

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

**OKLEVÉLKÖVETELMÉNYEK**

**ALKALMAZOTT MATEMATIKUS  
MESTERKÉPZÉSI SZAK  
(2017 kezdéssel)**

# Általános tudnivalók

**Felvételi:** Alkalmazott matematikus MSc szakra feltétel nélkül jelentkezhetnek a matematika BSc diplomával rendelkezők. Feltételesen fogadhatók el elsősorban a természettudományi, műszaki, informatikai, valamint gazdaságtudományi képzési területek alapképzési szakjai. Ebben az esetben a belépéshez szükséges minimálisan 65 kredit a korábbi tanulmányokból az algebra, analízis, geometria, halmazelmélet, kombinatorika, matematikai logika, operációkutatás, számelmélet, valószínűségszámítás, statisztika területeiről. Ezen belül legfeljebb 10 kredittel beszámíthatók kiterjedt matematikai apparátusra épülő más tárgyak is. A felvétel feltétele, hogy a hallgató a korábbi tanulmányai alapján legalább 50 kredittel rendelkezzen, a hiányzó krediteket az egyetem szabályzatában meghatározottak szerint kell megszerezni.

A felvételi vizsga szóbeli, felvételi bizottság előtt történik. Célja a jelentkezők szakmai tájékozottságának, motivációjának, valamint eddigi szakmai tevékenységének felmérése.

**Specializációválasztás:** Az alkalmazott matematikus MSc szakra felvételt nyert hallgatók specializációt a felvételi értesítést követően, az első félév kezdetét megelőzően választanak. A választható specializációk: pénzügy-matematika és számítástudomány. Az egyes specializációk indításáról a Matematikai Intézet a jelentkezők számától függően dönt.

**Alapozó ismeretek:** Az Alapozó ismeretek tantárgycsoportba tartozó tárgyak teljesítése alól a hallgató korábbi tanulmányai függvényében teljes vagy részleges felmentést kaphat. A matematika BSc végzettséggel rendelkezők automatikusan felmentésben részesülnek ezen tárgyak alól. A más szakról érkezők esetében a felvételi eljárás során lefolytatott kreditelismerés alapján határozza meg a Matematikai Intézet, hogy a hallgató mely alapozó tárgyak alól kap felmentést és melyeket kell teljesítenie, amiről névre szóló tájékoztatást kap az első félév kezdete előtt. A felmentések kreditjeinek terhére egyéb szakmai választható tárgyak teljesítendőek.

**Szabadon választható tárgyak:** Az alkalmazott matematikus MSc szakon 6 kredit szabadon választható tárgy teljesítendő.

Ha valaki a szakmai törzsanyag, a specializáció választható, az egyéb szakmai választható tárgyak köréből az előírtnál többet teljesít, akkor a túlteljesített tárgy elszámolható szabadon választható tárgyként. Arról, hogy melyik tárgyat melyik sávba kívánja elszámoltatni, az abszolutórium ellenőrzésekor leadott tárgylistával nyilatkozik. Fontos, hogy minden tantárgy teljes kreditmennyiséggel és csak egyetlen tárgycsoportba sorolható be, és minden sávból teljesíteni kell a minimálisan előírt kreditmennyiséget. (Azok a tantárgyak, melyeknél a párhuzamosan hallgatandó elméletnek és gyakorlatnak külön tárgykódja illetve kreditértéke van, ebből a szempontból különválaszthatók, azaz az elmélet és a gyakorlat elszámolható két különböző tárgycsoportba.)

Ezeket túl javasolt szabadon választható tárgyak az alkalmazott matematikus MSc szak másik specializációján vagy a matematikus MSc szakon meghirdetett tárgyak.

Szabadon választható tárgyként elfogadható az egyetemen meghirdetett valamennyi olyan kurzus, mely a matematika BSc vagy az alkalmazott matematikus MSc tantárgyaival nincs átfedésben (pl. más szakosoknak tartott matematika tárgyak vagy a pénzügy-matematika/számítástudomány specializáción előírt tárgyakkal tartalmi átfedésben levő közgazdaságtani/informatikai tárgyak nem fogadhatók el). Bizonytalan esetben kérjük, időben érdeklődjének a Matematikai Intézetben.

BSc képzésen teljesített tantárgy újrateljesítéssel sem számolható el.

**Diplomamunka, védés, záróvizsga:** A hallgatóknak diplomamunka témát tanulmányaik 2. félévének végén kell választaniuk. Elkészítésére két félév áll rendelkezésre. A dolgozat megírására a LaTeX dokumentumszerkesztő rendszer használata támogatott. A dolgozat fedőlapja tartalmazza az intézmény nevét, a dolgozat címét, készítőjének nevét a szak feltüntetésével, a témavezető nevét és beosztását. A dolgozatban kifejtett téma részletes tárgyalása mellett elvárt részként tartalmaznia kell bevezetést, tartalom- és irodalomjegyzéket. További kötelező formai követelmények és javasolt stílusfájlok a Matematikai Intézet honlapján érhetők el. A diplomamunkát a záróvizsgát megelőzően, az erre kijelölt bizottság előtt meg kell védeni.

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 mindkét 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.

## 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, lehetőség szerint 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), aki a védési bizottság elnöki feladatait is ellátja.

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 elvárt 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.

# 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)*

## **Specializációk és specializációfelelősök:**

*Pénzügy-matematika (Financial Mathematics), Dr. Pintér Ákos egyetemi tanár*  
*Számítástudomány (Computer Science), Dr. Bérczes Attila egyetemi docens*

## **Képesítési követelmények**

- Összesen 120 kredit megszerzése az alábbiak szerint:

• Alapozó ismeretek/Egyéb szakmai választható tárgyak*	20 kredit
• Szakmai törzsanyag	25 kredit
• Specializáció kötelező tárgyak	40 kredit
• Specializáció választható tárgyak	9 kredit
• Diplomamunka	20 kredit
• Szabadon választható tárgyak	6 kredit
- Államilag elismert legalább középfokú komplex típusú nyelvvizsga
- Testnevelési követelmények teljesítése (egy félév kötelező)

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

\*: részletek az 1. oldalon

**Idegennyelvi követelmények:** A mesterfokozat megszerzéséhez államilag elismert legalább középfokú (B2 szintű) komplex (C típusú) nyelvvizsga letétele szükséges az angol, francia, német, olasz, orosz, spanyol nyelvek valamelyikéből. A korábbi BSc diplomához szükséges legalább középfokú komplex típusú nyelvvizsga elegendő a diploma megszerzéséhez, ha eleget tesz az előbbi feltételnek.

**Testnevelés:** A Debreceni Egyetem mesterképzésben résztvevő hallgatóinak egy féléven keresztül heti két óra testnevelési foglalkozáson való részvétel kötelező. A testnevelési követelmények teljesítése a végbizonyítvány (abszolutorium) kiállításának feltétele.

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

- a tanulmányok egészére számított súlyozott tanulmányi átlag,
- a diplomamunkára és a védésre a védési bizottság által adott jegyek átlaga (részletek a 2. oldalon),
- a szakmai felelet eredménye a záróvizsgán.

## Alkalmazott matematikus mesterszak, pénzügy-matematika specializáció

**Alapozó ismeretek** (részletesebb információk az 1. oldalon)

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. félév
			Elm.	Gyak.			
TTMME0101	Bev. a modern algebrába	3	2		K	TTMMG0101(p)	1
TTMMG0101	Bev. a modern algebrába	2		2	Gy		1
TTMME0202	Operációkutatás	3	2		K	TTMMG0202(p)	1
TTMMG0202	Operációkutatás	2		2	Gy		1
TTMME0301	Fejezetek a geometriából	3	2		K	TTMMG0301(p)	1
TTMMG0301	Fejezetek a geometriából	2		2	Gy		1
TTMME0401	Valószínűségelmélet	3	2		K	TTMMG0401(p)	1
TTMMG0401	Valószínűségelmélet	2		2	Gy		1

**Szakmai törzsanyag** (A felsorolt tantárgyakból legalább 25 kreditet kell teljesíteni úgy, hogy legalább három sávból teljesítendő legalább 5–5 kredit. A negyedik sávból teljesíthető kevesebb kredit. Az előírt mennyiségű krediteken felül teljesített tárgyak az egyéb szakmai választható tárgyakhoz számolhatók el.)  
A csillaggal megjelölt sáv tárgyainak teljesítése ezen a specializáción kötelező.

