

Számításelmélet MSc mellékspecializáció

Számítástudományi és Információelméleti Tanszék

*Érdeklődő hallgatók keressék Katona Gyula szakirányfelelőst:
katona.gyula@vik.bme.hu*

A holnap informatikájának egyik kulcskérdése az, hogy a számítógépek közelebb kerüljenek a különböző típusú felhasználóikhoz. A BME VIK mérnök-informatikus MSc képzés részét képező számításelméleti mellékspecializáció felsorakoztatja az ehhez szükséges új matematikai módszereket és az ezekre épülő technológiákat. A tematika jól kiegészíti bármely fő specializációt, ajánljuk bárkinek, akit érdekel a matematika, az algoritmuselmélet és szereti a kihívásokat.

Az algoritmustervezés területén új modellek (pl. kvantumszámítógépek) és új megközelítések (pl. paraméteres bonyolultság) születtek, de a hagyományos kérdéskörökben is erősebb algoritmusok készíthetők a gráfelmélet és a kombinatorikus optimalizálás újabb eredményeinek felhasználásával.

A programozás területén megjelennek a logikai, funkcionális, ill. korlát (*constraint*) alapokon nyugvó, deklaratív programozási nyelvek. A hagyományos nyelvekhez képest egy deklaratív program sokkal tömörebb, magasabb szintű. Megfogalmazásában nem szükséges az algoritmus részleteit kidolgozni, sokszor elegendő a megoldandó cél eléréséhez szükséges feltételek (*korlátok*) leírása. Ebből következően a deklaratív programok implicit módon, azaz programozói beavatkozás nélkül párhuzamosíthatók, és így multiprocesszoros rendszereken való hatékony végrehajtásuk is biztosítható.

Az informatika rohamos fejlődésének egyik következménye, hogy hatalmas méretű adathalmazok jöttek létre. Ezek kezeléséhez új módszerekre van szükség. Az sem világos, hogyan lehet az adatokból új információkat kinyerni. Az elmúlt két évtizedben rengeteg új eredmény született ebben a témában, sok esetben komoly matematikai eredmények felhasználásával.

1. Számítástudományi alapok

Gráfok, hipergráfok és alkalmazásaik. A tárgy 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), megismertetni a különböző nézőpontok előnyeit és rutinszerűvé tenni a közöttük való átjárást.

Megszerezhető készségek, képességek: A diszkrét matematikai problémák kezelésében való nagyobb jártasság hasznos fogalmak ismeretével való komolyabb felvérteztség és több tény ismerete által. Ez hozzásegíthet mind az algoritmusok tervezésében, mind az esetlegesen felvetődő strukturális gráfelméleti kérdések kezelésében való nagyobb találékonyság kifejlődéséhez.

Rövid tematika: Tutte tétel és Vizing tétel bizonyítása, stabil párosítások, Gale-Shapley tétel. Dinitz probléma, listaszínezés, listaszínezési sejtés, Galvin tétel, síkgráfok listaszínezése, Thomassen és Voigt tételei. Hipergráfok bevezetése, nézőpontok: gráfok általánosításai, halmazrendszerek, 0-1 sorozatok halmazai. Gráfelméleti eredmények általánosítása: Baranyai tétel, Ryser-sejtés. Nevezetes extrémális halmazelméleti eredmények: Sperner tétel, LYM egyenlőtlenség, Ahlswede-Zhang azonosság, Erdős-Ko-Rado tétel, Kruskal-Katona tétel. Ramsey tétele gráfokra és hipergráfokra, geometriai alkalmazások. Lineáris algebra alkalmazására példák: Páratlanváros tétel, Graham-Pollak tétel. További geometriai alkalmazások: Chvátal „art gallery” tétele, Borsuk sejtés Kahn-Kalai-Nilli féle cáfolata. Kombinatorikus optimalizálási feladatok poliédres leírása, példák, perfekt gráfok politópos jellemzése.

Algoritmusok és bonyolultságuk. A tárgy célja az algoritmikus gondolkodás továbbfejlesztése. E célból a hallgatók betekintést kapnak a modern irányzatok némelyikébe: a több processzort használó alapvető párhuzamos és elosztott algoritmusokba, a problémák paraméteres bonyolultságának vizsgálatába, ill. a kvantumszámítógép matematikai modelljébe és alapvető algoritmikus technikáiba.

Megszerezhető készségek/képességek: Az Algoritmuselmélet tárgy folytatásaként a hallgatók további algoritmikus technikákkal ismerkednek

meg, és újabb eszközöket tanulnak az algoritmikusan nehéz problémák kezelésére.

