ELMÉLETI ALAPOZÁS TÁRGYKÍNÁLATA					**kontakt óra per hét / kredit / vizsgák**
	I.	**II.**	**III.**	**IV.**	
Elméleti alapozás	**12/14/2v**	**4/6/1v**	**0/0/0v**	**0/0/0v**	**16/20/3v**
Az alábbi tárgyak közül a hallgatónak szükség és oktatói előírás szerint maximum 20 kreditnyit kell teljesítenie. Azok a hallgatók, akiknek az alapozó tárgyakból 20-nál kevesebb kreditnyi teljesíteni valójuk van, a fennmaradó kredit-keretet választható szakmai tárgyakkal töltik ki.					
Algebra és számelmélet blokk					
Lineáris algebra	4/2/0/v/6				
Számelmélet	2/2/0/v/5				
Algebra 1		2/2/0/v/4			
Algebra 2		2/2/0/v/4			
Analízis blokk					
Analízis 1, 2	4/2/0/v/6	4/2/0/v/6			
Analízis 3, 4	2/2/0/v/5	1/1/0/f/2			
Differenciálegyenletek		4/2/0/v/6			
Parciális differenciálegyenletek 1		2/2/0/f/5			
Funkcionálanalízis		4/2/0/v/6			
Numerikus módszerek 1	4/0/2/v/6				
Diszkrét matematika és számítástudomány blokk					
Kombinatorika és gráfelmélet 1, 2	2/1/0/v/4	2/1/0/f/3			
Algoritmuselmélet	2/2/0/f/4				
Kriptográfia és kódelmélet		3/0/0/v/3			
Informatika 2		1/0/1/f/2			
Informatika 4		0/0/4/f/4			
Geometria blokk					
Geometria		4/2/0/v/6			
Differenciálgeometria 1	2/1/0/f/3				
Differenciálgeometria 2	2/2/0/v/4				
Operációkutatás és gazdasági matematika blokk					
Operációkutatás		2/2/0/f/4			
Optimalizálási modellek	0/0/2/f/2				
Bevezetés a makro-/mikroökonómiába	2/0/0/f/2	2/0/0/f/2			
Közgazdasági és pénzügyi matematika		2/2/0/v/6			
Biztosításmatematika 1		2/0/0/f/3			
Sztochasztika blokk					
Valószínűségszámítás 1	2/2/0/v/4				
Valószínűségszámítás 2, 3	1/1/0/f/2	1/1/0/f/2			
Matematikai statisztika	2/2/0/v/4				
Statisztikai programcsomagok 1	0/0/2/f/2				
Sztochasztikus folyamatok		2/2/0/f/6			
Biomatematika blokk					
Sztochasztikus modellek a bioinformatikában		2/0/0/f/3			
Dinamikai modellek a biológiában		2/0/0/f/3			

BME MATEMATIKUS MESTERSZAK OPTIMALIZÁLÁS SPECIALIZÁCIÓ PÁRATLAN ÉVEKBEN INDULÓ ÉVFOLYAMOKNAK					**jelölés: kontakt óra per hét/kredit/vizsga**
	I.	**II.**	**III.**	**IV.**	**összesen**
(A) Elméleti alapozás	**12/14/1v**	**4/6/1v**	**0/0/0v**	**0/0/0v**	**16/20/2v**
Szemeszter	**I.**	**II.**	**III.**	**IV.**	
(B) Szakmai törzsanyag	**4/5/1v**	**8/10/1v**	**8/10/2v**	**4/5/0v**	**24/30/4v**
Az alábbi tárgyakból legalább 6-ot kell teljesíteni, olyan módon, hogy legalább 4 témakörből kell a tárgyakat kiválasztani. A *****-gal megjelölt tárgyakat az Optimalizálás specializáció hallgatóinak kötelezően fel kell venniük.					
Algebra és számelmélet blokk					
Kommutatív algebra és algebrai geometria			3/1/0/f/5		
Csoportelmélet		3/1/0/v/5			
Analízis blokk					
Dinamikai rendszerek		3/1/0/v/5			
Fourier-analízis és függvénysorok	3/1/0/v/5				
Parciális differenciálegyenletek 2		3/1/0/f/5			
Diszkrét matematika blokk					
Elméleti számítástudomány		3/1/0/f/5			
Algebrai és általános kombinatorika	3/1/0/v/5				
Geometria blokk					
Reprezentációelmélet				3/1/0/f/5	
Differenciálgeometria és topológia	3/1/0/v/5				
Operációkutatás blokk					
Globális optimalizálás*****				3/1/0/f/5	
Lineáris programozás *****			3/1/0/v/5		
Sztochasztika blokk					
Sztochasztikus analízis és alkalmazásai			3/1/0/v/5		
Statisztika és információelmélet *****		3/1/0/f/5			
(C) A specializáció tárgyai	**10/11/1v**	**8/9/1v**	**10/10/1v**	**8/10/2v**	**36/40/5v**
Nemlineáris programozás				3/1/0/v/5	
Kombinatorikus optimalizálás				3/1/0/v/5	
Sztochasztikus programozás		3/1/0/v/5			
Operációkutatási programrendszerek			0/0/2/f/2		
Irányítási rendszerek			2/0/0/v/3		
Bevezetés a közgazdasági dinamikába	3/1/0/v/5				
Játékelmélet	2/0/0/f/3				
Ökonometria	0/0/2/f/2				
Témalabor 1, 2		0/0/4/f/4	0/0/4/f/4		
Matematikai modellalkotás 1, 2	2/0/0/f/1		2/0/0/f/1		
(D) Választható tárgyak	**0/0/0v**	**5/5/1v**	**5/5/1v**	**0/0/0v**	**10/10/2v**
Szabadon választható szakmai tárgyak nincs előre rögzítve		3/0/0/v/3	3/0/0/v/3 2/0/0/f/2		
Kötelezően választható társadalomtudományi/ gazdaságtudományi tárgy		2/0/0/f/2			
(E) Diplomamunka	**0/0/0v**	**0/0/0v**	**2/5/0v**	**8/15/1v**	**10/20/1v**
Beszámoló		0/0/0/a/0			
Diplomamunka előkészítés			0/2/0/f/5		
Diplomamunka készítés				0/8/0/v/15	
Összesen óra/kredit/vizsgák száma	**26/30/3v**	**25/30/4v**	**25/30/4v**	**20/30/3v**	**96/120/14v**

(jelölés: előadás/gyakorlat/labor/**v**izsga vagy **f**élévközi jegy/kredit)
Nincs szakmai gyakorlat, helyette a hallgatók a **Témalabor** tárgy keretében oldanak meg valódi alkalmazásokhoz kapcsolódó problémákat.

A mintatanterv B és C csoportjában szereplő vizsgára végződő tárgyakat a nem mintatanterv szerinti félévekben vizsgakurzusként hirdetjük meg, a C csoport összes félévközi jegyre végződő tárgyát és a Parciális differenciálegyenletek 2, a Statisztika és információelmélet és a Globális optimalizálás tárgyakat hallgatói igény esetén a másik paritású év azonos félévében is meghirdetjük korlátozott létszámmal.

BME MATEMATIKUS MESTERSZAK OPTIMALIZÁLÁS SPECIALIZÁCIÓ PÁROS ÉVEKBEN INDULÓ ÉVFOLYAMOKNAK					**jelölés: kontakt óra per hét/kredit/vizsga**
	I.	**II.**	**III.**	**IV.**	**összesen**
(A) Elméleti alapozás	**12/14/1v**	**4/6/1v**	**0/0/0v**	**0/0/0v**	**16/20/2v**
Szemeszter	**I.**	**II.**	**III.**	**IV.**	
(B) Szakmai törzsanyag	**8/10/2v**	**4/5/0v**	**4/5/1v**	**8/10/1v**	**24/30/4v**
Az alábbi tárgyakból legalább 6-ot kell teljesíteni, olyan módon, hogy legalább 4 témakörből kell a tárgyakat kiválasztani. A *****-gal megjelölt tárgyakat az Optimalizálás specializáció hallgatóinak kötelezően fel kell venniük.					
Algebra és számelmélet blokk					
Kommutatív algebra és algebrai geometria	3/1/0/f/5				
Csoportelmélet				3/1/0/v/5	
Analízis blokk					
Dinamikai rendszerek				3/1/0/v/5	
Fourier-analízis és függvénysorok			3/1/0/v/5		
Parciális differenciálegyenletek 2				3/1/0/f/5	
Diszkrét matematika blokk					
Elméleti számítástudomány				3/1/0/f/5	
Algebrai és általános kombinatorika			3/1/0/v/5		
Geometria blokk					
Reprezentációelmélet		3/1/0/f/5			
Differenciálgeometria és topológia			3/1/0/v/5		
Operációkutatás blokk					
Globális optimalizálás*****		3/1/0/f/5			
Lineáris programozás *****	3/1/0/v/5				
Sztochasztika blokk					
Sztochasztikus analízis és alkalmazásai	3/1/0/v/5				
Statisztika és információelmélet *****				3/1/0/f/5	
(C) A specializáció tárgyai	**6/6/1v**	**12/14/2v**	**14/15/1v**	**4/5/1v**	**36/40/5v**
Nemlineáris programozás		3/1/0/v/5			
Kombinatorikus optimalizálás		3/1/0/v/5		3/1/0/v/5	
Sztochasztikus programozás				3/1/0/v/5	
Operációkutatási programrendszerek	0/0/2/f/2				
Irányítási rendszerek	2/0/0/v/3				
Bevezetés a közgazdasági dinamikába			3/1/0/v/5		
Játékelmélet			2/0/0/f/3		
Ökonometria			0/0/2/f/2		
Témalabor 1, 2		0/0/4/f/4	0/0/4/f/4		
Matematikai modellalkotás 1, 2	2/0/0/f/1		2/0/0/f/1		
(D) Választható tárgyak	**0/0/0v**	**5/5/1v**	**5/5/1v**	**0/0/0v**	**10/10/2v**
Szabadon választható szakmai tárgyak nincs előre rögzítve		3/0/0/v/3	3/0/0/v/3 2/0/0/f/2		
Kötelezően választható társadalomtudományi/ gazdaságtudományi tárgy		2/0/0/f/2			
(E) Diplomamunka	**0/0/0v**	**0/0/0v**	**2/5/0v**	**8/15/1v**	**10/20/1v**

Beszámoló		0/0/0/a/0			
Diplomamunka előkészítés			0/2/0/f/5		
Diplomamunka készítés				0/8/0/v/15	

Nincs szakmai gyakorlat, helyette a hallgatók a **Témalabor** tárgy keretében oldanak meg valódi alkalmazásokhoz kapcsolódó problémákat.
A mintatanterv B és C csoportjában szereplő vizsgára végződő tárgyakat a nem mintatanterv szerinti félévekben vizsgakurzusként hirdetjük meg, a C csoport összes félévközi jegyre végződő tárgyát és a Parciális differenciálegyenletek 2, a Statisztika és információelmélet és a Globális optimalizálás tárgyakat hallgatói igény esetén a másik paritású év azonos félévében is meghirdetjük korlátozott létszámmal.

