

# Az MSc képzés programja

## a mérnökinformatikus szakon

Érvényes: 2023. február 1-től felmenő rendszerben

(V 5.2)

**BUDAPEST, 2023**



# Tartalom

<b>I. BEVEZETÉS.....</b>	<b>3</b>
<b>II. A TANTERVI KERETEK .....</b>	<b>5</b>
<b>II.1 A mérnökinformatikus mesterszak tantervi hálója.....</b>	<b>6</b>
<b>III. TERMÉSZETTUDOMÁNYOS ALAPISMERETEK.....</b>	<b>8</b>
<b>III.1 Felsőbb matematika informatikusoknak .....</b>	<b>8</b>
<b>III.2 Közös tantárgyak .....</b>	<b>14</b>
<b>IV. GAZDASÁGI ÉS HUMÁN ISMERETEK .....</b>	<b>21</b>
<b>V. SZAKMAI TÖRZSANYAG.....</b>	<b>23</b>
<b>V.1 Adattudomány és mesterséges intelligencia főspec. (MIT, TMIT) .....</b>	<b>24</b>
<b>V.2 Internetarchitektúra és felhőszolgáltatások főspecializáció (TMIT) .....</b>	<b>30</b>
<b>V.3 IT biztonság főspecializáció (HIT).....</b>	<b>36</b>
<b>V.4 Szoftverfejlesztés (AUT) .....</b>	<b>41</b>
<b>V.5 Vizuális informatika főspecializáció (IIT).....</b>	<b>46</b>
<b>V.6 Főspecializációk kötelezően választható (C-típusú) tantárgyai .....</b>	<b>51</b>
<b>VI. SZAKMAI TÖRZSANYAG VÁLASZTHATÓ ISMERETEI.....</b>	<b>56</b>
<b>VI.1 Mellékspecializációk .....</b>	<b>56</b>
VI.1.1 Energetikai informatika mellékspecializáció (VET).....	57
VI.1.2 Felhasználói élmény - UX és interakció mellékspecializáció (TMIT) .....	61
VI.1.3 Felhő alapú elosztott rendszerek mellékspecializáció (IIT) .....	65
VI.1.4 Kritikus rendszerek mellékspecializáció (MIT) .....	68
VI.1.5 Kvantuminformatika mellékspecializáció (HIT).....	71
VI.1.6 Mobilszoftver-fejlesztés mellékspecializáció (AUT).....	74
VI.1.7 Számításelmélet mellékspecializáció (SZIT).....	77
VI.1.8 Szenzorrendszerek mellékspecializáció (EET-ETT) .....	80
<b>VI.2 Projektantárgyak .....</b>	<b>83</b>
<b>VII. SZABADON VÁLASZTHATÓ TANTÁRGYAK .....</b>	<b>89</b>

# I. Bevezetés

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:

<i>természettudományos ismeretek</i> analízis, algebra, valószínűségszámítás, matematikai statisztika, fizika;	20 kredit
<i>gazdasági és humán ismeretek</i> közgazdaságtan, környezetvédelem, minőségbiztosítás, szaknyelv, társadalomtudomány;	15 kredit
<i>számításelméleti és programozási ismeretek</i> számítás- és algoritmuselmélet, programnyelvek, programtervezés, szoftver technológia;	15 kredit
<i>számítógép ismeretek</i> elektronika, digitális technika, mérés- és szabályozástechnika, számítógép architektúrák, operációs rendszerek, számítógépes hálózatok;	15 kredit
<i>információs rendszerek ismeretei</i> 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 alaplomával 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):

<i>természettudományos alapismeretek</i> matematika, információelmélet, számítástudomány, számítástechnika, rendszerelmélet;	20-30 kredit
<i>gazdasági és humán ismeretek</i> mikroökonomia, vezetési, jogi és menedzsment ismeretek, minőségbiztosítás, ergonómia, kommunikációelmélet, műszaki tudományok kultúrtörténete, környezetvédelem;	9-15 kredit
<i>informatikai szakmai ismeretek</i> 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
<i>speciális ismeretek</i> A mérnökinformatikus szakma igényeinek megfelelő szakterületeken szerezhető speciális ismeretek;	
<i>szabadon választható tantárgyak ismeretkörei</i>	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 Kreditáviteli 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.

## II. A tantervi keretek

Mindhárom mesterszak tantervi hálóját 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//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//sz/kr:** heti előadás, gyakorlat, labor óraszám, számonkérés módja (félévközi jegyes vagy vizsgás), a tantárgy kredit száma
- **Tanszék:** a tantárgyat felkínáló tanszék kari szokások szerinti rövidített jelölése

A következő alfejezetben a mesterképzési szak mintatantervét (ún. tantervi keretét) mutatjuk be áttekinthető 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 kivonatolt áttekinthetést.

