

Tantárgy neve: Analízis IV. (matematikus szakirány)

Tantárgy heti óraszám: 4+2
kreditérték: 4+2

tantárgyfelelős neve: Kristóf János és Petruska György

tanszéke: Alkalmazott Analízis Tanszék és Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium és gyakorlati jegy
előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Absztrakt mérték és integrál, mérhető leképezések. Külső mérték, mértékek kiterjesztése. Lebesgue és Lebesgue-Stieltjes mértéktér és integrál. Előjeles mértékek és variációik. Abszolút folytonos és szinguláris mértékek; mértékek Radon-Nikodym deriváltja és Lebesgue felbontása. Lebesgue féle sűrűségi tétel. Abszolút folytonos és szinguláris valós függvények. Mértékterek szorzata; Fubini tétel. L_p függvényosztályok. Konvolúció.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

Petruska György: Analízis II. kötet (egyetemi jegyzet), ELTE Eötvös Kiadó, 1998.

Császár Ákos: Valós analízis II. kötet, Tankönyvkiadó, 1988.

Komornik Vilmos: Valós analízis előadások II. kötet, Typotex Kiadó, 2003.

Járai Antal: Mérték és integrál, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2002.

Tantárgy neve: Analízis olvasókurzus matematikusoknak

Tantárgy heti óraszám: 0 + 2
kreditértéke: 5

tantárgyfelelős neve: Tóth Árpád
tanszéke: Analízis Tanszék
számonkérés rendje: kollokvium
előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Valós függvények. Korlátos változású függvények. Riemann-Stieltjes-integrál, vonalintegrál. Inverz- és implicit-függvény tétel. Feltételes szélsőérték. Mértékelmélet. Lebesgue-integrál. Függvényterek. Komplex függvénytan. Cauchy-tétel és integrálformula. Analitikus függvények hatványsora. Izolált szinguláris helyek, reziduum-tétel. Közönséges differenciálegyenletek. Egzisztencia és unicitási tételek. Elemi úton megoldható egyenletek. Lineáris egyenletek és rendszerek. Hilbert-terek, ortonormált rendszerek. Metrikus terek: topológiai alapfogalmak, sorozatok, függvények határértéke és folytonossága. A numerikus analízis alapjai.

Kötelező irodalom:

Komornik Vilmos: Valós analízis előadások I-II., Typotex, 2004

Ajánlott irodalom:

Petruska György: Analízis I-II. (egyetemi jegyzet), ELTE Eötvös Kiadó, 1998.
Laczkovich Miklós és T. Sós Vera: Analízis, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2006. Császár Ákos: Valós analízis I-II, Tankönyvkiadó, 1998. W. Rudin: A matematikai analízis alapjai, Műszaki Könyvkiadó, 1978. Járai Antal: Mérték és integrál, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2002. Simon Péter, Tóth János: Közönséges differenciálegyenletek, Typotex, 2005. Szőkefalvi-Nagy Béla: Valós függvények és függvény sorok, Tankönyvkiadó, 1987. Riesz Frigyes és Szőkefalvi-Nagy Béla: Funkcionálanalízis, Tankönyvkiadó, 1983.

Tantárgy neve: Az algebra alapjai (olvasókurzus, matematikus MSc, elméleti alapozás)

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditértéke: 5

tantárgyfelelős neve: Ágoston István

tanszéke: Algebra és Számelmélet Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A csoportelmélet alapjai. Permutációcsoportok. Lagrange-tétel. Homomorfizmusok és normálosztók. Direkt szorzat, a véges Abel-csoportok alaptétele. Szabad csoportok és definiáló relációk.

A gyűrűelmélet alapjai. Ideálok. Láncföltételek. Integritástománnyok, főideálgyűrűk, euklideszi gyűrűk.

Testek, testbővítések. Algebrai és transzcendens elemek. Véges testek.

Lineáris algebra. Lineáris transzformációk sajátértékei, karakterisztikus polinomja, minimálpolinomja. Jordan-féle normálalak. Euklideszi terek lineáris transzformációi. Normális és unitér transzformációk. Kvadrátikus alakok, tehetetlenségi tétel.

Kötelező irodalom:

Kiss Emil: Bevezetés az algebrába. Typotex, 2007.

Ajánlott irodalom:

Freud Róbert: Lineáris algebra. ELTE Eötvös Kiadó, 2006.

B. Szendrei Mária, Czédli Gábor, Szendrei Ágnes: Absztrakt algebrai feladatok. Polygon Kiadó, 2005.

Fried Ervin: Algebra I-II. Nemzeti Tankönyvkiadó, 2000, 2002.

Fuchs László: Algebra. ELTE egyetemi jegyzet.

V. V. Praszolov: Lineáris algebra, Typotex, 2005.

Tantárgy neve: Bevezetés a topológiába

Tantárgy heti óraszám: 2 + 0

kreditérték: 2

tantárgyfelelős neve: Szűcs András

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Topologikus terek és folytonos leképezések. Térkonstrukciók: alterek, faktorterek, szorzatterek, függvényterek. Szétválasztási axiómák. Uriszon-lemma. Tietze-tétel. Megszámíthatósági axiómák. Uriszon első metrizációs tétele. Kompaktság, kompaktifikációk, kompakt metrikus terek. Összefüggőség, útösszefüggőség. Fundamentális csoport. Fedő leképezések.

Algebra alaptétele. Sündisznó tétel. Brouwer fixponttétel. Borsuk – Ulam tétel.

Kötelező irodalom: www.cs.elte.hu/analysis/szucs/jegyzet, 1-39.old.

Ajánlott irodalom J. L. Kelley: General Topology, 1957, Princeton.

Tantárgy neve: Differenciálgeometria I (alapozó tárgy) (matematika BSc, matematikus szakirány anyaga)

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditértéke: 2+3

tantárgyfelelős neve: Verhóczy László (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: ---

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Sima görbék az n -dimenziós euklideszi térben. Természetes paraméterezés. Kísérő Frenet-bázis. Görbületi függvények, Frenet-formulák. A görbeelmélet alaptétele. Síkgörbe előjeles görbülete. Zárt görbék teljes görbületével kapcsolatos tételek. Sima elemi hiperfelület paraméterezése. Érintőtér. Első főmennyiségek. Normálgörbület, Meusnier tétele. Weingarten-leképezés, főgörbületek és főirányok. Christoffel-szimbólumok. Derivációs formulák. Theorema Egregium. Bonnet tétele. Geodetikus görbék.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) Szőkefalvi-Nagy Gyula, Gehér László, Nagy Péter: Differenciálgeometria. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

Tantárgy neve: Fourier integrál

Tantárgy heti óraszám: 2+1
kreditértéke: 2+1

tantárgyfelelős neve: Halász Gábor

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: Kollokvium

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

L_1 -beli függvények Fourier-transzformáltja. Riemann lemma. Konvolúció L_1 -ben. Inverziós képlet. Wiener tétele L_1 -beli függvények eltoltjainak lezárásáról. Alkalmazás Wiener általános Tauber-tételére és speciális Tauber-tételekre.

Komplex mérték Fourier-transzformáltja. Mérték folytonosságának karakterizálása a Fourier-transzformálttal. Szinguláris mértékek konstruálása.

L_2 -beli függvények Fourier-transzformáltja. Parseval formula. Konvolúció L_2 -ben. Inverziós képlet. Alkalmazás nem-paraméteres sűrűségfüggvény-bebecslésre a statisztikában.

Young–Hausdorff-egyenlőtlenség. Kiterjesztés L_p -re. Riesz–Thorin tétel. Marcinkiewicz interpolációs tétele. Alkalmazás az egyenletes eloszlásra. Weyl kritérium, Erdős–Turán-féle effektívizálása. A diszkrepancia alsó bebecslése körökre.

Korlátos tartójú függvények Fourier-transzformáltjának karakterizálása. Paley–Wiener tétel. Phragmén–Lindelöf típusú tételek.

Kötelező irodalom:

Halász Gábor: Fourier Integál, Komplex függvénytan füzetek I., 2., javított kiadás, 2001.

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Geometria III (alapozó tárgy) (matematika BSc, matematikus szakirány)

Tantárgy heti óraszám: 3+2
kreditérték: 3+2

tantárgyfelelős neve: Csikós Balázs (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: ---

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Projektív geometria: test feletti projektív tér, alterek, duális tér, kollineációk, a projektív geometria alaptétele. Kettősviszony, Papposz és Desargues tételei, szerepük az axiomatikus felépítésben. Másodrendű alakzatok: polaritás, projektív osztályozás, kúpszeletek.

A hiperbolikus tér: Minkowski-téridő, hiperboloid modell, Cayley-Klein-modell, Poincaré-féle konform modellek. Abszolút párhuzamosság, ciklusok, trigonometria.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) Marcel Berger: Geometry I–II (Translated from the French by M. Cole and S. Levy). Universitext, Springer–Verlag, Berlin, 1987.

Tantárgy neve: Geometriai alapozás (olvasó kurzus, elméleti alapozás)

Tantárgy heti óraszám: 0+2

kreditértéke: 5

tantárgyfelelős neve: Böröczky Károly (egyetemi tanár)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Nemeuklideszi geometriák: Klasszikus nemeuklideszi geometriák és modelljeik. Projektív terek. Csoportelméleti vonatkozásaik, transzformációcsoportok geometriája.

Vektoranalízis: Differenciálszámítás, vektorkalkulus 3-dimenzióban. Klasszikus integráltételek. Térgörbék, torzió és görbület.

Fejezetek a topológiából: Topologikus és metrikus tér fogalma. Sorozatok és konvergencia. Kompaktság és összefüggőség. Fundamentális csoport.

Kötelező irodalom:

- 1) Hajós György: *Bevezetés a geometriába*, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1999.
- 2) Strohmajer János: *A geometria alapjai*, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1996.
- 3) Szőkefalvi Nagy Gula, Gehér László, Nagy Péter: *Differenciálgeometria*, Műszaki Könyvkiadó, 1979.
- 4) Bognár Mátyás: *Topológia*, ELTE jegyzet.

Ajánlott irodalom:

- 5) M. Berger: *Geometry I-II*, Translated from the French by M. Cole and S. Levy, Universitext, Springer-Verlag, Berlin, 1987.

Tantárgy neve: Halmazelmélet (alapozó tárgy)

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 2

tantárgyfelelős neve: Komjáth Péter

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Naiv és axiomatikus halmazelmélet. Részhalmaz, unió, metszet, hatványhalmaz. Pár, rendezett pár, Descartes-szorzat, függvény. Számosságok, összehasonlításuk. Ekvivalencia-tétel. Műveletek halmazokkal, számosságokkal. Azonosságok, monotonitás. Cantor tétele, Russell-paradoxon. Kiválasztási axióma, használata. Példák számosságokra. Rendezett halmazok, rendtípus. Jólrendezett halmazok, rendszámok. Példák. Szeletek. Rendszámok összehasonlítása. Pótlás axiómája. Rákövetkező, limesz rendszám. Transzfinit indukció, rekurzió tétele. Jólrendezési tétel. A számosság-összehasonlítás trichotómiája. Hamel-bázis, alkalmazásai. Zorn-lemma, Kuratowski-lemma, Teichmüller-Tukey-lemma. Alefek, a számosságáritmetika összeomlása. Kofinalitás. Hausdorff-tétel. König-egyenlőtlenség. A hatványfüggvény tulajdonságai. Regularitási axióma, kumulatív hierarchia. Stacionárius halmazok, Neumer és Fodor tétele. Ramsey tétele, általánosítások. De Bruijn és Erdős tétele. Deltarendszerek.

Kötelező irodalom: <http://www.cs.elte.hu/~kope/oktatas/ma1.pdf>

Ajánlott irodalom: Hajnal-Hamburger, Halmazelmélet

Tantárgy neve: Komplex függvénytan (matematikus szakirány)

Tantárgy heti óraszám: 3+2
kreditérték: 3+3

tantárgyfelelős neve: Halász Gábor

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: Kollokvium + gyakorlati jegy
előtanulmányi feltétel: Analízis 3 (BSc) anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Komplex differenciálhatóság. Hatványsorok. Elemi függvények. Cauchy integráltétele és integrálformulája. Reguláris függvény hatványsorba fejtése. Laurent-sorfejtés. Izolált szingularitások. Maximum-elv. Schwarz-lemma és alkalmazásai. Rezduum-tétel. Argumentum-elv és alkalmazásai. Reguláris függvények sorozatai. Lineáris törtfüggvények. Konform leképezések Riemann-féle alaptétele. Kiterjesztés a határra. Tükrözési elv. Picard tétele. Sokszögek leképezése. Függvények előírt szingularitásokkal. Egészfüggvények előírt gyökökkel. Végesrendű egészfüggvények. Borel-féle kivételes értékek. Harmonikus függvények. Dirichlet feladat a körre.

Kötelező irodalom: Halász Gábor: Bevezető komplex függvénytan, ELTE, 2. jav. kiadás, 2002

Ajánlott irodalom: V. Ahlfors: Complex Analysis, McGraw-Hill Book Company, 1979.

Tantárgy neve: Valószínűségszámítás és statisztika

Tantárgy heti óraszám: 3 + 2
kreditértéke: 3+3

tantárgyfelelős neve: Móri Tamás

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

számonkérés rendje: Kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: -

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Valószínűségi mező, valószínűségi változó, eloszlásfüggvény, sűrűségfüggvény, várható érték, szórás, kovariancia, függetlenség.

Konvergenciafajták és kapcsolatuk: 1 valószínűségű, sztochasztikus, L_p -beli, gyenge. Egyenletes integrálhatóság.

Karakterisztikus függvény, centrális határeloszlás-tétel

Feltételes várható érték, feltételes valószínűség, reguláris feltételes eloszlás, feltételes sűrűségfüggvény.

Martingál, szubmartingál, konvergenciatétel, reguláris martingálok.

A nagy számok erős törvénye, független tagú sorok, 3-sor-tétel.

Statisztikai mező, elégségesség, teljesség.

Fisher-információ.

Cramér-Rao egyenlőtlenség, Blackwell-Rao tétel, becslési módszerek: tapasztalati becslések, momentum-módszer, maximum-likelihood becslés, Bayes-becslés.

Hipotézisvizsgálat, likelihood-hányados próba, aszimptotikus tulajdonságok.

Többdimenziós normális eloszlás, a paraméterek becslése

Lineáris modell, legkisebb négyzetes becslés. Lineáris hipotézis normális lineáris modellben.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Rényi A.: Valószínűségszámítás. Tankönyvkiadó, 1968.

J. Galambos: Advanced probability theory. Marcel Dekker, New York, 1995.

A. A. Borovkov: Matematikai statisztika. Typotex kiadó, Budapest, 1999.

Mogyoródi J. – Michaletzky Gy. (Szerk.): Matematikai statisztika. Egyetemi jegyzet. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1995.

Bolla M.–Krámlai A.: Statisztikai következtetések elmélete. Typotex Kiadó, Budapest, 2005.

Tantárgy neve: Algebrai topológia (szakmai törzsanyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditértéke: 2

tantárgyfelelős neve: Szűcs András (egyetemi tanár)

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: BSc Algebrai Topológia anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Homológiacsoportok, kohomológiagyűrű, homotopikus csoportok, fibrálások, egzakt sorozatok, Lefschetz-féle fixponttétel.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

1) R. M. Switzer: *Algebraic Topology, Homotopy and Homology*, Springer-Verlag, 1975.

Tantárgy neve: Algoritmuselmélet I

Tantárgy heti óraszám: 2+2 óra
kreditérték: 2+3

tantárgyfelelős neve: Király Zoltán

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga és zárthelyi

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Rendezés és kiválasztás.

Dinamikus programozás alkalmazásai (maximális intervallum-összeg, hátizsák feladat, mátrix-szorzás zárójelzése, optimális bináris keresőfa, optimalizálási feladatok fákön).

Gráfalgoritmusok: a szélességi és mélységi keresés megvalósítása, alkalmazásai (legrövidebb utak, kétszínizhetőség, erősen összefüggővé irányítás, kettő-összefüggő blokkokra bontás, erősen összefüggő komponensek megtalálása). Dijkstra algoritmus alkalmazásai (legszelebbebb út, legbiztonságosabb út, PERT módszer, Jhonson algoritmus). Folyamok alkalmazásai.

Stabil házítás. Hopcroft-Karp algoritmus.

Közelítő algoritmus fogalma, példák (Ibarra-Kim, metrikus TSP, Steiner fa, ládapakolás).

Keresőfák. Amortizációs idő. Fibonacci kupac és alkalmazásai.

Adattömörítés.

Számolás nagy számokkal, Euklideszi algoritmus, RSA. Gyors Fourier-transzformáció és alkalmazásai. Strassen mátrix-szorzási algoritmus.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein: Új algoritmusok. Sclolar, 2003.

Rónyai-Iványos-Szabó: Algoritmusok, TypoTeX, 1998.

Tantárgy neve: Csoportok és reprezentációik (matematikus MSc, szakmai törzsanyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditérték: 2+3

tantárgyfelelős neve: *Pálfy Péter Pál*

tanszéke: *Algebra és Számelmélet*

számonkérés rendje: kolokvium és gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Csoportthatás, permutációcsoport, automorfizmuscsoport. Szemidirekt szorzat. Sylow-tételek.
Véges p -csoportok. Nilpotens csoportok. Feloldható csoportok, Hall-tételek.
Szabad csoportok, prezentációk, varietások. Nielsen-Schreier-tétel.
Abel-csoportok. A végesen generált Abel-csoportok alaptétele. Torziómentes csoportok.
Lineáris csoportok és lineáris reprezentációk. Féligegyszerű modulusok és algebrák.
Irreducibilis reprezentációk. Karakterek, ortogonalitási relációk. Indukált reprezentációk,
Frobenius-reciprocitás, Clifford-tételek.