(B)
Szakmai törzsanyag tárgyai
Primary body professional courses

Jelölés: Az egyes tárgyak leírásában megjelentetett **e/g/l/t/k** jelölés feloldása

e = előadások heti óraszáma,

g = gyakorlatok heti óraszáma,

l = laboratóriumi foglalkozások heti óraszáma,

t = teljesítés módja = v(izsga) vagy f(élévközi jegy),

k = kreditszám.

Notation: Meaning of notation **e/g/l/t/k** appearing in the description of each course:

e = lecture hours per week

g = in-class exercise hours per week

l = laboratory work hours per weak

t = type of examination = „v" stands for oral or written exam, „f" stands for final mark given on basis of midterm exams and home works

k = number of credits

Kommutatív algebra és algebrai geometria
3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: egyéb, KKK szerint nem besorolt)

Tárgyfelelős: Küronya Alex
További oktatók: Horváth Erzsébet, Rónyai Lajos

Zárt algebrai halmazok és koordinátagyűrűik, morfizmusok, irreducibilitás, dimenzió, Hilbert-féle Nullstellensatz, radikálideálok és részvarietások közti megfeleltetés.
Monomiális rendezések, Gröbner-bázisok, Buchberger-algoritmus, számítások polinomgyűrűkben.
Reguláris függvényektől a racionális leképezésekig, lokális gyűrű, kévék alapfogalmai, gyűrűzött terek.
Projektív tér és részvarietásai, homogén koordinátagyűrű, morfizmusok, projektív varietás képe zárt.
Geometriai konstrukciók: Segre- és Veronese-leképezések, Grassmann-varietások, pontból történő vetítés, felfújás.
Affin és projektív varietások dimenziója, hiperfelületek.
Sima varietások, Zariski-érintőtér, Jacobi-feltétel.
Hilbert-polinom és Hilbert-függvény, példák, számítógépes kísérletek.
Gyűrűk és modulusok alapfogalmai, láncfeltételek, szabad modulusok.
Végesen generált modulusok, Cayley–Hamilton-tétel, Nakayama-lemma.
Lokalizáció és tenzorszorzat.
Modulusok szabad feloldásai, modulusok Gröbner-elmélete, számítások modulusokkal, a Hilbert-féle kapcsolat-tétel.

Irodalom:
Andreas Gathmann: A. Gathmann, Algebraic geometry, notes for a one-year course taught in the Mathematics International program at the University of Kaiserslautern (2003), http://www.mathematik.uni-kl.de/~gathmann/en/pub.html
I.R. Shafarevich: Basic Algebraic Geometry I.-II., Springer Verlag (1995)
Miles Reid: Undergraduate Commutative Algebra, Cambridge University Press (1996)
Robin Hartshorne: Algebraic Geometry, Springer Verlag (1977)
M.F. Atiyah, I.G. Macdonald: Introduction to commutative algebra, Addison Wesley Publishing (1994)

Commutative algebra and algebraic geometry
3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: not specified)

Course coordinator: Alex Küronya
Other instructors: Erzsébet Horváth, Lajos Rónyai

Remark: Students taking the course are expected to learn at least one computer algebra package (Macaulay 2 or Singular) intended for the purposes of commutative algebra. It is strongly suggested that the students submit weekly homeworks ets.
Closed algebraic sets and their coordinate rings, morphisms, irreducibility and dimension, Hilbert Nullstellensatz, the correspondence between radical ideals and subvarieties of affine space.
Monomial orders, Gröbner bases, Buchberger algorithms, computations in polynomial rings.
From regular functions to rational maps, local rings, fundamentals of sheaf theory, ringed spaces.
Projective space and its subvarieties, homogeneous coordinate ring, morphisms, the image of a projective variety is closed.
Geometric constructions: Segre and Veronese embeddings, Grassmann varieties, projection from a point, blow-up.
Dimension of affine and projective varieties, hypersurfaces.
Smooth varieties, Zariski tangent space, the Jacobian condition.
Hilbert function and Hilbert polynomial, examples, computer experiments.
Basic notions of rings and modules, chain conditions, free modules.
Finitely generated modules, Cayley-Hamilton theorem, Nakayama lemma.
Localization and tensor product.
Free resolutions of modules, Gröbner theory of modules, computations, Hilbert syzygy theorem.

References:
Andreas Gathmann: A. Gathmann, Algebraic geometry, notes for a one-year course taught in the Mathematics International program at the University of Kaiserslautern (2003) , http://www.mathematik.uni-kl.de/~gathmann/en/pub.html
I.R. Shafarevich: Basic Algebraic Geometry I.-II., Springer Verlag (1995)
Miles Reid: Undergraduate Commutative Algebra, Cambridge University Press (1996)
Robin Hartshorne: Algebraic Geometry, Springer Verlag (1977)
M.F. Atiyah, I.G. Macdonald: Introduction to commutative algebra, Addison Wesley Publishing (1994)

Csoportelmélet

3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: nincs)

Tárgyfelelős: Horváth Erzsébet
További oktatók: Lukács Erzsébet, Héthelyi László, Rónyai Lajos

Permutáciocsoportok, csoporthatások. Konjugáltság, normalizátor, cetralizátor, centrum, osztályegyenlet, Cauchy tétele. Csoport automorfizmusai, szemidirekt szorzat, koszorúszorzat. Csoportb_vítések. Sylow-tetelek. Véges p-csoportok. Nilpotens, ill. feloldható csoportok. Véges nilpotens csoportok jellemzése. Transzfer, normál komplementumtételek. Szabad csoportok, definiáló relációk. Szabad Abel-csoportok. Végesen generált Abel-csoportok alaptétele, alkalmazások. Lineáris csoportok, klasszikus csoportok. A reprezentációelmélet elemei.

Irodalom:

P.J. Cameron, Permutation groups, LMS Student Texts 45, CUP 1999.
B. Huppert, Endliche Gruppen I. Springer 1967.
D. Gorenstein, Finite groups, Chelsea Publishing Company, 1980.
M. Aschbacher, Finite group theory, Cambridge Studies in Advanced Mathematics 10, CUP 2000.
D.J.S. Robinson, A course in the theory of groups, GTM 80, Springer 1996.
J.J. Rotman, An introduction to the theory of groups, GTM 148, Springer 1995.
B. Szendrei Mária, Czédli Gábor, Szendrei Ágnes, Absztrakt algebrai feladatok, JATE TTK, JATEPress 1993.

Group theory

3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: not specified)

Course coordinator: Erzsébet Horváth
Other instructors: Erzsébet Lukács, László Héthelyi, Lajos Rónyai

Permutation groups, group actions. Conjugacy classes, normalizer, centralizer, centre. Class equation, Cauchy's theorem. Group authomorphisms, semidirect product, wreath product. Group extensions. Sylow theorems. Finite p-groups. Solvable and nilpotent groups. Characterization of finite nilpotent groups. Transfer, normal p-complement theorems. Free groups, presentations. Free abelian groups, Fundamental theorem of finitely generated abelian groups, applications. Linear groups, classical groups. Elements of representation theory.

References:

P.J. Cameron, Permutation groups, LMS Student Texts 45, CUP 1999.
B. Huppert, Endliche Gruppen I. Springer 1967.
D. Gorenstein, Finite groups, Chelsea Publishing Company, 1980.
M. Aschbacher, Finite group theory, Cambridge Studies in Advanced Mathematics 10, CUP 2000.
D.J.S. Robinson, A course in the theory of groups, GTM 80, Springer 1996.

J.J. Rotman, An introduction to the theory of groups, GTM 148, Springer 1995.
B. Szendrei Mária, Czédli Gábor, Szendrei Ágnes, Absztrakt algebrai feladatok, JATE TTK, JATEPress 1993.

Dinamikai rendszerek
3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Alkalmazott analízis)

Tárgyfelelős: Bálint Péter
További oktatók: Simon Károly

Folytonos és diszkrét idejű dinamikai rendszerek, folytonos versus diszkrét: követőfüggvény, diszkretizáció. Egyensúlyi helyzetek lokális elmélete: Grobman–Hartman lemma, stabil-instabil-centrális sokaság, Poincaré normálforma. Attraktorok, Ljapunov-függvények, LaSalle-elv, fázisportré. Strukturális stabilitás, egyensúlyi helyzetek/fixpontok és periodikus megoldások elemi bifurkációi, bifurkációs görbék biológiai modellekben. Sátor és logaritmikus függvények, Smale-patkó, szolenoid: topológiai, kombinatorikus, mértékelméleti tulajdonságok. Káosz a Lorenz-modellben.