## II.1 A mérnökinformatikus mesterszak tantervi hálója

### a) Kezddés a tavaszi félévben (1)

	Tárgynév	Szemeszter			
		1	2	3	4
<b>Természettudományos alapismeretek (20 kredit)</b>					
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		
<b>Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)</b>					
3	Mérnöki menedzsment <sup>1</sup>				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		
<b>Szakmai törzsanyag kötelező ismeretkörei (30 kredit)</b>					
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	
<b>Szakmai törzsanyag köt. választható ismeretkörei (54 kredit)</b>					
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
<b>Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)</b>					
18	Szabadon választható tantárgy <sup>2</sup>			2/0/0/f/2	
19	Szabadon választható tantárgy <sup>2</sup>				2/0/0/f/2
20	Szabadon választható tantárgy <sup>2</sup>				2/0/0/f/2
<b>Kritérium tantárgy (0 kredit)</b>					
21	Szakmai gyakorlat	6 hét/a/0			
<b>Összes heti óraszám</b>		20	21	17	15
<b>Előadás/gyakorlat/labor óraszám</b>		15 / 2 / 3	13 / 2 / 6	6 / 5 / 6	8 / 7 / 0
<b>Összes kredit-pontszám</b>		<b>29</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>28</b>
<b>Vizsgaszám</b>		3	3	2	1

<sup>1</sup> A Mérnöki menedzsment c. tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.

<sup>2</sup> 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) Kezddés az őszi félévben (0)

	Tárgynév	Szemeszter			
		0	1	2	3
<b>Természettudományos alapismeretek (20 kredit)</b>					
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		
<b>Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)</b>					
3	Mérnöki menedzsment <sup>1</sup>	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		
<b>Szakmai törzsanyag kötelező ismeretkörei (30 kredit)</b>					
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	
<b>Szakmai törzsanyag köt. választható ismeretkörei (54 kredit)</b>					
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
<b>Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)</b>					
18	Szabadon választható tantárgy <sup>2</sup>	2/0/0/f/2			
19	Szabadon választható tantárgy <sup>2</sup>			2/0/0/f/2	
20	Szabadon választható tantárgy <sup>2</sup>			2/0/0/f/2	
<b>Kritérium tantárgy (0 kredit)</b>					
21	Szakmai gyakorlat	6 hét/a/0			
<b>Összes heti óraszám</b>		23	21	16	13
<b>Előadás/gyakorlat/labor óraszám</b>		19 / 1 / 3	13 / 2 / 6	8 / 5 / 3	2 / 8 / 3
<b>Összes kredit-pontszám</b>		<b>30</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>29</b>
<b>Vizsgaszám</b>		3	3	2	1

<sup>1</sup> A Mérnöki menedzsment c. tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.

<sup>2</sup> A szabadon választható tantárgyak bármilyen kredit számmal 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%)

## III. Természettudományos alapismeretek

### III.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)	<a href="#">BME90MX75</a>	ősz
Analízis (TTK)	<a href="#">BME90MX76</a>	tavaszi
Rendszeroptimalizálás (SZIT)	<a href="#">BMEVISZMA10</a>	tavaszi
Matematikai statisztika (SZIT)	<a href="#">BMEVISZMA11</a>	ősz
Sztochasztika (TTK)	<a href="#">BME90MX77</a>	ősz

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

### Alkalmazott algebra és matematikai logika

([BME90MX75](#), 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 algebra 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, példákön 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

Tárgnyelv-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. Különböző 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 modelleméleti jellemzői, modell módszer. Egy elmélet ellentmondástalan akkor és csak akkor, ha kielégíthető. A kompaktsági tétel (szemantikai) és a végesítés fogalma.

A bizonyításelmélet korlátai: Gödel inkomplettiségi 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 L<sup>2</sup>-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 analízisének 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).

Variációs számítás, irányításelmélet

A variációs számítás alapfeladatai és alkalmazásai, 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 algoritmus 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 feladatként.

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 párosításával, hálózati folyamatokkal és intervallumrendszerek színezésével kapcsolatos problémákra.

### Közelítő algoritmusok

NP-nehéz problémák kezelése. NP-nehéz problémák polinomiális időben megoldható speciális esetei: erőforrások ütemezése, maximális független pontthalmaz 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 lefogyó pontthalmaz 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 algoritmus 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 algoritmus.

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 valószínűségi számítási 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 megértésére 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

#### Valószínűségi számítási 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 egzisztenciabizonyítások (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 változata.

### Véletlen és bonyolultsági osztályok

Az RP és a Las Vegas nyelvosztályok, például. Az IP nyelvosztály: nem izomorf 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-análízis 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-halálzási 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?

## III.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)	<a href="#">BMEVIMIMA26</a>	tavaszi
Nyelvek és automaták (SZIT)	<a href="#">BMEVISZMA12</a>	ősz
Szoftverarchitektúrák (AUT)	<a href="#">BMEVIAUMA21</a>	ősz
Információelmélet (SZIT)	<a href="#">BMEVISZMA13</a>	tavaszi
Adatbázisok elmélete (TMIT)	<a href="#">BMEVITMMA17</a>	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 háttérrel, 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-leképezések. 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 állapotterképek használatával, az állapotterképek verifikációja. Az állapotterkép 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: Modelellenőrzés C programokon. Absztrakció használata: statikus analízis absztrakt interpretációval, predikátum absztrakció, ellenpélda vezérelt absztrakció finomítás a modelellenőrzés 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, példák 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 epsilon-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: epsilon-szabályok, láncszabályok, felesleges szimbólumok kiküszöbölése.