Kötelező irodalom: --

Ajánlott irodalom:

Fried Ervin: Algebra II. Nemzeti Tankönyvkiadó, 2002

D. J. S. Robinson: A course in the theory of groups, Springer, 1993

I. M. Isaacs: Character theory of finite groups, Academic Press, 1976

Tantárgy neve: Differenciálgeometria II (szakmai törzsanyag)
(matematika BSC, matematikus szakirány)

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditértéke: 2

tantárgyfelelős neve: Verhóczy László (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Differenciálható sokaság, sima leképezés. Érintőtér, érintőnyaláb. Sima vektormezők Lie-zárójele. Részsokaságok. Kovariáns deriválás. Párhuzamos eltolás. Riemann-sokaság, Levi-Civita-féle konnexió. Geodetikus görbék. Görbületi tenzor. Állandó görbületű terek. Differenciálformák, külső szorzat. Külső differenciál. Differenciálformák integrálása, térfogat. Stokes tétele.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) Szenthe János: Bevezetés a sima sokaságok elméletébe. *Egyetemi tankönyv*. Eötvös Kiadó, Budapest, 2002.

Tantárgy neve: Differenciáltopológia (szakmai törzsanyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditértéke: 2

tantárgyfelelős neve: Szűcs András (egyetemi tanár)

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: BSc Algebrai Topológia anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Morse-elmélet, Pontrjagin-konstrukció, gömbök első három stabil homotópiacsoportja, a Poincaré-dualitás Morse-elméleti bizonyítása, immerzióelmélet.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

1) M. W. Hirsch: *Differential Topology*, Springer-Verlag, 1976.

Tantárgy neve: Diszkrét és folytonos paraméterű Markov-láncok

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 2

tantárgyfelelős neve: Prokaj Vilmos

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Valószínűségszámítás és statisztika (gyenge előfeltétel)

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Sztochasztikus folyamatok: Markov-tulajdonság, erős Markov-tulajdonság, homogenitás. Diszkrét paraméterű Markov-láncok: definíció, átmenetmátrix, az állapotok osztályozása. Periódus, visszatérőség. Az átmenetvalószínűségek konvergenciája. Stacionárius eloszlás. Nagy számok törvénye és centrális határeloszlás-tétel irreducibilis, pozitív rekurrens Markov-lánc funkcionáljára. Átmenetvalószínűségek tabu állapotokkal. Reguláris mérték, Doeblin hányados tétele. Megfordított Markov-lánc. Elnyelődési valószínűségek. Perron-Frobenius tételek. Folytonos paraméterű Markov-láncok: definíció, átmenetmátrix, derivált a nullában, infinitezimális generátor. Példák: Poisson folyamat, születési és halálozási folyamatok.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Karlin – Taylor: Sztochasztikus folyamatok. Gondolat Kiadó, 1985.

Chung: Markov Chains With Stationary Transition Probabilities. Springer, 1967.

Isaacson – Madsen: Markov Chains: Theory and Applications. Wiley, 1976.

Tantárgy neve: Diszkrét matematika

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditérték: 2+3

tantárgyfelelős neve: Lovász László

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga és gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Gráfelmélet: gráfok és hipergráfok színezései, perfekt gráfok. Párosításelmélet. Többszörös összefüggőség.

Erősen reguláris gráfok, az egészségi feltétel és alkalmazásai. Extremális gráfok.

Regularitási lemma. Síkbarajzolhatóság, Kuratowski tétel, gráfok lerajzolása felületeken, minorok, Robertson-Seymour elmélet.

Leszámláló kombinatorika alapvető kérdései.: generátorfüggvények, inverziós formulák részben rendezett halmazokon, rekurziók. Mechanikus összegzés. Klasszikus gráfelméleti leszámolások, fák, feszítő fák, 1-faktorok száma.

Véletlen módszerek: várható érték és második momentum módszer. Véletlen gráfok, küszöbfüggvény.

Testek alkalmazásai: a lineáris algebrai módszer, extremális halmazrendszerek. Véges testek, hibajavító kódok, perfekt kódok.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

J. H. van Lint, R.J. Wilson, A course in combinatorics, Cambridge Univ. Press, 1992; 2001.

Lovász L.: Kombinatorikai problémák és feladatok, Typotex.

Hajnal P.: Gráfelmélet, Polygon, Szeged.

R. L. Graham, D. E. Knuth, O. Patashnik, Konkrét matematika, Műszaki Kiadó 1998.

Tantárgy neve: Diszkrét optimalizálás

Tantárgy heti óraszám: 3+2
kreditérték: 3+3

tantárgyfelelős neve: Frank András

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Alapvető gráfelméleti és matroidelméleti fogalmak, tulajdonságok és módszerek (párosítások, folyamok és áramok, mohó algoritmus). A poliéderek kombinatorika elemei (teljesen unimoduláris mátrixok és alkalmazásai). Főbb kombinatorikus algoritmusok (dinamikus programozás, javító utak, Magyar módszer). Az egészértékű programozás elemei (Lagrange relaxáció, korlátozás és szétválasztás).

Kötelező irodalom:

Frank András, Bevezetés a diszkrét optimalizálásba (elektronikus jegyzet)

Ajánlott irodalom:

W.J. Cook, W.H. Cunningham, W.R. Pulleybank, and A. Schrijver, Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, 1998.

B. Korte and J. Vygen, Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms, Springer, 2000.

E. Lawler, Kombinatorikus Optimalizálás: hálózatok és matroidok, Műszaki Kiadó, 1982. (Combinatorial Optimization: Networks and Matroids).

A. Schrijver, Combinatorial Optimization: Polyhedra and efficiency, Springer, 2003. Vol. 24 of the series Algorithms and Combinatorics.

Tantárgy neve: Diszkrét paraméterű martingálok

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditértéke: 2

tantárgyfelelős neve: Móri Tamás

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Valószínűségszámítás és statisztika

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Martingálok 1 valószínűségű és L_p -beli konvergenciája, reguláris martingálok.

Reguláris megállási idők, Wald-azonosság.

Négyzetesen integrálható martingálok konvergenciahalmaza.

Hilbert-tér értékű martingálok.

Centrális határeloszlás-tétel martingálokra.

Fordított martingál, U -statisztikák, felcserélhetőség.

Alkalmazások: Martingálok a pénzügyi matematikában, a Conway-algoritmus, optimális stratégiák nyereséges játékokban, elágazó folyamat kétféle típusú egyedekkel.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Móri T.: Diszkrét paraméterű martingálok és alkalmazásaik (elektronikus jegyzet). Elérhető online <http://www.math.elte.hu/~mori/erdekes.html>

Y. S. Chow – H. Teicher: Probability Theory – Independence, Interchangeability, Martingales. Springer, New York, 1978.

J. Neveu: Discrete-Parameter Martingales. North-Holland, Amsterdam, 1975.

Tantárgy neve: Fejezetek a differenciálgeometriából (szakmai törzsanyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditérték: 2

tantárgyfelelős neve: Csikós Balázs (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Konvex felületek differenciálgeometriai jellemzése. Steiner-Minkowski-formula, Herglotz integrálformulája, konvex felületekre vonatkozó merevségi tételek.

Vonalfelületek és vonalkongruenciák.

Állandó görbületű felületek. Csebisev-hálók, sine-Gordon-egyenlőség, Bäcklund-transzformáció, Hilbert tétele. Összehasonlítási tételek.

Variációs számítási feladatok a differenciálgeometriában. Euler-Lagrange egyenlet, brachisztokron probléma, geodetikusak, Jacobi-mezők, Lagrange-féle mechanika, szimmetriák

és invariánsok, minimálfelületek, konform paraméterezés, harmonikus leképezések.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) W. Blaschke: *Einführung in die Differentialgeometrie*, Springer-Verlag 1950.
- 2) J.A. Thorpe: *Elementary Topics in Differential Geometry*, Springer-Verlag 1979.
- 3) J.J. Stoker: *Differential Geometry*, John Wiley & Sons Canada, Ltd.; 1989.
- 4) F.W. Warner: *Foundations of Differential Manifolds and Lie Groups*, Springer-Verlag, 1980.

Tantárgy neve: Fejezetek az analízisből (matematikus MSc, szakmai törzsanyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+1
kreditértéke: 2+2

tantárgyfelelős neve: Keleti Tamás

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium és gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: BSc Analízis 4 anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Hausdorff mérték és Hausdorff dimenzió. \mathbb{R}^n és fraktálok Hausdorff dimenziója, ívhossz és 1-dimenziós mérték.

Haar mérték. Létezése és egyértelműsége.

Approximációelmélet. Approximáció Fejér közepekkel, de la Vallée Poussin operátor, Fejér-Hermite interpoláció, Bernstein polinom.

Approximáció rendje. Approximáció analitikus függvényekkel.

Approximáció polinomokkal. Csebisev polinomok.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

Laczkovich Miklós: Valós függvénytan (egyetemi jegyzet), ELTE Budapest, 1995

P. R. Halmos: Mértékelmélet, Gondolat, 1984.

D. Jackson: The theory of approximation, AMS, 1994.

Tantárgy neve: Folytonos optimalizálás

Tantárgy heti óraszám: 3+2
kreditértéke: 3+3

tantárgyfelelős neve: Illés Tibor

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium + ZH a gyakorlati jegyért

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Lineáris egyenlőtlenségek: Farkas-lemma és egyéb alternatíva tételek. A lineáris programozás dualitás elmélete, pivot algoritmusok (criss-cross és szimplex), belsőpontos módszer. Mátrix játékok: Nash-egyensúly, Neumann-tétel. Konvex optimalizálás: dualitás, szeparálás és algoritmusok. Konvex Farkas-tétel, Kuhn-Tucker-Karush tétel, regularitási feltételek. Nemlineáris programozási modellek. Sztochasztikus programozás: alapmodellek, gyakorlati problémák.

Kötelező irodalom: -

Ajánlott irodalom:

1. Katta G. Murty: *Linear Programming*. John Wiley & Sons, New York, 1983.
2. Vašek Chvátal: *Linear Programming*. W. H. Freeman and Company, New York, 1983.
3. C. Roos, T. Terlaky and J.-Ph. Vial: *Theory and Algorithms for Linear Optimization: An Interior Point Approach*. John Wiley & Sons, New York, 1997.
4. Kovács Margit: *A nemlineáris programozás elmélete*. TYPOTEX Kft., Budapest, 1997.
5. Béla Martos: *Nonlinear Programming: Theory and Methods*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1975.
6. M. S. Bazaraa, H. D. Sherali and C. M. Shetty: *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms*. John Wiley & Sons, New York, 1993.
7. Illés T. és Mészáros K.: A Farkas-lemma egy új és elemi bizonyítása, *Új utak a magyar operációkutatásban*, szerk.: Komlósi S. és Szántai T., Dialógus Campus Kiadó, Budapest, 1999, 73-88 oldalak.
8. Szidarovszky Ferenc: Játékelmélet, *Informatikai Algoritmusok I.*, szerk.: Iványi Antal, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2004, 314-360.
9. Illés T., Nagy M. és Terlaky T.: Belsőpontos algoritmusok, *Informatikai Algoritmusok II.*, szerk.: Iványi Antal, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2005, 1230-1297.
10. J.-B. Hiriart-Urruty and C. Lemaréchal: *Convex Analysis and Minimization Algorithms I-II*. Springer-Verlag, Berlin, 1993.
11. E. de Klerk, C. Roos, Terlaky T.: *Nemlineáris Optimalizálás*. Budapest, 2004.

Tantárgy neve: Fourier Integrál

Tantárgy heti óraszám: 2+1
kreditérték: 2+1

tantárgyfelelős neve: Halász Gábor

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: Kollokvium

előtanulmányi feltétel: Komplex függvénytan (BSc) anyaga, Analízis IV. (BSc) anyaga, Valószínűségszámítás 2. (BSc) anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

L_1 -beli függvények Fourier transzformáltja. Riemann lemma. Konvolúció L_1 -ben. Inverziós képlet. Wiener tétele L_1 -beli függvények eltoltjainak lezárásáról. Alkalmazás Wiener általános Tauber-tételére és speciális Tauber-tételekre.

Komplex mérték Fourier-transzformáltja. Mérték folytonosságának karakterizálása a Fourier-transzformálttal. Szinguláris mértékek konstruálása.

L_2 -beli függvények Fourier-transzformáltja. Parseval formula. Konvolúció L_2 -ben. Inverziós képlet. Alkalmazás nem-paraméteres sűrűségfüggvény-bebecslésre a statisztikában.

Young–Hausdorff-egyenlőtlenség. Kiterjesztés L_p -re. Riesz–Thorin tétel. Marcinkiewicz interpolációs tétele. Alkalmazás az egyenletes eloszlásra. Weyl kritérium, Erdős–Turán-féle effektívizálása. A diszkrepancia alsó bebecslése körökre.

Korlátos tartójú függvények Fourier-transzformáltjának karakterizálása. Paley–Wiener tétel. Phragmén–Lindelöf típusú tételek.

Kötelező irodalom:

Halász Gábor: Fourier Integrál, Komplex függvénytan füzetek I., 2., javított kiadás, 2001.

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Függvénysorok

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 2

tantárgyfelelős neve: Dr. Kristóf János

tanszéke: ELTE Alkalmazott Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Ortogonalis sorok L_2 -normában való és pontonkénti konvergenciája, ezek kapcsolata. A Rademacher-Menysov tétel. Weyl-sorozat. Trigonometrikus rendszer szerinti Fourier-sorok pontonkénti konvergencia elmélete. A Dirichlet-integrál. Riemann-Lebesgue lemma. Riemann lokalizációs tétele. Lokális konvergencia tételek. Kolmogorov ellenpéldája. A Fejér-integrál. Fejér-tétele. Carleson tétele.
Stone-tétel és Stone-Weierstrass tétel, Weierstrass-tétel periodikus függvényekre, absztrakt Fourier-sorok, klasszikus Fourier-sorok konvergenciája.

Kötelező irodalom:

Szőkefalvi-Nagy: Valós függvények és függvénysorok

Natanson: Konstruktív függvénytan

Ajánlott irodalom: -

Tantárgy neve: Funkcionálanalízis II

Tantárgy heti óraszám: 1+2
kreditértéke: 2+2

tantárgyfelelős neve: Dr. Sebestyén Zoltán

tanszéke: ELTE Alkalmazott Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Banach-Alaoglu tétel. Daniel-Stone tétel. Stone-Weierstrass-tétel. Gelfand elmélete, a Banach algebrák reprezentációelmélete.

Kötelező irodalom: Riesz-Sz-Nagy: Funkcionálanalízis (egyetemi tankönyv)
Losonczi László: Funkcionálanalízis I. (egyetemi jegyzet)

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Gyűrűk és algebrák (matematikus MSc, szakmai törzsanyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditértéke: 2+3

tantárgyfelelős neve: Ágoston István

tanszéke: Algebra és Számelmélet

számonkérés rendje: kollokvium és gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Asszociatív gyűrűk és algebrák. Konstrukciók: polinomok, formális hatványsorok, lineáris operátorok, csoportalgebrák, gráfalgebrák, szabad algebrák, tenzoralgebrák, külső algebrák. Struktúraelmélet: radikál, direkt és szemidirekt fölbontások. Láncföltételek. Hilbert bázistétele, Hopkins tétele.

Kategóriák, funktorok. Példák az algebrából és a topológiából. Természetes homomorfizmusok. Kategorikus ekvivalencia fogalma. Kovariáns és kontravariáns funktorok. A Hom és a tenzor funktorok alaptulajdonságai (nem kommutatív gyűrűkre is). Adjungált funktorok. Additív kategóriák, egzakt funktorok. Funktorok egzaktsága, projektív, injektív és lapos modulusok.

Homologikus algebra. Lánckomplexusok, homológiacsoporthok, lánchomotópia. Topologikus és algebrai példák. Homológiacsoporthok hosszú egzakt sorozata.

Kommutatív gyűrűk. Ideálok fölbontásai. Prím és primér ideálok. Prímspektrum. Hilbert-féle nullhelytétel.

Lie-algebrák. Alapfogalmak, példák, lineáris Lie-algebrák. Földoldható és nilpotens Lie-algebrák. Engel tétele. Killing-forma. Cartan-részalgebra. Gyökrendszerek, kvadratikus alakok. Dynkin-diagramok, a féligegyszerű komplex Lie-algebrák osztályozása. Univerzális burkolóalgebra, PBW-tétel.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom: *Fried Ervin: Algebra II. Nemzeti Tankönyvkiadó, 2002.*
Cohn, P.M.: Algebra I-III. Hermann, 1970, Wiley 1989, 1990.
Jacobson, N.: Basic Algebra I-II. Freeman, 1985, 1989.
Humphreys, J.E.: Introduction to Lie algebras and representation theory.
Springer, 1980.

Tantárgy neve: Kombinatorikus geometria (szakmai törzsanyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+1
kreditérték: 2+2

tantárgyfelelős neve: Kiss György (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Véges testekre épített projektív és affin terek kombinatorikus tulajdonságai. Kollineációk és polaritások. Másodrendű felületek, Hermite-varietások, nullpolaritások és ezekhez kapcsolódó kombinatorikus struktúrák (körgeometriák, általánosított négyszögek).

Az euklideszi geometria véges halmazaiból kiválasztható speciális alakzatok (kollineáris pontok, konvex sokszögek), illetve ezek száma. Helly-típusú tételek, tranzverzálisok. Rácsok, rácsszerű elrendezések.