Rövid tematika: Geometriai algoritmusok (legközelebbi pontpár, konvex burok meghatározása). Alapvető párhuzamos algoritmusok (PRAM-ek, Brent-elv a gyorsításra). Elosztott algoritmusok hibátlan esetben, egyezsége jutás, ill. ennek lehetetlensége különböző típusú hibák esetén (vonalhiba, leállás, Bizánci típusú hiba). Interaktív bizonyítások, $IP=PSPACE$. On-line algoritmusok. Paraméteres bonyolultság (korlátos mélységű keresőfák, a gráfminor tétel következményei, $W[1]$ -teljesség). A kvantumalgoritmusok alapjai.

2. Deklaratív technológiák

Nagyhatékonyságú deklaratív programozás labor. A labor célja a Deklaratív Programozás c. BSc tárgy keretében szerzett tudás elmélyítése, kiterjesztése a korlát-logikai programozás (constraint logic programming, CLP) területére. A CLP elméleti alapjainak, módszereinek és megvalósításainak megismertetése, a korlát-programozás gyakoroltatása.

Megszerezhető készségek, képességek: Haladó logikai programozási gyakorlat, a Prolog nyelv rendszerprogramozási elemeinek, korutinos kiterjesztéseinek megismerése. A korlát-logikai programozás sémájának és legfontosabb eseteinek ismerete. A véges tartományú korlát-programozás (CLPFD) részletes ismerete, korlát-feladatok modellezése, megvalósítása és optimalizálása.

Rövid tematika: A Prolog nyelv fejlettebb elemei, korutinkezelés. A korlát-logikai programozás elméleti alapjai. Valós és racionális tartományú CLP: nyelvi elemek, megvalósítás, példák. Boole-értékű CLP. Véges tartományú CLP: elméleti háttér; aritmetikai korlátok; logikai és tükrözött korlátok, kombinatorikus korlátok. Címkézés, felhasználói korlátok készítése indexikálisok és globális korlátok formájában. CLPFD nyomkövetés. CLPFD esettanulmányok: Modellezés, korlátok megválasztása, hatékony keresés. A CHR (Constraint Handling Rules) generikus korlát-programozási eszköz.

3. Nagyméretű adathalmazok

Nagyméretű adathalmazok kezelése. A tantárgy labor célkitűzése megismertetni a hallgatókat az adatbányászat és a relációs adatbázisok kombinatorikai elméletével, a legfontosabb algoritmusokkal, azok előnyeivel, hátrányaival és korlátaival. A hallgatók a laborgyakorlatok során megismerik az egyik legjelentősebb adatbányászati szoftvercsomagot és gyakorlati ismeretekre is szert tesznek.

Megszerezhető képességek: A hallgató képes lesz összefüggések kinyerésére nagy adathalmazokból. Képes lesz klaszterezni, osztályozni, asszociációs szabályokat és gyakori mintázatokat kinyerni. Alkalmazni tudja a statisztika legfontosabb eszközeit. Megismeri a funkcionális függőségek elméletét és annak általánosításait, továbbá a kapcsolódó kombinatorikai és komplexitási kérdéseket. Áttekintést nyer a magasabb rendű adatmodellekről, az XML elméletéről.

Rövid tematika: Előfeldolgozás, mintavételezés, dimenzió-csökkentés az adatbányászatban. Gyakori minták kinyerése (gyakori elemhalmazok, sorozatok, epizódok, címkézett, gyökeres fák, feszített részgráfok, részgráfok keresése, APRIORI, Eclat, FP-growth algoritmusok különböző típusú mintákra való alkalmazása, kétfázisú algoritmusok, elemhalmazok lezárta, kényszerek kezelése). Asszociációs szabályok, függetlenségvizsgálat. Osztályozás (döntési fák, legközelebbi szomszéd, Bayes hálók, svm, adaboost). Klaszterezés (Kleinberg-féle lehetetlenség-elmélet, klasszikus klaszterezési célfüggvények és azok hibái, klaszterező algoritmusok típusai, partíciós-, hierarchikus-, sűrűségalapú algoritmusok). Webes keresés (Page rank, HITS módszer). Adatbányászat a gyakorlatban, a WEKA szoftver megismerése. Függőségek elmélete: funkcionális, tartalmazási, összekapcsolási függőségek, axiomatizálásuk, az implikációs probléma. Általános függőségek: egyenlőség generáló és sorgeneráló függőségek. Kombinatorikus és komplexitási kérdések. Magasabb rendű adatmodellek, az XML elmélete.