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. félév
			Elm.	Gyak.			
<i>Diszkrét matematika és algoritmuselmélet sáv</i>							
TTMME0105	Véges testek és alkalm.	3	2		K	TTMMG0105(p)	2
TTMMG0105	Véges testek és alkalm.	2		2	Gy		2
TTMME0104	Gráfelmélet és alkalm.	3	2		K	TTMMG0104(p)	1
TTMMG0104	Gráfelmélet és alkalm.	2		2	Gy		1
TTMME0106	Matematikai algoritmusok	3	2		K	TTMME0104 TTMMG0106(p)	2
TTMMG0106	Matematikai algoritmusok	2		2	Gy	TTMME0104	2
<i>Operációkutatás sáv</i>							
TTMME0205	Konvex optimalizálás	3	2		K	TTMMG0205(p)	1
TTMMG0205	Konvex optimalizálás	2		2	Gy		1
TTMME0107	Diszkrét optimalizálás	3	2		K	TTMMG0107(p)	2
TTMMG0107	Diszkrét optimalizálás	2		2	Gy		2
<i>Alkalmazott analízis sáv</i>							
TTMME0206	Fourier-sorok	4	2	1	K		3
TTMME0207	Köz. diff.egyenletek alk.	3	2		K	TTMMG0207(p)	3
TTMMG0207	Köz. diff.egyenletek alk.	2		2	Gy		3
TTMME0204	Parciális diff.egyenletek	3	2		K	TTMMG0204(p)	2
TTMMG0204	Parciális diff.egyenletek	2		2	Gy		2
<i>Sztochasztikus folyamatok sáv*</i>							
TTMME0402	Sztochaszt. folyamatok	3	2		K	TTMMG0402(p)	2
TTMMG0402	Sztochaszt. folyamatok	2		2	Gy		2

### Specializáció kötelező tárgyak

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. félév
			Elm.	Gyak.			
TTMME0403	Többváltozós statisztika	3	2		K	TTMMG0403(p)	1
TTMMG0403	Többváltozós statisztika	2		2	Gy		1
TTMME0404	Opcióértékelés	3	2		K	TTMMG0404(p)	1
TTMMG0404	Opcióértékelés	2		2	Gy		1

TTMME0405	Pénzügyi matematika I.	3	2		K	TTMMG0405(p)	2
TTMMG0405	Pénzügyi matematika I.	2		2	Gy		2
TTMME0406	Pénzügyi matematika II.	3	2		K	TTMME0405	3
TTMME0407	Biztosítási matematika	3	2		K		2
TTMME0408	Idősorok elemzése	4	2	1	K	TTMME0402	4
TTMME0901	Pénzügyi alapok	5	2	2	K		1
TTMME0902	Mikroökonómia	5	2	2	K		2
TTMME0903	Makroökonómia	5	2	2	K	TTMME0902	3

**Specializáció választható tárgyak** (A felsorolt tantárgyakból legalább 9 kreditet kell teljesíteni. Az előírt mennyiségű krediteken felül teljesített tárgyak az egyéb szakmai választható tárgyakhoz számolhatók el.)

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. félév
			Elm.	Gyak.			
TTMME0208	Játékelmélet	3	2		K	TTMMG0208(p)	2/4
TTMMG0208	Játékelmélet	2		2	Gy		2/4
TTMME0904	Ökonometria	4	2	1	K	TTMME0403	3
TTMME0905	Számvitel	5	2	2	K		2/4

**Egyéb szakmai választható tárgyak** (az alapozó ismeretek alóli felmentések kreditjeinek terhére)

Ide elszámolhatók a szakmai törzsanyagánál illetve a specializáció választható tárgyainál előírt krediteken felül teljesített tárgyak, valamint az alábbi tárgyak:

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. félév
			Elm.	Gyak.			
TTMME0203	Funkcionálanalízis	3	2		K	TTMMG0203(p)	1/3
TTMMG0203	Funkcionálanalízis	2		2	Gy		1/3
TTMME0302	Modern differenciálgeom.	3	2		K	TTMMG0302(p)	1/3
TTMMG0302	Modern differenciálgeom.	2		2	Gy		1/3
TTMME0108	Kombinatorika és alkalm.	3	2		K	TTMMG0108(p)	2/4
TTMMG0108	Kombinatorika és alkalm.	2		2	Gy		2/4

Akik korábbi tanulmányaik során nem tanultak számítógépes statisztikát, azok számára ezen a specializáción kötelező és ide számolható el: TTMMG0409 Statisztika számítógéppel (2 kredit, 0+2 óra, Gy, javasolt félév: 2.).

Legfeljebb 4 kredit beszámítható az egyéb szakmai választható tárgyak közé egy olyan matematikai tantárgy teljesítésével is, amely a fentiekben nincs felsorolva, és a matematikus MSc szakosok vagy az alkalmazott matematikus MSc szak számítástudomány specializációján kerül meghirdetésre.

**Diplomamunka, szabadon választható tárgyak** (A diplomamunkával és a szabadon választható tárgyakkal kapcsolatos részletesebb információk a 2., illetve az 1. oldalon)

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. félév
			Elm.	Gyak.			
TTMMG0701	Diplomamunka 1.	10			Gy		3
TTMMG0702	Diplomamunka 2.	10			Gy	TTMMG0701	4
	Szabadon választható	6					

## Alkalmazott matematikus mesterszak, számítástudomány specializáció

**Alapozó ismeretek** (részletesebb információk az 1. oldalon)

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. fél-év
			Elm.	Gyak.			
TTMME0101	Bev. a modern algebrába	3	2		K	TTMMG0101(p)	1
TTMMG0101	Bev. a modern algebrába	2		2	Gy		1
TTMME0202	Operációkutatás	3	2		K	TTMMG0202(p)	1
TTMMG0202	Operációkutatás	2		2	Gy		1
TTMME0301	Fejezetek a geometriából	3	2		K	TTMMG0301(p)	1
TTMMG0301	Fejezetek a geometriából	2		2	Gy		1
TTMME0401	Valószínűségelmélet	3	2		K	TTMMG0401(p)	1
TTMMG0401	Valószínűségelmélet	2		2	Gy		1

**Szakmai törzsanyag** (A felsorolt tantárgyakból legalább 25 kreditet kell teljesíteni úgy, hogy legalább három sávból teljesítendő legalább 5–5 kredit. A negyedik sávból teljesíthető kevesebb kredit. Az előírt mennyiségű krediteken felül teljesített tárgyak az egyéb szakmai választható tárgyakhoz számolhatók el.)  
A csillaggal megjelölt sáv tárgyainak teljesítése ezen a specializáción kötelező.

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. fél-év
			Elm.	Gyak.			
<i>Diszkrét matematika és algoritmuselmélet sáv*</i>							
TTMME0105	Véges testek és alkalm.	3	2		K	TTMMG0105(p)	2
TTMMG0105	Véges testek és alkalm.	2		2	Gy		2
TTMME0104	Gráfelmélet és alkalm.	3	2		K	TTMMG0104(p)	1
TTMMG0104	Gráfelmélet és alkalm.	2		2	Gy		1
TTMME0106	Matematikai algoritmusok	3	2		K	TTMME0104 TTMMG0106(p)	2
TTMMG0106	Matematikai algoritmusok	2		2	Gy	TTMME0104	2
<i>Operációkutatás sáv</i>							
TTMME0205	Konvex optimalizálás	3	2		K	TTMMG0205(p)	1
TTMMG0205	Konvex optimalizálás	2		2	Gy		1
TTMME0107	Diszkrét optimalizálás	3	2		K	TTMMG0107(p)	2
TTMMG0107	Diszkrét optimalizálás	2		2	Gy		2
<i>Alkalmazott analízis sáv</i>							
TTMME0206	Fourier-sorok	4	2	1	K		3
TTMME0207	Köz. diff.egyenletek alk.	3	2		K	TTMMG0207(p)	3
TTMMG0207	Köz. diff.egyenletek alk.	2		2	Gy		3
TTMME0204	Parciális diff.egyenletek	3	2		K	TTMMG0204(p)	2
TTMMG0204	Parciális diff.egyenletek	2		2	Gy		2
<i>Sztochasztikus folyamatok sáv</i>							
TTMME0402	Sztochaszt. folyamatok	3	2		K	TTMMG0402(p)	2
TTMMG0402	Sztochaszt. folyamatok	2		2	Gy		2