Az euklideszi, hiperbolikus és szférikus geometriák poliéderei és mozaikjai. Pontrendszerekhez kapcsolható cellarendszerek. Elhelyezések és fedések. Sűrűség. Kör-, illetve gömbelrendezések.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) Kiss György, Szőnyi Tamás: *Véges geometriák*, Polygon Kiadó, Szeged, 2001.
- 2) Coxeter, H.S.M.: *A geometriák alapjai*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.
- 3) Boltyanski, V., Martini, H. és Soltan, P.S.: *Excursions into Combinatorial Geometry*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1997.
- 4) Fejes Tóth L.: *Regular Figures*, Pergamon Press, Oxford-London-New York-Paris, 1964.
- 5) Fejes Tóth L.: *Lagerungen in der Ebene auf der Kugel und im Raum*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1972.

Tantárgy neve: Matematikai logika

Tantárgy heti óraszám: 2+0 (fakultatív gyakorlat)
kreditérték: 2

tantárgyfelelős neve: Komjáth Péter

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Predikátum kalkulus és elsőrendű nyelvek. Az igazság és kielégíthetőség. Teljességi tételek, Hilbert-féle bizonyítási módszerek, rezolúció. Formulák normál alakja, prenex alak. Modális logikák, Kripke típusú modellek. A modellelmélet alapjai: elemi ekvivalencia, elemi rész fogalma. Tarski-Vaught kritérium, Löwenheim-Skolem tételek, a Skolemparadoxon. Ultraszorzat tételek, Gödel kompaktsági tétele. Megőrzési tételek, Beth interpolációs tétele, Típuselkerülési tétel. Kiszámíthatóság: rekurzív és parciálisan rekurzív függvények, Gödelféle Kódoló függvény. Church-tézis, Church és Gödel tételei. Formulahalmaz konzisztenciáját kifejező formula, Gödel második nemteljességi tétele. Axiómarendszerek: teljesség, kategoricitás, a halmazelmélet axiómái. Axiómarendszerek vizsgálata: teljesség, kategoricitás, eldönthetőség. Alapvetően eldönthetetlen elméletek; a gráfelmélet és a csoportelmélet eldönthetlensége.

Kötelező irodalom:

Csirmaz László: Matematikai Logika, egyetemi jegyzet (Hajnal András előadásai alapján), Tankönyvkiadó, 1994.

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Statisztikai programcsomagok 1.

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Zempléni András

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

számonkérés rendje: gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: Valószínűségszámítás és statisztika

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Az elemi, egydimenziós paraméterbecslés és hipotézisvizsgálat gyakorlati, számítógépes eszközeinek áttekintése. A leíró statisztikai módszerek. A várható érték és a szórás becslése. Hipotézisvizsgálat. Eloszlások. Eloszlásfüggvények előállítás, véletlen számok generálása, sűrűségfüggvények illesztése, becslése. Függés vizsgálata. Szórásanalízis. Regresszió. A statisztika különböző kategóriájú számítógépes eszközeinek megismerése: irodai programok, oktatási eszközök, zárt célprogramok, rugalmasan programozható szakértői környezetek. Az óra számítógépes gyakorlat (EXCEL, Statistica, SPSS, SAS, R-project).

Kötelező irodalom:

<http://www.cs.elte.hu/u/prohlet/jegyzetek/StPrsom1>

Ajánlott irodalom:

Mogyoródi J. - Michaletzky Gy. (szerk.): Matematikai statisztika. Egyetemi jegyzet. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1995.

Móri T.F., Szeidl L., Zempléni A.: Matematikai statisztika példatár, ELTE Eötvös Kiadó, Bp., 1997.

Móri F. T.- Székely J. G. (szerk.). Többváltozós statisztikai analízis, Műszaki Könyvkiadó, 1986, ISBN 963 10 6806 4

<http://office.microsoft.com/en-us/excel/HP100908421033.aspx>

<http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>

http://www.spss.com/stores/1/Training_Guides_C10.cfm

http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/insight_ug_9984.pdf

<http://www.r-project.org/doc/bib/R-books.html>

http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/stats/stats.pdf

Tantárgy neve: Számelmélet 2.

Tantárgy heti óraszám: 2 + 0
kreditértéke: 2

tantárgyfelelős neve: Sárközy András

tanszéke: Algebra és Számelmélet

számonkérés rendje: kollokvium

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A multiplikatív számelmélet elemei. A Dirichlet-tétel, speciális esetek. A kombinatorikus számelmélet elemei. Diophantikus egyenletek. A két négyzetszám probléma. Gauss-egészek, speciális kvadratikus bővítések. A Fermat-sejtés speciális esetei. A négy négyzetszám probléma, a Waring-probléma. Pell-egyenletek. Diophantikus approximációelmélet. Algebrai és transzcendens számok. A körprobléma, a geometriai számelmélet elemei. A generátorfüggvény- módszer, alkalmazása. Prímszámokkal kapcsolatos becslések. A valószínűségi számelmélet elemei.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Freud Róbert, Gyarmati Edit: Számelmélet. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2000.

Sárközy András, Surányi János: Számelmélet feladatgyűjtemény. Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.

Tantárgy neve: Többdimenziós statisztikai eljárások

Tantárgy heti óraszám: 4+0
kreditérték: 4

tantárgyfelelős neve: Michaletzky György

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Valószínűségszámítás és statisztika

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A többdimenziós normális eloszlás paramétereinek becslése. Mátrixértékű eloszlások. A Wishart-eloszlás: sűrűségfüggvénye, determinánsa, inverzének várható értéke.

Többdimenziós normális eloszlás paramétereire vonatkozó hipotézis vizsgálat.

Függetlenségvizsgálat. Normalitásvizsgálat.

Lineáris regresszió.

A változók közötti kapcsolat mérése: korrelációs együttható, maximálkorreláció, parciális korreláció, kanonikus korreláció.

Főkomponensanalízis, faktoranalízis, szórásanalízis.

Diszkrét, többváltozós modellek, Kontingenciatáblák. Maximum-likelihood becslés loglineáris modellben. Kullback-Leibler-féle divergencia. Lineáris és exponenciális eloszláscsaládok. Az L-vetület numerikus meghatározása (Csizsár-féle módszer, Darroch-Ratcliff-eljárás).

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

J. D. Jobson, Applied Multivariate Data Analysis, Vol. I-II. Springer Verlag, 1991, 1992.

Móri T. – Székely G. (szerk.) Többváltozós statisztikai módszerek, Műszaki Könyvkiadó, 1984.

C. R. Rao, Linear statistical inference and its applications, Wiley and sons, 1968.

Tantárgy neve: A 3D grafika geometriai alapjai (választható differenciált szakmai tárgy)

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditértéke: 3+3

tantárgyfelelős neve: Kiss György (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: ---

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Az alakzatok vetületeinek előállítására a hagyományos ábrázoló geometriai módszerekkel.

Az euklideszi tér affin transzformációinak analitikus leírása. A projektív sík és a projektív tér koordinátázása. A projektív tér kollineációinak leírása homogén koordinátákkal.

A számítógépes grafikában a parallel és centrális vetítések leírásához felhasznált koordináta-rendszerek. A merev test pozíciójának megadása (az alap koordináta-rendszerben).

A vektorfüggvénnyel leírt határfelület közelítése egy háromszögelt poliéderfelülettel.

Színelméleti alapfogalmak. A három alapszín, a fénynyalábhoz rendelt r , g , b koordináták értelmezése. Az RGB- és a HLS-színrendszer. Az árnyaláshoz tartozó geometriai és fotometriai fogalmak, a felületelem adott irányhoz tartozó radianciája. A fotometria alapképlete. A fényforrásra vonatkozó fogalmak: teljes fluxus, fényerősség. A fényforrással megvilágított felület adott irányú radianciájának meghatározása a Phong-féle módszerrel.

A raszteres kép digitális leírása. Egyszerűsített kalkuláció egy pixel fényerősségeinek a meghatározására. Árnyalt kép létrehozása a fénysugár-követő módszerrel. A tesszellált határfelületű testekre alkalmazott Phong-féle árnyalás és a Gouraud-féle árnyalás.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, and J. F. Hughes: *Computer Graphics, Principles and Practice*. Addison-Wesley, 1990.
- 2) Szirmay-Kalos László, Antal György, Csonka Ferenc: *Háromdimenziós grafika, animáció és játékfejlesztés*. Computerbooks, Budapest, 2003.

Tantárgy neve: Algebrai és differenciáltopológia (differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 4+2

kreditértéke: 6+3

tantárgyfelelős neve: Szűcs András (egyetemi tanár)

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: Algebrai topológia BSc

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Karakterisztikus osztályok és alkalmazásaik, sokaságok kobordizmusgyűrűjének kiszámolása, egzotikus gömbök létezése.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) J. W. Milnor, J. D. Stasheff: *Characteristic Classes*, Princeton, 1974.
- 2) R. E. Stong: *Notes on Cobordism Theory*, Princeton, 1968.

Tantárgy neve: Geometriai modellezés (választható differenciált szakmai tárgy)

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditértéke: 2

tantárgyfelelős neve: Verhóczki László (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Alapvető modellezési eljárások. A drótváz-modell és a határfelület-modell. A testek határoló felületeinek leírása kétváltozós vektorfüggvénnyel és implicit egyenlettel. A konstruktív tömör-test geometria.

Interpolációs görbeillesztés adott pontsorozathoz. Az Hermite-féle harmadfokú görbeívek alkalmazása. Az adott számsorozathoz illő (egyváltozós) polinomiális spline függvények szerepe.

Approximációs görbeillesztés a kontrollpontokhoz. A Bernstein-féle polinomok, mint súlyfüggvények. A Bézier-féle görbeív. A de Casteljaú-algoritmus. Az adott számsorozathoz illő B -spline függvények meghatározása a Cox-de Boor-féle algoritmussal. A racionális B -spline görbék, a kontrollpontokhoz rendelt súlyok alkalmazása. Harmadfokú B -spline görbeívek másodrendben sima csatlakozása, a csatolási együtthatók szerepe.

Interpolációs felületillesztés egy kétindexes pontsorozathoz az Hermite-féle bikubikus felületdarabok alkalmazásával.

Approximációs felületillesztés (illetve felülettervezés). A Bézier-féle felületdarabok és a B -spline felületek értelmezése. A racionális B -spline felületek. A felületdarabok elsőrendben (és másodrendben) sima csatlakozása.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

1) G. Farin: *Curves and surfaces for computer aided geometric design*. Academic Press, Boston, 1988.

Tantárgy neve: Adatbányászat

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditérték: 3+3

tantárgyfelelős neve: Lukács András

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga és zárthelyi

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Gyakori mintázat keresés. Asszociációs szabályok. Szintenként haladó algoritmusok, Apriori. Partíciós és Toivonen algoritmus. Mintanövelő algoritmusok, FP-growth. Hierarchikus asszociációs szabályok. Kényszerek kezelése. Korrelációkeresés.

Dimenziócsökkentési eljárások. Spektrál módszerek, közelítés kis rangú mátrixszal.

Szinguláris felbontás. Fingerprintek, lenyomat alapú hasonlóságkeresés.

Klasszifikáció. Döntési fák, neurális hálók, k-NN, Bayes-módszerek. Kernel-módszer, SVM.

Klaszterezés. Particionáló algoritmusok, k-közép. Hierarchikus algoritmusok. Sűrűség és link alapú módszerek, DBSCAN, OPTICS. Spektrálklaszterezés.

Alkalmazások és implementációs kérdések. Adatbányászati rendszerarchitektúrák.

Adatszerkezetek.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Bodon Ferenc adatbányászati jegyzete, <http://www.cs.bme.hu/~bodon/magyar/adatbanyaszat/>
Jiawei Han és Micheline Kamber: Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Publishers, 2000, ISBN 1558604898, magyarul „Adatbányászat, Konceptiók és technikák”, Pannem 2004, ISBN 9635453949.

Dr. Abonyi János (szerk.): Adatbányászat - a hatékonyság eszköze, Computerbooks Kiadó, 2006.

Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, Vipin Kumar: Introduction to Data Mining, Addison-Wesley, 2006, ISBN 0321321367.

T. Hastie, R. Tibshirani, J. H. Friedman: The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Springer-Verlag, 2001.

Tantárgy neve: Algoritmusok és adatstruktúrák tervezése, elemzése és implementálása I.

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditérték: 3+3

tantárgyfelelős neve: Király Zoltán

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel: Algoritmuselmélet I

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Max-vissza sorrend és alkalmazásai. Ritka tanúk összefüggősége.

Minimális súlyú fenyők. Fokszámkorlátos irányítások.

A 2-SAT feladat.

Fa-felbontás, fa-vastagság és alkalmazásai.

Gomory-Hu-fák és alkalmazásaik.

A Steiner-fa és az utazó-ügynök feladat.

Költséges folyamatok és áramok, minimális átlagú kör keresése.

Párosítások nem páros gráfban, faktor-kritikus gáfok, Edmonds algoritmus, Gallai-Edmonds struktúratétel. T-kötések, a Kínai postás feladat.

On-line algoritmusok, versenyképességi hányados.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom: Irodalom:

T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein: Új algoritmusok. Sclolar, 2003.

A. Schrijver: Combinatorial Optimization, Springer-Verlag, 2002.

Robert Endre Tarjan: Data Structures and Network Algorithms , Society for Industrial and Applied Mathematics, 1983.

D. E. Knuth: A számítógép-programozás művészete, III. Kötet.

Berg-Kreveld-Overmars-Schwarzkopf: Computational Geometry: Algorithms and Applications , Springer-Verlag, 1997.

Tantárgy neve: Algoritmusok és adatstruktúrák tervezése, elemzése és implementálása II.

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Király Zoltán

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel: Alg. és ad.strukt. terv., el. és impl. I.

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Adatstruktúrák a DISZJUNKT-UNIÓ – HOLVAN feladatra.

Párosítás és radix kupacok.

Kiegyensúlyozott és önkiegyensúlyozó fák.

Hasítás, fajtái, elemzésük.

Dinamikus fák és alkalmazásaik.

Geometriai algoritmusokban használt adatstruktúrák: hierarchikus keresőfák, intervallum-fák, szakasz-fák és kupacos keresőfák.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein: Új algoritmusok. Sclolar, 2003.

A. Schrijver: Combinatorial Optimization, Springer-Verlag, 2002.

Robert Endre Tarjan: Data Structures and Network Algorithms, Society for Industrial and Applied Mathematics, 1983.

D. E. Knuth: A számítógép-programozás művészete, III. Kötet.

Berg-Krevelde-Overmars-Schwarzkopf: Computational Geometry: Algorithms and Applications, Springer-Verlag, 1997.

Tantárgy neve: Alkalmazott diszkrét matematika szeminárium

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditérték: 2

tantárgyfelelős neve: Király Zoltán

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: C típusú vizsga

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Válogatott cikkek tanulmányozása, előadása

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Approximációs algoritmusok

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Jordán Tibor

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Halmazfedés, lefoglaló pontalmaz, utazóügynök feladat, Steiner fa. Lp-relaxációk, primál-duál algoritmusok, körlefoglaló pontalmaz, bin packing, forráselhelyezés. Ütemezési feladatok, k-központ, k-vágás, multivágás, többutas vágás. Többtermékes folyamatok. Minimális k-összefüggő részgráf. Minimális maxfokú feszítőfa.

Kötelező irodalom: elektronikus jegyzet

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Az algebra aktuális fejezetei (matematikus MSc, differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: *Kiss Emil*

tanszéke: *Algebra és Számelmélet*

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A tárgy változó tartalommal kerül meghirdetésre. Néhány elképzelt témakör: algebrai geometria, elliptikus görbék, p -adikus számok, értékelésmélet, Dedekind-gyűrűk, tágas kategóriák.

Kötelező irodalom: --

Ajánlott irodalom: --

Tantárgy neve: Az operációkutatás alkalmazásai

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Fábián Csaba

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Közgazdasági alkalmazások. Raktározási- és elhelyezési problémák. Komplex társadalmi problémák modellezése és megoldása. Szállítás- és közlekedési feladatok. Karbantartási- és termelésstervezési modellek. Hadügyi-, vízügyi alkalmazások.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Banach*-algebrák ábrázolásai és absztrakt harmonikus analízis

Tantárgy heti óraszám: 2+1
kreditérték: 2+2

tantárgyfelelős neve: Kristóf János

tanszéke: Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tsz.

számonkérés rendje: beadható feladatok és kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

-algebrák ábrázolásai., pozitív funkcionálok és a GNS-konstrukció, B-algebrák ábrázolásai, absztrakt Gelfand-Rajkov tétel, második Gelfand-Najmark tétel, ábrázolások Hilbert-integrálja, spektráltételek C*-algebrákra és mérhető függvényszámítás.

Topologikus csoportok alaptulajdonságai, folytonos topologikus és unitér ábrázolások, Radon-mértékek lokálisan kompakt tereken, baloldali Haar-mérték egzisztenciája és unicitása, moduláris függvény, reguláris ábrázolások, lokálisan kompakt csoport mértékalgebrája, a harmonikus analízis alaptétele, Gelfand–Rajkov tétel, kompakt csoportok folytonos unitér ábrázolásai (Peter-Weyl tételek), kommutatív lokálisan kompakt csoportok folytonos unitér ábrázolásai (Stone-tételek), Radon-mértékek faktorizációja, indukált unitér ábrázolások és Mackey tételei.

Kötelező irodalom: Kristóf János Analízis IV. <http://cs.elte.hu/~krja>

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Befektetések elemzése

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Fullér Róbert

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Az aktív portfólió kezelés modellje.

A portfólió teljesítményének mérési módszerei. Nyugdíjpénztárak teljesítményének mérési módszerei. Idősúlyozott és forint-súlyozott hozamok.

Kötelező irodalom:

Bodie/Kane/Marcus, Investments (Irwin, 1996).