Környezetfüggetlen nyelvek zártsági tulajdonságai. Nem környezetfüggetlen nyelvek, a pumpálási lemma.

Nemdeterminisztikus 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, kapcsolatok.

A P, NP, PSPACE, EXPTIME osztályok kapcsolata. Tanú tétel az NP osztályra. Karp-redukció, Cook-Levin tétel a SAT NP-teljeségről. 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 architektúrák minták jelentőségét. Az tantárgy egy fontos további célkitűzése a fentiekhez kapcsolódó naprakész ismeretek rendszerezése és átadása a hallgatóságoknak.

A nagyvállalati (enterprise) rendszerek fejlesztési gyakorlatában a többretegű 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 architektúrák 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 architektúrák 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 architektúrák minták.

Skálázhatóság, elosztottság, rendszerjellemzők.

Szoftverarchitektúra alapok

Az architektúra szerepe. A szoftverarchitektúra célja és tervezési lépései. Tipikus architektúra hibák.

Szoftverarchitektúrák minták

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



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

#### Eseménykezelési minták

Reactor. Proactor. ACT. Acceptor-Connector

Architektúrák 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

Architektúrák ismertetése és illusztrálása. Konkurens objektumok (Active Object). Száلبiztos 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. Strategized Locking. Thread-Safe Interface. Double Checked Locking Optimization. Összefoglaló a minták kapcsolatáról

Architektúrák 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 Optimization).

#### Rétegezett architektúrák,

Alapvető architektúrák 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

Architektúrák 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 architektúrák 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.

#### Architektúrák módszertanok

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

#### Szoftver rendszerek teljesítmény és performance 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 architektúráis kérdései**

Elosztott rendszerek elméleti alapjai, elosztott informatikai rendszerek tervezése és fejlesztése, elosztott rendszerek felépítéséhez szükséges alapszolgáltatások, Komponens és szolgáltatás alapú fejlesztés architektúráis 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 algoritmusával 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

Csatornkapacitás, 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) Képesé tenni olyan relációs adatstruktúrák szintézisére, amelyek alkalmasak OLTP környezetben nagy hatékonyságú információs rendszerek funkcionalitásának megalapozására.
- (K3) Képesé 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, Rendelkezésreállítás, Hibatűrés, CAP tétel, NoSQL adatbáziskezelők típusai: kulcs-érték táruk, 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, Valósídejűség értelmezései, Technológiai megoldások a valósídejűség 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.

## IV. 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	<a href="#">BMEVITMMB03</a>

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	<a href="#">BMEGT35M004</a>
Érvelés, tárgyalás, meggyőzés	Filozófia- és Tudománytörténeti	<a href="#">BMEGT41MS01</a>
Információs társadalom joga	Üzleti Jog	<a href="#">BMEGT55M005</a>
Minőségmenedzsment	Menedzsment és Vállalatgazdaságtan	<a href="#">BMEGT20M002</a>
Projektmenedzsment	Menedzsment és Vállalatgazdaságtan	<a href="#">BMEGT20M400</a>
Vállalati jog	Üzleti Jog	<a href="#">BMEGT55M002</a>
Vezetői számvitel	Pénzügyek	<a href="#">BMEGT35M005</a>
Pénzügyi technológiák (FinTech) alapjai	Távközlési és Médiainformatikai	<a href="#">BMEVITMAK50</a>

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, scenáriók 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 érzékenysége. 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 piacsabályozásának modelljei. A verseny és a digitális konvergencia kibontakoztatásának szabályozási feladatai. Az elektronikus hírközlő hálózatok és szolgáltatások, az informatika és a média közösségi és hazai keretsabályozása. Szolgáltatók együttműködésének szabályai. Korlátos erőforrások gazdálkodásának szabályozása, frekvencia- és azonosító-gazdálkodás. Adatvédelem, információbiztonság és tartalom szabályozása.

## V. 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 található 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.1 Adattudomány és mesterséges intelligencia főspez. (MIT, TMIT)

**1. A specializáció megnevezése:** Adattudomány és mesterséges intelligencia  
(Data Science and Artificial Intelligence)

**2. MSc szak:** mérnökinformatikus

**3. Specializáció felelős tanszék:** MIT

**4. Oktató tanszék:** 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, idősről, 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 döntésemélet 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 tanulóval kapcsolatos választható tantárgyak és BSc specializációk teljesítését.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Gépi tanulás	A1 tantárgy	<a href="#">BMEVIMIMA27</a>
Gépi tanulási esettanulmányok	A1 labor	<a href="#">BMEVITMMA18</a>
Mélytanulás	A2 tantárgy	<a href="#">BMEVITMMA19</a>
Haladó adatelemzési módszerek labor	A2 labor	<a href="#">BMEVITMMB10</a>
Intelligens adatelemzés és döntéstámogatás	B tantárgy	<a href="#">BMEVIMIMB09</a>
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	Id. 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 science 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 feladatot 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

Nagyházi feladat 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.