### Specializáció kötelező tárgyak

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. fél-év
			Elm.	Gyak.			
TTMME0410	Adatbányászat	3	2		K	TTMMG0410(p)	1
TTMMG0410	Adatbányászat	2		2	Gy		1
TTMME0109	WWW és hálózatok mat.	4	2	1	K	TTMME0104	3
TTMME0601	Formális nyelvek és aut.	3	2		K	TTMMG0601(p)	1
TTMMG0601	Formális nyelvek és aut.	2		2	Gy		1

TTMME0602	Algoritmusképzés	3	2		K	TTMMG0602(p)	2
TTMMG0602	Algoritmusképzés	2		2	Gy		2
TTMME0603	Algor. és adatstr. tervezése	3	2		K	TTMMG0603(p)	1
TTMMG0603	Algor. és adatstr. tervezése	3		3	Gy		1
TTMME0110	Kriptográfia és adatbizton.	3	2		K	TTMME0105 TTMMG0110(p)	4
TTMMG0110	Kriptográfia és adatbizton.	3		3	Gy	TTMME0105	4
TTMME0303	Véges geom. és kódelmélet	3	2		K	TTMMG0303(p)	2
TTMMG0303	Véges geom. és kódelmélet	2		2	Gy		2
TTMME0411	Információelmélet	4	2	1	K		2

**Specializáció választható tárgyak** (A felsorolt tantárgyakból legalább 9 kreditet kell teljesíteni. Az előírt mennyiségű krediteken felül teljesített tárgyak az egyéb szakmai választható tárgyakhoz számolhatók el.)

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. félév
			Elm.	Gyak.			
TTMME0111	Algebrai kódelmélet	3	2		K	TTMME0105 TTMMG0111(p)	3
TTMMG0111	Algebrai kódelmélet	2		2	Gy	TTMME0105	3
TTMME0112	Diszk. módszer. képfeld.	4	2	1	K		2/4
TTMME0604	Mesterséges intelligencia	3	2		K	TTMMG0604(p)	2/4
TTMMG0604	Mesterséges intelligencia	2		2	Gy		2/4

**Egyéb szakmai választható tárgyak** (az alapoó ismeretek alóli felmentések kreditjeinek terhére)

Ide elszámolhatók a szakmai törzsanyagánál illetve a specializáció választható tárgyainál előírt krediteken felül teljesített tárgyak, valamint az alábbi tárgyak:

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. félév
			Elm.	Gyak.			
TTMME0203	Funkcionálanalízis	3	2		K	TTMMG0203(p)	1/3
TTMMG0203	Funkcionálanalízis	2		2	Gy		1/3
TTMME0302	Modern differenciálgéom.	3	2		K	TTMMG0302(p)	1/3
TTMMG0302	Modern differenciálgéom.	2		2	Gy		1/3
TTMME0403	Többszámú statisztika	3	2		K	TTMMG0403(p)	1/3
TTMMG0403	Többszámú statisztika	2		2	Gy		1/3

Legfeljebb 4 kredit beszámítható az egyéb szakmai választható tárgyak közé egy olyan matematikai tantárgy teljesítésével is, amely a fentiekben nincs felsorolva, és a matematikus MSc szakosok vagy az alkalmazott matematikus MSc szak pénzügy-matematika specializációján kerül meghirdetésre.

**Diplomamunka, szabadon választható tárgyak** (A diplomamunkával és a szabadon választható tárgyakkal kapcsolatos részletesebb információk a 2., illetve az 1. oldalon)

Kód	Tantárgynév	Kredit	Heti óraszám		Számonkérés	Előfeltételek	Jav. félév
			Elm.	Gyak.			
TTMMG0701	Diplomamunka 1.	10			Gy		3
TTMMG0702	Diplomamunka 2.	10			Gy	TTMMG0701	4
	Szabadon választható	6					



## Tantárgyi tematikák

### Alapozó ismeretek

**TTMME0101, TTMMG0101**

**Bevezetés a modern algebra**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Horváth Gábor**

**Előfeltétele: nincs**

Sylow tételei. Szemidirekt szorzat. A  $p$ -csoportok maximális részcsoportjai  $p$  indexű normálosztók. Karakterisztikus részcsoportok, kommutátor. Feloldható csoportok és alaptulajdonságaik. Az alternáló csoportok egyszerűségéről szóló tétel. Szabad csoportok és definiáló relációk. Dyck-tétel. Számelmélet gyűrűkben: maximumfeltétel és az alaptételes gyűrűk jellemzése. Hányadostest. Artin- és Noether-gyűrűk, Hilbert bázistétele. Algebrák, a minimálpolinom tárgyalása algebrák felett. Frobenius-tétel. A felbontási test egyértelműsége, algebrai lezárt létezése. Normális bővítések, tökéletes test felett minden véges bővítés egyszerű. A Galois-elmélet főtétele. Az algebra alaptétele. Geometriai szerkeszthetőség. Egyenlet gyökjelekkel való megoldhatósága, a Casus Irreducibilis elkerülhetetlensége harmadfokú egyenletre.

Irodalom:

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

Kiss Emil: Bevezetés az algebra, Elméleti matematika sorozat. Budapest, 2007, Typotex.

**TTMME0202, TTMMG0202**

**Operációkutatás**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Mészáros Fruzsina**

**Előfeltétele: nincs**

Lineáris programozási feladatra vezető problémák. Konvex poliéderek extrémális pontjai, simplex algoritmus és geometriája, érzékenységvizsgálat. Dualitás. Szállítási és hozzárendelési modell, hálózati modellek. Speciális lineáris programozási modellek.

Irodalom:

Ronert Vanderbei: Linear Programming, Foundations and Extensions, Kluwer Academic Publishers, 1998.

Dimitris Bertsimas, John Tsitsiklis: Introduction to Linear Optimization, Athena Scientific Series in Optimization and Neural Computation, 1997.

Bajalinov Erik, Imreh Balázs: Operációkutatás, Polygon, 2005.

### **TTMME0301, TTMMG0301**

#### **Fejezetek a geometriából**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Kozma László**

**Előfeltétele: nincs**

Differenciálható görbék. Görbület, torzió. A görbeelmélet alaptétele. Felületek az euklideszi térben, különböző megadási módjaik. A felület metrikus alapformája. Normálgörbület, főgörbületek, főirányok, szorzat- és összeggörbület. Az ívhossz variációs problémája. Geodetikusok. Geodetikus görbület. A geodetikusok minimalizáló tulajdonsága. Affin és projektív síkok axiómái. Affin síkok (például az euklideszi sík) projektív bővítése. A dualitás elve. A projektív síkok vektortér-modellje, homogén koordináták. Perspektivitások (centrális vetítések) és projektivitások. Pont- és sugárnégyes kettősviszonya, a Papposz-Steiner tétel. Desargues és Papposz tételei. Teljes négyszög, teljes négyszög, harmonikus pont- és sugárnégyesek. Kollineációk, a projektív geometria alaptétele. A párhuzamossági axióma jelentősége, a hiperbolikus geometria felfedezése. A hiperbolikus síkgeometria Cayley-Klein-modellje, a Poincaré-féle körmodell és félsíkmodell. Az egybevágósági transzformációk leírása a modellekben. Gömbi geometria: távolságmérés a gömbön, gömbháromszögekkel kapcsolatos tételek. Elliptikus metrika.

#### Irodalom:

Kozma László, Kovács Zoltán: Görbék és felületek elemi differenciálgeometriája, (jegyzet).

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

H. S. M. Coxeter: Projektív geometria, Gondolat, 1986.

Csikós Balázs, Kiss György: Projektív geometria, Polygon, 2011.

Kurusa Árpád: Nemeuklideszi geometriák, Polygon, 2009.

Reiman István: Geometria és határterületei, Szalay Kft, 2001.

### **TTMME0401, TTMMG0401**

#### **Valószínűségelmélet**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Fazekas István**

**Előfeltétele: nincs**

Valószínűség, valószínűségi változók, eloszlások. A valószínűségszámítás aszimptotikus tételei.

#### Irodalom:

Fazekas István: Valószínűségszámítás. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 2009.

Csörgő Sándor: Fejezetek a valószínűségelméletből, Szegedi Egyetemi Kiadó, Polygon, 2010.

Rényi Alfréd: Valószínűségszámítás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.

A. N. Shiryaev: Probability, Springer-Verlag, Berlin, 1984.

### **Szakmai törzsanyag**

#### ***Diszkrét matematika és algoritmuselmélet sáv***

### **TTMME0105, TTMMG0105**

#### **Véges testek és alkalmazásaik**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Bérczes Attila**

**Előfeltétele: nincs**

Véges testek struktúrája és automorfizmusai. Véges test feletti polinomok: körosztási és irreducibilis polinomok. Wedderburn tétele. Polinomok rendje, primitív polinomok. Polinomok felbontása véges testek felett. Berlekamp-algoritmus, Zassenhaus javítása. Véletlen algoritmusok polinom gyökeinek meghatározására véges testekben. A véges testek alkalmazásai a hibajavító kódok elméletében, a kombinatorikában és a kriptográfiában.