Ajánlott irodalom:

Robert Fullér, An introduction to financial management (Eötvös Loránd University, Budapest, 1997)

Tantárgy neve: Bevezetés az információelméletbe

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Csiszár Imre

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Valószínűségszámítás és statisztika

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Forráskódolás változó hosszúságú és blokk-kódokkal. Entrópia és formális tulajdonságai. I-divergencia és formális tulajdonságai. Típusok és tipikus sorozatok. A zajos csatorna fogalma, csatornakódolási tételek. Rate-distortion elmélet. Csatornkapacitás és kiszámítási módjai. Forrás- és csatornakódolás lineáris kódokkal. Több felhasználós hírközlő rendszerek: korrelált források egyedi kódolása, több bemenetelű csatornák.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Csiszár – Körner: Information Theory: Coding Theorems for Discrete Memoryless Systems. Akadémiai Kiadó, 1981.

Cover – Thomas: Elements of Information Theory. Wiley, 1991.

Tantárgy neve: Bonyolultságelmélet

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditértéke: 3+3

tantárgyfelelős neve: Grolmusz Vince

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga és zárthelyi dolgozat

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Számítási modellek: véges automaták, Turing-gépek, Boole-hálózatok. Algoritmusok és alsó becslések az erőforrás-használatra. Kommunikációs bonyolultság. Döntési fák, rejtőzködés, Ben-Or tétele. Hierarchia-tételek, Sawitch tétel, orákulumok, a polinomiális hierarchia. A PSPACE-osztály, teljes nyelvek. Véletlenített bonyolultságosztályok. Pszeudovéletlen generátorok. Interaktív protokollok. Shamir tétele: $IP=PSPACE$. Nehéz problémák közelíthetősége és közelíthetetlensége, a PCP tétel. Alsó becslések Boole-hálózatokon. Párhuzamos algoritmusok aritmetikai problémákra, rendezésre, gráfproblémákra és lineáris algebrai feladatokra. Párhuzamos algoritmusok kisméretű hálózatokon. Kolmogorov-bonyolultság

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Lovász László: Algoritmusok Bonyolultsága, egyetemi jegyzet, ELTE 1999.

Papadimitriou, Christos H. (1999): Számítási bonyolultság. Novadat Bt., Győr.

Iványos, G., Rónyai, L., Szabó, R.: Algoritmusok, Budapest, TypoTeX Kiadó, 1998.

Cormen, Leiserson, Rivest: Új algoritmusok, Scolar Kiadó, 2003.

Tantárgy neve: Bonyolultságelmélet szeminárium

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditérték: 2

tantárgyfelelős neve: Grolmusz Vince

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: C típusú vizsga

előtanulmányi feltétel: Bonyolultságelmélet

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Válogatott cikkek tanulmányozása, előadása

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Differenciáltopológia gyakorlat
(a Differenciáltopológia előadáshoz, differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 0+2

kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Szűcs András (egyetemi tanár)

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: BSc Algebrai Topológia anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Lásd a szakmai törzsanyag Differenciáltopológia és Algebrai Topológia c. tárgyainál.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) J. W. Milnor és J. D. Stasheff: *Characteristic Classes*, Princeton, 1974.
- 2) R. E. Stong: *Notes on Cobordism Theory*, Princeton, 1968.

Tantárgy neve: Dinamikai rendszerek és differenciálegyenletek

Tantárgy heti óraszám: 4+2
kreditértéke: 6+3

tantárgyfelelős neve: Simon Péter

tanszéke: Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tsz.

számonkérés rendje: beadható feladatok és kollokvium

előtanulmányi feltétel: Differenciálegyenletek (BSc) anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Lineáris differenciálegyenletek fázisképeinek osztályozása a topologikus ekvivalencia szerint. Nemlineáris rendszerek osztályozása a Poincaré-féle normálforma segítségével. Stabilis, instabilis, centrális sokaság, Hartman-Grobman tétel. Lokális vizsgálat periodikus megoldások körül. Kétdimenziós vektormező indexe, a trajektóriák végtelenbeli viselkedése. Alkalmazások biológiai és kémiai modellekre. Oszcilláció kémiai reakciókat leíró differenciálegyenletek. Hamilton-féle rendszerek. Káosz a Lorenz-féle meteorológiai modellben.

Dinamikai rendszerek bifurkációi, alapvető példák és alkalmazások. Nyereg-csomó és Andronov-Hopf bifurkáció. Bifurkációs diagrammok meghatározása, két kodimenziós bifurkációk. Strukturális stabilitás, attraktorok típusai.

Diszkrét dinamikai rendszerek. Topologikus ekvivalencia szerinti osztályozás. Intervallum leképezések: sátor leképezések, logisztikus függvénycsalád. Szimbolikus dinamika. Kaotikus rendszerek. Smale-patkó. Sarkovszkij tétel. Bifurkációk.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Tóth János, Simon Péter: Differenciálegyenletek; Bevezetés az elméletbe és az alkalmazásokba (Typotex, 2005).

V.I. Arnold: Közönséges differenciálegyenletek (Műszaki Könyvkiadó, 1987).

L. Perko, Differential Equations and Dynamical systems, Springer

Tantárgy neve: Dinamikus rendszerek (Matematika és Alk. Mat.)

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Buczolicz Zoltán

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Differenciálegyenletek (BSc) anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Kontrakciók, fixponttétel. Példák dinamikus rendszerekre. Newton-módszer, intervallum leképezések, kvadratikus függvénycsalád, differenciálegyenletek, a kör forgatásai. Grafikus analízis. Hiperbolikus fixpontok. Cantor halmazok mint taszító hiperbolikus halmazok, szimbólumsorozatok tere, mint metrikus tér. Szimbolikus dinamika és kódolás. Topologikus tranzitivitás, a kezdeti értékektől való érzékeny függés, káosz/kaotikus leképezések, strukturális stabilitás, káosz és három szerint periodikus pontok. Schwarz derivált. Bifurkációelmélet. Periódus kettőzés. Lineáris leképezések és lineáris differenciálegyenletek a síkban. Lineáris folyamatok és eltolások a tóruszon. Konzervatív rendszerek

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

B. Hasselblatt, A. Katok: A first course in dynamics. With a panorama of recent developments. Cambridge University Press, New York, 2003.

A. Katok, B.Hasselblatt: Introduction to the modern theory of dynamical systems. Encyclopedia of Mathematics and its Applications, 54. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

Robert L. Devaney: An introduction to chaotic dynamical systems. Second edition. AddisonWesley

Studies in Nonlinearity. AddisonWesley Publishing Company, Advanced Book Program, Redwood City, CA, 1989.

Tantárgy neve: Diszkrét Dinamikus Rendszerek (Matematika és Alk. Mat.)

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Buczolicz Zoltán

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Mérték és integrálelmélet I (Analízis4, BSc) anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Topologikus tranzitivitás és minimalitás. Omega limeszhalmazok. Szimbolikus dinamikus rendszerek. A topologikus Bernoulli-shift. A kör leképezései. A forgatási szám létezése. Invariáns mértékek. Krylov-Bogolubov tétel. Minimális homeomorfizmusok és invariáns mértékek. Kompakt Abel-csoportok forgatásai, egyféleképpen ergodikus transzformációk és minimalitás.

Unimodális leképezések. Gyúró sorozat (kneading sequence). Végperiodikus szimbolikus pályájú pontok periodikus pontokhoz tartanak. Szimbolikus pályák előjeles lexikografikus rendezése. A megengedett szimbolikus pályák halmazának karakterizációja. A topologikus entrópia ekvivalens definíciói. A topologikus entrópia tulajdonságai. Intervallumleképezések cikk-cakk száma. Markov-gráfok. Sharkovszkij tétel. Az ergodelmélet alapjai. Maximális ergodtétel és Birkhoff ergodtétel.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

A. Katok, B.Hasselblatt: Introduction to the modern theory of dynamical systems. Encyclopedia of Mathematics and its Applications, 54. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

W. de Melo, S. van Strien, One-dimensional dynamics, Springer Verlag, New York (1993).

I. P. Cornfeld, S. V. Fomin and Ya. G. Sinai, Ergodic Theory, Springer Verlag, New York, (1981).

Tantárgy neve: Diszkrét geometria (differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 3+2
kreditérték: 4+3

tantárgyfelelős neve: Bezdek Károly (egyetemi tanár)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Elhelyezések és fedések az \mathbf{E}^2 -ben. Dowker-tételek, Fejes Tóth László–Rogers-tételek a legsűrűbb eltoltakról, illetve a centrálszimmetrikusakról; fedések. Homogenitási kérdések. Rácyszerű elrendezések. Homogén (csoportthatással bíró) elhelyezések. Térigény, szeparálhatóság.

Elhelyezések és fedések az (euklideszi, hiperbolikus vagy szférikus) \mathbf{A}^d terekben. A sűrűség definiálásának nehézségei. \mathbf{A}^2 -ben a legsűrűbb körelhelyezések (tágasság), legritkább körfedések. Tammes-probléma. Szoliditás. A Rogers-féle sűrűségkorlát \mathbf{E}^d gömbelhelyezéseire. Felhők, stabil rendszerek, szeparálhatóság. A legsűrűbb gömbelhelyezések \mathbf{A}^3 -ban. Szorosság, élszorosság. Véges rendszerek. Közös transzverzálissal rendelkező halmazok problémái.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) Fejes Tóth László: *Regular figures*, Pergamon Press, Oxford–London–New York–Paris, 1964.
- 2) Fejes Tóth László: *Lagerungen in der Ebene auf der Kugel und im Raum*, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York, 1972.
- 3) Rogers, C. A.: *Packing and covering*, Cambridge University Press, 1964.
- 4) Böröczky, K. Jr.: *Finite packing and covering*, Cambridge University Press, 2004.

Tantárgy neve: Diszkrét matematika II

Tantárgy heti óraszám: 4+0
kreditérték: 6

tantárgyfelelős neve: Elekes György

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel: : Diszkrét matematika I

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Véletlen módszerek:

Véletlen objektum determinisztikus

javítása. Konstrukció nagy kromatikus számú, kis kört nem tartalmazó gráfra.

Véletlen gráfok: küszöbfüggvény, evolúció $p = \log n/n$ környékén. Pszeudovéletlen gráfok. Lokális lemma és alkalmazásai. Diszkrepancia-elmélet. Beck-Fiala-tétel, Spencer „6-szoros szórás” tétele. Vapnik-Cservonenkisz dimenzió alaptétele.

Extremális kombinatorika

Nem-páros kizárt részgráfok: Erdős-Stone-Simonovits és Dirac tételei.

Páros kizárt részgráfok: utak és $K(p,q)$ Turán-száma. Véges geometriai és algebrai konstrukciók.

Szemerédi regularitási lemma és alkalmazásai. Turán-Ramsey típusú tételek.

Extremális hipergráf problémák: Turán sejtése.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Alon-Spencer: The probabilistic method, Wiley 2000.

Tantárgy neve: Egészértékű Programozás I.

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Király Tamás

tanszéke: Operációkutatási Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Alapvető feladattípusok, modellezési technikák. Hilbert bázisok, unimodularitás, teljes duális egészértékűség. Általános heurisztikus algoritmusok: szimulált lehűlés, tabu keresés. Heurisztikus algoritmusok az utazó ügynök feladatra, approximációs eredmények. A Held-Karp korlát, módszerek a kiszámolására. Gomory-Chvátal vágások. Vágások a vegyes programozási feladatra. Szuperadditív dualitás, csoportelméleti módszer. Leszámlálási algoritmusok.

Kötelező irodalom:

Vizvári Béla: Egészértékű programozás, Typotex, Budapest, 2006.

Király Tamás és Szegő László; Kiegészítés az Egészértékű Programozás I-II tárgyhoz, elektronikus jegyzet

Ajánlott irodalom:

G.L. Nemhauser, L.A. Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, New York, 1999.

D. Bertsimas, R. Weismantel: Optimization over Integers, Dynamic Ideas, Belmont, 2005.

Tantárgy neve: Egészértékű Programozás II.

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Király Tamás

tanszéke: Operációkutatási Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Sperner rendszerek, egyenlőtlenségekkel definiált bináris pontthalmazok. Rácsok, bázis-redukció. Fix-dimenziós egészértékű programozási feladat megoldása polinom időben. Az ellipszoid módszer, szeparáció és optimalizálás ekvivalenciája. A Balas-féle Korlátozás és vágás módszere. Vágások az utazó ügynök feladatra. LP alapú közelítő algoritmusok.

Kötelező irodalom:

Vizvári Béla: Egészértékű programozás, Typotex, Budapest, 2006.

Király Tamás és Szegő László; Kiegészítés az Egészértékű Programozás I-II tárgyhoz, elektronikus jegyzet

Ajánlott irodalom:

G.L. Nemhauser, L.A. Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, New York, 1999.

D. Bertsimas, R. Weismantel: Optimization over Integers, Dynamic Ideas, Belmont, 2005.

Tantárgy neve: Ergodelmélet (Matematika és Alk. Mat.)

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Buczolicz Zoltán

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Mérték és integrálmélet I. (Analízis 4 a BSc) anyaga, Funkcionálanalízis 1.

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Példák. Konstrukciók. von Neumann L_2 ergodtétel. Birkhoff–Hincsin pontonkénti ergodtétel. Poincaré visszatérési tétel és Ehrenfest példája. Hincsin tétele halmazok visszatéréséről. Halmos tétele a visszatéréssel ekvivalens tulajdonságokról. Ergodikussággal ekvivalens tulajdonságok. Indukált transzformáció mértéktartása és ergodikussága. Kac lemma. Kakutani–Rohlin lemma. Bernoulli shift, egységkör forgatásainak illetve a tórusz eltolásainak ergodikussága. Keverés (definíciók). Rényi tétele erősen keverő transzformációkról. Bernoulli shift erősen keverő. Koopman-von Neumann lemma. Gyenge keveréssel ekvivalens tulajdonságok. Banach elv. Ergodtétel bizonyítása a Banach elvvel. Integrálok differenciálása. Wiener lokális ergodtétele. Lebesgue terek és a feltételes várható érték tulajdonságai. Entrópia a fizikában és az információelméletben. Felosztás és egy transzformáció metrikus entrópiájának definíciója. Feltételes információ és entrópia. „Entrópia metrika”. A feltételes várható érték mint L_2 -beli vetítés. Kolmogorov-Szináj tétele generátorokról. Krieger generátor tétele (bizonyítás nélkül).

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

K. Petersen, Ergodic Theory, Cambridge Studies in Advanced Mathematics 2, Cambridge University Press, (1981).

I. P. Cornfeld, S. V. Fomin and Ya. G. Sinai, Ergodic Theory, Springer Verlag, New York, (1981).

Tantárgy neve: Exponenciális összegek a számelméletben (matematikus MSc, differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Sárközy András

tanszéke: Algebra és Számelmélet Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Számelmélet 2.

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Additív és multiplikatív karakterek, kapcsolatuk, alkalmazások. A Vinogradov lemma és duálisa. Gauss összegek. A Pólya–Vinogradov egyenlőtlenség. A legkisebb kvadratikus nem-maradék becslése. Kloosterman összegek. A nagy szita aritmetikai és karakteres változata, alkalmazások. A számtani sorozatokban való eloszlás irregularitásai, karakterösszegek alsó becslése. Egyenletes eloszlás. Weyl kritérium. Diszkrepancia. Erdős-Turán egyenlőtlenség. Van der Corput módszere.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

I. M. Vinogradov: A számelmélet alapjai.

L. Kuipers, H. Niederreiter: Uniform Distribution of Sequences.

S. W. Graham, G. Kolesnik: Van der Corput's Method of Exponential Sums.

H. Davenport: Multiplicative Number Theory.

Tantárgy neve: Fejezetek a csoportelméletből (matematikus MSc, differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditértéke: 3+3

tantárgyfelelős neve: Pálfy Péter Pál

tanszéke: Algebra és Számelmélet

számonkérés rendje: kollokvium és gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: Csoportok és reprezentációk

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Permutációcsoportok. Többszörösen tranzitív csoportok, Mathieu-csoportok. Primitív permutációcsoportok, O’Nan-Scott-tétel.

Egyszerű csoportok. Klasszikus csoportok, Lie-típusú egyszerű csoportok, sporadikus csoportok.

Csoportbővítések. Projektív reprezentációk, Schur-multiplikátor.

p -csoportok. Frattini-részcsoport. Speciális és extraspeciális p -csoportok. Maximális osztályú csoportok.

Részcsoporthálók. Ore és Iwasawa tétele.

Kötelező irodalom: --

Ajánlott irodalom:

D. J. S. Robinson: A course in the theory of groups, Springer, 1993

P. J. Cameron: Permutation groups, Cambridge University Press, 1999

B. Huppert: Endliche Gruppen I, Springer, 1967

Tantárgy neve: Fejezetek a gyűrűelméletből (matematikus MSc, differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditértéke: 3+3

tantárgyfelelős neve: Ágoston István

tanszéke: Algebra és Számelmélet

számonkérés rendje: kollokvium és gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: Gyűrűk és algebrák

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Struktúraelmélet. Primitív gyűrűk, sűrűségi tétel, Jacobson-radikál, kommutativitási tételek. **Centrális egyszerű algebrák.** Algebrák tenzorszorzata; Noether--Skolem-tétel, kettős centralizátor tétel, Brauer-csoport, keresztszorzat. **Polinomazonosságok.** Struktúratételek, Kaplansky tétele, Kuros-probléma, kombinatorikus eredmények, kvantitatív elmélet. **Noether-gyűrűk.** Goldie-elmélet és általánosításai, dimenzióelmélet. **Artin-gyűrűk és általánosításai.** Szemiperfekt és perfekt gyűrűk Bass-féle jellemzése, koherens gyűrűk, von Neumann-reguláris gyűrűk. Homologikus tulajdonságok. **Morita-elmélet.** Morita-ekvivalencia, Morita-dualitás, Morita-invariancia. **Kvázi-Frobenius gyűrűk.** Csoportalgebrák, szimmetrikus algebrák, homologikus tulajdonságok. **Reprezentációelmélet.** Öröklődő algebrák, Coxeter-transzformációk és Coxeter-funktorok, preprojektív, reguláris és preinjektív reprezentációk, majdnem fölhasadó sorozatok, Brauer—Thrall-sejtések, véges reprezentáció típus.