Megerősítő 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 döntéseméleti 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 tesztalmonon 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 megerősítéssel tanuló tanulást és a k-karú rablókat, valamint ezek alkalmazását ajánló rendszerekben és felfedező rendszerekben.

### 2. A tantárgy tematikája

Becslés és döntésemélet, 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 ajánlórendszerekénél.

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 hatásereőség 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.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 Zsolt 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	<a href="#">BMEVITMMA20</a>
Felhők hálózati architektúrái laboratórium	A1 labor	<a href="#">BMEVITMMA21</a>
Felhőalapú hálózati szolgáltatások programozása Go nyelven	A2 tantárgy	<a href="#">BMEVITMMA22</a>
Felhők hálózati szolgáltatásai laboratórium	A2 labor	<a href="#">BMEVITMMB11</a>
Az Internet ökoszisztémája	B tantárgy	<a href="#">BMEVITMMB12</a>
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	Id. 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 hibátűrő 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, terhelés kiegyenlítés és hibátűrés.

### 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 házi feladatok 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 menedzsmenete  
Egy összetett internet szolgáltatás megismerése, kiegészítése, komponensek fejlesztése. A rendszer beüzemelése, menedzsmenete 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 könyvtárban 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 szolgáltatásháló 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 szolgáltatásháló 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 Istio-ban. Káosztesztelés és a mesterséges hibák előidézése (fault injection).

### A szolgáltatásháló II.

Forgalommenedzsment: HTTP routing és rewriting a szolgáltatásháló fölött. Continuous delivery, DevOps és GitOps, a "canary rollout" stratégia támogatása Istio felett. Biztonsági szolgáltatások az Istio-ban: 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 házfeladatok 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
- Feladatbemutató
- Automatizálás a hálózati alkalmazások fejlesztésében és üzemeltetésében
- Szolgáltatás hálók alkalmazása a megbízhatóság és megfigyelhetőség javítására
- Forgalom továbbítás szabályozási megoldások alkalmazása
- Feladatbemutató
- Üzenetsor alapú kommunikáció alkalmazása a szolgáltatások között
- Alkalmazás állapot tárolás és kezelés hálózati tárhelyen
- Hálózati szolgáltatások naplózása, monitorozása, anomália detektálás
- Feladatbemutató

## 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, többretegű 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://tracertool.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. Szolgáltatás megbízhatóság: 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 konfigurációk alapjai, 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 gyorsítótárazás algoritmusok vizsgálata openflow alapú demohálózaton

Internet politika: Az internet működésének nemzetközi szabályozása. Nemzetközi szervezeti háttér. Mely szerverek, központi elemek hol találhatóak 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 és társai. Kik, hogyan szolgáltatnak hazánkban. Infrastruktúra kiépítettsége Mo-n (BIX, KIFÜ, Nemzeti Távközlési Gerinchálózat, NISZ, kormányzati informatika), fontosabb strukturális részei, hazai internet szolgáltatók és egyéb kapcsolódó szervezetek (NISZ, NIIFI, IVSZ). Hírközlési és média törvény(ek) kapcsolódó részei.

## V.3 IT biztonság főspecializáció (HIT)

1. A specializáció megnevezése: IT biztonság  
(IT Security)
2. MSc szak: mérnökinformatikus
3. Specializáció felelős tanszék: HIT
4. Oktató tanszék: 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 szópba 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 architektúráis 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	<a href="#">BMEVIHIMA21</a>
Szoftverbiztonság labor	A1 labor	<a href="#">BMEVIHIMA22</a>
Számítógép- és hálózatbiztonság	A2 tantárgy	<a href="#">BMEVIHIMA23</a>
Számítógép- és hálózatbiztonság labor	A2 labor	<a href="#">BMEVIHIMB07</a>
Kriptográfiai protokollok	B tantárgy	<a href="#">BMEVIHIMB08</a>
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	Id. 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 fenyegetettség 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

Támadások 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

- be mutassa az alapvető kriptográfiai algoritmusok és protokollok működését és tulajdonságait,
- 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 ismertett protokollok részletes analizisén, 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 közepen 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. születésnap 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.)

Kulcsforgatás protokollok: célok, támadási modell, kulcsszállító és kulcs-megegyezés protokollok, a kulcsfrissesség biztosítása időbéllyeggel 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)

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

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



## V.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 felhőalapú 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	<a href="#">BMEVIAUMA22</a>
Modellalapú szoftverfejlesztés labor	A1 labor	<a href="#">BMEVIAUMA23</a>
Üzleti intelligencia	A2 tantárgy	<a href="#">BMEVIAUMA24</a>
Üzleti intelligencia labor	A2 labor	<a href="#">BMEVIAUMB09</a>
Szoftverfejlesztés az iparban	B tantárgy	<a href="#">BMEVIAUMB10</a>
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. Interpreterk 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), gráfrepresentáció, 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 kiterjeszhetőség 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 családetektálás.