Irodalom:
P. Glendinning: Stability, Instability and Chaos, Cambridge University Press, Cambridge, 1994
C. Robinson: Dynamical Systems, CRC Press, Boca Raton, 1995
S. Wiggins: Introduction to Applied Nonlinear Analysis and Chaos, Springer, Berlin, 1988

Dynamical systems
3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: Applied analysis)

Course coordinator: Péter Bálint
Other instructors: Károly Simon

Continuous-time and discrete-time dynamical systems, continuous versus descrete: first return map, discretization. Local theory of equilibria: Grobman–Hartman lemma, stable-unstable-center manifold, Poincaré's normal form. Attractors, Liapunov functions, LaSalle principle, phase portrait. Structural stability, elementary bifurcations of equilibria, of fixed points, and of periodic orbits, bifurcation curves in biological models. Tent and logistic curves, Smale horseshoe, solenoid: properties from topological, combinatorial, and measure theoretic viewpoints. Chaos in the Lorenz model.

References:
P. Glendinning: Stability, Instability and Chaos, Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
C. Robinson: Dynamical Systems, CRC Press, Boca Raton, 1995.
S. Wiggins: Introduction to Applied Nonlinear Analysis and Chaos, Springer, Berlin, 1988.

Fourier analízis és függvénysorok
3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Alkalmazott analízis)

Tárgyfelelős: G. Horváth Ákosné
További oktatók: Horváth Miklós, Járai Antal

A trigonometrikus rendszer teljessége. Fourier-sorok. A Parseval képlet és alkalmazásai. Ortogonális függvényrendszerek, Legendre polinomok, Haar- és Rademacher-féle rendszerek. Bevezetés a waveletekbe, wavelet ortonormált rendszerek és alkalmazásaik. Integrálható függvények Fourier-transzformációja.
Laplace-transzformáció és alkalmazásai. Fourier-sorok konvergenciája, Dirichlet-féle formula, Dini és Lipschitz konvergencia kritériumok. Fejér példája divergens Fourier sorra. Fourier-sorok összegezése, Fejér tétele, az Abel–Poisson-féle módszer.
Weierstrass approximációs tétele, Stone tétele és annak alkalmazásai. Legjobb megközelítés Hilbert-terekben, Müntz tétele a hézagos polinomok sűrűségéről.
Lineáris operátorokkal való közelítés, Lagrange interpoláció, Lozinski–Harshiladze-tétel. A legjobb polinomapproximáció hibabecslése, Jackson tételei. Pozitív lineáris operátorok approximációs tulajdonságai, Korovkin tétele, Bernstein polinomok, Hermite–Fejér operátor. Bevezetés a spline-approximációba, B-spline-ok, spline-ok konvergencia-tulajdonságai.

Irodalom:
N.I. Ahijezer: Előadások az approximáció elméletéről, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1951
Szökefalvi-Nagy Béla: Valós függvények és függvénysorok, Tankönyvkiadó, Budapest, 1975
G. Lorentz, M.V. Makovoz: Constructive Approximation, Springer, 1996
M.J.D. Powell: Approximation Theory and methods, Cambridge University Press, 1981

Fourier analysis and function series
3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: Applied analysis)

Course coordinator: Ágota G. Horváth
Other instructors: Miklós Horváth, Antal Járai

Completeness of the trigonometric system. Fourier series, Parseval identity. Systems of orthogonal functions, Legendre polynomials, Haar and Rademacher systems. Introduction to wavelets, wavelet orthonormal systems. Fourier transform, Laplace transform, applications. Convergence of Fourier series: Dirichlet kernel, Dini and Lischitz convergence tests. Fejer’s example of divergent Fourier series. Fejer and Abel-Poisson summation. Weierstrass-Stone theorem, applications. Best approximation in Hilbert spaces. Müntz theorem on the density of lacunary polynomials. Approximations by linear operators, Lagrange interpolation, Lozinski-Harshiladze theorem. Approximation by polynomials, theorems of Jackson. Positive linear operators Korovkin theorem, Bernstein polynomials, Hermite-Fejer operator. Spline approximation, convergence, B-splines.
References:

N.I. Ahijezer: Előadások az approximáció elméletéről, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1951
Szőkefalvi-Nagy Béla: Valós függvények és függvénysorok, Tankönyvkiadó, Budapest, 1975
G. Lorentz, M.V. Makovoz: Constructive Approximation, Springer, 1996
M.J.D. Powell: Approximation Theory and methods, Cambridge University Press, 1981

Parciális differenciálegyenletek 2
3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Alkalmazott analízis)

Tárgyfelelős: Kiss Márton
További oktatók: Garay Barnabás, Járai Antal, Karátson János

A Laplace-operator Szoboljev térben (ismétlés a BSc anyag alapján). Másodrendű lineáris parabolikus egyenletek gyenge és erős megoldásai. Ritz–Galerkin approximáció. Lineáris operátorfélcsoportok (Evans és Robinson szerint). Reakció-diffúzió (kvázilineáris parabolikus) egyenletek gyenge és erős megoldásai. Ritz–Galerkin approximáció. Nemlineáris operátorfélcsoportok (Evans és Robinson szerint). Csak példákban: monotonitás, maximum-elvek, invariáns tartományok, egyensúlyi helyzet stabilitásának vizsgálata linearizálással, utazó hullámok (Smoller szerint). Globális attraktor. Inerciális sokaság (Robinson szerint).

Irodalom:
L.C. Evans: Partial Differential Equations, American Mathematical Society, Providence, 2002
J. Smoller: Shock Waves and Reaction-Diffusion Equations, Springer, Berlin, 1983
J.C. Robinson: Infinite-dimensional Dynamical Systems, Cambridge University Press, 2001

Partial differential equations 2
3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: Applied analysis)

Course coordinator: Márton Kiss
Other instructors: Barnabás Garay, Antal Járai, János Karátson

The Laplacian in Sobolev space (revision). Weak and strong solutions to second order linear parabolic equations. Ritz-Galerkin approximation. Linear operator semigroups (According to Evans and Robinson). Weak and strong solutions to reaction-diffusion (quasilinear parabolic) equations. Ritz–Galerkin approximation. Nonlinear operator semigroups (According to Evans and Robinson). Only in examples: monotonicity, maximum principles, invariant regions, stability investigations for equilibria by linearization, travelling waves (According to Smoller). Global attractor. Inertial manifold (According to Robinson).

References:
L.C. Evans: Partial Differential Equations, AMS, Providence R.I., 1998

J. Smoller: Shock Waves and Reaction-Diffusion Equations, Springer, Berlin, 1983
J.C. Robinson: Infinite-dimensional Dynamical Systems, CUP, Cambridge, 2001

Elméleti számítástudomány
3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Diszkrét matematika, Algoritmuselmélet)

Tárgyfelelős: Ferenczi Miklós
További oktatók: Rónyai Lajos, Ivanyos Gábor, Friedl Katalin

A logikai programozás és gépi bizonyítas elméleti alapjai. Véges modellek és bonyolultság. Nem-klasszikus logikák a számítástudományban: temporális, dinamikus, program logikák. Rekurzív függvények és a lambda-kalkulus kapcsolata. Boole-algebrák, reláció algebrák és alkalmazásaik.
Fontosabb gépmodellek. Bonyolultságelméleti alapfogalmak, nevezetes idő és térosztályok. NP-teljesség. Randomizált számítások. Algoritmustervezési módszerek.
Fejlett adatszerkezetek, amortizációs elemzés. Mintaillesztés szövegben. Adattömörítés.

Irodalom:
Carmen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest: Algoritmusok, Műszaki Kiadó, 1999
Rónyai L., Ivanyos G., Szabó R.: Algoritmusok, Typotex, 2001
Ferenczi M.: Matematikai Logika, Műszaki Kiadó, 2002
Galton, A.: Logic for Information Technology, Wiley, 1990

Theoretical computer science
3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: Discrete mathematics, Theory of algorithms)

Course coordinator: Miklós Ferenczi
Other instructors: Lajos Rónyai, Gábor Ivanyos, Katalin Friedl

Foundations of logic programming and automated theorem proving. Finite models and complexity. Non classical logics in Computer Science: temporal dynamic and programming logics. Recursive functions and lambda calculus. Boole algebras, relational algebras and their applications.
Some important models of computation. Basic notions of complexity theory, some important time and spaces classes. NP completeness. Randomised computation. Algorithm design techniques.
Advanced data structures, amortised costs. Pattern matching in text.
Data compression.

References:
Carmen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest: Algoritmusok, Műszaki Kiadó, 1999
Rónyai L., Ivanyos G., Szabó R.: Algoritmusok, Typotex, 2001
Ferenczi M.: Matematikai Logika, Műszaki Kiadó, 2002
Galton, A.: Logic for Information Technology, Wiley, 1990

Algebrai és általános kombinatorika

3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Diszkrét matematika)

Tárgyfelelős: Friedl Katalin
További oktatók: Küronya Alex, Recski András, Szeszlér Dávid, Wiener Gábor

A Young-tablók kombinatorikája, tablógyűrűk, Pieri-formulák, Schur-polinomok, Kostka-számok. Robinson–Schensted–Knuth megfeleltetés. Littlewood–Richardson-számok és -tétel. Nevezetes szimmetrikus polinomok és generátorfüggvényeik, Cauchy–Littlewood formulák. A szimmetrikus polinomok alaptételének Garsia-féle általánosítása. Bázisok a szimmetrikus függvények gyűrűjében.
Fejezetek a kombinatorikus optimalizálás módszereiből: Mohó algoritmus, javító algoritmusok, matroid-elméleti alapfogalmak, matroid metszet algoritmus. Közelítő algoritmusok (pl. halmazfedés, Steiner-fák, utazó ügynök probléma). Ütemezési algoritmusok (egygépes ütemezés, ütemezés párhuzamos gépekre, ládapakolás).

Irodalom:
William Fulton, Young Tableaux: With Applications to Representation Theory and Geometry (London Mathematical Society Student Texts) (Paperback), Cambridge University Press, 1996
Richard P. Stanley: Enumerative Combinatorics I.- II., Cambridge University Press, 2001

General and algebraic combinatorics

3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: Discrete mathematics)

Course coordinator: Katalin Friedl
Other instructors: Alex Küronya, András Recski, Dávid Szeszlér, Gábor Wiener

Combinatorics of the Young tableaux, tableau rings. Pieri formulas, Schur polynomials, Kostka numbers. Robinson-Schensted-Knuth correspondence. Littlewood-Richardson numbers, Littlewood-Richardson theorem. Important symmetric polynomials, their generating functions. Cauchy-Littlewood formulas. Garsia's generalization of the fundamental theorem on symmetric polynomials. Bases of the ring of symmetric functions.
Topics from combinatorial optimization: greedy algorithm, augmenting methods. Matroids, their basic properties, matroid intersection algorithm. Approximation algorithms (set cover, travelling salesman, Steiner trees). Scheduling algorithms (single machine scheduling, scheduling for parallel machines, bin packing).

References:
William Fulton, Young Tableaux: With Applications to Representation Theory and Geometry (London Mathematical Society Student Texts) (Paperback), Cambridge University Press, 1996
Richard P. Stanley: Enumerative Combinatorics I.- II., Cambridge University Press, 2001

Reprezentációelmélet
3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: egyéb, KKK szerint nem besorolt)

Tárgyfelelős: Küronya Alex
További oktatók: Szenes András

Differenciálható sokaságok, atlasz, sokaságok közti leképezések, immerzió, szubmerzió, részsokaság, érintő; tér, vektormező, Lie-derivált (szükség esetén topológiai hézagpótlás: kompaktság, összefüggőség, homotópia, fundamentális csoport).
Vektornyalábok, alternáló formák vektortereken, differenciálformák és integrálásuk, Stokes-tétel (bizonyítás nélkül).
Multilineáris algebrai konstrukciók (tenzorszorzat, szimmetrikus és alternáló szorzat, összehúzás) és alkalmazásuk vektornyalábokra.
Lie-csoportok definíciója és alapvető tulajdonságaik, exponenciális leképezés, invariáns vektormezők, Lie-csoport Lie-algebrája.
Mátrix Lie-csoportok és Lie-algebráik, fontos példák.
Csoportok reprezentációelmélete általában, karakterek, lineáris algebrai konstrukciók, Lie-csoportok folytonos reprezentációi, összefüggés Lie-csoportok és a hozzájuk tartozó Lie-algebrák reprezentációi között.
Lie-algebrák alapjai, derivációk, nilpotens és feloldható Lie-algebrák, Engel és Lie tételei, Jordan-Chevalley felbontás, Cartan-féle és maximális torális részalgebrák.
Féligegyszerű Lie-algebrák, Killing-forma, reprezentációk teljes felbonthatósága.
Az sl_2 Lie-algebra reprezentációelmélete, gyökrendszerek, Cartan-mátrix, Dynkin-diagram, gyökrendszerek osztályozása, féligegyszerű Lie-algebrák.
Mátrix Lie-csoportok reprezentációi, Weyl-kamrák, Borel-részalgebra.
Peter–Weyl tétel.

Irodalom:
Glen Bredon: Topology and Geometry, Springer Verlag (1997)
Jürgen Jost: Riemannian Geometry and Geometric Analysis, 4. kiadás, Springer Verlag (2005)
William Fulton, Joseph Harris: Representation Theory: a First Course, Springer Verlag (1999)
Daniel Bump: Lie Groups, Springer Verlag (2004)
James E. Humphreys: Introduction to Lie Algebras and Representation Theory, Springer Verlag (1997)

Representation theory
3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: not specified)

Course coordinator: Alex Küronya
Other instructors: András Szenes

Differentiable manifolds, atlas, maps, immersion, submersion, submanifold, tangent space, vector field, Lie-derivative, topological background.
Vector bundles, alternating forms on linear spaces, differential forms, their integration, Stokes theorem.

Multilinear algebra (tensors, symmetric and alternating spaces, contraction) and applications to vector bundles.
Lie groups and their basic properties; exponential map, invariant vector field, Lie algebra.
Matrix Lie groups and their Lie algebras, examples.
Representations of groups in general, caharcters, linear algebraic constructions. Continuous representations of Lie groups, connections among representations of Lie groups and the representations of their Lie algebras.
Basics about Lie algebras, derivations, nilpotent and solvable algebras, theorems of Engel and Lie, Jordan-Chevalley decomposition, Cartan subalgebras.
Semisimple Lie algebras, Killing form, completely reducible representations.
The representations of sl_2 , root systems, Cartan matrix, Dynkin diagram, classification of semisimple Lie algebras.
Representations of matrix Lie groups, Weyl chambers, Borel subalgebra.
The Peter-Weyl theorem

References:
Glen Bredon: Topology and Geometry, Springer Verlag (1997)
Jürgen Jost: Riemannian Geometry and Geometric Analysis, 4. edition, Springer Verlag (2005)
William Fulton, Joseph Harris: Representation Theory: a First Course, Springer Verlag (1999)
Daniel Bump: Lie Groups, Springer Verlag (2004)
James E. Humphreys: Introduction to Lie Algebras and Representation Theory, Springer Verlag (1997)

Differenciálgeometria és topológia
3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: egyéb, KKK szerint nem besorolt)

Tárgyfelelős: Szabó Szilárd
További oktatók: Etesi Gábor

Sima sokaságok, differenciál-formák, külső deriválás, Lie-deriválás. Stokes tétele, de Rham-kohomológia, Poincaré-lemma, Mayer–Vietoris egzakt sorozat, Poincaré-dualitás. Riemann-sokaságok, Levi–Cività konnexió, görbületi tenzor, állandó görbületű terek. Geodetikusok, exponenciális leképezés, geodetikus teljesség, a Hopf–Rinow tétel, Jacobi-mezők, a Cartan–Hadamard-tétel, Bonnet tétele.

Irodalom:
J. M. Lee: Riemannian Manifolds: an Introduction to Curvature, Graduate Texts in Mathematics 176, Springer Verlag
P. Petersen: Riemannian Geometry, Graduate Texts in Mathematics 171, Springer Verlag
J. Cheeger, D. Ebin: Comparison Theorems in Riemannian Geometry, North-Holland Publishing Company, Vol. 9, 1975
Szőkefalvi-Nagy Gy., Gehér L., Nagy P.: Differenciálgeometria, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979

Differential geometry and topology

3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: not specified)

Course coordinator: Szilárd Szabó
Other instructors: Gábor Etesi

Smooth manifolds, differential forms, exterior derivation, Lie-derivation. Stokes' theorem, de Rham cohomology, Mayer–Vietoris exact sequence, Poincaré-duality. Riemannian manifolds, Levi–Civitá connection, curvature tensor, spaces of constant curvature. Geodesics, exponential map, geodesic completeness, the Hopf–Rinow theorem, Jacobi fields, the Cartan–Hadamard theorem, Bonnet's theorem.

References:
J. M. Lee: Riemannian Manifolds: an Introduction to Curvature, Graduate Texts in Mathematics 176, Springer Verlag
P. Petersen: Riemannian Geometry, Graduate Texts in Mathematics 171, Springer Verlag
J. Cheeger, D. Ebin: Comparison Theorems in Riemannian Geometry, North-Holland Publishing Company, Vol. 9, 1975
Szőkefalvi-Nagy Gy., Gehér L., Nagy P.: Differenciálgeometria, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979

Globális optimalizálás

3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Operációkutatás, Algoritmuselmélet)

Tárgyfelelős: Gazdag-Tóth Boglárka
További oktatók: Gazdag-Tóth Boglárka

Globális optimalizálási feladatok különböző alakjai, ezek egymásba való átalakításai, redukálása egydimenziós feladatra. A globális optimalizálási feladat műveletigényének viszonya a lineáris programozáséhoz. A globális optimalizálási módszerek osztályozásai. Lagrange-függvény, Kuhn–Tucker-tétel, konvex-, DC programozás. Sztochasztikus programozás alapmodelljei, megoldó módszerek. Sztochasztikus és multi-start eljárások globális optimalizálásra, konvergenciájuk, megállási feltételeik. Lipschitz konstansra támaszkodó eljárások, konvergenciatételek. Korlátozás és szétválasztás módszere, intervallum aritmetikán alapuló eljárások, automatikus differenciálás. Több célfüggvényes optimalizálás.

Irodalom:
R. Horst and P. Pardalos: Handbook of Global Optimization, Kluwer, 1995
R. Horst, P.M. Pardalos, and N.V. Thoai: Introduction to Global Optimization, Kluwer, 1995
A. Törn and A. Zilinskas: Global Optimization, Springer, 1989

Global optimization

3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: Operations research, Theory of algorithms)

Course coordinator: Boglárka Gazdag-Tóth
Other instructors: Boglárka Gazdag-Tóth

Different forms of global optimization problems, their transformation to each other, and their reduction to the one-dimensional problem. Comparison of the complexity of global optimization and linear programming problems. Classifications of the global optimization methods. Lagrange function, Kuhn–Tucker theorem, convex and DC programming. Basic models and methods of stochastic programming. Multi-start and stochastic methods for global optimization, their convergence properties and stopping criteria. Methods based on Lipschitz constant, and their convergence properties. Branch and Bound schema, methods based on interval analysis, automatic differentiation. Multi-objective optimization.