A Hom és a tenzor funktorok. Projektív, injektív és lapos modulusok. **Derivált funktorok.** Projektív és injektív föloldások, az Ext és a Tor funktorok fölépítése és alaptulajdonságai. Egzakt sorozatok és az Ext funktor, Yoneda-szorzat, Ext-algebrák. **Homologikus dimenziók.** Projektív és injektív dimenzió, globális dimenzió, Hilbert syzygy-tétele, domináns dimenzió, finitisztikus dimenzió, a finitisztikus dimenzió sejtés. **Homologikus módszerek a reprezentációelméletben.** Majdnem fölhasadó sorozatok, Auslander--Reiten-gráf. **Derivált kategóriák.** Triangulált kategóriák, homotópiakategória, kategóriák lokalizálása, algebrák derivált kategóriája, a Rickard-féle Morita-elmélet.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

Anderson, F.–Fuller, K.: Rings and categories of modules, Springer, 1974, 1995

Auslander, M.–Reiten, I.–Smalø: Representation theory of Artin algebras, Cambridge University Press, 1995

Drozd, Yu. –Kirichenko, V.: Finite dimensional algebras, Springer, 1993

Happel, D.: Triangulated categories in the representation theory of finite dimensional algebras, CUP, 1988

Herstein, I.: Noncommutative rings. MAA, 1968.

Jacobson, N.: Structure of rings, 1956, 1964, 1984

Kaplansky, I.: Fields and Rings, University of Chicago Press, 1972

Lam, T.Y.: A first course in non-commutative rings, Springer, 1991

Lam, T.Y.: Lectures on modules and rings. Springer, 1999.

MacLane, S.: Homology, Springer, 1975, 1995
Pierce, R.: Associative algebras, Springer, 1982
Rotman, J.: An introduction to homological algebra, AP, 1979
Rowen, L.: Ring theory I--II., AP, 1989, 1990.
Weibel, C.: An intorduction to homological algebra, CUP, 1996

Tantárgy neve: Fejezetek a komplex függvénytanból

Tantárgy heti óraszám: 4+0
kreditérték: 6

tantárgyfelelős neve: Halász Gábor

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium, házi feladatok és részvétel

előtanulmányi feltétel: Komplex függvénytan (BSc) és Analízis IV. (BSc) anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A cél betekintést adni az egyváltozós komplex függvénytan különböző fejezeteibe, amelyek közül a 2. félévben az érdeklődés szerint meghirdetendő előadások, tanulószemináriumok, gyakorlatok egyeseket részletesebben feldolgoznak. Az alábbi, lényegében különálló témák közül általában hatra egy hónap, heti 2 óra jut.

Tematika:

Phragmén-Lindelöf típusú tételek.

Kapacitás. Csebisev konstans. Transzfinit átmérő. Green függvény. Kapacitás és Hausdorff mérték. Konform sugár.

Területi elv. Koebe torzítási tételei. Egyrétű függvények együtthatóinak a becslése.

Terület-ív hossz elv. Extremális hossz. Négyzetek és gyűrűk modulusa. Kvázikonform leképezés. Kiterjesztésük a határra. Kváziszimmetrikus függvények. Kvázikonform görbék.

Divergencia- és rotációmentes áramlások a síkon. Komplex potenciál. Áramlás akadály körül, fázisok között.

Laplace integrál. Inverziós képletek. Alkalmazások Tauber típusú tételekre, kvázianalitikus függvényekre, Müntz tételére.

L_p -beli függvények Poisson integrálja. Hardy terek. Riesz Marcell tétele. Interpoláció L_p terek között. A Riesz fivérek tétele.

Meromorf függvények a síkon. A Nevanlinna elmélet két főtétele.

Kötelező irodalom:

Halász Gábor „Fejezetek a komplex függvénytanból”, „Fourier integrál” és „Kis hidrodinamika” c. egyetemi jegyzete és az azokban megadott további irodalom.

Tantárgy neve: Független növekményű folyamatok, határeloszlás-tételek

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Prokaj Vilmos

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Valószínűségszámítás és statisztika

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Korlátlanul osztható eloszlás és karakterisztikus függvény. Poisson folyamat, összetett Poisson folyamat. Poisson pontfolyamat általános karakterisztikus mérték mellett. Pontfolyamat szerinti integrál. Lévy–Hincsin formula. Nem negatív és véges szórású korlátlanul osztható eloszlások karakterisztikus függvénye. Stabilis eloszlások karakterisztikus függvénye. Stabilis eloszlások generálása, farok-valószínűség nagyságrendje. Szériasorozatok határeloszlásai.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Y. S. Chow – H. Teicher: Probability Theory: Independence, Interchangeability, Martingales. Springer, New York, 1978.

W. Feller: An Introduction to Probability Theory and its Applications, vol. 2. Wiley, New York, 1966.

Tantárgy neve: Geometriai algoritmusok

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Elekes György

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Konvex burok algoritmusok a síkban és magasabb dimenziókban.

Alsó becslések: Ben-Or tétele, momentum-görbe, ciklikus poliéder.

Síkdarabolás egyenesekkel. Nagy konvex sokszög keresése
(parabolikus dualitás). Pont helyének visszakeresése síkdarabolásban.

A posta probléma. Voronoi diagrammok. Delaunay háromszögelés és alkalmazásai.

Illeszkedési becslések.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

De Berg, Kreveld, Overmars, Schwartzkopf: Computational geometry. Algorithms and applications, Berlin, Springer 2000.

Tantárgy neve: Geometriai mértékelmélet (matematikus MSc, differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 3+2

kreditértéke: 4+3

tantárgyfelelős neve: Keleti Tamás

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium és gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: Fejezetek az analízisből

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Hausdorff mérték, energiaintegrál és kapacitás. Szorzat dimenziója. Vetítési tételek.

Vitali és Besicovitch fedési tételei. Mértékek differenciálása.

Keakeya probléma, Besicovitch halmaz, Nikodym halmaz.

Dini deriváltak. Kontingenciatétel. Denjoy–Young–Saks-tétel.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

Laczkovich Miklós: Valós függvénytan (egyetemi jegyzet), ELTE Budapest, 1995

P. Mattila: Geometry of sets and measures in Euclidean spaces. Fractals and rectifiability. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

K. Falconer: Geometry of Fractal Sets, Cambridge University Press, Cambridge, 1986.

S. Saks: Theory of the Integral, Dover, 1964

Tantárgy neve: Geometriai modellezés (választható differenciált szakmai tárgy)

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Verhóczki László (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Alapvető modellezési eljárások. A drótváz–modell és a határfelület–modell. A testek határoló felületeinek leírása kétváltozós vektorfüggvénnyel és implicit egyenlettel. A konstruktív tömör-test geometria.

Interpolációs görbeillesztés adott pontsorozathoz. Az Hermite–féle harmadfokú görbeívek alkalmazása. Az adott számsorozathoz illő (egyváltozós) polinomiális spline függvények szerepe.

Approximációs görbeillesztés a kontrollpontokhoz. A Bernstein–féle polinomok, mint súlyfüggvények. A Bézier–féle görbeív. A de Casteljaú–algorithmus. Az adott számsorozathoz illő B –spline függvények meghatározása a Cox–de Boor–féle algoritmussal. A racionális B –spline görbék, a kontrollpontokhoz rendelt súlyok alkalmazása. Harmadfokú B –spline görbeívek másodrendben sima csatlakozása, a csatolási együtthatók szerepe.

Interpolációs felületillesztés egy kétindexes pontsorozathoz az Hermite–féle bikubikus felületdarabok alkalmazásával.

Approximációs felületillesztés (illetve felülettervezés). A Bézier–féle felületdarabok és a B –spline felületek értelmezése. A racionális B –spline felületek. A felületdarabok elsőrendben (és másodrendben) sima csatlakozása.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

1) G. Farin: *Curves and surfaces for computer aided geometric design*. Academic Press, Boston, 1988.

Tantárgy neve: Gráfelmélet

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Frank András és Király Zoltán

tanszéke: Operációkutatás

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Gráfok irányítása, az összefüggőség növelése. Párosítások nempáros gráfban és T-kötések.
Diszjunkt fák és fenyők. Diszjunkt út problémák. Színezések, perfekt gráfok.

Kötelező irodalom:

Frank András, Gráfelmélet (elektronikus jegyzet)

Ajánlott irodalom:

W.J. Cook, W.H. Cunningham, W.R. Pulleybank, and A. Schrijver, Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, 1998.

R. Diestel, Graph Theory, Springer Verlag, 1996.

Hajnal Péter, Gráfelmélet, Polygon (Szeged) 1998.

A. Schrijver, Combinatorial Optimization: Polyhedra and efficiency, Springer, 2003. Vol. 24 of the series Algorithms and Combinatorics.

Tantárgy neve: Gráfelmélet gyakorlat

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Frank András és Király Zoltán

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Gráfok irányítása, az összefüggőség növelése. Párosítások nempáros gráfban és T-kötések.
Diszjunkt fák és fenyők. Diszjunkt út problémák. Színezések, perfekt gráfok.

Kötelező irodalom:

Frank András, Gráfelmélet (elektronikus jegyzet)

Ajánlott irodalom:

W.J. Cook, W.H. Cunningham, W.R. Pulleybank, and A. Schrijver, Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, Inc., 1998.

R. Diestel, Graph Theory, Springer Verlag, 1996.

Hajnal Péter, Gráfelmélet Polygon (Szeged) 1998.

A. Schrijver, Combinatorial Optimization: Polyhedra and efficiency, Springer, 2003. Vol. 24 of the series Algorithms and Combinatorics.

Tantárgy neve: Gráfelmélet szeminárium

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditérték: 2

tantárgyfelelős neve: Lovász László

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: C típusú vizsga

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Válogatott cikkek tanulmányozása, előadása

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Halmazelmélet I.

Tantárgy heti óraszám: 4+0
kreditérték: 6

tantárgyfelelős neve: Komjáth Péter

tanszéke: Számítástudomány

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Konfinalitás, Hausdorff tétele. Reguláris, szinguláris számosságok. Stacionárius halmazok. Fodor tétele. Ulam-mátrix. Partíció relációk: Dushnik-Erdős-Miller, Erdős-Rado tétele. Delta-rendszerek. Halmazleképezések. Fodor és Hajnal tételei. Todorčević tétele. Borel-, analitikus, koanalitikus, projektív halmazok. Regularitási tulajdonságok. Szétválasztási, redukációs tételek. A hierarchia-tétel. Mostowski suvasztási lemmája. Kényszerképzetek. Nevek. Sűrű halmazok, generikus filter. A generikus modell. Forszolás. A Cohen-modell.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Hajnal A., Hamburger P.: Halmazelmélet.

K. Kunen: Set Theory.

A. Kanamori: The Higher Infinite.

T. Jech: Set Theory.

Tantárgy neve: Halmazelmélet II

Tantárgy heti óraszám: 4+0
kreditérték: 6

tantárgyfelelős neve: Komjáth Péter

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel: Halmazelmélet I

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Konstruálhatóság. Szorzatforszolás. Iterált forszolás. Lévy-szűrés. Kurepa-fa. A Martin-axióma konzisztenciája. Prikry-forszolás. Szuperkompakt számosságok. Erősen kompakt számosságok. Laver-káró. Extenderek. Erős, szupererős és Woodin-számosságok. A szinguláris számosság probléma. Szaturált ideálok. Óriási és majdnem óriási számosságok. Chang-sejtés. Pcf-elmélet. Shelah tétele.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Hajnal A., Hamburger P.: Halmazelmélet.

K. Kunen: Set Theory.

A. Kanamori: The Higher Infinite.

T. Jech: Set Theory

Tantárgy neve: Idősorok elemzése I.

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditértéke: 3+3

tantárgyfelelős neve: Márkus László

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

számonkérés rendje: gyakorlati jegy és kollokvium

előtanulmányi feltétel: Stacionárius folyamatok

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Előadás: A stacionárius folyamatok alapfogalmai. Gyenge, erős, k -adredű stacionaritás, ergodicitás. Autokovariancia, autokorreláció, parciális autokorreláció, dinamikus kopulák. Stacionárius idősor Fourier-előállítás. Stacionárius folyamat reprezentációja ortogonális sztochasztikus mértékkel. Spektrálsűrűségfüggvény, Herglotz tétele.

AR(p), MA(q), ARIMA(p,d,q). A stacionárius megoldás létezése. Vektor AR folyamatok.

Nemlineáris folyamatok, ARCH. Ljapunov-exponens, általános sztochasztikus rekurziós egyenlet stacionárius megoldásának létezése, a Kesten-Vervaat-Goldie tétel. GARCH folyamatok. Bilineáris folyamatok. Véletlen együtthetős AR, illetve a SETAR model.

Idősorok becslésmélete. A várható érték becslése. Az autokorreláció függvény becslése. Periodogram és tulajdonságai. A spektrálsűrűségfüggvény becslése, ablakolás. Előfehérítés, CAT kritérium.

Gyakorlat: Simítás, lineáris szűrők, autokorrelogram, parciális autokorrelogram, periodogram, spektrum, zérus-pólus térkép. ARIMA modellek szimulációja és becslése. Folyamatok additív felbontása. Additív idősor modell: trend, ciklikus-trend. Polinomiális trend, ismételt differenciálás. Exponenciális simítás. A többdimenziós lineáris folyamatok eszközei. Többdimenziós idősor: osztott modell, magasabb dimenziós ARMA modell. (EXCEL, Statistica, SPSS, Matlab, Scilab, Octave, R-project). Az óra számítógépes gyakorlat.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Michelberger-Szeidl-Várlaki: *Alkalmazott folyamatstatisztika és idősor analízis*, Typotex, 2001.

Priestley, M.B.: *Spectral Analysis and Time Series*, Academic Press 1981

Brockwell, P. J., Davis, R. A.: *Time Series: Theory and Methods*. Springer, N.Y. 1987

Tong, H. : *Non-linear time series: a dynamical systems approach*, Oxford University Press, 1991.

Hamilton, J. D.: *Time series analysis*, Princeton University Press, Princeton, N. J. 1994

Brockwell, P. J., Davis, R. A.: *Introduction to time series and forecasting*, Springer. 1996.

Pena, D., Tiao and Tsay, R.: *A Course in Time Series Analysis*, Wiley 2001.

Tantárgy neve: Játékelmélet

Tantárgy heti óraszám: 2 + 0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Illés Tibor

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Kooperatív játékok. Kooperatív játékok megoldási koncepciói. Nem teljes információjú játékok. Szekvenciális egyensúly. Ismételt játékok. Játékelméleti modellek és alkalmazások.

Kötelező irodalom: -

Ajánlott irodalom:

1. Forgó F., Szép J., Szidarovszky F., *Introduction to the theory of games: concepts, methods, applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999.
2. Szidarovszky Ferenc: Játékelmélet, *Informatikai Algoritmusok I.*, szerk.: Iványi Antal, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2004, 314-360.
3. Osborne, M. J., Rubinstein A., *A course in game theory*, The MIT Press, Cambridge, 1994.
4. J. P. Aubin: *Mathematical Methods of Game and Economic Theor.* North-Holland, Amsterdam, 1982.

Tantárgy neve: Készletgazdálkodás

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Vizvári Béla

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: Kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Beérkezés és felhasználás szerinti készletezési helyzetek, Harris formula (EOQ), Wagner-Whitin model, Silver-Meal heurisztika, késedelmes szállítás, biztonsági készlet szint és újrendelési pont, (R,Q) és (s,S) politika, az újságárus modell, gazdaságos sorozatnagyság meghatározása, többtermékes és többszintű modellek, KANBAN rendszerek.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Sven Axäter: Inventory Control, Kluwer, Boston, 2000, ISBN 0-7923-7758-3.

Tantárgy neve: Kiegészítő fejezetek a topológiából I. – Szingularitások topológiája
(differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Némethi András (tudományos tanácsadó)

tanszéke: Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet, Algebrai geometria és
differenciátopológia kutatócsoport

belső tantárgyfelelős neve: Szűcs András (egyetemi tanár)

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: BSc Algebrai Topológia anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Komplex algebrai görbék.

- 1) többváltozós holomorf függvények,
- 2) implicit függvénytétel,
- 3) sima és szinguláris analitikus sokaságok,
- 4) lokális síkgörbe szingularitások,
- 5) Newton-diagram, Puiseux tétele,
- 6) síkgörbe szingularitások feloldása,
- 7) feloldási gráfok,
- 8) szingularitások topológiája, algebrai csomók,
- 9) Milnor-fibrálás,
- 10) Alexander polinom, monodrómia, Seifert mátrix,
- 11) projektív síkgörbék,
- 12) duális görbe, Plücker-formulák,
- 13) génusz, Hurwitz-, Clebsch-, Noether-formulák
- 14) holomorf differenciálformák,
- 15) Abel tétele.

Kötelező irodalom: –

Javasolt irodalom:

- 1) C.T.C. Wall: *Singular points of Plane Curves*, London Math. Soc. Student Texts 63.
- 2) F. Kirwan: *Complex Algebraic Curves*, London Math. Soc. Student Texts 23.
- 3) E. Brieskorn, H. Knorrer: *Plane Algebraic Curves*, Birkhauser.

Tantárgy neve: Kiegészítő fejezetek a topológiából II. – Alacsony dimenziós sokaságok (differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Stipsicz András (tudományos főmunkatárs)

tanszéke: Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet, Algebrai geometria és differenciáلتopológia kutatócsoport

belső tantárgyfelelős neve: Szűcs András (egyetemi tanár)

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: BSc Algebrai Topológia anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

- 1) sokaságok fogantyú-felbontása,
- 2) csomók 3-sokaságokban, Alexander polinomjuk,
- 3) Jones polinom, alkalmazások,
- 4) felületek és leképezéscsoportok
- 5) 3-sokaságok, példák,
- 6) Heegaard-felbontás és Heegaard-diagram,
- 7) 4-sokaságok, Freedman és Donaldson tételei (kimondani),
- 8) Lefschetz-fibrálások,
- 9) invariánsok (Seiberg-Witten és Heegaard Floer invariánsok),
- 10) alkalmazások.

Javasolt irodalom:

- 1) J. Milnor: *Morse theory*. Princeton, 1973.
- 2) R.E. Gompf, A.I. Stipsicz: *4-manifolds and Kirby calculus*, Graduate Studies in Mathematics, Volume 20, Amer. Math. Society. Providence, Rhode Island.

Tantárgy neve: Kódok és szimmetrikus struktúrák

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Szőnyi Tamás

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Hibajavító kódok, a nevezetes példák: Hamming, BCH (Bose, Ray-Chaudhuri, Hocquenheim) kódok. Korlátok a kód paramétereire: Hamming korlát és perfekt kódok, Singleton korlát és MDS kódok. Reed-Solomon, Reed-Muller kódok. A Gilbert-Varshamov korlát. Véletlen kódok, explicit aszimptotikusan jó kódok (Forney féle konkatenált kódok, Justesen kódok). Blokkrendszerek, t-rendszerek és kapcsolatuk perfekt kódokkal. A bináris és a ternáris Golay kódok és a Witt-féle blokkrendszerek. A Fisher egyenlőtlenség és változatai. Négyzetes blokkrendszerek, a Bose-Chowla-Ryser féle szükséges feltétel létezésükre. Rekurzív és direkt konstrukciók blokkrendszerekre.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

P.J. Cameron, J.H. van Lint: Designs, graphs, codes and their links Cambridge Univ. Press, 1991.

J. H. van Lint: Introduction to Coding theory, Springer, 1992.

J. H. van Lint, R.J. Wilson, A course in combinatorics, Cambridge Univ. Press, 1992;

2001, Györfi, L., Györi, S., Vajda, I.: Információ- és kódelmélet, Typotex, 2000.

Tantárgy neve: Kombinatorikus algoritmusok I.

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditérték: 3+3

tantárgyfelelős neve: Jordán Tibor

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Gráfok bejárása, max vissza sorrend, Nagamochi-Ibaraki algoritmus. Hálózati folyamok, Ford-Fulkerson algoritmus, Edmonds-Karp algoritmus, előfolyam algoritmus. Áramok. Minimális költségű folyamok. Folyamok alkalmazásai. Párosítások: Edmonds algoritmus, Gallai-Edmonds tétel. Faktor-kritikus gráfok, T-kötések, f-faktorok. Dinamikus programozás, minimális költségű fenyő.

Kötelező irodalom: elektronikus jegyzet

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Kombinatorikus algoritmusok II.

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Jordán Tibor

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Többszörösen összefüggő gráfok, ritka tanúk, fülfelbontások. Karger algoritmus. Merevkörű gráfok, szimpliciális sorrend. Folyamekvivalens fak, Gomory-Hu fa. Favastagság, algoritmusok kis favastagságú gráfokon. Kombinatorikus merevség. Fokszámkorlátos irányítások. Minimális költségű áramok.

Kötelező irodalom: elektronikus jegyzet

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Kombinatorikus optimalizálási struktúrák

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Jordán Tibor

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Részbenrendezett halmazok láncai és antiláncai (Greene és Kleitman tételei). Mader leemelési tétele, Nash-Williams erős irányítási tétele, Györi intervallumos tétele.

Kötelező irodalom:

Frank András, Kombinatorikus optimalizálási struktúrák (elektronikus jegyzet)

Ajánlott irodalom:

A. Schrijver, Combinatorial Optimization: Polyhedra and efficiency, Springer, 2003. Vol. 24 of the series Algorithms and Combinatorics.

Tantárgy neve: Kombinatorikus struktúrák és algoritmusok feladatmegoldó szeminárium

Tantárgy heti óraszám: 0+2

kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Jordán Tibor

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Vegyes feladatok a kombinatorikus optimalizálás, gráfelmélet, kombinatorikus geometria témakörökből.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Lovász László: Kombinatorikai problémák és feladatok, Typotex, 2003

Tantárgy neve: Kombinatorikus számelmélet (matematikus MSc, differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Sárközy András

tanszéke: Algebra és Számelmélet Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium.

előtanulmányi feltétel: Számelmélet 2.

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A Brun szita és alkalmazásai. Schnirelman addíciós tételei, a prímszámok bázist alkotnak. Additív és multiplikatív Sidon sorozatok. Oszthatóság sorozatokban, primitív sorozatok. A „nagyobb szita”. Hilbert kocka sűrű sorozatokban. Van der Waerden és Szemerédi számtani sorozatokra vonatkozó tételei.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

H. Halberstam, K. F. Roth: Sequences.

C. Pomerance, A. Sárközy: Combinatorial Number Theory (in: Handbook of Combinatorics)

Erdős Pál, Surányi János: Válogatott fejezetek a számelméletből.

Tantárgy neve: Kommutatív algebra (matematikus MSc, differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditérték: 3+3

tantárgyfelelős neve: Pelikán József

tanszéke: Algebra és Számelmélet

számonkérés rendje: kollokvium és gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: Gyűrűk és algebrák

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Ideálok. Prím- és maximális ideálok. Zorn-lemma. Nilradikál, Jacobson-radikál. Prímspektrum.

Modulusok. Műveletek részmodulusokkal. Végesen generált modulusok. Nakayama-lemma. Egzakt sorozatok. Modulusok tenzorszorzata.

Noether-gyűrűk. Láncfeltételek modulusokra és gyűrűkre. Hilbert bázistétele. Primér ideálok. Primér felbontás, a Lasker–Noether-tétel. Krull-dimenzió. Artin-gyűrűk.

Lokalizálás. Hányadosgyűrűk és -modulusok. Kiterjesztett és visszahúzott ideálok.

Egészfüggés. Egészlezárás. A „going-up” és a „going-down” tételek. Értékelések. Diszkrét értékelésgyűrűk. Dedekind-gyűrűk. Törtideálok.

Algebrai sokaságok. Nullhelytétel. Zariski-topológia. Koordinátagyűrű. Szinguláris és nemszinguláris pontok. Érintőtér.

Dimenzióelmélet. Különböző dimenziók. Krull főideáltétele. Hilbert-függvények. Reguláris lokális gyűrűk. Hilbert „syzygy”-tétele.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom: *Atiyah, M.F.–McDonald, I.G.: Introduction to Commutative Algebra. Addison–Wesley, 1969.*

Tantárgy neve: Komplex dinamika (matematikus és alkalmazott matematikus MSC)

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Sigray István

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása: Julia és Fatou halmazok. Sima Julia halmazok. Attraktív fixpontok, Koenigs linearizációs tétele. Szuperattraktív fixpontok, Böttcher tétele. Parabolikus fixpontok, Leau-Fatou tétele. Cremer pontok és Siegel körök. Holomorf fixpont formula. A Julia halmaz sűrű részhalmazai. Herman gyűrűk. Vándorló tartományok. Polinomok iterációja. A Mandelbrot halmaz. Gyökkeresés iterációkkal. Hiperbolikus leképezések. Lokális összefüggőség vizsgálata.

A tárgy célja kettős. Egyrészt viszonylag elemi módszerekkel alapos leírást ad a komplex dinamika jelenségeiből, másrészt alapot kíván nyújtani azoknak, akik alaposabban szeretnék a matematikának ebbe a területébe belemerülni, amely terület több képviselője is Fields érmet kapott.

Kötelező irodalom:

John Milnor: Dynamics in one complex variable, Stony Brook IMS Preprint #1990/5

Ajánlott irodalom:

M. Yu. Lyubich: The dynamics of rational transforms, Russian Math Survey, 41 (1986) 43–117

A. Douady: Systeme dynamique holomorphes, Sem Bourbaki, Vol 1982/83, 39-63, Asterisque, 105–106.

Tantárgy neve: Komplex függvénytan szeminárium

Tantárgy heti óraszám: 0+2

Kreditérték: 2

tantárgyfelelős neve: Szőke Róbert

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium vagy előadás tartása + részvétel

előtanulmányi feltétel: Fejezetek a komplex függvénytanból (MSc)

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Fix tematika nélkül, az 1. félév komplex függvénytan témáinak (akár különálló témájú cikkek révén való, akár nagyobb témák tanulószemináriumai) feldolgozása elsősorban a résztvevő hallgatók előadásában.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Komplex sokaságok

Tantárgy heti óraszám: 3+2

kreditértéke: 4+3

tantárgyfelelős neve: Szőke Róbert

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: vizsga és gyakorlati jegy

előtanulmányi feltételek: egyváltozós komplex függvénytan, valós analízis, algebra

BSc kurzusok anyaga, valós sokaságok elemeinek (differenciálformák) ismerete.

Ajánlott: a Többváltozós komplex függvénytan MSc kurzus elvégzése.

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Komplex és majdnem komplex struktúrák sokaságokon, komplex fibrált nyálábok, vektornyálábok, Lie csoportok és transzformációcsoportok, kohomológia, Serre dualitás, faktor és részsokaságok, felfűjás, Hopf, Grassmann, projektív algebrai sokaságok, Weierstrass előkészítési, osztási tétele, analitikus halmazok, Remmert Stein tétele, meromorf függvények, Siegel tétele, Levi kiterjesztési tétel, Chow tétel, racionális függvények.

Ajánlott irodalom:

Klaus Fritzsche, Hans Grauert: From holomorphic functions to complex manifolds, Springer Verlag, 2002

K. Kodaira: Complex manifolds and deformations of complex structures, Springer Verlag, 2004

D. Huybrechts: Complex geometry: An introduction, Springer Verlag, 2004

3. Kompetenciák elsajátíttatása:

A kurzus célja megismertetni a hallgatókkal a komplex sokaságok elméletének alapvető módszereit, objektumait, a lehető legegyszerűbb módon. A később, PhD tanulmányokra szánt absztrakt fogalmakat (kévék, koherencia, kévekohomológiák), teljesen elkerülve, csak elemi módszereket (hatványsor, holomorf vektornyálábok, egydimenziós kociklus) és sok példát bemutatva ad felsőbb ismereteket a komplex sokaságok elméletéből és készíti fel a diákokat az esetleges későbbi PhD tanulmányokra.

Tantárgy neve: Konvex geometria (differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 4+2

kreditértéke: 6+3

tantárgyfelelős neve: Ifj. Böröczky Károly (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Konvex poliéderek, Euler–Poincaré-tétel, Dehn–Sommerwill egyenletek, ciklikus politópok, a felső korlát tétel.

Hausdorff-mérték, konvex felületek differenciálhatósága. Izopermetrikus egyenlőtlenség átlagvetületekre, Brunn–Minkowski-egyenlőtlenség kompakt halmazokra, Alexandrov–Fenchel-egyenlőtlenség kevert térfogatokra, Konvex testek közelíthetősége ellipszoidokkal, Blaschke–Santalo-egyenlőtlenség, Rogers–Shephard-egyenlőtlenség.

Minkowski első és második tétele, szukcesszív minimumok, Mahler kiválasztási tétele, Minkowski–Hlawka-tétel. Redukcióelmélet (Hermite-, Minkowski-, Lovász-féle redukált bázis), extremális testek. Végességi tételek, Swinnerton-Dyer tétel kritikus rácsokra.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) B. Grünbaum: *Convex polytopes*, 2nd edition, Springer-Verlag, 2003.
- 2) R. Schneider: *Convex Bodies & the Brunn-Minkowski theory*, Cambridge University Press, 1993.
- 3) P.M. Gruber: *Convex and Discrete Geometry*, Springer-Verlag, 2006.
- 4) P.M. Gruber, C.G. Lekkerkerker: *Geometry of numbers*, North-Holland, 1987.

Tantárgy neve: Kriptográfia

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Szabó István

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika

számonkérés rendje: C típusú kollokvium

előtanulmányi feltétel: Valószínűségszámítás és statisztika

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Az informatikai adatvédelem alapjai: jogi környezet, veszélyek csoportosítása /hozzáférésvédelmi rendszerek, hálózatok kockázati tényezői, programozott fenyegetések: vírusok, rejtett csatornák, DDOS,.../, szteganográfia-kriptográfia alapfogalmai

Adatvédelmi módszerek: algoritmusok és a biztonság garanciális /bizonyítási/ módszerei

- A kriptográfia története, történelmi hibák és kihasználásuk
- Információelméleti megközelítés (Shannon modell, egyértelműségi pont, OTP)
- Szimmetrikus (titkos) kulcsú rendszerek
- Stream ciphers: LFSR, lineáris ekvivalens fogalma, LFSR rendszerek, benne a GSM titkosítás (A5/1-A5/2), WLAN, BlueTooth titkosítás, statisztikai és algebrai követelmények a biztonságos stream-cipher rendszerekkel szemben
- Block ciphers: LUCIFER, DES, PES, IDEA, AES
- Aszimmetrikus (nyilvános) kulcsú (PKI) rendszerek

Egyirányú függvények, klasszikus matematikai problémákon alapuló algoritmusok, kulcsegyeztetők (Merkle-Hellmann, DLP-n alapuló), PKI kódolók (RSA, ECC), Hash függvények, elektronikus aláírási algoritmusok (RSA, DSA, ECDSA), elektronikus aláírási rendszerek (technológia, jogi-, szervezeti intézményi rendszer), egyéb protokollok (blind signature, secret sharing, ...)

- Lineáris- és differenciál kritoanalízis, faktorizációs módszerek, protokollhibák

Adatvédelmi rendszerek felépítése: primitívek, sémák, protokollok, alkalmazások (gyenge pontok és követelmények)

Nemzetközi és hazai szabványok és projektek: (ISO/IEC, NIST, ANSI, FIPS, RFC, ETSI; AES, NESSIE)

IT biztonsági módszertanok: MSZ ISO 15408: /Common Criteria/ 2001; /CEM/:2004; FIPS PUB 140-2:2001, MIBÉTS (Magyar Informatikai Biztonsági Értékelési és Tanúsítása Séma)

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Nemetz-Vajda: Algoritmos adatvédelem.

Buttyán-Vajda: Kriptográfia és alkalmazásai.

Bruce Schneier: Applied Cryptography.

Alfred J. Menezes, Paul C. van Oorschot, Scott A. Vanstone: Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1997, online: <http://www.cacr.math.uwaterloo.ca/hac/>

Tantárgy neve: Leíró halmazelmélet (matematikus MSc, differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 3+2

kreditértéke: 4+3

tantárgyfelelős neve: Laczkovich Miklós

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium és gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: Analízis 4, Bevezetés a topológiába

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Általános topológiai alapok. A Baire-tulajdonság. Borel halmazok transzfinit osztályai. A Baire-féle függvényosztályok Szuszlin operáció. Analitikus és ko-analitikus halmazok Szuszlin terek. Projektív halmazok.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

Laczkovich Miklós: Valós függvénytan (egyetemi jegyzet), ELTE Budapest, 1995.

K. Kuratowski: Topology I, Academic Press, 1967.

A. Kechris: Classical descriptive set theory, Springer, 1998.

Tantárgy neve: LEMON library: Optimalizációs feladatok megoldása C++-ban

Tantárgy heti óraszám: 0+2

kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Jüttner Alpár

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: egyéni programozási feladat megoldása

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A LEMON egy C++-ban íródott, optimalizálási feladatok megoldását segítő nyílt forráskódú programkönyvtár. A tantárgy célja e programkönyvtár felépítésének és használatának bemutatása konkrét optimalizálási feladatok megoldásán keresztül. A hallgatóknak lehetőségük van közvetlenül a LEMON programkönyvtár a fejlesztésébe is bekapcsolódni.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

<http://lemon.cs.elte.hu>

Rónyai Lajos, Ivanyos Gábor és Szabó Réka: Algoritmusok, TypoTeX Kiadó, 1998

Eugene L. Lawler: Kombinatorikus optimalizálás: hálózatok és matroidok. Műszaki Könyvkiadó, 1982. Ravindra K. Ahuja, Thomas L. Magnanti, and James B. Orlin. Network Flows. PRENTICE HALL, 1993.

Bjarne Stroustrup: A C++ Programozási nyelv (I-II. kötet), Kiskapu Kft, 2001

W.J. Cook, W.H. Cunningham, W. Puleyblank, and A. Schrijver. Combinatorial Optimization. Series in Discrete Mathematics and Optimization. Wiley-Interscience, Dec 1997.

A. Schrijver. Combinatorial Optimization - Polyhedra and Efficiency. Springer-Verlag, Berlin, Series: Algorithms and Combinatorics , Vol. 24, 2003

Tantárgy neve: Lie-csoportok és szimmetrikus terek (differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 4+2

kreditértéke: 6+3

tantárgyfelelős neve: Verhóczki László (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Lie-csoportok és Lie-algebrák, exponenciális leképezés, adjungált reprezentáció, a Hausdorff-Campbell-Baker-sor. Lie-algebrák struktúrája, nilpotens, feloldható, féligegyszerű és redukált Lie-algebrák. Cartan-részalgebra, féligegyszerű Lie-algebrák osztályozása.

A differenciálható hányadosterek, a homogén Riemann-terek. Az összefüggő kompakt Lie-csoport, mint szimmetrikus tér. A szimmetrikus Riemann-tér izometria-csoportja, mint Lie-csoport. A szimmetrikus Riemann-tér, mint hányadostér. A Riemann-féle szimmetrikus hármastól történő konstrukció. Az exponenciális leképezés és a görbületi tenzor egzakt leírása. Totálgeodetikus részsokaságok és Lie-hármas-rendszerek. A rang értelmezése. A féligegyszerű szimmetrikus Riemann-terek osztályozása. Az irreducibilis szimmetrikus terek.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) S. Helgason: *Differential geometry, Lie groups, and symmetric spaces*, Academic Press, New York, 1978.

Tantárgy neve: Lineáris optimalizálás

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Illés Tibor
tanszéke: Operációkutatási
számonkérés rendje: kollokvium
előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Goldman-Tucker modell. Önduális lineáris programozási feladat. Belsőpont feltétel, beágyazás. Centrális út. Goldman-Tucker tétel. Analitikus centrum, Sonnevend-tétel. Optimális partíció. Erős dualitás tétel, Farkas-lemma. Szigorúan komplementáris megoldás. Pivot algoritmusok. Speciális témakörök.

Kötelező irodalom: -

Ajánlott irodalom:

12. Katta G. Murty: *Linear Programming*. John Wiley & Sons, New York, 1983.
13. Vašek Chvátal: *Linear Programming*. W. H. Freeman and Company, New York, 1983.
14. C. Roos, T. Terlaky and J.-Ph. Vial: *Theory and Algorithms for Linear Optimization: An Interior Point Approach*. John Wiley & Sons, New York, 1997.
15. Illés T., Nagy M. és Terlaky T.: Belsőpontos algoritmusok, *Informatikai Algoritmusok II.*, szerk.: Iványi Antal, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2005, 1230-1297.

Tantárgy neve: Makrogazdaságtan

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Mádi-Nagy Gergely

tanszéke: Operációkutatási Tanszék

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A makroökonómia tárgya, alapfogalmai. Nemzeti össztermék, aggregált javak, aggregált kereslet és kínálat. Fogyasztás, beruházás, megtakarítás, kormányzati költség. Nominál és reál mennyiségek. A gazdaság szereplői: vállalatok, háztartások, kormányzat. Nyitott gazdaság, az export és import szerepe. A gazdaság alapvető piacai: munkapiac, javak piaca, pénzpiac, értékpapírpia. Foglalkoztatás. Árak és infláció. Költségvetési és monetáris politika. A makroökonómia elemzési módszerei, modelljei.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Paul A. Samuelson-William D. Nordhaus: Közgazdaságtan I. Makroökonómia, Bp. KJK., 1999.

N. Gregory Mankiw: Makroökonómia, Bp. Osiris tankönyvek, 1999

McCuerty S.: Macroeconomic Theory, Harper & Row Publ. 1990.

Sargent Th. J.: Macroeconomic Theory, Academic Press, 1987.

Whiteman Ch. H.: Problems in Macroeconomic Theory, Academic Press, 1987.

Tantárgy neve: Matroidelmélet

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Frank András

tanszéke: Operációkutatás

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Matroidok és szubmoduláris függvények. Matroid konstrukciók. Rado tétel, Edmonds metszettétele, matroidok összege. Algoritmusok metszetre és unióra. Gráfelméleti alkalmazások (diszjunkt és fedő fák, gyökeres összefüggés).

Kötelező irodalom:

Frank András, Matroidelmélet (elektronikus jegyzet)

Ajánlott irodalom:

W.J. Cook, W.H. Cunningham, W.R. Pulleybank, and A. Schrijver, Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, 1998.

B. Korte and J. Vygen, Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms, Springer, 2000.,

E. Lawler, Kombinatorikus Optimalizálás: hálózatok és matroidok, Műszaki Kiadó, 1982. (Combinatorial Optimization: Networks and Matroids),

J. G. Oxley, Matroid Theory, Oxford Science Publication, 2004.,

Recski A., Matroid theory and its applications, Springer (1989),

A. Schrijver, Combinatorial Optimization: Polyhedra and efficiency, Springer, 2003. Vol. 24 of the series Algorithms and Combinatorics.,

D. J.A. Welsh, Matroid Theory, Academic Press, 1976.

Tantárgy neve: Mikrogazdaságtan

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Mádi-Nagy Gergely

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Kereslet és kínálat; termelési függvény, Cobb-Douglas és Leontief technológia, a profitmaximalizálás gyenge axiómája, optimalitási feltételek; a költség minimalizálása; Hotelling lemma, LeChatelier elv; költségfüggvények; profit és költség viszonya; fogyasztói preferencia, hasznossági függvény, Marshall és Hicks keresleti függvénye, Roy azonosság; fogyasztói magatartás és kereslet, Engel görbe, Slutsky egyenlet; a versengő piac, adók hatása.

Kötelező irodalom:

Hal R. Varian, Microeconomic Analysis, 3. kiadás, Norton, 1992, New York.

Ajánlott irodalom:

Hal R. Varian, Mikrogazdaságtan, Aula Kiadó.

Tantárgy neve: Multiplikatív számelmélet

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Dr. Szalay Mihály egy. docens

tanszéke: Algebra és Számelmélet Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Számelmélet 2.

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása: Nagy szita, alkalmazások a prímszámeloszlásban. Partíciók, generátorfüggvény. Dirichlet tétele számtani sorozatok prímjeiről. Bevezetés az analitikus számelméletbe.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

M. L. Montgomery, Topics in Multiplicative Number Theory, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1971. (Lecture Notes in Mathematics 227)

Tantárgy neve: Nemkorlátos operátorok Hilbert téren

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Sebestyén Zoltán

tanszéke: Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tsz.

számonkérés rendje: beadható feladatok és kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Nemkorlátos operátorok Hilbert adjungáltja; lezárható és zárt operátorok Neumann jellemzése. Szimmetrikus operátorok lezártja, önadjungált kiterjesztések Neumann elmélete. Nemkorlátos normális operátorok Hilbert téren: a spektráلتétel általános alakja. Pozitív önadjungált operátorok szerepe. Pozitív szimmetrikus operátor önadjungált kiterjesztésének Neumann féle problémája, Krein elmélete: a Krein-Neumann, ill. Friedrichs kiterjesztés, mint legkisebb és legnagyobb lehetséges pozitív önadjungált kiterjesztés. Nemsűrűn definiált pozitív szimmetrikus operátorok önadjungált pozitívvá való kiterjesztésének problémája. Pozitív kvadratikus alakok szerepe (Lebesgue felbontása, parallel összege stb.). Extremális pozitív önadjungált kiterjesztések jellemzése az összes lehetséges kiterjesztések között.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Nemlineáris funkcionálanalízis és alkalmazásai

Tantárgy heti óraszám: 3+2
kreditértéke: 4+3

tantárgyfelelős neve: Karátson János

tanszéke: Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tsz.

számonkérés rendje: beadható feladatok és kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Nemlineáris operátorok alapfogalmai normált terekben. Hemi- és bihemifolytonos operátorok. Gateaux- és Frechet-derivált, középértéktételek. Potenciáloperátorok, a potenciál fogalma és létezésének feltételei. Monoton operátorok és konvex funkcionálok. Térstruktúrák. Nem korlátos pozitív lineáris operátorok energiatere, gyenge megoldás, Friedrich-kiterjesztés. Dualitás reflexív Banach-terekben.

Operátoregyenletek megoldhatósága. Variációs elv nemlineáris operátoregyenletre, egyenlet megoldásának és funkcionál minimalizálásának kapcsolata. Kvadrátikus funkcionál. Funkcionál minimumának létezése. Nemlineáris leképezés bijekció voltának általános feltételei, inverzfüggvény-tételek. Fixponttételek. A variációs elv kiterjesztése nem konvex funkcionálra, a „mountain pass” lemma. A megoldhatósági tételek alkalmazása nemlineáris differenciálegyenletekre

Közelítő módszerek. Iterációs módszerek: Gradiens-módszer Hilbert-térben. Operátoregyenletek megoldása folytonos operátorra. Konstrukció és konvergencia lineáris operátorokra a kvadrátikus funkcionál alapján, ill. nemlineáris monoton potenciáloperátorokra. Nem folytonos operátor esete, prekondicionálás és energiatér. A konjugált gradiens-módszer lineáris operátorokra. Konstrukció és konvergencia szimmetrikus és nem szimmetrikus operátorokra. Kompakt perturbációk és szuperlineáris konvergencia. Prekondicionálás. A Newton-Kantorovics módszer nemlineáris operátorokra Banach-térben. Csillapított és inegzakt változat. Ritz-Galjorkin-féle projekciós módszerek lineáris és nem lineáris operátorokra.

Kötelező irodalom: -----

Ajánlott irodalom:

Zeidler, E.: Nonlinear functional analysis and its applications I-III.

Kantorovich, L.V., Akilov, G.P.: Functional Analysis

Tantárgy neve: Nemlineáris optimalizálás

Tantárgy heti óraszám: 3+0
kreditértéke: 4

tantárgyfelelős neve: Illés Tibor

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Feltétel nélküli minimalizálás. Szükséges és elégséges optimalitási feltételek. Iránymenti keresés. Algoritmusok. Feltételes minimalizálás. Belsőpontos módszerek sima konvex optimalizálásra. Megengedett irányok módszere. Gradiens és vetített gradiens módszerek. Teljes információjú, nem kooperatív, konkáv hasznosság függvényű véges játékok. Brower- és Kakutani-féle fixpont tételek. Nikaidó-tétel. Legjobb válaszok módszere. Nikaidó-Isoda tétel.

Kötelező irodalom: -

Ajánlott irodalom:

16. Kovács Margit: *A nemlineáris programozás elmélete*. TYPOTEX Kft., Budapest, 1997.
17. Béla Martos: *Nonlinear Programming: Theory and Methods*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1975.
18. M. S. Bazaraa, H. D. Sherali and C. M. Shetty: *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms*. John Wiley & Sons, New York, 1993.
19. J.-B. Hiriart-Urruty and C. Lemaréchal: *Convex Analysis and Minimization Algorithms I-II*. Springer-Verlag, Berlin, 1993.
20. J. P. Aubin: *Mathematical Methods of Game and Economic Theor.* North-Holland, Amsterdam, 1982.
21. D. P. Bertsekas: *Nonlinear Programming*. Athena Scientific, 2004.
22. E. de Klerk, C. Roos, Terlaky T.: *Nemlineáris Optimalizálás*. Budapest, 2004.

Tantárgy neve: Operációkutatás számítógépes módszerei

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Fábián Csaba

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Matematikai programozási eljárások implementációs kérdései.
Matematikai programozási feladatok megadása és az eredmény kiértékelése: fejlődés az MPS input/output formátumtól a modellező eszközökig.
LINDO, LINGO lineáris, nemlineáris és egészértékű programcsomag. A CPLEX lineáris, kvadratikus és egészértékű programozási programcsomag.
Modellező eszközök: XPRESS, GAMS, AMPL.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Maros István: [Computational Techniques of the Simplex Method](#), Kluwer Academic Publishers, Boston, 2003

Tantárgy neve: Operációkutatási projekt

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Fullér Róbert

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Valós életből származó problémák matematikai modellek felépítése, az adódó matematikai programozási feladatok megoldása, és az eredmények értelmezése.
Témakörök: pénzügy, távközlés, készletgazdálkodás, logisztika, környezetvédelem, stb.

Kötelező irodalom:

Paul A. Jensen and Jonathan F. Bard,
Operations Research Models and Methods (John Wiley and Sons, 2003)

Ajánlott irodalom:

Mahmut Parlar, Interactive Operations Research with Maple: Methods and Models
(Birkhauser, Boston, 2000)

Tantárgy neve: Operátorfélcsoportok

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditértéke: 3+3

tantárgyfelelős neve: Bátkai András

tanszéke: Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tsz.

számonkérés rendje: beadható feladatok és kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Az operátorfélcsoportokkal kapcsolatos alapfogalmak áttekintése. Alapvető példák valamint konstrukciók. A generátor fogalma, a rezolvens integrálrepresentációja a félcsoport Laplace transzformációjaként. Hille-Yosida tételkör. Disszipatív operátorok, Lumer-Phillips tétel.

Alkalmazások első- és másodrendű differenciáloperátorokra.

Félcsoportok regularitási tulajdonságai (analitikus, differenciálható, normafolytonos, kompakt), közöttük a kapcsolat példák és ellenpéldák segítségével. A korlátos perturbáció, a Dyson-Phillips sor. Kitekintés nemkorlátos perturbációk irányába.

Aszimptotikus tulajdonságok, a félcsoport és a generátor spektrumának viszonya. Zabczyk ellenpéldája. Spektrálleképezés-tétel normafolytonos félcsoportokra. Gearhart tétele Hilbert térbeli félcsoportokra.

Operátorfélcsoportok és az Cauchy probléma kapcsolata, jóldefiniáltság. Az inhomogén egyenlet klasszikus, erős, enyhe és gyenge megoldásfogalmai, ezek közötti viszony. Megoldások reprezentációja.

Példák: késleltetett és populációs egyenletek tárgyalása.

Kötelező irodalom:

Engel, K.-J., Nagel R., A Short Course on Operator Semigroups, Springer-Verlag, Universitext, 2006.

Ajánlott irodalom:

Engel, K.-J., Nagel R., One-parameter Semigroups for Linear Evolution Equations, Springer-Verlag, Graduate Texts in Mathematics 194, 1999.

Bátkai, A., Piazzera, S., Semigroups for Delay Equations, A K Peters, 2005.

Tantárgy neve: Parciális differenciálegyenletek

Tantárgy heti óraszám: 4+2
kreditérték: 6+3

tantárgyfelelős neve: Simon László

tanszéke: Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tsz.

számonkérés rendje: beadható feladatok és kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Fourier-transzformáció. Szoboljev-függvényterek. Rugalmasságtani problémákra és a stacionárius hővezetés egyenletére vonatkozó peremérték és sajátérték feladatok gyenge (Szoboljev-térbeli), variációs és klasszikus megoldása. Kezdeti-peremérték feladatok lineáris egyenletekre: a hővezetés egyenletére és a hullámegyenletre. A gyenge és a klasszikus megoldás vizsgálata a Fourier-módszerrel és a Galjorkin-módszerrel.

Divergencia alakú kvázilineáris elliptikus egyenletekre vonatkozó peremérték feladatok gyenge (Szoboljev-térbeli) megoldása a monoton és pszeudomonoton operátorok elméletének felhasználásával. Elliptikus variációs egyenlőtlenségek. Divergencia alakú kvázilineáris parabolikus egyenletek és funkcionál differenciálegyenletek gyenge megoldása a monoton típusú operátorok elméletének felhasználásával. A megoldások kvalitatív tulajdonságai. Kvázilineáris hiperbolikus egyenletek.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom: V. Sz. Vlagyimirov: Bevezetés a parciális differenciálegyenletek elméletébe. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1979.

V. Sz. Vlagyimirov: Parciális differenciálegyenletek. Feladatgyűjtemény. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1980.

Simon L. – E. A. Baderko: Másodrendű lineáris parciális differenciálegyenletek. Tankönyvkiadó, Bp., 1983.

E. Zeidler, Nonlinear functional equations and its applications II, III. Springer, 1990.

Tantárgy neve: Piacok elemzése

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Vizvári Béla

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Aktuális, konkrét piacok (pl. nagybani élelmiszer, villamosenergia, búza és kukorica világpiaca) leírása, elemzése; árrugalmasságok, árrugalmasságokra épülő piaci modellek, árrugalmasságok számítása konkrét adatokon; dinamikus modellek, trajektóriák lineáris és nemlineáris esetben; attraktor Ljapunov exponens, fraktálok, káosz, a Ljapunov exponens és a fraktál dimenzió mérése számítógépen.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Poliéderes kombinatorika

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Király Tamás

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Teljesen duális egészértékűség. Párosítások konvex burka. Polimatroid metszettétel,
szubmoduláris áramok és alkalmazásaik gráf optimalizálásban (Lucchesi és Younger tétele,
Nash-Williams irányítási tétele)

Kötelező irodalom:

Frank András, Poliéderes kombinatorika (elektronikus jegyzet)

Ajánlott irodalom:

W.J. Cook, W.H. Cunningham, W.R. Pulleybank, and A. Schrijver, Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, 1998.

B. Korte and J. Vygen, Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms, Springer, 2000.

A. Schrijver, Combinatorial Optimization: Polyhedra and efficiency, Springer, 2003. Vol. 24 of the series Algorithms and Combinatorics.

Tantárgy neve: Riemann felületek

Tantárgy heti óraszám: Heti 2+0 óra minden második év 1. félévében párhuzamosan a „Speciális függvények” c. előadással.

Kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Szőke Róbert

tanszéke: Analízis Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Komplex függvénytan (BSc), Algebrai topológia (BSc) és Algebra 4. (BSc) anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása: Absztrakt definíció.

Fedés. Görbe menti folytatás, homotópia. Monodrómia tétel, univerzális fedés, fedőcsoportok.

Dirichlet feladat, Perron módszere. Green függvény. Homológia. Reziduum tétel.

Egyszeresen összefüggő felületek osztályozása, a rájuk vonatkozó Riemann féle alaptétel.

A felület meghatározása a fedőcsoportjából. Fundamentális tartomány, fundamentális poligon.

Analitikus függvények Riemann felülete. Zárt Riemann felületek és komplex algebrai görbék.

Kötelező irodalom: Halász Gábor “Riemann felületek” c. egyetemi jegyzete.

Tantárgy neve: Riemann-geometria (differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 4+2
kreditértéke: 6+3

tantárgyfelelős neve: Csikós Balázs (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium + gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Az exponenciális leképezés a Riemann-sokaságon. Az ívhosszra vonatkozó variációs formulák. Konjugált pontok. A geodetikushoz rendelt index-forma. A Riemann-sokaság teljességének problémája, a Hopf–Rinow-tétel. A Rauch-féle összehasonlítási tételek. A nempozitív Gauss-görbületű sokaságok, a Cartan–Hadamard-tétel. Lokális izometriák Riemann-sokaságok között, a Cartan–Ambrose–Hicks-tétel. A lokálisan szimmetrikus Riemann-terek.

A részsokaságon indukált lineáris konnexió. A második alapforma, a Weingarten-egyenlet. A totálgeodetikus részsokaság. A térfogat variációja, a minimál-részsokaság értelmezése. A görbületi tenzorokra vonatkozó összefüggések. A részsokaság körül vett Fermi-féle koordináta-rendszer. A részsokaság fokális pontjai.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) D. Gromoll, W. Klingenberg, W. Meyer: *Riemannsche Geometrie im Grossen*, Lecture Notes in Mathematics, 55, Springer-Verlag, 1975.
- 2) J. Cheeger, D. Ebin: *Comparison theorems in Riemannian geometry*, North-Holland, 1975.

Tantárgy neve: Speciális függvények

Tantárgy heti óraszám: heti 2+0 óra minden második év 1. félévében párhuzamosan a „Riemann felületek” c. előadással.

Kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Halász Gábor

tanszéke: Analízis Tanszék

Számonkérés rendje: kollokvium vagy házi feladatok+ részvétel

előtanulmányi feltétel: Komplex függvénytan (BSc) és Fourier integrál (BSc) anyaga

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Gamma függvény. Stirling formula a komplex síkon, nyeregpont módszer.

Zeta függvény. Függvényegyenlet, elemi tények a gyökökről. A Prímszámtétel.

Elliptikus függvények. Elliptikus görbék paraméterezése, rácsok. Az anharmonikus és a moduláris csoport fundamentális tartománya.

A teta függvény függvényegyenlete. Holomorf moduláris formák, alkalmazásuk a Négy Négyzetszám tételére.

Kötelező irodalom: Halász Gábor „Speciális függvények” c. (készülő) egyetemi jegyzete.

Tantárgy neve: Statisztikai hipotézisvizsgálat

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Csiszár Villő

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel: Valószínűségszámítás és statisztika

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Statisztikai hipotézisek, próbák, véletlenített próbák. Elsőfajú, másodfajú hiba, szint, terjedelem, erőfüggvény. Likelihood-hányados próba, Neyman-Pearson lemma. Az erő aszimptotikája. Egyoldali ellenhipotézis monoton likelihood-hányadosú osztályban. Kétoldali ellenhipotézis exponenciális eloszláscsaládban. Hasonlóság, Neyman-struktúra. Hipotézisvizsgálat zavaró paraméterek jelenlétében.

A klasszikus paraméteres próbák optimalitása. Aszimptotikus próbák. Általánosított likelihood-hányados próba, a khi-négyzet próbák levezetése.

A tapasztalati folyamat konvergenciája Brown-hídhöz. Gauss-folyamatok Karhunen-Loève sorfejtése. A klasszikus nemparaméteres próbák aszimptotikus elemzése.

Invariáns és Bayes-próbák.

A konfidenciahalmazok elméletének kapcsolata a hipotézisvizsgálattal.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Bolla M.–Krámlai A.: Statisztikai következtetések elmélete. Typotex Kiadó, Budapest, 2005.

A. A. Borovkov: Matematikai statisztika. Typotex Kiadó, Budapest, 1999.

E. L. Lehmann: Testing Statistical Hypotheses, 2nd Ed., Wiley, New York, 1986.

Tantárgy neve: Statisztikai programcsomagok 2.

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Zempléni András

tanszéke: Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

számonkérés rendje: gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel: Többdimenziós statisztikai eljárások

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Többdimenziós statisztikai eljárások és számítógépes eszközeik megismerése és áttekintése. Dimenziócsökkentés. Főkomponens-, faktoranalízis és kanonikus korreláció. Diszkrét adatok feldolgozási módszerei. Bináris adatok feldolgozása, logisztikus regresszió. Skálázás, skálázáson alapuló módszerek. Korrespondencia-analízis. Csoportosítás. Klaszteranalízis és klasszifikáció. Élettartam-adatokat feldolgozó módszerek. Probit, logit és nemlineáris regresszió. Élettartam-táblák, Cox-regresszió.
Az óra számítógépes gyakorlat. Felhasznált eszközök EXCEL, Statistica, SPSS, SAS, R-project.

Kötelező irodalom:

<http://www.cs.elte.hu/u/prohlet/jegyzetek/StPrsom2>

Ajánlott irodalom:

Móri F. T.- Székely J. G. (szerk.). Többváltozós statisztikai analízis, Műszaki Könyvkiadó, 1986, ISBN 963 10 6806 4

<http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>

http://www.spss.com/stores/1/Training_Guides_C10.cfm

http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf

<http://www.r-project.org/doc/bib/R-books.html>

http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/stats/stats.pdf

Tantárgy neve: Sztochasztikus optimalizálás

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Fábrián Csaba

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Statikus és dinamikus modellek. Az adódó sztochasztikus programozási feladatok matematikai jellemzése és megoldó módszereik.

Lonkonkáv mértékek alaptétele. Valószínűségi korlátok illetve valószínűséget tartalmazó célfüggvények logkonkávítása. Kiértékelésük közelítő szimulációs eljárásokkal.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Kall, P., Wallace, S.W., Stochastic Programming, Wiley, 1994.

Prékopa A., Stochastic Programming, Kluwer, 1995.

Birge, J.R., Louveaux, F.: Introduction to Stochastic Programming, Springer, 1997-1999.

Tantárgy neve: Sztochasztikus optimalizálás gyakorlat

Tantárgy heti óraszám: 0+2

kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Fábián Csaba

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Sztochasztikus modellek áttekintése példákon keresztül. A korlátok és célok különböző megfogalmazásai: várható értékkel, feltételes várható értékkel, valószínűséggel.

Egyszerű modellek felépítése, feladatok megfogalmazása és megoldása.

Alkalmazások bemutatása.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Kall, P., Wallace, S.W., Stochastic Programming, Wiley, 1994.

Prékopa A., Stochastic Programming, Kluwer, 1995.

Birge, J.R., Louveaux, F.: Introduction to Stochastic Programming, Springer, 1997-1999.

Tantárgy neve: Termelésirányítás

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Fábrián Csaba

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A termelés mint fizikai és információs folyamat, a termelésirányítás kapcsolatai a vállalaton belül, Harris formula, sorozatnagyság meghatározása: Wagner-Within modell és általánosításai, szerelőszalag kiegyensúlyozása, rugalmas gyártó rendszerek ütemezése, csoportos technológia, MRP és JIT rendszerek.

Kötelező irodalom:

Vizvári Béla, Bevezetés a termelésirányítás matematikai elméletébe, ELTE, 1994.

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Többfüggvényű optimalizálás

Tantárgy heti óraszám: 0+2
kreditértéke: 3

tantárgyfelelős neve: Fullér Róbert

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: gyakorlati jegy

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Pareto optimalitás, Az epsilon korlátozások módszere, Az értékelő függvény módszer, Interaktív módszerek, Lexikografikus optimalizálás, A referencia pontok módszere, A trade-off módszer.

Kötelező irodalom:

K.Miettinen, Nonlinear Multiobjective Optimization, (Kluwer, 1999).

Ajánlott irodalom:

Ralph L. Keeney and Howard Raiffa, Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, (Cambridge University Press, 1993).

Tantárgy neve: Topologikus vektorterek és Banach-algebrák

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditérték: 3+3

tantárgyfelelős neve: Kristóf János

tanszéke: Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tsz.

számonkérés rendje: beadható feladatok és kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Lineáris topológiák alaptulajdonságai, projektíven előállított lineáris topológiák, lokálisan kompakt topologikus vektorterek, metrizálható topologikus vektorterek, lokálisan konvex és polinormálható terek, induktívan előállított lokálisan konvex terek, Krein-Milman tétel, a Hahn-Banach tétel geometriai formája, korlátosság topologikus vektortéren és a normálhatóság kritériuma, lokálisan konvex lineáris függvényterek, Ascoli-tételek, Alaoglu-Bourbaki tétel, Banach-Alaoglu tétel, Banach-Steinhaus tétel, a dualitás-elmélet elemei, dualitással kompatibilis topológiák, Mackey-Arens tétel, speciális lokálisan konvex terek (Mackey-terek, bornologikus terek, hordós terek, Montel-terek, reflexív terek). Banach-algebrák és a Gelfand-reprezentáció, kommutatív komplex Banach algebra Gelfand-reprezentációja, holomorf függvényszámítás, B^* -algebrák és C^* -algebrák, első Gelfand-Najmark tétel és folytonos függvényszámítás, absztrakt Stone-tétel, pozitivitás C^* -algebrákban, Baer C^* -algebrák

Kötelező irodalom: Kristóf János Analízis IV. <http://cs.elte.hu/~krja>

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Univerzális algebra és hálóelmélet (matematikus MSc, differenciált szakmai)

Tantárgy heti óraszám: 2+2
kreditérték: 3+3
tantárgyfelelős neve: Kiss Emil
tanszéke: Algebra és Számelmélet
számonkérés rendje: kollokvium és gyakorlati jegy
előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Hasonlósági típus, algebra, klónok, termék, polinomok. Részalgebra, direkt szorzat, homomorf kép, azonosság, varietás, szabad algebra, Birkhoff tételei. Részalgebrahálók, kongruenciahálók, Grätzer-Schmidt tétele. Malcev-lemma. Szubdirekt felbontás, szubdirekt irreducibilis algebrák, Quackenbush-probléma.

Malcev-feltételek, a kongruencia-felcserélhető, a kongruencia-disztributív és a kongruencia-moduláris varietások jellemzése. Jónsson-lemma, Fleischer-tétel. Hálók kongruenciái, hálóvarietások.

Partícióhálók, minden háló beágyazható partícióhálóba. Szabad hálók. Whitman-feltétel, az elemek kanonikus alakja, a szabad háló atomjai, a szabad háló féldisztributív, a műveletek "folytonosak". Létezik fixpontmentes monoton függvény.

Lezárási rendszerek. Teljes algebrai és geometriai hálók. Moduláris hálók. A három elemmel generált szabad moduláris háló. Jordan-Dedekind láncfeltétel. Félig moduláris hálók. Disztributív hálók.

Hálók és geometria: projektív geometriák altérhálói. Desargues-azonosság, geomoduláris hálók. Koordinátázás. Komplementumos hálók. Relatív komplementumos hálók kongruenciái.

Teljességi kérdések, primál és függvényteljes algebrák, jellemzéseik, diszkriminátor-varietások. Direkt reprezentálható varietások.

Freese-Lampe-Taylor tétele kevés alpművelettel rendelkező algebrák kongruenciahálójáról. Abel-féle algebrák, centralitás, a kommutátor tulajdonságai moduláris varietásokban. A differencia-term, az Abel-féle algebrák alaptétele. Az általánosított Jónsson-tétel. Freese-McKenzie tétele: a reziduálisan kicsi, végesen generált moduláris varietások jellemzése.

McKenzie, Pálffy és Pudlak eredményei véges algebrák kongruenciahálójáról. Az indukált algebra fogalma, geometriájuk tulajdonságai, kapcsolat az algebra és az indukált algebrai kongruenciahálójá között. A minimális algebra fogalma és szerkezete. A típusok és a kongruenciaháló alakjának kapcsolata. Feloldható algebrák.

A szabad spektrum függvény viselkedése. Abel-féle varietások. A szubdirekt irreducibilis algebrák eloszlása. Véges bázis tételek. Eldönthető elsőrendű elméletű varietások, eldönthetetlenségi tételek.

Kötelező irodalom: --

Ajánlott irodalom:

Kiss Emil: Bevezetés az algebraiba

Burris-Sankappanavar: Bevezetés az univerzális algebraiba

Freese-McKenzie: Commutator theory for congruence modular varieties

Hobby-McKenzie: The structure of finite algebras

Tantárgy neve: Ütemezéselmélet

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Jordán Tibor

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Egygépes feladatok: sorba rendezések, dinamikus programozás, közelítő megoldások LP-relaxációval. Párhuzamos és uniform gépek: listás ütemezés, Hu algoritmus, megelőzési feltételek, megszakítható munkák. Shop modellek: ütemezés párosításokkal, Johnson algoritmus. Branch and bound, ládapakolás.

Kötelező irodalom: elektronikus jegyzet

Ajánlott irodalom:

Tantárgy neve: Vállalatgazdaságtan

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Vizvári Béla

tanszéke: Operációkutatási

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A monopólium, Lerner index, termékválasztás: horizontális differenciálás, hirdetés és szolgáltatás hatása, vertikális differenciálás, árdiszkrimináció, vertikális irányítás Bertrand paradoxon, ismételt játékok, árverseny, hallgatólagos összejátszás, K+F szerepe a versenyben.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Jean Tirole, The Theory of Industrial Organization, The MIT Press, Cambridge, 1997.

Tantárgy neve: Válogatott fejezetek a gráfelméletből

Tantárgy heti óraszám: 2+0

kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Lovász László

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:
Válogatott fejezetek a gráfelméletből. Néhány téma: sajátértékek, automorfizmusok,
gráf-polinomok (pl. Tutte polinom), topológiai problémák.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom:

Lovász L.: Kombinatorikai problémák és feladatok, Typotex

Tantárgy neve: Véges geometria (differenciált szakmai anyag)

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Kiss György (docens)

tanszéke: Geometriai Tanszék

számonkérés rendje: kollokvium

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

Projektív és affin síkok axiomatikus bevezetése, példák véges síkokra, nem-desarguesi síkok. Kollineációk, nevezetes záródási tételek, Baer tétele, projektív síkok koordinátázása. Magasabb dimenziós projektív terek.

Ívek, oválisok, teljes ívek, az érintők lemmája. Algebrai görbék pontjainak számára vonatkozó becslések. Lefogó ponthalmazok, a Rédei-polinom néhány alkalmazása. Többszörösen lefogó ponthalmazok és (k,n) -ívek. Magasabb dimenziós ívek, süvegek, ovoidok.

Magasabb dimenziós reprezentációk, befedések, pakolások. Lineáris komplexusok, általánosított sokszögek. Hiperoválisok.

A véges geometriák néhány kombinatorikai, kódelméleti és kriptográfiai alkalmazása.

Kötelező irodalom: –

Ajánlott irodalom:

- 1) Kiss György, Szőnyi Tamás: *Véges geometriák*, Polygon Kiadó, Szeged, 2001.
- 2) Hirschfeld, J.W.P.: *Projective Geometries over Finite Fields*, 2nd edition, Clarendon Press, Oxford, 1999.
- 3) Hirschfeld, J.W.P.: *Finite Projective Spaces of Three Dimensions*, Clarendon Press, Oxford, 1985.

Tantárgy neve: WWW és hálózatok matematikája

Tantárgy heti óraszám: 2+0
kreditérték: 3

tantárgyfelelős neve: Benczúr András

tanszéke: Számítógéptudományi

számonkérés rendje: vizsga

előtanulmányi feltétel:

Az elsajátítandó ismeretanyag rövid (néhány soros) leírása:

A Webkeresőrendszerek felépítése: robot architektúra és robotkizáró protokoll, a dokumentumfeldolgozás menete, invertált index. A találati lista rangsoroláskor használt jellemzők.

Markov-láncok és véletlen séták gráfokon. Elérési és visszatérési valószínűségek, erősen összefüggő komponensek, ergodikus Markov láncok. Sajátértékek, sajátvektorok és a stacionárius eloszlás.

Page Rank és alkalmazásai: személyre szabott rangsor, hasonlóságkeresés. Átfogalmazás séták végpont-eloszlására és hatékony algoritmusok.

Szinguláris felbontás: a felbontás létezésének bizonyítása. Mátrixnormák, kis rangú közelítések.

A HITS algoritmus: meghatározó tartalmak és gyűjtőoldalak rangsora. Az algoritmus és a szinguláris felbontás kapcsolata, egy szinguláris felbontás algoritmus bemutatása.

Spektrál gráfklaszterezés, a sajátérték rés és az expanzió kapcsolata. Expanderek.

Gráfmodellek: a Barabási-féle preferált illeszkedés és kapcsolódó modellek. Kis világ modellek. Fokszámeloszlással és átmérővel kapcsolatos tételek.

Weboldalak átmeneti tárolása. Keresőrendszerek adatbázisának frissítése.

Kötelező irodalom:

Ajánlott irodalom: Searching the Web. A Arasu, J Cho, H Garcia-Molina, A Paepcke, S Raghavan. ACM Transactions on Internet Technology, 2001

Randomized Algorithms, R Motwani, P Raghavan, ACM Computing Surveys, 1996

The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web, L. Page, S. Brin, R. Motwani, T. Winograd. Stanford Digital Libraries Working Paper, 1998.

Authoritative sources in a hyperlinked environment, J. Kleinberg. SODA 1998.

Clustering in large graphs and matrices, P Drineas, A Frieze, R Kannan, S Vempala, V Vinay Proceedings of the tenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms, 1999.

Barabási Albert László: Behálózza. Magyar Könyvklub. 2003.

[David Karger](#), Alex Sherman, Andy Berkheimer, Bill Bogstad, Rizwan Dhanidina, Ken Iwamoto, Brian Kim, Luke Matkins, Yoav Yerushalmi: Web Caching and Consistent Hashing, in Proc. WWW8 conference