## 2. A tantárgy tematikája

Az előadás keretében 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 keretén 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 beleértve 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 lehetőségeire. 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 keretén 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 szoftveres 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 élelciklus, folyamatok, időkeretek, erőforrások, stratégia és szervezeti formák

Szolgáltatások és alkalmazások kidolgozásának és bevezetésének szempontjai és módszere: hogyan építünk 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 security 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 becsüljük 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.5 Vizuális informatika főspecializáció (IIT)

**1. A specializáció megnevezése:** Vizuális informatika  
(Visual Informatics)

**2. MSc szak:** mérnökinformatikus

**3. Specializáció felelős tanszék:** IIT

**4. Oktató tanszék:** 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 automatóm járműveket és mesterséges intelligenciát, valamint a szimulációs eszközöket is.

### A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Képszintézis	A1 tantárgy	<a href="#">BMEVIIIIMA23</a>
Játékfejlesztés labor	A1 labor	<a href="#">BMEVIIIIMA24</a>
3D számítógépes geometria és alakzatrekonstrukció	A2 tantárgy	<a href="#">BMEVIIIIMA25</a>
GPU programozás és párhuzamos rendszerek labor	A2 labor	<a href="#">BMEVIIIIMB09</a>
Deep-learning a vizuális informatikában	B tantárgy	<a href="#">BMEVIIIIMB10</a>
Választott főspecializáció tantárgy	C tantárgy	Id. tantárgylista

## Képszintézis

Főspecializáció A1 tantárgy

([BMEVIIIIMA23](#), 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

([BMEVIIIIMA24](#), 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 játékmotorok 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

([BMEVIIIIMA25](#), 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 algoritmusával 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

([BMEVIIIIMB09](#), 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. Ütközésetektálás.

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

Strain-Based Dynamics. Lágú 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). Lágú 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

([BMEVIIIIMB10](#), 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. Őnjáráó 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.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	<a href="#">BMEVIAUMB11</a>	őszi
A gépi tanulás biztonsága	HIT	<a href="#">BMEVIHIMB09</a>	tavaszi
Vizualizáció és orvosi képalkotás	IIT	<a href="#">BMEVIIIMB11</a>	őszi
Megbízható mesterséges intelligencia és adatelemzés	MIT	<a href="#">BMEVIMIMB10</a>	tavaszi
Adatszerkezetek és algoritmusok	SZIT	<a href="#">BMEVISZMB02</a>	tavaszi
IoT - Tárgyak internete	TMIT	<a href="#">BMEVITMMB13</a>	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 megközelítésével, 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 architektúrák 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

Rekondícióra állási problémák: Black- és white-box sponge konstrukciók

Tanító adat rekonstrukciója: 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 vízjelzése, tanító adathalmaz inferenciája, modellek ujjlenyomat alapú összehasonlítása

Modellek elmagyarázhatóságának támadhatósága, federált tanulás biztonsága (biztonságos aggregáció, bizánci problémák, KRUM)

## Vizualizáció és orvosi képzés

Főspecializáció C tantárgy

([BMEVIIIIMB11](#), 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 készségi szintű használatát, ezáltal képesek legyenek összetett orvosi képzés, 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.

Tomográfias 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-térfigatvizualizáció, Monte-Carlo térfigatvizualizáció, 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 térfigatvizualizáció 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 érthetőség, 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 alapfogalmi 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: teljesítménymetriák 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, döntéelméleti, 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 multiagens 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 algoritmusai, mint ennek alkalmazásai.

A Kruskal algoritmusához 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 vezeték nélküli 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 vezeték nélküli IoT megoldások.

## VI. Szakmai törzsanyag választható ismeretei

A szakmai törzsanyag kötelezően választható ismereteit a mellékspecializációk és a projektantárgyak 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. projektantárgyakat 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).

### VI.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.



## VI.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. Csátár 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 újtechnológiáig. 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 átvittel, 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 szakág-specifikus 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	<a href="#">BMEVIVEMA25</a>
A villamosenergia-rendszer informatikai infrastruktúrája	B tantárgy	<a href="#">BMEVIVEMA26</a>
Energetikai informatika laboratórium	A labor	<a href="#">BMEVIVEMB08</a>

### 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, mikrogridok, 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 eltérése.
- 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/ valósdejű 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 koncentrálnak.