References:
R. Horst and P. Pardalos: Handbook of Global Optimization, Kluwer, 1995
R. Horst, P.M. Pardalos, and N.V. Thoai: Introduction to Global Optimization, Kluwer, 1995
A. Törn and A. Zilinskas: Global Optimization, Springer, 1989

Lineáris programozás

3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Operációkutatás, Algoritmuselmélet)

Tárgyfelelős: Illés Tibor
További oktatók: Hujter Mihály

Konvex poliéderek. Minkowski tétel, Farkas tétel, Weyl tétel, Motzkin felbontási tétele. A lineáris programozás feladata, példák lineáris programozási feladatra, grafikus szemléltetés. A lineáris programozási feladat megengedett megoldásának, bázismegoldásának fogalma, a szimplex módszer alap algoritmusa. A ciklizálás és annak kizárási lehetőségei: lexikografikus szimplex módszer, Bland szabály alkalmazása. Induló megengedett bázis keresése, a kétfázisú szimplex módszer. Az explicit bázisinverz és a módosított szimplex módszer. A lineáris programozás dualitás elmélete. Kiegészítő eltérések tételei. A játékelmélet. Kétszemélyes zéróösszegű játékok elmélete, Neumann János tétele. A duál szimplex módszer és a metszősík algoritmusok. A Gomory-féle metszősík algoritmus egészértékű programozási feladatok megoldására. Speciális lineáris programozási, illetve arra visszavezethető feladatok. Szállítási feladat, gráfelméleti alapfogalmak és azok alkalmazása a szállítási feladat szimplex módszerrel történő megoldására (‘stepping stone’ algoritmus). Duál változók módszere az optimalitás teszt gyors végrehajtására. Hozzárendelési feladat, Kőnig–Egerváry-tétel és a magyar módszer. Hiperbolikus programozási feladat visszavezetése lineáris programozásra a Martos-féle módszerrel. Szeparábilis programozási feladat. Egyedi felső korlát technika. A Dantzig-Wolfe dekompozíciós eljárás, ellipszoid módszer és a belső pontos algoritmusok vázlata.

Irodalom:
Prékopa András: Lineáris programozás, I. Bolyai János Matematikai Társulat, 1968

A. Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, John Wiley, New York, 1986
R.J. Vanderbei: Linear Programming: Foundations and Extensions, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1997

Linear programming
3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: Operations research, Theory of algorithms)

Course coordinator: Tibor Illés
Other instructors: Mihály Hujter

Convex polyhedra. Minkowski theorem, Farkas theorem, Weyl theorem, Motzkin's decomposition theorem. The problem of linear programming, examples for linear programming problems, graphical solution and interpretation. The concept of feasible solutions, basic solutions, the simplex algorithm. Cycling and techniques for exclusion of cycling: lexicographical simplex method, Bland's rule. Finding starting feasible basis, the two phase simplex method. Explicit basis inverze simplex method, modified simplex method. The duality theory of the linear programming. Complementarity theorems. Game theory. Two persons, zero sum games, Neumann's theorem. The dual simplex method and cutting plane algorithms. Gomory's cutting plane algorithm for the solution of integer programming problems. Special linear programming problems. Transportation problem, the main concepts of graph theory and their application for the solution of transportation problems by simplex algorithm (stepping stone algorithm). The method of dual variables for pricing in transportation problems. Assignment problem, theorem of Kőnig-Egerváry and the Hungarian method. Hiperbolic programming and the solution algorithm by Martos. Separable programming problem. Upper bounding techniques. The Dantzig-Wolfe decomposition, elements of the inner point algorithms.

References:
Prékopa András: Lineáris programozás, I. Bolyai János Matematikai Társulat, 1968
A. Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, John Wiley, New York, 1986
R.J. Vanderbei: Linear Programming: Foundations and Extensions, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1997

Sztochasztikus analízis és alkalmazásai

3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Sztochasztika)

Tárgyfelelős: Simon Károly
További oktatók: Tóth Bálint, Fritz József, Szabados Tamás, Morvai Gusztáv

Bevezetés, ismétlés: Markov-folyamat, sztochasztikus félcsoport, infinitezimális generátor, martingál, megállási idő. Brown-mozgás: Brown-mozgás fenomenologikus leírása, véges dimenziós peremeloszlások, és folytonosság. Wiener-folyamat konstrukciója, erős Markov tulajdonság. Rekurrencia, skálázás, idő megfordítás. Tükrözési elv és alkalmazásai. Trajektóriák majdnem biztos analitikus tulajdonságai: folytonosság, Hölder-tulajdonság, nem differenciálhatóság, kvadratikus variáció, szinthalmazok. Folytonos martingálok: Definíció és jellemzés. Schwartz–Dubbins tétel. Exponenciális martingál. Lévy-folyamatok: Független és stacionárius növekmények, Lévy–Hincsin formula és a folyamatok felbontása. Konstrukció Poisson pont folyamat segítségével. Szubordinátor folyamatok. Stabilis folyamatok. Példák és alkalmazások.
Sztochasztikus integrálás I.: Diszkrét sztochasztikus integrálás bolyongás szerint és diszkrét idejű martingál szerint. Alkalmazások, diszkrét Black–Scholes. Sztochasztikus integrálás Poisson-folyamat szerint. Diszkrét állapotterű Markov-folyamat martingáljai. Kvadratikus variáció, Doob–Meyer felbontás.
Sztochasztikus integrálás II.: Jósolható folyamatok és az Itô-integrál Wiener-folyamat szerint kvardatikus variáció folyamat. Doob–Meyer-felbontás. Itô-formula és alkalmazásai.

Irodalom:
K.L. Chung, R. Williams: Introduction to stochastic integration. Second edition. Birkauser, 1989
R. Durrett: Probability: theory and examples. Second edition. Duxbury, 1996
B. Oksendal: Stochastic Differential equations. Sixth edition. Springer, 2003
D. Revuz, M. Yor: Continuous martingales and Brownian motion. Third edition. Springer, 1999
G. Samorodnitsky & M. S. Taqqu: Stable Non-Gaussian Random Processes: Stochastic Models with Infinite Variance, Chapman and Hall, New York, 1994
válogatott cikkek, előadó jegyzetei

Stochastic analysis and applications

3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: Stochastics)

Course coordinator: Károly Simon
Other instructors: Bálint Tóth, József Fritz, Tamás Szabados, Gusztáv Morvai

Introduction. Markov processes, stochastic semi-groups, infinitesimal generators, martingales, stopping times. Brownian motion. Brownian motion in nature. Finite dimensional distributions and continuity of Brownian motion. Constructions of the Wiener process. Strong Markov property. Self-similarity and recurrence of Brownian motion, time reversal. Reflection principle and its applications. Local properties of Brownian path: continuity, Hölder continuity, non-differenciability. Quadratic variations. Continuous martingales. Definition and basic properties. Dubbins-Schwartz

theorem. Exponential martingale. Lévy processes. Processes with independent and stationary increments, Lévy-Hintchin formula. Decomposition of Lévy processes. Construction by means of Poisson processes. Subordinators, and stable processes. Examples and applications.
Stochastic integration I. Discrete stochastic integrals with respect to random walks and discrete martingales. Applications, discrete Balck-Scholes formula. Stochastic integrals with respect to Poisson process. Martingales of finite state space Markov processes. Quadratic variations. Doob-Meyer decomposition.
Stochastic integration II. Predictable processes. Itô integral with respect to the Wiener process, quadratic variation process. Doob-Meyer decomposition. Itô formula and its applications.

References:
K.L. Chung, R. Williams: Introduction to stochastic integration. Second edition. Birkauser, 1989
R. Durrett: Probability: theory and examples. Second edition. Duxbury, 1996
B. Oksendal: Stochastic Differential equations. Sixth edition. Springer, 2003
D. Revuz, M. Yor: Continuous martingales and Brownian motion. Third edition. Springer, 1999
G. Samorodnitsky & M. S. Taqqu: Stable Non-Gaussian Random Processes: Stochastic Models with Infinite Variance, Chapman and Hall, New York, 1994
selected papers, lecture notes

Statisztika és információelmélet
3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Sztochasztika)

Tárgyfelelős: Bolla Marianna
További oktatók: Györfi László

Becslések és hipotézisvizsgálat többdimenziós paramétertérben: Fisher-információs-mátrix, likelihood-hányados-próba. Hipotézisvizsgálat többdimenziós Gauss-modellben: Mahalanobis-távolság, Wishart-, Hotelling-, Wilks-eloszlások. Lineáris becslések, Gauss–Markov-tétel. Regresszióanalízis, egy- és többszempontos varianciaanalízis, mint lineáris modell. ANOVA-táblázatok, Fisher–Cochran-tétel. Főkomponens- és faktoranalízis. Faktorok becslése és forgatása, hipotézisvizsgálatok a faktorok számára.
Hipotézisvizsgálat és I-divergencia (diszkrét eset). I-vetületek, exponenciális eloszláscsalád esetén a maximum likelihood becslés, mint I-vetület. A megfelelő I-divergencia-statisztika határeloszlása. Kontingenciatáblázatok analízise információelméleti módszerrel, loglineáris modellek. Információelméleti alapú statisztikai algoritmusok: iteratív arányos illesztés, EM-algoritmus. Maximális entrópia módszere.

Irodalom:
M. Bolla, A. Krámli: Statisztikai következtetések elmélete, Typotex, Budapest, 2005
I. Csiszár, P. C. Shields: Információelmélet és statisztika. Oktatási segédanyag (angolul).
Alapok és trendek a kommunikáció- és információelméletben c. kiadványnak 420-525. oldala, Now Publ. Inc., Hollandia, 2004. (Szintén elérhető a Rényi Intézet www.renyi.hu honlapján, Csiszár Imre oktatási segédanyagainál.)

Statistics and information theory
3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: Stochastics)

Course coordinator: Marianna Bolla
Other instructors: László Györfi

Multivariate statistical inference in multidimensional parameter spaces: Fisher’s information matrix, likelihood ratio test. Testing hypotheses in multivariate Gauss model: Mahalanobis’ distance, Wishart’s, Hotelling’s, Wilks’ distributions. Linear statistical inference, Gauss–Markov theorem. Regression analysis, one- and two-way analysis of variance as a special case of the linear model. ANOVA tables, Fisher-Cochran theorem. Principal component and factor analysis. Estimation and rotation of factors, testing hypotheses for the effective number of factors.
Hypothesis testing and I-divergence (the discrete case). I-projections, maximum likelihood estimate as I-projection in exponential families. The limit distribution of the I-divergence statistic. Analysis of contingency tables by information theoretical methods, loglinear models.
Statistical algorithms based on information geometry: iterative scaling, EM algorithm. Method of maximum entropy.

References:
Bolla, M., Krámli, A.: Theory of statistical inference (in Hungarian), Typotex, Budapest, 2005
Csiszár, I., Shields, P. C.: Information Theory and Statistics. A tutorial. In: Foundations and Trends in Communications and Information Theory, 420-525. Now Publ. Inc., The Netherlands, 2004

(C)
Szakirány tárgyak
Courses of specialization

Jelölés: Az egyes tárgyak leírásában megjelentetett **e/g/l/t/k** jelölés feloldása
e = előadások heti óraszáma,
g = gyakorlatok heti óraszáma,
l = laboratóriumi foglalkozások heti óraszáma,
t = teljesítés módja = v(izsga) vagy f(élévközi jegy),
k = kreditszám.

Notation: Meaning of notation **e/g/l/t/k** appearing in the description of each course:
e = lecture hours per week
g = in-class exercise hours per week
l = laboratory work hours per weak
t = type of examination = „v" stands for oral or written exam, „f" stands for final mark given on basis of midterm exams and home works
k = number of credits

Operációkutatás szakirány tárgyai
Courses of specialization in operations research

Nemlineáris programozás
3/1/0/v/5

Tárgyfelelős: Illés Tibor
További oktatók: Mádi-Nagy Gergely

I. Optimalitás feltételei: Elsőrendű szükséges feltételek (feltétel nélküli optimalizálás). Másodrendű szükséges + elégséges feltételek (feltétel nélküli optimalizálás). Konvex (és konkáv) függvények tulajdonságai, minimalizálás és maximalizálás. Ponthalmaz leképezések, zártság, összetett leképezések, globális konvergencia-tétel.
II. Vonal menti optimalizálás: Konvergencia-sebesség, Armijo szabály. Fibonacci, aranymetszés, Newton módszer vonal menti optimalizálásra. Görbe illesztéses algoritmusok, pontatlan vonal menti optimalizálás zártsága.
III. Feltétel nélküli optimalizálás: Legmélyebb leszállás algoritmusa, Kantorovich egyenlőtlenség, konvergenciasebesség. Newton módszer. Koordinátánkénti minimalizálás, konvergencia és zártság, távolságtartó lépések. Konjugált irányok, kiterjeszkedő alterek. Konjugált gradiens módszer, optimalitása. A részleges konjugált gradiens módszer, konvergenciasebesség. Nem-kvadratikus problémák, Fletcher–Reeves, PARTAN Kvázi-Newton módszerek, legmélyebb leszállás és Newton módszer kombinációja.
Legkisebb négyzetek módszere, Gauss–Newton és Levenberg–Marquardt algoritmus

IV. Feltételek melletti optimalizálás: Tangens sík, regularitásfeltételek karakterizálása. Elsőrendű szükséges feltételek. Másodrendű szükséges és elégséges feltételek. Primál módszerek, megengedett irányok (Zoutendijk).
Aktív halmaz stratégia, munkahalmaz, Langrange szorzók szerepe, érzékenység. Kuhn–Tucker tétel.
Gradiensvetítés, lineáris feltételek esetén, nemlineáris feltételek esetén. A redukált gradiens módszer. Büntető és korlát függvények módszerei. Lokális dualitás tétel. Duál és metszősík módszerek. Lineáris komplementaritási feladat. A kvadratikus programozási feladat és a komplementaritási feladat kapcsolata. Belsőpontos algoritmusok.

Irodalom:
D.G. Luenberger: Linear and Nonlinear Programming, second edition, Addison Wesley, 1984.
M.S Bazaraa, H.D.Sherali, C.M.Shetty: Nonlinear Programming: Theory and Algorithms, John Wiley and Sons, New York, 1993,
E.deKlerk, C.Roos, T.Terlaky: Nemlineáris optimalizálás, Operációkutatás sorozat, No. 5., Aula kiadó

Nonlinear programming
3/1/0/v/5

Course coordinator: Tibor Illés
Other instructors: Gergely Mádi-Nagy

I. Optimality conditions: first-order, second-order conditions (unconstrained optimization). Convexity, convex and concave functions. Point to set mappings, closed mapping, Global Convergence Theorem.
II. Line search algorithms: order and rate of convergence, Armijo's rule. Fibonacci, harmonic division, Newton's method. Curve-fitting algorithms.
III. Unconstrained optimization: gradient method, Kantorovich-inequality, order of convergence. Newton's method. Conjugate gradient method, Fletcher–Reeves, PARTAN, Quasi-Newton methods. Gauss–Newton és Levenberg–Marquardt algorithms.
IV. Constrained optimization: Constraint qualifications, First and Second Order Optimality Conditions. Primal methods, Zoutendijk's algorithm. Lagrange multipliers, Kuhn–Tucker theorem. Gradient pojection, reduced gradient method. Penalty, Barrier, and Augmented Lagrangian Methods. Duality. Interior Point Methods.

References:
D.G. Luenberger: Linear and Nonlinear Programming, second edition, Addison Wesley, 1984
M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming: Theory and Algorithms, John Wiley and Sons, New York, 1993
E. de Klerk, C. Roos, T. Terlaky: Nemlineáris optimalizálás, Operációkutatás sorozat, No. 5., Aula kiadó

Kombinatorikus optimalizálás
3/1/0/v/5

Tárgyfelelős: Recski András
További oktatók: Hujter Mihály

Gráfelméleti algoritmuscsaládok (legrövidebb út, párosítás, hálózati folyamok, a PERT-módszer) átismétlése, nevezetes NP-teljes feladatok a gráfelméletben (pontszínezés, független pontok maximális száma, maximális klikk-méret, Hamilton-kör és -út létezése, az utazó ügynök problémája, irányított köröket lefogó maximális halmazok) és rokon területeken (az egészértékű programozás alapfeladata, a többtermékes folyamprobléma). A lineáris programozás dualitás tételének alkalmazásai, egészértékű programozás, kombinatorikus optimalizálási feladatok, totális unimodularitás: maximális összsúlyú teljes párosítás (optimal assignment), minimálköltségű folyamprobléma egytermékes hálózatban. Matroidok definíciója, bázis, kör, rang, dualitás, minorok. Grafikus és koordinátázható matroidok, Tutte és Seymour tételei. Orákulumok, mohó algoritmus, k-partíció és 2-metszet algoritmus, a 3-metszet probléma, polimatroidok. Polinomrendű algoritmusokkal megoldható nevezetes műszaki problémák: a) a villamos hálózatok klasszikus elméletében (ellenálláshálózatok egyértelmű megoldhatósága, gráfok kör- és vágásmátrixainak tulajdonságai, általánosítás passzív és/vagy nonreciprok hálózatokra), b) a nagybonyolultságú áramkörök tervezésében (egyetlen pontsor huzalozása a Manhattan-modellben, csatornahuzalozás a különféle modellekben, az éldiszjunkt modell alkalmazása) és c) a rúdszerkezetek merevségével kapcsolatos kérdésekben (merevség, infinitezimális merevség, genetikus merevség, Laman tétele, Lovász és Yemini algoritmusa, a síkbeli rúdszerkezetek minimális számú csuklóval való lefogásának problémája, négyzetrácsok merevítésének kombinatorikus kérdései).

Irodalom:
Jordán Tibor, Recski András, Szeszlér Dávid: Kombinatorikus optimalizálás, Typotex Kiadó, Budapest, 2004

Combinatorial optimization
3/1/0/v/5

Course coordinator: András Recski
Other instructors: Mihály Hujter

Basic concepts of matroid theory (independence, bases, circuits, rank). Dual, minors, direct sum, graphic and cographic matroids. Vector matroids, representability, binary and regular matroids, the theorems of Tutte and Seymour. Sum of matroids, the matroid partition algorithm, complexity of the matroid intersection problem. Polymatroid rank function, Lovasz' theorem on polymatroid matching. Approximation algorithms. Scheduling problems. Applications in engineering (constructing reliable telecommunication networks, (disjoint trees, connectivity augmentation), detailed routing of VLSI circuits, solvability of active linear networks, rigidity of bar-and-joint frameworks).

Reference:
Jordán Tibor, Recski András és Szeszlér Dávid: Kombinatorikus optimalizálás,
Typotex Kiadó, Budapest, 2004

Sztochasztikus programozás
3/1/0/v/5

Tárgyfelelős: Szántai Tamás
További oktatók:

Statisztikai döntési elvek. Pétervári probléma, Bernoulli-elv és az újságárus probléma, holland gátmagasítási probléma, ‘safety first’ elv, Marschak döntési elv, a Bayes-i döntési elv, Markowitz elv, játékelmélet, Neumann János tétele. Konvexitási tételek. A logkonkáv mértékek elmélete. Általános konvexitási tételek. Valószínűségi eloszlásfüggvények konkávitási és kvázi-konkávitási tételei. Statikus sztochasztikus programozási modellek. Valószínűség maximalizálás. Egyedi, illetve együttes valószínűségi korlátokat tartalmazó sztochasztikus programozási feladatok elmélete és megoldási módszerei. Feltételes várható értéket tartalmazó modellek. Véletlen célfüggvényes modellek. Büntetéses sztochasztikus programozás elmélete és speciális esetekre vonatkozó megoldási módszerei: diszkrét eloszlás, egyenletes eloszlás esete.
Dinamikus sztochasztikus programozási modellek. Kétlépcsős sztochasztikus programozási feladat és matematikai tulajdonságai. Diszkrét valószínűségi vektorváltozóra vonatkozó kétlépcsős sztochasztikus programozási feladat megoldása bázis dekompozíciós módszerrel. A Wets-féle, ‘L-shaped’ megoldási módszer. A sztochasztikus dekompozíció és a feltételes sztochasztikus dekompozíció módszere. Sztochasztikus kvázi-gradiens módszerek. Többlépcsős sztochasztikus programozási feladatok. Bázis dekompozíció és ‘L-shaped’ megoldó módszer a többlépcsős sztochasztikus programozási feladatok esetében. A sztochasztikus programozás néhány alkalmazása. Elektromos energia véletlen hatások melletti termelése és kapacitás bővítése. Erőművi megbízhatósági elemzések. Tó vízkészleté-nek szabályozása. Tározók optimális irányítása. A PERT probléma. Pénzügyi modellek.