#### Irodalom:

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

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

Kiss Emil: Bevezetés az algebraiba, Elméleti matematika sorozat. Budapest, Typotex, 2007.

**TTMME0104, TTMMG0104****Gráfelmélet és alkalmazásai****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Nyul Gábor****Előfeltétele: nincs**

Gráfok többszörös összefüggősége: Menger tételei, éldiszjunkt feszítőfák. Gráfok színezései: kromatikus szám, mohó csúcsszínezés, Brooks-tétel, Mycielski-konstrukció, perfekt gráfok, kromatikus polinom, kromatikus index, Vizing-tétel. Függetlenség és lefogás: Gallai tételei, König-tétel, Hall-tétel, teljes párosítások páros és tetszőleges gráfokban, javító utak módszere. Extremális gráfelmélet: Mantel-tétel, Turán-tétel. Barátság-tétel, erősen reguláris gráfok. Síkbarajzolható gráfok, metszési szám. Irányított utak és körök irányított gráfokban, turnamentek.

**Irodalom:**

Hajnal Péter: Gráfelmélet, Polygon, 2003.

Katona Gyula Y., Recski András, Szabó Csaba: A számítástudomány alapjai, Typotex, 2006.

J. A. Bondy, U. S. R. Murty: Graph Theory, Springer, 2008.

Hajnal Péter: Elemi kombinatorikai feladatok, Polygon, 2005.

Friedl Katalin, Recski András, Simonyi Gábor: Gráfelméleti feladatok, Typotex, 2006.

**TTMME0106, TTMMG0106****Matematikai algoritmusok****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Bérczes Attila****Előfeltétele: TTMME0104**

Gráfok ábrázolási módjai, szélességi és mélységi keresés, minimális feszítőfák keresése: Kruskal-, Prim- és Boruvka-algoritmus. A Bellman-Ford-algoritmus. A Dijkstra-algoritmus. A legrövidebb utak szerkezete: a Floyd-Warshall-algoritmus. Irányított gráfok tranzitív lezártja, Johnson ritka gráfokon hatékony algoritmus. Polinomok megadása: a diszkrét Fourier-transzformált és a gyors Fourier-transzformáció algoritmus. Számelméleti algoritmusok: Euklideszi algoritmus, műveletek maradékosztályokkal, kínai maradéktétel. Gyorshatványozás. Prímtesztelés és prímfaktorizáció. Valószínűségi prímteszt, Agrawal–Kayal–Saxena-prímteszt. Pollard-féle rho-faktorizáció.

**Irodalom:**

Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein: Új algoritmusok, Scolar Kiadó, Budapest, 2003.

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

Rónyai L., Ivanyos G., Szabó R.: Algoritmusok, Typotex, Budapest, 1998.

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

**Operációkutatás sáv****TTMME0205, TTMMG0205****Konvex optimalizálás****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Bessenyei Mihály****Előfeltétele: nincs**

Burok operációk és reprezentációik. A Stone–Kakutani elválasztási tétel. Algebrai belső és algebrai lezárt. Komplementáris konvex halmazok algebrai lezártjainak metszete; konvex halmazok elválasztása lineáris függvényekkel. A Dubovickij–Miljutyin-tétel és következményei. A Bernstein–Doetch-tétel lineáris függvényekre; az elválasztási tételek topologikus alakja. Konvex és szublineáris függvények; a maximum-tétel és következményei. Konvex függvények szubgradiense, iránymenti deriváltja. Kalkulus szabályok. A Bernstein–Doetch tétel konvex függvényekre. Távolságfüggvény, érintőkúp, normálkúp. Konvex feltételes szélsőérték feladatok minimuma; primál és duál feltételek. A konvex Fermat-elv. Büntetőfüggvény. A Karush–Kuhn–Tucker tétel és következménye. Slater-feltétel és Slater-tétel.

**Irodalom:**

T. R. Rockafellar: Convex Analysis, Princeton University Press, Princeton, N. J., 1970.

J. M. Borwein and A. S. Lewis: Convex Analysis and Nonlinear Optimization, CMS Books in Mathematics, Springer, New York, 2006.

**TTMME0107, TTMMG0107****Diszkrét optimalizálás****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Nyul Gábor****Előfeltétele: nincs**

Diszkrét optimalizálási problémák elméleti háttere. Teljesen unimoduláris mátrixok, egészértékű lineáris programozás, Hoffman-Kruskal-tétel. Hozzárendelési probléma, kvadratikus hozzárendelési probléma, halmazlefedési probléma, kínai postás probléma, utazó ügynök probléma, Steiner-fa probléma, ládapakolási probléma. Maximális folyam–minimális vágás probléma, Ford-Fulkerson-tétel, Edmonds-Karp-tétel. Mohó algoritmus leszálló halmazrendszerekre, matroidok.

**Irodalom:**

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

Bernhard Korte, Jens Vygen: Combinatorial Optimization, Springer-Verlag, 2006.

Dieter Jungnickel: Graphs, Networks and Algorithms, Springer-Verlag, 2008.

Vijay V. Vazirani: Approximation Algorithms, Springer-Verlag, 2001.

***Alkalmazott analízis sáv*****TTMME0206****Fourier-sorok****2+1 óra, 4+0 kredit, K****Tárgyfelelős: Dr. Gát György****Előfeltétele: nincs**

Marcinkiewicz interpoláció tételei, klasszikus és komplex trigonometrikus rendszer, Weierstrass tételei, trigonometrikus polinomok sűrűsége, a Riemann-Lebesgue lemma, Dirichlet-féle magfüggvények, Fejér-féle magfüggvények, Fejér közepek normakonvergenciája, a Calderon-Zygmund dekompozíció, Hilbert-operátor, Fejér-Lebesgue-tétel, a Dini- és a Lipschitz-féle konvergencia kritérium, Fourier részletösszeg operátorok normakonvergenciája, Walsh-rendszerre vonatkozó Fourier-sorok.

**Irodalom:**

Pál L. Gy.: Ortogonális függvénysorok, Tankönyvkiadó, 1978.

Szókefalvi-Nagy B.: Valós függvények és függvénysorok, Tankönyvkiadó, 1975.

N. K. Bary: A Treatise on Trigonometric Series, Elsevier, 2014.

A. Zygmund, Trigonometric Series Vol I., Cambridge University Press, 2002.

**TTMME0207, TTMMG0207****Közönséges differenciálegyenletek alkalmazásai****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Novák-Gselmann Eszter****Előfeltétele: nincs**

Autonóm differenciálegyenlet-rendszerek és fázisterek. Differenciálegyenletek stabilitása, Lyapunov tételei, a Lyapunov-féle direkt módszer. Peremérték-problémák és sajátérték-feladatok. Green-függvény. Egzisztencia és unicitási tételek. Maximum- és minimumelv. Nemlineáris peremérték-problémák. Sturm-Liouville sajátérték-feladatok. Forgásszimmetrikus elliptikus problémák. Diffeomorfizmusok és szimmetriák. Az egyparaméteres szimmetriacsoport alkalmazása egyenlet integrálására. Variációszámítás, az Euler-Lagrange-differenciálegyenletek, az Euler-Lagrange-differenciálegyenletek invarianciája, az Euler-Lagrange-differenciálegyenletek kanonikus alakja, az Euler-Lagrange-differenciálegyenletek első integráljai. A Noether-tétel. A legkisebb hatás elve.

**Irodalom:**

V. I. Arnol'd, Közönséges differenciálegyenletek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.

V. I. Arnol'd, A mechanika matematikai módszerei, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.

V. I. Arnol'd, A differenciálegyenletek elméletének geometriai fejezetei, Műszaki Könyvkiadó, 1988

B. Dacorogna, Introduction to the Calculus of Variations, 2nd ed., London: Imperial College Press, 2008.

Ph. Frank, R. Mises, A mechanika és fizika differenciál- és integrálegyenletei I-II., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.

A. D. Ioffe, V. M. Tihomirov, Theory of Extremal Problems, Studies in Mathematics and its Applications, 6. North-Holland Publishing Co., Amsterdam-New York, 1979.

