

**Debreceni Egyetem Természettudományi és  
Technológiai Kar Matematikai Intézet**

**OKLEVÉLKÖVETELMÉNYEK**

**ALKALMAZOTT MATEMATIKUS  
MESTERKÉPZÉSI SZAK**

# Általános tudnivalók

**Felvételi:** Alkalmazott matematikus MSc szakra feltétel nélkül jelentkezhetnek a matematika BSc diplomával rendelkezők. Feltételeesen fogadhatók el a természettudományi, műszaki, informatikai, valamint gazdaságtudományi képzési területek alapképzési szakjai. Ebben az esetben a felvétel feltétele 65 kredit teljesítése korábbi tanulmányok keretében az algebra, analízis, geometria, halmazelmélet, kombinatorika, matematikai logika, operációkutatás, számelmélet, valószínűségszámítás témakörökből.

A felvételi vizsga szóbeli, felvételi bizottság előtt történik. A matematika BSc végzettséggel nem rendelkezők a tételsorból öt tételt megjelölnek, esetükben a felvételi ezekre a témakörökre korlátozódik.

(A matematika BSc-vel nem rendelkezőknek legfeljebb 20 kredit értékben az Elméleti alapozás sávba tartozó tárgyakat is kell teljesíteniük. A pontos követelményeket a korábbi tanulmányok figyelembevételével a Matematikai Intézet határozza meg.)

**Specializációválasztás:** Az alkalmazott matematikus MSc szakra felvételt nyert hallgatók specializációt a felvételi értesítést követően, az első félév kezdetét megelőzően választanak. A specializációválasztás folyamatát a Matematikai Intézet koordinálja.

**Diplomamunka, védés, záróvizsga:** A hallgatóknak diplomamunka témát tanulmányaik 2. félévének végén kell választaniuk. Elkészítésére két félév áll rendelkezésre. A diplomamunkát a záróvizsgát megelőzően, az erre kijelölt bizottság előtt meg kell védeni (részletek a 26. oldalon).

A záróvizsga szóbeli vizsga, melyet a Matematikai Intézet igazgatója által kijelölt, a Természettudományi és Technológiai Kar vezetése által jóváhagyott záróvizsga bizottság előtt kell letenni. A záróvizsga mindhárom specializáció esetén ugyanazon formában kerül lebonyolításra. A záróvizsga tételei a szakmai törzsanyag és a hallgató specializációjának megfelelő kötelező tárgyak anyagát ölelik fel. A tételsor ennek megfelelően két részből áll: a törzsanyag tételekből és a specializáció tételekből. A vizsgázó a teljes tételsorból egy tételt húz, felkészülési időt követően ebből felel. Ezután a másik csoportba tartozó egyik tételből ad a bizottság egy kisebb fejezetet, melyet külön felkészülési idő biztosítása után kér számon. A bizottság a záróvizsga feleletet egy jeggyel értékeli.

**Levelező tagozat:** Az alkalmazott matematikus MSc szak levelező tagozatos tantervi hálója megegyezik a nappali tagozatossal. Levelező tagozaton a tantárgykódokhoz egy \_L fűző, a féléves óraszám pedig a nappali tagozatos heti óraszám négyszerese.

# Alkalmazott matematikus mesterszak

A mesterképzési szak megnevezése: *alkalmazott matematikus (Applied Mathematics)*  
Szakfelelős: *Dr. Pintér Ákos egyetemi tanár*

Szerezhető végzettségi szint és szakképzettség oklevélben szereplő megjelölése:  
Végzettségi szint: *mesterfokozat (MSc)*  
Szakképzettség: *okleveles alkalmazott matematikus (Applied Mathematician)*

## **Specializációkéspecializációfelelősök:**

*Diszkrét matematika (Discrete Mathematics), Dr. Hajdu Lajos egyetemi tanár*  
*Pénzügyi matematika (Financial Mathematics), Dr. Pintér Ákos egyetemi tanár*  
*Számítástudomány (Computer Science), Dr. Bérczes Attila egyetemi docens*

## **Képesítéskövetelmények**

- Összesen 120 kredit megszerzése az alábbiak szerint:
  - Elméleti alapozás (matematika BSc-vel nem rendelkezőknek)\*/  
Egyéb szakmai választható tárgyak (matematika BSc-vel rendelkezőknek) 20 kredit
  - Szakmai törzsanyag 25 kredit
  - Specializáció kötelező tárgyak 35/34 kredit
  - Specializáció választható tárgyak 14/15 kredit
  - Diplomamunka 20 kredit
  - Szabadon választható tárgyak 6 kredit
- Államilag elismert legalább középfokú C típusú nyelvvizsga
- Testnevelési követelmények teljesítése (egy félév kötelező)

Az ajánlott tantervi hálóban az egyes tantárgyakhoz javasolt félévek csak tájékoztató jellegűek, az előfeltételekre való odafigyeléssel a tárgyak teljesíthetők a megjelölthöz képest egy tanévvel később is.

A hálótérben egyes előadások esetén az előfeltétel oszlopában (p) megjelöléssel szerepel a tantárgy vele párhuzamosan hallgatandó, gyakorlati jeggyel záruló gyakorlata. Ebben az esetben a tárgy felvételének természetesen nem előfeltétele a gyakorlat, de vizsgázni csak a gyakorlat sikeres teljesítése esetén lehet.

\*: A korábbi tanulmányok alapján matematika BSc-vel nem rendelkezők esetében a Matematikai Intézet mentesítést adhat bizonyos Elméleti alapozás sávba tartozó tárgyak teljesítése alól. Ebben az esetben az Egyéb szakmai választható tárgyakból teljesítendő kreditek száma ennek megfelelő számú kredittel növekszik.

**Idegennyelvi követelmények:** A mesterfokozat megszerzéséhez államilag elismert legalább középfokú C típusú nyelvvizsga letétele szükséges bármely olyan élő idegen nyelvből, melyen a szakmának nemzetközileg használt tudományos szakirodalma van. A korábbi BSc diplomához szükséges legalább középfokú C típusú nyelvvizsga elegendő a diploma megszerzéséhez, ha eleget tesz az előbbi feltételnek.

**Testnevelés:** A Debreceni Egyetem mesterképzésben (MSc, MA) résztvevő hallgatóinak egy féléven keresztül heti két óra testnevelési foglalkozáson való részvétel kötelező.

A testnevelési követelmények teljesítése a végbizonyítvány (abszolutórium) kiállításának feltétele.

**Diploma minősítése:** Az oklevél minősítése az alábbi részjegyek átlagának figyelembevételével történik:

- a tanulmányok egészére számított súlyozott tanulmányi átlag,
- a diplomamunkára a bíráló és a védés alapján a védési bizottság által adott jegy (részletek a 26. oldalon),
- a szakmai felelet eredménye a záróvizsgán.

## Alkalmazott matematikus mesterszak, diszkrét matematika specializáció ajánlott háló

### Elméleti alapozás

(csak azok számára, akik nem rendelkeznek matematika BSc végzettséggel)

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0101	Lineáris algebra alkalm.	2	2			K		1
TMME0102	Algebra és számelm. alk.	2	2			K		1
TMME0201	Analízis alkalmazásai	2	2			K	TMMG0201(p)	1
TMMG0201	Analízis alkalmazásai	2		2		Gy		1
TMME0301	Geometria és topol. alk.	2	2			K	TMMG0301(p)	1
TMMG0301	Geometria és topol. alk.	2		2		Gy		1
TMME0401	Valószínűségszámítás alk.	3	2	1		K		1
TMME0402	Mat. statisztika alkalm.	3	2	1		K	TMME0401	2
TMMG0601	Informatika alkalmazásai	2			2	Gy		2

### Szakmai törzsanyag (a felsorolt tárgyakból 25 kreditet kell teljesíteni)

A csillaggal megjelölt tárgyak teljesítése ezen a specializáción kötelező.

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0103	Véges testek és alkalm.*	3	2			K	TMME0102, TMMG0103(p)	2
TMMG0103	Véges testek és alkalm.*	2		2		Gy	TMME0102	2
TMME0104	Gráfelmélet alkalmazásai*	3	2			K	TMMG0104(p)	1
TMMG0104	Gráfelmélet alkalmazásai*	2		2		Gy		1
TMME0209	Konvex optimalizálás	3	2			K	TMME0101, TMMG0209(p)	1
TMMG0209	Konvex optimalizálás	2		2		Gy	TMME0101	1
TMME0113	Diszkrét optimalizálás	3	2			K	TMME0101, TMMG0113(p)	2
TMMG0113	Diszkrét optimalizálás	2		2		Gy	TMME0101	2
TMME0202	Ortogonalis polinomok	3	2			K	TMME0201	3
TMME0203	Köz. diff. egyenletek alk.	4	2	1		K	TMME0201	2
TMME0204	Parc. diff. egyenletek alk.	4	2	1		K	TMME0201	3
TMME0403	Sztochaszt. folyamatok	3	2			K	TMME0401, TMMG0403(p)	2
TMMG0403	Sztochaszt. folyamatok	2		2		Gy	TMME0401	2
TMME0105	Algoritmusok*	3	2			K	TMME0104, TMMG0105(p)	2
TMMG0105	Algoritmusok*	2		2		Gy	TMME0104	2

### Specializáció kötelező tárgyak

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0114	Gröbner-bázisok	3	2			K	TMME0102, TMMG0114(p)	2
TMMG0114	Gröbner-bázisok	2		2		Gy	TMME0102	2
TMME0115	Egész értékű lin. prog.	3	2			K	TMME0101, TMMG0115(p)	1
TMMG0115	Egész értékű lin. prog.	2		2		Gy	TMME0101	1

TMME0116	Kódelmélet	3	2			K	TMME0101, TMME0103, TMMG0116(p)	3
TMMG0116	Kódelmélet	2		2		Gy	TMME0101, TMME0103	3
TMME0602	Algoritmuselmélet	3	2			K	TMMG0602(p)	1
TMMG0602	Algoritmuselmélet	2		2		Gy		1
TMME0106	Kriptográfia és adatbizton.	4	3			K	TMME0102, TMMG0106(p)	2
TMMG0106	Kriptográfia és adatbizton.	3		3		Gy	TMME0102	2
TMME0117	Diszkrét geometria és alk.	3	2			K	TMME0301, TMMG0117(p)	3
TMMG0117	Diszkrét geometria és alk.	2		2		Gy	TMME0301	3
TMME0118	Rácselmélet	3	2			K	TMME0102	2

### Specializáció választható tárgyak (a felsorolt tárgyakból 14 kreditet kell teljesíteni)

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmél- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0119	Értékelésmélet	3	2			K	TMME0102	2
TMME0107	Kombinatorika alkalm.	3	2			K	TMMG0107(p)	2
TMMG0107	Kombinatorika alkalm.	2		2		Gy		2
TMME0406	Információelmélet	4	2	1		K	TMME0401	2
TMME0120	Egységek és egységegyen.	3	2			K	TMME0102	2
TMME0121	Alg. diof. egyenletek mo.	3	2			K	TMME0102	1
TMMG0122	Algoritmusok a számelm.	2		2		Gy	TMME0102	1

### Egyéb szakmai választható tárgyak (a felsorolt tárgyakból 20 kreditet kell teljesíteni)

(csak azok számára, akik matematika BSc végzettséggel rendelkeznek)

Ide elszámolhatók a szakmai törzsanyagnál illetve a specializáció választható tárgyainál előírt krediteken felül

teljesített tárgyak, valamint az alábbi tárgyak:

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmél- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0207	Funkcionálanalízis	4	2	1		K	TMME0201	1
TMME0210	Fixponttételek	3	2			K	TMME0201	1
TMME0302	Modern differenciálgeom.	3	2			K	TMME0301, TMMG0302(p)	2
TMMG0302	Modern differenciálgeom.	2		2		Gy	TMME0301	2
TMME0405	Többváltozós statisztika	4	2	1		K	TMME0402	1
TMME0205	Játékelmélet	3	2			K	TMMG0205(p)	1
TMMG0205	Játékelmélet	2		2		Gy		1

A matematika BSc matematikatanári specializációján végzetek számára kötelezően teljesítendő és ide számolható el: TMME0402 Matematikai statisztika alkalmazásai (3 kredit, 2+1 óra, K, javasolt félév: 2).