Irodalom:
A. Prékopa: Stochastic Programming, Kluwer Academic Publishers, Budapest, 1995

Stochastic programming
3/1/0/v/5

Course coordinator: Tamás Szántai
Other instructors:

Statistical decision principles. Petersburg's problem. Bernoulli-principle and the newsboy's problem, Dutch dike heightening problem, ‘safety first’ principle, Marschak's decision principle, the Bayesian decision principle, Markowitz's principle, game theory, Neumann's theorem.
Convexity theorems. The theory of logconcave measures. General convexity theorems. Concavity and logconcavity of multivariate probability distribution functions.
Statical stochastic programming models. Maximalizing the probability. Single and joint probabilistic constraints in the stochastic programming problems, solution methods. Models containing conditional expected values. Models with random objective functions. Penalty models of stochastic programming and their solution techniques: cases of discrete and uniform probability distributions.
Dynamical stochastic programming models. Two stage stochastic programming problem and its mathematical properties. Basis decomposition technique for the solution of two stage stochastic problems with discrete probability distributions. ‘L-shaped’ solution method by Wets. Stochastic decomposition and conditional stochastic

decomposition. Stochastic quasigradient methods. Multi stage stochastic programming problems. The basis decomposition and the 'L-shaped' method in the case of multi stage stochastic programming problems.
Some applications of stochastic programming. Production of electrical energy with random effects, capacity expanding. Reliability analysis of power-plants. Water level regulation of a lake. Optimal control of water reservoirs. The PERT problem. Financial models.

References:
A. Prékopa: Stochastic Programming, Kluwer Academic Publishers, Budapest, 1995

Operációkutatási programrendszerek
0/0/2/f/2

Tárgyfelelős: Gazdag-Tóth Boglárka
További oktatók:

A tantárgy célja kettős: egyrészt hogy az operációkutatás egyszerűbb algoritmusai számítógépes kódjának az elkészítésével a hallgatók számítógépes programozói gyakorlatra tegyenek szert, másrészt hogy jártasságot szerezzenek a kész operációkutatási szoftverek használatában.
A lineáris programozási feladatok standard leírási módja, az MPS adatformátum, illetve a legfontosabb algebrai modellezési nyelvek (GAMS, AMPL, AIMMS) és az azokhoz kapcsolt lineáris, egészértékű, nemlineáris és sztochasztikus programozási szoftverek (CPLEX, MINOS, SNOPT, LOQO, LGO) ismertetése.

Irodalom:
I. Maros: Computational Techniques of the Simplex Method, Kluwer Academic Publishers, 2003
J. D. Pintér: Global Optimization in Action, Continuous and Lipschitz Optimization: Algorithms, Implementations and Applications, Kluwer Academic Publishers, 1996

Operations research softwares
0/0/2/f/2

Course coordinator: Boglárka Gazdag-Tóth
Other instructors:

The aim of this course is twofold. On the one hand it aims to advance the student's routine in programming by coding the basic algorithms of operations research. On the other hand its goal is to give perfection in the use of operations research software.
The standard description of linear programming problems, the MPS data structure, and the most important algebraic modelling languages (GAMS, AMPL, AIMMS). Introduction and usage of the most important software packages in linear, integer, non-linear, and stochastic programming (CPLEX, MINOS, SNOPT, LOQO, LGO).

References:
I. Maros: Computational Techniques of the Simplex Method, Kluwer Academic Publishers, 2003
J. D. Pintér: Global Optimization in Action, Continuous and Lipschitz Optimization: Algorithms, Implementations and Applications, Kluwer Academic Publishers, 1996

Irányítási rendszerek
2/0/0/v/3

Tárgyfelelős: Orlovits Zsanett
További oktatók: Gyurkovics Éva

Irányítási rendszerek fogalma, példák irányítási rendszerekre. Lineáris rendszerek tulajdonságai: irányíthatóság, megfigyelhetőség, stabilizálhatóság. Kanonikus alakok, lineáris rendszerek struktúrája. Állapotmegfigyelők. Realizáció. Optimális irányítási feladat. Dinamikus programozás véges feladatra. Dinamikus programozás általános rendszerre. A Hamilton–Jacobi–Bellman egyenlet. Lineáris-kvadratikus feladat. A pályakövetés feladata. Végtelen időintervallumon tekintett feladat.

Irodalom:
E. D. Sontag: Mathematical Control Theory, 2nd ed. (1998)
Gyurkovics Éva: Irányítási rendszerek, http://www.math.bme.hu/~gye/OktAny.htm

Control systems
2/0/0/v/3

Course coordinator: Zsanett Orlovits
Other instructors: Éva Gyurkovics

Basic notions of control systems. Examples of control systems. Properties of linear control systems: controllability, observability, stabilizability. Canonical forms, structure of linear systems. State observes. Realization. The problem of optimal control. Dynamic programming for finite control systems. Dynamical programming for general control systems. Hamilton-Jacobi-Bellman equations. Linear-quadratic optimal control problems. The tracking problem. Problems on infinite time intervals.

References:
E. D. Sontag: Mathematical Control Theory, 2nd ed. (1998)
Gyurkovics Éva: Irányítási rendszerek, http://www.math.bme.hu/~gye/OktAny.htm

---

Bevezetés a közgazdasági dinamikába 3/1/0/v/5

Tárgyfelelős: Illés Tibor
További oktatók: Simonovits András

A hagyományosan statikus közgazdaságtan az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb figyelmet fordít a dinamikus közgazdaságtani modellezésre. A fizikához és a biológiához képest itt sokkal fontosabb a diszkrét idejű rendszerek elemzése. A dinamikus optimalizálás nemcsak technika, hanem sokak számára az egyedül lehetséges közgazdasági megközelítés. A téma további megkülönböztető sajátossága, hogy a várakozásokon keresztül nemcsak a múlt, de a jövő(kép) is befolyásolja a jelent. A tantárgy a szükséges matematikai eszközök mellett nagy súlyt helyez a legfontosabb közgazdasági modellek ismertetésére: optimális növekedés, együttélő korosztályok.
A tárgy felépítése:
Lineáris differenciaegyenletek: készletjelzéses szabályozás
Nemlineáris differenciaegyenletek: stabilitás, ciklus és káosz

Differenciálegyenletek: növekedési modell, árigazodási modell
Dinamikus programozás: optimális halászat
Optimális folyamatok: optimális növekedés és felhalmozás
Együttélő nemzedékek modelljei
Együttélő korosztályok modelljei

Irodalom:
Simonovits, A.: Matematikai módszerek a dinamikus közgazdaságtanban, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1998

Introduction into economic dynamics
3/1/0/v/5

Course coordinator: Tibor Illés
Other instructors: András Simonovits

The traditionally static economic theory has recently paid more and more attention to modelling dynamic economics. In comparison with physical and chemical systems, here the role of discrete time approach is much more important. The dynamic optimization is not only a technique but for many economists, it is the only valid approach. A further distinguishing feature that the present is determined not only by the past, by via expectations, by the future as well. In addition of the exposition of the necessary mathematical methods, the course stresses the most important economic models: optimal growth and overlapping generations.

Reference:
Simonovits, A.: Matematikai módszerek a dinamikus közgazdaságtanban, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1998

Játékelmélet
2/0/0/f/3

Tárgyfelelős: Illés Tibor
További oktatók: Simonovits András

A tárgy bevezetést nyújt a játékelméletetbe, különösen annak nem-kooperatív változatába.
A játékelmélet olyan gazdasági, politikai, katonai stb. helyzeteket modellez, ahol több szereplő optimalizálja a célfüggvényét, amelynek értéke a többi szereplő döntésétől is függ. A játékelmélet napjainkban a közgazdaságtan alaptudományává válik, amely segítséget nyújt a monopolhelyzetek modellezéséhez, az optimális árverés rendszerének kidolgozásához és még sok más kérdés megválaszolásához.
Az előadások szerkezete a következő:
Nem kooperatív játékelmélet
Nash egyensúly
Tökéletes egyensúly
Bayes-i egyensúly

Irodalom:
Tirole, J. (1988): The Theory of Industrial Organization, Chapter 11, MIT Press, Cambridge, MA

Game theory and econometrics
2/0/0/f/3

Course coordinator: Tibor Illés
Other instructors: András Simonovits

Introduction into Game theory, especially into its non-cooperative variant. Game theory models such economic, political, military etc. situations where more than one actor optimizes his utility function, whose value also depends on the others' decisions. By now game theory has become the fundament of economics, which helps modelling monopoly, the design of auctions and other problems. The structure of the lectures is as follows: Non-cooperative game theory (Nash-equilibrium, Bayesian equilibrium). Cooperative game theory: Shapley value.
Introduction into econometrics. Bivariate connections: linear regression, least-square (LS) estimation and its statistical properties. Theorem of Gauss–Markov, forecast. Multivariate linear regression, generalized LS, multicollinearity. Time series analysis.
Applications: financial markets, biological data analysis.

Reference:
Tirole, J. (1988): The Theory of Industrial Organization, Chapter 11, MIT Press, Cambridge, MA

Ökonometria
0/0/2/f/2

Tárgyfelelős: Orlovits Zsanett
További oktatók:

Kétváltozós kapcsolatok: lineáris regresszió, legkisebb négyzetes (LS) becslés és statisztikai tulajdonságai, Gauss–Markov-tétel, predikció. Többváltozós lineáris regresszió korrelálatlan, azonos szórású hiba, illetve általános hibafolyamat esetén, általános Gauss–Markov-tétel, előrejelzés, multi-kollinearitás.
Általánosított LS módszer, speciális esetek (autokorrelált zaj, nem azonos szórású korrelálatlan zaj), segédváltozók (IV) módszere.
Idősorok elemzése: stacionaritás, autokorreláció, fehérzaj folyamat, speciális modellek (lineáris szűrők, autoregresszív (AR) folyamat, mozgóátlag (MA) folyamat, ARMA folyamatok). Paraméterbecslés (ML-becslés), előrejelzés. Integrált és kointegrált folyamatok (ARIMA modellek), trend, szezonalitás.
Spektrálreprezentáció, periodogram és becslése, spektrum becslése.
Többváltozós modellek: VAR(1) folyamatok, n-dimenziós ARMA folyamatok, stacionaritás, stabilitás, Lyapunov egyenlet.
Frakcionálisan integrált folyamatok, ARFIMA modellek, hosszú emlékezetű folyamatok és becslésük.
Sztochasztikus volatilitás modellek: ARCH és GARCH folyamatok, bilineáris folyamatok és jellemzőik, stacionaritás, paraméterbecslés, állapottér reprezentáció.
Alkalmazások: pénzpiaci hozamok idősorának vizsgálata, biológiai adatok elemzése.

Irodalom:
Tusnády G., Ziermann M.: Idősorok analízise, Műszaki, 1986

Ramu Ramanathan: Bevezetés az ökonometriába, PANEM, Budapest, 2003
G.E.P Box and G.M. Jenkins: Time Series Analysis, Forecasting and Control, Holden Day, 1970

Econometrics
0/0/2/f/2

Course coordinator: Zsanett Orlovits
Other instructors:

Introduction into econometrics. Bivariate connections: linear regression, least-square (LS) estimation and its statistical properties. Theorem of Gauss–Markov, forecasting. Multivariate linear regression, generalized Gauss-Markov theorem, forecasting, multicollinearity. Generalized LS, methods of instrumental variables. Time series analysis: stationarity, autocorrelation, white noise process, AR, MA, ARMA models. Parameter estimation (ML-estimation), forecasting. ARIMA models, trend and seasonality. Spectral representation, periodogram and its estimation, spectrum estimation. Multivariable models: VAR(1), ARMA, stationarity, stability, Lyapunov equation.
Fractional integrated processes, ARFIMA models, long memory processes and their estimation.
Stochastic volatility models: ARCH, GARCH, bilinear models, stationarity, estimation and state space representation.
Applications: financial markets, biological data analysis.

References:
Tusnády G., Ziermann M.: Idősorok analízise, Műszaki, 1986
Ramu Ramanathan: Bevezetés az ökonometriába, PANEM, Budapest, 2003
G.E.P Box and G.M. Jenkins: Time Series Analysis, Forecasting and Control, Holden Day, 1970

Témalabor 1,2 0/0/4/f/4 + 0/0/4/f/4

Tárgyfelelős: Lángné Lázi Márta

A tárgy keretében a hallgató külső témavezető által meghirdetett, alkalmazás orientált sztochasztikus matematikát alkalmazó témán dolgozik, a témavezető irányításával. Minden félév végén beszámolót készít a hallgató az eredményeiről, melyet előadás formájában a társainak bemutat. A tárgy során begyakorolandó tevékenységek: irodalmazás, modellezés, számítógéppel segített feladatmegoldás, matematikai problémamegoldás.

Individual projects 1,2 0/0/4/f/4 + 0/0/4/f/4

Course coordinator: Márta Lángné Lázi

Within the framework of the subject the student is working on an application oriented research subject based on stochastic mathematics lead by an external supervisor. At the end of each semester the student writes a report about his results which will be also presented by him to the other students in a lecture. The activities to be exercised: literature research, modelling, computer aided problem solving, mathematical problem solving.

Matematikai modellalkotás szeminárium 1,2 2/0/0/f/1 + 2/0/0/f/1

Tárgyfelelős: Bolla Marianna

A szeminárium célja rendszeres fórumot biztosítani alkalmazott matematikai eredmények, modellek és problémák bemutatására, és ezzel elősegíteni
(i) a Matematika Intézeten belül és szélesebb körben is, az alkalmazott matematikai ismeretek és kultúra elterjesztését;
(ii) fejleszteni egyfelől a Matematika Intézet oktatói és diákjai, másfelől más intézmények, intézetek (a BME több tanszékét, intézetét is ideértve), cégek, vállalatok matematika iránt fogékony munkatársaival való kapcsolattartást, együttműködést.
A szemináriumra hétről hétre meghívunk egy-egy előadót, aki a munkája során felmerülő matematikai problémáról beszél. Általában két típusú előadó van: matematikus, aki alkalmazott matematikusként dolgozik, illetve nem matematikus, de munkája során matematikai problémák merülnek fel. A korábbi évek gyakorlatához hasonlóan széles palettát kívánunk nyújtani a témákat illetően; előadókat hívunk meg a BME különböző tanszékeiről, a SZTAKI-ból, bankokból, a távközlés területéről, és egyéb piaci cégtől (bővebben lásd a szeminárium honlapján: www.math.bme.hu/~molnar/amsz).
A II-III. éves hallgatóinknak előírjuk a matematikai modellalkotás szeminárium látogatását, hogy ezzel is plasztikus képet nyerjenek szakmájuk lehetséges alkalmazásairól. A szeminárium előadásai általában érthetőek lesznek ezen hallgatóink számára, akik ekkor már túl vannak az igen sokoldalú alapképzésen. Alkalmazott matematikai témáknál természetesen különösen fontos a problémafelvetés motivációja, a modellalkotás bemutatása és annak illusztrálása, a javasolt megoldás mennyire segít a felmerült problémában. Az előadások után a hallagtóknak lehetőségük van kérdéseikkel további ismereteket szerezni a bemutatott témáról, illetve az előadó munkásságáról.
Az előadások egy másik célja, hogy az érdeklődő hallgatók esetleg valamilyen formában bekapcsolódhatnának a munkába, ezzel is elősegítve a hosszabbtávú érvényesülésüket, hogy az egyetem elvégzése után könnyebben jussanak álláslehetőséghez.

Mathematical modelling seminar 1,2 2/0/0/f/1 + 2/0/0/f/1

Course coordinator: Marianna Bolla

The aim of the seminar to present case studies on results, methods and problems from applied mathematics for promoting
(i) the spreading of knowledge and culture of applied mathematics;
(ii) the development of the connections and cooperation of students and professors of the Mathematical Institute, on the one hand, and of personal, researchers of other

departments of the university or of other firms, interested in the applications of mathematics.
The speakers talk about problems arising in their work. They are either applied mathematicians or non-mathematicians, during whose work the mathematical problems arise.
An additional aim of this course to make it possible for interested students to get involved in the works presented for also promoting their long-range carrier by building contacts that can lead for finding appropriate jobs after finishing the university.

(D)
Választható tárgyak
Optional courses

Jelölés: Az egyes tárgyak leírásában megjelentetett **e/g/l/t/k** jelölés feloldása
e = előadások heti óraszáma,
g = gyakorlatok heti óraszáma,
l = laboratóriumi foglalkozások heti óraszáma,
t = teljesítés módja = v(izsga) vagy f(élévközi jegy),
k = kreditszám.

Notation: Meaning of notation **e/g/l/t/k** appearing in the description of each course:
e = lecture hours per week
g = in-class exercise hours per week
l = laboratory work hours per weak
t = type of examination = „v" stands for oral or written exam, „f' stands for final mark given on basis of midterm exams and home works
k = number of credits

Szabadon választható szakmai tárgyak összesen: 8/0/0/8

Nincs előre rögzítve.

Optional professional courses total: 8/0/0/8

Not specified in advance.

Szabadon választható gazd./társ. tudományi tárgy 2/0/0/2

Nincs előre rögzítve.

Optional course of social or economic science 2/0/0/2

Not specified in advance.

(E)
Diplomamunka
Diploma thesis

Jelölés: E tárgy leírásában megjelentetett **e/g/l/k** jelölés feloldása
e = előadások heti óraszáma
g = gyakorlatok heti óraszáma
l = laboratóriumi foglalkozások heti óraszáma
k = kreditszám

Notation: Meaning of notation **e/g/l/k** appearing in the description of this course:
e = lecture hours per week
g = in-class exercise hours per week
l = laboratory work hours per weak
k = number of credits

Diplomamunka
0/10/0/20

Tárgyfelelős: Andai Attila

A diplomamunka a matematikushallgatóknak a témavezető irányításával elért önálló kutatási, kutatás-fejlesztési eredményeit tartalmazó írásbeli beszámoló (dolgozat). A hallgató a dolgozatban mutassa be a vizsgált témát, fejtse ki a problémákat, és részletesen ismertesse eredményeit. A munkának a matematikus tanulmányok ismeretanyagára kell épülnie és a szerző önálló, saját munkája legyen.
A diplomamunkának arról kell tanúskodnia, hogy a hallgató az egyetemi tanulmányai során szerzett matematikai ismereteit, képességeit a gyakorlati életben vagy az elméleti kutatásokban egy több hónapra kiterjedő munka folyamán önállóan tudja alkalmazni oly módon, hogy a megoldandó problémát felismeri, a megoldáshoz vezető út nehézségeivel megbirkózik, a megfelelő színvonalú megoldást megtalálja, és azt mások számára érthetően leírja. A dolgozat legyen tömör, de a témában nem járatos matematikus olvasó számára is érthető.

Master's thesis
0/10/0/20

Course coordinator: Attila Andai

A master's thesis should reveal the candidate is able to work, leading by the student's supervisor, in a scholarly manner and is acquainted with the principal works published on the subject of the thesis. As far as possible it should be an original contribution based on the subjects of master courses. The primary goal of the thesis is to prove that the candidate can aggregate many details and data and related work, abstract and conceptualize the content, and then present concise concepts to the reader. The thesis at the end must be easy to read, and accurately present the relevant information.