W. Walter, Gewöhnliche Differentialgleichungen - Eine Einführung, 7. Auflage, Springer, 2000.

**TTMME0204, TTMMG0204**  
**Parciális differenciálegyenletek**  
**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**  
**Tárgyfelelős: Dr. Fazekas Borbála**  
**Előfeltétele: nincs**

Fizikai példák. Elsőrendű egyenletek: homogén lineáris egyenletek, kvázilineáris egyenletek, illetve általános egyenletekre vonatkozó Cauchy-feladatok. Magasabb rendű egyenletek, a Cauchy–Kovalevszkaja-tétel. Egy-, kettő-, illetve háromdimenziós hullámegyenlet. Inhomogén hullámegyenlet. Poisson-egyenlet, Green-függvények, harmonikus függvények, maximum-elv. A Laplace- és a Poisson-egyenletre vonatkozó kezdetiérték-feladat. A hővezetési egyenlet. Szoboljev-terek, gyenge megoldások.

Irodalom:

V. I. Arnold: Lectures on Partial Differential Equations, Springer, Berlin, 2004.  
Besenyei Ádám, Komornik Vilmos, Simon László: Parciális differenciálegyenletek, TypoTeX Budapest, 2013.  
Czách László, Simon László: Parciális differenciálegyenletek, 1. félév, ELTE jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1993.  
Simon László: Parciális differenciálegyenletek, 2. félév, ELTE jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.  
Simon László, E. A. Baderko: Másodrendű lineáris parciális differenciálegyenletek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1983.  
Székelyhidi László: Elsőrendű parciális differenciálegyenletek, KLTE egyetemi jegyzet, Debrecen, 1980.  
V. Sz. Vlagyimirov: Bevezetés a parciális differenciálegyenletek elméletébe, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.  
V. Sz. Vlagyimirov: Parciális differenciálegyenletek feladatgyűjtemény, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.

***Sztochasztikus folyamatok sáv***

**TTMME0402, TTMMG0402**  
**Sztochasztikus folyamatok**  
**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**  
**Tárgyfelelős: Dr. Barczy Mátyás**  
**Előfeltétele: nincs**

Feltételes várható érték általános fogalma, diszkrét és folytonos idejű Markov-láncok, diszkrét idejű martingálok, Wiener-folyamat, Wiener-folyamat szerinti sztochasztikus integrál (Itô-integrál), Itô-formula, sztochasztikus differenciálegyenletek, diffúziós folyamatok.

Irodalom:

Rényi Alfréd: Valószínűségszámítás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.  
Csörgő Sándor: Fejezetek a valószínűségelméletből, Szegedi Egyetemi Kiadó, Polygon, 2010.  
I. Karatzas, S. E. Shreve: Brownian Motion and Stochastic Calculus, Springer-Verlag, 1991.  
N. Shiryaev: Probability, 2nd edition, Springer-Verlag, 1995.  
S. M. Ross: Introduction to Probability Models, 10th edition, Academic Press, 2009.

**Pénzügy-matematika specializáció kötelező tárgyak**

**TTMME0403, TTMMG0403**  
**Többváltozós statisztika**  
**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**  
**Tárgyfelelős: Dr. Baran Sándor**  
**Előfeltétele: nincs**

Többdimenziós minta és jellemzői; főkomponens analízis; faktoranalízis; kanonikus korreláció analízis; osztályozási módszerek; klaszteranalízis; többdimenziós skálázás.

Irodalom:

Fazekas I. (szerk.): Bevezetés a matematikai statisztikába, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2003.  
A. J. Izenman: Modern Multivariate Statistical Techniques. Regression, Classification and Manifold Learning, Springer, 2008.  
N. H. Timm: Applied Multivariate Analysis, Springer, 2002.  
B. Everitt, T. Hothorn: An Introduction to Applied Multivariate Analysis with R, Springer, 2011.  
K. V. Mardia, J. T. Kent, J. M. Bibby: Multivariate Analysis, Academic Press, 1982.

**TTMME0404, TTMMG0404****Opcióértékelés****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Gáll József****Előfeltétele: nincs**

A hallgatók megismerik az alapvető derivatívákat és azok szerepét, a derivatív piacok működésének alapjait, a derivatívák árazásának alapelveit, az arbitrázsmentesség elvét és alkalmazását, továbbá néhány klasszikus modellt és azok illesztésével, alkalmazásával kapcsolatos problémákat és megoldási módszereket.

**Irodalom:**

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

Gáll J. és Pap Gy.: Bevezetés a pénzügyi matematikába, Polygon, Szeged, 2010.

Barczy M. és Gáll J.: Pénzügyi matematika példatár II, Polygon, Szeged, 2010.

**TTMME0405, TTMMG0405****Pénzügyi matematika I.****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Barczy Mátyás****Előfeltétele: nincs**

Diszkrét idejű részvénytapi, opcióárazási modellek, kockázati mértékek, koherens mértékek, Value at Risk, Expected Shortfall, operációs kockázat és összetett eloszláson alapuló modelljei. Markowitz-féle mean-variance portfólióanalízis, CAPM.

**Irodalom:**

Gáll József, Pap Gyula: Bevezetés a pénzügyi matematikába, Polygon Kiadó, 2010.

Barczy Mátyás: Pénzügyi matematika példatár I., Polygon Kiadó, 2010.

Barczy Mátyás, Gáll József: Pénzügyi matematika példatár II., Polygon Kiadó, 2010.

Harry H. Panjer: Operational Risk: Modeling Analytics, Wiley, 2006.

Musielá, M. and Rutkowski, M.: Martingale Methods in Financial Modeling, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2005.

**TTMME0406****Pénzügyi matematika II.****2+0 óra, 3+0 kredit, K****Tárgyfelelős: Dr. Gáll József****Előfeltétele: TTMME0405**

Hasznosságelmélet, várható hasznosság, axiómák, szakirodalmi kritikák. Kockázatkerülés és mérése, optimális portfóliók. Folytonos idejű részvény- és kamatlábmodellek, arbitrázsmentesség vizsgálata, részvény-, kötvény- és kamatlábderivatívák árazása.

**Irodalom:**

Gáll József, Pap Gyula: Bevezetés a pénzügyi matematikába, Polygon Kiadó, 2010.

Barczy Mátyás: Pénzügyi matematika példatár I., Polygon Kiadó, 2010.

Musielá, M. and Rutkowski, M.: Martingale Methods in Financial Modeling, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2005.

Barczy Mátyás, Gáll József: Pénzügyi matematika példatár II., Polygon Kiadó, 2010.

Björk, T.: Arbitrage Theory in Continuous Time, Oxford University Press, Oxford/New York, 1998.

Brigo, D. and Mercurio, F.: Interest Rate Models - Theory and Practice: With Smile, Inflation and Credit, Springer, Berlin, Heidelberg New York, 2006.

**TTMME0407****Biztosítási matematika****2+0 óra, 3+0 kredit, K****Tárgyfelelős: Dr. Barczy Mátyás****Előfeltétele: nincs**

Biztosítás fogalma, biztosítások csoportosítása, klasszikus nem-életbiztosítási modellek, összkármeghatározási módszerek, kapcsolódó illesztési, statisztikai kérdések. Díjkalkuláció. Élet- és viszontbiztosítási alapok, járadékszámítás, díjkalkuláció életbiztosítások esetén.

**Irodalom:**

Arató Miklós: Nem-életbiztosítási matematika, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2001.

Straub, Erwin: Non-life Insurance Mathematics, Springer-Verlag, 1980.

Szabó László Imre és Viharos László: Az életbiztosítás alapjai, Polygon jegyzet, 2001.

Banyár József: Életbiztosítás, Aula, 2003.

Mikosch, Thomas: Non-life Insurance Mathematics, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2006.

**TTMME0408****Idősorok elemzése****2+1 óra, 4+0 kredit, K****Tárgyfelelős: Dr. Barczy Mátyás****Előfeltétele: TTMME0402**

Gyengén és erősen stacionárius idősorok, ARMA és ARIMA folyamatok, ezek előrejelzése az időtartományban és frekvencia tartományban. Box-Jenkins-módszer. Kálmán-szűrés. Hosszú memóriájú és frakcionálisan integrált folyamatok.