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
- idősinkron 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
- Szinkrofázor 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
- Alacsony szintű, infrastrukturális protokollok (PI, 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
  - o egy konkrét, új mérési jel bekötése az alállomási irányítástechnikába (adatgyűjtő, MAB-Gateway fizikai összekötése és paraméterezése)
- Védelmi működés 61850-en keresztül
  - o Goose üzenetek, védelmi eszközök „összekötése” ICT és paraméterek segítségével
  - o Védelmi érzékelés Sampled value alapon, eszközök paraméterezése, üzenetek elemzése
- SCADA rendszer működése
  - o Egy valós SCADA rendszer működés közben – bemutató mérés
  - o SCADA mint platform - funkciók implementálási lehetősége
- Kommunikáció
  - o Hagyományos TCP/IP alapon: Adatforgalomba való betekintés WireShark-al (IEC-60870-5-104, vagy C37.118 protokoll)
  - o VER speciális igényei alacsony szintű infrastruktúrában (HSR/PRP, PTP), eszközök együttműködésének bemutatása
- Automatizálás a hálózatszámításban
  - o Egy hálózatszámítási feladat szkriptelése: magasszintű nyelven megírt irányítása egy hálózatszámító szoftvermodulnak
- Kiberbiztonság
  - o Kibertámadás hatásai CPS rendszerek esetén – esettanulmány, hatások elemzése koszimulációs környezetben

## VI.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 fókusz 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	<a href="#">BMEVITMMA25</a>
MI alapú ember-gép interakció	B tantárgy	<a href="#">BMEVITMMA23</a>
UX laboratórium	A labor	<a href="#">BMEVITMMB14</a>

## 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 újrahaznosítható 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 szenzadatokat. 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 válaszütem érdekében

Konkrét esettanulmányok mentén mutatjuk be többek között az emberi interakciók felismerését (hang és kép alapokon), a rendszerek illesztését pl. fogyatékkal élő felhasználókhöz, 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 (ébredtőszó) 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 beszéd-szintézis, 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 fogyatékkal élőket támogató rendszerekhez

Időseket támogató rendszerek, Ambient Assisted Living (AAL), előregedő társadalom. Fogyatékkal élőket (látássérültek, beszéd fogyatékosok, 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. Elesésdetektáció mély tanulás alapon. Lakásban elhelyezett mozgásdetektorok vagy használati tárgyakba helyezett elektronikus egységek összekötése telekommunikációs rendszerrel.

Gyakorlat: esettanulmányok az időseket és fogyatékossgal 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.



## VI.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 hallgatónak PaaS alapú fejlesztőeszközöket használva ki kell alakítani egy olyan webes alkalmazást, ami a tanult technológiákra (SOAP, REST, WebSocket, ProtoBuf, ...) és eszközökre (RabbitMQ, Celery, Zookeeper, Kafka, Kubernetes, ...) épül.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgy típusa	Tantárgykód
Szolgáltatásorientált rendszerek és alkalmazások fejlesztése	A tantárgy	<a href="#">BMEVIIIIMA27</a>
Számítási és tárolási felhők alapjai	B tantárgy	<a href="#">BMEVIIIIMA26</a>
Felhőalapú elosztott rendszerek laboratórium	A labor	<a href="#">BMEVIIIIMB12</a>

## Szolgáltatásorientált rendszerek és alkalmazások fejlesztése

Mellékspecializáció A tantárgy

([BMEVIIIIMA27](#), 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 szoftvergyártókhöz 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

([BMEVIIIIMA26](#), 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, Zookeeper). A tantárgy rámutat az elosztott rendszerek tervezési, fejlesztési és üzemeltetési problémáira 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, OpenStack, 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 Elastic 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 projektek rövid bemutatása (pl: Tez, Pig, Hive, Cassandra, HBase, Chukwa) és rendszerezése.

Üzenetküldő és szinkronizációs eszközök (pl. RabbitMQ, Celery, Zookeeper)

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

([BMEVIIIIMB12](#), 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, Zookeeper, Kafka, Kubernetes, ...) épül.

### 2. A tantárgy tematikája

A laboratórium a következő méréseket tartalmazza:

- Bevezetés. PaaS környezet megismerése. Mintaalkalmazás életrekelése, 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

## VI.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	<a href="#">BMEVIMIMA28</a>
Automatizált ellenőrzési technikák	B tantárgy	<a href="#">BMEVIMIMA29</a>
Kritikus rendszerek laboratórium	A labor	<a href="#">BMEVIMIMB11</a>

## 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 alkalmazására tervezésének kihívásait, és bemutassa azokat a hardver és szoftver tervezési megoldásokat, amikkel ezen rendszerek nagy megbízhatósága és rendelkezésre állása garantálható. Jellemző modern célplatformként, illetve architektúráként 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. Architektúrális 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 platformokon; chaos engineering.

Valós idejű kommunikáció alapú integráció. Architektúrális 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. Okos szerződések 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 tesztervezés (összetett lefedettség kritériumok).

Modellalapú tesztgenerálás (tesztgenerálási algoritmusok, MBT folyamat, lefedettség 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 programverifikációban, 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 szoftver kódok 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 hibátűrése: hibátűrési minták használata elosztott rendszerekben.
- Okos szerződések használata: decentralizált rendszereken futó okos szerződések készítése és ellenőrzése.

## VI.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 összekapcsolása 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 alkalmazásai	A tantárgy	<a href="#">BMEVIHIMA24</a>
Kvantumhálózatok	B tantárgy	<a href="#">BMEVIHIMA25</a>
Kvantuminformatika laboratórium	A labor	<a href="#">BMEVIHIMB10</a>

## Kvantumszámítógépek és alkalmazásai

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 reconciliation 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-repeaterk) 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 megkezdte 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
- Foton számláló alkalmazási kérdései, egyfoton-detektorok: fotoelektron-sokszorozók, egyfoton-lavinadiódák. Fotoelektron-sokszorozó paramétereinek mérése, működtetésének bemutatása. Külső zaj hatásának áttekintése.
- Kvantum alapú véletlenszámok előállítás
- Kvantumszámítógépek programozása áramköri terv alapján
- Kvantumszámítógépek programozása utasításkészlettel
- Kvantumszámítógépes fejlesztőkörnyezetek: Q#
- Összefonódás mint erőforrás
- Szabadtéri kvantumkulcsszétosztás (időbélyeg, referenciajel)
- Etikus hackelés a QKD világában

## VI.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	<a href="#">BMEVIAUMA25</a>
Mobilszoftver-rendszerek fejlesztése	B tantárgy	<a href="#">BMEVIAUMA26</a>
Mobilszoftver laboratórium	A labor	<a href="#">BMEVIAUMB02</a>

## 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 dokumentumszolgáltatások).
- 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.

## Mobilsoftver-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 mobilsoftver-tervezés és fejlesztés általánosan érvényes irányelveinek bemutatása, valamint mérnöki szemlélet kialakítása a területen.

### 2. A tantárgy tematikája

Az előadáson a bevezetés után a mobilsoftver-specifikáció kérdéseinek és platformválasztásnak a körülményei 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 mobilsoftver fejlesztés kihívásaival foglalkozunk. Ennek részeként áttekintjük a verziókövetés, build szerverek, continuous integration, illetve a kódmetrika és automatikus kódmetrika report készítésének lehetőségét.

Az előadás témája a külső (vezeték nélküli) eszközök integrálása. Megvizsgáljuk a korszerű technológiákat (BLE, NFC, Zigbee/Z-Wave). Emellett szintén az óra anyaga a hordható informatika és integrációja (Google wear, okos szemüveg, orvosi eszközök stb.)

Az óra keretein belül megismerkedünk a mobilsoftverek 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.

## Mobilsoftver 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 Mobilsoftver-platformok, illetve Mobilsoftver-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 nézetben.
- iOS labor. A labor során elkészített alkalmazás az iOS által nyújtott különböző UI technológiákat mutatja be. A labor során érintett témák: Auto Layout, Adaptive Layout, StackView, collectionView
- Android labor: Specifikáció, aktorok, 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.

## VI.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 fejleszhető tovább. Nehezebb gráfelméleti eredmények mellett szó lesz a gráfok általánosításairól a hipergráfokról valamint extrémális 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	<a href="#">BMEVISZMA14</a>
Gráfok, hipergráfok és alkalmazásaik	B tantárgy	<a href="#">BMEVISZMA15</a>
Nagyhatékonyságú deklaratív programozás laboratórium	A labor	<a href="#">BMEVISZMB01</a>

## 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 nondeterminisztikus 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 algoritmus. 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 mellett gyorsan megoldható feladatok.

Keresőfa korlátozása és a kernelizációs módszer.  $W[1]$ -teljesség.

## Gráfok, hipergráfok és alkalmazásai

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 extrémális 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 kapacitástartomány,

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 korlátlogikai 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 testesztelt 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 segéd eljárások, FD-halmazok, címkézés (címkézési eljárások, címkézési opciók, a címkézés testeszteltje), 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-klózek, 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, testesztelés, 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

## VI.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, autóiipari, 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	<a href="#">BMEVIETMA17</a>
Érzékelő eszközök hardver-szoftver integrációja	B tantárgy	<a href="#">BMEVIEEMA12</a>
Alkalmazott szenzorika laboratórium	A labor	<a href="#">BMEVIETMB05</a>

## 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 anyagtypusok 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, elektret 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: töltésetérítés Hall-effektus, magnetorezisztív effektus, hatás a szupravezetésre. A kémiai jelátalakítás molekuláris kölcsönhatásai: adszorpció, abszorpció, ioncserélődés, 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-elektromechanikai rendszerek (MEMS).

Fotometriai alapozás, látás szenzorok segítségével. A technológiai anyag rész átfogó áttekintése.

Rendszertechnikai alapok. Analóg szenzorok illesztése. Digitális szenzorok illesztése és kódolási módszerek. Speciális jelátviteli módszerek (fény, rádiófrekvencia). Távadók - analóg/digitális.

Rendszertechnikai alapok, szenzorok vezeték 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 alkalmazásai; Kontakt és kontaktmentes hőmérők; Különböző gyártók termékeinek bemutatása. Ismerkedés a mérőeszközökkel.; Hőmérő elemek az elektronikai gyártástechnológiában;

Nyomásmérők és alkalmazásai, 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 koncentrálna, 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 másodikban 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 +  $\mu$ P, 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. - autóiipari 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.

## VI.2 Projektantárgyak

A mesterképzés keretein belül a hallgatók ún. projektantárgyakat 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 projektantárgyakat 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
<a href="#">BMEVIAUML10</a>	Önálló laboratórium 1	AUT
<a href="#">BMEVIEEML10</a>	Önálló laboratórium 1	EET
<a href="#">BMEVIETML10</a>	Önálló laboratórium 1	ETT
<a href="#">BMEVIHIML10</a>	Önálló laboratórium 1	HIT
<a href="#">BMEVIHVML10</a>	Önálló laboratórium 1	HVT
<a href="#">BMEVIIIIML10</a>	Önálló laboratórium 1	IIT
<a href="#">BMEVIMIML10</a>	Önálló laboratórium 1	MIT
<a href="#">BMEVISZML10</a>	Önálló laboratórium 1	SZIT
<a href="#">BMEVITMML10</a>	Önálló laboratórium 1	TMIT
<a href="#">BMEVIVEML10</a>	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 konzulenszt 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 konzulenzól rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a konzulenz 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
<a href="#">BMEVIAUML11</a>	Önálló laboratórium 2	AUT
<a href="#">BMEVIEEML11</a>	Önálló laboratórium 2	EET
<a href="#">BMEVIETML11</a>	Önálló laboratórium 2	ETT
<a href="#">BMEVIHIML11</a>	Önálló laboratórium 2	HIT
<a href="#">BMEVIHVML11</a>	Önálló laboratórium 2	HVT
<a href="#">BMEVIIIIML11</a>	Önálló laboratórium 2	IIT
<a href="#">BMEVIMIML11</a>	Önálló laboratórium 2	MIT
<a href="#">BMEVISZML11</a>	Önálló laboratórium 2	SZIT
<a href="#">BMEVITMML11</a>	Önálló laboratórium 2	TMIT
<a href="#">BMEVIVEML11</a>	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 konzulenz biztosít. A külső konzulenz – 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 konzulensről rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a konzulens értékeli. 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
<a href="#">BMEVIAUMS00</a>	Szakmai gyakorlat	AUT
<a href="#">BMEVIEEMS00</a>	Szakmai gyakorlat	EET
<a href="#">BMEVIETMS00</a>	Szakmai gyakorlat	ETT
<a href="#">BMEVIHIMS00</a>	Szakmai gyakorlat	HIT
<a href="#">BMEVIHVMS00</a>	Szakmai gyakorlat	HVT
<a href="#">BMEVIIIIMS00</a>	Szakmai gyakorlat	IIT
<a href="#">BMEVIMIMS00</a>	Szakmai gyakorlat	MIT
<a href="#">BMEVISZMS00</a>	Szakmai gyakorlat	SZIT
<a href="#">BMEVITMMS00</a>	Szakmai gyakorlat	TMIT
<a href="#">BMEVIVEMS00</a>	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
<a href="#">BMEVIAUMT10</a>	Diplomatervezés 1	AUT
<a href="#">BMEVIEEMT10</a>	Diplomatervezés 1	EET
<a href="#">BMEVIETMT10</a>	Diplomatervezés 1	ETT
<a href="#">BMEVIHIMT10</a>	Diplomatervezés 1	HIT
<a href="#">BMEVIHVMT10</a>	Diplomatervezés 1	HVT
<a href="#">BMEVIIIIMT10</a>	Diplomatervezés 1	IIT
<a href="#">BMEVIMIMT10</a>	Diplomatervezés 1	MIT
<a href="#">BMEVISZMT10</a>	Diplomatervezés 1	SZIT
<a href="#">BMEVITMMT10</a>	Diplomatervezés 1	TMIT
<a href="#">BMEVIVEMT10</a>	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 konzulenszt 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 konzulensztől 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
<a href="#">BMEVIAUMT11</a>	Diplomatervezés 2	AUT
<a href="#">BMEVIEEMT11</a>	Diplomatervezés 2	EET
<a href="#">BMEVIETMT11</a>	Diplomatervezés 2	ETT
<a href="#">BMEVIHIMT11</a>	Diplomatervezés 2	HIT
<a href="#">BMEVIHVMT11</a>	Diplomatervezés 2	HVT
<a href="#">BMEVIIIIMT11</a>	Diplomatervezés 2	IIT
<a href="#">BMEVIMIMT11</a>	Diplomatervezés 2	MIT
<a href="#">BMEVISZMT11</a>	Diplomatervezés 2	SZIT
<a href="#">BMEVITMMT11</a>	Diplomatervezés 2	TMIT
<a href="#">BMEVIVEMT11</a>	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 konzulenszt 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 konzulensztől 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 diplomatervből 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 diplomatervből 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 érdemjegyet a záróvizsga bizottság állapítja meg.



## VII. 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.