### Diplomamunka, szabadon választható tárgyak

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmél- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMMG0701	Diplomamunka 1.	10				Gy		3
TMMG0702	Diplomamunka 2.	10				Gy	TMMG0701	4
	Szabadon választható	6						

## Alkalmazott matematikus mesterszak, pénzügyi matematika specializáció ajánlott háló

### Elméleti alapozás

(csak azok számára, akik nem rendelkeznek matematika BSc végzettséggel)

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0101	Lineáris algebra alkalm.	2	2			K		1
TMME0102	Algebra és számelm. alk.	2	2			K		1
TMME0201	Analízis alkalmazásai	2	2			K	TMMG0201(p)	1
TMMG0201	Analízis alkalmazásai	2		2		Gy		1
TMME0301	Geometria és topol. alk.	2	2			K	TMMG0301(p)	1
TMMG0301	Geometria és topol. alk.	2		2		Gy		1
TMME0401	Valószínűségszámítás alk.	3	2	1		K		1
TMME0402	Mat. statisztika alkalm.	3	2	1		K	TMME0401	2
TMMG0601	Informatika alkalmazásai	2			2	Gy		2

### Szakmai törzsanyag (a felsorolt tárgyakból 25 kreditet kell teljesíteni)

A csillaggal megjelölt tárgyak teljesítése ezen a specializáción kötelező.

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0103	Véges testek és alkalm.	3	2			K	TMME0102, TMMG0103(p)	2
TMMG0103	Véges testek és alkalm.	2		2		Gy	TMME0102	2
TMME0104	Gráfelmélet alkalmazásai	3	2			K	TMMG0104(p)	1
TMMG0104	Gráfelmélet alkalmazásai	2		2		Gy		1
TMME0209	Konvex optimalizálás	3	2			K	TMME0101, TMMG0209(p)	1
TMMG0209	Konvex optimalizálás	2		2		Gy	TMME0101	1
TMME0113	Diszkrét optimalizálás	3	2			K	TMME0101, TMMG0113(p)	2
TMMG0113	Diszkrét optimalizálás	2		2		Gy	TMME0101	2
TMME0202	Ortogonalis polinomok	3	2			K	TMME0201	3
TMME0203	Köz. diff. egyenletek alk.	4	2	1		K	TMME0201	2
TMME0204	Parc. diff. egyenletek alk.	4	2	1		K	TMME0201	3
TMME0403	Sztochaszt. folyamatok*	3	2			K	TMME0401, TMMG0403(p)	2
TMMG0403	Sztochaszt. folyamatok*	2		2		Gy	TMME0401	2
TMME0105	Algoritmusok	3	2			K	TMME0104, TMMG0105(p)	2
TMMG0105	Algoritmusok	2		2		Gy	TMME0104	2

### Specializáció kötelező tárgyak

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0405	Többváltozós statisztika	4	2	1		K	TMME0402	1
TMME0408	Opcióértékelés	3	2			K	TMME0401	1
TMME0409	Pénzügyi matematika I.	3	2			K	TMME0401, TMMG0409(p)	2
TMMG0409	Pénzügyi matematika I.	2		2		Gy	TMME0401	2
TMME0410	Pénzügyi matematika II.	3	2			K	TMME0409	3

TMME0411	Biztosítási matematika	3	2			K	TMME0401	2
TMME0412	Idősorok elemzése	4	2	1		K	TMME0403	4
TMME0901	Bevezetés a közgazdaságt.	3	2			K		1
TMME0902	Mikroökonómia	5	2	2		K	TMME0901	2
TMME0903	Makroökonómia	5	2	2		K	TMME0902	3

### Specializáció választható tárgyak (a felsorolt tárgyakból 14 kreditet kell teljesíteni)

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám			Számmonkérés	Előfeltételek	Javasolt félév
			Elmélet	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0205	Játékelmélet	3	2			K	TMMG0205(p)	1
TMMG0205	Játékelmélet	2		2		Gy		1
TMME0211	Fv. egyenletek a közgazd.	3	2			K	TMME0201	2
TMME0413	Alk. valószínűség számítás	3	2			K	TMME0401	2
TMME0904	Ökonometria	5	2	2		K	TMME0402	3
TMME0905	Vállalati pénzügyek	4	2	1		K		3

### Egyéb szakmai választható tárgyak (a felsorolt tárgyakból 20 kreditet kell teljesíteni)

(csak azok számára, akik matematika BSc végzettséggel rendelkeznek)

Ide elszámolhatók a szakmai törzsanyagnál illetve a specializáció választható tárgyainál előírt krediteken felül

teljesített tárgyak, valamint az alábbi tárgyak:

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám			Számmonkérés	Előfeltételek	Javasolt félév
			Elmélet	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0207	Funkcionálanalízis	4	2	1		K	TMME0201	1
TMME0210	Fixponttételek	3	2			K	TMME0201	1
TMME0302	Modern differenciálgeom.	3	2			K	TMME0301, TMMG0302(p)	2
TMMG0302	Modern differenciálgeom.	2		2		Gy	TMME0301	2
TMME0107	Kombinatorika alkalm.	3	2			K	TMMG0107(p)	2
TMMG0107	Kombinatorika alkalm.	2		2		Gy		2

A matematika BSc matematikatanári specializációján végzettek számára kötelezően teljesítendő és ide számolható el: TMME0402 Matematikai statisztika alkalmazásai (3 kredit, 2+1 óra, K, javasolt félév: 2).

Akik matematika BSc-vel rendelkeznek és BSc tanulmányaik során nem tanultak számítógépes statisztikát, azok számára ezen a specializáción kötelező és ide számolható el: TMMG0407 Statisztika számítógéppel (2 kredit, 0+2 óra, Gy, javasolt félév: 2).

### Diplomamunka, szabadon választható tárgyak

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám			Számmonkérés	Előfeltételek	Javasolt félév
			Elmélet	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMMG0701	Diplomamunka 1.	10				Gy		3
TMMG0702	Diplomamunka 2.	10				Gy	TMMG0701	4
	Szabadon választható	6						

## Alkalmazott matematikus mesterszak, számítástudomány specializáció ajánlott háló

### Elméleti alapozás

(csak azok számára, akik nem rendelkeznek matematika BSc végzettséggel)

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0101	Lineáris algebra alkalm.	2	2			K		1
TMME0102	Algebra és számelm. alk.	2	2			K		1
TMME0201	Analízis alkalmazásai	2	2			K	TMMG0201(p)	1
TMMG0201	Analízis alkalmazásai	2		2		Gy		1
TMME0301	Geometria és topol. alk.	2	2			K	TMMG0301(p)	1
TMMG0301	Geometria és topol. alk.	2		2		Gy		1
TMME0401	Valószínűségszámítás alk.	3	2	1		K		1
TMME0402	Mat. statisztika alkalm.	3	2	1		K	TMME0401	2
TMMG0601	Informatika alkalmazásai	2			2	Gy		2

### Szakmai törzsanyag (a felsorolt tárgyakból 25 kreditet kell teljesíteni)

A csillaggal megjelölt tárgyak teljesítése ezen a specializáción kötelező.

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0103	Véges testek és alkalm.*	3	2			K	TMME0102, TMMG0103(p)	2
TMMG0103	Véges testek és alkalm.*	2		2		Gy	TMME0102	2
TMME0104	Gráfelmélet alkalmazásai*	3	2			K	TMMG0104(p)	1
TMMG0104	Gráfelmélet alkalmazásai*	2		2		Gy		1
TMME0209	Konvex optimalizálás	3	2			K	TMME0101, TMMG0209(p)	1
TMMG0209	Konvex optimalizálás	2		2		Gy	TMME0101	1
TMME0113	Diszkrét optimalizálás	3	2			K	TMME0101, TMMG0113(p)	2
TMMG0113	Diszkrét optimalizálás	2		2		Gy	TMME0101	2
TMME0202	Ortogonalis polinomok	3	2			K	TMME0201	3
TMME0203	Köz. diff. egyenletek alk.	4	2	1		K	TMME0201	2
TMME0204	Parc. diff. egyenletek alk.	4	2	1		K	TMME0201	3
TMME0403	Sztochaszt. folyamatok	3	2			K	TMME0401, TMMG0403(p)	2
TMMG0403	Sztochaszt. folyamatok	2		2		Gy	TMME0401	2
TMME0105	Algoritmusok*	3	2			K	TMME0104, TMMG0105(p)	2
TMMG0105	Algoritmusok*	2		2		Gy	TMME0104	2

### Specializáció kötelező tárgyak

Kód	Tantárgynév	Kre- dít	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0404	Adatbányászat	5	2		2	K		2
TMME0138	WWW és hálózatok mat.	3	2			K	TMME0104, TMMG0138(p)	2
TMMG0138	WWW és hálózatok mat.	2		2		Gy	TMME0104	2
TMME0602	Algoritmuselmélet	3	2			K	TMMG0602(p)	1
TMMG0602	Algoritmuselmélet	2		2		Gy		1

TMME0603	Algor. és adatstr. tervezése	4	3			K	TMMG0601, TMMG0603(p)	1
TMMG0603	Algor. és adatstr. tervezése	3		3		Gy	TMMG0601	1
TMME0106	Kriptográfia és adatbizton.	4	3			K	TMME0102, TMMG0106(p)	2
TMMG0106	Kriptográfia és adatbizton.	3		3		Gy	TMME0102	2
TMME0116	Kódelmélet	3	2			K	TMME0101, TMME0103, TMMG0116(p)	3
TMMG0116	Kódelmélet	2		2		Gy	TMME0101, TMME0103	3

### Specializáció választható tárgyak (a felsorolt tárgyakból 15 kreditet kell teljesíteni)

Kód	Tantárgynév	Kre- dit	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0107	Kombinatorika alkalm.	3	2			K	TMMG0107(p)	2
TMMG0107	Kombinatorika alkalm.	2		2		Gy		2
TMME0406	Információelmélet	4	2	1		K	TMME0401	2
TMME0604	Mesterséges intelligencia	3	2			K	TMMG0604(p)	2
TMMG0604	Mesterséges intelligencia	2		2		Gy		2
TMME0205	Játékelmélet	3	2			K	TMMG0205(p)	1
TMMG0205	Játékelmélet	2		2		Gy		1

### Egyéb szakmai választható tárgyak (a felsorolt tárgyakból 20 kreditet kell teljesíteni)

(csak azok számára, akik matematika BSc végzettséggel rendelkeznek)

Ide elszámolhatók a szakmai törzsanyagnál illetve a specializáció választható tárgyainál előírt krediteken felül

teljesített tárgyak, valamint az alábbi tárgyak:

Kód	Tantárgynév	Kre- dit	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMME0207	Funkcionálanalízis	4	2	1		K	TMME0201	1
TMME0210	Fixponttételek	3	2			K	TMME0201	1
TMME0302	Modern differenciálgeom.	3	2			K	TMME0301, TMMG0302(p)	2
TMMG0302	Modern differenciálgeom.	2		2		Gy	TMME0301	2
TMME0405	Többváltozós statisztika	4	2	1		K	TMME0402	1

### Diplomamunka, szabadon választható tárgyak

Kód	Tantárgynév	Kre- dit	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Java- solt félév
			Elmé- let	Gyakorlat				
				Tant.	Lab.			
TMMG0701	Diplomamunka 1.	10				Gy		3
TMMG0702	Diplomamunka 2.	10				Gy	TMMG0701	4
	Szabadon választható	6						

## Tantárgyi tematikák

(Megjegyzés: Amennyiben valamelyik tantárgynál előfeltételként az Elméleti alapozás sávba eső tárgy van feltüntetve, az a matematika BSc-n végzettek számára teljesített előfeltételnek minősül.)

### Elméletialapozás

**Tárgykód: TMME0101**

**A tantárgy neve: Lineáris algebra alkalmazásai**

**2+0 óra, 2 kredit, K**

**Előfeltétele: nincs**

Unitér terek. Normális és unitér leképezések, unitér mátrixok, spektráltétel. Mátrixok hasonlósága és polinom mátrixok kanonikus alakja. Lineáris transzformációk és mátrixok minimálpolinomja, Cayley-Hamilton-tétel. Jordan-féle normálalak és kiszámítása. Sajátvektor és gyökvektor. Kvadratikus alakok, Sylvester tétele.

Irodalom:

Gaál István és Kozma László: Lineáris algebra, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2004.

Freud Róbert: Lineáris algebra, ELTE Eötvös Kiadó, 1998.

P. R. Halmos: Véges dimenziós vektorterek, Műszaki Könyvkiadó, 1984.

Kovács Zoltán: Feladatgyűjtemény lineáris algebra gyakorlatokhoz, Kossuth Egyetemi Kiadó, 1998.

Rózsa Pál: Lineáris algebra és alkalmazásai, Műszaki Könyvkiadó, 1974.

**Tárgykód: TMME0102**

**A tantárgy neve: Algebra és számelmélet alkalmazásai**

**2+0 óra, 2 kredit, K**

**Előfeltétele: nincs**

Algebrai struktúrák, generátorrendszerek, faktorstruktúrák, homomorfizmusok. A csoportelmélet alapjai: permutációcsoportok, Lagrange-tétel, normálosztók és faktorcsoportok. A gyűrűelmélet alapjai: ideálok és faktorgyűrűk. Testkonstrukciók, véges testek. Prímszámok tulajdonságai. Geometriai számelmélet elemei, rácsponatok, a Minkowski-tétel és alkalmazásai. Az algebrai számelmélet elemei, algebrai egészek, egységek, norma. Egyértelmű prímfaktorizáció bizonyos másodfokú számtestekben. Diofantikus approximáció. Nevezetes számelméleti problémák.

Irodalom:

Bódi Béla: Algebra I, Kossuth Egyetemi Kiadó, 1999.

Bódi Béla: Algebra II, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2000.

Fuchs László: Algebra, Nemzeti Tankönyvkiadó.

Freud Róbert, Gyarmati Edit: Számelmélet, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2004.

Erdős Pál, Surányi János: Válogatott fejezetek a számelméletből, Polygon, 1996.

Sárközy András, Surányi János: Számelmélet feladatgyűjtemény, Nemzeti Tankönyvkiadó.

K. H. Rosen: Elementary Number Theory and Its Applications, Addison Wesley, 1985.

**Tárgykód: TMME0201, TMMG0201**

**A tantárgy neve: Analízis alkalmazásai**

**2+2 óra, 4 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

Metrikus terek: topológiai alapfogalmak, sorozatok, függvények határértéke és folytonossága. Korlátos változású függvények. Riemann-Stieltjes-integrál, vonalintegrál. Inverz- és implicit-függvény-tétel. Feltételes szélsőérték. Hilbert-terek, ortonormált rendszerek. Alapfogalmak a közönséges differenciálegyenletek elméletében. Lineáris differenciálegyenletek és differenciálegyenlet-rendszerek. A numerikus analízis alapjai.

Irodalom:

W. Rudin: A matematikai analízis alapjai, Műszaki Könyvkiadó, 1978.

Losonczi L.: Funkcionálanalízis I, Tankönyvkiadó, 1982.

Kósa A.: Differenciálegyenletek, Tankönyvkiadó, 1972.

A. Ralston: Bevezetés a numerikus analízisbe, Műszaki Könyvkiadó, 1969.

**Tárgykód: TMME0301, TMMG0301**

**A tantárgy neve: Geometria és topológia alkalmazásai**

**2+2 óra, 4 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

Vektoranalízis: differenciálszámítás, vektorkalkulus 3-dimenzióban. Térgörbék, torzió és görbület. Felületek megadása, első és második alapmennyiségek. Klasszikus integráltételek. Fejezetek a topológiából:

Topologikus

és metrikus tér fogalma. Sorozatok és konvergencia. Kompaktság és összefüggőség. Fundamentális csoport.

Irodalom:

Szőkefalvi-Nagy Gyula, Gehér László és Nagy Péter: Differenciálgeometria, Műszaki Könyvkiadó, 1979.

Szente János: Bevezetés a sima sokaságok elméletébe, ELTE Eötvös, 2002.

Horst Schubert: Topológia, Műszaki Könyvkiadó, 1986.

**Tárgykód: TMME0401**

**A tantárgy neve: Valószínűségszámítás alkalmazásai**

**2+1 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: nincs**

Kombinatorikus valószínűségszámítás, szitaformula, urnamodellek. Feltételes valószínűség, Bayes-tétel, sztochasztikus függetlenség. Diszkrét valószínűségi változók: binomiális, hipergeometrikus, negatív binomiális, Poisson. Valószínűségi változók és eloszlásfüggvény általános fogalma. Várható érték, szórásnégyzet, medián, momentumok. Nevezetes folytonos eloszlások: egyenletes, exponenciális, normális, Cauchy, log-normális. Együttes eloszlások, peremeloszlások, feltételes eloszlások. Várható érték vektor, kovarianciamátrix. Több dimenziós normális eloszlás. Konvolúció. Markov- és Csebisev-egyenlőtlenség, nagy számok gyenge törvénye. Stirling-formula, Moivre-Laplace-tétel. Valószínűségszámítás mértékelméleti modellje. Borel-Cantelli-lemma. A feltételes várható érték általános fogalma. Független tagú sorok. Nagy számok erős törvénye. Karakterisztikus függvények alapjai. Centrális határeloszlás-tétel.

Irodalom:

W. Feller: Bevezetés a valószínűségszámításba és alkalmazásaiba, Műszaki Könyvkiadó, 1978.

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

Pap Gyula: Valószínűségszámítás 1., <http://www.inf.unideb.hu/valseg/dolgozok/papgy/okt.html>

Fazekas István: Valószínűségszámítás, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2003.

**Tárgykód: TMME0402**

**A tantárgy neve: Matematikai statisztika alkalmazásai**

**2+1 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Valószínűségszámítás alkalmazásai**

Alapfogalmak: regresszió, statisztikai sokaság, véletlen minta, empirikus eloszlás, Glivenko-Cantelli-tétel, Kolmogorov-Szmirnov-tételkör, elégségesség, teljesség, nevezetes statisztikák. Becslélmélet alapjai, maximum likelihood-becslés. Fisher-információ. Cramer-Rao-egyenlőtlenség. Blackwell-Rao-tétel. Bayes- módszer, momentum-módszer. Hipotézisvizsgálat. Neyman-Pearson-lemma.

Konfidenciaintervallumok. Paraméteres próbák: t-, u- és F-próba. Lineáris modell. Nemparaméteres próbák:  $\chi^2$ - és Kolmogorov-Szmirnov- próba. Statisztikai próbák konstrukciója és aszimptotikus viselkedése.

Irodalom:

Bevezetés a matematikai statisztikába (szerk.: Fazekas István), Debrecen, 2003.

N. C. Giri: Introduction to probability and statistics, Dekker, 1975.

A. A. Borovkov: Matematikai statisztika, Typotex.

**Tárgykód: TMMG0601**

**A tantárgy neve: Informatika alkalmazásai**

**0+2 óra, 2 kredit, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

Programcsomagok használata az algebra, számelmélet, analízis, geometria, numerikus matematika területén. Lineáris programozás alapjai. A tárgy keretében a hallgatók megismerkednek egy matematikai programcsomag használatával.

Irodalom:

A. Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, John Wiley & Sons, 1998.

Pethő Attila: Algebraische Algorithmen, Vieweg, 1999.

J. Canon, W. Bosma: Handbook of MAGMA, elektronikusan elérhető segédanyag.

Molnárka Győző, Gergő Lajos, Wetzl Ferenc, Horváth András, Kallós Gábor: A Maple V és alkalmazásai, Springer Hungarica Kiadó, 1996.

Juhász Imre: Számítógépi geometria és grafika, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1993.

Kurusa Á., Szemők Á.: A számítógépes ábrázoló geometria alapjai, Polygon, 1999.

Klincsik M., Maróti Gy.: Maple 8 tételben a matematikai problémamegoldás művészetéről, Novadat, 1995.

## **Szakmaitörzsanyag**

**Tárgykód: TMME0103, TMMG0103**

**A tantárgy neve: Véges testek és alkalmazásai**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Algebra és számelmélet alkalmazásai**

Véges testek struktúrája és automorfizmusai. Véges test feletti polinomok: körosztási és irreducibilis polinomok. Polinomok felbontása véges testek felett. Berlekamp-algoritmus. A véges testek alkalmazásai a hibajavító kódok elméletében, a kombinatorikában és a kriptográfiában.

Irodalom:

Kiss Emil: Bevezetés az algebrába, Typotex, 2007.

R. Lidl, H. Niederreiter, Introduction to Finite Fields and Their Applications, Cambridge University Press, 1994.

Lakatos Piroska: Algebrai kódelmélet, egyetemi jegyzet, Matematika Intézet, Debrecen, 1998.

D. R. Stinson: Cryptography: Theory and Practice, CRC Press, 1995.

A. J. Menezes, P. C. van Oorschot, S. A. Vanstone: The Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1996.

Oliver Pretzel: Error Correcting Codes and Finite Fields, Clarendon Press, Oxford, 1992.

**Tárgykód: TMME0104, TMMG0104**

**A tantárgy neve: Gráfelmélet alkalmazásai**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

Gráfok magasabb összefüggősége, diszjunkt fák és fenyők, az összefüggőség növelése. Gráfok és hipergráfok

színezései, perfekt gráfok. Párosítás-elmélet. Gráfok beágyazásai. Erősen reguláris gráfok. Az egészségi feltétel és alkalmazásai. Véletlen módszerek: várható érték és második momentum-módszer, véletlen gráfok, küszöbfüggvény. Extremális kombinatorika: extremális halmazrendszerekről és gráfokról szóló klasszikus tételek.

Irodalom:

Bollobás Béla: Random graphs, Cambridge University Press, 2001.

Bollobás Béla: Extremal graph theory, Dover Publications, 2004.

Jonathan Gross, Jay Yellen: Graph theory and its applications, Chapman & Hall/CRC, 2006.

G. Gutin, J. Bang-Jensen: Digraphs: Theory, Algorithms and Applications, Springer, 2000.

William Kocay, Donald L. Kreher: Graphs, algorithms and optimization, Chapman & Hall/CRC, 2005.

L. Lovász, M. D. Plummer: Matching Theory, North-Holland, 1986.

**Tárgykód: TMME0209, TMMG0209**

**A tantárgy neve: Konvex optimalizálás**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Lineáris algebra alkalmazásai**

Folytonos és sztochasztikus optimalizálás. Alternatíva tételek, Minkowski-Weyl-tétel, pivot és belsőpontos algoritmusok, ellipszoid-módszer; konvex optimalizálás: szeparációs tételek, konvex Farkas-tétel, Karush-Kuhn-

Tucker-tétel, Lagrange-függvény és nyeregpont-tétel, Newton-módszer, belső pontos algoritmus; a sztochasztikus programozás alapmodelljei és megoldó módszerei; gyakorlati problémák.

Irodalom:

L. D. Berkovitz: Convexity and Optimization in  $\mathbf{R}^n$ , John Wiley, 2002.

S. Boyd, L. Vandenberghe: Convex Optimization, Cambridge University Press, 2003.

Prékopa András: Stochastic Programming, Kluwer, 1995.

**Tárgykód: TMME0113, TMMG0113**

**A tantárgy neve: Diszkrét optimalizálás**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Lineáris algebra alkalmazásai**

Diszkrét optimalizálás. Maximális folyam és minimális vágás, Egerváry-dualitás, poliédres kombinatorika, teljesen duális egészértékűség, párosítás-poliéder; gráfalgoritmusok, magyar módszer, Edmonds-Karp-algoritmus; NP-teljes problémák algoritmikus megközelítései: dinamikus programozás, Lagrange-relaxáció, korlátozás és szétválasztás, mohó algoritmusok; gyakorlati problémák.

Irodalom:

Hajnal Péter: Gráfelmélet, Polygon, 1997.

E. L. Lawler: Kombinatorikus optimalizálás, hálózatok és matroidok, Műszaki Könyvkiadó, 1982.

A. Schrijver: Combinatorial Optimization–Polyhedra and Efficiency, Springer, 2003.

**Tárgykód: TMME0202**

**A tantárgy neve: Ortogonális polinomok**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Analízis alkalmazásai**

Hilbert-terek, ortonormált rendszerek. Trigonometrikus- és ortogonális polinomsorok pontonkénti és egyenletes

konvergenciája. Fourier-transzformáció. Az approximációelmélet elemei. Stone-tétel, Bohmann-Korovkin-tétel. Legjobb approximáció polinomokkal. Jackson tételei. Interpoláció. Spline-függvények. Approximáció racionális függvényekkel.

Irodalom:

Paál L. Gy.: Ortogonális függvénysorok, Tankönyvkiadó, 1982.

Szőkefalvi-Nagy B.: Valós függvények és függvénysorok, Tankönyvkiadó, 1972.

I. P. Natanson: Konstruktív függvénytan, Tankönyvkiadó, 1952.

N. I. Ahijezer: Előadások az approximáció elméletéről, Akadémiai Kiadó, 1951.

**Tárgykód: TMME0203**

**A tantárgy neve: Közönséges differenciálegyenletek alkalmazásai**

**2+1 óra, 4 kredit, K**

**Előfeltétele: Analízis alkalmazásai**

Stabilitáselmélet. Periodikus megoldások. Peremérték-feladatok lineáris differenciálegyenletekre. A variációs számítás alapfeladata. Euler-Lagrange-differenciálegyenletek. Geometriai módszerek a mechanikában. Lagrange- és Hamilton-rendszerek. Legendre-transzformáció. Euler-Lagrange-egyenletek, Hamilton-egyenletek. Szimmetriák és megmaradási tételek.

Irodalom:

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

Kósa A.: Variációs számítás, Tankönyvkiadó, 1972.

M. de León, P. R. Rodrigues: Methods of differential geometry in analytical mechanics, Elsevier Science, 1989.

R. Abraham, J. E. Marsden: Foundations of mechanics, Benjamin/Cummings, 1978.

**Tárgykód: TMME0204**

**A tantárgy neve: Parciális differenciálegyenletek alkalmazásai**

**2+1 óra, 4 kredit, K**

**Előfeltétele: Analízis alkalmazásai**

Alapfogalmak a parciális differenciálegyenletek elméletében. Karakterisztikus függvény, első integrálok. Elsőrendű lineáris és kvázilineáris egyenletek. Elsőrendű egyenletek karakterisztika elmélete, Cauchy-feladat.

Másodrendű lineáris parciális differenciálegyenletek osztályozása és kanonikus alakra hozása. Goursat- és Cauchy-feladat hiperbolikus egyenletekre. Vegyes feladat hullámeqyenletre. Fourier-módszer. Vegyes feladat hőegyenletre, maximum-tétel. Cauchy-feladat hőegyenletre, Duhamel-elv, Peremérték-feladatok potenciálegyenletre. Fixponttételek és alkalmazásaik.

Irodalom:

Székelyhidi L.: Elsőrendű parciális differenciálegyenletek, KLTE TTK, 1980.

Czáh L., Simon L.: Parciális differenciálegyenletek I., Tankönyvkiadó, 1970.

Simon L.: Parciális differenciálegyenletek II., Tankönyvkiadó, 1970.

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

G. B. Folland: Lectures on Partial Differential Equations, Tata Institute of Fundamental Research, 1983.

M. Schechter: Modern Methods in Partial Differential Equations, McGraw-Hill, 1977.

**Tárgykód: TMME0403, TMMG0403**

**A tantárgy neve: Sztochasztikus folyamatok**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Valószínűségi számítás alkalmazásai**

Martingál, szub- és szupermartingál. Konvergenciatétel, reguláris martingálok. Doob-felbontás, négyzetesen integrálható martingálok konvergenciahalmaza. Megállási idők, Wald-azonosság. Diszkrét paraméterű Markov-láncok. Az állapotok osztályozása, periódus, átmeneti és visszatérő állapotok. Az átmenet-valószínűségek határértéke. Pozitív és nullállapotok. Stacionárius eloszlás, ergodikus Markov-láncok. Pontfolyamatok, Poisson-folyamat. Wiener-folyamat konstrukciója. Kvadratikus variáció. A trajektóriák analitikus tulajdonságai (folytonosság, nem-differenciálhatóság, Hölder-folytonosság). Négyzetesen integrálható folyamatok. Gyengén stacionárius folyamatok, lineáris szűrők. Az idősorok analízisének elemei. Erősen stacionárius folyamatok, ergodikus tételek. Diszkrét és folytonos idejű Markov-láncok és alkalmazásaik. Az Itô-féle sztochasztikus integrál, sztochasztikus differenciálegyenletek, diffúziós folyamatok.

Irodalom:

I. I. Gihman, A. D. Szkorohod: Bevezetés a sztochasztikus folyamatok elméletébe, Műszaki Könyvkiadó, 1975.

S. Karlin, H. M. Taylor: Sztochasztikus folyamatok, Gondolat, 1985.

I. Karatzas, S. E. Shreve: Brownian Motion and Stochastic Calculus, Springer-Verlag, 1991.

L. Arnold: Sztochasztikus differenciálegyenletek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.

Pap Gyula: Sztochasztikus folyamatok, <http://www.inf.unideb.hu/valseg/dolgozok/papgy/okt.html>

**Tárgykód: TMME0105, TMMG0105**

**A tantárgy neve: Algoritmusok**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Gráfelmélet alkalmazásai**

Rendezés és kiválasztás, kupac, Fibonacci-kupac. Dinamikus programozás. Gráfalgoritmusok: Dijkstra algoritmus, Bellman-Ford módszere, Floyd módszere bármely 2 csúcspont közötti legrövidebb út meghatározására. Folyamok, maximális folyam, minimális vágás, Ford-Fulkerson algoritmus, Edmonds-Karp és Dinic algoritmus. Hash-elés. Turing gépek. NP-teljes problémák, algoritmusok bonyolultsága és kiszámíthatósági kérdések. Prímtesztek.

Irodalom:

Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest: Új algoritmusok, Sclar Kiadó, 2003.

Gács P., Lovász L.: Algoritmusok, Műszaki Könyvkiadó, 1978.

Rónyai L., Iványos G., Szabó R.: Algoritmusok, Typotex, 1998.

Herbert S. Wilf: Algorithms and Complexity, electronic edition, 1994.

## **Diszkrétmatematikaspecializációkötelező**

**Tárgykód: TMME0114, TMMG0114**

**A tantárgy neve: Gröbner-bázisok**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Algebra és számelmélet alkalmazásai**

Gröbner-bázis polinomgyűrűkben, alkalmazásai számításokban. Ideálok elemei. Hilbert tétele (Nullstellensatz). Ismeretlenek kiküszöbölésének módszerei polinomiális egyenletrendszerekből. A Gröbner-bázis alkalmazásai.

**Irodalom:**

Michel Kaplan: Computer algebra, Springer, 2005.

Brigit Reinert: A systematic study of Gröbner basis methods, TU Kaiserslautern, Fachbereich Informatik (Habilitationsschrift), 2004.

Niels Lauritzen: Concrete abstract algebra. From numbers to Gröbner bases, Cambridge University Press, 2003.

**Tárgykód: TMME0115, TMMG0115**

**A tantárgy neve: Egész értékű lineáris programozás**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Lineáris algebra alkalmazásai**

Lineáris algebra és komplexitás. Algoritmusok lineáris diofantikus egyenletekre. Poliéderekre, lineáris egyenlőtlenségekre és lineáris programozásra vonatkozó alapfogalmak, eredmények. A lineáris egyenlőtlenségek és lineáris programozás komplexitási kérdései. Khachiyan-módszer lineáris programozásra. A poliéderekre vonatkozó ellipszoid-módszer. Becslések az egész értékű lineáris programozásban. Az egész értékű lineáris programozás komplexitása.

**Irodalom:**

Alexander Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, John Wiley & Sons, 1990.

Vizvári Béla: Egészértékű programozás, Typotex, 2006.

Imreh Balázs, Imreh Csanád: Kombinatorikus optimalizálás, Novadat 2005.

**Tárgykód: TMME0116, TMMG0116**

**A tantárgy neve: Kódelmélet**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Lineáris algebra alkalmazásai, Véges testek és alkalmazásaik**

A kódelmélet algebrai alapjai. Lineáris kódok. Generátor- és paritásellenőrző mátrix, kód duálisa, korlátok

kódokra (Hamming-korlát, Singleton-korlát). Hamming-kód és dekódolása (standard táblázat, szindróma táblázat, lépésenkénti dekódolás). Ciklikus kód, BCH kód, Reed-Solomon kód, Reed-Müller kód, Golay-kód. A digitális adathordozókon használt kódolás. Hibajavító dekódolási algoritmusok, technikák. Titkosítási alkalmazások.

**Irodalom:**

Lakatos Piroska: Kódelmélet, Kossuth Lajos Tudományegyetem, Matematikai Intézet, 1998.

Györfi László, Györi Sándor, Vajda István: Információ és kódelmélet, Typotex, 2002.

E. R. Berlekamp: Algebraic Coding Theory, Aegean Park Press, 1984.

Madhu Sudan: <http://people.csail.mit.edu/madhu/FT01/course.html>

Ronny Roth: Introduction to Coding Theory, Cambridge University Press, 2006.

F. J. MacWilliams, N. J. A. Sloane: The Theory of Error-Correcting Codes, North-Holland, 1986.

S. A. Vanstone, P. C. van Oorschot: An Introduction to Error Correcting Codes with Applications, Kluwer Academic Publishers, 1989.

Oliver Pretzel: Error Correcting Codes and Finite Fields, Clarendon Press, Oxford, 1992.

**Tárgykód: TMME0602, TMMG0602**

**A tantárgy neve: Algoritmuselmélet**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

Az algoritmus általános fogalma. Turing-gép, mint az algoritmus egy modellje. Parciálisan rekurzív függvények (primitív rekurzív függvények), mint az algoritmus egy másik modellje. Kiszámítható függvények (Turing és rekurzív módon). Church-tézis. Rekurzív és rekurzívan felsorolható predikátumok és halmazok. Műveletek kiszámítható függvényekkel és predikátumokkal. Eldönthető és eldönthetetlen problémák. Nem rekurzív halmazok, rekurzívan nem szeparálható halmazok. Eldönthetetlen elméletek (általános ismertetés). Más algoritmus-modellek (RAM-gépek; kanonikus Post-rendszerek). Algoritmusok bonyolultsága (általános ismertetés).

Irodalom:

Alan P. Parkes: A concise introduction to languages and machines, Springer, 2008.

Dexter C. Kozen: Theory of computation, Springer, 2006.

Bruce Mills: Theoretical introduction to programming, Springer, 2006.

**Tárgykód: TMME0106, TMMG0106**

**A tantárgy neve: Kriptográfia és adatbiztonság**

**3+3 óra, 7 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Algebra és számelmélet alkalmazásai**

Az informatikai adatvédelem alapjai. A konvencionális titkosítók analízise. Szimmetrikus (titkos) kulcsú

rendszerek. Blokk- és folyamtitkosítók. Nyilvános kulcsú titkosítás. Az RSA algoritmus. Kulcsegyeztetés (Diffie-Hellman), elektronikus aláírás. Támadások az RSA ellen. Rabin-kriptorendszer, ElGamal, elliptikus görbék használata. Kriptográfiai protokollok. Titokmegosztó rendszerek, nemfeltáró bizonyítás, pénzfeldobás telefonon. Adatvédelmi rendszerek felépítése, nemzetközi és hazai szabványok és projektek. Pszeudo-véletlen számok generálása.

Irodalom:

Ködmön József: Kriptográfia, Computerbooks, 1999.

J. Buchmann: Einführung in die Kryptographie, Springer, 1999.

N. Koblitz: A Course in Number Theory and Cryptography, Springer, 1987.

A. Menezes, P. van Oorschot, S. Vanstone: Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1996.

**Tárgykód: TMME0117, TMMG0117**

**A tantárgy neve: Diszkrét geometria és alkalmazásai**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Geometria és topológia alkalmazásai**

Diszkrét geometria és alkalmazásai. Poliomínók és konvex halmazok. Távolságtranszformációk, Hausdorff-távolság és középvonal. Digitális egyenesek, digitális görbék. Diszkrét topológiai alapfogalmak: szomszédsági struktúrák, szomszédsági gráfok, összefüggőség. A matematikai morfológia alapjai. Alkalmazások a digitális képfeldolgozásban.

Irodalom:

Reinhard Klette, Azriel Rosenfeld: Digital Geometry: Geometric Methods for Digital Picture Analysis, Morgan Kaufmann, 2004.

**Tárgykód: TMME0118**

**A tantárgy neve: Rácselmélet**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Algebra és számelmélet alkalmazásai**

Alapfogalmak, unimoduláris transzformációk, rácsdetermináns, poláris rács. Rácsok és kvadratikus formák.

Konvex halmazok, Minkowski tétele, szukcesszív minimumok. Rácselméleti algoritmusok. Alkalmazások.

Irodalom:

J. W. S. Cassels: An Introduction to the Geometry of Numbers, Springer, 1959.

P. M. Gruber, C. G. Lekkerkerker: Geometry of Numbers, North-Holland Publishing Co., 1987.

H. Cohen: A Course in Computational Algebraic Number Theory, Springer, 1995.

Freud R., Gyarmati E.: Számelmélet, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2000.

## **Diszkrétmatematikaspecializációválasztható**

**Tárgykód: TMME0119**

**A tantárgy neve: Értékelésmélet**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Algebra és számelmélet alkalmazásai**

Értékelés definíciója, ekvivalens értékelések, értékelések függetlensége. Prímtestek értékelései. Archimédeszi és

nem-archimédeszi értékelések. Archimédeszi értékeléssel ellátott testek aritmetikai tulajdonságai. Egy test teljes lezártja egy értékelésre nézve. Értékelés kiterjesztése egy teljesen transzcendens bővítésre. Egy teljes test értékelésének kiterjesztése egy véges algebrai bővítésre.

**Irodalom:**

H. Hasse: Number Theory, Springer, 2002.

Z. I. Borevich, I. R. Shafarevich: Number Theory, Academic Press, 1966.

H. Cohen: Number Theory, Springer, 2007.

**Tárgykód: TMME0107, TMMG0107**

**A tantárgy neve: Kombinatorika alkalmazásai**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

Leszámláló kombinatorika, permutációkkal és osztályozásokkal kapcsolatos leszámplálási problémák. Halmazrendszerek, hipergráfok, extrémális kombinatorika, blokkrendszerek. Kombinatorikus optimalizálás, kombinatorika alkalmazásai.

**Irodalom:**

Bollobás Béla: Combinatorics. Set systems, hypergraphs, families of vectors and combinatorial probability, Cambridge University Press, 1986.

Bóna Miklós: Combinatorics of permutations, Chapman & Hall/CRC, 2004.

Hajnal Péter: Összeszámlálási problémák, Polygon, 1997.

Eugene L. Lawler: Kombinatorikus optimalizálás: hálózatok és matroidok, Műszaki Könyvkiadó, 1982.

Herbert S. Wilf: Generatingfunctionology, 2006.

**Tárgykód: TMME0406**

**A tantárgy neve: Információelmélet**

**2+1 óra, 4 kredit, K**

**Előfeltétele: Valószínűségszámítás alkalmazásai**

A hírközlési rendszerek általános modellje. A kódolás problémája: egyértelműen dekódolható és irreducibilis

kódok, Kraft-Fano-egyenlőtlenség, McMillan tétele, optimális kódok, kódolási eljárások. Blokkonkénti kódolás. Az információmennyiség fogalma, mérőszáma. Shannon-féle entrópia. Diszkrét emlékezet nélküli csatorna, csatornkapacitás. Az információelmélet alaptételei. Adattömörítés. Folytonos csatornák.

**Irodalom:**

R. B. Ash: Information Theory, Dover Publications, 1965.

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

Györfi L., Györi S., Vajda I.: Információ- és kódelmélet, Typotex, 2002.

D. R. Hankersson: Introduction to Information Theory and Data Compression, CRC Press, 1998.

Gáll J., Pap Gy.: Információelmélet, mobiDIÁK könyvtár, 2006. <http://mobidiak.inf.unideb.hu>

**Tárgykód: TMME0120**

**A tantárgy neve: Egységek és egységgyenletek**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Algebra és számelmélet alkalmazásai**

Algebrai számtestek egységcsoportja, egységek, alapegységrendszerek, a Dirichlet-féle egységgtétel. Adott normájú elemek algebrai számtestekben. Az egységgyenletek effektív és ineffektív elméletének alapjai.

**Irodalom:**

Freud Róbert, Gyarmati Edit: Számelmélet, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2004.

Z. I. Borevich, I. R. Shafarevich: Number theory, Academic Press, 1966.

T. N. Shorey, R. Tijdeman: Exponential Diophantine Equations, Cambridge University Press, 1986.

**Tárgykód: TMME0121**

**A tantárgy neve: Algoritmusok diofantikus egyenletek megoldására**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Algebra és számelmélet alkalmazásai**

Algebrai számtestek, egész bázis, alapegységek. Lánctört algoritmus, Pell egyenlet. Thue egyenletek és egyenlőtlenségek: ineffektív, effektív és konstruktív módszerek. Hiperelliptikus egyenlet, Mordell egyenlet.

Irodalom:

Ivan Niven, Herbert S. Zuckerman: An introduction to the theory of numbers, John Wiley & Sons, 1980.

Gaál István: Diophantine equations and power integral bases. New computational methods, Birkhäuser, 2002.

Nigel P. Smart: The algorithmic resolution of diophantine equations, Cambridge University Press, 1998.

B. M. M. de Weger: Algorithms for diophantine equations, Centrum voor Wiskunde en Informatica, 1989.

**Tárgykód: TMMG0122**

**A tantárgy neve: Algoritmusok a számelméletben**

**0+2 óra, 2 kredit, Gy**

**Előfeltétele: Algebra és számelmélet alkalmazásai**

Prímfaktorizációs algoritmusok és prímtesztek. A Legendre- valamint a Jacobi-szimbólum előállítási módjai és alkalmazásuk. Algebrai számtestekkel kapcsolatos algoritmusok. Euklideszi algoritmus algebrai egészek körében. Egész bázis, diszkrimináns, ideálosztályszám meghatározása.

Irodalom:

Pethő Attila: Algebraische Algorithmen, Vieweg, 1999.

N. Koblitz: A Course in Number Theory and Cryptography, Springer, 1987.

J. Canon, W. Bosma: Handbook of MAGMA, elektronikusan elérhető segédanyag.

J. Canon, C. Playoust: An Introduction to Algebraic Programming with MAGMA, elektronikusan elérhető segédanyag.

## **Pénzügymatematikaspecializációkötelező**

**Tárgykód: TMME0405**

**A tantárgy neve: Többváltozós statisztika**

**2+1 óra, 4 kredit, K**

**Előfeltétele: Matematikai statisztika alkalmazásai**

Többdimenziós minta. A mintaátlag és az empirikus szórás tulajdonságai. Wishart-eloszlás. Többdimenziós normális eloszlásból vett minta. Maximum likelihood becslés normális eloszlású minta esetén. Hotelling-féle  $T^2$ -próba. Főkomponens analízis, tapasztalati főkomponensek. Faktoranalízis. Paraméterek becslése a faktormodellben, faktorok forgatása. Kanonikus korreláció analízis, a kanonikus faktorok meghatározása. Többváltozós regresszió, maximum likelihood becslés a többváltozós regressziós modellben. Osztályozási módszerek. Maximum likelihood és Bayes döntés. Becslési módszerek. Logisztikus regresszió. A legközelebbi társ módszer. Cluster analízis. Távolságok és hasonlóságok. Hierarchikus módszerek. A k-közép módszer. Többdimenziós skálázás: metrikus és nemmetrikus módszerek. A Shephard-Kruskal-algoritmus.

Irodalom:

Fazekas I. (szerk.): Bevezetés a matematikai statisztikába, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2003.

Móri F. T., Székely J. G. (szerk.): Többváltozós statisztikai analízis, Műszaki Könyvkiadó, 1986.

A. J. Izenman: Modern Multivariate Statistical Techniques. Regression, Classification and Manifold Learning, Springer, 2008.

N. H. Timm: Applied Multivariate Analysis, Springer, 2002.

K. V. Mardia, J. T. Kent, J. M. Bibby: Multivariate Analysis, Academic Press, 1982.

**Tárgykód: TMME0408**

**A tantárgy neve: Opcióértékelés**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Valószínűségszámítás alkalmazásai**

Opciók piacok, opciók díjak jellemzői, korai lehívás, put-call paritás, opciók kereskedési stratégiák, bináris és binomiális fák, kockázatsemlegesség, piaci teljesség, arbitrázs, hedging, (optimális) stratégiák, a Black-Scholes

modell, volatilitás és becslése, a piaci kockázat kezelése, fedezeti stratégiák, „görögök” és számításai, portfólióbiztosítás, numerikus eljárások, volatility smile, Value at Risk, szabályozási kérdések, egzotikus opciók, hitel és operációs kockázatok alapjai.

Irodalom:

J. C. Hull: Opciók, határidős ügyletek és egyéb származtatott termékek, Panem-Prentice Hall, 1999.

J. C. Hull: Options, Futures and Other Derivative Securities, Prentice Hall, 2006.

Philippe Jorion: A kockázatot érték, Panem, 1997.

P. G. Zhang: Exotic Options, World Scientific, 1996.

**Tárgykód: TMME0409, TMMG0409**

**A tantárgy neve: Pénzügyi matematika I.**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Valószínűségszámítás alkalmazásai**

Preferenciarendezés, hasznosságfüggvények. A hasznosság maximalizálása. Néhány klasszikus hasznosság-

függvény. Várható hasznosság. A kockázatkerülés mértéke. Optimális portfóliók. Értékpapírok kereslete. Elsőrendű és másodrendű sztochasztikus dominancia, mean-variance portfólió analízis, CAPM, APT, kockázati mértékek. A fenti területekhez kapcsolódó szoftverek ismertetése és alkalmazása, programozási feladatok, elsősorban az R és a Matlab megfelelő pénzügyi csomagjaiban.

Irodalom:

Chi-fu Huang, R. H. Litzenberg: Foundations for financial economics, Prentice Hall, 1988.

U. Schmidt: Axiomatic utility theory under risk, Springer, 1998.

J. E. Ingersoll: Theory of financial decision making, Rowman & Littlefield, 1987.

E. Barucci: Financial Markets Theory: Equilibrium, Efficiency and Information, Springer, 2006.

Gáll J., Pap Gy.: Bevezetés a hasznosság alapú portfólióelméletbe, mobiDIÁK könyvtár, 2006, <http://mobidiak.inf.unideb.hu/>

**Tárgykód: TMME0410**

**A tantárgy neve: Pénzügyi matematika II.**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Pénzügyi matematika I.**

Származtatott értékpapírok és tulajdonságaik, opciók (európai, amerikai, eladási, vételi és egzotikus esetek),

diszkrét idejű piaci modellek, arbitrázs és arbitrázsmentességi feltételek, értékpapír-árazási alaptételek, piaci teljesség, opciók árazása, kockázatmenedzsment, fedezeti stratégiák, néhány probléma folytonos piacokon, numerikus módszerek.

Irodalom:

A. N. Shiryaev: Essentials of stochastic finance, World Scientific, 1999.

S. R. Pliska: Introduction to Mathematical Finance: Discrete Time Models, Blackwell, 1997.

J. C. Hull: Options, Futures, and Other Derivatives, Prentice Hall, 2006.

Gáll J., Pap Gy.: Opcióelmélet, mobiDIÁK könyvtár, 2004, <http://mobidiak.inf.unideb.hu/>

**Tárgykód: TMME0411**

**A tantárgy neve: Biztosítási matematika**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Valószínűségszámítás alkalmazásai**

Biztosítási alapfogalmak, biztosítási ágazatok. Neméletbiztosítási matematika alapfogalmai. Egyéni kockázat modellje, rekurziós és közelítő eljárások az összkárszám meghatározására, összetett kockázati modellek,

eljárások az összkárszám meghatározására, összetett eloszlások, tulajdonságaik, elméleti és gyakorlati díjkalkulációs elvek, tartalékolás, viszontbiztosítások, néhány egyéb biztosítási kérdés.

Irodalom:

E. Straub: Non-life insurance mathematics, Springer, 1988.

Arató M.: Nem-élet biztosítási matematika, ELTE Eötvös Kiadó, 2001.

S. A. Klugman, H. H. Panjer, G. E. Willmot: Loss Models: From Data to Decisions, Wiley, 2004.

**Tárgykód: TMME0412****A tantárgy neve: Idősorok elemzése****2+1 óra, 4 kredit, K****Előfeltétele: Sztochasztikus folyamatok**

Gyengén stacionárius folyamatok. Autokorreláció és parciális autokorreláció függvény. Wold felbontás, lineáris idősor modellek, ARIMA folyamatok. Idősorok modellezése és előrejelzése ARIMA folyamatokkal: a Box- Jenkins módszer. Spektrálanalízis: Herglotz tétel, stacionárius folyamatok spektrális előállítás, lineáris szűrők. ARMA-folyamatok spektruma. A spektrum becslése: periodogram, gyors Fourier transzformáció, spektrális ablakok. Idősorok állapotterez leírása, Kálmán szűrő. Nemlineáris idősorok, pénzügyi alkalmazások, GARCH modellek.

**Irodalom:**

P. J. Brockwell, R. A. Davis: Introduction to Time Series and Forecasting, Springer-Verlag, 2002.

Jianqing Fan, Qiwei Yao: Nonlinear Time Series, Springer, 2003.

Paul Embrechts, Claudia Klüppelberg, Thomas Mikosch: Modelling Extremal Events: for Insurance and Finance (Stochastic Modelling and Applied Probability), Springer, 2008.

James Douglas Hamilton: Time Series Analysis, Princeton University Press, 1994.

**Tárgykód: TMME0901****A tantárgy neve: Bevezetés a közgazdaságtanba****2+0 óra, 3 kredit, K****Előfeltétele: nincs**

A közgazdaságtudomány tárgya, módszere, rövid története. A gazdasági szereplők, makrojövedelem fogalma, piaci mechanizmus, a kereslet-kínálat elemzése, komparatív statika, áru-, pénz- és munkapiac alapfogalmai. Gazdaságpolitika eszközei: költségvetési és monetáris politika, a jegybank szerepe, a bankok és a bankrendszer fejlődése, a pénzügyi közvetítés funkciói, pénzteremtés folyamata. A magyar gazdaság aktuális kérdései. **Irodalom:**

P. A. Samuelson, W. D. Nordhaus: Közgazdaságtan, KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó, 2000.

Paul Heyne: A gazdasági gondolkodás alapjai, Tankönyvkiadó, 1991.

Todd G. Buchholz: Új ötletek halott közgazdászoktól, Európa Kiadó, 1998.

Todd G. Buchholz: A gazdaságon innen és túl, Európa Kiadó, 2000.

**Tárgykód: TMME0902****A tantárgy neve: Mikroökonómia****2+2 óra, 5 kredit, K****Előfeltétele: Bevezetés a közgazdaságtanba**

Mikroökonómia tárgya, módszere. Fogyasztói választás elmélete, piaci egyensúly és hatékonyság, technológiai korlátok, profitmaximalizálás, költséggörbék, versenyző vállalat kínálat, iparági kínálat, monopólium és a monopolista viselkedés, oligopólium, általános egyensúlyelmélet és a jólét, külső gazdasági hatások, közjavak.

**Irodalom:**

P. A. Samuelson, W. D. Nordhaus: Közgazdaságtan, KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó, 2000.

Kopányi Mihály: Mikroökonómia, Műszaki Könyvkiadó, 1993.

Hal R. Varian: Mikroökonómia középfokon, KJK Kerszöv, 2001.

Bergstrom-Varian: Mikroökonómiai gyakorlatok, Veszprémi Egyetemi Kiadó, 2002.

**Tárgykód: TMME0903****A tantárgy neve: Makroökonómia****2+2 óra, 5 kredit, K****Előfeltétele: Mikroökonómia**

A nemzeti jövedelem termelése, elosztása és felhasználása. A pénz funkciói, a pénz mennyiségi elmélete, seigniorage, a pénzkereslet elméletei, pénzkínálat és a bankrendszer működése. Munkapiac és munkanélküliség, a fogyasztás és elméletei, beruházás, árupiac és az IS görbe, multiplikátor, aggregált kereslet, a pénzpiac és az LM görbe, infláció és a Phillips görbe, fiskális és monetáris politika az IS-LM modellben, az aggregált kínálat, konjunkturális ingadozások, makroökonómiai vita a gazdaságpolitikáról, gazdasági növekedés.

**Irodalom:**

N. Gregory Mankiw: Makroökonómia, Osiris Kiadó, 1999.

Meyer Dietmar, Solt Katalin: Makroökonómia, Aula Kiadó, 1999.

Hall-Taylor: Makroökonómia, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1997.

P. A. Samuelson, W. D. Nordhaus: Közgazdaságtan, KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó, 2000.

## **Pénzügvimatematikaszpecializációválasztható**

**Tárgykód: TMME0205, TMMG0205**

**A tantárgy neve: Játékelmélet**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

A játékelmélet tárgya. Játékelméleti modellek, játékok extenzív, normál, illetve karakterisztikus függvény formája. Véges játékok néhány jellemzője. A játékelméletben alkalmazott fixponttételek és gráfelméleti eredmények. Nemkooperatív játékok általános tulajdonságai. Egyensúlyi helyzetek, a Nash-féle egyensúly fogalma, létezése és egyértelmősége. Kétszemélyes zéróösszegű játékok, mátrix-játékok. Kooperatív játékok alapvető jellemzői.

**Irodalom:**

K. C. Border: Fixed Point Theorems with Applications to Economics and Game Theory, Cambridge University Press, 1999.

Forgó F., Szép J., Szidarovszky F.: Introduction to the Theory of Games, Kluwer Academic Publishers, 1999.

J. von Neumann, O. Morgenstern: Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press, 1944.

Martin J. Osborne: An Introduction to Game Theory, Oxford University Press, 2003.

**Tárgykód: TMME0211**

**A tantárgy neve: Függvényegyenletek és függvényegyenlőtlenségek a közgazdaságtanban**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Analízis alkalmazásai**

Néhány alapvető függvényegyenlet és alkalmazásuk a közgazdaságtanban. Termelési és aggregáló függvények. A konzisztens aggregáció problémája. Kompatibilitás és reprezentativitás. Asszociativitás és biszimmetria.

Kvázimatematikai középértéktételek. Konvex függvények. Hasznosságelméleti alapfogalmak. Bináris játékok. Hasznosságfüggvény, súlyfüggvény, szeparabilitás. Hasznosságfüggvények előállításai és jellemzései. Rangsorolástól is függő hasznosságfüggvények.

**Irodalom:**

J. Aczél: Lectures on functional equations and their applications, Academic Press, 1966.

M. Kuczma: An introduction to the theory of functional equations and inequalities, PWN-Uniwersytet Slaski, Warszawa-Kraków-Katowice, 1985.

R. D. Luce: Utility of Gains and Losses: Measurement-Theoretical and Exponential Approaches, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers Mahway, 2000.

W. Eichhorn: Functional Equations in Economics, Addison-Wesley Publishing Company, 1978.

U. Schmidt: Axiomatic Utility Theory under Risk, Springer, 1998.

**Tárgykód: TMME0413**

**A tantárgy neve: Alkalmazott valószínűségszámítás**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Valószínűségszámítás alkalmazásai**

Sztochasztikus modellek és statisztikai vizsgálatok. Véletlen bolyongás (arkusz szinusz törvény, nagy eltérések,

iterált logaritmus tétel, tönkremenési problémák). Pontfolyamatok (Poisson-folyamat). Elágazó folyamatok (Galton-Watson-folyamat, folytonos idejű Markov-féle elágazó folyamat). Sorbanállási modellek (stacionárius születési-kihalási, sorbanállási rendszerek).

**Irodalom:**

Feller, W.: Bevezetés a valószínűségszámításba és alkalmazásaiba, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.

Székely J. Gábor: Paradoxonok a véletlen matematikájában. Typotex, Budapest, 2004.

**Tárgykód: TMME0904**

**A tantárgy neve: Ökonometria**

**2+2 óra, 5 kredit, K**

**Előfeltétele: Matematikai statisztika alkalmazásai**

Két- és többváltozós regresszió. Hipotézisvizsgálat és modellszelekció. Függvényformák a lineáris

regressziókban, dummy változók. Heteroszkedaszticitás és autokorreláció. Bináris függő változók: LPM, probit, logit. Alapvető idősoros technikák: stacionaritás, distributed lag és ARMAX modellek.

**Irodalom:**

Ramu Ramanathan: Bevezetés az ökonometriába alkalmazásokkal, Panem, 2003.

G. S. Maddala: Bevezetés az ökonometriába, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2004.

**Tárgykód: TMME0905**

**A tantárgy neve: Vállalati pénzügyek**

**2+1 óra, 4 kredit, K**

**Előfeltétele: nincs**

A pénzügyi menedzsment és axiómái. A pénzügyi kimutatások elemzése. A kockázat és a hozam. A tőkeáttétel és a kockázat. A pénz időértéke. Vállalkozások rövid távú finanszírozása. A rövid távú pénzügyi menedzsment általános kérdései. Rövid távú pénzügyi politikák. A készpénz és a követelés menedzsment. Beruházási döntések és beruházás-gazdaságossági számítások. A pénzügyi tervezés és módszerei. A tőkeszükséglet becslése és a vállalati növekedés.

Irodalom:

Soenen, Tarnóczi: Vállalati pénzügyek, Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen, 1995.

Illés Ivánné: Társaságok pénzügyei, Pénzügyi és Számviteli Főiskola, Budapest, 1993.

Brealey, Myers: Modern vállalati pénzügyek 1-2., Panem Kft., 1993.

Bélyácz Iván: Tőkefinanszírozási számítások, Janus Pannonius Egyetemi Kiadó, 1997.

Bélyácz Iván: Tőkeberuházási és finanszírozási döntések, Janus Pannonius Egyetemi Kiadó, 1997.

### **Számítástudománysspecializációkötelező**

**Tárgykód: TMME0404**

**A tantárgy neve: Adatbányászat**

**2+2 óra, 5 kredit, K**

**Előfeltétele: nincs**

Az adatbányászat fogalma és szerepe az informatikában. Problémák és módszerek az adatbányászatban. Az adatbányászat 5-lépcsős folyamata. Módszerek összehasonlítása: statisztikai mutatók és grafikus eszközök. Mintavételi kérdések, tanító, teszt és ellenőrző adatállomány. Feltáró adatelemzés és adat-transzformációk. Prediktív modellek. Lineáris és nemlineáris regresszió. Diszkrét célváltozó előrejelzése: a logisztikus regresszió, ROC görbe. Döntési fák, a CHAID, CART és C4.5 (C5) algoritmus. Neurális háló: egyszerű, többszintű és radiális bázis függvényű háló. Legközelebbi társ módszer. Prediktív módszerek konzisztenciája. Társítási szabályok, az apriori algoritmus. Automatikus klaszterezés. A gyakorlaton egy adatbányász szoftver (pl. SAS/Enterprise Miner) megismerése.

Irodalom:

P. Adriaans, D. Zantinge: Adatbányászat, Panem, 2002.

M. J. A. Berry, G. Linoff: Data Mining Technique. For Marketing, Sales and Customer Support, Wiley, 1997.

L. Devroye, Györfi L., Lugosi G.: A Probabilistic Theory of Pattern Recognition, Springer, 1996.

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

**Tárgykód: TMME0138, TMMG0138**

**A tantárgy neve: WWW és hálózatok matematikája**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Gráfelmélet alkalmazásai**

Webkeresők. Markov-láncok és véletlen séták gráfokon. Kereső gépek (search engine) elmélete. Page Rank és

alkalmazásai. HITS-modellek. Szinguláris felbontás, gráfklaszterezés. Gráfmodellek (Barabási). Kis világ modellek (Kleinberg). WWW oldalak átmeneti tárolása (cache). Az adatbázis frissítése. Szinkronizáció és párhuzamosság, Elosztott rendszerek és számítások.

Irodalom:

William Stallings: Data and computer communications, Macmillan Publ. Comp., 1994.

A. S. Tannenbaum: Számítógép hálózatok, Panem-Prentice Hall, 2004.

Iványi Antal: Párhuzamos algoritmusok, ELTE Eötvös Kiadó, 2005.

Informatikai algoritmusok 1, szerk.: Iványi Antal, ELTE Eötvös Kiadó, 2005.

N. A. Lynch: Osztott algoritmusok, Kiskapu Kft., 2002.

Benkő Tamás, Lukácsy Gergely, Szeredi Péter: A szemantikus világháló elmélete és gyakorlata, Typotex, 2005.

**Tárgykód: TMME0602, TMMG0602**

**A tantárgy neve: Algoritmuselmélet**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

Az algoritmus általános fogalma. Turing-gép, mint az algoritmus egy modellje. Parciálisan rekurzív függvények (primitív rekurzív függvények), mint az algoritmus egy másik modellje. Kiszámítható függvények (Turing és rekurzív módon). Church-tézis. Rekurzív és rekurzívan felsorolható predikátumok és halmazok. Műveletek kiszámítható függvényekkel és predikátumokkal. Eldönthető és eldönthetetlen problémák. Nem rekurzív halmazok, rekurzívan nem szeparálható halmazok. Eldönthetetlen elméletek (általános ismertetés). Más algoritmus-modellek (RAM-gépek; kanonikus Post-rendszerek). Algoritmusok bonyolultsága (általános ismertetés).

Irodalom:

Alan P. Parkes: A concise introduction to languages and machines, Springer, 2008.

Dexter C. Kozen: Theory of computation, Springer, 2006.

Bruce Mills: Theoretical introduction to programming, Springer, 2006.

**Tárgykód: TMME0603, TMMG0603**

**A tantárgy neve: Algoritmusok és adatstruktúrák tervezése, elemzése és implementálása**

**3+3 óra, 7 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Informatika alkalmazásai**

Max-vissza sorrend és alkalmazásai. Minimális súlyú fenyők. 2-SAT. Fa-felbontás, fa-vastagság és alkalmazásai. Gomory-Hu-fák és alkalmazásai. A Steiner-fa és az utazó ügynök feladat. Költséges folyamatok és áramok. Párosítások nem páros gráfban. Gyors Fourier-transzformáció és alkalmazásai. Adatstruktúrák a DISZJUNKT-UNIÓ - HOLVAN feladatra. Kiegyensúlyozott és önkiegyensúlyozó fák. Hasítás. Dinamikus fák. Geometriai adatstruktúrák: hierarchikus keresőfák, intervallum-fák, szakasz-fák és kupacos keresőfák.

Irodalom:

Rónyai Lajos, Ivanyos Gábor, Szabó Réka: Algoritmusok, Typotex, 1998.

Dieter Jungnickel: Graphs, Networks and Algorithms, Springer-Verlag, 2005.

**Tárgykód: TMME0106, TMMG0106**

**A tantárgy neve: Kriptográfia és adatbiztonság**

**3+3 óra, 7 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Algebra és számelmélet alkalmazásai**

Az informatikai adatvédelem alapjai. A konvencionális titkosítók analízise. Szimmetrikus (titkos) kulcsú

rendszerek. Blokk- és folyamtitkosítók. Nyilvános kulcsú titkosítás. Az RSA algoritmus. Kulcsegyeztetés (Diffie-Hellman), elektronikus aláírás. Támadások az RSA ellen. Rabin-kriptorendszer, ElGamal, elliptikus görbék használata. Kriptográfiai protokollok. Titokmegosztó rendszerek, nemfeltáró bizonyítás, pénzfeldobás telefonon. Adatvédelmi rendszerek felépítése, nemzetközi és hazai szabványok és projektek. Pszeudo-véletlen számok generálása.

Irodalom:

Ködmön József: Kriptográfia, Computerbooks, 1999.

J. Buchmann: Einführung in die Kryptographie, Springer, 1999.

N. Koblitz: A Course in Number Theory and Cryptography, Springer, 1987.

A. Menezes, P. van Oorschot, S. Vanstone: Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1996.

**Tárgykód: TMME0116, TMMG0116**

**A tantárgy neve: Kódelmélet**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Lineáris algebra alkalmazásai, Véges testek és alkalmazásai**

A kódelmélet algebrai alapjai. Lineáris kódok. Generátor- és paritásellenőrző mátrix, kód duálisa, korlátok kódokra (Hamming-korlát, Singleton-korlát). Hamming-kód és dekódolása (standard táblázat, szindróma

táblázat, lépésenkénti dekódolás). Ciklikus kód, BCH kód, Reed-Solomon kód, Reed-Müller kód, Golay-kód. A digitális adathordozókon használt kódolás. Hibajavító dekódolási algoritmusok, technikák. Titkosítási alkalmazások.

Irodalom:

Lakatos Piroska: Kódelmélet, Kossuth Lajos Tudományegyetem, Matematikai Intézet, 1998.

Györfi László, Györi Sándor, Vajda István: Információ és kódelmélet, Typotex, 2002.

E. R. Berlekamp: Algebraic Coding Theory, Aegean Park Press, 1984.

Madhu Sudan: <http://people.csail.mit.edu/madhu/FT01/course.html>

Ronny Roth: Introduction to Coding Theory, Cambridge University Press, 2006.

F. J. MacWilliams, N. J. A. Sloane: The Theory of Error-Correcting Codes, North-Holland, 1986.

S. A. Vanstone, P. C. van Oorschot: An Introduction to Error Correcting Codes with Applications, Kluwer Academic Publishers, 1989.

Oliver Pretzel: Error Correcting Codes and Finite Fields, Clarendon Press, Oxford, 1992.

## **Számítástudomány specializáció** **választható**

**Tárgykód: TMME0107, TMMG0107**

**A tantárgy neve: Kombinatorika alkalmazásai**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

Leszámláló kombinatorika, permutációkkal és osztályozásokkal kapcsolatos leszámplálási problémák. Halmazrendszerek, hipergráfok, extrémális kombinatorika, blokkrendszerek. Kombinatorikus optimalizálás, kombinatorika alkalmazásai.

Irodalom:

Bollobás Béla: Combinatorics. Set systems, hypergraphs, families of vectors and combinatorial probability, Cambridge University Press, 1986.

Bóna Miklós: Combinatorics of permutations, Chapman & Hall/CRC, 2004.

Hajnal Péter: Összeszámlálási problémák, Polygon, 1997.

Eugene L. Lawler: Kombinatorikus optimalizálás: hálózatok és matroidok, Műszaki Könyvkiadó, 1982.

Herbert S. Wilf: Generatingfunctionology, 2006.

**Tárgykód: TMME0406**

**A tantárgy neve: Információelmélet**

**2+1 óra, 4 kredit, K**

**Előfeltétele: Valószínűségszámítás alkalmazásai**

A hírközlési rendszerek általános modellje. A kódolás problémája: egyértelműen dekódolható és irreducibilis

kódok, Kraft-Fano-egyenlőtlenség, McMillan tétele, optimális kódok, kódolási eljárások. Blokkonkénti kódolás. Az információmennyiség fogalma, mérőszáma. Shannon-féle entrópia. Diszkrét emlékezet nélküli csatorna, csatornapacitás. Az információelmélet alaptételei. Adattömörítés. Folytonos csatornák.

Irodalom:

R. B. Ash: Information Theory, Dover Publications, 1965.

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

Györfi L., Györi S., Vajda I.: Információ- és kódelmélet, Typotex, 2002.

D. R. Hankersson: Introduction to Information Theory and Data Compression, CRC Press, 1998.

Gáll J., Pap Gy.: Információelmélet, mobiDIÁK könyvtár, 2006. <http://mobidiak.inf.unideb.hu>

**Tárgykód: TMME0604, TMMG0604**

**A tantárgy neve: Mesterséges intelligencia**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

A MI kutatási területei, módszerei, eredményei. Problémák reprezentálása állapottéren. A megoldást kereső rendszerek felépítése, csoportosítása. A backtrack algoritmus, gráfkereső eljárások, az A algoritmusok.

Konstruktív kereső algoritmusok. Lokális keresési technikák: szimulált hűtés, tabu-keresés, a magyar módszer stb. Fejlett kereső algoritmusok, pl. kronológikus visszalépés, választási sorrend heurisztikák, intelligens visszalépés, előretételező keresések, a probléma szerkezetén alapuló módszerek stb. Probléma-redukációs feladatmegoldás, reprezentálása ÉS/VAGY gráffal. Keresési stratégiák ÉS/VAGY gráfban: szélességi, mélységi,

AO algoritmus. A terminálás figyelése címkézéssel. Kétszemélyes, teljes információjú játékok, ábrázolásuk játékfáival. A nyerő stratégia létezése. A minimax eljárás, az alfa-béta vágás. Az automatikus tételbizonyítás és a logikai programozás alapelvei. Formula literál formája, konjunktív és diszjunktív normálformák, formula prenex alakja. A legkisebb-hatáskör eljárás. Skolem-formák. Herbrand tétele. Gentzen-stílusú kalkulusok, vágás elimináció. A tablómódszer. Helyettesítés és illesztés. Legáltalánosabb illesztő helyettesítést előállító algoritmusok. A rezolúció szabálya, a rezolúciós kalkulus. Rezolúciós stratégiák. A Horn programozás. A Prolog mint a Horn programozás implementációja.

Irodalom:

Futó Iván (szerk.): Mesterséges intelligencia, Aula Kiadó, 1999.

S. J. Russell, P. Norvig: Mesterséges intelligencia modern megközelítésben, Panem-Prentice Hall, 2000.

Kósa Márk, Várterész Magda: A mesterséges intelligencia alapjai, Debreceni Egyetem, 2003.

Pásztorné Varga Katalin, Várterész Magda: A matematikai logika alkalmazásszemléletű tárgyalása, Panem Kiadó, 2003.

M. Fitting: First-Order Logic and Automated Theorem Proving, Springer, 1996.

S. K. Das: Deductive databases and logic programming. Addison Wesley, 1992.

**Tárgykód: TMME0205, TMMG0205**

**A tantárgy neve: Játékelmélet**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: nincs**

A játékelmélet tárgya. Játékelméleti modellek, játékok extenzív, normál, illetve karakterisztikus függvény formája. Véges játékok néhány jellemzője. A játékelméletben alkalmazott fixponttételek és gráfelméleti eredmények. Nemkooperatív játékok általános tulajdonságai. Egyensúlyi helyzetek, a Nash-féle egyensúly fogalma, létezése és egyértelmősége. Kétszemélyes zéróösszegű játékok, mátrix-játékok. Kooperatív játékok alapvető jellemzői.

Irodalom:

K. C. Border: Fixed Point Theorems with Applications to Economics and Game Theory, Cambridge University Press, 1999.

Forgó F., Szép J., Szidarovszky F.: Introduction to the Theory of Games, Kluwer Academic Publishers, 1999.

J. von Neumann, O. Morgenstern: Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press, 1944.

Martin J. Osborne: An Introduction to Game Theory, Oxford University Press, 2003.

## **Egvébszakmaiválasztható**

**Tárgykód: TMME0207**

**A tantárgy neve: Funkcionálanalízis**

**2+1 óra, 4 kredit, K**

**Előfeltétele: Analízis alkalmazásai**

Funkcionálanalízis elemei. Stone-Weierstrass-tétel. Banach-terek, korlátos lineáris transzformációk. Az  $L^p$ -terek duálisai, folytonos függvények terének duálisa, Hilbert-tér duálisa, reflexivitás. Hahn-Banach-tétel, Banach-Steinhaus-tétel, nyílt leképezések tétele és következményei.

Irodalom:

A. A. Kirillov, A. D. Gvisiani: Feladatok a funkcionálanalízis köréből, Tankönyvkiadó, 1985.

A. N. Kolmogorov, Sz. V. Fomin: A függvényelmélet és a funkcionálanalízis elemei, Műszaki Könyvkiadó, 1981.

Losonczy L.: Funkcionálanalízis I, Tankönyvkiadó, 1982.

Járai A.: Modern alkalmazott analízis, Typotex Könyvkiadó, 2007.

**Tárgykód: TMME0210**

**A tantárgy neve: Fixponttételek**

**2+0 óra, 3 kredit, K**

**Előfeltétele: Analízis alkalmazásai**

Sperner lemma. Knaster-Kuratowicz-Mazurkiewicz-tétel. Brouwer-féle fixponttétel. Pozitív és negatív retrakt elv. Ky Fan-egyenlőtlenség. Equilibrium tétel. Kakutani-Fan-Glicksberg-féle fixponttétel. Kompakt operátorok,

Schauder-féle fixponttétel. Tyihonov-féle és Markov-Kakutani-féle fixponttételek. A nemkompaktság Kuratowski-féle mértéke. Kondenzáló operátorok, Darbo-Szadovszkij-féle fixponttétel. Nash-féle equilibrium. Neumann-féle minimax tétel. Variációs egyenlőtlenségek. Browder és Hartmann-Stampacchia tétel. Nemexpanzív operátorok. Browder-féle fixponttétel. Alkalmazások: Integrál és differenciálegyenletek

egzisztencia és unicitástételei. A Haar-mérték létezése kompakt Abel-csoportokon. Játékelmélet.

Irodalom:

E. Zeidler: Nonlinear Functional Analysis and its Applications I-IV, Springer, 1986.

A. Granas, J. Dugundji: Fixed Point Theory, Springer, 2003.

**Tárgykód: TMME0302, TMMG0302**

**A tantárgy neve: Modern differenciálgeometria**

**2+2 óra, 5 kredit, K, Gy**

**Előfeltétele: Geometria és topológia alkalmazásai**

Topologikus sokaságok, alapvető példák és konstrukciók (gömbök, tóruszok, a valós projektív sík, Klein-palack,

Möbius-szalag). A kétdimenziós kompakt topologikus sokaságok osztályozása (bizonyítás nélkül). Sima sokaságok, sima leképezések és diffeomorfizmusok. Beágyazott részsokaságok  $\mathbf{R}^n$ -ben, Whitney tétele (bizonyítás nélkül).  $\mathbf{R}^n$ -beli részsokaság érintőtere, az érintővektorok és a derivációk azonosítása. Az érintővektorok absztrakt definíciója, sokaság érintőnyalábja, sima leképezések deriváltja. Vektormezők és közönséges differenciálegyenletek. A vektormezők Lie-algebrája, a Lie-zárójel geometriai jelentése, kommutáló vektormezők. Kovariáns deriválás sokaságokon, görbementi vektormezők kovariáns deriváltja, geodetikusak. A görbületi és torzió tenzor, az algebrai és a differenciális Bianchi-azonosság. Riemann-sokaságok, a Riemann- geometria alaplemmája. A Riemann-féle görbületi tenzor, metszetgörbület, Schur tétele, térformák. Ricci-tenzor, Ricci-görbület, skalárgörbület. Hiperfelületek  $\mathbf{R}^{n+1}$ -ben, a Gauss- és a Codazzi-Mainardi-egyenletek, a Gauss- görbület. Geodetikusak Riemann-sokaságokon.

Irodalom:

L. Conlon: Differentiable Manifolds, Birkhäuser, Boston, 2001.

P. Petersen: Riemannian Geometry, Springer-Verlag, New York, 2006.

Szilasi J.: Bevezetés a differenciálgeometriába, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 1998.

A többi tantárgy tematikája megtalálható valamelyik specializáció kötelező vagy választható tárgyainál.

## Diplomamunka értékelése

A hallgatók diplomamunka témát, és egyúttal témavezetőt, mesterképzési tanulmányaik második félévében választanak. A diplomamunka készítésére szolgáló Diplomamunka 1. és 2. tárgyakat különböző félévekben kell teljesíteni.

Az elkészült diplomamunkát a témavezető véleményezi, szöveges bírálatot készít róla, melyben összegzi és értékeli a dolgozatot.

A diplomamunka védésére az abszolutórium megszerzése után, a záróvizsga-időszak elején, legalább egy héttel a záróvizsga előtt kerül sor. Sikertelen védés esetén a hallgató a záróvizsgán nem vehet részt.

A diplomamunka védése a témavezető tanszékén történik, a bizottságot az illetékes tanszékvezető jelöli ki. Amennyiben a témavezető nem a Matematikai Intézet oktatója, abban az esetben a szakfelelős dönt a bizottságról.

A védés háromfős bizottság előtt zajlik. Minden hallgató esetén tagja a bizottságnak a témavezető, valamint két további oktató, akik közül legalább az egyik vezető oktató (egyetemi tanár vagy egyetemi docens).

A védés teljes időtartama legfeljebb 30 perc. Először a hallgató kb. 20 perces szabad előadásban (segédeszközök használata nélkül) ismerteti diplomamunkáját, majd válaszol a bizottság által feltett kérdésekre. A diplomamunkára és a védésre kapott jegyet a bizottság a védést követően határozza meg.

A dolgozatot elsősorban tartalmi, részben kivitelezési szempontok alapján értékeli a bizottság. A diplomamunkának a jeles érdemjegyhez sem kötelező tudományos értelemben új, publikálható eredményt tartalmaznia, de a jó és jeles osztályzathoz elvárható bizonyos szintű önálló munka (például önálló számítások végzése; a dolgozatban feldolgozott témakör újszerű, önálló felépítése; az irodalomban csak nagyvonalakban megadott bizonyítások alapos kivitelezése).

A védést aszerint értékeli a bizottság, hogy a hallgató mennyire érti és ismeri a diplomamunkájában foglaltakat.