**Irodalom:**

P. J. Brockwell, R. A. Davis: Time Series: Theory and Methods, 2nd edition. Springer, 2006.

W. W. S. Wei: Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Methods, 2nd edition. Pearson Education, 2006.

R. H. Shumway, D. S. Stoffer: Time Series Analysis and its Applications with R Examples, 3rd edition. Springer, 2011.

W. A. Fuller: Introduction to Statistical Time Series, 2nd edition. John Wiley &amp; Sons Inc, 1996.

**TTMME0901****Pénzügyi alapok****2+2 óra, 5+0 kredit, K****Tárgyfelelős: Dr. Gáll József****Előfeltétele: nincs**

Pénzpiaci, pénzügyi alapfogalmak, a pénz időértéke, jelenérték-számítási módszerek, egyéb pénzügyi értékelési alapmutatók, pénzügyi és piaci adatokon alapuló pénzügyi mutatócsalások, kötvények és részvények és azok elemi értékelési módszerei, belső megtérülési ráta, elemi befektetési, beruházási kérdések.

**Irodalom:**

Brealey-Myers: Modern vállalati pénzügyek, Panem, Budapest, 2005.

**TTMME0902****Mikroökonómia****2+2 óra, 5+0 kredit, K****Tárgyfelelős: Dr. Kapás Judit****Előfeltétele: nincs**

Mikroökonómiai alapelvek. A mikroökonómiai elemzés módszertana: modellezés, komparatív statika, optimalizálás, határelemzés. A mikroökonómia fő kérdései. A piac működése: kereslet-kínálati elemzés. A kormányzat piaci beavatkozásai: árszabályozás, adózás. Fogyasztói döntéshozatal modellezése. Preferenciarendezés, hasznosságelmélet, preferenciatípusok. Költségvetési halmaz. Fogyasztói optimalizálás, egyéni kereslet. Keresletelmélet alkalmazásai, rugalmasságok. Termeléselmélet. A mikroökonómia vállalatfelfogása, a vállalat mint döntéshozó. Vállalkozó, tulajdonos, menedzser. Profitmaximalizálás mint fő cél. Időtávok. Termelési függvény rövid és hosszú távon. Tényezőkereslet, határtermék és a hozadékok. Kompetitív iparág: árelfogadó viselkedés rövid és hosszú távon. Társadalom jóléte: fogyasztói és termelői többlet. Monopolista viselkedés: tiszta monopólium profitmaximalizálása, jóléti hatások elemzése.

**Irodalom:**

Jack Hirschleifer, Amihai Glazer, David Hirschleifer: Mikroökonómia - Árelmélet és alkalmazásai - Döntések, piacok és információk. Osiris Kiadó, 2009

Berde Éva (szerk.): Mikroökonómiai és piacelméleti példatár. TOKK, Budapest, 2009. (e-book formában: <https://bookandwalk.hu/Mikrookonomiai-es-piacelmeleti-feladatgyujtemeny-9915-ebook.aspx>)

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

Kopányi, M. (szerk.): Mikroökonómia. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1997.

Mankiw, G. N.: A közgazdaságtan alapjai. Osiris, Budapest, 2011.

Bergstrom, Theodore C., Varian, Hal R.: Mikroökonómiai gyakorlatok. Veszprémi Egyetemi Kiadó, 2002.

**TTMME0903****Makroökonómia****2+2 óra, 5+0 kredit, K****Tárgyfelelős: Dr. Czeglédi Pál****Előfeltétele: TTMME0902**

A makroökonómia kérdései. A makroökonómiai aggregátumok mérésének elvei: a gazdasági körforgás és a GDP, nominális és reál GDP, a GDP felhasználása, a GDP-deflátor és a fogyasztói árindex; a munkanélküliség mérése. A gazdaság hosszú távon: az árupiac és a kölcsönforrások piacának egyensúlya, a tényezőpiaci egyensúly és a jövedelemelosztás; a természetes munkanélküliség elméletei. A pénz jelentősége és az infláció: a pénz funkciói és a pénzkínálat; a pénz mennyiségi elmélete; a pénzkereslet; az infláció társadalmi költségei. A gazdaság rövid távú modelljei: a keynesi kereszt, az IS-LM modell, az aggregált kereslet és az aggregált kínálat modellje. A rövid és a hosszú távú következtetések viszonya: a várakozásokkal kiegészített Phillips-görbe, és a fogyasztási függvény Friedman- és Modigliani-féle elméletei.

**Irodalom:**

Mankiw, G.: Makroökonómia. Osiris, Budapest, 1999.

Misz József, Palotai Dániel: Makroökonómia feladatgyűjtemény. Panem, Budapest, 2004.

Pete Péter: Bevezetés a monetáris makroökonómiába. Osiris, Budapest, 1996.

Kaufmann, R. T.: Makroökonómiai munkafüzet és feladatgyűjtemény N. Gregory Mankiw Makroökonómia című tankönyvéhez. Osiris, Budapest, 2002.



## **Pénzügy-matematika specializáció választható tárgyak**

**TTMME0208, TTMMG0208**

**Játékelmélet**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Boros Zoltán**

**Előfeltétele: nincs**

Nem-kooperatív játékok normál alakja. A Nash-féle egyensúlyi helyzet fogalma, létezése. A legjobbválasz-leképezés. A játékelméletben alkalmazott fixponttételek. Véges játékok elemzése, szigorúan dominált stratégiák, kétszemélyes véges játékok bimátrix reprezentációja. A játékelméleti megközelítés alkalmazása egyszerűbb piaci modellekre (duo-pólium, oligopólium). Véges játékok kevert bővítése. Kétszemélyes zéróösszegű játékok, mátrix-játékok. Játékok extenzív alakban. Kombinatorikus játékok, kupac-játékok, Grundy-számozás. Kooperatív játékok, a koalíció értéke. A Nash-féle alkumodell.

Irodalom:

J. H. Conway: On Numbers and Games, Academic Press, 1976.

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

Szép J., Forgó F.: Bevezetés a játékelméletbe, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1974.

Szidarovszky F., Molnár S.: Játékelmélet műszaki alkalmazásokkal, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.

**TTMME0904**

**Ökonometria**

**2+1 óra, 4+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Balogh Tamás László**

**Előfeltétele: TTMME0403**

Az ökonometria tárgyköre, vizsgált területei. Bevezetés az R használatába. Egy- és többváltozós regressziós modellek: az OLS becslés, a modell illeszkedése, mutatószámok, hipotézisvizsgálatok. Az alapmodell feltételeinek feloldása: heteroszkedaszticitás, autokorreláció, multikollinearitás. Dummy és csonkított változók. Szimultán ökonometriai modellek. A változók mérési hibája. Paneladatok elemzése. Idősorelemzési alapfogalmak. Esettanulmányok.

Irodalom:

Ramanathan, R.: Bevezetés az ökonometriába alkalmazásokkal. Panem, Budapest, 2003.

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

Hunyadi L., Vita L.: Statisztika közgazdászoknak. KSH, Budapest, 2005.

R-project.org honlapról letölthető segédletek az R programhoz

**TTMME0905**

**Számvitel**

**2+2 óra, 5+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Tóth Kornél**

**Előfeltétele: nincs**

A számvitel fogalma. A számviteli munka szakaszai. Számviteli rendszer, a számviteli törvény. Nemzetközi Pénzügyi Beszámolási Standardok (IFRS-ek). A pénzügyi kimutatások tartalma és prezentálása.

Irodalom:

Kozma András: Vázlatok a számvitel tanulásához 1. kötet, Keletlombard Kft., Debrecen, 2004.

Kozma András: Vázlatok a számvitel tanulásához 2. kötet, Keletlombard Kft., Debrecen, 2001.

Róth, Adorján, Lukács, Veit: Pénzügyi számvitel, Magyar Könyvvizsgálói Kamara Oktatási Központ Kft., Budapest, 2015.

Lakatos László Péter, Kovács Dániel Máté, Madarasiné Szirmai Andrea, Mohl Gergely, Rózsa Ildikó: A Nemzetközi Pénzügyi Beszámolási Standardok elmélete és gyakorlata, Magyar Könyvvizsgálói Kamara Oktatási Központ Kft., Budapest, 2013.

Nemzetközi Számviteli Standardok (International Accounting Standards, IAS-ek), valamint a Nemzetközi Pénzügyi Beszámolási Standardok (International Financial Reporting Standards, IFRS-ek), [www.ifrs.org](http://www.ifrs.org)

A Nemzetközi Pénzügyi Beszámolási Standardok (IFRS-ek) Konceptcionális Keretelvei, [www.ifrs.org](http://www.ifrs.org)

Sztanó Imre: A számvitel alapjai, Perfekt Gazdasági Tanácsadó, Oktató és Kiadó Részvénytársaság, Budapest, 2015.

## **Pénzügy-matematika specializáció egyéb szakmai választható tárgyak**

**TTMME0203, TTMMG0203**

**Funkcionálanalízis**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Páles Zsolt**

**Előfeltétele: nincs**

Hilbert-tér, az ortogonális felbontás tétele, Fourier-sorok, Bessel-egyenlőtlenség, Gram–Schmidt-féle ortogonalizációs eljárás, Riesz-tétel, adjungált és önadjungált operátorok, projekciók, kompakt operátorok Hilbert-tereken, a  $K(H)$  zártága, kompakt operátorok spektruma, Fredholm-alternatíva, kompakt önadjungált és normális operátorok spektráلتétele, függvénykalkulus kompakt normális operátorokra, pozitív operátorok, Hilbert-Schmidt-operátorok, nem korlátos operátorok Hilbert-tereken.

Irodalom:

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

J. B. Conway, A course in Functional Analysis, Springer, 1989.

N. J. Dunford, J. T. Schwartz, Linear Operators, Interscience Publishers, 1957.

N. I. Akhiezer, I. M. Glazman, Theory of Linear Operators in Hilbert Space, Dover Publications, 1993.

**TTMME0302, TTMMG0302**

**Modern differenciálgeometria**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Tran Quoc Binh**

**Előfeltétele: nincs**

Topologikus sokaságok, alapvető példák és konstrukciók (gömbök, tóruszok, valós projektív sík, Klein-palack, Möbius-szalag). Sima sokaságok, sima leképezések és diffeomorfizmusok. Beágyazott részsokaságok az  $n$  dimenziós valós vektortérben, Whitney tétele. Beágyazott 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, geodetikusok. A görbületi és a torzió tenzor, az algebrai és a differenciális Bianchi-azonosság. Riemann-sokaságok, a Riemann-geometria alaplemmája. Riemann-geodetikusok. A Riemann-féle görbületi tenzor, metszetgörbület, Schur tétele, térformák. Ricci-tenzor, Ricci-görbület, skalárgörbület. Hiperfelületek az  $(n+1)$  dimenziós valós térben, a Gauss- és a Codazzi-Mainardi-egyenletek. A Gauss-görbület.

Irodalom:

Szilasi József: Bevezetés a differenciálgeometriába, Kossuth Egyetemi Kiadó, 1998.

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

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

John M. Lee: Introduction to Smooth Manifolds (2nd edition); Springer, 2013.

**TTMME0108, TTMMG0108**

**Kombinatorika és alkalmazásai**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Nyul Gábor**

**Előfeltétele: nincs**

Formális hatványsorok, sorozatok generátorfüggvénye és exponenciális generátorfüggvénye. Permutációkkal és osztályozásokkal kapcsolatos leszámplálási problémák (Stirling-számok, Bell-számok és változataik, Euler-számok, szubfaktoriálisok). Catalan-számok. Halmazrendszerekkel kapcsolatos extrémális kérdések, Sperner-rendszerek, metsző rendszerek. Blokkrendszerek, Steiner-rendszerek, szimmetrikus és feloldható blokkrendszerek. Véges projektív és véges affin síkok, ortogonális latin négyzetek, Hadamard-mátrixok.

Irodalom:

Hajnal Péter: Összeszámplálási problémák, Polygon, 1997.

Hajnal Péter: Halmazrendszerek, Polygon, 2002.

Ronald L. Graham, Donald E. Knuth, Oren Patashnik: Konkrét matematika, Műszaki Könyvkiadó, 1998.

Martin Aigner: A Course in Enumeration, Springer-Verlag, 2007.

Stasys Jukna: Extremal Combinatorics, Springer-Verlag, 2011.

Douglas R. Stinson: Combinatorial Designs, Springer-Verlag, 2004.

## **Számítástudomány specializáció kötelező tárgyak**

**TTMME0410, TTMMG0410**

**Adatbányászat**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Baran Sándor**

**Előfeltétele: nincs**

Az adatbányászat fogalma és szerepe. Adatok, attribútumok, mérési skálák, adatok előfeldolgozása. Feltáró adatelemzés. Döntési fák, osztályozó eljárások. Asszociációs elemzés. Klaszterezésen alapuló eljárások. Rendellenességek keresése. Esettanulmányok.

Irodalom:

Pang-Nin Tan, Michael Steinbach, Vipin Kumar: Adatbányászat. Alapvetés. Panem, 2012.

Jiawei Han, Jian Pei, Micheline Kamber: Data Mining: Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann, 2012.

**TTMME0109**

**WWW és hálózatok matematikája**

**2+1 óra, 4+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Tengely Szabolcs**

**Előfeltétele: TTMME0104**

A GPS rendszer működése, lineáris shift regiszterek. Keresőalgoritmusok: PageRank, HITS, SALSA.

Irodalom:

Rousseau, Christiane, Saint-Aubin, Yvan: Mathematics and Technology, Springer, 2008.

J. Kleinberg.: Authoritative Sources in a Hyperlinked Environment.

**TTMME0601, TTMMG0601**

**Formális nyelvek és automaták**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Horváth Gábor**

**Előfeltétele: nincs**

Turing-gépek, rekurzív és rekurzív felsorolható nyelvek. Rekurzív nyelvek jellemzése. A megállási probléma. RAM-gépek, ezek ekvivalenciája a Turing-gépekkel. Eldönthetetlen problémák, bonyolultságelméleti kitekintés. Chomsky-hierarchia, formális nyelvek, általános számítási modell. Automaták. Nyelv felismerhetősége automatával, reguláris nyelvek. Példák. A Chomsky-osztályok megkülönböztethetősége. Pumpálási lemma. Ekvivalens automaták, redukciós algoritmusok, adott nyelvet felismerő minimális automata. Nemdeterminisztikus automaták. Chomsky- és Greibach-normálforma. Gyakorlati alkalmazások. Univerzális algebrai bevezető. Algebrák, varietások, pszeudovarietások. Kongruenciák, hálók. Szabad algebra, a H, S, P, és  $S_p$  operátorok. Szubdirekt irreducibilis algebrák, jellemzés, példák. Birkhoff varietástétele, annak különböző változatai. Félcsoportok, monoidok, félcsoport- és monoidvarietások. Idempotens elemek, elem hatványai. Szintaktikus monoidok, Shützenberger tétele. Nyelvek varietása, Eilenberg-típusú tételek.

Irodalom:

P. Linz: An Introduction to Formal Languages and Automata

S. Burris, H. P. Sankappanavar: A Course in Universal Algebra

**TTMME0602, TTMMG0602****Algoritmuskészítés****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Pongrácz András****Előfeltétele: nincs**

Turing-gépek, rekurzív és rekurzív felsorolható nyelvek. Rekurzív nyelvek jellemzése. Rövid kitekintés más számítási modellek felé. Többszalagos Turing-gépek. Tér és idő. Nemdeterminisztikus Turing-gépek. Polinomiális visszavezetés, NP-teljesség. Cook tétele SAT és 3-SAT NP-teljességéről. Különböző Boole-problémák NP-teljessége. Néhány klasszikus probléma NP-teljessége. Ladner tétele, köztes bonyolultsági osztályok. A gráfizomorfizmus-probléma. Lineáris visszavezethetőség. Mohó algoritmussal megoldható problémák, matroidok. Matroidelmélet. Rangfüggvény, körök. A matroidok jellemzése. Finomított bonyolultság. Polinomidőben megoldható problémák javthatósága. Példák. Karatsuba algoritmus polinomok illetve tizedestört alakban megadott számok szorzására. Matrikák szorzása, Strassen algoritmus. Az algoritmus gyorsítása. Elvi alsó korlátok. Sok mátrix szorzata, mátrix hatványozása. Matrikák különböző felbontásai, ezek alkalmazhatósága a szorzás gyorsabb elvégzésében. Matrikák sajátértékeinek kiszámítása.

**Irodalom:**

Lovász László: Algoritmusok bonyolultsága. Typotex, 2014.

Frank András: Matroidelmélet, egyetemi jegyzet, 2008.

**TTMME0603, TTMMG0603****Algoritmusok és adatstruktúrák tervezése****2+3 óra, 3+3 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Hajdu Lajos****Előfeltétele: nincs**

Az algoritmus fogalma, típusai, csoportosításuk. Dinamikus programozás, mohó algoritmus, heurisztikus algoritmusok. Rendezési, keresési algoritmusok. Keresőfák és azok fő típusai, fábejárás algoritmusok. Hash-táblák, Hash-függvények, szövegfeldolgozó algoritmusok. Ismertebb adatstruktúrák létrehozása és alkalmazásai.

**Irodalom:**

Aszalós László, Herendi Tamás: Algoritmusok

[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0046\\_algoritmusok/0046\\_algoritmusok.pdf](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0046_algoritmusok/0046_algoritmusok.pdf)

Ivanyos Gábor, Szabó Réka, Rónyai Lajos: Algoritmusok, Typotex, 1999.

Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein: Új algoritmusok, Scolar Kiadó, Budapest, 2003.

**TTMME0110, TTMMG0110****Kriptográfia és adathbiztonság****2+3 óra, 3+3 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Tengely Szabolcs****Előfeltétele: TTMME0105**

Klasszikus titkosítási rendszerek. Az Enigma. Szimmetrikus rendszerek, nyilvános kulcsú rendszerek. Titokmegosztás módszerei. Pseudovéletlen számok generálása.

**Irodalom:**

Nigel Smart: Cryptography: An Introduction, 2003.

**TTMME0303, TTMMG0303**  
**Véges geometriák és kódelmélet**  
**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**  
**Tárgyfelelős: Dr. Szilasi Zoltán**  
**Előfeltétele: nincs**

Véges illeszkedési struktúrák: projektív és affín síkok, Galois-geometriák. Véges projektív síkok kombinatorikai tulajdonságai. Ívek, oválisok. Véges projektív síkok és algebrai struktúrák. Test feletti véges affín és projektív síkok konstrukciója. Példák véges projektív síkokon kombinatorikusan definiált pontthalmazokra. További illeszkedési geometriák konstrukciója: blokkrendszerek, Steiner-rendszerek. Véges geometriákhoz kapcsolódó kódelméleti konstrukciók.

Irodalom:

D. R. Hughes, F. C. Piper: Projective Planes, Springer, 1973.  
Kárteszi Ferenc: Bevezetés a véges geometriákba, Akadémiai Kiadó, 1973.  
Kiss György, Szőnyi Tamás: Véges geometriák, Polygon, 2001.  
S. E. Payne: Topics in Finite Geometry, 2007.  
Szilasi Zoltán: Bevezetés a véges geometriába, 2013.

**TTMME0411**  
**Információelmélet**  
**2+1 óra, 4+0 kredit, K**  
**Tárgyfelelős: Dr. Pintér Ákos**  
**Előfeltétele: nincs**

Többdimenziós minta és jellemzői; főkomponens analízis; faktoranalízis; kanonikus korreláció analízis; osztályozási módszerek; klaszteranalízis; többdimenziós skálázás.

Irodalom:

Györfi László, Györi Sándor, Vajda István: Információ- és kódelmélet. Typotex, 2010.  
Csiszár Imre, Fritz József: Információelmélet. Tankönyvkiadó, 1980.  
Cover, Thomas M. and Thomas, Joy A.: Elements of Information Theory. Wiley, 2006.  
Togneri, Roberto and de Silva, Christopher J. S.: Fundamentals of Information Theory and Coding Design. Chapman & Hall/CRC, 2006.  
Ash, Robert B.: Information Theory. Dover Publications, 1990.

## **Számítástudomány specializáció választható tárgyak**

**TTMME0111, TTMMG0111**  
**Algebrai kódelmélet**  
**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**  
**Tárgyfelelős: Dr. Pink István**  
**Előfeltétele: TTMME0105**

Hibajavító kódolás alapjai, lineáris kódok, blokk kódok, ciklikus kódok, példák: Hamming-kód, Hadamard-kód, Golay-kód, BCH-kód, Reed-Solomon-kód. Kódolás és dekódolás, aszimptotikák. Becslések kód méretére. Entrópia, Shannon-kapacitás. Önduális kód, Reed-Muller-kód, Goppa-kód, tökéletes kódok. Konvolúciós kódok, kvadratikus maradék kódok. Gyakorlati alkalmazások, a CD kódolása és dekódolása.

Irodalom:

Györfi L., Györi S., Vajda I.: Információ- és kódelmélet, Typotex, 2010.  
G. Birkhoff, T. C. Barte: Modern algebra a számítógéptudományban, Műszaki, 1974.  
J. H. van Lindt: Introduction to Coding Theory, Springer, GTM, 1982.  
E. R. Berlekamp: Algebraic Coding Theory, Aegean Park Press, 1984.

**TTMME0112****Diszkrét matematikai módszerek a képfeldolgozásban****2+1 óra, 4+0 kredit, K****Tárgyfelelős: Dr. Hajdu Lajos****Előfeltétele: nincs**

A digitális topológia és a digitális geometria alapjai. Digitális egyenesek, digitális görbék. Digitális metrikák, távolságtranszformációk. A matematikai morfológia alapjai. Képtranszformációk. A statisztikus alakfelismerés alapjai. Képfeldolgozó programcsomagok.

**Irodalom:**

R.C.Gonzalez, R.E Woods: Digital Image Processing, 3rd Edition, Prentice Hall, 2008.

R.C.Gonzalez, R.E Woods: Digital Image Processing using MATLAB, Prentice Hall, 2004.

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

**TTMME0604, TTMMG0604****Mesterséges intelligencia****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Hajdu Lajos****Előfeltétele: nincs**

A matematikai logika alapjai. A mesterséges intelligencia kutatási területei, módszerei. Problémák reprezentálása állapotterén, példák állapotér-reprezentációkra. Gráfrepresentáció. A megoldást kereső rendszerek felépítése, csoportosítása. Nem módosítható stratégiák. Backtrack algoritmus. Gráfkereső eljárások: szélességi, mélységi, optimális keresések. Heurisztikus gráfkeresők: a best-first és az A algoritmusok. Kétszemélyes játékok, ábrázolásuk játékfával. A nyerő stratégia létezése. A minimax eljárás, az alfa-béta vágás. Problémaredukciós feladatmegoldás, reprezentálása ÉS/VAGY gráffal. A megoldás keresése ÉS/VAGY gráfokban. Keresési stratégiák ÉS/VAGY gráfban: szélességi, mélységi, AO algoritmus.

**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.

**Számítástudomány specializáció egyéb szakmai választható tárgyak****TTMME0203, TTMMG0203****Funkcionálanalízis****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Páles Zsolt****Előfeltétele: nincs**

Hilbert-tér, az ortogonális felbontás tétele, Fourier-sorok, Bessel-egyenlőtlenség, Gram–Schmidt-féle ortogonalizációs eljárás, Riesz-tétel, adjungált és önadjungált operátorok, projekciók, kompakt operátorok Hilbert-tereken, a  $K(H)$  zárttsága, kompakt operátorok spektruma, Fredholm alternatíva, kompakt önadjungált és normális operátorok spektráltétele, függvénykalkulus kompakt normális operátorokra, pozitív operátorok, Hilbert-Schmidt-operátorok, nem korlátos operátorok Hilbert-tereken.

**Irodalom:**

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

J. B. Conway, A Course in Functional Analysis, Springer, 1989.

N. J. Dunford, J. T. Schwartz, Linear Operators, Interscience Publishers, 1957.

N. I. Akhiezer, I. M. Glazman, Theory of Linear Operators in Hilbert Space, Dover Publications, 1993.

**TTMME0302, TTMMG0302**  
**Modern differenciálgeometria**  
**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**  
**Tárgyfelelős: Dr. Tran Quoc Binh**  
**Előfeltétele: nincs**

Topologikus sokaságok, alapvető példák és konstrukciók (gömbök, tóruszok, valós projektív sík, Klein-palack, Möbius-szalag). Sima sokaságok, sima leképezések és diffeomorfizmusok. Beágyazott részsokaságok az  $n$  dimenziós valós vektortérben, Whitney tétele. Beágyazott 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, geodetikusok. A görbületi és a torzió tenzor, az algebrai és a differenciális Bianchi-azonosság. Riemann-sokaságok, a Riemann-geometria alaplemmája. Riemann-geodetikusok. A Riemann-féle görbületi tenzor, metszetgörbület, Schur tétele, térformák. Ricci-tenzor, Ricci-görbület, skalárgörbület. Hiperfelületek az  $(n+1)$  dimenziós valós térben, a Gauss- és a Codazzi-Mainardi-egyenletek. A Gauss-görbület.

Irodalom:

Szilasi József: Bevezetés a differenciálgeometriába, Kossuth Egyetemi Kiadó, 1998.  
Szenthe János: Bevezetés a sima sokaságok elméletébe, ELTE Eötvös Kiadó, 2002.  
Szőkefalvi-Nagy Gyula, Gehér László, Nagy Péter: Differenciálgeometria, Műszaki Könyvkiadó, 1979.  
John M. Lee: Introduction to Smooth Manifolds (2nd edition); