, chip beültetési módszereket.

A korszerű tokozások kialakításánál a termikus szempontú tervezés (thermal aware) módszertanának, lépéseinek megismerése elengedhetetlenül fontossá vált. A tantárgy keretében az újszerű hűtési és termikus menedzsment eljárásokkal is megismerkednek a hallgatók.

2. A tantárgy tematikája

System-on-chip és System-on-Package (U)VLSI rendszerek felépítése, tervezésük módszertana, az alkalmazott tervezési lépéssor (design-flow) részletes bemutatása, fejlődési trendek, korlátok, jövőbeli lehetőségek.

Áramköri tokozás fogalma. Klasszikus elterjedten alkalmazott homogén, 2D tokozások. Korszerű homogén és heterogén; 2.5D és 3D tokozási technológiák. Stacked die struktúrák, System-on-Chip, Sytem-in-Package, System-on-Package, Wafer-level-Packaging, Fan-Out WLP packaging fogalma. 3D integráció tervezési szempontjai és elterjedt technológiái.

Vegyesjelű rendszerchip (SoC) eszközök alkalmazásának és kialakításának előnyei. Új részegységek a SoC rendszerekben. Neurális hálózatok (NPU), gépi tanulás hardver kialakítási lehetőségei, Edge Computing előnyei.

Heterogén integráció a mikroelektronikában. Eltemetett szilícium réteget tartalmazó köztes hordozós kialakítások és passzív/aktív szilícium köztes hordozót alkalmazó tokozások. EMIB, Foveos, C2C bonding, chiplet fogalma és alkalmazásának előnyei, hátrányai, chipek közötti kommunikáció kialakítása, chipek közötti kommunikációs szabványok megismerése, optikai kommunikáció kialakításának lehetőségei.

IC tervezés és a tokozás kapcsolata a tervező szemszögéből. Hard-IP, soft-IP és chiplet alapú tervezés fogalmainak megismerése, összehasonlításuk a tervezés és megvalósítás szemszögéből. Korszerű tokozások tervezésének lépései (packaging design-flow), összeköttetések kialakítása, path finding és dynamic timing delay tuning fogalma, IBIS modell generálása, cross-domain integration, gyártásba küldendő fájlok.

Tokozások parazita hatásainak vizsgálata RF, termikus és egyéb fizikai szempontok alapján: IBIS modell, Delphi modell, 2R modell.

Az elektronikai tokozások kialakításának termikus kérdései. Alkalmazott termikus interfész anyagok (TIM) jellemzői, a RTH_JC hőellenállás csökkentésének lehetőségei, domináns hőutak meghatározása, jellemző hőátadási mechanizmusok.

Aktív és passzív hűtési megoldások, mikrocsatornás hűtőeszközök és ezek karakterizációs és modellezési lehetőségei.

Gyártástechnológiai alapok: marási technológiák, szilícium szeletek vékonyítása, darabolása, TSV kialakítása, szilícium szeletek kétoldalas megmunkálása, szeletkötési eljárások, RDL réteg kialakítása.

Die bonding technológiák bemutatása, huzalkötési eljárások, felhasználási lehetőségeik heterogén integrált rendszerek kialakításánál.

Flip-chip kötések – technológiák, illesztési módszerek, microbumpok/micropillarok kialakítása, C4 kötési eljárások.

Mikroméretű csatornák kialakítási technológiája (in die, in conduction layer, in interposer), csatornák és aktív elemek együttes kialakítása Si interposerben.

Esettanulmány bemutatása, aktuálisan alkalmazott integrált tokozás példáján

Kitekintés, ipari trendek, várható fejlődési irányok.

VII.3.2 Intelligens beágyazott rendszerek főspecializáció (MIT)

1. A specializáció megnevezése: **Intelligens beágyazott rendszerek**
(Intelligent Embedded Systems)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék (MIT)
4. Oktató tanszékek: MIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Dabóczi Tamás egyetemi tanár (MIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A főspecializáció azon fejlesztőmérnökök képzését tűzi ki célul, akik beágyazott rendszerekre épülő intelligens alkalmazásokat fejlesztenek, mesterséges intelligencia módszereket alkalmaznak. Ilyenek az autóipar területéről az Advanced driver assistance systems (ADAS) alkalmazások, az autonóm vezetés különböző szintjeinek támogatása, a vibroakusztikai jelek intelligens feldolgozása, az egészségügy területéről az orvosi jelfeldolgozás, a viselhető elektronika segítségével sport/életvitel támogatás, a gyártás (smart manufacturing) területéről a prediktív karbantartás, a fejlesztés területéről a HIL, SIL, MIL tesztelés. Az ezen területen aktív mérnököknek mind a beágyazott rendszerekhez, mind az azokon futó intelligens jelfeldolgozási módszerekhez, mesterséges intelligencia algoritmusokhoz érteniük kell.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Érzékelők és jelfeldolgozás	A1 tantárgy	BMEVIMIMA20
Intelligens beágyazott rendszerek laboratórium	A1 labor	BMEVIMIMA21
Beágyazott mesterséges intelligencia	A2 tantárgy	BMEVIMIMA22
Beágyazott mesterséges intelligencia laboratórium	A2 labor	BMEVIMIMB05
Adatfeldolgozó alkalmazások	B tantárgy	BMEVIMIMB06
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Érzékelők és jelfeldolgozás

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVIMIMA20, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy a fizikai jelek érzékelési lehetőségeinek és ezen információ beágyazott rendszerek számára történő előfeldolgozási módszereinek bemutatását tűzi ki célul. Megismertet a leggyakrabban alkalmazott szenzorokkal, a környezet megfigyelésének zavaró és torzító hatásaival. Bemutatja a jelfeldolgozás alkalmazástól független közös lépéseit, az információ előfeldolgozását.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés a beágyazott rendszerekbe: környezet érzékelése, adatok feldolgozása. Tipikus jelút vizsgálata: szenzorok, érzékelés és jelkondicionálás, mintavételezés, adatfeldolgozás. Tipikus beágyazott feldolgozó architektúrák: mikrokontroller, DSP, FPGA, GPU.
Hőmérsékletszenzorok: pl. termoelem, NTC/PTC, infra, félvezető. Fényerősség mérése, pl. fotodióda, fototranzisztor, fotoellenállás, fotovoltaikus. Szenzorok speciális tulajdonságainak és felhasználási köreinek ismertetése.
Vibroakusztikai szenzorok: MEMS és hagyományos analóg szenzorok (piezo, electret, geophone). Töltés és feszültségkimenetű eszközök, jelkondicionálási kérdések, tipikus specifikációk.
Pozíció, elmozdulás, elfordulás mérése: inkrementális jeladók, LVDT, optikai szenzorok, time-of-flight szenzorok, Hall-elemes és magneto rezisztív szenzorok, induktív szenzorok. Erő és nyomaték mérése: nyúlásmérő bélyegek, piezo, force-sensitive resistor.

Áram mérése: söntellenállás (alsó és felső oldali), áramtranszformátor/Rogowski tekercs, mágneses téren alapuló (Hall szenzor, fluxgate, magneto-rezisztív) érzékelők. EKG és fotopletizmográfiás jelek mérése.

Digitális szűrők csoportosítása. IIR és FIR szűrők tulajdonságainak áttekintése. Amplitúdó és fáziskarakterisztika jellegzetességei. Szűrőtípusok ismertetése: FIR: LS és egyenletes ingadozású; IIR: Butterworth, Chebyshev, elliptikus, Bessel-Thomson.

Szűrőtervezési eljárások ismertetése FIR és IIR szűrőkre (LS, Parks-McClellan, ablakozásos, bilineáris transzformáció, impulzusinvariáns transzformáció). Digitális szűrők realizációs formái, biquad implementáció. Kitekintés: lattice szűrőstruktúrák.

Fixpontos tört számábrázolás specialitásai, műveletek végzése fix pontos tört számábrázolással, tervezési nehézségek. Nemlineáris szűrők és outlier detekció: medián szűrő és változatai, Hampel szűrő.

Eltérő mintavételi frekvenciákból adódó problémák áttekintése. Decimálás és interpolálás megvalósítása idő- és frekvenciatartományban. Decimáló és interpoláló szűrő tervezése, polifázisú szűrő. Polinomiális interpolálás.

DFT értelmezése periodikus és sztochasztikus jelekre. Ekvivalens zajsávszélesség, jel/zaj viszony számítása. Koherens/nem koherens mintavételezés, torzító hatások. Diszkrét Fourier transzformáció (DFT) alternatív értelmezési formái: mátrixtranszformációs alak, szűrőbank, LS becslés (általánosítás tetszőleges frekvenciájú szinuszos komponensekre).

DFT alkalmazása: konvolúció gyorsítás, valós DFT számítása komplex DFT segítségével, cepstrum számítás. Wavelet transzformáció, waveletek ismertetése, implementáció. Diszkrét koszinusz transzformáció.

Numerikus optimalizációs feladatok ismertetése: gyökhelykeresés, szélsőérték-keresés. Matematikai probléma megfogalmazása, költségfüggvény típusai, értelmezése. Egy és többparaméteres problémák, feltételes szélsőértékkeresés. Első és másodrendű deriváltakat felhasználó módszerek.

Különböző heurisztikákon alapuló optimalizáló módszerek. Lokális szélsőértékek problémája. Konvergencia problémák, rosszul kondicionált esetek. Numerikus optimalizáció illusztrálása az LMS (Least-Mean Square) algoritmuson, mint valós idejű beágyazott rendszerekben használható adatív szűrőn keresztül.

Intelligens beágyazott rendszerek laboratórium

Főspecializáció A1 labor

(BMEVIMIMA21, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A laboratóriumi mérések célja a beágyazott rendszerekben előforduló információ-feldolgozási algoritmusok és a hozzájuk tartozó, illetve azokat kiegészítő szoftver eszközök ismeretének elmélyítése. A mérések során a hallgatók felhasználják az elemi jelfeldolgozási ismereteket, de a mérések célja összetett rendszerek létrehozása és vizsgálata. A mérési feladatok többségét valamilyen valóságos fizikai rendszer vagy annak modellje mint mintarendszer támogatja.

2. A tantárgy tematikája

A laboratóriumban rendelkezésre álló jelfeldolgozó processzoros fejlesztői környezet képességeinek, erőforrásainak megismerése. A jelfeldolgozó programok általános struktúrájának megismerése, a fejlesztés, hibakeresés lépéseinek gyakorlása egy egyszerű feladat megvalósítása során.

Digitális szűrők tervezése és implementálása: a hallgatók különböző struktúrájú és specifikációjú digitális szűrőket terveznek, implementálnak, bemérnek és alkalmazzák valós jeleken.

A hallgatók egy szabadon választott komplex jelfeldolgozási feladatot oldanak meg önállóan jelfeldolgozó processzor felhasználásával.

LMS-algoritmus megvalósítása. Az LMS-algoritmus változatai, az XLMS-algoritmus vizsgálata. Adaptív visszhangcsökkentés (echo cancellation) megvalósítása elektronikus és akusztikus csatornában..

Rezgésanalízis. A mérési feladatok megoldása során megismerhetők a gyorsulásérzékelők, mikrofonok és a hozzájuk szükséges elektronikus eszközök, továbbá a feszültséggé alakított jelek feldolgozásának eszközei. Példát láthatunk a beágyazott rendszerek prediktív karbantartás területén történő alkalmazására.

Beágyazott adatgyűjtő rendszer megvalósítása: egy beágyazott eszközökből felépített adatgyűjtő rendszer implementálására, amely képes analóg jelek mérésére, azok továbbítására és tárolására valamilyen adatbázisban további feldolgozás céljára.

Beágyazott mesterséges intelligencia

Főspecializáció A2 tantárgy

(BMEVIMIMA22, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a beágyazott rendszerekhez kapcsolódó információfeldolgozás mesterséges intelligencia algoritmusait mutatja be. Specialitása, hogy információ alatt alapvetően fizikai folyamatokból nyert adatot értünk, és az algoritmusok implementálása során külön foglalkozunk a beágyazott platformokon történő realizálás lehetőségével.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, a tantárgy követelményeinek ismertetése. A mesterséges intelligencia területeinek, beágyazott rendszerekben történő alkalmazásának, továbbá a tantárgy fókuszpontjainak áttekintése.

Információfeldolgozás beágyazott mesterséges intelligencia rendszerekben.

Az adatelemzés munkafolyamatának ismertetése. Outlier detekció és adattisztítás, hiányos adatok kezelése, tudásmodellezés lehetőségeinek vizsgálata.

Regresszió és osztályozás problematikájának és megoldásának elemzése hardveres környezetben, az ehhez kapcsolódó lineáris, illetve logisztikus modellek bemutatása.

Klaszterezés feladatának vizsgálata, dimenziócsökkentés lehetőségeinek tanulmányozása.

A mesterséges intelligencia szenzorfúziós módszereinek ismertetése beágyazott alkalmazásokhoz.

Neurális hálózatok bemutatása. Zaj hatásának ismertetése a tanulási folyamatra. A túltanulás, korai leállás, illetve a visszametszés problematikájának vizsgálata különböző platformokon. A mintahalmaz felbontása tanító-, teszt- és validáló halmazokra

Konvolúciós neurális hálózatok működésének ismertetése. Beágyazott környezetben futtatható mintafelismerő rendszer bemutatása.

Visszacsatolt neurális hálózatok tanulmányozása. Predikció lehetőségeinek ismertetése.

A neuronok kimenetének értelmezése. A reprezentációtanulás jelentőségének bemutatása, autoencoder ismertetése.

Beágyazott platformok mesterséges intelligencia alkalmazásokhoz

Általános célú eszközök (mikrokontroller, FPGA, általános célú processzor) alkalmazási korlátainak áttekintése.

Céldharverek bemutatása a mesterséges intelligencia beágyazott platformokon történő megvalósításához.

Okos eszközök, okos órák beágyazott mesterséges intelligenciához kapcsolódó képességeinek ismertetése.

Beágyazott mesterséges intelligencia laboratórium

Főspecializáció A2 labor

(BMEVIMIMB05, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A laboratórium a Beágyazott mesterséges intelligencia tantárgyban megszerzett ismeretek gyakorlati alkalmazását tűzi ki célul. A laboratórium elsődleges fókusza, hogy a hallgatók valódi fizikai méréseken, illetve adathalmazokon önállóan legyenek képesek mesterséges intelligencia módszereket alkalmazni, illetve gyakorlati tapasztalatot szerezzenek ezek előnyeiről, illetve korlátairól. Az algoritmusok implementálását beágyazott platformokon valósítjuk meg.

2. A tantárgy tematikája

Neurális hálózatok hibavisszaterjesztési algoritmusának gradiensalapú vizsgálata beágyazott környezetben, a tanulási tényező paraméterezése a momentum, a batchméretek és a pillanatnyi meredekség alapján.

Különböző aktivációs függvények hatása a tanulás sebességére, illetve a modell teljesítményére. Neurális hálózat modellek robusztusságának vizsgálata dropout, illetve ablation módszerekkel.

Bias-variancia dilemma vizsgálata gépi tanulási módszerekben. A tanító adathalmaz zajkomponensének azonosítása, és ennek hatása a legjobb elérhető modellteljesítményekre.

Neurális hálózat architektúrák GPU-alapú gyorsítása, ezek aspektusai mind tanítási, mind lekérdezési használat során. Mátrixműveletek elvégzése SIMD architektúrákon, a párhuzamosíthatóság korlátai.

Alkalmazott együttes idő- és frekvenciabeli transzformációk tervezése hardveres környezetben. Periodikus jelek feldolgozása, főbb paraméterek kinyerése.

Osztályozó rendszer megvalósítása többszintű feldolgozással, osztályozás neurális hálós és fuzzy megközelítéssel.

Adatelemzés munkafolyamata (outlier detekció, adattisztítás, hiányos adatok kezelése, tudásmodellezés). Modern beágyazott szenzorplatformok (okos, hordható eszközök) fizikai mérési tartományainak vizsgálata.

Kálmán-szűrők alkalmazása offline szenzorfúzió megvalósítására. A giroszkóp, magnetométer és gyorsulásmérő integrálásából elérhető hely- és helyzetmeghatározás alkalmazhatóságának elemzése.

Valós idejű szenzorfúzió megvalósításának lehetőségei és korlátai alkalmazott beágyazott rendszereken. Modellkomplexitás és fogyasztás kapcsolata, egyes hardverarchitektúrákon elérhető számítási teljesítmény vizsgálata.

Konvolúciós neurális hálózatok tanítása, modell robusztusságának növelése augmentált (eltolt/zajos/forgatott/tükrözött) mintahalmazzal.

Adatfeldolgozó alkalmazások

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVIMIMB06, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a beágyazott rendszerekhez kapcsolódó információfeldolgozás modellalapú algoritmusait mutatja be.

2. A tantárgy tematikája

Intelligens adatfeldolgozás néhány mintaalkalmazása:

Digital twin (digitális ikerpár) koncepciója, alkalmazásának lehetőségei.

Predictive maintenance (prediktív karbantartás) koncepciója, alkalmazásának lehetőségei.

Szenzor nélküli méréstechnika koncepciója, az analitikai redundancia, ezek alkalmazása hibatűrő rendszerekben ill. költségtakarékos rendszerekben.

HIL/SIL/MIL szimuláció koncepciója, az ehhez szükséges szimulált rendszer modellezési feladatai.

Modellezés/identifikáció:

Lineáris dinamikus rendszerek modellezése, identifikációja. Parametrikus és nem parametrikus identifikáció. Idő- és frekvenciatartománybeli illesztés.

Nemlineáris rendszerek modellezése. Statikus nemlinearitás, modellillesztés, kompenzáció lookup table alapján és interpoláció a nem tárolt pontokban. Nemlineáris dinamikus rendszerek.

Gerjesztőjel tervezés lineáris és nemlineáris rendszerek identifikációjához.

Információfeldolgozás:

Szenzorfúzió szűrő alapú módszerei. A szenzor véges sávszélességének, átviteli karakterisztikájának figyelembevétele a fúzió során.

Inverzszűrés, mérőrendszer frekvenciafüggő torzításának kompenzálása rosszul kondicionált esetekben. A regularizáció fogalma. Regularizáció alkalmazása rosszul kondicionált mátrixegyenletek megoldására.

Predikció, kieső adatok pótlása idősorok korábbi mintái alapján.

Order analízis koncepciója, módszerei.
Mintafelismerés módszerei.
Információredukció:
Modellalapú információ redukció, compressed sensing koncepciója, alkalmazásának lehetőségei.

VII.3.3 Intelligens hálózatok főspecializáció (HIT)

1. A specializáció megnevezése: **Intelligens hálózatok**
(Intelligent Networks)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék (HIT)
4. Oktató tanszékek: HIT, TMIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Bokor László egyetemi docens (HIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A hálózatok által biztosított magas szintű kooperáció ma már valamennyi IT infrastruktúra létfontosságú részét képezi, alapvető összetevőjét jelenti. A folyamatosan bővülő alkalmazási területek és az egyre komplexebb igényrendszer miatt azonban a telekommunikációs hálózatok fejlődése napjainkra sem állt meg, a távközlési rendszerek egyes komponensei forradalmi változásokon mennek keresztül, és a fejlett mobil/vezetéknélküli infrastruktúrák, a felhőszolgáltatások, a hálózatüzemeltetés, a helymeghatározási módszerek és a teljesítményelemzés összetett elegyét képezve multidiszciplinárissá válnak. Az Intelligens hálózatok specializáció a legmodernebb megoldásokra összpontosítva tárja fel a hallgatók számára azokat a kulcsfontosságú technológiákat és koncepciókat, amelyek várhatóan vezető szerepet nyernek a közeljövő globális hálózati ökoszisztémájában. A specializációt elvégző hallgatók korszerű, időtálló, hálózatos szemléletet követő, tudományosan megalapozott, gyakorlatias tudást szereznek a hálózatba integrált komplex informatikai rendszerekről, tervezésükről és üzemeltetésükről. Az egyes tantárgyak keretében mély ismeretekkel gazdagodnak a hálózatok legújabb fejlesztéseiről, megismerik a vezetéknélküli kommunikáció legújabb technológiáit, és átható, a teljes funkcionális hálózati architektúrára vonatkozó ismeretanyagot sajátíthatnak el az IoT felhő alapú digitális szolgáltatási környezeteitől a rádiós helymeghatározás megvalósításain át a különböző típusú modern mobilhálózatokig (pl. 5G/6G cellás, ITS-G5/WiGig/WiHD) és integrált hálózatüzemeltetési rendszerekig. Mindezt szervesen egészítik ki a hálózatok tervezési és hatékony működtetési feladataihoz kapcsolódó teljesítménymodellezési ismeretek és azok alkalmazási módszerei. Az előadások mellett a gyakorlatok során a hallgatók a hálózatok tervezési, elemzési, üzemeltetési, optimalizációs és modellezési feladatainak megoldásával foglalkoznak, a specializáció laboratóriumi tantárgyainak keretein belül pedig méréseket végezve mélyítik el a fejlett mobil és vezetéknélküli architektúrákkal és a felhő alapú szolgáltatásokkal kapcsolatos ismereteiket.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Felhőszolgáltatások intelligens eszközök támogatására	A1 tantárgy	BMEVITMMA14
Felhőszolgáltatások laboratórium	A1 labor	BMEVITMMA24
Fejlett mobil- és vezetéknélküli hálózatok	A2 tantárgy	BMEVIHIMA16
Fejlett mobil- és vezetéknélküli hálózatok laboratórium	A2 labor	BMEVIHIMB11
Hálózatok tervezése és üzemeltetése	B tantárgy	BMEVIHIMB04
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Felhőszolgáltatások intelligens eszközök támogatására

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVITMMA14, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A digitalizációs folyamat sajátossága, hogy számos iparágban, az iparágra jellemző eszközöket összekötik a felhőbe telepített alkalmazásokkal. Ennek eredményeképpen elmosódik a határ a villamosmérnöki rendszerek és az információs infrastruktúra között és megvalósul a felhő rendszerrel integrált okos eszközök által képzett digitalizált környezet. Egy ilyen rendszer tervezése, megvalósítása és üzemeltetése során egyaránt fontos a villamosmérnökök számára megérteni az informatikai

infrastruktúra meghatározó elemének, a felhő alapú hálózatnak a sajátosságait. További feladat az okos eszközök felhő rendszerbe történő integrációjának alternatíváinak megismerése. A tantárgy célja a fenti ismeretek átadása, felhasználási esetek segítségével történő szemléltetése, gyakorlása.
A tantárgy első részében a felhő rendszerek tulajdonságai kerülnek ismertetésre, különös tekintettel egy felhő alapú infrastruktúrára és a felhő hálózatra. A második részben ezen elvek gyakorlati megvalósítása kerül bemutatásra, a fókusz a rendszer elemeinek megismerésén és használatán lesz. A harmadik részben a tanszéki kutatási és fejlesztési projektekben használt IoT alkalmazásokon keresztül konkrét esettanulmányokon keresztül lesznek tárgyalva az okos eszközök felhő rendszerbe történő integrációjának kérdései.

2. A tantárgy tematikája

Motiváció: az iparágak digitalizációja. Felhasználási környezet: az Dolgok Internetje (Internet of Things - IoT) eszközei, a hálózatba kapcsolt eszközök lehetőségei, kommunikációs igényei. Okos eszközök: az intelligencia feladata és szerepe IoT rendszerekben. Trendek.

A felhő alapú rendszerek kialakításának háttere, motiváció. A felhő rendszerek definíciója, kategóriái, felhasználási esetek, biztonság, monitorig.

A felhő szolgáltatási modellek: IaaS, PaaS, SaaS. A mikroszolgáltatások modellje (microservices). Virtuális gép és konténer alapú rendszerek. Orkesztráció funkciói, komplex szolgáltatások kialakítása, szolgáltatás láncok.

Felhő rendszerek és adatközpontok. Felhő rendszer architektúrájának bemutatása, szemléltetése egy OpenStack felhőn keresztül. A nagy nyilvános szolgáltatók (hyperscaler: AWS, Google Cloud és Azure) és funkciói.

Konténer alapú virtualizáció (Docker, Podman, Containerd). Konténer menedzsment keretrendszerek (Kubernetes). Kubernetes és a felhő rendszerek viszonya (Amazon EKS).

Felhő alapú IoT platformok szerepe, jellemző funkciói. Esetpélda: Amazon IoT Device Management és Amazon IoT Core szolgáltatások bemutatása és összehasonlítása.

A peremhálózati számítási modell (Edge Computing). Edge computing az IoT szolgáltatások számára.

Okos eszközök távoli vezérlésének minőségi követelményei. Az 5G hálózatok tulajdonságai, gépi kommunikáció számára nyújtott feltételei.

IoT támogatás 5G rendszerekben a virtualizált funkciók és MEC segítségével. Okos eszközök, ipari alkalmazások 5G privát hálózatokba telepítésének szempontjai.

Esettanulmány: vezérlési feladatok IoT Ipar 4.0 munkavégzése során. A feladatvégzés feltételei, a kommunikációs és számítási igények.

Távoli eszközvezérlés kommunikációs feltételeinek bemutatása. A QoS követelmények elemzése.

Erőforrás- és szolgáltatás orkesztrációs feladatok bemutatása. Távoli eszközvezérlés erőforrásigényeinek biztosítása dinamikus környezetben. Szolgáltatás minőség fenntartása, automatikus adaptáció biztosítása a felhő rendszerben.

Valós idejű feladatok megvalósítási problémái a felhő rendszerekben. A valós idejű kommunikáció megvalósítási lehetősége a felhő hálózati környezetben. Késleltetés-érzékeny hálózati (Time-Sensitive Networking - TSN) integrálása a felhő rendszerekbe.

Felhőszolgáltatások laboratórium

Főspecializáció A1 labor

(BMEVITMMB06, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A laboratórium a Felhőszolgáltatások intelligens eszközök támogatására tantárgyban megszerzett ismeretek gyakorlati alkalmazását tűzi ki célul. A tantárgy célja, hogy a hallgatók megértsék a folyamatot, amely során egy virtualizált környezetből egy program segítségével egy kézzelfogható hardver eszközt lehet vezérelni. Továbbá, a laboratórium során a hallgatók gyakorlati tapasztalatot szerezzenek a felhőkbe telepített távoli vezérlési és monitoring alkalmazások kezelésével, a virtualizált rendszer és a vezérelt eszköz közti kommunikációs elvárásokkal, megtapasztalva ezen módszerek előnyeit és korlátait.

2. A tantárgy tematikája

Felhő rendszerek kezelése

Egy OpenStack felhő használata, a felhasználók és általuk telepített alkalmazások kezelése. Alkalmazások skálázása.

Kubernetes rendszer kezelése.

Egy Kubernetes rendszer kezelése, alkalmazások indítása podokban. A podok életciklusa, a hálózati kapcsolatok biztosítása.

Erőforrásmenedzsment Kubernetes rendszerben.

Podok erőforrásainak kezelése. Podok skálázása.

AWS IoT Device Management

Az Amazon Web Services IoT platformjának megismerése egy IoT eszköz vezérlésén keresztül.

Üzenetküldés cloud IoT platformokban

Az MQTT alapú eseménykezelés a felhőben.

Intelligencia biztosítása az IoT eszközök számára

Intelligens feladatvégzés biztosítása hálózatba kötött IoT eszközzel.

Kubernetesbe telepített intelligens IoT rendszer

Az intelligens feladatvégzés, valamint az eseménykezelést biztosító elemek Kubernetes podként történő megvalósítása. A virtualizált környezet hatása a feladatvégzésre (podok konfigurálása, hálózati korlátok).

Eszközök koordinálása közös feladatvégzés céljából

IoT eszközök együttműködésének biztosítása: több, egyidejű feladatvégzés során a felhőbe telepített vezérlési logika koordinálása.

Felhő natív 5G rendszer

Egy felhő natív 5G teszthálózatba telepített, valós idejű okos eszköz vezérlése. A feladatvégzéshez szükséges minőségi paraméterek értékelése.

Vezérlés időzítése TSN segítségével

Valós idejű feladatvégzés korlátai egy virtualizált rendszerben. Késleltetés-érzékeny hálózati (Time-Sensitive Networking - TSN) megoldások alkalmazása az üzenetek időzítése céljából.

Fejlett mobil- és vezetéknélküli hálózatok

Főspecializáció A2 tantárgy

(BMEVIHIMA16, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy mélységében mutassa be a hallgatóknak a mobil és vezeték nélküli kommunikáció legújabb hálózati technológiáit, és komplex, a teljes architektúrára vonatkozó ismeretanyagot adjon át minden vonatkozó technológiacsalád esetén. Az előtanulmányokhoz illeszkedő bevezetés és egy megfelelően pozícionált evolúciós/történeti visszatekintés után a legfontosabb felhasználási eseteken keresztül közelítjük meg az elérhető megoldásokat. Ennek érdekében bemutatjuk többek között az ipar 4.0, a különböző küldetéskritikus forgatókönyvek, a kooperatív intelligens közlekedési rendszerek szolgáltatásai és az erőforrás-kritikus alkalmazások által körülírható hálózathasználati specifikumokat, és segítségükkel definiáljuk a támogató hálózati környezetekre vonatkozó követelményrendszereket. Az új felhasználási esetek és követelmények mentén először az IEEE 802.11 fejlett technológiáinak (11ac, 11ah, 11af, 11r, 11p, 11bd...), majd a 60GHz-es, milliméter hullámhosszú, multi-gigabit vezetéknélküli hálózatoknak (WiGig, WiHD) a részletezése következik. A mobil celluláris infrastruktúrák 4G és 5G képviselőinek a bemutatása a következő modul, melyben a hangsúly az 5G NR szabványokon, a legújabb spektrumhasználati technológiákon (pl. 3D beamforming, DAS, LAA), az energiahatékony megközelítéseken (DTX, antenna muting), az alkalmazás-specifikus fejlesztéseken (IoT, streaming, V2X), és az 5G maghálózat technológiáin (SDN, NFV, slicing, MEC, stb.) van, kitekintéssel a 6G irányaira. A járműkommunikációs ad-hoc hálózatok (VANET) rendszereire rátérve az alapvető architekturális megfontolásokkal alapozunk meg a jelenleg legelterjedtebb szabványos megoldások (ITS-G5/DSRC, WAVE) ismertetésének, kitérve a 4G és 5G celluláris V2X, valamint a hibrid V2X kommunikáció sajátosságaira, végül az IP és V2X világ jelenlegi viszonyára (IPWAVE és kérdései). Utolsó modulként az

IoT speciális technológiáinak a bemutatása következik, szintén a teljes protokoll rétegszerkezet és vonatkozó komplett architektúrák jellemzésével, az alkalmazási rétegtől a rádiós megoldásokig (pl. MQTT, CoAP, 6LowPAN, 6Lo, RPL, CARP, ZigBee, LoRa, Sigfox, NB-IoT), megfelelően szelektált protokoll-ismertetők és a 802.11 valamint a mobil celluláris rendszerekre való hatékony visszautalások/kiegészítések segítségével.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés

Motivációk, használati esetek (ipari hálózatok, intelligens közlekedés, logisztika, küldetés- és erőforrás-kritikus forgatókönyvek, követelmények, a technológiák csoportosítási módszerei, a kurzus során érintett területek felosztása, történet visszatekintés (miért „fejlett”), trendek (hype görbék, Global Mobile Data Forecast).

A mobil és vezeték nélküli kommunikáció alapelvei

Alapvető hálózati elvek (áramkör- és csomagkapcsolás, réteges architektúra, TCP/IP és ITS stack, cross-layer optimalizálás szerepe, rádiós alapok, mobil vs. vezeték nélküli), a vezeték nélküli és vezetékes hálózatokat megkülönböztető legfontosabb kérdések összefoglalása (mobilitás, hívásátadás, konnektivitás).

Feltörekvő Wi-Fi technológiák

Wi-Fi alapok (funkciók, phy, mac, architektúra), komponensek (AP, WLC, access / trunk portok), topológiák, SSID, AP módok, legacy Wi-Fi szabványok (802.11a/b/g/n/ac), Wi-Fi technológiák evolúciója, feltörekvő technológiák részletezése (802.11ac/ax/ah/af/r).

60 GHz multi-gigabit Wi-Fi hálózatok

60 GHz-es milliméter hullámhosszon működő multi-gigabit vezeték nélküli hálózatok alapjai (frekvenciakiosztás, teljesítménykorlátok, előnyök/hátrányok, alkalmazási területek), 60 GHz-et célzó vezeték nélküli szabványok, WiGig (802.11ad és 802.11ay), WiHD/WirelessHD/UltraGig (PHY /HRP, MRP, LRP/, OFDM specifikumok, MAC).

5G hálózati alapelvek és architektúra

Mobil celluláris hálózatok evolúciója (generációk összehasonlítása), az 5G hálózati architektúra alapelvei, 5G definíció és képességek, 3GPP/ITU-R idővonal, 5G vertikumok, általános alkalmazási területek és követelmények (eMBB, URLLC, mMTC), alkalmazás-specifikus fejlesztések bevezetése (IoT, streaming, V2X), 5G spektrum, a szolgáltatás-alapú architektúra elve, 5G hálózati architektúra opciók (NSA, SA) és funkcionális építőelemek, 5G FMC és FWA architektúrák.

5G rádiós hozzáférési technológiák

A skálázható OFDM alapjai, 5G többszörös hozzáférési technológiák, az NR szabvány és fejlődése (rel 15/16/17), keretstruktúra, massive MIMO, új spektrumhasználati módszerek (3D beamforming, DAS, LAA), energiahatékony megoldások (DTX, antenna muting).

5G maghálózati technológiák

CapEx/OpEx csökkentés és egyéb motivációk, az 5G hálózatokban használt virtualizációs megoldások alapjai, és telco specifikumok (telco cloud/edge cloud, SDN, NFV /VNF, CNF/, MEC), DRAN/C-RAN/vRAN/O-RAN szervezésű rádiós hozzáférési hálózatok, cloud-native szolgáltatási környezetek, felhasználási jellemzőkre szabott erőforrás-kezelés (network slicing, 5G QoS, hálózatszeletek életciklusa, orkesztráció).

6G

6G iparági víziók, használati esetek (AR/VR/MR/XR, digitális iker/replika, telepresence), 6G szabványosítás és ütemezés, 6G követelmények, 6G kutatási és szabványosítási területek, potenciális 6G technológiák (OFDM-alapú és/vagy új megoldások, cm/mm hullámhosszak és THz-es spektrum, extrém lefedettség, új NW topológia, továbbfejlesztett mMIMO/URLLC/mMTC, AI minden funkcionalitásban).

Wi-Fi alapú járműkommunikációs technológiák

VANET architektúrák és technológiák alapjai, bevezetés a V2X világába (kontextusok, használati esetek, kihívások/követelmények, evolúció, szabványosítás, aktuális helyzet), a szabványos C-ITS architektúra és protokoll stack, 802.11p megoldásra támaszkodó ITS G5/DSRC valamint WAVE szabványok (IEEE 1609), 802.11bd evolúció, IPWAVE és kérdéskörei (simultaneous multi-access, IP mobility management, access network discovery, handover optimization, stb.)

Celluláris alapú járműkommunikációs technológiák

3GPP, AECC és 5GAA által azonosított járműkommunikációs felhasználási esetek, a járműkommunikáció és a MEC kapcsolódása, 4G LTE alapú járműkommunikációs megoldások, rel14/15/16 evolúció, 5G NR V2X, hibrid (3GPP + non-3GPP) V2X kommunikáció, 6G V2X.

A tárgyak internete (IoT) és gépek közötti kommunikáció (M2M) alapelvei

Az Internettől a dolgok internetéig (lehetőségek, kihívások, új szolgáltatások), speciális IoT és M2M enablerek (ipar 4.0, PAN, egészségügy, közlekedés, energia, intelligens megoldások és eszközök, integrációs kérdések, szabványok), IoT/M2M architektúrák, hálózatok és kommunikáció, RFID technológia, intelligens érzékelők és szenzorhálózatok, IoT/M2M szolgáltatások és alkalmazások.

Az IoT/M2M világ fejlett vezeték nélküli technológiái

Infrastruktúra és ad-hoc kommunikációs mód, QoS és mobilitás támogatása, PAN protokollok (IEEE 802.15.4, ZigBee, 6LowPAN) WAN protokollok (802.11, Wi-Fi), WMAN/WWAN megoldások (IEEE 802.16, mMTC, cMTC).

Felsőbb rétegbeli IoT/M2M protokollok

IoT ökoszisztéma a szolgáltatások szempontjából, speciális IoT protokollok az alkalmazási és egyéb rétegekben (CoAp, HTTP, MQTT, LwM2M), IoT/M2M szabványosítás (kihívások és problémák, szabványosítási erőfeszítések a CASAGARAS, W3C, oneM2M, ANEC és további szervezetekben).

Fejlett mobil- és vezetéknélküli hálózatok laboratórium

Főspecializáció A2 labor

(BMEVIHIMB11, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A laborgyakorlatok célja a vonatkozó specializációs főtantárgyban (Fejlett mobil és vezetéknélküli hálózatok) tanított elméleti ismeretek gyakorlati kiegészítése, elmélyítése. Ennek keretében a hallgatók mérések elvégzése során szereznek kézzelfogható tapasztalatokat a modern mobil és vezetéknélküli hálózatokról, illetve a kapcsolódó műszaki kihívásokról és azok megoldásairól.

2. A tantárgy tematikája

Mobilitás támogatás az Internet Protokollban (MCL)

Az informatikában manapság az a trend, hogy a legnépszerűbb szolgáltatásokat IP alapon szeretnénk megvalósítani. Ezt a technológiát nevezik All-IP-nek. A jelenleg működő IPv4 (IP version 4) rendszerek már nem tudják kielégíteni a megnövekedett igényeket, biztosítani a megfelelő QoS (Quality of Service) paramétereket, ezért új rendszereket kell kifejleszteni. Az egyik ilyen rendszer az IPv6, a mérés célja a Mobil IPv6 protokoll működésének bemutatása.

GeoNetworking protokoll mérés (MCL)

A mérés célja, hogy bemutassa a hallgatóknak a GeoNetworking protokollt és az általa nyújtott lehetőségeket. A hallgatók a mérés során megismerkednek az IWCU egységgel, amelyen elvégzik a működéshez elengedhetetlenül szükséges konfigurációkat, majd lehetőségük adódik GeoNetworking kommunikációt megvalósító program(ok) megírására és kipróbálására. A mérés mérnöki életben is gyakran előforduló feladat végrehajtására inspirálja a hallgatót, vagyis egy eddig ismeretlen eszközzel és protokollal kell megismerkednie korlátozott idő alatt.

LTE rádiós interface és szimuláció (MCL)

Az LTE (Long Term Evolution) vezeték nélküli adatátviteli szabvány már teljes mértékben IP-alapú, csomagkapcsolt technológiát biztosít a felhasználók számára. 2011-től LTE-Advanced verziója már a közismert “4G”-ként terjedt el a köztudatban és a jövőben is biztosan a használatban lévő mobil kommunikációs megoldások között fog szerepelni. A hallgatók a mérés során korszerű műszerek segítségével megismerkednek a mobil kommunikációra jellemző legfőbb modulációs fajtákkal, majd a MATLAB LTE Toolbox segítségével szimulálnak egy negyedik generációs adatátvitelt az átvitelre jellemző paraméterek vizsgálatával.

TCP over Wireless (MCL)

Az ISO/OSI rétegstruktúrában, a hálózati réteg (network layer) felett elhelyezkedő szállítási réteg feladata a sorrendhelyes, duplikációmentes és megbízható átvitel biztosítása a felhasználói alkalmazástól függően. Számos transzport protokoll áll rendelkezésünkre, amelyek közül az

alkalmazás típusától függően választjuk ki a legalkalmasabbat. A hallgató a mérés során megismerkedik a TCP transzport protokoll és különböző változatainak részletes működésével, illetve megvizsgálja azok teljesítőképességét különböző szimulált hálózati viszonyok között.

Kvantumkommunikációs laboratórium 1. (MCL): kvantumkommunikáció alapjai, vezetett optikai csatorna tulajdonságai

Optikai átviteli közeg csillapításának, sugárzási veszteségeinek, egyéb minőségrontó hatásainak vizsgálata és mérése. A laboratórium során a hallgatók megismerkedhetnek a fényvezető szál méréstechnikájának alapjaival.

Kvantumkommunikációs laboratórium. (MCL): kvantuminformatikai alapjelenségek, szabadtéri kvantumkommunikáció

A mérés során a hallgatók megismerkednek az alapvető kvantuminformatikai jelenségekkel, valamint betekintést nyernek a szabadtéri kvantumkommunikáció alapjaiba gyakorlati elrendezések példáján keresztül.

MapReduce teljesítőképességi mérések (AddICT)

A mérés célja a MapReduce paradigma ismertetése Apache Hadoop keretrendszerben (Apache Hadoop Yarn, HDFS). A mérés során megismerkedünk a MapReduce folyamattal, valamint a HDFS-nek MapReduce-ra való hatásaival az applikációk végrehajtása során.

Jelzési protokoll eljárások az 5G core hálózatban (AddICT)

A mérés során a hallgatók megismerkednek az 5G szolgáltatások igénybevételéhez szükséges, 5G előfizetői mobil készülék (UE) és az 5G mag (5G core) közötti jelzési eljárásokkal. A kísérleti környezetben vizsgálják a szolgáltatási minőséget befolyásoló tényezőket. Alapvető NAS és NG-APs jelzési üzenetváltások megfigyelése és megértése.

5G core funkciók erőforrás-menedzsmentje (AddICT)

A mérés során a hallgatók megismerkednek az 5G core funkciók hatékony üzemeltetésének gyakorlati szempontjaival. Utána pedig egy kísérleti környezetben az erőforrás-menedzsment algoritmusok beállítási lehetőségeit megvizsgálják.

V2X Facilities protokollok a gyakorlatban (MEDIANETS)

A mérés során a hallgatók megismerkednek a legfontosabb C-ITS/V2X alkalmazásokkal és azok megvalósítását közvetlenül lehetővé tevő un. Facilities protokollok (pl. CA, DEN, IVI, MAP/SPAT, stb.) működésével. Megvizsgálják a releváns V2V és V2I/I2V C-ITS üzenetek felépítését és a fejléc-struktúrák, valamint a hordozott adatelemek segítségével gyakorlati szempontból elemzik a protokoll-mechanizmusokat.

Hálózatok tervezése és üzemeltetése

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVIHIMB04, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy alapvető célja, hogy betekintést nyújtson a hallgatóknak az infokommunikációs hálózatok tervezésének és üzemeltetésének módszertanába. A tantárgy különös hangsúlyt fektet a kapcsolódó gyakorlati ismeretekre az elemi tervezési és üzemeltetési/konfigurálási módszerek gyakoroltatásán és kész megoldások analízisén keresztül.

A tantárgy keretében áttekintésre kerülnek az IP alapú hálózatok felépítésének és működésének elméleti alapjai az adatkapcsolt kommunikációtól kezdve az útvonalválasztáson át a hálózati szolgáltatásokig. Részletesen tárgyalásra kerül a szabványos megközelítésekre alapozott feladat-orientált hálózatmodellezés, valamint a hatékony tervezési és analízis módszerek kiválasztása és alkalmazása. A hálózat-nyilvántartás, konfigurálás és üzemeltetés témaköre az automatikus orkesztrációt támogató modern, DevOps szemléletű módszerek tárgyalásán keresztül kerül feldolgozásra.

2. A tantárgy tematikája

Hálózatok felépítése, működése 1.

Hálózati alapfogalmak áttekintése.

Hálózati szintek, architektúrák: hozzáférés – metro – gerinc, centralizált – elosztott.

IP alapú hálózatok felépítése: AS, transit – peering.
Adatsík, menedzsment sík, vezérlő sík.
Hálózatok felépítése, működése 2.
Címzés: IPv4, IPv6.
Útvonalválasztás, útvonalválasztó protokollok: OSPF, BGP.
Hálózati szolgáltatások: ARP, DHCP, ICMP, NAT.
Korszerű hálózati technikák: virtualizáció, automatizáció, SDN, NFV, 5G+.
Hálózatok tervezési szempontjai
Tervezési alapok áttekintése.
Tervezési követelmények, alkalmazások követelményei: CDN, Cache, 5G szempontok, Cloud-Native, Edge-Cloud, Data Center.
SRLG, fokszám korlát, távolsági korlátok, fizikai jelromlás alapú útvonalválasztás.
Hálózati forgalom és szolgáltatásminőség
Hálózati forgalom kezelése: forgalommátrix, tranzit forgalmak, háttér forgalmak.
Szolgáltatásminőség szempontjai, mérése: QoS/QoE (sávszélesség, throughput, késleltetés, késleltetésingadozás).
Hálózat szeletelés (network slicing) és megvalósításának módjai.
Hálózatok megbízhatósága
Rendelkezésre állás (availability).
Hálózatok védelme, hibavédelem és helyreállítás (dual/multi-homing, dual/multi-connectivity).
Hálózatok szinkronizálása.
Hálózat modellezés
Gráf, útvonal, fa, hálózat, hálózati folyamok.
Hálózati algoritmusok
ILP (Integer Linear Programming - egészértékű lineáris programozás),
SiAn (Simulated Annealing - szimulált lehűtés),
SiAl (Simulated Allocation - szimulált allokáció),
GA (Genetic Algorithm - genetikus algoritmus).
Zöld hálózatok
Hálózatok energiafogyasztása.
Energiafogyasztás optimalizálása: megújuló energia használata, "energia-aratás", konszolidáció, szelektív kikapcsolás.
Hálózatmenedzsment és üzemeltetés alapok
Hálózatmenedzsment és üzemeltetés alapismeretek.
Hálózati infrastruktúrák életciklus menedzsmentje.
Hagyományos menedzsment megközelítések áttekintése: FCAPS, TMN/TOM/eTOM, ITIL.
Hálózat monitorozás 1.
Hálózat monitorozás alapismeretek.
Népszerű monitorozó eszközök áttekintése: ping, traceroute, SNMP, syslog.
Hibaelhárítás, hibakövetés.
Hálózat monitorozás 2.
NetFlow alapok.
SPAN alapok, lokális/távoli SPAN, ERSPAN.
Hálózat programozás
Hálózat programozás alapismeretek, CLI, API.
API használat, REST API, Postman.
Adat formátumok: XML, JSON.
Adatmodellek és protokollok: YANG, NETCONF, RESTCONF.
Orkesztrációs eszközök
Orkesztrációs alapismeretek.
Ügynök alapú eszközök áttekintése: Puppet, Chef, SaltStack.
Ügynök nélküli eszközök áttekintése: Ansible, Puppet Bolt, SaltStack Salt SSH.

VII.3.4 Irányító és látórendszerek főspecializáció (IIT)

1. A specializáció megnevezése: **Irányító és látórendszerek**
(Control and Vision Systems)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Irányítástechnika és Informatika Tanszék (IIT)
4. Oktató tanszékek: IIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Harmati István egyetemi docens (IIT)

6. A specializáció célkitűzése:
Az érzékelési, döntési és beavatkozási feladatokat önműködően megvalósító irányítórendszerek alkalmazása elengedhetetlen a gyártási és energiatermelési folyamatok hatékony és környezetbarát működtetésében, az önvezető járművekben és más autonóm, komplex rendszerekben. A többek között mesterséges intelligencia alapú technológiákra épülő, korszerű irányítástechnikai megoldásokat ismerő és alkalmazni képes szakemberekre az elkövetkező időszakban növekvő szükség lesz, hiszen a piacra kerülő berendezések és rendszerek számos funkciójának ellátásához valamilyen irányítási feladatot is meg kell oldani. A dinamikusan változó környezetről optikai úton 2D és 3D információkat gyűjtő rendszerek gyors fejlődése lehetővé tette tömeges alkalmazásukat irányítási célokra is, ez indokolja az irányító- és látórendszerek bemutatásának összekapcsolását.
A specializáció célja olyan mérnökök képzése, akik átfogó szemléletbeli és rendszertechnikai alapokkal, naprakész irányításelméleti, jelfeldolgozási és architekturális ismeretekkel rendelkeznek a korszerű elosztott, intelligens irányítórendszerek és azok egyes funkcióinak fejlesztése területén, továbbá magas szintű természettudományos és szakmai ismeretek birtokában képesek ezeken a területeken új rendszerkomponensek és rendszerek tervezésére és integrálására.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Dinamikus rendszerek modellezése és szimulációja	A1 tantárgy	BMEVIIIMA17
Irányítórendszerek laboratórium	A1 labor	BMEVIIIMA18
Számítógépes látórendszerek	A2 tantárgy	BMEVIIIMA19
Látórendszerek laboratórium	A2 labor	BMEVIIIMB05
Mesterséges intelligencia alapú irányítások	B tantárgy	BMEVIIIMB06
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Dinamikus rendszerek modellezése és szimulációja

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVIIIMA17, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy bemutassa az irányítórendszerek fejlesztése során alkalmazott modellezési és szimulációs eljárásokat, illetve a komplex, elosztott irányításokban fontos szerepet játszó diszkrét eseményű rendszerek kezelésének alapjait.
A tantárgy modellezési és szimulációs eljárások bemutatásával alapozza meg a korszerű irányítási módszerek tárgyalását. Ismerteti a többek között villamos, mechanikai és hidraulikai rendszerek egységes modellezésére használt Bond gráfok formalizmusát, a rendszer állapotegyenleteinek és jelfolyamgráf-reprezentációinak meghatározását, valamint a folytonosidejű dinamikus rendszerek szimulációjára szolgáló differenciálegyenlet-megoldó módszereket. A jelfolyamgráf-alapú eszközökre alapozva az irányítási algoritmusok prototípus-implementálására szolgáló automatikus kódgenerálási eszközök is bemutatásra kerülnek.
A fentieken túl a tantárgy ismerteti a felügyeleti irányításokban használt diszkrét eseményű rendszerek modellezésére szolgáló, véges állapotú automatákon alapuló módszereket, a komplex

irányítórendszerekben is használatos StateCharts formalizmust, valamint a diszkrét eseményű rendszerek szimulációjának alapjait.
A tantárgyat sikeresen abszolváló hallgatók képesek bekapcsolódni a korszerű irányítórendszerek tervezésébe és fejlesztésébe, valamint általános és hosszútávon alkalmazható tudással rendelkeznek a modellezés, a szimuláció és a diszkrét eseményű rendszerek integrációjának területén.

2. A tantárgy tematikája

Dinamikus rendszerek modellezése Bond gráfokkal

A Bond gráfok alapelemei, kötések, egy- és kétkapuk, csomópontok. Villamos, mechanikai és hidraulikus rendszerek egységes modellezése Bond gráfok segítségével. Kauzalitás fogalma és meghatározása, állapotegyenletek és jelfolyamgráf-reprezentáció meghatározása Bond gráf alapján.

Folytonos rendszerek szimulációja

Numerikus integrálási módszerek, differenciaegyenlet-megoldó algoritmusok és azok paraméterezése. Alapfogalmak, konvergencia és stabilitás értelmezése. Fix és változó lépésközű explicit Runge-Kutta algoritmusok, többlépéses módszerek. Merev (sStiff) rendszerek kezelése, implicit differenciálegyenletek megoldása. A statikus optimum analitikus feltétele korlátozások mellett, Lagrange multiplikátor szabály. Numerikus optimalizálás: gradiens, konjugált gradiens és Newton-Raphson módszerek. Szimulációs módszerek és azok paramétereinek megválasztása a gyakorlatban, azok hatása a szimuláció eredményére

Automatikus kódgenerálás

Az automatikus kódgenerálás fogalma és menete diagram alapú fejlesztői környezetekben. A diagram/modell futtatásának fázisai. Köztes kód és futtatható kód előállítása jelfolyamgráf-modell alapján. Felhasználói kód integrálása, valós idejű követelmények figyelembevétele.

Diszkrét eseményű rendszerek

Diszkrét eseményű rendszerek fogalma, modellezése véges állapotú automatákkal. A StateCharts formalizmus: hierarchia és párhuzamosság kezelése, broadcast-kommunikáció. Állapotok és pszeudo-állapotok, feltételek, akciók kezelése. A StateChart-diagram végrehajtásának szemantikája.

Diszkrét eseményű rendszerek szimulációja

A diszkrét eseményű szimuláció alapjai, szimulációs módszerek: eseménygráf, aktivitásciklus-diagram, entitásfolyam-gráf. Sztochasztikus rendszerek szimulációja. Szimulációs szoftverek szolgáltatásai, szimulációs eredmények hasznosítása az optimalizálás során.

Irányítórendszerek laboratórium

Főspecializáció A1 labor

(BMEVIIIMA18, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók jártasságot szerezzenek az irányítórendszerek fejlesztését és gyakorlati megvalósítását támogató, a kutatás-fejlesztési munka során alkalmazható korszerű eszközök és tervezési módszerek használatában.
A tantárgyat sikerrel abszolváló hallgatók gyakorlati ismeretekkel és készségekkel rendelkeznek a gyors prototípustervező környezetek és korszerű szimulációs szoftverek használatában, valamint képesek a feladatok megoldásához rendelkezésre álló környezetek hatékony használatára.

2. A tantárgy tematikája

A hallgatók a félév során tíz alkalommal mérési feladatokat oldanak meg a tanszék laborjaiban kis létszámú mérőcsoportokban. A tíz mérési alkalom tematikája az alábbi:

Dinamikus rendszerek jelfolyamgráf-alapú modellezése: a Simulink környezet felépítésének és szolgáltatásainak megismerése, modell felépítése csomópontok, alrendszerek és jelvezetékek segítségével

Mechatronikai rendszerek teljesítményáramlás-alapú modellezése és szimulációja 1: a Simulink Simscape kiegészítőjének megismerése, villamos és mechanikai rendszer modellezése és szimulációja

Mechatronikai rendszerek teljesítményáramlás-alapú modellezése és szimulációja 2: multi-domain mechatronikai rendszer modellezése, szimulációja és irányítása Simulink-Simscape környezetben
Diszkrét eseményű és hibrid irányítás: diszkrét eseményű, illetve hibrid rendszerek irányítása StateCharts-alapon a Simulink Stateflow eszközének használatával
Gyors prototípustervezés és automatikus kódgenerálás 1: a Simulink automatikus kódgeneráló szolgáltatásának használata a megtervezett irányítórendszer implementálása során
Gyors prototípustervezés és automatikus kódgenerálás 2: irányítórendszer paramétereinek hangolása és működésének ellenőrzése Hardware-In-The-Loop teszt segítségével
Diszkrét eseményű szimuláció: komplex, sztochasztikus folyamat szimulációja Arena környezetben. A modell megalkotása, a szimuláció paraméterezése, az eredmények vizualizációja és analízise.
Dinamikus rendszerek identifikációja: egy ismeretlen dinamikus rendszer modelljének meghatározása identifikáció módszerével. Az identifikációhoz szükséges mérések elvégzése, identifikációs algoritmusok vizsgálata.
Optimális irányítások: optimális irányítás tervezése és megvalósítása többváltozós rendszerekhez
Prediktív irányítások: modell-prediktív irányítás tervezése és megvalósítása többváltozós rendszerekhez

Számítógépes látórendszerek

Főspecializáció A2 tantárgy
(BMEVIIIMA19, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a hallgatókat megismertetni a számítógépes látás létező technikáival, mind a rutinszerűen megoldható egyszerűbb, mind a bonyolultabb módszerekkel, egyensúlyban tartva az elméleti és gyakorlati kérdéseket. Célunk azt biztosítani, hogy a hallgatók a kapott ismeretek alapján a későbbiekben képesek legyenek a tanult módszerek alternatíváit a választáshoz szükséges mértékben megérteni, mind az elmélet, mind a praktikum szempontjából. A tematikát a két- és háromdimenziós látás, a tanuló látórendszerek és a képfeldolgozó HW megválasztásának kérdései szerint tagoljuk.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, a számítógépes látás alapfeladatai és problémái, szemantikus gát. Képérzékelés alapjai, emberi látás, fotodióda, CCD, CMOS, színlátás. Képi zajok és hibák forrása, homályosság, fókusz, képtárolási technikák. Színkomponensek szerepe, színterek. Képjavítási eljárások, intenzitástranszformációk, hisztogram, hisztogramtranszformációk.
Szűrések képtartományban, konvolúció, simító, élesítő és élkereső szűrések, nemlineáris szűrők. Éldetektálás, Canny algoritmus. Képi matematika, interpolációs technikák, illesztések. Képfeldolgozás a frekvenciatartományban, 2D Fourier transzformáció, képi spektrum vizsgálata. Szűrések frekvenciatartományban, ideális és egyéb szűrők tulajdonságai. Osztályozás spektrum alapján, periodikus zajok vizsgálata. DCT, JPEG tömörítés, Wiener-dekonvolúció.
Képjellemzők fajtái és kinyerése. Mintaillesztés, hasonlósági metrikák. Sarokdetektálás, lokális struktúra mátrix, KLT, Harris. Invarianciák transzformációkra, SIFT, ORB. Osztályozás módszerei: Haar-jellemzők, Viola-Jones, Bag of Visual Words, Deformable parts. Követés megoldásai: Pixel-alapú követés, Optical flow, LK és Farneback módszerek. Iteratív és piramis optical flow. HMM és Kálmán-szűrő alkalmazása, objektumpárosítás affinitás alapján.
Szegmentálási módszerek csoportosítása. Intenzitás alapú szegmentálás, küszöbözés, hisztogram-alapú megoldások. Klaszterezés módszerei, k-Means, MoG, Mean-shift. Régiónövesztés, Split & Merge, SRM. Watershed, gráfvágás, mozgásszegmentálás.
Bináris képek feldolgozása, morfológiai alapműveletek, nyitás, zárás, kontúrkeresés. Távolság és szomszédosság, Jordan-tulajdonság. Csontvázasítás. Bináris objektumleírók, Euler-szám, lenyomat, pozíció, orientáció. Objektumszámlálás és -címkézés. Hough transzformáció.
Gépi tanulás alapjai, tanuló rendszerek felépítése, tanulás típusai. Példák tanuló rendszerekre, kNN, SVM. Felügyelet nélküli tanulás, Eigenfaces. Neurális hálózatok, tanulás alapvető nehézségei, overfitting, adatok minősége. Felügyelt tanulás lépései. Perceptron modell, döntésfüggvény.

Hibafüggvények, gradiens módszer, magasabb rendű módszerek. MLP és backpropagation. Konvolúciós hálók felépítése. Híres architektúrák, VGG, Inception, ResNet, DenseNet, EfficientNet. Neurális hálók vizualizációja, adversarial támadások. Deep Learning a gyakorlatban, Konvergencia biztosítása, overfitting elkerülése. Hiperparaméterek keresése, modelltömörítés, ritkítás és együttesek.

Detektáló architektúrák, R-CNN variánsok, YOLO. Fontos metrikák és adatbázisok, anchor-alapú és anchor nélküli megoldások. Mask- és egyéb R-CNN kiegészítések. Szegmentáló módszerek, U-Net, felskálázási technikák. ASPP és CRF kiegészítések.

Videók feldolgozása, fúziós szintek, 3D konvolúció. Visszacsatolt architektúrák, RNN, BPTT, eltűnő gradiensek. LSTM és GRU, puha figyelem megoldások. Ön-figyelem, és vision-transformer megoldások.

Projektív geometria alapjai, transzformáció típusok és tulajdonságaik. Képalkotás geometriája, pinhole kamera modell, külső és belső paraméterek. Kamerkalibrációs módszerek, 3D markeres és sakktáblás megoldás, önkalibráció. Sztereó elrendezés, epipoláris geometria, esszenciális, fundamentális mátrix. Sztereó kalibráció, rektifikáció.

Diszparitás fogalma és meghatározására való módszerek, BM, SGBM, BP. 3D rekonstrukció és invarianciái, gyakorlati esetek. SLAM és SfM, többnézetű rekonstrukció. 3D információk feldolgozása, tárolási, ábrázolási módszerek, voxel, pontfelhő, mesh. Szűrések, szomszédkeresés, kd-fa. Szegmentációs módszerek, RANSAC Lokális és globális jellemzők, regisztráció. Mélytanuló technikák.

Hardveres gyorsitás paradigmái, SIMD architektúrák. GPU hardver felépítése, SM. GPu programozási nyelvek, SL és GPGPU megoldások. CUDA nyelv alapjai: futási és memóriamodell, hardveres lehetőségek kihasználása.

Egyéb képfeldolgozó hardverek: TPU felépítése, szisztolikus tömb, architektúrák, VPU megoldások. Programozható hardverek alapjai, FPGA és szeletek felépítése, tervezés folyamata. Adatutak rendszere, szuperskalár és újrakonfigurálható csővezeték.

Látórendszerek laboratórium

Főspecializáció A2 labor

(BMEVIIIMB05, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók a képfeldolgozás és számítógépes látás technikák gyakorlati módszereinek használatát készségszinten elsajátítsák. A tantárgy keretein belül összetett gépi látás feladatok megoldását egy több lépcsős csoportos együttműködésen keresztül lehetséges abszolválni, amelyhez tárgyi és gyakorlati segítséget biztosítunk. A technikák és a módszertan megismerésével a mérnöki gyakorlati gondolkodásmódot és a magas szintű képfeldolgozási perspektívát egyaránt el tudják sajátítani a tantárgy hallgatói. A mérések tematikáját a klasszikustól a modern képfeldolgozás eszközrendszeréhez illesztjük.

2. A tantárgy tematikája

Számítógépes látás alapjai

Python programozási nyelv alapjai, az OpenCV és a NumPy könyvtárak használata. Automatikus dokumentumfeldolgozás megvalósítása.

Képosztályozás

Közlekedési táblák osztályozása mélytanulás segítségével.

Szemantikus szegmentálás

Mélytanulás alapú szegmentáló rendszer megvalósítása közlekedési szituációkban.

Objektumdetektálás

Gyalogosok és járművek detektálása mély neurális hálókkal.

CUDA

Egyszerű képfeldolgozási algoritmusok hatékony megvalósítása GPU-n a CUDA környezet segítségével

Sávkövetés

Sávkövetés, pozícióbecslés és sávtartás megvalósítása egy mobilis jármű segítségével.

Akadálydetektálás

Automatikus akadálydetektálás és -kerülés megvalósítása mélységkép segítségével autonóm járművekben.

3D Rekonstrukció

Többnézetű 3D rekonstrukció elkészítése egy mélységképre alapuló egyidejű lokalizációs és térképkészítő (RGB-D SLAM) algoritmus segítségével.

Objektumkövetés

Egyszerű objektumkövetés megvalósítása RGB-D kamerakép segítségével.

Vizuális visszacsatolás vizsgálata

Hat szabadságfokú robotkar megfogójára rögzített kamera szem-kéz kalibrációja, a robotkar irányítása a kamera képe alapján.

Mesterséges intelligencia alapú irányítások

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVIIIMB06, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók ismereteket szerezzenek komplex rendszerek mesterséges intelligencia módszerekkel történő irányításának és identifikációjának legújabb, a gyakorlatban is használt módszereiről. A hallgatók megismerkednek az alábbi legelterjedtebb mesterséges intelligencia módszerek koncepciójával és elméleti hátterével:

- Fuzzy rendszerek
- Genetikus algoritmusok
- Neurális hálózatok
- Neuro-fuzzy rendszerek
- Rajintelligencia módszerek
- Megerősítéses tanulás

A tantárgy megmutatja, hogy a fent említett módszerek hogyan alkalmazhatók elsősorban (de nem kizárólagosan) irányítástechnikai, rendszermodellezési és optimalizálási problémák megoldására korszerű, számítástudományt támogató programozási platformok (elsősorban MATLAB) alkalmazásával.

2. A tantárgy tematikája

Fuzzy rendszerek alapjai. A fuzzy rendszer fogalma, a fuzzy következtetés elméleti alapjai. Fuzzy elven működő szabályozások felépítése, szabálybázisa, algoritmusa. MacVicar- Whelan metaszabályok.

Genetikus algoritmusok felépítése. Genetikus operátorok: szelekció, rekombináció, mutáció, visszahelyettesítés, migráció. Szabályozótervezés genetikus algoritmussal.

Lineáris és nemlineáris paraméterbecslés. Batch és rekurzív eljáráson alapuló paraméterbecslési eljárások lineáris és nemlineáris rendszermodellekre.

Klaszterezési eljárások. Grid particionálás, Szubtraktív klaszterezés, fuzzy c-mean klaszterezés elméleti alapjai, az algoritmusok felépítése.

Visszacsatolatlan sekély neurális hálózatok felépítése, tanulás hiba visszaterjesztéssel. Mély tanulási módszerek alapjai. Autokódolók, sztochasztikus neurális hálózatok, konvolúciós hálózatok szabályozási feladatokban. Visszacsatolt (RNN, LSTM) hálózatok dinamikus feladatok megoldására.

Adaptív Neuro-fuzzy rendszerekkel való identifikáció, a módszer felépítése, hangolási szabályok, ANFIS.

Adaptív fuzzy irányítás. Névleges és felügyelő szabályozó tervezés, indirekt (modellre alapozott) és direkt (modellt nem használó) adaptív irányítás, stabilitásvizsgálat és paraméterhangolási szabályok.

A megerősítéses tanulás alapjai. Ismert és ismeretlen/nagyméretű Markov Döntési folyamatok predikciója, irányítása: Dinamikus programozás, Monte Carlo, Temporal Difference alapú tanulások, Sarsa, Q-learning. A mély megerősítéses tanulás alapjai: DQN, REINFORCE, Actor-Critic hálók a predikcióban és irányításban.

Rajintelligencia módszerek. Hangyakólónia algoritmusok felépítése és alkalmazásaik diszkrét optimalizációs problémák megoldására. Részecskeraj optimalizáció elméleti háttere és az algoritmus lépései. Rajintelligencia módszereken alapuló optimalizáció, rendszer identifikáció és szabályozótervezés.

VII.3.5 Számítógép-alapú rendszerek főspecializáció (AUT)

1. A specializáció megnevezése: **Számítógép-alapú rendszerek**
(Engineering of Computer-Based Systems)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék (AUT)
4. Oktató tanszékek: AUT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Tevesz Gábor c. egyetemi tanár (AUT)

6. A specializáció célkitűzése:
A specializáció célja, hogy olyan elméleti és gyakorlati ismeretanyagot biztosítson a hallgatók számára, amely széles körben hasznosítható alapot képez a mikroszámítógépeken alapuló irányítórendszerek kutatásához és fejlesztéséhez. Az elsajátított kompetenciák közé tartoznak a nagyteljesítményű beágyazott rendszerek architektúráinak ismerete, programozható hardvereszközök (FPGA, SoC, hard és soft processzorok) és nagysebességű buszrendszerek alkalmazása, valamint a komplex automatizált rendszerek megkerülhetetlen részét képező szerelő- és mobil robotok, autonóm járművek architektúrái és irányítása. A beágyazott rendszerekben a hardver és a szoftver elválaszthatatlan egységet képez, ezért a specializáció nagy hangsúlyt fektet a szoftveres kompetenciák fejlesztésére is. Ide tartoznak a beágyazott operációs rendszerek programozási és rendszerszolgáltatásai, a multiprocesszoros rendszerek specialitásai, magas szintű osztálykönyvtárak és tervezési minták alkalmazása a szoftverfejlesztésben, automatikus tesztelés, verziókezelés és dokumentációs módszerek. Ezen kívül a hallgatók betekintést kapnak olyan speciális szoftverfejlesztési irányokba is, mint a grafikus processzorok programozása, illetve robotprogramozási nyelvek, robotikai szoftverrendszerek alkalmazása. A specializáció hidat alkot az ipari hardver és szoftver technológiák között, irányt mutat a korszerű irányítástechnikai kutatások felé.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Nagyteljesítményű mikrokontrollerek és interfészek	A1 tantárgy	BMEVIAUMA18
Nagytelj. mikrokontrollerek és interfészek laboratórium	A1 labor	BMEVIAUMA17
Robotirányítás rendszertechnikája	A2 tantárgy	BMEVIAUMA16
Robotirányítás rendszertechnikája laboratórium	A2 labor	BMEVIAUMB05
Beágyazott operációs rendszerek	B tantárgy	BMEVIAUMB06
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Nagyteljesítményű mikrokontrollerek és interfészek

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVIAUMA18, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy széleskörű ismereteket nyújtson a számítógépes rendszerek és a nagyteljesítményű mikrokontrollerek architektúráiról, ill. építőelemeiről. A hagyományos architektúrák elemzését követően bemutatja a teljesítőképesség növelése céljából megalkotott modern megoldásokat, amelyek a végrehajtás párhuzamosításának különféle lehetőségeit foglalják magukban. Speciális architektúrák (ARM, grafikus processzorok, GPGPU) jellemzőit is tárgyalja, s összeveti ezeket a szoft- és hardprocesszoros SoC eszközökkel. A tantárgy hallgatói megismerkednek a teljesítményt és megbízhatóságot növelő, s a fogyasztást csökkentő módszerekkel. Részletesen foglalkoznak az irányítórendszer részeit összekapcsoló nagysebességű buszrendszerek (USB, SATA, PCI-Express) jellemzőivel, működésével.

2. A tantárgy tematikája

Nagyteljesítményű mikrokontrollerek

Számítógép-architektúrák alapvető fogalmainak átismétlése: utasításkészlet-architektúra és mikroarchitektúra, CISC és RISC processzorok. Processzorok teljesítőképességének fogalma, Iron Law, Amdahl-törvény. A teljesítőképesség mérése és növelésének lehetőségei.

Csővezeték-szerevezés (pipelining) alapjai. Közönséges és szuperskalár utasítás-csővezeték. Szuperskalár szervezés típusai: egységes szerkezetű, diverzifikált és dinamikus csővezetékek. Utasítások egymásra hatása: RAW, WAW, WAR és vezérlési függőségek és kiküszöbölésük, operandus-előrecsatolás, regiszter átnevezés, elágazásbecslés.

VLIW processzorok felépítése és működése. Szálszintű párhuzamosság támogatása a mikroprocesszorokban, időosztásos és szimultán többszálúság. Fizikai és logikai processzormagok.

Nagyteljesítményű ARM processzorok. Az ARM utasításkészlet általános jellemzői, ARM ISA kiegészítések. Újdonságok az ARMv8 architektúrában, az AArch32 és AArch64 végrehajtási állapotok különbségei. ARM Cortex-A mikroarchitektúrák.

Többprocesszoros rendszerek, osztályozásuk feladat-hozzárendelési mód, processzorok közti kapcsolat, memóriamegosztottság, processzorok típusa és kezelése szerint. Gyorsítótárak multiprocesszoros környezetben: Többszintű gyorsítótárak, gyorsítótár-koherencia, a MESI koherencia-protokoll. Az Intel Nehalem mikroarchitektúra multiprocesszoros tulajdonságai, többmagos ARM processzorok, ARM big.LITTLE és ARM DynamIQ technológia.

Grafikus processzorok története, kialakulása, a CPU és GPU kapcsolata, 3D grafikai feladatok (raszterizálás, sugárkövetés) architekturális támogatása, grafikus csővezeték. GPU memóriák, jelentősebb GPU architektúrák. GPU-k nem grafikus alkalmazásai, univerzális shaderek.

Az AMD TeraScale és az AMD GCN architektúra tulajdonságai. GPU-k programozása, vertex és pixel shader-ek, compute shader-ek, OpenCL, CUDA. Neurális hálók alkalmazásának architekturális támogatása.

Buszok és interfészek

A SATA interfész. A háttértárolók fontosabb jellemzői. Az ATA (IDE) és a SATA interfészek általános jellemzői. A SATA rétegszerkezete, a fizikai réteg (mechanikai és elektromos jellemzők), az adatkapcsolati réteg (keret küldése és fogadása, összekeverés, 8b/10b kódolás, primitívek), a transzport réteg (FIS összeállítás és szétbontás, kommunikáció az adatkapcsolati réteggel, a puffer/FIFO tartalom menedzselése). Native Command Queuing.

Universal Serial Bus (USB). Bevezetésének előzményei. Általános jellemzők: rendszerarchitektúra (busz topológia, eszközök és végpontok) rendszer konfiguráció, fel- és lecsatlakozás, adatfolyam típusok, sebesség, sávszélesség allokáció, a hardver és szoftver réteges szerkezete, az USB helye egy PC-ben. A mechanikai interfész jellemzői: Csatlakozótípusok, kábelek. Elektromos jellemzők: adók és vevők, jelszintek, J és K állapotok, a HUB és az eszközök kapcsolata, sebesség identifikáció, meghajtó- és vevőáramkörök, kódolás. Logikai jellemzők: az adatátvitel elemei, a tranzakciók csomagjai (token, adat és kézfogásos csomagok), az IN, OUT, SETUP és speciális csomagok, a tranzakciók lefolyása, USB leírók és konfigurálás. Az USB 3.x és USB4 szabványok jellemzői.

A PCI buszcsalád. A PCI busz bevezetésének előzményei, a család tagjai. A PCI busz mechanikai, elektromos és logikai jellemzői, PCI busz jelek, parancsok és tranzakciók. A rendszer konfigurálása, arbitráció, megszakítások. A PCI-X busz.

A PCI Express busz: a soros technológia előretörése, rendszerarchitektúra, réteges felépítés. A fizikai réteg elemei: elektromos és logikai alrendszer, pufferek, multiplexerek, bájt szétszedő és összerakó modulok, összekeverők és visszaállítók, 8b/10b kódoló-dekódoló, órajel kinyerés, szóhatár felismerés, sávelcsúszás kompenzálás, vevő detektálás, karakter egymásrahatás kompenzálása. Csomag alapú réteges protokoll (tranzakciós és adatkapcsolati réteg csomagok). Korszerű soros buszok kapcsolódása. A DisplayPort interfész, a HDMI interfész, a Thunderbolt interfész. Nagyteljesítményű soros interfészek közös tulajdonságai és kapcsolódása.

System-on-Chip rendszerek

Egylapkás rendszerek általános tulajdonságai. Történeti áttekintés, System-on-Chip (SoC), Network-on-Chip (NoC), System-in-Package (SiP), System-on-Module (SoM) rendszerek. Intellectual property (IP): soft, hard, firm és analóg IP blokkok. RTL és HDL leírás. A Verilog nyelv áttekintése. FPGA alapú SoC rendszerek. Xilinx 7-es FPGA család bemutatása.

Lapkán belüli kommunikációs buszok. Buszrendszerek általános felépítése, ARM AMBA buszcsalád bemutatása: APB, AHB és AXI buszok, AXI4-Stream és AXI4-Lite megoldások.

Nagyteljesítményű mikrokontrollerek és interfészek laboratórium

Főspecializáció A1 labor

(BMEVIAUMA17, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az elvégzendő mérések a Nagyteljesítményű mikrokontrollerek és interfészek tantárgyhoz kapcsolódnak, kiegészítik és a gyakorlatban is bemutatják a megelőző félévben előadásokon és gyakorlatokon hallottakat. A mérések az előzménytárgy főbb tématerületeit lefedve gyakorlatias, naprakész tudást biztosítanak. A hallgatók a mérések során gyakorlatban is megismerkednek a grafikus processzorok (GPU) programozásával, megvizsgálják a népszerű USB interfész használatát. Ezenkívül megvizsgálják a párhuzamos végrehajtás különböző lehetőségeit egy heterogén SoC áramkör (Xilinx Zynq) segítségével. További mérések során a hallgatók betekintést nyerhetnek a nagyobb teljesítményű, ARM architektúrájú mikrovezérlőkre történő szoftverfejlesztésbe FreeRTOS és Linux operációs rendszer alkalmazásával.

2. A tantárgy tematikája

A tantárgy első mérése során a processzor mikroarchitektúrák alapvető funkcionális elemeinek működését vizsgálják meg a hallgatók gyakorlati példákon keresztül. A következő két mérés a grafikus processzorok (GPU) programozásával foglalkozik. A harmadik és negyedik mérésen a hallgatók megismerkednek az USB interfész használatával mind a host, mind az eszköz oldaláról. A hatodik és hetedik mérés a párhuzamos végrehajtás különböző lehetőségeit vizsgálja meg képfeldolgozási feladatok példáin keresztül, egy Xilinx Zynq PSoC segítségével összehasonlítva az FPGA-ban megvalósított hardveres, valamint a SIMD utasításokkal gyorsított processzor alapú feldolgozás tulajdonságait. A nyolcadik és kilencedik mérésen a beágyazott rendszerekre történő szoftverfejlesztés objektumorientált megközelítésének, illetve a beágyazott operációs rendszerek (esetünkben FreeRTOS) alkalmazásának előnyeit mutatjuk be ARM architektúrájú mikrovezérlőkön. Az utolsó mérésen a hallgatók a Linux alapú szoftverfejlesztést ismerhetik meg többmagos processzorok esetén.

A labormérések témái a következők:

- Processzorok funkcionális egységeinek vizsgálata
- Grafikus processzorok általános célú programozása 1.
- Grafikus processzorok általános célú programozása 2.
- USB kommunikáció megvalósítása és vizsgálata 1.
- USB kommunikáció megvalósítása és vizsgálata 2.
- Párhuzamosan végrehajtható algoritmusok megvalósítása Zybo platformon 1.
- Párhuzamosan végrehajtható algoritmusok megvalósítása Zybo platformon 2.
- Objektumorientált alkalmazásfejlesztés beágyazott környezetben
- FreeRTOS operációs rendszer alkalmazása ARM mikrovezérlőn
- Alkalmazásfejlesztés multiprocesszoros környezetben

Robotirányítás rendszertechnikája

Főspecializáció A2 tantárgy

(BMEVIAUMA16, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók ismereteket szerezzenek a komplex automatizált rendszerek egyik nagy családjának, a robotirányítási rendszerek területén használatos hardver és szoftver eszközökről, elsajátítsák a használatos architektúrák és irányítási algoritmusok főbb jellegzetességeit. Megismerkednek a robotok mozgását leíró modellekkel, irányítási architektúráikkal, a robotprogramozási nyelvek szerkezetével és tulajdonságaival. A tantárgy kétféle hatszabadságfokú, általános célú szerelőrobot példáján keresztül szemlélteti a tanultakat. Áttekinti a robotikában alkalmazott digitális

szabályozások elméletét, algoritmusait, realizálási kérdéseit. Bevezeti a hallgatókat napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő robotikai területébe, a mobil robotok és autonóm járművek világába, bemutatva szenzoraikat, tájékozódásuk és irányításuk alapelveit, algoritmusait.

2. A tantárgy tematikája

Robotirányítási alapismeretek
A robot, mint komplex irányítandó folyamat. Robotkarok típusai. Mobil robotok osztályozása.

Robotmanipulátorok geometriája
Direkt és inverz geometriai feladat. Lineáris transzformációk. Koordináta-transzformáció. Az orientáció jellemzése Euler-szögekkel és kvaterniókkal. Merev testek relatív helyzetének jellemzése homogén koordinátákkal. Merev, nyílt láncú elágazás nélküli robotkar leírása, Denavit-Hartenberg-alak.

Robotmanipulátorok kinematikája, dinamikája és irányítási módszerei
Robotkarok differenciális mozgása, a robot Jacobi-mátrixa. Direkt és inverz kinematikai feladat. Statikus erők és nyomatékok transzformálása. Robotkarok dinamikai modelljének rövid áttekintése. Robotirányítási módszerek összefoglalása: Decentralizált szervóhajtások, kiszámított nyomaték (nemlineáris szétcsatolás) módszere, hibrid pozíció- és erőirányítás.

Robotmanipulátorok belső érzékelői
Csuklópozíció és csuklósebesség-érzékelés. Inkrementális adók, abszolút szöghelyzet adók, rezolverek. Az érzékelők illesztése mikrokontrollerekhez, pozíció- és sebességszámítás.

Robotmanipulátorok beavatkozói és szabályozása 1.
Szabályozók és programozásuk. Alapfogalmak, a szabályozók típusai és kiválasztása. Nemlinearitások: kotyogás, érzéketlenségi sáv, telítődés. Az elintegrálódás és kiküszöbölése. Az egyenáramú szervomotor szabályozási modellje.

Robotmanipulátorok beavatkozói és szabályozása 2.
Állandómágneses szinkronmotorok (PMSM) felépítése és modellezése. A mezőorientált szabályozás alapjai. Digitális szabályozó algoritmusok implementációja.

Robotmanipulátorok architektúrája és programozása 1.
A KUKA KR Agilus robotcsalád architektúrája, felépítése, tulajdonságai, programozásának alapjai (KRL nyelvi elemek).

Robotmanipulátorok architektúrája és programozása 2.
A Mitsubishi MELFA ipari robotcsalád architektúrája és programozása. A MELFA robot szimulátora.

Mozgástervezés 1.
Mozgástervezési módszerek alapjai. Diszkrét mozgástervezés: szélességi és mélységi keresés, Dijkstra-algoritmus, A* algoritmus.

Mozgástervezés 2.
A konfigurációs tér. Ütközésmentes globális pályatervezés folytonos térben: láthatósági gráf, celladekompozíció, PRM, RRT, RRT* módszerek.

Mobil robotok lokalizációja 1.
Abszolút és relatív helymeghatározási módszerek. Odometria: inkrementális adók használata, kalibráció. Inerciális szenzorok, lidar szenzorok működési elve, alkalmazásuk a helymeghatározásban.

Mobil robotok lokalizációja 2.
Globális műholdas navigációs rendszerek (GNSS): Működő rendszerek és főbb jellemzőik, a helymeghatározás elve. Pontosság és annak növelési lehetőségei. GPS, DGPS, RTK GPS.

Mobil robotok akadályelkerülése
Virtuális erőtér (VFF), vektormező hisztogram (VFH) és dinamikus ablak (DWA) módszerek. Mobil robotok hierarchikus navigációs rendszerének felépítése.

Robotirányítás rendszertechnikája laboratórium

Főspecializáció A2 labor
(BMEVIAUMB05, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az elvégzendő mérések a Robotirányítás rendszertechnikája tantárgyhoz kapcsolódnak, kiegészítik és a gyakorlatban is bemutatják a megelőző félévben előadásokon és gyakorlatokon hallottakat. A mérések

az előzménytárgy főbb tématerületeit lefedve gyakorlatias, naprakész tudást biztosítanak. A mérések során a hallgatók többféle ipari szerelőrobottal is dolgoznak, és alapvető robotmozgásokat valósítanak meg. Megismerkednek az ipari folyamatszabályozások alapjaival egy PLC-vel irányított desztillációs folyamatmodell segítségével, valamint a kerekeken guruló mobil robotok szabályozásával. További mérések keretében a hallgatók betekintést nyerhetnek a mobil robotok lokalizációjának, környezetérzékelésének és akadályelkerülésének módszereibe.

2. A tantárgy tematikája

A tantárgy első három mérése az ipari robotkarok programozásával foglalkozik egy KUKA és egy Mitsubishi manipulátor esetén, és alapvető robotmozgásokat (pick and place, palettázás stb.) valósítanak meg. Az ezt követő három mérés különböző digitális szabályozási feladatokat vizsgál, beleértve a PLC-vel történő ipari folyamatirányítást, valamint mobil robotokhoz kapcsolódó mozgási feladatokat longitudinális (pályamenti sebesség) és laterális (pályakövető) szabályozás esetén. A hetedik mérés egy robotmodell felépítésének és programozásának lépéseit mutatja be egy differenciális mobil robot példáján keresztül Robot Operating System (ROS) keretrendszerben. Az utolsó három mérés során a hallgatók betekintést nyerhetnek a mobil robotok navigációs feladatainak megvalósításába, ami magában foglalja a dead-reckoning alapú lokalizációt, a LIDAR alapú környezetérzékelést és a lokális (reaktív) akadályelkerülést.

A labormérések témái a következők:

- Ipari szerelőrobot programozása 1. – KUKA KR 10 R1100-2
- Ipari szerelőrobot programozása 2. – KUKA KR 10 R1100-2
- Ipari szerelőrobot programozása 3. – Mitsubishi MELFA RV-3SDB
- Digitális szabályozó algoritmusok 1. – Ipari folyamatszabályozás
- Digitális szabályozó algoritmusok 2. – Sebességszabályozás
- Digitális szabályozó algoritmusok 3. – Pályakövetés
- Mobil robotok programozása ROS keretrendszerben
- Mobil robotok navigációja 1. – A dead-reckoning elv
- Mobil robotok navigációja 2. – LIDAR alapú környezetérzékelés
- Mobil robotok navigációja 3. – Lokális akadálykerülés

Beágyazott operációs rendszerek

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVIAUMB06, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése bemutatni azokat az operációs rendszereket, ill. a hozzájuk kapcsolódó eszközöket, amelyek a korszerű beágyazott rendszerekben megvalósítandó komplex szoftverrendszerek hatékony végrehajtását lehetővé teszik. A tantárgy egyrészt a kisebb – mikrokontroller kategóriájú – eszközökön alkalmazható operációs rendszereket mutatja be, melyek segítségével egyszerűbb szenzorok, IoT eszközök szoftverrendszerei megvalósíthatók. Kitér ezek legfőbb tulajdonságaira, szolgáltatásaira, alkalmazási lehetőségeikre. Másrészt a kifejezetten komplex, akár többprocesszoros rendszerekben alkalmazható Linux operációs rendszert részletesen ismerteti. A Linux operációs rendszerrel kapcsolatban bemutatja a rendszer alapvető felépítését, működését, a hatékony driver és alkalmazásfejlesztés sajátosságait. A megszerzett ismeretek használatával a hallgatók képesek lesznek komplex rendszerek (pl. mobil robotok, autonóm járművek stb.) különböző komponenseinek Linux alapon történő megvalósítására, ill. a rendszerhez illesztésére.

2. A tantárgy tematikája

Beágyazott szoftver architektúrák. Operációs rendszerek alapvető szolgáltatásai, a beágyazott rendszerekben történő alkalmazásuk sajátosságai.

Operációs rendszerek elterjedtsége, kiválasztási szempontjaik. Operációs rendszerek alkalmazása többprocesszoros rendszerekben. A uCos-II, uCos-III operációs rendszerek felépítése és szolgáltatásai. Ütemező algoritmus, taszkok nyilvántartása, elérhető szolgáltatások, taszkok közötti kommunikáció

A FreeRTOS operációs rendszer felépítése és szolgáltatásai. Ütemező algoritmus, taszkok nyilvántartása, elérhető szolgáltatások, taszkok közötti kommunikáció. Heap kezelés, stack overflow detektálás és kezelése.

A GNU/Linux operációs rendszer általános jellemzőinek bemutatása. Megismerkedés a Kernel legfőbb jellemzőivel úgymint ütemezés, memóriakezelés, taszkok nyílvántartása. Az operációs rendszer felépítésének elemzése.

Az alapvető Unix parancsok áttekintése. A BASH shell parancssori és programozási funkciónak részletes tárgyalása. A klasszikus jogosultság kezelés. Egyszerű reguláris kifejezések.

A minimális beágyazott Linux rendszert felépítő legfontosabb komponensek bemutatása. Boot manager, Linux Kernel, glibc, busybox, konfigurálásának és fordításának lépései. Állományrendszerek típusai és a kezelésük.

Automatizált beágyazott Linux rendszert generáló eszközök áttekintése úgy mint Buildroot, OpenEmbedded, Yocto Project. A Yocto Project rendszer felépítésének bemutatása.

A Yocto Project rendszer generálási folyamatába saját komponensek, kiegészítések, javítások beillesztése. Az SDK generálása. Az SDK generálás kiegészítése az egyéni komponensekkel. Szimulációs rendszer létrehozása fejlesztéshez, teszteléshez.

Ismerkedés a fejlesztő eszközökkel: fordító (gcc), fejlesztői könyvtárak, Makefile szintaktikája, autotools.

Az állományabsztrakció bemutatása, és az állománykezelő rendszerhívások áttekintése, beleértve az i-node kezelő függvényeket, I/O multiplexálást, az ioctl rendszerhívást is. Socket kezelés.

A Linux kernel fejlesztés alapjai. Kernel modulok írása, fordítása, használata. Paraméterátadás a modul számára. Karakteres eszközvezérlő felépítésének rövid bemutatása. Megszakítás kezelés.

Linux eszközvezérlő modell bemutatása, GPIO, I2C, SPI buszokra kapcsolódó eszközök Kernel-space drivereinek felépítése, megvalósítása. Eszköz erőforrás menedzsment.

Device Tree bemutatása. Device Tree támogatás implementálása az eszközmeghajtókban. Kernel szálak. Megszakítás kezelés kernel szálakkal. Konkurencia kezelés a kernelben: atomi műveletek, spinlock, semaphore, mutex.

VII.3.6 Vezetéknélküli kommunikációs rendszerek főspecializáció (HVT)

1. A specializáció megnevezése: **Vezetéknélküli kommunikációs rendszerek**
(Wireless Communication Systems)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék (HVT)
4. Oktató tanszékek: HVT, TMIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Nagy Lajos egyetemi docens (HVT)

6. A specializáció célkitűzése:
A vezeték nélküli kommunikáció napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő területe. Napjaink fő kutatási iránya a földi és műholdas mobil kommunikációs és műsorszóró rendszerek, valamint az Internet integrációja. A cellás mobil rendszerek mellett a kooperatív és önszervező hálózatok (SON) már jelenleg is, de a jövőben még inkább kiterjesztik az igénybe vehető szolgáltatásokat a beszédkommunikáció mellett a nagysebességű adatkommunikáció irányába nemcsak video/audio átvitelre, de mobil internet és eszközök közötti kommunikáció (IoT) biztosítására is.
A szélessávú kommunikáció megvalósítása megköveteli a rendelkezésre álló frekvencia spektrum minél hatékonyabb kihasználását az antennák, hullámterjedési ismeretek, mikrohullámú áramköri továbbá kognitív, kooperatív és szoftver rádiós (SDR) megoldások által. A vezetéknélküli helyi hálózatok jelentős számú rádiós megoldása ugyancsak a mobil számítástechnika nélkülözhetetlen tényezőjévé vált. Ezen növekvő komplexitású fix és mobil vezetéknélküli rendszerek fejlesztése, kiépítése, optimális tervezése és üzemeltetése azonban magasan képzett szakembereket igényel. Az alkalmazásfejlesztés ezen hálózatokra ugyancsak jelentős számú villamosmérnököt és informatikust foglalkoztat, akik hatékony munkája a rendszer fizikai rétegének ismerete nélkül nem képzelhető el.
Hazánkban az infokommunikációs rendszereknek jelentős kutatási és fejlesztési háttere van, számos olyan hazai és multinacionális szolgáltatónak és gyártónak van K+F részlege, akik a globális piacra terveznek termékeket. Ennek köszönhetően az Vezetéknélküli kommunikációs rendszerek specializáción végzett mérnökönek számos elhelyezkedési lehetőség kínálkozik, nemcsak ezen szolgáltatóknál és gyártóknál, de az értéknövelt szolgáltatásokat előállító kis- és középvállalkozásoknál egyaránt.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Mikrohullámú áramkörök	A1 tantárgy	BMEVIHVMA17
Mikrohullámú áramkörök laboratórium	A1 labor	BMEVIHVMA16
Antennák és hullámterjedés	A2 tantárgy	BMEVIHVMA15
Antennák és hullámterjedés laboratórium	A2 labor	BMEVIHVMB08
Szélessávú kommunikációs rendszerek és alk.	B tantárgy	BMEVITMMB08
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Mikrohullámú áramkörök

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVIHVMA17, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a korszerű vezeték nélküli hírközlést megalapozó nagyfrekvenciás és mikrohullámú áramkörök működésének megismerése, tervezési módszereik, számítógépes szimulációjuk, méréstechnikájuk elsajátítása. A tantárgy keretében a hallgatók megismerkednek az elosztott paraméterű hálózatok sajátságaival, áttekintik a mikrohullámú technika klasszikus építőelemeit, és elsajátítják a mikrohullámú gyakorlatban fontos áramköranalízis/áramkörszintézis módszereket. A tantárgy épít az iparban elterjedt korszerű számítógépes mikrohullámú tervezőprogramok használatára, valamint

bevezetést ad a digitális jelfeldolgozás egyes speciális, a digitális rádiós implementációkban kiterjedten alkalmazott területeihez.

2. A tantárgy tematikája
Reflexió, átvitel, zaj, szórási mátrix, passzív N-kapu jellemzése.
Hullámvezető struktúrák, mikrosztrip és planár tápvonalak, impedanciaillesztés.
Alapvető passzív mikrohullámú áramkörök: szűrők, iránycsatolók, hibridek.
Mikrohullámú aktív áramkörök, mikrohullámú erősítők: kisjelű, nagyjelű, erősítőosztályok, párhuzamos működés.
Nagyfrekvenciás és mikrohullámú oszcillátorok: szabadonfutó RC, LC, tápvonalas; kristály; VCO.
Aktív és passzív keverők, detektorok, frekvenciasokszorozók, PLL, DDS.
PIN-diódás kapcsolók, szintszabályozók, analóg és digitális fázistolók.
Analóg modulátorok és demodulátorok.
Adás irányú adaptív antenna rendszerek.
Vétel irányú adaptív antenna rendszerek.
Digitális rádiók technológiája (mintavételezés, decimálás, kiterjesztett spektrum).
Digitális KF (digitális szűrés, multirate jelfeldolgozás, digitális modulátorok, demodulátorok).
Konkrét mikrohullámú alrendszerek és rendszerek bemutatása: passzív radar.
Konkrét mikrohullámú alrendszerek és rendszerek bemutatása: műholdas mikro-link.

Mikrohullámú áramkörök laboratórium

Főspecializáció A1 labor
(BMEVIHVMA16, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a „Nagyfrekvenciás áramkörök” tantárgy gyakorlati / laboratóriumi mérési irányból történő megközelítése előzetesen már megvalósított eszközök műszeres mérésén keresztül, így kiegészítve a tantárgyat, illetve alátámasztva az abban tanultakat.

2. A tantárgy tematikája
A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:
- Koaxiális tápvonal, mikrosztrip tápvonal, impedancia illesztés – Smith diagram.
- Teljesítmény osztó hibrid, fázistoló hibrid.
- Mikrosztrip iránycsatoló, SWR mérőhíd.
- Mikrosztrip szűrő, koncentrált paraméterű szűrő.
- Nagyfrekvenciás kisjelű erősítő mérés.
- Nagyfrekvenciás nagyjelű erősítő mérés.
- Nagyfrekvenciás rezgéskeltők: PLL/DDS.
- Passzív és aktív nagyfrekvenciás keverők.
- Digitális KF: analóg AM/FM vevő.
- Digitális KF: digitális modem - GMSK.

Antennák és hullámterjedés

Főspecializáció A2 tantárgy
(BMEVIHVMA15, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése
A távközlő (mobil, műholdas), távérzékelő rendszerek mind szélesebb köre alkalmazza a vezeték nélküli összeköttetéseket. A rendszerek kutatása, fejlesztése és üzemeltetése egyaránt igényli az antennák és hullámterjedés ismeretét. A tantárgy fő feladata a különféle rádiórendszerek tervezéséhez és létrehozásához szükséges ismeretek megadása a hullámterjedés és antennák témakörben az alkalmazáshoz, rádióhálózat tervezéshez szükséges mélységben. Az anyag tartalmazza a szükséges frekvencia gazdálkodási ismereteket és szemléletmódjában az EMC alapelvei érvényesülnek. A tantárgy

áttekintést ad az antennák és a legfontosabb alaptípus antennák működési elveiről, továbbá elsődleges célként tűzi ki rádióösszeköttetések méretezési és antennaválasztási kérdéseinek megtárgyalását. A tantárgy további célja, hogy megismertesse a hallgatókkal az antennafejlesztés legújabb irányait és eredményeit.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés. A rádiórendszerek alapjai, a rádióösszeköttetések legfontosabb rendszerelemei. A vezetett és kisugárzott hullámok leírása, típusai, a polarizáció leírása, speciális polarizációs típusok.

Az antennák jellemzői. Alapfogalmak, irány-karakterisztika, nyereség, irányhatás, hatásos felület, hatásos hossz, polarizációs jellemzők, antenna zajhőmérséklet. A dualitás elve

A huzalantennák típusai. Dipól és monopól árameloszlása, iránykarakterisztikája, sugárzási ellenállása, bemeneti impedanciája, hatásos hossza, kölcsönös impedanciája. Reflektor típusú antennák, sík- és sarokreflektor.

Haladóhullámú antennák. A haladóhullámú vezeték árameloszlása, iránykarakterisztikája.

Apertura antennák. Az apertura tere, paraboloid antennák, tölcsérantennák, lencseantennák elvi működése.

Az antennarendszerek. Antennarendszerek elmélete, adaptív antennák, MIMO.

Antennarendszerek megvalósítása. Dipólfüggönyök és dipólrácsok. Yagi antennák. Mikro-szalagvonalas antennarendszerek.

Szélessávú antennák. Vastag lineáris antennák, kúpos antennák, log-spirál antennák, log-periodikus antennák. Az antennák miniatürizálásának korlátai.

Hullámterjedési módok. Szabadtéri rádióhullám terjedés, földreflexió, rétegezett közeg reflexiója és transzmissziója, reflektált hullám, felületi hullám, diffrakció, refrakció, troposzférikus szórás. Ionoszférikus terjedés. Kétutas terjedés, sík föld felett homogén levegőben. Földi atmoszféra refrakciós leírása, rádió meteorológia. A hullámterjedés gyakorlati terjedési modelljei. Frekvenciagazdálkodás, spektrumkihasználás. Rádióösszeköttetések méretezése.

Összegzés, kitekintés.

Antennák és hullámterjedés laboratórium

Főspecializáció A2 labor

(BMEVIHVMB08, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy fő célkitűzése az „Antennák és hullámterjedés” tantárgyban tanult ismeretek gyakorlati elsajátítása. A hallgatók végigkövetik a rádiórendszerek építőelemeinek egyedi, és a teljes rádióösszeköttetés mérését. A gyakorlatok során megismerkednek a feladat számítógépes modellezésével, valamint a mérés gyakorlati végrehajtással, a mérések hardver eszközeinek megválasztásától a mérési eredmények értékeléséig.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:

- Bevezető, tájékoztató, a mikrohullmú laborműszerek kezelése, az antenna mérőszoba bemutatása
- Mikrohullámú passzív építőelemek mérése, szűrők, iránycsatolók, lezárók, teljesítményosztók
- Antennatervezés 4nec2 alkalmazásával (dipól, reflektorfalas dipól)
- A megtervezett antenna mérése (WiFi sávú antenna)
- Mobil hírközlésben alkalmazott antennák tulajdonságainak mérése
- Rádióhullámok terjedése épületen belüli hírközlésnél
- Vezetett rádiófrekvenciás zavarkibocsátás és immunitás vizsgálata mintaberendezéseken
- Sugárzott rádiófrekvenciás zavarkibocsátás és immunitás vizsgálata mintaberendezéseken
- Koaxiális kábelek vizsgálata FMCW radar elven megvalósított mérőeszközzel – diszkontinuitások okozta reflexiók a távolság függvényében és az ebből meghatározott Sparaméterek
- Közeltéri antennamérés, közeltéri térerősség, Közeltér-távoltér transzformáció az antenna iránykarakterisztika meghatározására

Szélessávú kommunikációs rendszerek és alkalmazások

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVITMMB08, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, TMIT-HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A Hírközléselmélet tantárgyban előadott elméleti alapokra építve a szélessávú vezeték nélküli kommunikációs rendszerek alapvető eljárásainak, valamint alkalmazásainak ismertetése az alábbi témakörök szerint.

A félév első fele az átviteli közegek tulajdonságait ismerteti, áttekintve a földi és műholdas mikrohullámú közeg, a mobil, valamint a fix telepítésű és műsorszóró (földfelszíni és műholdas) rádiócsatorna tulajdonságait (pl. WSSUS), kitérve a pont-pont, pont-többpont (pl.: MIMO) csatornákra is. Ezután a rádiócsatornáknál alkalmazott szélessávú rendszereket tárgyalja, kitérve a többvivős modulációs eljárások - OFDM, FBMC, kiterjesztett spektrumú rendszerekkel (konstans és változó sebességű szolgáltatások esetére is), a többszörös hozzáférésű rendszerekkel (CDMA, FDMA, TDMA, SDMA), többfelhasználós vételi eljárásokra is. Ugyancsak szemléltetjük ezen rendszerek alapsávi rendszerábrázolását, modellezési és szimulációs eljárásait, adott sztochasztikus jellemzőkkel rendelkező valós és komplex jelek előállítását, a rendszerjellemzők szimulációs becslését.

A félév második felében áttekintjük a fontosabb szélessávú kommunikációs rendszereket, megvizsgáljuk átviteli tulajdonságaikat, a közeghozzáférési mechanizmusokat, valamint az erőforrás menedzsment lehetőségeket. Kiemelten tárgyaljuk a 802.11-alapú vezeték nélküli hálózatokat és az 5. generációs mobilhálózatokat. Az előadások során támaszkodunk a félév első felében megszerzett elméleti tudásra. Ezeken felül áttekintjük a kommunikációs hálózatok és a rájuk épülő alkalmazások (szolgáltatások) tervezési, megvalósítás és üzemeltetési szempontrendszerét.

A félév végére a hallgatók birtokába jutnak azon ismereteknek, melyekkel képesek lesznek a jövő szélessávú kommunikációs rendszereinek alapvető – fizikai és felsőbb rétegbeli – tulajdonságainak tervezésére, modellezésére és vizsgálatára. Ezeken felül megismerkednek a szélessávú kommunikációs hálózatokra épülő szolgáltatások átviteli követelményeivel.

2. A tantárgy tematikája

Rádióátviteli közegek tulajdonságai: a földi és műholdas mikrohullámú közeg, a mobil, valamint a fix telepítésű rádiócsatorna tulajdonságai. Az ilyen idővariáns lineáris rendszerek analitikus vizsgálata.

Szorzó típusú (multiplikatív) fédinges rádiócsatorna statisztikai leírása közvetlen rálátású (LOS, Rice féding) és e nélküli (NLOS, Rayleigh féding) esetben. Doppler kiterjedés, Jakes spektrum.

Többutas terjedéses rádiócsatornák, mint idővariáns rendszerek leírása Bello–féle sztochasztikus rendszerfüggvényekkel. A Bello függvények korrelációs vizsgálata, időben gyengén stacionárius, korrelálatlanul szóró csatorna (WSSUS) jellemzése; koherencia idő/sávszélesség, Doppler/késleltetés kiterjedés. Szélessávú rendszerek definiálása.

WSSUS csatorna modellezése. Diverziti eljárások a féding ellen: idő/frekvencia/tér diverziti; SISO, SIMO, MISO, MIMO rendszerek. RAKE vevőkészülék.

Kiterjesztett spektrumú és többszörös hozzáférésű rendszerek: SS (kódok, közvetlen kódsorozatú rendszerek, lassú, gyors frekvenciaugratásos rendszerek); többszörös hozzáférésű rendszerek (CDMA, FDMA, TDMA, SDMA), többfelhasználós vételi eljárások.

Többcsatornás, többvivős rendszerek: OFDM (ortogonalitás, csatornakorrekció OFDM-rendszerekben, védelmi idő stb.), FBMC.

Pont-pont, pont-többpont, multi-link rendszerek (SISO, SIMO, MISO, MIMO) csatornákra, egyfelhasználós és masszív MIMO rendszerek.

Vezeték nélküli technológiák strukturált áttekintése: osztályozás, összehasonlítás, fizikai rétegek jellemzői, korlátok.

802.11 helyi hálózatok: szabványok, átviteli tulajdonságok, generációk összehasonlítása, közeghozzáférés, erőforrás menedzsment.

802.11 helyi hálózatok: vállalati WiFi, hozzáférés-szabályozás, központosított infrastruktúra, szolgáltatásminőségi garanciák, roaming.

5. generációs mobilhálózatok: 4G, 5G, generációk és fejlődésük, architektúra, GTP-C/U, S1AP és S1U, mobilhálózati interfészek és szerepük.

5. generációs mobilhálózatok: 5G+, LPWA, 4G/5G privát hálózatok, felhasználási esetek, eMBB, URLLC, MMTC.

Alkalmazás-specifikus technológiák: DECT, LoRa, SIGFOX, átviteli jellemzők, közeghozzáférés, specifikus alkalmazási területek, integrálhatóság.

Szolgáltatások és kiszolgáló architektúrák: szolgáltatások tervezési szempontjai, követelményspecifikáció, architekturális tervezés, integráció, szolgáltatásminőség, teljesítménymutatók, benchmarking.

VII.3.7 Villamosenergia-rendszerek főspecializáció (VET)

1. A specializáció megnevezése: **Villamosenergia-rendszerek**
(Power Systems)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Villamos Energetika Tanszék (VET)
4. Oktató tanszékek: VET
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Raisz Dávid egyetemi docens (VET)

6. A specializáció célkitűzése:
A specializáció azon hallgatók érdeklődésére épít, akik az intelligens elosztó és átviteli hálózatok, a megújuló energiatermelő rendszerek integrációjával, a villamosenergia piacok működésével, a műszaki, szabályozási és döntéstámogató rendszerekkel kapcsolatos ismereteket kívánnak szerezni. A specializáció céljai az alábbiak: A villamosenergia-rendszerek tervezésével, üzemeltetésével, védelmi és irányítási rendszereivel, a hagyományos és megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos technológiák és vizsgálati módszerek ismeretanyagának elsajátítása. A villamosenergia-technológia trendek megértéséhez nélkülözhetetlen rendszerszemlélet elsajátítása. Betekintés a smart hálózatok, az okos mérés, az elektromobilitás és az elosztott energiatárolás aktuális kérdéseibe. Az energetikai technológiákhoz kapcsolódó fizikai folyamatok elméleti hátterének megértése, az ismeretek alkalmazása a számítógéppel támogatott tervezésben, valamint a hatékony és biztonságos üzemeltetésben.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Villamosenergia-rendszer üzeme és irányítása	A1 tantárgy	BMEVIVEMA15
Villamosenergia-rendszerek laboratórium 1	A1 labor	BMEVIVEMA16
Védelmi rendszerek és méréstechnika	A2 tantárgy	BMEVIVEMA17
Villamosenergia-rendszerek laboratórium 2	A2 labor	BMEVIVEMB03
Hálózati tranziensek	B tantárgy	BMEVIVEMB04
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	ld. tantárgylista

Villamosenergia-rendszer üzeme és irányítása

Főspecializáció A1 tantárgy
(BMEVIVEMA15, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése
A villamosenergia-rendszer kialakításának, működésének és irányításának megértéséhez szükséges rendszerszemlélet elsajátítása, a kapcsolódó fizikai jelenségek és folyamatok elméleti hátterének megértése, a folyamatok befolyásolására alkalmas eszközök megismerése, az ismeretek alkalmazása a számítógéppel támogatott tervezésben, irányításban és a biztonságos üzemeltetésben.

2. A tantárgy tematikája
Az európai villamosenergia-rendszer, villamosenergia-rendszerek együttműködése. Európai rendszerek, szervezetek. Az európai rendszerek és a magyar VER fő jellemzői. Átviteli és elosztó hálózat Magyarországon, határkeresztező távvezetékek.
Villamosenergia-rendszer üzemi követelményei. Villamosenergia-szolgáltatás. Folyamatok, működések. Minőség, minőségbiztosítás. Rendszerbiztonság, stabilitás (n-1 elv, szinkronstabilitás, frekvenciastabilitás, feszültség-stabilitás).
Rendszerállapotok, átmenetek. Üzemállapot kategóriák, átmenetek. (normál, veszélyeztetett, veszélyes, üzemszünet, visszatérítés) Az üzemzavarok kiterjedésének megakadályozása.
Szinkrongenerátor villamos üzeme állandósult állapotban. A szinkrongenerátor kialakítása. Jelleggörbék, paraméterek, modellek. A generátor kapocsteljesítménye. Terhelési szög. Generátormodell d-q

komponensekkel. Teljesítmények d-q komponensekkel. Az Up-Xd modell. Szinkronozás, lekapcsolás a hálózatról. Kompenzátor üzem. Generátoros üzem. A generátor tartós terhelhetősége (határértékek állandósult üzemben, P-Q terhelhetőségi diagram). A generátor hálózati üzeme (szigetüzem, hálózati szinkron üzem). Kapocsfeszültség-meddőteljesítmény üzemállapotok (Ug-Qg szabályozása, A gerjesztésszabályozás hatása).

Turbina-generátor egység elektromechanikai lengései. Generátor általános d-q modell (Szubtranziens mélységű d-q modell. Generátor villamos paraméterek. Tranziens modell: 3F kapocszárlat és lekapcsolása) Generátor E'-X' modell (Áramköri modell és fazorábra). Hálózatredukciós eljárás. Villamos és mechanikai egyenletek (A generátor hálózatba táplált teljesítménye. Lengési egyenlet). Munkapontra linearizált lengési egyenlet (Lengési egyenlet kis változásokra. Karakterisztikus egyenlet. A sajátlengés frekvenciája). Elektromechanikai lengési frekvenciák.

Szinkrongenerátor üzemének stabilitása. A stabilitás-instabilitás értelmezése. A szinkronstabilitás és vizsgálatának kategóriái. A lengési egyenlet megoldása, tranziens lengés. Tranziens stabilitás, az egyenlő területek módszere.

Többgépes rendszer elektromechanikai lengései. Az elektromechanikai lengések kialakulása. A lengéseket befolyásoló hatások. Villamos szögek és forgórész szöghelyzetek: a szöghelyzetek értelmezése, mérése. Követő koordinátarendszer. Tömegközéppont, lengésközpont.

A fogyasztói terhelések feszültség- és frekvenciafüggése. A függés fizikai háttere. A leképezés elve, összefüggései. Jellemző paraméterek. Statikus és dinamikus modell. Példa U és f függésre.

Teljesítmény-egyensúly, P-f szabályozás. Szinkron frekvencia. A hatásos teljesítmény és a frekvencia kapcsolatának energetikája szinkrongenerátoros rendszerben (statikus és dinamikus egyensúly, rendszerfrekvencia hálózati csomópont frekvenciája). A P-f szabályozás rendszere (szabályozási szintek és feladatok, fogalmi meghatározások, a szabályozások időbelisége). Szabályozási blokkok a kontinentális európai rendszerben.

Primer és szekunder szabályozás. Primer szabályozás - statikus egyensúly, terhelésfelvétel a P-f karakterisztika szerint. A turbinaszabályozó P-f karakterisztikája. Primer és szekunder szabályozás egygépes rendszerben. Primer szabályozás többgépes rendszerben. A szinkron rendszer statikus dP-df karakterisztikája. Erőmű blokk és P-f szabályozásának funkcionális sémái.

Frekvenciafüggő fogyasztói korlátozás (FTK) Az FTK elvi működése (Frekvencialépcsős, időlépcsős FTK) Az optimális FTK rendszer kialakításának alapkérdései. Az ENTSO-E ajánlása frekvencialépcsős FTK-ra.

Szekunder és tercier szabályozás együttműködő rendszerekben. Szekunder szabályozás többgépes rendszerben. Jellemző erőmű-terhelések, generátor terhelési szintek. Csereteljesítmény-frekvencia szabályozás (A felelősségi elv. Területi szabályozási hiba. A szabályozási igény grafikus ábrázolása. Szabályozási hurkok. Gyakorlati szabályozás ACE alapján. A szükséges termelés elosztása a gépegységek között). Szabályozások együttműködése, új eljárások.

Lengéscsillapítás. Stabilitásmentés. Lengéscsillapítás: Lengésképek, Csillapító teljesítmény. A PSS hatásmechanizmusa. PSS kialakítások. Stabilitásmentés: A stabilitásmentés elve, módszerei.

Reszinkronizáció. Aszinkron rendszerek összekapcsolása. Frekvencia regisztrátum reszinkronizációról. Az összekapcsolási folyamat elvi háttere. Alapfolyamatok szimulációja elvi modellen. A reszinkronizáció sikerességének feltételei. ENTSO-E ajánlások reszinkronizációhoz.

Automatikus szinkronozó és szinkronellenőrző készülék (ASZK). Az ASZK feladata. Biztonságos bekapcsolás. ASZK üzemmódok a frekvencia-eltérés szerint. Jellemző beállítási értékek.

Európai együttműködések a villamosenergia-rendszer irányításában. Szabályozói keretek. TSC. Hálózati üzembiztonságra irányuló együttműködések: CGM, OPC, CCC, CSA. Rendszeregyensúlyra irányuló együttműködések: STA, IGCC, MARI/TERRE/PICASSO. TYNDP.

Az AC teljesítmény-átvitel korlátai. Feszültség stabilitás, szinkron stabilitás. Az átvivő képesség növelése. Határkeresztező átviteli kapacitások. A feszültség stabilitás-instabilitás dinamikája (szimulációk).

VER meddőteljesítmény-egyensúlya. Meddőteljesítmény-egyensúly rendszerszinten. Egy rendszertag egyensúlya és ennek összetevői:120 kV/KÖF transzformátorállomások, 120-220-400 kV-os átviteli és elosztóhálózat (távvezetékek, NAF/NAF transzformátorok, söntfojtók), meddőteljesítmény export-import, erőművek és erőművi generátorok. A rendszerterhelés hatása.

Az átviteli hálózat U-Q szabályozása. Az átviteli hálózat U-Q szabályozása: alapelvek, eszközök, szabályozási szintek. FACTS eszközök működési elve.

Modellezési feladatok és számítási módszerek a villamosenergia-rendszerben. Állapotbecslés: algoritmusok, számítási példa. WAMS. Állandósult állapotbeli számítások: optimális load-flow (példa). Zárlatszámítás. Tranziens stabilitás számítása (példa).

Az inercia jelentősége a villamosenergia-rendszerben, inverteres csatlakozású termelőegységek szabályozástechnikája. Az inercia szerepe, ROCOF, termelőegységeknél rendelkezésre álló inercia. Grid-forming, grid-feeding, grid-supporting inverterek. A dq-koordinátarendszer. Grid-feeding invertereket leíró rendszeregyenletek, PLL, szabályozási egyenletek.

Átviteli hálózat üzemvitele. A rendszerirányító alapfeladatai. Számítógépes támogatás: SCADA és EMS rendszerek (modulok, kommunikációs protokollok, felépítés. EMS funkciók).

Villamos elosztó hálózatok, nagyvárosi villamosenergia-ellátás. Hálózati topológiák, kábeles és szabadvezetékes hálózatok. Bontási lehetőségek (TMOK, ETM). Budapest ellátási sajátosságai. Megbízhatóság, redundancia. Kiesési mutatók (SAIDI, SAIFI). Garantált szolgáltatások. Közvilágítás.

Elosztóhálózat üzemvitele. Irányítástechnikai eszközök. Megfigyelhetőség, állapotbecslés elosztóhálózaton. Kisfeszültségű üzemirányítás.

Elosztóhálózati üzemvitelt támogató megoldások: GIS, munkairányítási megoldások, naplózási funkciók, beruházástámogatás, kiszolgáló egységek támogatása

Villamosenergia-rendszerek laboratórium 1

Főspecializáció A1 labor

(BMEVIVEMA16, szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A laboratórium célja a specializáció tantárgyaihoz (elsődlegesen a Villamosenergia-rendszer üzeme és irányítása c. tantárgyhoz) kapcsolódva a tananyag elmélyítése, gyakorlati vonatkozásainak bemutatása, labormérések és szimulációk keretében.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:

- Teljesítményáramlás vizsgálata számítógépen: Nagyfeszültségű hosszú távvezeték üzeme (PowerWorld) - Load-flow, feszültségszabályozás, számítógépi modellen.
- Nagy hálózatok üzemeltetésének vizsgálata DigSilent szoftverrel.
- Szinkrongenerátor elektromechanikai lengései; lengéscsillapítás – A turbógenerátort a hálózati oldalról érő hatások által iniciált elektromechanikai lengések vizsgálata -zárlatok, P, f változások-, lengések csillapítása.
- EMTP – Hálózati tranziensek vizsgálata.
- Túlfeszültség-védelmi eszközök vizsgálata – Varisztor, gáztöltésű levezető, szupresszor dióda karakterisztikájának felvétele, védelmi hatásának vizsgálata.
- Kapcsolási tranziensek mérése – Toroid transzformátor kapcsolási áramlökéseinek mérése.
- Elektromágneses összeférhetőség (EMC) – Alállomási EMC mérések külső helyszínen.
- Terhelésbecslés neurális hálózatokkal – Rövidtávú terhelésbecslés MATLAB szoftverrel.
- Kisfeszültségű kapcsolókészülékek vizsgálata
- Hálózati inverterek szabályozása

Védelmi rendszerek és méréstechnika

Főspecializáció A2 tantárgy

(BMEVIVEMA17, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatókkal a villamosenergia-rendszerben, az erőművekben, az ipari és kommunális hálózaton fellépő meghibásodások hárítására szolgáló védelmek elveit, beállításait, a korszerű megvalósításhoz szükséges méréstechnikai és mikroprocesszoros jelfeldolgozáshoz kapcsolódó ismereteket, a rendszerirányítással kommunikálni képes intelligens védelmekkel bezárólag, továbbá a VER megbízható működését fenntartó üzemviteli és üzemzavar elhárító automatikák feladatait és kialakítását.

2. A tantárgy tematikája

Védelmi alapfogalmak, védelmekkel és védelmi rendszerekkel szemben támasztott követelmények, generációk, védelmi rendszer tervezése. Védelmi tartalékolás, távoli, közeli tartalékvédelem, megszakító beragadási védelem. Védelmi filozófia és stratégia, megoldások. Túláramvédelem.

Automatikák felosztása, feladatuk, szerepük a villamosenergia-rendszerben. Visszakapcsoló, átkapcsoló és rendszerautomatikák. Zárlati teljesítményirány érzékelés.

Differenciál elvű védelmek és megoldások.

Távolsági védelmek.

Védelmi parancsátvitel. Hálózati inverterek védelmei.

Komplex transzformátor védelem funkciói: túláramvédelem, differenciál védelem, felharmonikus reteszelés, védelem a bekapcsolási áramlökések ellen. Komplex generátor védelem jellemző funkciói: 100 %-os testzárlat védelem, aszimmetria védelem, forgórész védelem, szinkronozás.

Primer és szekunder mérőváltók, a jelek galvanikus leválasztása. Áramváltó méretezése.

VER mennyiségek speciális méréstechnikai megoldásai, védelmekben alkalmazott korszerű méréstechnikai és SW technológiai megoldások.

A védelmek illesztése az alállomási üzemirányítási rendszerbe. Az üzemirányítási rendszer feladata, felépítése. A védelmek és az üzemirányítási rendszer összeolvadása. Az üzemirányítási feladatok megvalósítása komplex védelmi készülékekkel.

A digitális védelmek a korszerű alállomási információs rendszerben. A szerver-kliens kapcsolat az Ethernet rendszerben. WAMS. A kommunikációs feladatok az információs rendszerben. Hagyományos és korszerű megoldások. Kommunikációs szabvány és megvalósítása a korszerű védelmekben. Fejlődési tendenciák az alállomási szekunder technológiában.

Elektromágneses összeférhetőség (EMC) fogalma, zavarjelenségek, EMC megvalósításának módja, EMC tervezés.

Alállomási elektromágneses zavartípusok, környezetek és jelvezetékek osztályozása, zavartűrés vizsgálati eljárások.

Alállomási árnyékolási megoldások, földelés és EMC.

Villamosenergia-rendszerek laboratórium 2

Főspecializáció A2 labor

(BMEVIVEMB03, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A laboratórium célja a specializáció tantárgyaihoz (elsősorban a Védelmi rendszerek és méréstechnika c. tantárgyhoz) kapcsolódva a tananyag elmélyítése, gyakorlati vonatkozásainak bemutatása, labormérések és szimulációk keretében.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:

- Túláramvédelem – ETIVA és DTIVA védelem beállítása, zárlatképzés modellen, működésvizsgálat különböző üzemállapotokban.
- Távolsági védelem – ETV és DTVA védelem beállítása, zárlatképzés modellen, működésvizsgálat különböző üzemállapotokban.
- Digitális túláramvédelem, digitális távolsági védelem – Védelmek beállítása, nyomatása generátorral, karakterisztika ellenőrzése.
- Transzformátor-differenciálvédelmek vizsgálata – Modellen zárlatképzés, védelem működésének ellenőrzése.
- Digitális motorvédelem – Védelem beállítása, nyomatása generátorral, ellenőrzése
- Kezelőközponti tréningszimulátor megismerése – Különböző védelmi működések szimulációja, kiértékelése tréningszimulátor szoftveren.
- Villamosenergia kereskedelmi szimuláció: tőzsdei ajánlatok értelmezése, beadása, klíring elemzése, árazás és ajánlatadás.

- Szekunder mérőváltók vizsgálata – ETV 5A áramváltó áttételi és fázishibájának, valamint a szekunder oldali feszültségnek a mérése a lezáró ellenállás függvényében, névleges és 10x-es áramnál; ETV 100 V feszültségváltó gerjesztési impedancia változásának mérése a feszültség és a frekvencia függvényében, a mérőváltók alkalmazhatósági területeinek felmérése.
- Feszültség alatti munkavégzés.
- Szélerőművi generátorok és szabályozásuk.

Hálózati tranziensek

Főspecializáció B tantárgy

(BMEVIVEMB04, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A villamosenergia-rendszerben lezajló elektromágneses tranziens folyamatokat kiváltó okoknak, a folyamatok fizikájának és a tranziensek következményeinek megismertetése. Az előadások a villamosenergia-hálózat rendellenes üzemállapotai, zárlatai során fellépő folyamatai, a túlfeszültségek elleni védelem kialakításához, a rendszer egyes korszerű megoldásai működésének mélyebb megértéséhez kívánnak segítséget nyújtani. A gyakorlatok célja az egyszerűsített fizikai kép kialakítására alkalmas módszerek és a tranziensek szimulációjára alkalmas számítási eljárások, technikák bemutatása.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, tantárgykövetelmények. Elektromágneses tranziensek szerepe a villamosenergia-rendszer működésében és megbízhatóságában.

Tranziensek a villamosmérnöki gyakorlatban, tranziensek főbb jellemvonásának áttekintése. Elosztott és koncentrált paraméterű hálózatok tulajdonságai.

Hullámterjedés ideális egyvezető-föld rendszerben, hullámreflexió és áthatolás diszkontinuitási pontokon.

Sorozatos hullámreflexiók számítása: Bergeron- és Bewley módszer áttekintése.

Szerkesztési módszerek korlátai, visszamaradó töltés hatása a bekapcsolás sikerességére. Védekezés a visszamaradó töltés ellen. Kábeles bevezetésű alállomások túlfeszültségvédelme.

Cancellation wave, steady-state waves módszerek. Kis távolságú zárlatok tisztázása.

Referencia áramkörök: egyszerű és bonyolult referencia kapcsolások kialakításának elmélete. Hullámalak hatása a referencia áramkör pontosságára.

Veszteségek hatása a hullámterjedésre. Sodrony- és koronakisülés hullámtorzító hatása. A veszteséges föld hullámtorzító hatása.

Hullámterjedés két, illetve n-vezetős rendszerben. Modusok kialakulásának fizikai magyarázata. Több vezetős, reális rendszer hullámfolyamatainak visszavezetése egy vezető-föld rendszer tranzienseire.

Elektromágneses összeférhetőség I: (EMC) fogalma, zavarjelenségek osztályozása, terjedési módjai.

Elektromágneses összeférhetőség II: Alállomások, kábelvonalak, távvezetékek földelési rendszerei, a földelési mód kihatása a tranziens- és földzárlati potenciálemelkedésre. Nemzetközi gyakorlat áttekintése, a potenciálemelkedés számítási módszerei. Szakaszolási tranziensek, alállomási árnyékolási megoldások.

Szinkrongenerátorok tranziensei: háromfázisú, szimmetrikus zárlatok tranziens jellemzői.

Szinkrongenerátorok tranziensei: aszimmetrikus zárlatok tranziens jellemzői.

VII.3.8 Főspecializációk kötelezően választható (C-típusú) tantárgyai

A szakmai törzsanyagot képező főspecializációk részét képezik az ún. C típusú tantárgyak, melyek közül egyet – a főspecializációjától függetlenül – minden hallgatónak teljesítenie kell. Ez a tantárgy egy adott tantárgylistából választható (ún. kötelezően választható típus), a tantárgyak vagy a tavaszi, vagy az őszi félévekben kerülnek meghirdetésre. A tantárgyak valamennyi főspecializáció számára a következők:

Tantárgy neve	Meghirdető tanszék	Tantárgykód	Meghirdetés féléve
Alkalmazásfejlesztés	AUT	BMEVIAUMB07	tavaszi
Nanoelektronika, nanotechnológia	EET-ETT	BMEVIEEMB03	tavaszi
Korszerű fejlesztési folyamatok menedzsmentje	ETT	BMEVIETMB03	tavaszi
Kommunikációs hálózatok teljesítményének elemzése	HIT	BMEVIHIMB05	őszi
Mikrohullámú távérzékelés	HVT	BMEVIHVMB09	tavaszi
Nemlineáris és robusztus irányítások	IIT	BMEVIIIMB07	őszi
Biztonságkritikus beágyazott rendszerek	MIT	BMEVIMIMB07	őszi
Véges matematika villamosmérnököknek	SZIT	BMEVISZMA08	tavaszi
Rádiós helymeghatározási technológiák	TMIT	BMEVITMMB07	őszi
Villamosenergia-piac	VET	BMEVIVEMB05	őszi

Alkalmazásfejlesztés

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIAUMB07, tavaszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal azokat az eszközöket, melyek a programozási alapismereteken túl a nagyobb szoftverfejlesztési projektek esetében szükségesek. Ide tartoznak a magas szintű osztálykönyvtárak, az automatikus tesztelés, a verziókezelés és dokumentációs módszerek. A tantárgy első részében a C# és .NET Core, majd az Universal Windows Platform (UWP) lehetőségeit mutatjuk be, utána pedig a szoftverfejlesztésben széles körben megjelenő tervezési mintákat tekintjük át. Mindezek során a tantárgy kiemelt hangsúlyt fektet a beágyazott rendszerekhez kapcsolódó feladatokra, valamint az ezekből származó speciális környezetekre.

2. A tantárgy tematikája

C# és .NET alapok
- Git és github.com, github classroom rövid áttekintése a házi feladathoz, C# nyelvi alapok, IEnumerable interface, sorosítás, Linq technológia
- Kommunikáció (HTTP protokoll felett), adat perzisztencia (XML, Entity Framework)

Grafikus felhasználói felület UWP alapokon
- XAML alapú felhasználó felület fejlesztés alapjai
- Adatkötés és ItemsControl, rajzolás, MVVM architektúra
- Grafikonok készítése, multithreading eszközök.
- Az egyes technológiákat több, összetettebb példaalkalmazáson keresztül nézzük meg.

Tesztelés, dokumentáció, clean code elvek
- Unit tesztelés, mockolás, Test Driven Development, mutation testing
- Clean Code és SOLID elvek áttekintése, Hibakezelési technikák összefoglalása
- UML alapok, DocFx használata

Tervezési minták, refaktorálás
- A szoftvertervezés fontossága, az előre tervezés és a változó igények összeegyeztetése a gyakorlatban. Tipikus szoftver architektúrák, Tervezési minta, mint eszköz, előre és utólagos felismerésük, refaktorálás

Létrehozási minták (dependency injection, singleton, abtract factory, factory method)
Parancsvégrehajtási minták (command, command processor, memento)
Egyéb gyakori minták (observer, adapter, facade, composite, proxy)
Tervezési minták beágyazott környezetben, C++ alapú esettanulmány

Nanoelektronika, nanotechnológia

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIEEMB03, tavaszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, EET-ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja azon új szemlélet és új leírási módszertan ismertetése, amely a nanométeres mérettartományhoz közelítő mikroelektronikai eszközök működésének és a mikro-megmunkálási technológiák folyamatának mélyebb megértéséhez, tervezéséhez szükséges. Az elektronikus eszközökben és alkatrészekben a nanométeres térbeli, és a nano- ill. femtoszekundumos időbeli tartományban érvényesülő fizikai jelenségek tárgyalása alapvető fontosságú, különös tekintettel az ezeken alapuló új eszközökre és azok működési elveire.
Az elektronikai technológia területén az alkalmazott anyagtudományi alapok nanotechnológia orientált elmélyítése, a nanométeres strukturáltság miatt fellépő különleges fizikai, kémiai anyagtulajdonságok, valamint a nanométeres tartományában alkalmazható vizsgálati és megjelenítési módszerek megismertetése a cél.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés a nanotechnológiába, a fizikai tulajdonságok megváltozása a nano méretskálán. Elektronikai rendszerek előállításának fizikai, kémiai és nano-technológiai megközelítése, az előállítási folyamatok áttekintése és csoportosítása.
Félvezető (Si) „top down” technológia 1: egykristályok előállítása, epitaxiális rétegnövesztés, oxidnövesztés, fotoreziszt technológiák.
Félvezető (Si) „top down” technológia 2: marási technikák, kémiai rétegleválasztás, diffúzió, ionimplantáció, vezető és szigetelő rétegek kialakítása.
Alkatrész és moduláramkör technológiák alapjai. Vegyület-félvezető struktúrák technológiája és alkalmazásaik: III-V és II-VI típusú vegyület-félvezetők, direkt és indirekt sávszerkezet, optikai tulajdonságok és alkalmazásuk, vegyület-félvezető multirétegek előállítása és alkalmazása.
Kvantumvölgyes szerkezetek és azok gyakorlati alkalmazásai (pl. LED-ek). A nanotechnológia alkalmazása a klasszikus félvezető eszközökben a termikus problémák kezelésére.
Izotróp és anizotróp maratási technológiák térbeli szerkezetek előállítására (üregek, mikrocsatornák, membránok, csövek, tű, híd, konzol, felfüggesztett tömeg). A tömbi és felületi mikromegmunkálás technológiai változatai.
Vékonyréteg technológiák alkalmazása passzív hálózatok, optikai rétegszerkezetek, és kijelzőkben való (képernyők stb.) előállításában.
A nanotechnológia alapjai. Nanocsövek, nanovezetékek, speciális multiréteg struktúrák. Nanoobjektumok létrehozása félvezetőkön. Szilárdtestek és vékonyrétegek nanomechanikai tulajdonságai. A szén allotrop módosulatai és nanotechnológia alkalmazásuk. Fémes nanoszerkezetek létrehozása és alkalmazása.
A méretcsökkentés következtében fellépő fizikai jelenségek, elektronikus eszközökben és áramkörökben, az eszközök működését alapvetően meghatározó karakterisztikus távolságok és idők, a másodlagos hatások (kvantumos, termikus…) erősödése és befolyása az eszközök és áramkörök jellemzőire.
Speciálisan nanoelektronikához kapcsolódó elektronikus eszközök és alkatrészek (méretcsökkentett MOS tranzisztorok, vákuum-mikroelektronika, egy-elektronos áramkörök, memóriacellák, spintronika, kvantumelektronika, szén nanocsöves tranzisztorok, grafén, oxid-elektronika, termikus-elektromos integrált áramkörök).
A nanométeres mérettartományban alkalmazható különleges technológiai eljárások, a top-down és bottom-up elv, nanolitográfia, önbeállítás, önszerelés.

A nanométeres tartományában alkalmazható vizsgálati és megjelenítési módszerek: pásztázó felületvizsgálati eljárások (AFM, STM, KFM, NSOM).
Szimuláció fontossága a nanoelektronikában, részecske dinamika elvén működő szimulációs módszerek áttekintése.
A nanotechnológia legújabb eredményei és előrejelzések az ITRS alapján.

Korszerű fejlesztési folyamatok menedzsmentje

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIETMB03, tavaszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy bevezesse a hallgatókat azokba a folyamatokba, amelyek rendszerbe szervezik a fejlesztő, valamint gyártó cégek szakmai munkáját és együttműködését, valamint, hogy megismertesse a hallgatókat azon statisztikai módszerekkel, amelyek az elektronikai ipar folyamatainak elemzésére használatosak, és segítséget nyújtanak a hatékony vezetői döntéshozatalban.
Termékfejlesztési modellek, a professzionális fejlesztési folyamatok eszköztára (pl. követelménymenedzsment, verzió követés, változás menedzsment) bemutatása. Biztonságkritikus elektronikai termékek fejlesztési szempontjai. A szakmai és pénzügyi szempontok kölcsönhatásának menedzsmentje a gyártásban: termékárazás, költségek, minőségi mutatószámok. Matematikai statisztikai módszerek ismertetése a gyártási folyamatok monitorozása során kapott eredmények kiértékelése és az ez általi döntéshozatal megkönnyítésére.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés
A tantárgy követelményeinek ismertetése. Ipari korszakváltások példái (a belsőégésű motoroktól az elektromos autókig, a mutatóktól a kijelzőkig). A cégstratégiától a termékbevezetésig (milyen jövőre és milyen jelenre koncentráljuk az erőforrásokat).

Fejlesztési folyamatmodellek és menedzsmentjük
Alapvető fejlesztési modellek ismertetése (pl. V modell, vízesés modell, agilis módszerek). Fejlesztési folyamatok szabványai, minősítések (SPICE, CMMI, ISO26262). Követelmény menedzsment, verzió- és konfiguráció menedzsment. Fejlesztési projektek menedzsmentje (tervezés, projekt követés, agilis módszertanok).

A hardverfejlesztés folyamatai
A hardverfejlesztés lépései. Analízisek a fejlesztés során (FMEA, WCA). Tesztelhetőségre, gyárthatótásra tervezés. Környezeti feltételekre való tervezés (termikus tervezés, EMC, kapcsolódás a mechanikai kialakításhoz).

A szoftverfejlesztés folyamata
A szoftverfejlesztés lépései. Agilis szoftverfejlesztés, folyamatos integrálás, folyamatos tesztelés. Tesztelhetőségre tervezés, szoftver karbantarthatóság (szoftverkomplexitás metrikák, coding guideline).

A tesztfejlesztés folyamata
A tesztfejlesztési lépései. A fejlesztés során és a gyártás során elvégzendő tesztek célja és módszerei. Szoftvertesztek (Unit tesztek, integrációs tesztek, rendszertesztek, HIL, MIL, BB teszt, WB teszt.) Tesztlefedettségi metrikák. Hardvertesztek. Gyártási tesztek fejlesztése (pl. AOI, ICT).

Gyártási folyamatok tervezésének folyamata
Termékéletciklus mérföldkövei. A termékfejlesztés és a gyártástervezés kapcsolata. Gyártási költségek és a gyártási stratégiák és technológiák meghatározása, kiválasztása, lokális és globális szinergiák. Az I4.0 szerepe a költségek csökkentésében.

A gyártás működtetésének folyamatai
Gyártósor elindításának lépései, sorozatgyártásra felkészítése. Termelés irányítás mutatószámai példákkal (fluktuáció és elégedettség, gép jellegű költségek, emberi jellegű költségek, minőségi mutatószámok, vevői elégedettség, logisztikai eredmények, üzleti eredmények). A pót alkatrészgyártás kötelezettségei és kihívásai.

A minőség fogalma
Minőségbiztosítási elvek és rendszerek az elektronikai iparban. A TQC, TQM és ISO 9000 keletkezése, alapelvei. Az ISO 9000 minőségi ügyi szabványrendszer felépítésének részletes bemutatása. Egyéb minőségbiztosítási rendszerek, MES stb.
A minőségügy statisztikai alapjai.
Valószínűség számítás és a statisztika, Valószínűségi változók és eloszlások, az ingadozás paraméterei, nagyszámok törvényei. Statisztikai adatok grafikai reprezentációi (normalitás-vizsgálat, hisztogram, idősorok és „bar chart”-ok stb.) Hatékony döntéshozatal grafikai reprezentációk alapján.
Minőségbiztosítási módszerek
Alap minőségbiztosítási módszerek bemutatása és alkalmazás az elektronikai gyártástámogatásban: Six Sigma elvek, Failure mode effects analysis (FMEA) módszer, halszálka diagram, Pareto diagramm, hisztogram, szórás diagram, stratifikációs vizsgálat, szabályozó- és ellenőrző kártya.
Statisztikai adatgyűjtés és osztályozás
A minőségbiztosítás sajátosságai a mikroelektronikában. Statisztikai mintavételezés alapjai és a mintavételes ellenőrzés bemutatása. Mintavételi eljárások bemutatása és mintanagyság meghatározása. Az AQL (acceptable quality level) módszer és alkalmazása.
Statisztikai minták kiértékelési módszerei.
Becsléselmélet (pont és intervallum becslés), a mintavételes becslésének pontossága. A konfidencia intervallum és hipotézis vizsgálatok alkalmazása az elektronikai iparban. Összefüggőség vizsgálatok bemutatása. A döntéshozatal és annak korlátai statisztikai minták alapján.
Az SPC (Statistic Process Control) módszer
Az SPC alapjai, adatgyűjtés és osztályozás. Folyamatparaméterek és szabályozókártyák, elfogadási és beavatkozási határok, és az SPC döntési algoritmusok bemutatása. Gép- és folyamatképesség vizsgálatok. Hibaráta fogalma, gép- és folyamatképességi indexek, minőségkapacitás, és stabilitás ismertetése.

Kommunikációs hálózatok teljesítményének elemzése

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIHIMB05, őszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a számítógép és távközlő hálózatok tervezési és hatékony működtetési feladataihoz kapcsolódó teljesítmény modellezési ismereteket és azok gyakorlati alkalmazását ismertesse. A tantárgy foglalkozik az infokommunikációs hálózatok jellegzetes sorbanállási modelljeivel, bemutatja a teljesítményjellemzők matematikai és szimulációs meghatározásánál alkalmazott módszereket, valamint a sorbanállási hálózati modellek pontos és közelítő megoldási technikáit. A gyakorlatokon a megismert elméleti hálózati modelleket fix és mobil hálózatok gyakorlati teljesítőképességi problémáinak elemzésével is illusztrálják.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető jellegű ismeretek.
A teljesítményelemzés jellegzetes kérdései. A hálózatok teljesítőképességének fő jellemzői (kihasználtság, veszteség, késleltetés).
A teljesítmény modellezés jellegzetes mérnöki kérdései (diszkrét és folytonos idő, véges és végtelen populáció, igényjellemzők, kiszolgálási folyamat).
A sorbanálláselmélet alapvető matematikai modelljei. Markov-láncok és azok speciális esetei (Születési-halálozási folyamatok, Poisson-folyamat).
A véletlen folyamatok jellemzői és azok meghatározása.
Sorbanállási alapfogalmak, Little-formula. Sorbanállási alapmodellek.
A legegyszerűbb sorbanállási model (M/M/1 sor). Sorbanállási modellváltozatok (több kiszolgáló, véges várakozó sor, …)
M/M/1 sorra épülő teljesítményoptimalizálási esettanulmányok
Megszakításos és prioritásos kiszolgálás alapmodelljei.
Összetett sorbanállási rendszerekre épülő teljesítmény optimalizálási esettanulmányok

Sorbanállási hálózatok, matematikai és szimulációs módszerek alkalmazása.
Jellegzetes fix és mobil hálózati teljesítményelemzési problémák elemzése, pl. QoS (quality of service) paraméterek meghatározása és biztosítása SLA (service level agreement).

Mikrohullámú távérzékelés

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIHVMB09, tavaszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A mikrohullámú távérzékelő rendszerek és annak alrendszerei területeken Magyarország meghatározó kutatói, fejlesztői és gyártó potenciállal rendelkezik, számos hazai és nemzetközi nagyvállalat épített ki K+F, gyártás és üzemeltetést végző központokat, ahol élvonalbeli, komplex munkalehetőséget biztosítanak a hazai mérnököknek.
A tantárgyat hallgató, később MSc diplomát szerző mérnökök a fenti hazai és multinacionális távérzékelési (pl. radar) vállalatoknál, fejlesztő és gyártó cégeknél, továbbá kutatóközpontokban helyezkedhetnek el.
A tantárgy a korszerű távérzékelő rendszerek rendszerszintű, továbbá a rendszerek jel- és adatfeldolgozási algoritmusainak megismerését tűzi ki célként. A rendszerek leírása után a rendszerelemek szerepét és feladatait részletezi egészen a tervezés mélységéig. Foglalkozunk az aktív és passzív mikrohullámú távérzékelés útján megszerezhető információkkal, azok minőségi paramétereinek az elemzésével. A tantárgy részletesen tárgyalja a napjainkban nagy jelentőséggel bíró távérzékelési alkalmazások elméletével és algoritmusaival (pl. Synthetic Aperture Radar (SAR), Drón radar, gépjármű radar, Over the Horizon Radar (OtH radar)).
A hallgatók a tantárgy keretében készségszintű ismereteket szereznek a mikrohullámú távérzékelő rendszerek elmélete, algoritmusai és alkalmazása területeken. A tantárgy hallgatói tisztában lesznek a mikrohullámú távérzékelő rendszerek működésével és felépítésével, továbbá képesek lesznek ezen rendszerek alapvető hardver és algoritmus elemeit megtervezni.

2. A tantárgy tematikája

Mikrohullámú távérzékelés alapjai
Mikrohullámú távérzékelés rendszerezése, eljárásai. Minőségi paraméterek, döntés és becsléselméleti aspektusok.
SAR képalkotás és jelfeldolgozás
SLAR képalkotás részletes bemutatása. Geometriai torzítások és kompenzálási lehetőségeik.
SAR holografikus képalkotás elmélete és jelfeldolgozása. Alkalmazható antennák követelményei. Normál és SPOT üzemmódok. Inverz SAR. Interferometrikus SAR.
Ionoszférikus hullámterjedés
Az ionoszféra rétekei és azok jellemzői az OtH radarok frekvencia sávjaiban.
OtH radarok
Működési elv, modulációs módok. Speciális antenna követelmények. Iránymérés.
Passzív radar
Passzív és szemi-passzív radarok. Különböző pozíció meghatározási elvek. Multilateráció. Illuminátorok vizsgálata. STASP jelfeldolgozás elemei.
Meteorológiai radar
Marshall-Palmer egyenlet. MET radar hatótávolságának levezetése. Doppler radar által mérhető alap és származtatott paraméterek.
Gépjármű radarok
Alkalmazások és műszaki követelményei. Frekvenciák és modulációs hullámformák. Antenna szkennelési stratégiák. Céltárgy klasszifikáció alapjai.
Drón felderítő radar
Drón kategóriák és radar hatásos keresztmetszetek. Mikro-Doppler jelenség. Madár-drón megkülönböztetés elve. Modulációs és szögbéli letapogatási eljárások.
Speciális katonai alkalmazások
EW-ESM-ECM-ECCM. Zavarási és manipulatív megtévesztési módszerek.

Nemlineáris és robusztus irányítások

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIIIMB07, őszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy az alapképzésben korábban megismert szabályozástechnikai fogalmakat, modell alapú analízis és tervezési módszereket általánosítsa és kibővítse összetettebb – így többváltozós és nemlineáris – rendszerekben is alkalmazható megoldásokkal. A bemutatott módszerek alkalmazott matematikai háttere a mesterszintű képzésnek felel meg. Célkitűzés továbbá, hogy a megszerzett tudás birtokában a hallgató képes legyen a szakirodalom folyamatos feldolgozására és ismeretei további bővítésére, ahogy az egyes tervezési módszerek korszerűsödnek. A tantárgyat sikeresen teljesítő hallgatók képesek: 1) több bemenetű és több kimenetű lineáris rendszerekhez optimális performanciát biztosító visszacsatolások tervezésére idő és frekvencia tartományban; 2) lineáris rendszerek esetében a paraméterbizonytalanságok modellezésére és kezelésére lineáris tört transzformációk használatával, valamint a performanciát és a robusztus stabilitást egyaránt biztosító (H2 és H-végtelen normákra alapuló) visszacsatolások tervezésére; 3) az irányíthatóság és stabilitás fogalmak kiterjesztésére és azok ellenőrzésére szolgáló kritériumok alkalmazására nemlineáris rendszerekhez; 4) egzakt linearizáláson alapuló visszacsatolások tervezésére egyes egyváltozós nemlineáris rendszerekhez; 5) csúszómód szabályozás tervezésére a csattogást mérséklő eljárásokkal; 6) irányító Ljapunov-függvények (control-Lyapunov function) meghatározására alapuló technikák alkalmazására egyes nemlineáris rendszerosztályokhoz.

2. A tantárgy tematikája

Előadások a lineáris és robusztus irányítások anyagrészből

- Szabályozástechnikai alapfogalmak ismétlése. Rendszerek leírása, átviteli függvények és állapotteres realizációk egyváltozós rendszerek esetében. Többváltozós (több bemenetű és kimenetű), rendszerek rendszertechnikai jellemzése. Jelek L2, H2 és H∞ terei, a normák számítása. (A szükséges alkalmazott matematikai alapok részletes tárgyalása rögzített előadásvideókban külön is hozzáférhetők). Lineáris rendszerek, mint operátorok a H2 és H∞ tereken, indukált normák. Belső stabilitás és jól meghatározottság.
- Performanica kritériumok többváltozós, lineáris szabályozási körökben. A hurokátviteli, az érzékenységi, a komplementer érzékenységi átviteli mátrixok és kívánt tulajdonságaik a zaj- és zavarelnyomás, a megfelelő követési tulajdonságok és a stabilitás biztosítása érdekében. Az előírások egymás közötti kompatibilitása, a kitériumoknak megfelelő súlyozómátrixok megválasztása és a megnövelt szakasz átviteli mátrixának meghatározása. Zárt szabályozási kör szabályozójának méretezése optimális performancia biztosításához. Soros és kétszabadságfokú struktúrák.
- Paraméterbizonytalanságok reprezentációja lineáris rendszerek esetén, additív, multiplikatív és frekvenciafüggő bizonytalanságok. A kis erősítések tétele és bizonyítása. Stabilitás strukturált és strukturálatlan bizonytalanságok esetén. Az LFT (Linear Fractional Transformation) alakok bevezetése, Redheffer-csillag szorzat. Algebrai Ricatti-egyeneletek (ARE), Hamilton-mátrixok és tulajdonságaik, az ARE stabilizáló megoldása és a megoldás létezésének feltételei. A H∞ szintézis problémák. A vegyes érzékenységi H2 és H∞ szintézis probléma. Az optimális és szuboptimális H∞ probléma fogalma. A szuboptimális H∞ probléma megoldásának visszavezetése ARE megoldására.

Előadások a nemlineáris irányítások anyagrészből

- Nemlineáris dinamikus rendszerek matematikai leírása vektormezők felhasználásával. Rendszerosztályok. Műveletek vektormezőkkel és a vektormezőkből számaztatható struktúrák (A szükséges alkalmazott matematikai alapok részletes tárgyalása rögzített előadásvideókban külön is hozzáférhetők).
- A disztribúciókra kimondható Frobenius-tétel és az annak segítségével bevezethető irányíthatóság és megfigyelhetőség fogalmak nemlineáris rendszerekhez, kapcsolat a lineáris rendszerek irányíthatóságával és megfigyelhetőségével.
- Állapottér-transzformáció és állapotvisszacsatolás nemlineáris rendszereknél, kimenet relatív fokszáma, a fokszám fogalma a lineáris rendszerek esetében és kiterjesztése többváltozós esetben

(relatív fokszám vektor). Globális, egzakt linearizálás állapotvisszacsatolással, az egzakt linearizálhatóság szükséges és elégséges feltétele egyváltozós rendszereknél. Alapjelkövetés biztosítása egzakt linearizálással.

Nemlineáris rendszerek egyensúlyi pontjai és stabilitása. Az attraktor fogalma, Ljapunov-stabilitás, Ljapunov direkt és indirekt módszere, LaSalle tétele. Centrális sokaság tétele. Gyors és lassú időskálák szétválasztása nemlineáris rendszereknél.

Csúszómód szabályozások (Sliding Mode Control - SMC). A csúszófelület fogalma, a csúszófelület stabilitásának biztosítása visszacsatolással egyes nemlineáris rendszerosztályok esetén, a csúszómód szabályozás robusztussága és az ún. csattogás jelenségének csökkentésére szolgáló eljárások. Pályakövető szabályozások, a hibarendszer és a hozzá tartozó csúszófelület megadása. A csúszómód szabályozások stabilitása.

Irányító Ljapunov-függvények (control Lyapunov-function - cLf) alapján történő stabilizáló visszacsatolások tervezése egyes nemlineáris rendszerek esetében. Inkrementális (visszalépéses) technikák alkalmazása speciális struktúrájú rendszerek esetében. Alkalmazás pályakövető szabályozás esetében.

Biztonságkritikus beágyazott rendszerek

Főspecializáció C tantárgy

(BMEVIMIMB07, őszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a funkcionális biztonság szempontjából kritikus beágyazott rendszerek fejlesztési módszereinek bemutatása. Az ilyen rendszerek (amelyeket nagy számban találunk például járműipari, közlekedési, folyamatirányítási alkalmazásokban) működése hozzájárulhat veszély, illetve adott környezeti feltételek mellett baleset vagy anyagi kár kialakulásához, így speciális tervezési, analízis és tesztelési technikák alkalmazására van szükség. A hallgatók megismerik a biztonságkritikus rendszerek fejlesztési szabványokban is rögzített életciklus modelljét, konstrukciós alapelveit, a tervezői döntéseket igazoló biztonsági és megbízhatósági analízist, valamint a szisztematikus tesztelés és verifikáció módszereit. A tantárgy előadásai és gyakorlatai konkrét eszközöket és technológiákat mutatnak be a követelménykezelés, architektúra tervezés, veszély analízis, forráskód ellenőrzés, komponens- és integrációs tesztelés, rendszertesztelés tipikus feladatainak elvégzéséhez.

2. A tantárgy tematikája

Biztonságkritikus rendszerek alapfogalmai: Baleset, kockázat, funkcionális biztonság fogalma. A biztonságintegritási szint (SIL). A megbízhatóság, rendelkezésre állás és a biztonságosság kritériumai és mérőszámai. A biztonságosság (safety) és az informatikai biztonság (security) fogalmak különbsége és kapcsolata. A biztonsági szabványok jelentősége.

A fejlesztési folyamatok, életciklus modellek és a minőségbiztosítás szerepe: A CMMI és az ASPICE folyamatmodellek áttekintése. A fejlesztést támogató és menedzsment folyamatok beépülése a fejlesztési életciklusba: projekttervezés; követelmények, követhetőség, verziók és konfigurációk kezelése. Hibajegyek és veszélynapló szerepe.

Biztonságkritikus rendszerek fejlesztésének tipikus életciklus modelljei a biztonsági szabványok (pl. ISO 26262) és a folyamat szabványok (pl. ASPICE) alapján. A V-modell szerinti fejlesztési életciklus lépései. Az agilis fejlesztési módszerek megjelenése.

Az architektúra tervezésének lépései a követelmények analízise alapján: Logikai és technikai architektúra. Hardver és szoftver együttes tervezés. Modell alapú tervezés (pl. Simulink, Stateflow). Hardver és szoftver komponensek specifikálása, tervezése és integrációja.

Hardver komponensek hibáinak detektálási és diagnosztikai módszerei (az ISO 26262 alapján), a hibafedés jellemzése. A kommunikációs hibák kezelése.

Az architektúra kialakításának tipikus megoldásai biztonságkritikus rendszerek esetén: Architektúrák fail-stop működéshez. Hibatűrő architektúrák állandósult és tranziens hardver hibák esetén. Hibatűrés szoftver tervezési hibák esetén.

A veszély analízis módszerei: Hibafa, eseményfa, ok-következmény analízis, hibamód és hatás analízis (FMEA, FMECA) az architektúra alapján. A kockázati mátrix felépítése, az általános kockázatcsökkentési módszerek áttekintése. A biztonságosság (safety) és az informatikai biztonság (security) együttes elvárásai, ezek közös tervezése.

Megbízhatósági analízis módszerek: Kombinatorikus modellek használata, a megbízhatósági blokk diagram felépítése. Redundáns architektúrák analízise.

Formális modelleken alapuló tervezés és helyességigazolás: Időfüggő viselkedésű beágyazott vezérlők tervezése időzített automatákkal. A követelmények formalizálása temporális logikákkal és verifikációjuk modellellenőrzéssel.

A biztonságos szoftver implementációhoz alkalmazott kódolási szabálykészletek, nyelvi korlátozások: A MISRA C szabálykészlet bemutatása.

Tesztelési alapfogalmak áttekintése (az ISTQB ajánlásai alapján). A szisztematikus tesztelési folyamat bemutatása. A tesztfedettség mérésének szerepe.

Tesztelési és teszttervezési módszerek: Forráskód ellenőrzés (review, hibaminta keresés, kódolási szabályok ellenőrzése). Specifikáció alapú (fekete doboz) tesztelési módszerek. Struktúra alapú (üvegdoboz, vagy fehér doboz) tesztelési módszerek. Beágyazott rendszerekben alkalmazott szürke doboz módszerek.

Tesztelési módszerek alkalmazása: Komponens szintű (unit) tesztelés. Integrációs tesztelés inkrementális, illetve funkcionális integrációval. A rendszertesztelés és a validációs tesztelés tipikus módszerei. Monitorozás és debuggolás.

Integrációs tesztelés model-, software-, processor-, hardware-in-the-loop (MIL, SIL, PIL, HIL) módszerekkel. A hibakezelés és hibatűrés tesztelése. A Continuous Integration megjelenése és alkalmazása beágyazott rendszerek esetében.

Véges matematika villamosmérnököknek

Főspecializáció C tantárgy

(BMEVISZMA08, tavaszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A villamosmérnök BSc "Számítástudomány alapjai" tantárgy folytatásaképp további gráfelméleti, számelméleti és algoritmuselméleti ismeretek oktatása, ezen ismeretek (elsősorban villamosmérnöki) alkalmazásainak bemutatása: A gráfelméleten belül főleg a színezési problémák (és alkalmazásaik a chip-tervezésben), a gráfok mátrix-reprezentációi (és alkalmazásaik a hálózatanalízisben), a számelmélet alapalgoritmusai (és alkalmazásaik a kriptográfiában), valamint az algoritmuselmélet legfontosabb bonyolultságosztályai.

2. A tantárgy tematikája

Pontszínezés, mohó színezés Δ+1 színnel, klikkszám és kromatikus szám kapcsolata, Mycielsky-konstrukció.

Perfekt gráfok, a gyenge és erős perfekt gráf tétel (biz. nélkül). Intervallumgráfok, Gallai tétele. Alkalmazás chip-huzalozáshoz

Élszínezés, Vizing tétele, Shannon tétele (biz. nélkül), teljes gráfok élkromatikus száma. Órarend készítése, körmérkőzések szervezése.

Ramsey-tétel, Erdős-Szekeres tétel, általánosítás kettőnél több színre, Schur-tétel.

Turán-tétel. Erdős-Simonovits tétel (biz. nélkül)

Gráfok mátrixai I. Szomszédsági és illeszkedési mátrix, Kirchhoff-Cayley tétel

Gráfok mátrixai II. Körmátrix és vágásmátrix, alkalmazások a villamos hálózatok analízisében

A számelmélet alapfogalmai, oszthatóság, prímek.

Kongruenciák, diofantikus egyenletek, szimultán kongruenciák.

Egyszerű számelméleti algoritmusok, az euklideszi algoritmus, prímtesztelés. Az RSA algoritmus

P, NP, co-NP, jó karakterizáció, NP-teljesség.

Nevezetes NP-teljes gráfelméleti feladatok, visszavezetések.

Rádiós helymeghatározási technológiák

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVITMMB07, őszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az ipari gyártástechnológia, a közlekedés és természetesen a végfelhasználói szolgáltatások digitalizációjának rohamos fejlődésével egyre inkább terjednek azok a technológiai megoldások, amelyek lehetővé teszik eszközök, járművek, személyek helyének és akár helyzetének egyre pontosabb meghatározását.
A tantárgy célja, hogy áttekintse a helymeghatározás megvalósításához szükséges elméleti, rádiós terjedési, irányszög és távolság becslési alapokat, ezek matematikai hátterét, azokat a technológiákat, melyek segítségével a helymeghatározás problémaköre a gyakorlatban is megvalósítható. Ennek kapcsán részletesen bemutatásra kerülnek a beltéri, illetve lokális környezetben használható rádiós technológiák és azokon alkalmazható helymeghatározási módszerek. A technológiák megismerésével a hallgató mélyebb és a mérnöki gyakorlatban is felhasználható tudást szerezhet a rádiós technológiák működéséről, használatáról. Az előadások során bemutatásra kerülnek a mobil hálózatokban alkalmazott és alkalmazható megoldások, valamint a globális helymeghatározás során használt módszerek is.
A tantárgy elméleti előadásait, az elméleti órákhoz szorosan kapcsolódó gyakorlatok egészítik ki. A gyakorlatok tematikája egyrészt segíti az elméleti anyag hatékonyabb megértését, valamint bemutatja az elméletben megszerzett tudáselemek gyakorlati felhasználásának lehetőségeit is.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés

A motivációs környezet és a helymeghatározással kapcsolatos technológiai, módszertani fejlődés bemutatása. A helymeghatározással kapcsolatos alapvető fogalmak (módszer, technológia, architektúra) definiálása, egyes jellemző követelmények meghatározása.

Alapvető helymeghatározási esettanulmány, mely során bemutatásra kerülnek a legalapvetőbb problémák, fogalmak. Ezen problémák mentén tematikusan meghatározásra kerülnek azok az elemi feladatok, melyeket a helymeghatározás során meg kell oldani. Az esettanulmányban definiált struktúrára támaszkodunk a félév során.

Helymeghatározás alapjai

A helymeghatározás alapvető matematikai elemei; a tér, a hely, és a helyzet leírása, modellezése

Térgeometria, koordináta rendszerek (ECEF, ECI, lokális)

Helymeghatározási módszerek bemutatása, formalizálása; távolság, távolságkülönbség, beérkezési szög, differenciális, odometria alapú helymeghatározási módszerek

Hely származtatása mérésekből, alapvető minimalizációs és becslési módszerek

Bayes-szűrők, Kalman-szűrők, részecskeszűrők áttekintése, alapvető alkalmazása helybecslési feladatok megvalósítására.

Rádiós terjedés alapjai

LOS - egyutas terjedés leírása, fazor, rádió link teljesítmény viszonyai, műholdas kommunikációs példa

NLOS - többutas terjedés leírása, ennek hatásai, alapvető fading jelenségek

Távolságbecslési és közelségérzékelési módszerek rádiós RSSI alapján

Helybecslés beérkezési irányszög alapján (DOA); Antenna rendszerek és rádiós beérkezési irány becslési eljárások

Helybecslés beérkezési idő alapján; TOA és TDOA alapú helybecslés alapjai

Helymeghatározás lokális környezetben

Helymeghatározás RSSI alapon Bluetooth technológia segítségével; technológia és módszer bemutatása

Iránymeghatározás a Bluetooth 5.1 szabványban; technológia és módszer bemutatása

UWB helymeghatározás beérkezési idő és időkülönbség (TOA és TDOA) segítségével

WiFi helymeghatározás beérkezési iránymeghatározás segítségével és RSSI alapon

Helymeghatározás városi környezetben

A mobil hálózatok és technológiák helymeghatározási képességeinek, az alkalmazott módszerek megismerése.
LTE és 5G hálózatok helymeghatározási lehetőségei (felhasználási esetek, LPP, NG-RAN, LRF, NR PRS, U-TDOA)

Globális helymeghatározás
A globális helymeghatározás felépítése, alapvető működése, a szinkronizáció megvalósítása és a pozíció meghatározás alapelveinek részletei.
GPS (moduláció, C/A, P(Y) kódok, pszeudo távolságok, korrelátor és a jelszinkronitás, RTK)

Villamosenergia-piac

Főspecializáció C tantárgy
(BMEVIVEMB05, őszi félévben indul, 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatókkal a villamosenergia-rendszer üzemirányításával mára szervesen integrálódott villamosenergia-kereskedelem alapfogalmait, szereplőit és kapcsolatrendszerüket, a piacok felépítését, jogi, műszaki és kereskedelmi szabályrendszerét, a gazdaságosság elveinek érvényesülését, a villamos energiával kapcsolatos termékek és szolgáltatások árának kialakulását, regulációs elveit és a beruházás-ösztönző rendszereket. A tantárgy nem csak az európai, hanem nemzetközi perspektívát ad, s nagy hangsúlyt fektet a szabályok mögötti matematikai modellek alkalmazására.

2. A tantárgy tematikája

Energiapolitika, európai uniós jogszabályok. A harmadik energiacsomag és annak hazai átültetése. Az európai piacintegrálási törekvések (IEM), az egységes szabályozáshoz vezető út (network codes). Villamosenergia-piac főbb jellemzői. A villamos energia, mint áru. A hazai villamosenergia-piaci szereplők jogszabály szerinti csoportosítása, a hálózati és kereskedelmi feladatok szétválasztása.

Kiskereskedelem: Kereskedelmi szerződések, profilos és idősoros felhasználók, egyetemes szolgáltatás, árszabások és tarifarendszerek.

Nagykereskedelem: Mérlegköri rendszer, kiegyenlítő energia, kiegyenlítő és valósidejű piac.

Szervezett villamosenergia-piac működése. Termékek és korlátok. Európai megvalósítások. A klíringalgoritmusok feladatai, és matematikai alapjai, algoritmusa (AMPL). Határidős termékek piaca.

A villamosenergia-kereskedelem működése: előrejelzési technikák, árajánlatok készítése. T-görbe. Kockázatok és kezelésük. Vendégelőadás.

Termelés: energiapiaci trendek. Termeléstámogatási rendszerek, a megújuló energiatermelés támogatási modelljei. A hazai kötelező átvétel és árprémium alapú támogatások története, működése és ösztönzői.

Hálózati korlátok: A rendszerszintű szolgáltatások piaca. A rendszerszintű szolgáltatások bemutatása, piaci alapú beszerzése, igénybevétele és elszámolási szabályai Magyarországon. Európai kitekintés a tartalékpiaci modellek tekintetében. Rendszerirányítói együttműködések (GCC). Kooptimalizálás.

Hálózati korlátok: Nemzetközi villamosenergia-piac, a határkeresztező kapacitások piaca, kapacitás aukciók típusai. Áramlásalapú allokáció.

Energiapiaci modellek, várható kihívások és válaszok. Európai kitekintés. Vendégelőadás.

Hálózati korlátok: veszteség kezelése. Rendszerirányítók közötti elszámolás (ITC). Piac-összekapcsolás: ár- és mennyiség alapon. Gyűjtősínárazás (LMP)

Reguláció: Monopóliumok a villamosenergia-piacon, a hálózati feladatok a piacon. Az árszabályozás célja, korlátai és nehézségei. Monopolszabályozás alapvető módszerei.

Reguláció: Az árszabályozás hazai módszertana. Villamosenergia-díjszabás szerkezeti felépítése. A hatósági árszabályozás bemutatása.

Reguláció: a hazai gyakorlat és nehézségek. Vendégelőadás.

Minőségszabályozás műszaki kritériumai és kereskedelmi szabályozása: SAIDI, SAIFI definíciója, megjelenése az elosztói ösztönzésben.

VII.4 Szakmai törzsanyag választható ismeretei

A szakmai törzsanyag kötelezően választható ismereteit a mellékspecializációk és a projekttantárgyak képezik. A hallgatóknak a főspecializáció mellett a felkínált mellékspecializációk egyikét is el kell végezni. A mellékspecializációk célja egy szűkebb szakterületen hasonló, mint a főspecializációké. A mellékspecializációk esetén is valamennyi tantárgyból meg kell szerezni a kreditet az MSc fokozat elnyeréséhez. A fő- és mellékspecializációk tetszőlegesen párosíthatók. A specializációk keretein belül a hallgatók ún. projekttantárgyakat is felvesznek, melyek az 1. szemesztertől kezdődően végigívelnek a képzésen. Ezen tantárgyakban a hallgatók néhány fős csoportokban, vagy önállóan oldanak meg nagyobb méretű műszaki feladatokat (projekteket), egy-egy téma akár több tantárgy keretein is átívelhet (minden egyes tantárgy számára konkrét, önállóan értékelhető részfeladatot megfogalmazva).

VII.4.1 Mellékspecializációk

A hallgatóknak a főspecializáció mellett a felkínált mellékspecializációk egyikét is el kell végezni. A mellékspecializációk célja egy szűkebb szakterületen hasonló, mint a főspecializációké. A mellékspecializációk egy A és egy B jelű elméleti tantárgyat tartalmaznak, az A tantárgyhoz itt is laboratórium kapcsolódik. Ebben a blokkban választási lehetőség nincs, a hallgatóknak mindhárom tantárgyat teljesíteniük kell a mellékspecializáció teljesítéséhez.

A fő- és mellékspecializációk tetszőlegesen párosíthatók.

VII.4.1.1 Akusztika és hangtechnika mellékspecializáció (HIT)

1. A specializáció megnevezése: **Akusztika és hangtechnika**
(Acoustics and Audio Technologies)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
4. Oktató tanszékek: HIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Rucz Péter adjunktus (HIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A mellékspecializáció két elméleti tantárgya és az akusztika-hangtechnika laborgyakorlatok olyan ismeretekkel vértezik fel a hallgatókat, amelyek birtokában hangtechnikai, valamint akusztikai tervezési (környezeti zaj- és rezgésvédelmi, autóipari, teremakusztikai) feladatokat megoldó cégek, rádió-, televízió- és filmstúdiók munkájában sikerrel vállalhatnak feladatokat. A Hangtechnika tantárgyat elvégző hallgatók megismerkednek a hangtechnika alapjaival, a hangosítás, illetve a stúdiótechnika elemeivel, rendszertechnikájával. Az Akusztika tantárgyat hallgatók megismerkednek a hangterjedés fizikájával és annak modelljeivel, a hangsugárzók és mikrofonok működési mechanizmusával és a teremakusztikai tervezés alapjaival. A laboratóriumi tantárgy az egyetemi laboratóriumban és külső helyszínen végzett méréseken keresztül mélyíti az akusztikai, illetve hangtechnikai ismereteket.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Akusztika	A tantárgy	BMEVIHIMA19
Hangtechnika	B tantárgy	BMEVIHIMA20
Akusztika és hangtechnika laboratórium	A labor	BMEVIHIMB06

Akusztika

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIHIMA19, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése az akusztika, ezen belül különösen a műszaki akusztika alapfogalmainak és ezek összefüggéseinek megismertetése, az akusztikai rendszerekben lejátszódó folyamatok bemutatása és a gyakorlati alkalmazásokhoz, mérési és tervezési tevékenységhez szükséges alapismeretek átadása. Az oktatott témakörök súlypontja a hangterjedés fizikai mechanizmusa, a hullámterjedés matematikai leírása, és a megoldások gyakorlati akusztikai problémákra való alkalmazása. A tantárgy részletesen foglalkozik a koncentrált paraméteres mechanikai és akusztikai hálózatokkal, a hangtér modális leírásával, elektroakusztikai átalakítók analízisével és tervezésével, valamint érint teremakusztikai problémákat is.

2. A tantárgy tematikája
Szabadtéri hangterjedés. A hangtér leíró paraméterei, hangnyomás, sűrűség, kitérés, sebesség, gyorsulás, specifikus impedancia, hangnyomásszint, dB-skála. A homogén akusztikai hullámegyenlet egy, és három dimenzióban idő- és frekvenciatartományban.
A hullámegyenlet egyszerű megoldásai a változók szeparációjával: síkhullámok, hengerhullámok, gömbhullámok. Az inhomogén hullámegyenlet és megoldásai: a Green-függvény, monopólus és dipólus tere, iránykarakterisztika fogalma.
Hanghullámok viselkedése közeghatáron. Lokálisan reaktív felületek, felületi/bemeneti impedancia fogalma. Síkhullámok visszaverődése sík felületről, reflexiós, elnyelési tényező. Visszaverődés végtelen merev falról, tükörforrások módszere.

Kültéri lesugárzási problémák. A Kirchhoff-Helmholtz-integrál. Végtelen merev síkba ágyazott sugárzó tere, a Rayleigh-integrál. Távoltéri leírás, iránykarakterisztika. Elsugárzott teljesítmény, sugárzási impedancia, sugárzási hatékonyság fogalma.

Síkhullám sorfejtés és alkalmazásai. Lemezek rezgései. Végtelen lemez rezgései és lesugárzott nyomástere. Véges méretű lemez módusai és lesugárzott tere, a modális szuperpozíció elve.

Beltéri lesugárzási problémák, teremakusztika. Hullámterjedés zárt csőben, kisfrekvenciás 1D modellek. Koncentrált mechanikai paraméterek és azok összekapcsolása. Első- és magasabb fokú rezgőrendszerek analízise, akusztikai analógiák.

Hullámterjedés zárt csőben a változók szeparációjával. 1D hangtér merev, idálisan szabad ill. szabad féltérbe való sugárzás esetén. Összetett akusztikai rendszerek tere: a Helmholtz-rezonátor jellemzői.

Hullámterjedés zárt térben (merev falú szobában). A 3D hullámegyenlet megoldása merev falú zárt térben a változók szeparálásával, modális szuperpozícióval. Téglalap alapú szoba módusai, a módusalakok értelmezése, teljes megoldás módusokkal.

A teremimpulzusválasz értelmezése, különböző szakaszai. A teremimpulzusválasz becslése (geometriai akusztika): tükörforrások módszere. A teremimpulzusválasz méréstechnikája.

Zárt terek statisztikai jellemzése. EDC, és egyéb integrált RIR-energiajellemzők. Az utózengési idő, Eyring-, Sabine-modellek. Szabványos teremjellemző paraméterek.

Zárt terek akusztikai tervezése, akusztikai anyagok. Akusztikus elnyelők elmélete. Abszorptív elnyelők jellemzői. Lemezrezonátorok jellemzői. Helmholtz-rezonátorok jellemzői. Összetett rendszerek jellemzése, a transzfermátrix-módszer. Elnyelők méréstechnikája, a Kundt-cső elmélete.

Elektromechanikus átalakítók. A Dinamikus hangszóró. Kisfrekvenciás jellemzés: A hangszóró elektromechanikai helyettesítő képe, Thiele-Small paraméterek. A hangszóró átvitele. A sugárzási impedancia hatása, szabad ill. végtelen féltér esetekben. A dobozolás hatása. Nagyfrekvenciás jellemzés: körlemez módusai, a valós membrán lesugárzott tere.

Dinamikus és kondenzátormikrofonok. A kondenzátormikrofon kisfrekvenciás helyettesítőképe. A kondenzátormikrofon nagyfrekvenciás analízise. A kondenzátormikrofon saját zaja. Szabadtéri és nyomásmikrofonok.

Hangtechnika

Mellékspecializáció B tantárgy

(BMEVIHIMA20, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja azon tevékenységek alapvető, műszaki ismereteinek elsajátítása, amelyeket a magát „hangmérnöknek” valló gyakorló szakembertől elvárnak. Különös hangsúlyt kapnak az élő hangosítás kérdései, ugyanis ezen a téren a legszembeötlőbb az ezzel foglalkozók műszaki tudásának a hiánya. A tantárgy kitüntetett célja, hogy a villamosmérnöki alapismeretekkel már rendelkező hallgatók tudásukat hangtechnikai ismeretekkel kibővítve képesek legyenek hangosítási ill. egyéb hangtechnikai feladatokat kompetens módon ellátni.

2. A tantárgy tematikája

Akusztikai alapok rövid átismétlése hangtechnikai szemszögből: hangnyomás, hangnyomásszint, hanghullám fajták.

Pszichoakusztika I: az emberi fül szerkezete és a hallás folyamata, hangosságszint, szubjektív hangosság, phon ill. sone fogalmak, kritikus sávok.

Pszichoakusztika II: egyidejű elfedési jelenség, elő/utóelfedés, ill. ezek kihasználása pszichoakusztikus kódolásokban, tranziens-detekció.

Hangforrás lokalizáció (beérkező intenzitás/fázis alapján), sztereó irányhallás (fantomforrás lokalizáció) térhatású hanglesugárzás: Quadro, Dolby Stereo, -Surround (Pro Logic), -Digital Haas hatás (irányhallás teremben, kihasználása hangosítási feladatok során).

Virtuális akusztika – térhangzás (hanglesugárzás):

- hangszóró alapú reprodukciós technikák: Ambisonics, WFS, Dolby Atmos
- fejhallgató alapú hangtér-reprodukció, HRTF-ek méréstechnikája, feldolgozása és alkalmazása

Hangsugárzók rendszerek alapelemei és azok jellemzői (normál, tölcséres, klaszter), subwooferek/hangsugárzók falhoz/sarokba állításának hatása.
Irányított hanglesugárzás, iránykarakterisztika értelmezés. Elektronikus vezérlésű beszédcélú hangoszlop: nyalábszélesség, -döntés.
Line-array rendszerek, Nagykoncertek hangosítási nehézségei (oldalirányú lesugárzás, subwooferek pozicionálása). Végfokokok teljesítmény-jellemzői: szinusz/zenei/csúcs teljesítmény, csúcs-rms arány, koncerthangosításra optimalizálás, digitális végfok.
PA (=Public Addressed) ill. HiFi hangsugárzók összehasonlítása (hatásfok, dinamika, hanghűség) Aktív és passzív hangsugárzók összehasonlítása (hatásfok, frekvenciaterjedelem, hanghűség, súly, ár) Stúdió monitor, ill. HiFi hangsugárzók összehasonlítása.
Mikrofonok hangtechnikai alkalmazása: dinamikus ill. kondenzátor mikrofon, csoportosításuk felhasználás célja szerint. Mikrofonok hangtechnika szempontjából fontos paraméterei: frekvenciamenet, iránykarakterisztika.
Analóg jelvezetés-technika: Szimmetrikus-aszimmetrikus jelvezetés, fantom-táplálás, jelszintek (mikrofon, elektromos hangszerek, vonali szint), dB referenciák: dBV, dBm, dBu, földhurok, DI-Box, digitális audio jelek továbbítása: AES/EBU, SPDIF, ADAT, MADI.
Hang-rendszertechnika: Mikrofon-keverő, effektek, hangsugárzó, monitorozás, rögzítés keverőpult csatorna- és master szekció digitális szinkronizálás, automatizálás.
Mobil hangosítás speciális kérdései: hangjelek vezeték nélküli továbbítása, hangsugárzók és egyéb hangtechnikai elemek tápellátása.

Akusztika és hangtechnika laboratórium

Mellékspecializáció A labor
(BMEVIHIMB06, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók laboratóriumi mérések elvégzésével szerezzenek gyakorlati tudást az Akusztika és Hangtechnika c. tantárgyakban elsajátított ismeretekből. A tantárgy keretében szereplő laboratóriumi foglalkozások az akusztika és hangtechnika lehetséges alkalmazásait mutatják be. A mérések a korábbi tantárgyak ismeretanyagának elmélyítését, méréstechnikai és gyakorlati aspektusokkal való kiegészítését szolgálják. A laboratóriumi foglalkozásokon a hallgatók kis (2-3 fős) csoportokban vesznek részt, azzal a céllal, hogy közvetlenül megismerhessék, használhassák az akusztikai mérőeszközöket, hangtechnikai berendezéseket. A tantárgyban egy alkalommal ipari látogatást szervezünk, melynek célja, hogy a hallgatók olyan környezetekkel ismerkedhessenek meg, ahol a mellékspecializáció ismereteit a napi gyakorlatban is alkalmazzák.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő elvégzendő méréseket tartalmazza:

- Környezeti zajmérés és -feldolgozás
  A hallgatók megismerkednek a terepi zajmérés gyakorlatával és eszközeivel. Saját maguk által rögzített zajesemények kiértékelésével sajátítják el a fontosabb akusztikai jellemzők (pillanatnyi és átlagos hangnyomásszintek, keskenysávú és tercsávos spektrumok) számításának menetét.
- Hangsugárzó paramétereinek meghatározása
  E laboratóriumi mérésben egy hangszóró Thiele–Small paramétereinek meghatározása a hallgatók feladata. A mért mechanikai és elektromos jellemzők alapján paraméterillesztéssel határozzák meg a hallgatók a hangszóró ekvivalens paramétereit, melyek felhasználásával például doboz tervezhető a hangszóró beépítéséhez.
- Rezgésakusztikai móduselemzés
  A mérés során a hallgatók a kísérleti móduselemzés gyakorlatával ismerkednek meg.
  A laboratóriumi feladatban a hallgatók egy egyszerű rezgő rendszer sajátfrekvenciáit és módusalakjait mérik meg különböző peremfeltételek mellett.
- Hangszintézis és –analízis

Ebben a labormérésben a hallgatók a zenei jelfeldolgozás néhány feladatába nyernek betekintést. Megismerkednek frekvenciamérő módszerekkel, illetve a hangszintézis egyes technikáival (additív szintézis, ADSR).

- Akusztikai kamera
  A mérés a sokcsatornás mikrofontömbbel végezhető forráslokalizációs, illetve –szeparációs feladatok gyakorlati alkalmazását mutatja be. A süketszobai mérésben a hallgatók mikrofontömbbel rögzítenek jeleket, majd utófeldolgozással megkeresik és a háttérzajból kiemelik a szobában elhelyezett hangforrásokat.
- Dolby sorround keverés
  A gyakorló stúdióban végzett mérésben a hallgatók az 5.1 hangrendszerre történő audio keverést gyakorolják előre elkészített, különböző mikrofonozási technikákkal rögzített felvételek segítségével.
- Virtuális hangtérszimuláció
  A mérés célja, hogy a hallgatók megismerkedjenek a sokcsatornás hangtérreprodukció alapjaival, illetve valós hangterek fejhallgatón történő szimulációjának lehetőségeivel.
- Teremakusztikai mérések
  A hallgatók a teremakusztikai jellemzők kísérleti meghatározásával, illetve geometriai jellemzők alapján történő becslésével ismerkednek meg. A mérés során különböző helyiségekben végzett mérésekkel határozzák meg a lecsengési időket, illetve azok frekvenciafüggését.
- Numerikus akusztikai számítások
  A mérés célja az ipari gyakorlatban is gyakran alkalmazott számítógépes módszerekbe történő betekintés egyszerű példaszámításokon keresztül. A mérés során a hallgatók feladata egy rezgő test által lesugárzott hangtér kiszámítása, mely tartalmazza a geometria és a peremfeltételek megadását, a szimulációs paraméterek beállítását, a számítás elvégzését, illetve az eredmények kiértékelését.
- Ipari látogatás
  Az ipari látogatás során a hallgatókkal olyan akusztikai vagy hangtechnikai műhelyhez látogatunk el, ahol a két elméleti és a laboratóriumi tantárgyban oktatott ismereteket a napi gyakorlatban alkalmazzák. A látogatás célja, hogy a hallgatók közelebbről is láthassák, milyen elhelyezkedési lehetőségekkel számolhatnak a hangtechnika, illetve az akusztika területein.

VII.4.1.2 Alkalmazott elektronika mellékspecializáció (AUT)

1. A specializáció megnevezése: **Alkalmazott elektronika**
(Applied Electronics)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
4. Oktató tanszékek: AUT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Balogh Attila egyetemi docens (AUT)

6. A specializáció célkitűzése:
Az elektronikus átalakítók szakterülete napjainkban dinamikus változásokon megy keresztül és reneszánszát éli a korszerű félvezető elemek és irányítási módszerek megjelenésének köszönhetően. Az elektronikus átalakítók mind a háztartás, mind az ipar teljes területén megtalálhatóak, ahol a rendelkezésre álló feszültség hullámformáját, értékét vagy frekvenciáját a táplálni kívánt eszközhöz illeszteni szükséges. A teljesség igénye nélkül a legnépszerűbb ipari területek közé tartoznak a megújuló energiaforrások átalakítói, LED-es fényforrások tápegységei, elektromos autótöltő rendszerek, energiatárolóról üzemeltetett szünetmentes energiaellátó és hálózati feszültségminőség javító berendezések, valamint járművek energiaellátó rendszerei. Az elektronikus átalakítók tervezéséhez, alkalmazásához és üzemeltetéséhez értő kvalifikált szakemberekre az ipar igénye egyre nagyobb. Az elvárások velük szemben igen magasak mind a szakterület szerteágazósága, mind az elméleti ismeretek dinamikus fejlődése és megújulása miatt. A mellékspecializáció hidat alkot az ipari hardver, elektronika és beágyazott szoftvertechnológiák között és irányt mutat a hallgatóknak a korszerű teljesítményelektronikai alkalmazások kutatása és megvalósítása felé.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Elektronikus tápegységek	A tantárgy	BMEVIAUMA19
Teljesítményátalakítók irányítása	B tantárgy	BMEVIAUMA20
Teljesítményelektronika laboratórium	A labor	BMEVIAUMB08

Elektronikus tápegységek

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIAUMA19, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy keretein belül a hallgatók megismerkednek a lineáris üzemű és a kapcsolóüzemű tápegységekkel, utóbbiak galvanikusan csatolt és galvanikusan leválasztott változataival, valamint a rezonáns és hálózatbarát tápegységek üzemviszonyaival és méretezési alapjaival. Ezt követően a tápegységek alapvető alkatrészeivel, azoknak főbb jellemzőivel és kiválasztási szempontjaival foglalkozunk. Az egyes részterületek kibontását a teljesítményelektronika napjainkban korszerű területeiből vett jellegzetes, érdeklődésre számot tartó ipari alkalmazási példák teszik plasztikussá.
2. A tantárgy tematikája
Bevezető előadás
Elektronikus tápegységek csoportosítása feszültségszint, leválasztási mód, átalakítási mód és a kimenetek száma szerint. Tápegységek alkalmazási területeinek, illetve a bennük alkalmazott tipikus félvezető elemeknek a bemutatása.
Galvanikusan csatolt DCDC konverterek
Feszültségcsökkentő, feszültségnövelő és polaritás fordító DCDC konverter folyamatos áramvezetési üzemének ismertetése, jellemző időfüggvények és a kimeneti feszültség meghatározása. A félvezető elemek, a beépítendő kapacitás és induktivitás paramétereinek meghatározása.

Forward konverter

A FORWARD konverter változatainak ismertetése, jellemző időfüggvények és a kimeneti feszültség meghatározása folyamatos és szaggatott áramvezetés esetén. A félvezető elemek, a beépítendő kapacitás, induktivitás és transzformátor paramétereinek meghatározása.

Flyback konverter

A FLYBACK konverter változatainak ismertetése, jellemző időfüggvények és a kimeneti feszültség meghatározása folyamatos és szaggatott áramvezetés esetén. A félvezető elemek, a beépítendő kapacitás, induktivitás és transzformátor paramétereinek meghatározása.

Galvanikusan leválasztott DCDC konverterek

A közbülső váltakozó áramú körös DCDC konverter ismertetése, jellemző időfüggvények és a kimeneti feszültség meghatározása folyamatos és szaggatott áramvezetés esetén. A félvezető elemek, a beépítendő kapacitás, induktivitás és transzformátor paramétereinek meghatározása.

Dual-Active-Bridge

A DAB (Dual-Active-Bridge) konverter és vezérlési módjainak ismertetése, jellemző időfüggvények és a kimeneti feszültség meghatározása. A félvezető elemek igénybevételeinek és a transzformátor paramétereinek meghatározása.

Rezonáns konverterek alapjai

A folyamatos üzemű és a kvázi rezonáns DCDC konverterek felépítésének, valamint a ZVS (Zero-Voltage-Switch) és ZCS (Zero-Current-Switch) működési tartományoknak az ismertetése, a kimeneti feszültség meghatározása rezonáns konverterek esetén.

ACDC tápegységek, hálózatbarát változatok

Az induktív és kapacitív szűrésű diódás egyenirányító hálózati visszahatásának meghatározása. Feszültségnövelő DCDC konverteren és egyfázisú hídkapcsolású inverteren alapuló szinuszos áramfelvételű hálózatbarát tápegységek ismertetése és a hálózati torzításuk meghatározása.

Mágneses körök alapjai

A mágneses alapfogalmak, valamint a mágneses körökben alkalmazható kemény és lágy mágneses anyagok tulajdonságinak áttekintése. Transzformátorokban és fojtókban alkalmazható tekercselőanyagok és szigetelőanyagok ismertetése, konstrukciós megoldások kis és nagyáramú alkalmazásokban.

Transzformátorok tervezése

Transzformátorok méretezési lépéseinek áttekintése, a minimálisan szükséges ferromágneses anyag méretének, a menetszámoknak, a tekercselőhuzal keresztmetszetének és felépítésének meghatározása a Skin és közelségi hatás figyelembevételével. A transzformátorban keletkező veszteségek számítása.

Fojtók tervezése

Diszkrét és elosztott légréses fojtók méretezési lépéseinek áttekintése, a minimálisan szükséges ferromágneses anyag méretének, a menetszámnak, a tekercselőhuzal keresztmetszetének és felépítésének meghatározása a Skin és közelségi hatás figyelembevételével. A fojtóban keletkező veszteségek számítása.

Félvezető-meghajtó áramkörök

Tápegységekben alkalmazott félvezető meghajtó áramkörök funkcióinak ismertetése, alsó oldali, felső oldali és teljes hídág meghajtása. Bootstrap és galvanikusan leválasztott meghajtó áramkör ismertetése és méretezése. A főáramkör parazita kapacitásinak, induktivitásinak vezérlőkörre gyakorolt visszahatásának vizsgálata. AVC (Active-Voltage-Clamping) áramkörök ismertetése.

Konstrukciós kérdések, hűtés

Tápegységek tervezésénél használt főbb szabványok, érintésvédelmi módok, átütési feszültség, kúszóút, mechanikai és villamos védettségi fokozatok ismertetése. A félvezetők és mágneses elemek levegő, folyadék és hibrid hűtési megoldásainak áttekintése.

Tápegységek elektromágneses kompatibilitása

A tápegységekben fellépő vezetett és sugárzott zavarforrások meghatározása. Az induktívan és kapacitívan becsatolt zajok elleni védekezési lehetőségek ismertetése. Hálózat oldali differenciál és közös módú zavarszűrő tervezése.

Teljesítményátalakítók irányítása

Mellékspecializáció B tantárgy

(BMEVIAUMA20, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy keretein belül a tápegységekben alkalmazott érzékelési módszerekkel és a konverterek irányítástechnikai kérdéseinek, problémáinak körüljárásával foglalkozunk ipari szempontok figyelembevételével. A hallgatók gyakorlati megközelítésből megismerkednek a lineáris és kapcsolóüzemű tápegységek és inverterek szabályozástechnikai modelljeivel és irányítási módszereivel, betekintést kapnak a szabályozási elvek megvalósítására (modellvezérelt tervezés) és az implementáció valósidejű ellenőrzésére.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető előadás

DCAC tápegységek csoportosítása feszültségszint, leválasztási mód és átalakítási mód szerint. Inverterek alkalmazási területeinek bemutatása.

Teljesítmény-átalakítók áramérzékelési módszerei

A tápegységekben alkalmazott áramérzékelési módszerek ismertetése. Söntös, áramváltós, Hall effektuson alapuló és Fluxgate elvű megoldások felépítése, alkalmazhatósági területeinek ismertetése és az elérhető pontosság meghatározása.

Teljesítmény-átalakítók feszültségérzékelési módszerei

A tápegységekben alkalmazott feszültségérzékelési módszerek ismertetése. Kompenzált feszültségosztó, differenciál erősítő közös módú és differenciál módú szűréssel, Hall effektuson alapuló megoldások felépítése, alkalmazhatósági területeinek ismertetése és az elérhető pontosság meghatározása.

Teljesítmény-átalakítók jeleinek galvanikus leválasztása

A tápegységekben előforduló analóg és digitális jelek leválasztási módjainak ismertetése. Optikai, induktív és kapacitív leválasztáson alapuló megoldások felépítése, alkalmazhatósági területeinek ismertetése és az elérhető pontosság meghatározása.

Szabályozástechnikai alapok – Lineáris szabályozók

Lineáris forrásról táplált soros belső feszültség – ellenállás – induktivitás áramkör irányítása arányos, integráló és PI szabályozóval. A szabályozási kör átviteli függvényének meghatározása, a paraméterek beállítása.

Szabályozástechnikai alapok – Kapcsolóüzemű szabályozók

Kapcsolóüzemű forrásról táplált soros belső feszültség – ellenállás – induktivitás áramkör irányítása impulzusszélesség modulációra épülő PI szabályozóval. A szabályozási kör átviteli függvényének meghatározása, a paraméterek beállítása.

Egyfázisú inverterek főáramkörének felépítése, vezérlési módszerek

Egyfázisú hídkapcsolású inverter felépítése és jellemző időfüggvényeinek meghatározása ellenütemű és eltolt vezérlés esetén. Az áramhullámosság kitöltési tényező függésének, illetve a félvezetők igénybevételének meghatározása.

Hálózatra kapcsolt egyfázisú inverter DC feszültségének szabályozása

Egyfázisú hídkapcsolású aktív egyenirányító felépítése és jellemző időfüggvényeinek meghatározása ellenütemű és eltolt vezérlés esetén. A feszültségszabályozási kör átviteli függvényének, valamint a szabályozó paramétereinek meghatározása.

Hálózatra kapcsolt egyfázisú inverter áramszabályozása, szinuszjel identifikátor

Hálózatra kapcsolt egyfázisú hídkapcsolású inverter áramszabályozási kör átviteli függvényének, valamint a szabályozó paramétereinek meghatározása. A hálózati feszültség amplitúdójának, frekvenciájának és fázishelyzetének meghatározása. A rezonáns szabályozó bevezetése.

Háromfázisú inverterek főáramkörének felépítése, kiadható feszültségek

Háromfázisú hídkapcsolású inverter felépítése és a kiadható feszültségek meghatározása egyszerű vezérlés esetén. A Clarke és Park transzformáció bevezetése, a csillagpont potenciáljának alakulása.

Háromfázisú modulációk
Háromfázisú hídkapcsolású inverterben alkalmazott modulációs technikák és felhasználási területeinek ismertetése. A fázisonkénti szinuszos, szimmetrikus és Flat-top moduláció bevezetése, a félvezetők veszteségének alakulása különböző modulációk esetén.
Hálózatra kapcsolt háromfázisú inverter d-q áramszabályozása
Hálózatra kapcsolt háromfázisú hídkapcsolású inverter vektoros áramszabályozása. A szabályozási kör átviteli függvényének, valamint a szabályozó paramétereinek meghatározása.
HIL rendszerek alapjai
A teljesítményelektronikában alkalmazott HIL (Hardware-in-the-loop) rendszerek felépítésének és tulajdonságainak ismertetése. A folytonos és diszkrét idejű modellek elkészítése egyszerű passzív áramkörök és ideális félvezetők esetén.
HIL rendszerek használata
A HIL rendszer alkalmazása a gyakorlatban. Teljesítményelektronikai áramkörök modelljének automatikus kódgenerálása MATLAB környezetből FPGA-ra és mikrokontrollerre.

Teljesítményelektronika laboratórium

Mellékspecializáció A labor
(BMEVIAUMB08, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése
A mérések keretein belül a hallgatók megismerkednek a teljesítményelektronika vezető területeivel és korszerű ipari készülékeken végeznek méréseket és valósítanak meg új funkciókat. A mérések során lehetőségük nyílik az eddig megszerzett elméleti ismereteik gyakorlatba történő átültetésére.

2. A tantárgy tematikája
A laboratórium a következő elvégzendő méréseket tartalmazza:
- Feszültségminőség javítása inverterekkel
  Kapacitív és induktív meddőteljesítmény előállítása hálózatra kapcsolt inverter segítségével. A hálózati feszültség harmonikus tartalmának csökkentése, illetve feszültségbetörés és Flicker kompenzáció megvalósítása különféle szoftveres megoldások segítségével. Bemutató mérés.
- Háromfázisú szigetüzemű inverter irányítása
  Feszültségszabályozásnak alárendelt áramszabályozás implementálása d-q koordinátarendszerben. A szabályozási kör paramétereinek beállítása és a zárt kör tesztelése passzív terheléssel.
- Egyfázisú hálózatra kapcsolt inverter irányítása
  Hálózati feszültség amplitúdójának, frekvenciájának és fázishelyzetének meghatározása. PLL és rezonáns áramszabályozás implementálása. A szabályozási kör paramétereinek beállítása. Hatásos és meddő áram injektálása a hálózatba.
- DCDC konverter irányítása
  Feszültségcsökkentő DCDC konverter kimeneti feszültségének vizsgálata vezérlésben. Áramszabályozó implementálása, a szabályozási kör paramétereinek beállítása és a zárt kör tesztelése LED-es terheléssel. Nemlineáris áramszabályozó és fölérendelt feszültségszabályozó implementálása és tesztelése.
- Tápegységek hálózati visszahatása
  Egyfázisú hálózatra kapcsolt hídkapcsolású inverter hálózati visszahatásának vizsgálata. A felvett áram harmonikus tartalmának mérése. Különféle differenciál és közös módú hálózati zavarszűrők tervezése és beépítése az áramkörbe, valamint azok szűrési tulajdonságainak vizsgálata.
- HIL szimuláció
  Szinkron BUCK konverter és terhelésének offline MATLAB szimulációja folytonos időben lebegőpontos ábrázolással és diszkrét időben fixpontos ábrázolással. A MATLAB modellből automatikus kódgenerálás segítségével a HIL szimulátor kódjának generálása és tesztelése vezérelt és áramszabályozott üzemben.
- Tápegységek passzív áramköreinek vizsgálata

Diszkrét és elosztott légréses fojtók fluxus-áram, illetve induktivitás-áram görbéinek felvétele és kiértékelése. Kapcsolóüzemű tápegységekben használt kapacitások feszültséghullámosságra gyakorolt hatásának vizsgálata a belső soros ellenállásuk és induktivitásuk figyelembevételével. Transzformátor telítésének és a beiktatott légrés hatásának vizsgálata.

- Galvanikusan leválasztott konverterek irányítása
  Egyfázisú teljes hídkapcsolású inverterrel táplált hídkapcsolású egyenirányítós közbülső váltakozó áramú körös DCDC konverter vezérlésének implementálása. Középfrekvenciás transzformátor indítása és elmágnesesődés elleni védelme.
- Analóg tápegységek
  Analóg vezérlőáramkörrel felépített DCDC konverter tervezése és mérése. Kereskedelmi forgalomban beszerezhető PWM vagy árammódú vezérlővel elektronikus DCDC tápegység építése, élesztése és paramétereinek vizsgálata.

VII.4.1.3 Alkalmazott szenzorika mellékspecializáció (ETT)

1. A specializáció megnevezése: **Alkalmazott szenzorika**
(Applied Sensors)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
4. Oktató tanszékek: ETT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Géczy Attila egyetemi docens (ETT)

6. A specializáció célkitűzése:
A mellékspecializáció célja, hogy a hallgató megismerkedjen a szenzorokkal kapcsolatos alapfogalmak rendszerével, szenzorok működési elveivel és előállítási technológiáival, szenzorok eszközstruktúráival. A technológiai megoldások, szenzorok példáján keresztül cél továbbá az alapeffektusok, mint a hőmérséklet, mechanikai terhelés, sugárzás és kémiai tulajdonságok mérési módszereinek bemutatása. Végezetül a beavatkozók áttekintésével egészül ki a mellékspecializáció tematikája.
A mellékspecializáció különös hangsúlyt fektet arra, hogy a hallgatók a rendszertechnikai alapokat is elsajátítsák, annak érdekében, hogy a bemutatásra kerülő orvosi- biológiai, autóipari, gyártósori és további, kereskedelmi forgalomban elérhető szenzorrendszerekkel kapcsolatos esettanulmányok szemléleti értelmezése az önálló munkavégzésben is felhasználásra kerüljön.
Ezen túl cél a hallgató bevezetése a nanométeres méretskálán jellemző effektusok és speciális tulajdonságokat mutató anyagok világába. Szorosan kapcsolódva a specializáció megismerteti a hallgatót a nanométeres tartományban történő anyagvizsgálat (metrológia) alapjaival.
A multidiszciplináris tematika tanulmányozása során a hallgató naprakész ismeretekre tesz szert a 21. század jövőbeli érzékelőit meghatározó működési elvekről és technológiákról.
A gyakorlatok és laborfoglalkozások célja, hogy a hallgatók képesek legyenek a rendelkezésre álló alkalmazott szenzorikai fejlesztőeszközök megismerésével szenzor köré rendezett mérőrendszert építeni és azt mérnöki szemléletben, önállóan tesztelni, alkalmazni.
A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Szenzorok rendszertechnikája	A tantárgy	BMEVIETMA15
Bio- és nanoszenzorika	B tantárgy	BMEVIETMA16
Alkalmazott szenzorika laboratórium	A labor	BMEVIETMB04

Szenzorok rendszertechnikája

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIETMA15, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal a villamos és optikai jeleket szolgáltató érzékelők és beavatkozók főbb típusait, működésük alapelveit, a technológiáikat és alkalmazási lehetőségeit.
A technológiai alapokon felül a tantárgy valós példákon keresztül, széles spektrumban mutatja be a szenzorok hasznosulását és alkalmazási lehetőségeit.

2. A tantárgy tematikája
A hallgató a tantárgy folyamán megismerkedik a szenzorokkal kapcsolatos alapfogalmak rendszerével. Az előállítási technológiák mellett az eszközstruktúrák is bemutatásra kerülnek. A technológiai megoldások példáján keresztül bemutatásra kerülnek az alapeffektusok a hőmérséklet, mechanika, sugárzás és kémiai eseteken keresztül. A beavatkozók áttekintésével egészül ki a technológiai megoldások elemzése. A hallgatók a tantárgyat a rendszertechnikai alapok megismerésével folytatják. Ezek után bemutatásra kerülnek az orvosi, autóipari, gyártósori és kommerciális alkalmazási

lehetőségek. A tantárgy esettanulmányok és konkrét megoldások bemutatásával is szemlélteti az alkalmazás módszertanát, valamint a szenzorokban rejlő rendszerszintű lehetőségeket.

Érzékelőkkel kapcsolatos alapfogalmak: az érzékelők fogalma, felosztása, jellemzői, intelligens és integrált érzékelők, újszerű követelmények.

Előállítási technológiák. Speciális anyagtípusok és technológiák (a szilícium anizotróp maratása, a felületi mikromegmunkálás). Szervetlen és polimer rétegek leválasztása.

Eszközstruktúrák az érzékelőkben: Impedancia szerkezetek, félvezető eszközök, kalorimetrikus, rezonátor és száloptikai típusok.

Alapeffektusok: A hőmérséklet hatásai: termorezisztív és termoelektromos, piroelektromos effektus. Mechanikai feszültség és deformáció hatásai: piezoelektromos, piezorezisztív effektus, kapacitásváltozás, elektretek alkalmazása. Hagyományos mechanikai érzékelő típusok: elmozdulás, deformáció, erő-, nyomás- és gyorsulásérzékelők. Szilícium alapú erő-, nyomás- és gyorsulásérzékelők, a hőfokkompenzálás kérdései.

Sugárzásérzékelők: termikus típusok és foton-detektorok. A mágneses tér hatásai: töltéseltérítés Hall-effektus, magnetorezisztív effektus.

A kémiai jelátalakítás molekuláris kölcsönhatásai: adszorpció, abszorpció, ionkicserélődés, a kémiai optikai jelátalakítás lehetőségei, biokatalitikus folyamatok. Félvezető oxid alapú vékony- és vastagréteg gázérzékelők, a működés alapjai, jellemzők. Szilícium alapú kémiai érzékelő eszközök: gázérzékelő és ion-érzékelő FET-ek. A szelektív kémiai érzékelés problematikája, lehetséges megoldásai.

A beavatkozók (aktuátorok) felosztása, működése. Piezoelektromos beavatkozók, mozgatók. Szervomotorok, léptetőmotorok. Magnetosztrikciós aktuátorok.

A mikromechanika alapjai elektrosztatikus mikromotorok, szilícium alapú mikroaktuátorok, szelepek, optikai eltérítők, összetett beavatkozó rendszerek. Mikro-elektromachanikai rendszerek (MEMS).

Rendszertechnikai alapok. Analóg szenzorok illesztése. Digitális szenzorok illesztése és kódolási módszerek. Speciális jelátviteli módszerek (fény, rádiófrekvencia). Távadók - analóg/digitális.

Rendszertechnikai alapok, szenzorok vezetékes és vezeték nélküli kommunikációja.

Környezetvédelem és biztonság autóelektronikai érzékelőkkel megvalósítva; ABS, ASR, ESP; Gépjárművek káros anyag kibocsátásának szabályozása, előírások, lambda szondás szabályozási kör; Részecskeszűrők. Esettanulmány.

Termikus érzékelők és alkalmazásaik; Kontakt és kontaktmentes hőmérők; Különböző gyártók termékeinek bemutatása. Ismerkedés a mérőeszközökkel.; Hőmérő elemek az elektronikai gyártástechnológiában;

Nyomásmérők és alkalmazásaik, aktuátorok és nyomásmérők fúziója.

Bio- és nanoszenzorika

Mellékspecializáció B tantárgy

(BMEVIETMA16, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a hallgató bevezetése a nanométeres méretskálán jellemző effektusok és speciális tulajdonságokat mutató anyagok világába, valamint megismertetni őket ezek érzékelési célra történő felhasználásával. A hallgató megismerkedik a nano- és bioérzékelők főbb építőelemeivel, azok működési elveivel és alkalmazási lehetőségeivel. Az erősen multidiszciplináris tematika végigtanulmányozása során a hallgató naprakész ismeretekre tesz szert a 21. század jövőbeli érzékelő eszközeit meghatározó működési elvekről és technológiákról.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés: a bioérzékelők és nanoérzékelők definíciója. A bioérzékelők csoportosítása (affinitás és katalitikus típus; DNS alapú, immunoérzékelő, enzim alapú és élő sejt alapú érzékelők). Nano-méreteffektusok és kihasználásuk érzékelő és beavatkozó elemekben.

Jelölést alkalmazó bioérzékelő jelkiolvasási technikák. Jelölőmolekulák működése és típusaik. Elterjedt megoldások (pl. assay-k, ELISA, DNS-chip).

Jelölésmentes bioérzékelő jelkiolvasási technikák. Fontosabb jelkiolvasási (transzducer) eljárások (elektrokémia, optikai, akusztikus hullám alapú, félvezető alapú módszerek).
A bioérzékelőkben használt szerves nanoszerkezetek (DNS és fehérjék) alapvető tulajdonságai.
Önszerveződő rendszerek. Szerves, önszerveződő funkcionális rétegek (SAM, Self Assembled Monolayers) valamint bevonatok (pl. Langmuir-Blodgett) és alkalmazásuk. Előállítási technológiák, nanostruktúra optimalizálás, felhasználásuk szenzorokban.
Bioreceptor rétegek immobilizációs és regenerációs technikái.
Elektrokémiai alapfogalmak. A fontosabb nanoszenzorokban alkalmazott elektrokémiai eljárások (potenciometria, amperometria, voltammetria, coulometria, elektrokémiai impedancia spektroszkópia).
Elektrokémiai elvű bioszenzorok. A jelgenerálás elektrokémiai elvei bioérzékelők esetén, alternatív jelátalakítási technikák (pl. nanopórusok).
Nanooptika, plazmonika. Optikai tulajdonságok változása a nano méretskálán. Plazmonok, plazmon rezonancia (SPR), lokalizált plazmon rezonancia (LSPR). Az optikai közeltér (evaneszcens régió) tulajdonságai és kiaknázása érzékelőkben.
Felületi plazmon rezonanciás képalkotás, mint bioérzékelő kiolvasási mechanizmus (SPRi). Nanoszerkezeteken lokalizált plazmonok alkalmazása érzékelőkben. SPRi rendszerfejlesztés és alkalmazási példák.
A nanoszenzorika építőelemei. Top-down vs. bottom-up strukturálás. Fémes nanoszerkezetek, félvezetők, polimerek. Előállítási technológiák, tulajdonságok és alkalmazások érzékelőkben.
A szenzorok fontosabb paramétereinek (detektálási küszöb, érzékenység, szelektivitás, élettartam, regenerálhatóság stb.) javítása a különböző anyagcsaládokba tartozó nano-építőelemek felhasználásával. Klasszikus érzékelő konstrukciók módosítása nano-anyagokkal.
Mikro- és nanofluidika. alapelvek, építőelemek, technológiák. A folyadékminta-kezelés evolúciójának öt állomása orvosbiológiai point-of-care eszközökben.
Kitekintés, meghívott ipari előadó.

Alkalmazott szenzorika laboratórium

Mellékspecializáció A labor
(BMEVIETMB04, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A laboratóriumi gyakorlatok célja a leggyakrabban alkalmazott szenzor típusok megismerése működés közben, az alkalmazástechnika és rendszerbeépítés problémáinak tanulmányozása, a hitelesítés és mérés módszereinek megismerése. A tantárgy célja továbbá, hogy a rendelkezésre álló korszerű fejlesztőeszközökön keresztül a hallgató képes legyen önállóan felépíteni egy alkalmazott szenzorikai mérőrendszert.

2. A tantárgy tematikája

A hallgatók a méréstechnikai környezetben alkalmazható szenzorokról, fejlesztőeszközökről kapnak ismertetést és gyakorlati példákat. A tematikus mérések során többek között az adatgyűjtés alapelveivel és eszközeivel, valamint a hozzájuk tartozó fejlesztőeszközökkel ismerkednek meg a méréseken részt vevő hallgatók. Ezek után a konkrét szenzorok és azok illesztési környezetének bemutatására kerül sor. A specifikus mérések a hőmérséklet-, fény-, nedvesség & páratartalom-, valamint nyomásérzékelés témakörét érintik gyakorlati példákon (pl. ipari érzékelés, lakossági szenzorok). A MEMS technológiák egyes szerkezetei, valamint az orvosbiológiai felhasználású eszközök fejlesztési- és alkalmazási technikái is megjelennek a tematikában. A tantárgy során a vezetett méréseken túl egy projekt végigvitelét / kifejlesztését is elvégzik a hallgatók.

- Bevezető mérés, elvárások, projekt témák egyeztetése, munka- és balesetvédelem.
- Alkalmazott szenzorikai fejlesztőeszközök bemutatása. Arduino rendszer alapjainak ismertetése, digitális és analóg illesztés, shieldek, szenzor modul (breakout) élesztése, alapszintű mérésekkel.
- Szenzorok illesztése LabView rendszeren keresztül, virtuális műszerek alkalmazása szenzoros mérésekhez. Virtuális műszer validálása.

- Környezeti szenzorok vizsgálata ipari minőségű szenzorklaszterek segítségével. Ambiens hőmérsékletmérés, nyomás, páratartalom. Megjelenítési lehetőségek.
- Orvosbiológiai alkalmazású szenzorok vezetett mérés.
- MEMS szenzorok vezetett mérés (MFA 3D MEMS erőmérőchipje és/vagy MEMS pellisztor gázérzékelők).
- Projekt fejlesztési folyamat áttekintése, irodalmazás áttekintése, dashboard kialakítási lehetőségek bemutatása.
- Ipari hőmérséklet és nyomásmérés az elektronikai gyártás típuspéldáin keresztül. Kemencék bemérése szenzorklaszterrel.
- Projekt fejlesztés bemérése, validáció, laboratóriumi és terepi mérések összehasonlítása.
- Projekt fejlesztés bemutatása, műszaki tanulságok levonása, továbbfejlesztési lehetőségek áttekintése.

VII.4.1.4 E-mobilitás mellékspecializáció (VET-VME)

1. A specializáció megnevezése: **E-mobilitás**
(E-Mobility)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Villamos Energetika Tanszék
4. Oktató tanszékek: **VET**
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Veszprémi Károly egyetemi tanár (VET)

6. A specializáció célkitűzése:
A világ egyre inkább arra felé halad, hogy a közlekedés villamos járművekkel fog történni. Ez a trend már napjainkban is jelentős mértékben tetten érhető, és a jövőben egyre gyorsulni fog várhatóan. Az E-mobilitás mellékspecializáció célkitűzése ennek a technológiai változásnak a megalapozása eszköz- és rendszeroldalról.
Ez a terület speciális energiaátalakítókat, energiatárolókat, energiaellátási rendszereket, szabályozásokat és speciális mérnöki kompetenciákat igényel. A mellékspecializáció felkészíti a hallgatókat a korszerű megoldási technikák, tervezési-fejlesztési elvek és vizsgálati módszerek használatára, a bevált mérnöki gyakorlatok önálló alkalmazására.
A specializáció célja megismertetni a hallgatókat elsősorban a villamos járművekben használt speciális villamos gépek, villamos hajtások, teljesítményelektronikai átalakítók működésével, elemzésével, tervezésével, irányításával, vizsgálati módszereivel. A tananyag tartalmazza ezek alkalmazásával kapcsolatos speciális technikákat, megoldásokat és eszközöket.
A specializáción keresztül a hallgatók elsajátíthatják az ipari feladatok megoldásához szükséges mérnöki szemléletet és módszertanokat: rendszermérnöki (System Engineering), minőségbiztosításimérnöki (Quality Engineering), követelménymérnöki (Requirement Engineering) verifikációs és validációs mérnöki (Verification and Validation Engineering), és biztonságimérnöki (Safety Engineering) tématerületeken, fókuszálva az elektromos és hibrid járművek specialitásaira. A rendszerszintű megközelítés révén az E-mobilitás mellékspecializációt teljesítő villamosmérnökök megalapozott tudással helyezkedhetnek el a járműiparban, felkészülve akár a tanulmányok PhD-képzés keretében történő folytatására.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Korszerű villamos gépek és hajtások	A tantárgy	BMEVIVEMA20
Elektromos és hibrid járművek	B tantárgy	BMEVIVEMA21
E-mobilitás laboratórium	A labor	BMEVIVEMB06

Korszerű villamos gépek és hajtások

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIVEMA20, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja megismertetni a hallgatókat elsősorban a villamos járművekben használt speciális villamos gépek, villamos hajtások, teljesítményelektronikai átalakítók működésével, elemzésével, tervezésével, irányításával, vizsgálati módszereivel. A tananyag tartalmazza ezek alkalmazásával kapcsolatos speciális technikákat, megoldásokat és eszközöket. Nagy hangsúlyt fektetünk az alkalmazható számítógépes tervezési, irányítási és vizsgálati módszerek megismertetésére. A tárgyalt megoldásokat esettanulmányokkal illusztráljuk.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés a tantárgy témaköreibe. A korszerű alkalmazások speciális problémái.
Általános villamosgép-tervezési ismeretek. Igénybevételek és kihasználási számok.

Forgómezős tekercselés tervezése, a térbeli és időbeli mennyiségek kapcsolata.
Aszinkrongép tervezésének elmélete: kalickás és tekercselt forgórész.
Szinkrongép tervezésének elmélete I.: kiálló pólusú és hengeres forgórész.
Szinkrongép tervezésének elmélete II.: állandómágneses, reluktancia, hibrid forgórész.
Korszerű számítási módszerek és technológiai megoldások.
Váltakozó áramú villamos hajtások szabályozási feladatai.
Állandómágneses szinkrongépes hajtás mezőorientált áramvektor szabályozása I.
Állandómágneses szinkrongépes hajtás mezőorientált áramvektor szabályozása II.
Kalickás forgórészű aszinkrongépes hajtás közvetlen nyomaték és fluxus szabályozása.
Mikroszámítógépes hajtásszabályozások.
Modell alapú hajtásfejlesztés.
Esettanulmányok a tantárgy témaköreiből.

Elektromos és hibrid járművek

Mellékspecializáció B tantárgy
(BMEVIVEMA21, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal a napjainkban egyre fontosabb mérnöki kompetenciákat és ismereteket: rendszermérnöki (System engineering), minőségbiztosításimérnöki (Quality engineering), követelménymérnöki (Requirement engineering) verifikációs és validációs mérnöki (Verification and validation engineering), és biztonságimérnöki (Safety engineering) tématerületeken, fókuszálva az elektromos és hibrid járművek specialitásaira.
A tantárgyban nagy hangsúlyt fektetünk az elmélet mellett a gyakorlati tudás elsajátítására, ezért a félév során valós példákon és esettanulmányokon keresztül ismerik meg a hallgatók az egyes tématerületeket.
A rendszermérnöki kompetencia elsajátításhoz a hallgatók megismerkednek az elektromos és hibrid járműhajtások részegységeivel, rendszer szintű felépítéssel, szabályozással, energiatároló és energiaellátó rendszereikkel, valamint különböző hibrid-elektromos topológiákkal. A tantárgyban nagy hangsúlyt kapnak az elektromos és hibrid járművekkel kapcsolatos minőségbiztosítási rendszerek, ezen kívül a tantárgy gyakorlati példákon keresztül megismerteti a hallgatókat követelménymérnöki, verifikációs és validációs mérnöki, valamint biztonságimérnöki alapokkal és folyamatokkal.

2. A tantárgy tematikája

Elektromos és hibrid járművek fajtái. Vontatáshoz szükséges vonóerő-sebesség jelleggörbe, és vontatási teljesítmény. Vonóerő, utazási sebesség és fékerő szabályozás követelményei.
Elektromos és hibrid járművek felépítése, részegységei, a fő- és a segédüzem feladatai.
Járművek fedélzeti energiatárói, töltési módok. Felsővezetékes energiaellátás megoldásai városi és vasúti járművekhez. Több áramnemes mozdonyok és motorvonatok.
Egyenáramú motoros járműhajtások: Jellegzetes járműtípusok villamos hajtásainak és fejlesztési irányainak ismertetése (földalatti metró, városi villamosok, mozdonyok).
Váltakozó áramú motoros járműhajtások: Városi villamosok, trolibuszok, metrók villamos szabályozott villamos hajtásai. Jellegzetes járműtípusok és fejlesztési irányok ismertetése.
Elektromos és hibrid autók, hajók, repülőgépek felépítése, jellemző topológiák, fejlesztési irányok.
Elektromos és hibrid járművekre vonatkozó minőségbiztosítási rendszerek alapjai és folyamatai, auditok típusai, kockázatok kezelése.
Elektromos és hibrid járművek követelményrendszere a rendszer szinttől a komponensekig, verifikációs és validációs módszerek alkalmazása
Funkcionális biztonsági alapok, szabványok. Biztonsági folyamatok (V modell, FHA, PSSA, FMEA, SSA).

E-mobilitás laboratórium

Mellékspecializáció A labor

(BMEVIVEMB06, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a szakirány elméleti tantárgyaiban tanított tananyag alkalmazása gyakorlati, kísérleti körülmények között, laboratóriumi mérések keretében. Cél a team-ben végzett munka gyakorlása is.

2. A tantárgy tematikája

A következő témakörökhöz kapcsolódó laboratóriumi mérések lesznek

- Négynegyedes tirisztoros egyenáramú hajtás vizsgálata (két, egyforma felépítésű szabályozott hajtásból álló, mechanikailag kapcsolt gépcsoport villamos jellemzői)
- Egyenáramú szaggatós hajtás vizsgálata (a zárt fordulatszám szabályozási kör Bode diagramjának felvétele)
- Frekvenciaváltós mezőorientált szabályozású aszinkronmotoros hajtás vizsgálata (jellegzetes Park-vektor pályák és időfüggvények megfigyelése)
- Mikroszámítógépes irányítású aszinkronmotoros hajtás vizsgálata (korszerű hajtásirányító (motor control) DSP megismerése és használata)
- Mikroszámítógépes irányítású szinkronmotoros hajtás vizsgálata (digitális szabályozási algoritmusok vizsgálata)
- Állandómágneses szinkrongépes hajtások, járműhajtások vizsgálata (pozíció- és fordulatszám szabályozás, szimmetrikus optimum)
- Állandómágneses kerékagymotor vizsgálata (mérleggéppel terhelve, fordulatszám és nyomaték mérése)
- Lítium alapú akkumulátorok karakterisztikáinak mérése (üresjárás, terhelés, töltés, kisütés)
- Kapcsolt reluktancia motoros hajtások vizsgálata (számítógépes irányítás megismerése, a hajtás dinamikai tulajdonságainak vizsgálata)
- Számítógépes labor: FEM modellezés (a kapcsolt reluktancia motor példáján keresztül a FEM modellezés megismerése)

VII.4.1.5 Épületvillamosság mellékspecializáció (VET-NF)

1. A specializáció megnevezése: **Épületvillamosság**
(Building's Electricity)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Villamos Energetika Tanszék
4. Oktató tanszékek: VET
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Kiss István egyetemi docens (VET)

6. A specializáció célkitűzése:
Mind a hallgatók, mind a szakma részéről jelentős igény mutatkozik arra, hogy az épületvillamossági tervezésben alapvető ismeretekkel rendelkező villamosmérnök hallgatók jelenjenek meg a munkaerőpiacon. A mellékspecializáció keretében a korszerű épületvillamossági tervezés alapismereteit kívánjuk átadni, amelyeknek részét képezik a modern világítástechnika ismeretei, az épületvillamosság intelligens megoldásaival kapcsolatos ismeretek, valamint a tervkészítés mára teljesen számítógép alapúvá vált folyamatával és az alkalmazott eszközökkel kapcsolatos ismeretek.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Intelligens épületek és világítási rendszerek	A tantárgy	BMEVIVEMA22
Épületvillamossági számítógépes tervezés	B tantárgy	BMEVIVEMA23
Épületvillamosság laboratórium	A labor	BMEVIVEMB07

Intelligens épületek és világítási rendszerek

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIVEMA22, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése
Megismertetni a hallgatóságot a kis- és nagyépületek automatizálásának lehetőségeivel. A tantárgy keretében részletesebben foglalkozunk a központi épületgépészet elemeivel és ezek automatizálásának lehetőségeivel, az épület komforttereinek automatizálásának lehetőségeivel, a különböző automatizálások megvalósítására használt buszrendszerek működésével, felépítésével. A világítási rendszerek automatizálása kapcsán megvizsgáljuk a különböző típusú fényforrásokat automatizálással szemben támasztott igényeit is.

2. A tantárgy tematikája
Komfort, biztonság és fenntarthatóság az épületekben
- Ideális belső terek követelményei, kihívásai
- Hőmérséklet, hőérzet
- Levegőminőség
- Beteg épületek (Sic building syndrome)
- Vizuális komfort

A hőenergia szállítása
- Hőcserélők és közvetítő közegek
- Szivattyúk, szivattyúk kapcsolásia
- Szelepek típusai
- Hőközpont kialakítása
- Hőmérséklet szabályozás

A hőenergia előállítása
- Hőszivattyúk típusai, működése
- Variable Refrigerator Volume (VRV), Variable Refrigerator Flow (VRF)

- Deresedés problémái
- Kazánok típusai
- Távhő fogadása
- Napkollektorok
- Chillerek és szabadhűtő gépek

A hőenergia hasznosítása

- Radiátorok, konvekciós hőátadási folyamat
- Padlókonvektor
- Felületfűtés, felülethűtés
- Harmatpont miatt kialkuló problémák elkerülése
- Ventilátoros hűtő- és fűtőtestek

Légtechnika

- Épületek szellőztetése
- Légcsatorna hálózat elemei
- Légkezelők típusai, felépítésük, vezérlésük
- Hővisszanyerés
- Párásítás, páramentesítés

Tűzvédelem, hő- és füstmentesítés; Használati melegvíz előállítása

- Hő és füstmentesítés elemei, vezérlésük
- Túlnyomásos lépcsőház
- JET ventilátor funkciói
- HMV tartályok, cirkulációs rendszer
- Csíramentesítés

Épületek villamosenergia ellátása; Betáplálási lehetőségek; Kisfeszültségű energiaelosztás

- KöF betáplálás, KiF betáplálás
- Megbízható villamosenergia ellátás
- Túlterhelés- és zárlatvédelem
- Érintésvédelem és földelési rendszerek
- Túlfeszültség védelem
- Fogyasztásmérés
- Vezérlő és jelzőkészülékek

Hagyományos világításvezérlés, villamos fűtés, kapcsolóeszközök

- Kioldók
- Terheléskapcsolók
- Kontaktor, kontaktor kiválasztás alapjai
- Hagyományos világítási áramkörök
- Villamos fűtés

Épületautomatizálási alapok, terepi eszközök

- Folyamatműszerezés
- Irányító és irányitott rendszerek az épületekben
- Buszrendszerek alapjai
- Fizikai adatpontok
- Terepi eszközök, érzékelők, beavatkozók, távadók

Épületautomatika, DDC készülékek, vezérlőszekrények, felügyelet

- PLC és DDC eszközök, felépítésük
- Központi vezérlések
- Épületgépészeti vezérlőszekrények, szerelvények
- Felügyeleti rendszerek

Komfort terek automatizálása, a KNX szabvány

- Egyedi zónaszabályozás
- KNX topológiai kialakítása
- Fűtés, hűtés vezérlés
- Világítás vezérlés, kapcsolat a DALI busszal

Világítási alapismeretek

- Világítástechnikai alapfogalmak

- Elektromágneses spektrum, fény
- Fénykeltés
- Sugárzási törvények
- Láthatósági függvények
- Fényáram, megvilágítás, fényerősség, fénysűrűség
- Fényelnyelés, reflexió
- Fényhasznosítás

Fényforrások és lámpatestek típusai

- Hőmérsékleti sugárzók
- Kisülőlámpák
- Szilárdtest sugárzók
- Lámpatestek tervezési szempontjai
- Lámpatestek fényeloszlásának mérése
- Káprázás

Fényforrások és vezérlési elveik

- Áramköri szerelvények fényforrásokhoz
- Előtétek, gyújtók
- Fényforrások újragyújtása

Épületvillamossági számítógépes tervezés

Mellékspecializáció B tantárgy

(BMEVIVEMA23, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

Mind a hallgatók, mind a szakma részéről jelentős igény mutatkozik arra, hogy az épületvillamossági tervezésben alapvető ismeretekkel rendelkező villamosmérnök hallgatók jelenjenek meg a munkaerőpiacon. A mellékspecializáció keretében a korszerű épületvillamossági tervezés alapismereteit kívánjuk átadni, amelyeknek részét képezik a modern világítástechnika ismeretei, az épületvillamosság intelligens megoldásaival kapcsolatos ismeretek, valamint a tervkészítés mára teljesen számítógép alapúvá vált folyamatával és az alkalmazott eszközökkel kapcsolatos ismeretek.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés. A tervezés, mint műszaki kommunikáció. Alapfogalmak, általános szabályok.
A számítógépes tervezés területei. Készülékjelölések.
Az épületvillamossági tervezés tipikus feladatai. Szabványok, rendeletek. Házi feladatok kiadása
Egyszerű elosztószekrény tervezése motorvédelemhez. A feladat megoldásához szükséges lépések áttekintése mintaterv elemzésével.
Ábrázolási, rajzkészítési szabályok, rajzszámozási rendszerek
A dokumentáció részei: műszaki leírás, tervezői nyilatkozat, tervrajzok, műbizonylatok, mérési jegyzőkönyvek, kiviteli terv stb.
Tervfajták: energiaellátási hálózat, világítási hálózat, gyengeáramú hálózat, túlfeszültség- és zavarvédelem stb. Nyomvonaltervek, vonalas kapcsolási rajzok, elosztószekrény, homolokképrajz.
Energiaigény meghatározását elősegítő eszközök. Világítástechnikai tervezőprogramok.
Méretezési és kiválasztási feladatokat segítő eszközök (keresztmetszet-kiválasztás, védelmi eszközök kiválasztása, ellenőrzés szelektivitás és áramütés elleni védelem szempontjából).
Villamos, mágneses és elektromágneses ellenőrző számítások.
Villámvédelmi tervezőprogramok 1. Működési alapok, MSZ EN 62305 szabvány áttekintése
Villámvédelmi tervezőprogramok 2. Alkalmazások.
Adatcsere az egyes tervezőrendszerek között. Tipikus adatformátumok.
AutoCAD programozási esettanulmányok.

Épületvillamosság laboratórium

Mellékspecializáció A labor

(BMEVIVEMB07, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

Laboratóriumi mérések keretében elmélyíteni az Intelligens épületek és világítási rendszerek és az Épületvillamossági számítógépes tervezés tantárgyakban tanult ismereteket.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő elvégzendő méréseket tartalmazza:

- Motorok hő- és áramvédelmének összehasonlító vizsgálata
- Koordinált túlfeszültségvédelmi rendszer vizsgálata
- Villámvédelmi felfogórendszer hatékonyságának vizsgálata
- Világításvezérlés KNX rendszer segítségével
- Fényforrások EMC vizsgálata GTEM cellával
- Épületinformatikai rendszer alkalmazása energiahatékonyság növelésére
- Nagyfeszültségű laboratórium áramütés elleni védelmének vizsgálata
- Épület villamos hálózatának intelligens mérése
- Megvilágítás mérés alapján állandó fényerőre szabályozás beállítása
- Épületekben előforduló AC és DC erőterek mérése

VII.4.1.6 FPGA alapú rendszerek mellékspecializáció (MIT)

1. A specializáció megnevezése: **FPGA alapú rendszerek**
(FPGA-Based Systems)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék
4. Oktató tanszékek: MIT
5. Specializációfelelős oktató: Szántó Péter mesteroktató (MIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A programozható logikai áramkörök (FPGA-k) jelentősége az elektronikai rendszerfejlesztés minden területén növekszik. Általános realizációs platformot kínálnak a komplex digitális eszközök, nagyteljesítményű beágyazott rendszerek, mesterséges intelligencia alkalmazások, multiprocesszoros SoC megoldások, nagysebességű kommunikációs berendezések és digitális jel/kép/video feldolgozó funkcionális egységek számára. Az újrakonfigurálható hardver a nagy számítási igényű feladatok jelentős részében nagyságrendi gyorsítási lehetőséget biztosít kiváló energiahatékonyság mellett. A közvetlen, feladatorientált számítási architektúrák a nagyfokú párhuzamosíthatósággal és a nagy sávszélességű interfészekkel extrém műveletvégzési teljesítményű HW gyorsító egységek tervezését biztosítják különböző tudományos és gyakorlati alkalmazásokban. A legújabb generációs eszközök a heterogén felépítésük következtében hatékonyan támogatják a legkedvezőbb HW-SW dekompozíció kiválasztását, a különböző tervezési követelmények érvényesítését. Az eszközök hatékony alkalmazása megköveteli a legkorszerűbb tervezési, fejlesztési technológiák, CAD módszerek, és eszközök megismerését. Az integrált fejlesztőrendszerek a tervezési specifikációtól, a magasszintű a feladatmegfogalmazáson át a szimulációs, implementációs és ellenőrzési, hibakeresési folyamaton keresztül minden fázisban a tervezési technológia legmodernebb módszerit biztosítják. Az összetett rendszerek kompozíciójában jelentős az IP alapú építkezés, a verifikációs ciklusban a szimuláció és a HIL tesztelés. A programozható logikai áramkörök használata a hazai elektronikai fejlesztésekben egyre jelentősebb és ez fokozódó igényt jelent a területen jártas tervezőmérnökök iránt.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
FPGA alapú rendszerek fejlesztése	A tantárgy	BMEVIMIMA24
Heterogén SoC rendszerek	B tantárgy	BMEVIMIMA25
FPGA tervezői laboratórium	A labor	BMEVIMIMB08

FPGA alapú rendszerek fejlesztése

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIMIMA24, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a komplex digitális rendszerek tervezési szempontjainak, eszközeinek és módszereinek bemutatása. Megismerteti a hallgatókat a digitális rendszertervezés korszerű módszereivel, bemutatja a modern, nagybonyolultságú programozható logikai áramköröket (CPLD-k, FPGA-k, SoC-k), demonstrálja a korszerű tervező környezetek szolgáltatásait és ezek hatékony használatát. Bemutatja az FPGA áramkörön megvalósított processzoros rendszerek alapvető tervezési kérdéseit, rendszertechnikai megoldásait. A tervezési módszereket a széles körben elterjedt, ipari szabványnak tekinthető eszközkészlet használatával konkrét tervezési példákon keresztül ismertetjük. Az elméleti ismereteket így közvetlen gyakorlati tapasztalatok is kiegészítik, illetve elmélyítik.

2. A tantárgy tematikája

Alapfogalmak. FPGA gyártók áttekintése (Achronix, Intel, Lattice, Microchip, Xilinx)
A logikai rendszerek tervezésének általános szempontjai. A tervezési folyamat lépései. Tervfeladatok specifikációja, dekompozíció. Rendszermegvalósítási alternatívák, technológiai áttekintés. Hardver leírás absztrakciós szintjei. Hardverleíró nyelvek szerepe, viselkedési és RTL leírás.
Verilog és VHDL szintetizálható részhalmaza.
Verilog és VHDL nem szintetizálható részhalmaza.
HDL szimuláció: szimulátorok működése, referencia modellek, viselkedési modellek. Gerjesztő jelek előállítása, megfigyelés és ellenőrzés.
Xilinx 7-es sorozatú FPGA-k architektúrája: logikai elemek, memória elemek, DSP blokkok.
Xilinx 7-es sorozatú FPGA-k architektúrája: I/O elemek, órajel kezelés.
Xilinx UltraScale(+), Versal, Intel Arria, Stratix és Agilex FPGA-k architektúrája.
Nagy sebességű szinkron interfészek megvalósítási kérdései.
Szinkron tervezési paradigma. Globálisan szinkron rendszerek, órajel tartományok, kommunikáció órajel tartományok között. Időzítési kényszerek, szintézis attributumok és megkötések. Időzítésanalízis és DRC.
FPGA-ban megvalósított processzoros rendszerek: soft-core processzorok.
Xilinx MicroBlaze.
Áramkörön belüli buszrendszerek. ARM AMBA buszrendszer részletes ismertetése.
Perifériák illesztése, IP alapú fejlesztés. BFM.
PCIe buszrendszer. PCIe interfész kialakítása FPGA-ban.
Külső memóriák (SRAM, DRAM). Memória hierarchia processzoros rendszerekben.
Standalone szoftver fejlesztés kérdései.
Fordítók, linkerek, assemblerek és használatuk.
Hardver-szoftver szétválasztás, profiling.
FPGA-k konfigurációs interfészei. JTAG interfész. Áramkörön belüli logikai analizátor. Hardver-szoftver együttes ellenőrzés, hibakeresés.

Heterogén SoC rendszerek

Mellékspecializáció B tantárgy
(BMEVIMIMA25, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a komplex, nagy teljesítményű, egy áramkörön belül megvalósított heterogén rendszerek tervezési és alkalmazási kérdéseinek bemutatása, különös tekintettel részfunkciók hardveres gyorsítására. A tantárgy ismerteti a feladatok hardver megvalósításának előnyeit, bemutatja a (részlegesen) újrakonfigurálható FPGA-k és a GPGPU eszközök által kínált nagyfokú párhuzamosításban és pipeline végrehajtásban rejlő gyorsítási lehetőségeket. Ismerteti a hardver-szoftver együttes tervezés és partícionálás követelményeit, módszereit. Bemutatja a CPU, GPGPU és FPGA alapú feldolgozó egységek egységes használatának szoftveres hátterét (CUDA, OpenCL), valamint az FPGA-k magas szintű nyelven történő fejlesztését. Valós példákon (pl. video feldolgozás, mesterséges intelligencia alkalmazások) keresztül bemutatja a heterogén eszközök használatával elérhető teljesítmény- és hatékonyság növekedést.

2. A tantárgy tematikája

Linux operációs rendszer FPGA platformokon.
Operációs rendszer rétegei. BSP (Board Support Package) kialakítása, device-tree használata.
Linux boot folyamat, first stage bootloader, U-Boot.
Kernel fordítás saját hardver platformon. Kernel modul (driver) fejlesztése.
Heterogén SoC rendszerek áttekintése: Broadcom, NVIDIA, NXP, Rockchip, Microchip.
FPGA alapú SoC rendszerek áttekintése: Intel, Microchip, Lattice.
Xilinx Zynq és Versal család.
Processzor – FPGA kapcsolat: interfészek, nagysebességű adatátvitel.

Nagyteljesítményű processzoros alrendszerek, hard-core processzor magok és jellemző perifériák. Többmagos megoldások, speciális utasításkészletek. Real-time magok.
SoC rendszerek boot folyamata. Biztonság, jogosultságok.
Az FPGA rész konfigurációja. FPGA-k parciális rekonfigurációja.
Vektor utasításkészletek (AVX, NEON, SVE).
Többszálú programok fejlesztése OpenMP segítségével.
Grafikus processzorok: bevezetés.
NVIDIA GPU-k hardveres felépítése. NVIDIA Jetson SoC-k.
GPU-k programozása: szálkezelés, szál hierarchia. Szinkronizáció. Memória modell.
OpenCL és CUDA: hoszt szoftver és kernel.
Magas szintű szintézis FPGA áramkörökre: Intel C2H, Xilinx HLS (C++ és OpenCL).
Xilinx HLS: egyedi adattípusok, teljesítmény növelése.
Xilinx HLS: erőforrás limitek, interfészek szintézise. IP generálás.
Xilinx HLS: hardver gyorsító integrálása.

FPGA tervezői laboratórium

Mellékspecializáció A labor
(BMEVIMIMB08, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy egy konkrét tervezési projekt (FPGA alapú, digitális jelfeldolgozó egységet is tartalmazó SoC rendszer) megvalósításán keresztül segítse a tématerülethez tartozó ismeretek gyakorlati elsajátítását. A laboratóriumi foglalkozások során tematikus feladatok, tervezési lépések elvégzése, részben önálló specifikáción alapuló tervezés végrehajtása történik. A feladatok a mellékspecializáció tantárgyak során bemutatott módszereket felhasználva segítik a problémamegoldási, hibakeresési és tesztelési készségek fejlesztését.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő elvégzendő méréseket tartalmazza:

- Bevezetés, feladat definiálása, technikai specifikáció elkészítése. Mikroprocesszoros rendszer létrehozása.
- Egyszerű gyári IP-k integrálása.
- Buszciklusok vizsgálata logikai analizátorral.
- Egyedi IP fejlesztése HDL nyelven.
- Egyedi IP fejlesztése magas szintű szintézis segítségével.
- Egyedi IP-k integrálása.
- Linux operációs rendszer készítése a HW környezethez.
- AI feldolgozóegység integrálása.
- Alacsony szintű Linux szoftver komponensek megvalósítása.
- Magas szintű szoftver megvalósítása 1.
- Magas szintű szoftver megvalósítása 2.

VII.4.1.7 Nukleáris rendszertechnika mellékspecializáció (VIK-NTI)

1. A specializáció megnevezése: **Nukleáris rendszertechnika**
(Engineering of Nuclear Safety)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős: Villamosmérnöki és Informatikai Kar
4. Oktató tanszékek: MIT, BME Nukleáris Technika Intézet (NTI)
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Vörös András (MIT)

6. A specializáció célkitűzése:
A Paks II erőmű építése során számos olyan villamosmérnök szakemberre lesz szükség, akik nukleáris alapismeretekkel is rendelkeznek. A mellékspecializáció célja, hogy a specializációt választó villamosmérnök hallgatók megszerezzék azokat az ismereteket, amelyek megkönnyítik, hogy hatékonyabban tudjanak részt venni az erőműnek és kiszolgáló rendszereinek tervezési, kivitelezési és üzemeltetési feladataiban. A specializációban megszerezhető kompetenciák: Nukleáris fizika alapjainak áttekintő ismerete. Az atomerőművek működési elvének, az erőmű felépítésének, fő funkcionális elemeinek, primer és szekunder köri elemeinek megismerése. Ismeretek szerzése a nukleáris méréstechnika területén. A nukleáris biztonsági szabályzat, a nukleáris létesítményekre vonatkozó követelmények (felelősség, biztonsági célok, mélységben tagolt védelem, biztonsági politika…) hazai és nemzetközi szabályozása. A biztonságra tervezés alapjai, biztonsági osztályok, speciális tervezési követelmények. Kiemelten fontos villamos és irányítástechnikai rendszerek és komponensek tervezése. A specializációban szereplő tantárgyakat teljesítő hallgatók nukleáris szakképzettséget elismerő tanúsítványt kapnak diplomájuk mellékleteként.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Mag- és reaktorfizikai alapismeretek	Választható term. tud. tantárgy	BMETE80MX00
Atomerőművek termohidraulikája	A tantárgy	BMETE80MV03
Kritikus beágyazott rendszerek	B tantárgy	BMEVIMIMA30
Atomerőművi szimulációs gyakorlatok	A labor	BMETE80MV04

A mellékspecializáció valamennyi tantárgya angol nyelven kerül meghirdetésre, félévek szerinti ütemezésük némileg eltér a mintatantervben szereplő mellékspecializáció tantárgyak ütemezésétől:

1. Ezt a mellékspecializációt választó hallgatók kötelező jelleggel a Mag- és reaktorfizikai alapismeretek c. tantárgyat kell teljesítsék elsőként, a teljesítés természettudományos tantárgyként kerül elismerésre képzésükben. Ez a tantárgy az A típusú specializációtantárgyak számára nélkülözhetetlen alapismereteket tartalmaz.
2. Ezt követően teljesítendő az Atomerőművek termohidraulikája c. tantárgy (a meghirdetése félévében).
3. Utolsó tantárgyként teljesítendő az Atomerőművi szimulációs gyakorlatok c. tantárgy, amely gyakorlataiban nagymértékben épít az előző három tantárgyban elsajátított ismeretekre. A labortantárgy a többi mellékspecializáció labortantárgyaitól eltérően az őszi félévekben kerül meghirdetésre.

Fentiek alapján a tantárgyak előírt teljesítési sorrendje a következő:

Tantárgy neve	Tavaszi kezdés				Őszi kezdés			
	1 (t)	2 (ő)	3 (t)	4 (ő)	0 (ő)	1 (t)	2 (ő)	3 (t)
Mag- és reaktorfizikai alapismeretek		X			X			
Atomerőművek termohidraulikája			X			X		
Kritikus beágyazott rendszerek		X			X			
Atomerőművi szimulációs gyakorlatok				X			X	

Azok a hallgatók, akik mind a 4 tantárgyat teljesítik, nukleáris szakképzettséget elismerő tanúsítványt kapnak diplomájuk mellékleteként.

Mag- és reaktorfizikai alapismeretek

A tantárgy kizárólag angol nyelven kerül meghirdetésre !
Vál. term. tud. tantárgy kizárólag a Nukleáris rendszertechnika mellékspecializáció számára
(BMETE80MX00, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 3/1/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgya célja, hogy megismertesse a hallgatókkal nukleáris energiatermelés megértéséhez szükséges alapvetőmagfizikai ismerteket, és reaktorfizikai hátterét, alapvető folyamatait, ezzel elősegítve a későbbi, atomenergetikához szorosan kapcsolódó tantárgyak elsajátítását.

2. A tantárgy tematikája

Az atommag alapvető (mérhető) tulajdonságai, cseppmodellje, stabilitása.

Radioaktivitás, bomlástörvény, a bomlási láncok tulajdonságai. Radioaktív egyensúlyok, radioaktív kormeghatározás.

A hatáskeresztmetszet fogalma, tulajdonságai (mikroszkopikus, makroszkopikus, kettős additivitás, kapcsolata a szabad úthosszal). Differenciális hatáskeresztmetszet, gerjesztési függvény. Speciális hatáskeresztmetszetek.

Magreakciók alapvető sajátosságai, megmaradó mennyiségek. Magreakciók energiaviszonyai, kinematikai leírása. Rugalmas szórás. Labor-rendszer, CM-rendszer. Reakciómechanizmusok. Potenciálszórás, direkt és összetett mag képződésével járó atommag-reakciók és sajátosságaik

Maghasadás folyamata, kritériumai, hasadóképes izotópok, a hasadás energiamérlege, prompt- és későneutronok.

Nukleáris mérések alapjai. Ionizáló részecskék kölcsönhatása az anyaggal. Detektorok (nyomdetektorok, gáztöltésű, szcintillációs és félvezető detektorok). Gamma-spektrumok és a gamma-spektroszkópia néhány jellegzetessége. Neutrondetektorok.

A láncreakció elve, sokszorozási tényező fogalma, 4- és 6-faktor formula. Exponenciális kísérlet.

Neutrontranszport alapvető mennyiségei: irányfüggő és skalárfluxus, áram, parciális áramok. Lineáris anizotrópia fogalma. Diffúzióelmélet alapjai, Fick-törvény.

Diffúzióegyenlet egycsoport, homogén közelítésben. Időfüggő és stacioner eset. Kritikusság feltétele. Helmholtz-egyenlet megoldása különböző geometriákba forrásos és forrás nélküli esteben.

Kétcsoport diffúzióelmélet, Fermi-kor. Heterogén reaktorok leírása, moderálási görbe, optimális, alul- és felülmoderáltság, reaktivitás-visszacsatolások, inherens biztonság.

Reaktorkinetika alapjai. Reaktivitás fogalma. Pontkinetikai egyenletrendszer, reciprokóra egyenlet, prompt kritikusság fogalma és a későneutronok szerepe a reaktorok szabályozhatóságában.

Reaktorokban zajló hosszú távú folyamatok. Kiégés, Pu-izotópok és másodlagos aktinidák keletkezése. Reaktormérgek, Xe- és Sm-mérgezettség. Reaktivitásszabályozás eszközei. Reaktivitástartalék fogalma és alakulása egy kampány során.

Látogatás az Oktatóreaktorban

Atomerőművek termohidraulikája

A tantárgy kizárólag angol nyelven kerül meghirdetésre !
Mellékspecializáció A tantárgy
(BMETE80MV03, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 3., 2/1/0/v/5 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatókkal az atomerőművekben történő hőelvonás technológia megvalósításának lehetőségeit, bemutassa a reaktorokban történő hőfejlődés folyamatát. A hallgatók elsajátítják a hőfejlődés térbeli leírására alkalmas analitikus és numerikus eszközöket, megismerkednek a hőterjedés különböző formáival, a hidraulikai elemzések alapjaival és betekintést nyernek az atomerőművek biztonságának témakörébe.

2. A tantárgy tematikája

Atomerőművi hőkörfolyamatok
- Hőtani alapfogalmak, állapotjellemzők, hőkörfolyamatok
- Erőművi hatásfok
- Nyomottvizes atomerőművek felépítése, teljesítménnyel kapcsolatos alapfogalmak

Atomreaktor mint hőforrás, hőátvitel különböző formái (önálló felkészüléssel elsajátítható)
- Energiafelszabadulás az atomreaktorban
- Hővezetés, hősugárzás, konvektív hőátadás – alapismeretek
- A reaktorfizika és termohidraulika kapcsolata

UO_2 termikus jellemzői, hőforrásmentes hővezetés
- UO_2 hővezetési tényezőjének függése a hőmérséklettől, kiégéstől, Pu-tartalomtól, porozitástól stb.
- A hővezetés általános differenciálegyenlete és speciális alakjai
- A hőforrásmentes hővezetési egyenlet megoldása hasáb és hengeres fűtőelemek burkolatára jellemző hőmérséklet-eloszlás meghatározása céljából

Hőforrásos hővezetés
- A hőforrásos hővezetési egyenlet megoldása hasáb és hengeres geometriák esetében
- Hasáb és hengeres üzemanyag radiális hőmérséklet-eloszlásának meghatározása
- Teljes radiális hőátvitel

Konvektív hőátadás atomerőművekben
- Konvektív hőátadással kapcsolatos alapegyenletek felírása, kapcsolódó paraméterek definiálása
- Hőátadási elemzés alapjai, áramlások fajtái
- Konvektív hőátadás egyfázisú rendszerekben

Fűtőelempálca és szubcsatorna elemzés
- Szubcsatornabeli axiális hőmérséklet-viszonyok alakulása
- Maximális burkolat és üzemanyag-hőmérséklet meghatározása
- A kiégés hatása a szubcsatornabeli hőmérséklet-viszonyokra

A hidraulikai egyenletrendszer
- A hidraulikai egyenletrendszer felírása
- Dimenziótlan számok
- Nyomásveszteségek

Hőcserélők (önálló felkészüléssel elsajátítható)
- Hőcserélők típusai – ellenáramú, egyenáramú és keresztáramú hőcserélők
- Hőcserélők méretezésének módszerei
- Hőcserélők hatásossága

Kétfázisú áramlások
- Kétfázisú áramlásokkal kapcsolatos alapfogalmak
- Áramlási térképek
- Áramlási képek – vízszintes/függőleges csövekbeli áramlások közti különbségek

Forrásos hőátadás
- Forrás és kondenzáció alapjelenségei
- Forrásos hőátadás elemzése
- Forráskrízisek, DNBR

Atomerőművek biztonságával kapcsolatos alapfogalmak (önálló felkészüléssel elsajátítható)
- Biztonsági célkitűzések, mérnöki gátak, mélységi védelem elve
- Atomerőművi üzemállapotok, biztonságra való tervezés
- Biztonsági kultúra

Atomerőművi üzemzavarok és súlyos balesetek
- Hűtőközegvesztéssel járó üzemzavarok
- Komplex üzemzavarok
- Súlyos balesetek és kapcsolódó jelenségek

Termohidraulikai rendszerkódok (önálló felkészüléssel elsajátítható)
- Termohidraulikai rendszerkódok által alkalmazott modellek
- Főbb rendszerkódok bemutatása
- Alkalmazási példák

Kritikus beágyazott rendszerek

A tantárgy kizárólag angol nyelven kerül meghirdetésre !
Mellékspecializáció B tantárgy
(BMEVIMIMA30, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A beágyazott rendszerek biztonságossága (safety) kiemelt jelentőségű az ún. kritikus rendszerek tervezésekor, amelyek meghibásodása közvetlen emberek életét, egészségét veszélyeztetheti vagy jelentős üzleti veszteséggel járhat. A tantárgy célja, hogy áttekintse a nagy megbízhatóságra tervezés és a biztonságigazolás modern módszereit, technológiáit és szabványait, elsősorban az elosztott és beágyazott alkalmazások területén. A tantárgy második fele kifejezetten a nukleáris biztonság (azon belül is specifikusan a villamosmérnöki és informatikai területhez legközelebb álló mérnöki területhez, a biztonság szempontjából fontos nukleáris irányítástechnikai rendszerek) kérdéseire koncentrál.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés: kritikus beágyazott rendszerek tervezési metodikája, fejlesztési folyamatok és tervezést támogató nyelvek.

A biztonságosság alapfogalmai. Funkcionális biztonság (IEC 61508): Biztonsági követelmények specifikálása. Hardver biztonságintegritás. Szoftverek használata biztonságkritikus rendszerekben. Biztonságkritikus rendszerek architektúrájának tervezése: jellegzetes fail-stop illetve fail-operational architektúrák (hibatűrés).

Veszély analízis: ellenőrző listák, hibamód és -hatás analízis, hibafa, eseményfa, ok-hatás analízis, megbízhatósági blokkdiagramok.

Összetett analízisek, dinamikus analízis módszerek és analízis algoritmusok.

Tesztelési módszerek: a teszttervezés és a tesztelési folyamat specialitásai. Követelmény és architektúra modellezés biztonságkritikus rendszerekben.

Formális modellezés és verifikáció, modell alapú forráskód generálás.

Repülőgépipari beágyazott rendszerek. Szoftverfejlesztés repüléstechnikai területen a DO-178B szabvány keretein belül.

Biztonságigazolás (safety case) felépítése, összetevői. Szigorú (strukturált) érvelés módjai, kommunikálása. Grafikus jelölésrendszerek: GSN és ASCAD. Funkcionális biztonság (IEC 61508): Biztonsági követelmények specifikálása. Random és szisztematikus biztonságintegritás.

Bevezetés a nukleáris biztonság célkitűzéseibe és terminológiájába. Nukleáris energiatermelés alapjai, inherens biztonság, visszacsatolások. Nukleáris reaktorok típusai és a nyomottvizes erőművek felépítése.

A nukleáris biztonság fontosabb elvei. Kockázatalapú megközelítés, a funkcionális biztonság (61508) és nukleáris biztonság összevetése. Biztonsági célok, üzemállapotok.

Kialakítási alapelvek és biztonsági jellemzők az atomerőművi szinten. Nukleáris erőművek jellemzői. Biztonsági célok és alapvető védelmi stratégiák. Főbb védelmi rendszerek és feladataik.

Fontos reaktorbalesetek, üzemzavarok (Three Mile Island, Chernobyl, Fukushima, súlyos üzemzavar Pakson 2003-ban). Tanulságok és a biztonsági követelmények változásai a balesetek következtében (specifikusan az irányítástechnikai területen). Modern erőművek: fontosabb Generation III+ reaktortípusok és főbb jellemzőik.

A nukleáris irányítástechnikai rendszerek szerepe az atomerőművekben, jellemzőik. A nukleáris irányítástechnikai rendszerek alapvető funkciói. A nukleáris irányítástechnikai rendszerek hierarchikus és funkcionális csoportosítása. Szabályozó rendszerek, határoló szabályozások, reteszelések, védelmek. Blokkteljesítmény szabályozás módjai, ezek jellemzői. Flexibilis működési módok.

Jogi és szabályozási háttér (atomtörvény, NBSZ, 190-es kormányrendelet). NAÜ szabványok és útmutatók. Biztonsági kategorizálás, biztonsági osztályba sorolás (NAÜ, IEC és magyar). Nukleáris irányítástechnikai rendszerek főbb tervezési elvei. Nukleáris irányítástechnikai rendszerek megbízhatóságra tervezésének legfontosabb összetevői.

Atomerőművi szimulációs gyakorlatok

A tantárgy kizárólag angol nyelven kerül meghirdetésre !

Mellékspecializáció A labor

(BMETE80MV04, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, TTK)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja az atomerőművekkel kapcsolatos reaktorfizikai, termohidraulikai és egyéb műszaki ismeretek, különös tekintettel a reaktorok szabályozására, elmélyítése a BME NTI-nél rendelkezésre álló szimulátorok, rendszerkódok, valamint az Oktatóreaktor segítségével. A hallgatók a következő szoftverekkel folytatnak gyakorlatokat: PC2 v5.0 primerköri szimulátor; APROS és TRACE egydimenziós termohidraulikai rendszerkód.

2. A tantárgy tematikája

A tantárgy keretében különböző laboratóriumi méréseket végeznek a hallgatók, egyenként négy órában az alábbi tartalommal:

- PC2 I: A reaktivitás-együtthatók üzemvitelre gyakorolt hatásának és a reaktor önszabályozó képességének vizsgálata.
- PC2 II: A xenonmérgeződésnek, mint reaktorfizikai jelenségnek a tanulmányozása.
- APROS I: Bevezető gyakorlat, a szoftver felhasználói felületének és alapvető használatának megismerése egy egyszerűbb modell megépítése révén.
- APROS II: Az AMDA tartály, illetve a 2003-as paksi üzemzavar egyszerűsített modellezése.
- TRACE I: Bevezető gyakorlat, a szoftver felhasználói felületének és alapvető használatának megismerése egy egyszerűbb modell megépítése révén.
- TRACE II: A térfogatkompenzátor modellezése, illetve animációs modell készítése.
- TRACE III: Egyszerűsített primerköri modell készítése és LOCA tranziens vizsgálata.
- Neutrondetektorok – Neutrondetektálás alapjai gáztöltésű detektorokkal
- Reakorüzemeltetési gyakorlat
- Termikusneutron-fluxus mérése

VII.4.1.8 Okos város mellékspecializáció (TMIT)

1. A specializáció megnevezése: **Okos város**
(Smart City)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
4. Oktató tanszékek: TMIT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Vida Rolland egyetemi docens (TMIT)

6. A specializáció célkitűzése:
Bár a Smart City (okos város) koncepció néhány évvel ezelőtt még csak egy futurisztikus ötletnek tűnt, napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt helyeznek erre a területre, Európában és a világ többi fejlett régiójában egyaránt. Számos pilot rendszert már kiépítettek és tesztelnek, és a következő néhány évben ennek a területnek a támogatása drasztikusan növekedni fog. A mellékspecializáció célja az intelligens város koncepciójának és néhány kulcsfontosságú elemének (intelligens közlekedési rendszerek, szenzorhálózatok) a bemutatása, a hardware elemektől kiindulva, az infrastruktúra architektúrális, tervezési és megvalósítási kérdésein keresztül, a már létező vagy tervezett alkalmazásokig, szolgáltatásokig, illetve a létező pilot rendszerekig. A mellékspecializáció foglalkozik majd az intelligens környezet és a felhasználók közötti, új követelményekhez igazítandó ember-gép interfész kérdéseivel is, és külön hangsúlyt fektetünk a kontextus-függő és személyre szabott intelligens alkalmazások biztonsági és privacy aspektusaira is.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Okos városok infokommunikációs technológiái	A tantárgy	BMEVITMMA15
Okosváros szolgáltatások és alkalmazások	B tantárgy	BMEVITMMA16
Okos város laboratórium	A labor	BMEVITMMB09

Okos városok infokommunikációs technológiái

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVITMMA15, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése
Az okos városok egyik alapkövetelménye, hogy képesek legyünk megfigyelni a város működését, az emberek és járművek mozgását, a környezeti paraméterek alakulását, a városban zajló folyamatokat, majd a begyűjtött nyers adatok feldolgozása után, az azokból kinyert információk alapján lehetőségünk legyen beavatkozni ezekbe a folyamatokba, hatékonyabbá téve a város üzemeltetését különböző adaptív szolgáltatások segítségével. Mindehhez elengedhetetlen a megfelelő infokommunikációs infrastruktúra, melynek kiemelten fontos elemei az érzékelési infrastruktúra, és a kommunikációs infrastruktúra. A tantárgy célja tehát egyfelől bemutatni az okos városokban használt különböző érzékelők (szenzorok) hardver és szoftver architektúráit, kommunikációs protokolljait, illetve a szenzorok hálózatba szervezésének specifikus kihívásait és dedikált megoldásait. Mindemellett a tantárgy kiemelt figyelmet fordít az okos városok intelligens közlekedési rendszereinek kommunikációs kérdéseire, a hálózatba kötött járművek és a járműkommunikáció különböző megoldásaira is.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés az okos városok világába. Mit értünk érzékelési és kommunikációs infrastruktúra alatt. Intelligens érzékelők (szenzorok) hardver és szoftver architektúrái. Szenzor „mót”-ok hardver komponensei.
Szenzor operációs rendszerek (pl. Contiki, FreeRTOS, TinyOS).

Szenzorok kommunikációs protokolljai: fizikai réteg, alvás-ébrenlét ütemezése, idő szinkronizálás. Szenzor rádiók (LoRa, NB-IoT, 5G mMTC). Vezetékes megoldások (MODBUS, Ethernet/IP, Profinet).
Adatkapcsolati réteg, közeghozzáférés vezérlése (szenzor-MAC).
Hálózati réteg, energia- és helytudatos útvonalválasztás; attribútum alapú címzés, klaszterképzés; adatközpontú működés.
Átviteli réteg (TCP-szerű, globális címzés nélküli, kis tárigényű protokollok).
Szenzorhálózati architektúrák. Szenzorhálózatok tervezési kérdései. Topológia konstrukció és menedzsment, egy- és többugrásos kommunikáció, energiatakarékosság, topológia-kontroll.
Intelligens járművek speciális szenzorjai: odométer, tachométer, radar, lidar, ultrahang alapú szenzorok, kamerák
Járműveken belüli kommunikációs technológiák: CAN bus, Flexray, LIN, MOST
WiFi alapú járműkommunikáció. DSRC, WAVE, IEEE 802.11p, IEEE 1609, ITS-G5
Cellás járműkommunikációs technológiák (C-V2x). 5G NR V2X, 6G V2X. Járművek közötti kommunikációs technológiák és protokollok.
VANET (Vehicular Ad hoc Networks) hálózatok. Speciális mobilitás modellek, útválasztó és csoportformáló protokollok. Geográfiai alapú útválasztás, előnyök, hátrányok, és alkalmazhatóság. Hibrid kommunikációs megoldások.
Önvezető járművek technológiai megoldásai.

Okosváros szolgáltatások és alkalmazások

Mellékspecializáció B tantárgy
(BMEVITMMA16, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja bemutatni, hogy milyen adaptív, az aktuális környezeti viszonyokhoz, felhasználói igényekhez és infokommunikációs erőforrásokhoz szabott szolgáltatásokkal és alkalmazásokkal lehet a városok működtetését okosabbá, hatékonyabbá, fenntarthatóvá tenni. A tantárgy keretében egyfelől bemutatunk olyan szolgáltatásokat, melyek az okos városok érzékelési infrastruktúrájára, telepített szenzorokra és szenzorhálózatokra épülnek. Másfelől bemutatunk különböző intelligens közlekedési rendszereket, szolgáltatásokat. Érintjük az okos épületek, okos otthonok, és az intelligens elektromos hálózat tematikáját. Bemutatjuk a közösségi részvétel lehetőségeit és előnyeit, illetve a biztonság és az adatvédelem kérdéseit. Végezetül pedig áttekintünk különböző nemzetközi példákat, már megvalósult vagy tervezés alatt álló okosváros rendszereket.

2. A tantárgy tematikája

Okosváros célok, stratégiák, mestertervek. Szigetszerű rendszerek vs. egymásra épülő, egymással szinergiában lévő okosváros szolgáltatások és alkalmazások.
Városi szenzorhálózatok működési modelljei. Esemény-, idő- és lekérdezés alapú vezérlés. Adat-aggregáció hálózaton belül. Mobilitás szenzorhálózatokban, bázisállomás vs. szenzor mobilitás, virtuális mobilitás
Lokalizáció és nyomkövetés városi szenzorhálózatokban, helytudatos működés. Szenzorhálózatok modellezése, szimulációs eszközök (tossim). Teszthálózatok (IoT-LAB). Szabványosítási kérdések.
Intelligens közlekedési rendszerek az okos városokban. Hatékony közösségi közlekedés. Ride sharing megoldások, ösztönző mechanizmusok, HOV sávok. Matchmaking optimalizálás sofőrök és utasok között.
Car sharing szolgáltatások. Station-based vs free floating, centralizált vs. peer-to-peer car sharing. Flotta méretezés kérdései.
Okos parkolási rendszerek, beltérben és kültérben. Adaptív árazási megoldások. Nemzetközi esettanulmányok.
Elektromos járművek az okos városokban. Töltőhálózat kiépítése, optimalizálása. Vehicle-to-Grid.
Smart grid, smart metering. Kétirányú áramszolgáltatás, megújuló energiaforrások integrálása, szolgáltatási modellek.
Okos épületek, okos otthonok. Vízgazdálkodás és hulladékkezelés az okos városokban.

Környezetvédelem az okos városokban. A városok karbon lábnyomának csökkentése. Hőszigetek kialakulásának monitorozása, légszennyezés kérdései.
Okos városigazgatás. Közösségi részvétel ösztönzése. Crowdsourcing és crowdsensing alkalmazások. Közösségi finanszírozás (crowdfunding)
Okos városok biztonsága. Szenzorhálózatok és IoT rendszerek biztonsága. Biztonságos adattovábbítás. Járműkommunikáció biztonsága, car hacking. Kritikus infrastruktúra védelme, kíbertámadások. Adatok nyilvánosságának kérdései, Open Data. A magánszféra védelme, anonimitás, privacy.
Esettanulmányok, okos városok a nagyvilágban. Szingapúr, Bécs/Aspern, Songdo, London, Barcelona, Santander, Toyota Woven City, Masdar, Dubai Expo City, Neom/The Line.

Okos város laboratórium

Mellékspecializáció A labor
(BMEVITMMB09, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése az Okos város koncepció megvalósítását támogató hardver és szoftver architekturális építőkövek széles spektrumából néhány reprezentatív elem bemutatása, ezek segítségével rendszerszintű mérések megtervezése és elvégzése, esettanulmányok kiértékelése.

2. A tantárgy tematikája
A laboratórium a következő elvégzendő méréseket tartalmazza:
- Intelligens közlekedési rendszerekkel kapcsolatos forgalom szimulátorokkal való ismerkedés (jelenléti mérés)
- Forgalmi szimulációs feladat megoldása intelligens közlekedési rendszerekkel kapcsolatban (távolléti mérés)
- Okos városhoz kapcsolódó IoT szenzor hardver építése és beüzemelése. Szenzor, mikrokontroller és rádió összeillesztése. Adatok küldése és fogadása (jelenléti mérés)
- Okos városhoz kapcsolódó IoT platform használata. Szenzorból érkező adatok feldolgozása és megjelenítése (távolléti mérés)
- Képfelismerési, képfeldolgozási feladatok utcai kameraképekkel (jelenléti mérés)
- Okos városhoz kapcsolódó kamerakép vizsgálata és feldolgozása mélytanulás segítségével (távolléti mérés)
- Okos város szenzorokból származó adatsor (mérőórák, környezeti adatok) elemzése mesterséges intelligenciával. Becslések, előrejelzések készítése (jelenléti mérés)
- Okos városhoz kapcsolódó adatsor feldolgozása mesterséges intelligenciával (távolléti mérés)
- Önvezető autó szimulátor használata (CARLA), szenzorokból származó jelek feldolgozása. Lidar, radar, IMU, valamint nyers. mélységi és szegmentált kameraképek. Ismerkedés a szenzorokkal és a szimuláció kezelésével (jelenléti mérés)
- Szenzorok használatára épülő szimulációs feladat önvezető autóhoz (távolléti mérés).

VII.4.1.9 Rádiófrekvenciás zavarvédelem – EMC mellékspecializáció (HVT)

1. A specializáció megnevezése: **Rádiófrekvenciás zavarvédelem - EMC**
(Radio-frequency Interference Protection - EMC)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
4. Oktató tanszékek: HVT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Bilicz Sándor egyetemi docens (HVT)

6. A specializáció célkitűzése:
Az elektromos berendezések, számítógépes hálózatok, vezetéknélküli kommunikációs rendszerek az építőelemek érzékenységének növelésével fokozottan kitettek a kölcsönös zavartatásra. A készülékek tervezése, a rendszerek kiépítése csak az elektromágneses kompatibilitási (EMC) szempontok figyelembevételével végezhető, mert utólagos hibafelderítés és javítás többszörös fejlesztési költséget jelent. A mellékspecializáció célja a rádiófrekvenciás tartományban jellemző zavarási és zavartatási jelenségek, valamint a vonatkozó méréstechnikában alkalmazott elvek és megvalósítások fizikai hátterének és elektromágneses modellezésének bemutatása. Cél továbbá az elektromágneses jelenségek numerikus szimulációs lehetőségeinek áttekintése, az e célra elterjedten alkalmazott szoftverek bemutatásával együtt. Az átadott ismeretek birtokában a mérnökök felkészültek lesznek rádiófrekvenciás EMC problémák felismerésében, méréstechnikájában, modellezésében és szimulációjában, valamint az alkalmazható EMC megoldási lehetőségek tekintetében.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Rádiófrekvenciás és EMC méréstechnika	A tantárgy	BMEVIHVMA20
Rádiófrekvenciás jelenségek és eszközök modellezése	B tantárgy	BMEVIHVMA21
Rádiófrekvenciás és EMC laboratórium	A labor	BMEVIHVMB10

Rádiófrekvenciás és EMC méréstechnika

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIHVMA20, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése
A vezetéknélküli kommunikációs rendszerek, számítógépes hálózatok az építőelemek érzékenységének növelésével fokozottan kitettek a kölcsönös zavartatásra. Napjainkban az építőelemek, berendezések tervezése csak az Elektromágneses kompatibilitási (EMC) szempontok figyelembevételével végezhető, mert utólagos hibafelderítés és javítás többszörös fejlesztési költséget jelent.
A tantárgy célja az EMC mérési alapok megismertetésén túl olyan ismeretek nyújtása, amelyek segítségével a tantárgy hallgatói képesek lesznek az EMC problémák feltárására és olyan tervezés, mérés elvégzésére, melyek alapján az elektronikus eszközök és rendszerek zavarmentes működése biztosítható. A tantárgyban a hallgatók megismerik az EMC tervezés speciális kérdéseit, továbbá áttekintést kapnak a fejlesztés és végmérés során alkalmazott, érvényes EMC szabványokról.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés
- Az EMC témaköre, a legfontosabb EMC alapfogalmak
- Az EMC biztosítására használt szintek és tartományok, EMC szabványosítás, érvényes EMC szabványok
- Az elektromágneses kompatibilitás (EMC) zavarjelenségei
- A zavarjelenségek típusai, osztályozásuk, és jellemzőik

EMC emisszió és immunitás

- Az EMC emisszió jellemzői alkatrész, áramkör, készülék és rendszer szinten
- Az EMC immunitás jellemzői alkatrész, áramkör, készülék és rendszer szinten

Rádiófrekvenciás modellek és tervezés
- EMI alapmodelljei. Példák RF EM zavarokra.
- RF zavarok jellemzése. RF EMC általános megközelítési módszerei.
- Tápvonalak leírása, koncentrált és elosztott paraméterű modell
- Tápvonalak csatolása, áthallás
- Rövid dipól közel-, és távolterének jellemzése.
- Impedanciafogalom antennák terében,
- Impedanciafogalom síkhullámokban. Terjedés jó vezetőkben.
- Reflexió, többszörös reflexió, transzmisszió. Abszorbeáló rétegek tervezése.
- Árnyékoló rétegek ideális esetben. Az árnyékolás gyakorlati szempontjai.
- Apertúrák. Kábelek és csatlakozók.

Rádiófrekvenciás méréstechnika
- Mérővevők (szuperheterodin elv, detekció)
- Vezetett zavarok mérése (műhálózat, áramtranszformátor)
- Sugárzott zavarok mérése: antennák (sávszélesség, nyereség, bemeneti impedancia), mérőkamrák (árnyékolás, reflexiómentesítés)
- Immunitásmérés elemei, műszerei (vezetett és sugárzott immunitásmérés)

Rádiófrekvenciás jelenségek és eszközök modellezése

Mellékspecializáció B tantárgy

(BMEVIHVMA21, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A rádiófrekvenciás tartományban jellemző zavarási és zavartatási jelenségek, valamint a vonatkozó méréstechnikában alkalmazott elvek és megvalósítások fizikai hátterének és elektromágneses modellezésének bemutatása. Az elektromágneses jelenségek numerikus szimulációs lehetőségeinek áttekintése, az e célra elterjedten alkalmazott szoftverek bemutatásával együtt.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés
- Elektromágneses spektrum, rádiófrekvencia. Sztatikus, stacionárius, kvázistacionárius (EQS, MQS, EMQS) közelítések, elektromágneses hullámok és e közelítések szerepe elektromágneses kompatibilitási kérdésekben.

Elektromágneses mező és villamos hálózat kapcsolata
- Térelméleti jelenségek hálózati ekvivalensei. A koncentrált paraméterű modell érvényességi köre. Parazita elemek értelmezése és szerepe az EMC-ben.
- Szinuszos áramú kétkapuk, hullám- és szórási paraméterek. Átnormálás.
- Szórási paraméterek alkalmazása, teljesítményviszonyok. Reflexiós és beiktatási csillapítás.

Vezetett hullámok
- A távvezeték-modell érvényességi köre és alkalmazása vezetett EMC zavarok modellezésére. Távvezeték-rezgőkör. Távvezeték-tranziensek.
- Hullámterjedés csőtápvonalban. Határhullámhossz, diszperzió. Ekvivalens feszültség és áramerősség értelmezése, teljesítményáramlás.
- A háromféle hullámimpedancia (közeg, hullámvezető és távvezeték). Effektív permittivitás. Többvezetős rendszerek, közös és differenciális módus, móduskonverzió.

Sugárzott hullámok
- Elemi árameloszlások elektromágneses tere. Retardált potenciálok. Általánosított Biot-Savart-törvény. Antenna bemeneti impedancia, energiamérleg antennára.
- Antenna elektromágneses terének felosztása. Közeltér, távoltér. A síkhullám-közelítés alkalmazhatósága és szerepe az EMC-ben.

Numerikus mezőszimuláció

- Peremérték-feladat kitűzése. A potenciálok szerepe. Mértékválasztás.
- A momentum módszer (MoM).
- A végeselem módszer (FEM) és az időbeli véges differenciák módszer (FDTD) alapelve.

Kitekintés

- Periodikus struktúrák, szűrők.

Rádiófrekvenciás és EMC laboratórium

Mellékspecializáció A labor

(BMEVIHVMB10, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy fő célkitűzése a Rádiófrekvenciás és EMC méréstechnika c. tantárgyban tanult ismeretek gyakorlati elsajátítása. A hallgatók végigkövetik a nagyfrekvenciás és EMC méréseket, elsajátítják a mérések gyakorlati végrehajtását, a mérések hardver eszközeinek megválasztásától a mérési eredmények értékeléséig.

2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő elvégzendő méréseket tartalmazza:

- Bevezető, tájékoztató, a mikrohullámú laborműszerek kezelése, az antenna mérőszoba bemutatása
- Passzív áramköri elemek (RLC) nagyfrekvenciás viselkedése. R és C feszültségosztó frekvenciafüggésének mérése
- Koncentrált elemű, hangolható passzív RC és LC szűrő mérése, behangolása
- Csőtápvonalas szűrő mérése, behangolása
- Passzív nagyfrekvenciás építőelemek vizsgálata, mérése (teljesítményosztó, hibrid, iránycsatoló
- Közeltéri hibák az antenna mérésekben
- Vezetett zavar emisszió mérés
- Vezetett zavar immunitás mérés
- Sugárzott zavar emisszió mérés
- Sugárzott zavar immunitás mérés

VII.4.1.10 Robotrendszerek mellékspecializáció (IIT)

1. A specializáció megnevezése: **Robotrendszerek**
(Robotic Systems)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Irányítástechnika és Informatika Tanszék
4. Oktató tanszékek: IIT
5. Specializációfelelős oktató: Gincsainé Dr. Szádeczky-Kardoss Emese egyetemi docens (IIT)

6. A specializáció célkitűzése:
Az ipari robotok további elterjedésével, a járműipar fejlődésével, valamint a szolgáltató robotikai megoldások iránti igény robbanásszerű bővülésével az autonóm viselkedésre képes intelligens robotikai rendszerek és ember nélküli mobilis egységek fejlesztésére fordított erőforrások stabil növekedést mutatnak és ez a tendencia tartós marad a következő évtizedekben is. A mellékspecializáció tantárgyait sikeresen elvégző hallgatók megismerkednek a robotok (robotkarok, UGV típusok) felépítésével, modellezési és irányítási módszereivel, az autonóm viselkedéshez szükséges érzékelők működésével és a kapcsolódó jelfeldolgozási technikákkal, a navigáció és a pályatervezés során alkalmazott korszerű módszerekkel, illetve a több autonóm egységből álló multiágensű rendszerek jellemzőivel és magas szintű irányítási stratégiáival. A megszerzett tudás birtokában a hallgatók képesek bekapcsolódni a szakterülethez kapcsolódó fejlesztési és kutatási tevékenységek teljes spektrumába.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Robotkarok és mobilis robotok	A tantárgy	BMEVIIIMA21
Multiágensű robotrendszerek irányítása	B tantárgy	BMEVIIIMA22
Robotrendszerek laboratórium	A labor	BMEVIIIMB08

Robotkarok és mobilis robotok

Mellékspecializáció A tantárgy
(BMEVIIIMA21, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy összefoglalja az ipari robotrendszerek és az ember nélküli, autonóm mobilis robotok modellezésének, irányításának és intelligens rendszertechnikai megvalósításának elméleti és gyakorlati alapjait. A tantárgy bemutatja a legelterjedtebb robotok típusait, a modellezésük elméleti alapjait, a pályatervezésük és irányításuk módszereit. Ismerteti a mobilis robotok navigációjához használt modern érzékelőket és az alapvető szenzorfúziós megoldásokat, továbbá különböző mozgástervezési módszereket. A tantárgyat sikeresen teljesítő hallgatók közre tudnak működni komplex robotrendszerek összeállításában, irányító algoritmusainak fejlesztésében és megvalósításában.

2. A tantárgy tematikája
Mechatronikai alapfogalmak
Matematikai összefüggések, jelölések átismétlése, bevezetése. Merev testek pozíciójának, orientációjának leírás síkban és térben.
Robotkarok geometriai és kinematikai modellje
Robotkarok Denavit-Hartenberg-alakja. Direkt én inverz geometriai feladat. Robot Jakobi mátrixa. Redundáns és alulirányított esetek.
Robotkarok dinamikai modellje
Lagrange-egyenlet. Dinamikus modell felírása Lagrange-egyenlet alapján. Példa a 2-dof robotkarral.

Robotkarok irányítása
Decentralizált 3-hurkos kaszkádszabályozás. Kiszámított nyomatékok módszere. Hibrid pozíció és erő irányítás.
Robotkarok pályatervezési feladata
Pályatervezési feladat a csap-furat problémán illusztrálva. Polinomiális trajektóriatervezés csuklókoordinátákban.
Mobilis robotok bevezetés
Mobilis robotok típusai, matematikai modellek (kerekeken guruló, lépegető, repülő robotok).
Mobilis robotok navigációja
Navigációs módszerek bemutatása. Inerciális navigáció érzékelői, mért és számított mennyiségek. Környezet érzékelése.
Szenzorfúzió
LS becslés, Kalman filter, Particle filter, SLAM probléma megfogalmazása.
Mozgástervezés hierarchikus megvalósítása
Globális és lokális tervező módszerek. Térkép típusok és alkalmazható megoldások (determinisztikus és véletlenszerű), reaktív tervezők (pl. APF, Bug, VO módszerek).
Mobilis robotok optimális pályatervezése síkban
Optimális pálya Dubins és Reeds-Shepp típusú robotok esetén. Folytonos görbületű pálya tervezése.
Területfedési pályatervezés
Területfedési probléma megfogalmazása, alkalmazási területek, megoldási lehetőségek (véltelenszerű, szisztematikus területfedési módszerek).
Mobilis robotok pályakövető szabályozása
Hibatranszformáción alapuló szabályozás, simasági tulajdonságon alapuló irányítás, PI jellegű megoldások.
Robot Operating System
ROS architektúra alapjai: ROS 1 és ROS 2 röviden.

Multiágensű robotrendszerek irányítása

Mellékspecializáció B tantárgy
(BMEVIIIMA22, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy összefoglalja a korszerű multiágensű rendszereken alapuló robotrendszerek jellemzőit, tárgyalja a konfliktussal terhelt környezetben a megvalósítandó cél által generált irányításelméleti problémákat és az optimális viselkedés megvalósításához szükséges döntéshozatal játékelméleti alapjait. A tantárgy ezen kívül ismerteti multiágensű robotrendszerekhez köthető fontosabb specifikus problémákat, azok megoldási módszereit, különös tekintettel az alábbi alkalmazási területekre fókuszálva:

- Dinamikus ütközéselkerülési stratégiák, Menekülő-Üldöző problémák
- Területvédelmező és területfoglaló stratégiák
- Dinamikus területmegfigyelési és területfelügyeleti stratégiák
- Mozgó célpont felderítése, követése, terelése
- Formáció irányítás
- Randevú problémák
- Ismeretlen környezet feltérképezése, beszínezése
- Csapatjátékok
- Erőforrás optimalizálás, célpontkijelölő stratégiák

A tantárgy hangsúlyt fektet a multiágensű rendszerek irányításában alkalmazott játékelmélet, optimális irányításelmélet és a mesterséges intelligencia módszerek közötti kapcsolat bemutatására. A tárgyalt algoritmusok lépéseinek demonstrálása Matlab programrendszerben történik. A tantárgyat sikeresen abszolváló hallgatók közre tudnak működni multiágens robotrendszerek és mobilis robotok számítógépes irányító és navigációs rendszereinek tervezésében, a működéshez szükséges algoritmusok kifejlesztésében és megvalósításában.

2. A tantárgy tematikája

Multiágensű robotrendszerek irányításának játékelméleti alapjai véges számú stratégia esetén.

Véges nulla összegű statikus és dinamikus játékok: Definíció normál és extenzív alakban. A biztonsági és nyeregponti stratégiák meghatározása tiszta, viselkedési és kevert stratégiák terében.

Véges nem nulla összegű statikus és (egy- illetve többakciós) dinamikus játékok: Definíció normál és extenzív alakban. Létraszerűen egymásba ágyazott extenzív alakok kezelése. Előre eldöntött és késleltetve eldöntött Nash-egysúlyok. Információs szempontból alárendelt játékok Visszacsatolt játékok. A biztonsági, a Nash-egyensúlyi és Stackelberg-egyensúlyi stratégiák meghatározása tiszta, viselkedési és kevert stratégiák terében.

Multiágensű robotrendszerek irányításának játékelméleti alapjai végtelen számú stratégia esetén.

A végtelen statikus játék definíciója. Az optimális reakciós görbék meghatározása. Stabil és robusztus egyensúly fogalma. Versengő nem versengő és patthelyzetet generáló szituációk.

Optimális irányítás egy változóban: Hamilton-Jacobi-Bellman egyenlet, Pontryagin-féle maximum elv.

Optimális irányítás több változóban diszkrét és folytonos időben nemkooperatív környezetben: A nyeregpont és a Nash-egyensúly származtatása a Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB) egyenletből és a Pontryagin-féle maximum elvből. Az eredmények alkalmazása multiágensű robotrendszerre.

Optimális irányítás versengő környezetben: Hamilton-Jacobi-Isaac egyenlet. Az eredmények alkalmazása multiágensű robotrendszerre.

Multiágensű robotrendszer ütközésmentes pályatervezése

A feladat leírása, minimális tört stratégiák. Pályatervezés fix útvonalak mentén (kötöttpályás járművek), független térképek alapján (közúti járművek). Korlátozás nélkül (légiforgalom, földi járművek szabad térben)

Játékelméleti és mesterséges intelligencia módszerek adoptálása területbiztosítási és területfelügyeleti feladatok ellátása dinamikusan mozgó robotcsapattal

A területre belépő illetéktelen behatolók felfedezése, terelése, illetve elfogása

A területen keletkező anomáliák felfedezése járőrözéssel

A területen mozgó, ismeretlen pozíciójú objektum megtalálása (mentési feladatok)

Formáció irányítási módszerek

Mobilis robotok, földi, vízi és légi járművek formációba rendezése. Randevú problémák definíciója, lehetséges megoldási módszerei. Pályatervezési algoritmusok a randevúk meghatározásához.

Multiágensű robotrendszerek tanulása

Mesterséges intelligencia módszerek (megerősítéses tanulás, mély tanulás) és játékelméleti módszerek integrálása komplex környezetben és korlátozások mellett. Multiágensű megerősítéses tanulás.

Robotrendszerek laboratórium

Mellékspecializáció A labor

(BMEVIIIMB08, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók jártasságot szerezzenek a robotika, a pályatervezés, a navigáció és a multiágens rendszerek területén elsajátított elméleti ismeretek gyakorlati alkalmazásában, és hogy megismerjék az ezen a területeken a kutatás-fejlesztési munka során alkalmazható korszerű hardver- és szoftver eszközöket.

A tantárgyat sikerrel teljesítő hallgatók gyakorlati ismeretekkel és készségekkel rendelkeznek az ipari robotkarok használatának, a mobilis platformok irányításának, pályatervezésének és navigációjának területén, valamint képesek a feladatok megoldásához rendelkezésre álló környezetek hatékony használatára.

2. A tantárgy tematikája

A hallgatók a félév során tíz alkalommal mérési feladatokat oldanak meg a tanszék laborjaiban kis létszámú mérőcsoportokban. A tíz mérési alkalom tematikája az alábbi:

- Kétszabadságfokú robotkar inverz geometriai feladatának megoldása, pozíciószabályozás megvalósítása
- Hatszabadságfokú ipari robotkar Denavit-Hartenberg paramétereinek meghatározása, inverz kinematikai feladatának megoldása Simscape környezetben
- Robotprogramozási feladat megoldása hat-szabadságfokú robotkarral
- Mobilis robot irányítása: Odometriai feladat megoldása, orientáció meghatározása Kalman szűrővel, akadálykerülés
- Navigációs célú jelfeldolgozás. Pozíció és orientáció meghatározása IMU és GPS mérések alapján Kalman szűrővel
- Mobilis robot mozgástervezése Matlab Navigation Toolbox segítségével
- Robotrendszer irányítása ROS támogatással
- Multiágens robotrendszerek ütközésmentes pályatervezése
- Formáció irányítás szimulációban
- Multiágensű robotrendszerek tanulása

VII.4.1.11 Zöld villamos energetika mellékspecializáció (EET-VET)

1. A specializáció megnevezése: **Zöld villamos energetika**
(…)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Elektronikus Eszközök Tanszéke
4. Oktató tanszékek: EET, VET
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Plesz Balázs egyetemi docens (EET)

6. A specializáció célkitűzése:
A mai világunk egyik legnagyobb kihívását a jövő energiaellátásának megteremtése jelenti. Az energetikai szektor az elmúlt évtizedben óriási változásokon ment keresztül, amelyet a jelenlegi gazdasági, politikai és nem utolsó sorban társadalmi trendek tovább gyorsítanak: az energiafelhasználás egyre inkább a villamos energia irányába tolódik, az olcsó és megbízható energiaellátás fontossága mellett pedig egyre nagyobb az igény a környezetkímélő módon termelt energiára és az energiafüggetlenségre, továbbá egyre nagyobb szerepet kap a hatékony és tudatos energiahasználat. Ennek megfelelően megfigyelhető a fosszilis energiahordozók egyre kisebb és a megújuló energiaforrások egyre nagyobb arányú használata az energiamixben, amelyet azonban már nem csak központi nagy erőművekben állítanak elő, hanem nagyszámú lakossági tulajdonban lévő kiserőművekben is. Így az új energiatermelési technológiák terjedése mellett megfigyelhető, hogy a korábbi, centralizált energiatermelés és elosztás egyre jobban eltolódik a sokszereplős, decentralizált energiatermelés és hálózati elosztás irányába. Ez a jelenleg is folyamatosan változó és átalakuló energetikai környezet mind műszaki, mind gazdasági és szabályozási szempontból jelentősen túlmutat a korábban jellemző villamos energiagazdálkodáson, és a klasszikus villamos energetikai ismereteken túl számos új, egyéb szakterületekre is kiterjedő ismereteket igényel az új kihívások hatékony megoldásához.
A mellékspecializáció célkitűzése, hogy olyan elméleti és gyakorlati ismeretanyagot biztosítson a hallgatóknak, amelyekkel felkészülnek a villamos energetikai szektorban várható trendek és fejlődési irányok szakmai kihívásaira, mint például a megújuló energiaforrások egyre nagyobb mértékű alkalmazása, a decentralizált hálózatok kérdései és az otthonok önálló energiaellátása és energiahatékonysága. A mellékspecializáció a hangsúlyt a villamos energia megújuló energiaforrásokból történő termelésre és az energiamenedzsmentre fekteti. A tantárgyak keretében bemutatjuk az megújuló energiaforrások hasznosításának műszaki megoldásait (technológiák és komponensek), jellemzőit és korlátait, különös hangsúlyt fektetve a jelenleg legelterjedtebb és legnagyobb potenciállal rendelkező zöld villamosenergia-termelési technológiára, a napelemekre és azok gyakorlati alkalmazására (lakossági- és ipari méretű naperőművek felépítése, tervezése és karbantartása, napelemes rendszerek modellezése, termelésbecslés és előrejelzés). Az energiamenedzsment terén a tananagyag lefedi a megújuló energiaforrások hálózatra csatlakoztatásából adódó problémák (teljesítményingadozások, hálózatszinkronizálás, decentralizált energiaelosztás) lehetséges megoldásait, a szigetüzemű rendszerek témakörét, az energiatárolási kérdéseket valamint a szabályozási környezetet. A mellékspecializáció tantárgyainak keretében a hallgatók ezen túlmenően mind az energiatermelés, mind az energiamenedzsment területén megismerkednek azokkal a várható fejlődési trendekkel és műszaki megoldásokkal, amelyek a közeljövőben alakítani fogják a szakterületet.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Zöld villamosenergia-termelés	A tantárgy	BMEVIEEMA11
Megújulóenergia-menedzsment	B tantárgy	BMEVIVEMA24
Zöld energetika laboratórium	A labor	BMEVIEEMB04

Zöld villamosenergia-termelés

Mellékspecializáció A tantárgy

(BMEVIEEMA11, szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 1., 2/1/0/v/5 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a hallgatókat megismertetni a megújuló energiaforrásokból történő – főként villamos – energiaelőállítás műszaki megoldásaival. A tantárgy az átfogó áttekintés mellett főként a Magyarországon legjellemzőbben alkalmazott energiatermelő rendszerekre, azaz a szélerőművekre és a napelemekre helyezi a hangsúlyt, tárgyalva ezek jellemzőit, lehetőségeit, a technika jelen állását és jelenlegi fejlődési irányait. Emellett a tantárgy kertében ismertetjük a megújuló energiaforrásokból történő energiaelőállítás fejlődési trendjeit és jövőbeli lehetőségeit.

2. A tantárgy tematikája

Alapfogalmak: Energia, teljesítmény, energia fajták, energiaátalakítás, klasszikus energiatermelési formák. Megújuló energiaforrások, fajtái, jellemzői, energiamix, jövőbeli zöld energia tervek, kapcsolódó problémák, aktuális trendek a megújuló energiaelőállítás terén, épületenergetikai szempontok

Szélenergia, geotermia, víz- és napenergia mint primer energiaforrás, turbinatípusok, energiatartalom, hatásfok, műszaki lehetőségek és kihívások, telepítési megfontolások

Forgógépes energiaátalakítás megújuló energiákból, leggyakrabban alkalmazott típusok, kétoldalról táplált, állandó mágneses szinkrongépek

Napenergia hasznosítása nem villamos formában, hidrogénfejlesztés, hidrolízis, fotokatalízis, napenergia átalakítása tárolható és szállítható formába, alternatív üzemanyag

Villamos energiaelőállítás napenergiából: fototermikus erőművek, napelemek működése, fajtái, elméleti maximális hatásfok, egydiódás napelemmodell és paraméterei

Cellatípusok, cellák előállítása, modulok felépítése

Napelemek üzemi viselkedése, elhelyezés, hőmérséklet, öregedés hatása. Modellezés és termeléselőrejelzés.

Napkövetés, koncentrátoros rendszerek.

Fotovoltaikus eszközök minősítése és méréstechnikája, alapvető jellemzők mérése, minősítési szabványok

Teljesítményelektronika a megújuló energetikában: alkalmazott teljesítményfélvezetők fajtái és jellemzői, DC/DC átalakítás, inverterek mint DC/AC konverter, alapvető invertertopológiák, MPPT

Háromfázisú inverter, gyakorlati megvalósítások, szűrés, hálózati szinkronizálás

Napelemes rendszerek fenntarthatósága, élettartam, megtermelt energia, kihasználtság, újrahasznosítás, modulra és teljes rendszerre

Spektrumbontásos rendszerek: spektrumbontás elve, többátmenetes napelemek, csatolt hő és villamos energiatermelés, napelemes és termoelektromos generátoros kombinált rendszerek

Hulladékenergia hasznosítása, mikroméretű energiatermelő rendszerek autonóm eszközökbe

Megújulóenergia-menedzsment

Mellékspecializáció B tantárgy

(BMEVIVEMA24, szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 2., 2/1/0/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a hallgatókat megismertetni a megújuló energiaforrásokra épülő energiagazdálkodás módszereivel és lehetőségeivel. Ennek során a tantárgy kitér az energiaelosztó rendszer sajátosságaira és szabályozási mechanizmusaira, a megújuló energiaforrások a jelen rendszerbe történő beillesztésének problémáira és lehetséges megoldásaira, valamint a további elterjedésükhöz szükséges rendszer- és felhasználói szintű szemléletváltásra, bemutatva a rendelkezésre álló és a jövőben várható műszaki megoldásokat és technológiákat.

2. A tantárgy tematikája

Megújuló energiaforrások hálózatra kapcsolása: szabályozási kérdések, energiaegyensúly, rendszerszintű szolgáltatások
Hálózati problémák kezelése
Energiatárolás: rövid/hosszú távú energiatárolás kérdései, energiatárolás elektromos és egyéb formákban, tározós erőművek, akkumulátortípusok, power to gas, vanadium redox akkumulátor
Szigetüzem/hálózatos üzem: áram- fesz szab. Inercia, gridforming gridfeeding megoldások
Műszaki reguláció, nemzetközi és hazai előírásrendszerek és szabványok
Piaci reguláció, piacok, termékek, szereplők
Megtérülés számítása, gazdasági szempontok (kiserőművek, piaciokon való részvétel, önálló vagy portfolióban való üzemeltetés)
Háztartási méretű Napelemes rendszerek méretezése, telepítési megfontolások
Napelemes rendszerek üzemeltetése és karbantartása, felügyeleti rendszerek
Pusztán DC alapú háztartási rendszerek
Nagyfeszültségű DC-rendszerek
Energiahatékonyság, esettanulmányon keresztül bemutatva
Megújuló energiaforrásokra épülő energetika és a szükséges szemléletváltás
Villamos energiaellátás pusztán megújuló energiaforrásokból

Zöld energetika laboratórium

Mellékspecializáció A labor
(BMEVIEEMB04, szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 3., 0/0/3/f/4 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatók vezetett laborgyakorlatokok keretein belül sajátítják el a megújuló energiaforrásokkal történő energiatermelésben, valamint az energiaelosztásban alkalmazott gyakorlati módszereket. A tantárgy első felében a hallgatók egy napelem mérési és modellezési, valamint termeléselőrejelzési folyamatán haladnak végig, a második felében pedig a hálózatra kapcsolás módszereivel, inverter szabályozással és hálózatszámítással foglalkoznak.

2. A tantárgy tematikája

A tantárgy 1 db bevezető/beosztási alkalomra és 10 db 4 órás laboralkalomra tagolódik.

- Napelemek minősítő mérései, spektrális válasz és áram-feszültségkarakterisztika felvétele napszimulátorban, napelemmodul karakterizálása különböző üzemi körülmények mellett (változó fényerő, hőmérséklet, árnyékolás)
- Egydiódás napelemmodell paramétereinek meghatározása az előző alkalom során mért I-V görbékből, görbeillesztéses eljárásokkal, egyiódás modell felállítása
- Szimulációs modell készítése Matlab szoftverkörnyezetben, csatolt elektromos és termikus modell felállítása modulre és rendszerre
- Kültéri adatgyűjtő rendszerek kezelése és adatgyűjtés
- Termelésszámítási eljárások alkalmazása historikus gyűjtött adatokkal és a felállított modellel
- Szélerőművek villamos rendszerei
- Klasszikus grid-feeding inverter szabályozás
- Szigetüzemű (grid-forming) inverter szabályozás
- Több inverter szigetüzemben (load-sharing, harmonikus stabilitás)
- NEPLAN hálózatszámítás

VII.4.2 Projekttantárgyak

A mesterképzés keretein belül a hallgatók ún. projekttantárgyakat vesznek fel, melyek vagy az általuk választott fő-, vagy a mellékspecializációhoz kapcsolódik. Ezek a tantárgyak rendre az első szemesztertől kezdődően az Önálló laboratórium 1, Önálló laboratórium 2, Szakmai gyakorlat (kritérium tantárgy), majd a Diplomatervezés 1 és Diplomatervezés 2. Ezen tantárgyakban a hallgatók néhány fős csoportokban, vagy önállóan oldanak meg nagyobb méretű műszaki feladatokat (projekteket), egy-egy téma akár több tantárgy keretein is átívelhet (minden egyes tantárgy számára konkrét, önállóan értékelhető részfeladatot megfogalmazva). A projekttantárgyakat a hallgatók kizárólag valamelyik specializációra való besorolásukat követően vehetik fel, a felvétel szabályait részletesen az MSc specializációválasztási szabályzat tartalmazza.

Önálló laboratórium 1

(szemeszter - őszi kezdés: 0., tavaszi kezdés: 1., 0/0/3/f/5 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUML12	Önálló laboratórium 1	AUT
BMEVIEEML12	Önálló laboratórium 1	EET
BMEVIETML12	Önálló laboratórium 1	ETT
BMEVIHIML12	Önálló laboratórium 1	HIT
BMEVIHVML12	Önálló laboratórium 1	HVT
BMEVIIIML12	Önálló laboratórium 1	IIT
BMEVIMIML12	Önálló laboratórium 1	MIT
BMEVISZML12	Önálló laboratórium 1	SZIT
BMEVITMML12	Önálló laboratórium 1	TMIT
BMEVIVEML12	Önálló laboratórium 1	VET

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy két féléve során a hallgatók komplex mérnöki feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a mérnöki munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. A két féléves Önálló laboratórium tantárgy felkészít a szintén két féléves Diplomatervezés tantárgy elvégzésére.

Az első félév programja a téma kiválasztása, a feladat részletes specifikálása, a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

2. A tantárgy tematikája

Az oktatási időszak első hetében (a regisztrációs hetet követően) a hallgatók jelentkeznek a meghirdetett konkrét témákra, vagy témacsoportokra, a leendő konzulenssel egyeztetve a feladatot. Célszerű a téma kiválasztása ügyében a tanszéket a félévet megelőző vizsgaidőszakban felkeresni, amennyiben ez lehetséges.

A félév elején a hallgatók a konzulenssel közösen elkészítik a feladatok kiírását és ütemezését. A feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

A tantárgy első félévének végén mindenkinek be kell számolni a félév során végzett munkáról. A beszámoló szóbeli és írásbeli részt tartalmaz. A beszámoló konkrét formai követelményeit és ütemezését a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani,

illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a hallgató tevékenysége.
Az önálló laboratóriumi feladat külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső témához hasonló módon előre egyeztetni kell a felvett tantárgyat gondozó tanszékkel. A hallgató munkájáról a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a konzulens értékel. A külföldön készített munkáról ugyanúgy kell beszámolni, mint az itthon kidolgozott feladatok esetében.
Két vagy több hallgató részére közös témát is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.

Önálló laboratórium 2

(szemeszter - őszi kezdés: 1., tavaszi kezdés: 2., 0/0/3/f/5 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUML13	Önálló laboratórium 2	AUT
BMEVIEEML13	Önálló laboratórium 2	EET
BMEVIETML13	Önálló laboratórium 2	ETT
BMEVIHIML13	Önálló laboratórium 2	HIT
BMEVIHVML13	Önálló laboratórium 2	HVT
BMEVIIIML13	Önálló laboratórium 2	IIT
BMEVIMIML13	Önálló laboratórium 2	MIT
BMEVISZML13	Önálló laboratórium 2	SZIT
BMEVITMML13	Önálló laboratórium 2	TMIT
BMEVIVEML13	Önálló laboratórium 2	VET

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy két féléve során a hallgatók komplex mérnöki feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a mérnöki munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. A két féléves Önálló laboratórium tantárgy felkészít a szintén két féléves Diplomatervezés tantárgy elvégzésére.
A második félév programja a feladat megoldásának befejezése, valamint az elkészült műszaki alkotás tesztelése és dokumentálása.

2. A tantárgy tematikája
A tantárgy második félévében a hallgatók általában az első félévben elkezdett feladatot folytatják, a feladatkiírásnak megfelelően.
Az első oktatási héten, értékelve a feladat készültségi fokát, dönteni kell a feladat esetleges módosításáról úgy, hogy a feladat a félév végéig befejezhető legyen. A módosított feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.
A tantárgy második félévének végén mindenkinek be kell számolni a félév során végzett munkáról. A beszámoló szóbeli és írásbeli részt tartalmaz. A beszámolók konkrét formai követelményeit és ütemezését a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.
Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a hallgató tevékenysége.
Az önálló laboratóriumi feladat külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső témához hasonló módon

előre egyeztetni kell a felvett tantárgyat gondozó tanszékkel. A hallgató munkájáról a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a konzulens értékel. A külföldön készített munkáról ugyanúgy kell beszámolni, mint az itthon kidolgozott feladatok esetében.
Két vagy több hallgató részére közös témát is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.

Szakmai gyakorlat

(1.-4. szemeszter, 0/0/0/a/0 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUMS01	Szakmai gyakorlat	AUT
BMEVIEEMS01	Szakmai gyakorlat	EET
BMEVIETMS01	Szakmai gyakorlat	ETT
BMEVIHIMS01	Szakmai gyakorlat	HIT
BMEVIHVMS01	Szakmai gyakorlat	HVT
BMEVIIIMS01	Szakmai gyakorlat	IIT
BMEVIMIMS01	Szakmai gyakorlat	MIT
BMEVISZMS01	Szakmai gyakorlat	SZIT
BMEVITMMS01	Szakmai gyakorlat	TMIT
BMEVIVEMS02	Szakmai gyakorlat	VET

1. A tantárgy célkitűzése
A szakmai gyakorlat célja, hogy a hallgatók a gyakorlatban alkalmazzák az új villamos, elektronikus és számítástechnikai rendszerek, berendezések és eszközök tervezésével, fejlesztésével és rendszerbe integrálásával kapcsolatos ismereteiket, részt vegyenek szakterületük kutatási-fejlesztési feladatainak kidolgozásában. A legalább négy hetes szakmai gyakorlat során a hallgatók a tanszéki és vállalati konzulens által meghatározott feladatot oldanak meg. Feladatuk kapcsolódhat diplomatervükhöz, TDK dolgozatukhoz, önálló labor feladatukhoz, de azoktól jól elkülöníthetőnek kell lennie.

2. A tantárgy tematikája
Négy hét (húsz munkanap) kiméretű, az oktatási intézményben, vagy az oktatási intézményen kívül teljesítendő szakmai gyakorlati munka. A lehetséges helyszínekről és időpontokról a szakmai gyakorlat lebonyolításra vonatkozó szabályzat rendelkezik.
A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt a tanszéki, vagy a vállalati konzulens felügyelete és irányítása mellett dolgoznak. A munkakezdésre, befejezésre a tanszéki, illetve a vállalati munkarend előírásai a mértékadók.
A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt napra lebontott munkanaplót vezetnek. A munkanapló hitelességét a szakmai gyakorlat végén a konzulens aláírásával igazolja.
A szakmai gyakorlat végén a hallgatók írásos beszámolót készítenek. A beszámoló a BME bármely oktatási nyelvén megírható (magyar, angol, francia, német és orosz nyelven), függetlenül attól, hogy a szakmai gyakorlat mely országban valósult meg, amennyiben a tanszéki/kari felelős ehhez előzetesen hozzájárul. A beszámolót a konzulens aláírásával igazolja, a munkáról rövid értékelést készít. A munkanaplót, a beszámolót és az értékelést arra a tanszékre kell benyújtani, amely a témát kiírta. A beadási határidőt a tanszéki szakmai gyakorlati felelős határozza meg, figyelembe véve az egyetemi munkarendet (pl. nyári leállás).

Diplomatervezés 1

(szemeszter - őszi kezdés: 2., tavaszi kezdés: 3., 0/3/0/f/10 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUMT12	Diplomatervezés 1	AUT
BMEVIEEMT12	Diplomatervezés 1	EET
BMEVIETMT12	Diplomatervezés 1	ETT
BMEVIHIMT12	Diplomatervezés 1	HIT
BMEVIHVMT12	Diplomatervezés 1	HVT
BMEVIIIMT12	Diplomatervezés 1	IIT
BMEVIMIMT12	Diplomatervezés 1	MIT
BMEVISZMT12	Diplomatervezés 1	SZIT
BMEVITMMT12	Diplomatervezés 1	TMIT
BMEVIVEMT12	Diplomatervezés 1	VET

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomatervvel azt kell igazolni, hogy diplomázó önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni.

Az első félév programja irodalomkutatás, a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

2. A tantárgy tematikája

A diplomaterv témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett szakiránynak megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható.

Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját általában úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. A téma titkosságáról a hallgatót a témára jelentkezéskor tájékoztatni kell.

A diplomaterv külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.

Két vagy több hallgató részére közös témájú feladatot is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat. Közös feladat esetén lehetőség van csak egyes részfeladatok titkosítására. Ekkor az a diplomaterv-téma minősül titkosnak, amely legalább egy titkos részfeladatot tartalmaz.

Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.

A munkabeosztás betartását, a munka előrehaladását és a hallgató felkészülését a konzulens folyamatosan ellenőrzi. Ha a munkavégzés nem a tanszéken történik, a hallgatónak akkor is rendszeresen be kell számolnia a tanszéki konzulensnek.

A félév végén a hallgató munkájáról írásos beszámolót készít és szekcióülésen előadást tart. Az írásos beszámolót a szóbeli beszámoló előtt 5 munkanappal korábban kell beadni. Terjedelme kb. 30 oldal. A szorgalmi időszak végén, egyeztetett időpontban a hallgató legalább 10 perces előadásban, szekcióülésen számol be az általa végzett munkáról.
Az írásos beszámolót a kari diplomaterv portálra is fel kell tölteni.

Diplomatervezés 2

(szemeszter - őszi kezdés: 3., tavaszi kezdés: 4., 0/7/0/f/20 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUMT13	Diplomatervezés 2	AUT
BMEVIEEMT13	Diplomatervezés 2	EET
BMEVIETMT13	Diplomatervezés 2	ETT
BMEVIHIMT13	Diplomatervezés 2	HIT
BMEVIHVMT13	Diplomatervezés 2	HVT
BMEVIIIMT13	Diplomatervezés 2	IIT
BMEVIMIMT13	Diplomatervezés 2	MIT
BMEVISZMT13	Diplomatervezés 2	SZIT
BMEVITMMT13	Diplomatervezés 2	TMIT
BMEVIVEMT13	Diplomatervezés 2	VET

1. A tantárgy célkitűzése
A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomatervvel azt kell igazolni, hogy diplomázó önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni.
A második félév programja a feladat megoldásának befejezése, valamint a diplomaterv elkészítése.

2. A tantárgy tematikája
A diplomaterv témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett szakiránynak megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható. A diplomatervezés második félévében az első félévben megkezdett munkát kell folytatni. A téma megváltoztatására csak akkor van lehetőség, ha a hallgató a második félévben a Diplomatervezés 1. tantárgyat javító célú tantárgyfelvétellel ismét felveszi. Ez esetben újra 30 kredit értékű feladatot kell kiírni.
Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. Az engedélyt a tanszéknek a Diplomatervezés 1. tantárgy felvétele előtt meg kell szereznie.
A diplomaterv külföldön is készíthető. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.
Diplomatervet magyar nyelven kívül a BME valamely idegen oktatási nyelvén (angol, francia, német és orosz nyelven) is lehet készíteni, amennyiben a tanszéki konzulens ehhez hozzájárul.
Két vagy több hallgató részére a tantárgy második félévében nem adható ki közös feladat.

A diplomatervben a hallgatónak nyilatkoznia kell arról, hogy az saját munkájának eredménye. Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.
A munkabeosztás betartását, a munka előrehaladását és a hallgató felkészülését a konzulens folyamatosan ellenőrzi. Ha a munkavégzés nem a tanszéken történik, a hallgatónak akkor is rendszeresen be kell számolnia a tanszéki konzulensnek.
A félévközi jegy megszerzésének a diplomaterv beadása nem feltétele. Az érdemjegyet a tanszéki konzulens javaslata alapján a tantárgyfelelős adja.
A tantárgyat teljesíti a hallgató, ha a két félév során az előkészítő munkát elvégezte, és a diplomatervet ezután már várhatóan konzulensi segítség nélkül is el tudja készíteni.
A diplomaterv beadásának határideje annak a szorgalmi időszaknak az utolsó napja, amelyhez tartozó záróvizsga-időszakban a hallgató diplomatervét meg kívánja védeni.
A diplomaterv beadhatóságát a tanszéki konzulens minősíti. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma esetén a külső konzulens ajánlást ad a beadhatóság minősítéséhez. A diplomaterv beadásának tartalmi feltétele: a diplomatervben be kell mutatni a feladatkiírásban megnevezett, összes önállóan kidolgozandó részfeladat megoldását. Ha egy részfeladat megoldása mégis ellehetetlenül, akkor kivételes esetben a diplomaterv tanszékvezetői engedéllyel beadható, de a részfeladatra vonatkozó alfejezetben deklarálni kell az ellehetetlenülés tényét, és meg kell adni az ellehetetlenülés okát.
A diplomaterv formai követelményei: A diplomatervet 1 példányban írásban, egy kötetben, keménytáblás borítással, szükség esetén mellékletekkel, valamint 1 példányban elektronikus formában, az érvényes kari előírások szerint kell beadni.
Két vagy több hallgató közös témájú diplomatervét külön kötetben és külön elektronikus példányban kell elkészíteni.
A diplomaterv nyilvános, kivéve, ha a diplomaterv-témát a dékán titkosította. Ez utóbbi esetben a diplomaterv a sikeres záróvizsgát követő 3 év múlva válik nyilvánossá. A nyilvánosságra-hozatalról a kari diplomaterv portál kezelője gondoskodik. A diplomaterv elkészítésével, beadásával és megvédésével kapcsolatos tudnivalókról a tanszék a kiadáskor tájékoztatja a hallgatót.
A tantárgy sikeres elvégzése során elkészített diplomaterv érdemjegyét a záróvizsga bizottság állapítja meg.

VII.5 Szabadon választható tantárgyak

A szabadon választható tantárgycsoportban a hallgatók ismereteik bővítésére általuk szabadon választott tantárgyakat vesznek fel - minimum 6 kreditpont kiméretben - a Kar, más karok, vagy más egyetemek tantárgyainak kínálatából.

A szabadon választható tantárgyakat a képzések szakbizottságai három kategóriába sorolják: **Ajánlott** egy tantárgy, ha azt a szakbizottság a hallgató szakmai ismereteit bővítő tantárgynak ítéli. **Befogadott** egy tantárgy, ha az a hallgató általános érdeklődésére tarthat számot, de szakmailag kevésbé kapcsolódik a képzéshez. **Tiltott** egy tantárgy, ha az a képzésben szereplő tantárgyakkal a TVSz-ben megengedett mértéknél nagyobb átfedést tartalmaz, így teljesítése kredittel nem elismerhető.

A kari honlapon található, szakonként elkülönülő táblázatok és a Neptun Egységes Tanulmányi Rendszerben található mintatanterv szabadon választható tantárgyi blokkja az ajánlott tantárgyakat tartalmazza. A befogadott tantárgyakat a Neptunban az intézményi tantárgyak között találja, a tiltott tantárgyak (egy részének) felvételét a Neptun megakadályozza.

Felhívjuk figyelmét, hogy az összes intézményi tantárgy listájában szereplő tantárgyak több-kevesebb átfedést is tartalmazhatnak más tantárgyakkal. Ha a mintatantervben szereplő kötelező, illetve a tantervi követelmények teljesítéséhez már figyelembe vett egyéb tantárgyak ismeretei együttesen egy tantárgy tananyagának nagyobb hányadát tartalmazzák, úgy a tantárgy felvehető ugyan, de a tantervhez kapcsolódó követelmények teljesítéséhez nem vehető figyelembe [NFTv 49.§ (5)]. Ezt a Neptun nem tudja ellenőrizni, ezért a megfelelő tantárgyfelvétel minden hallgató saját felelőssége: ha a tantárgyi adatlap alapján ez nem egyértelmű, kérjük, hogy felvétel előtt ki-ki konzultáljon közvetlenül a tantárgy előadójával vagy felelősével, szükség esetén a Kari Kreditátviteli Bizottsággal.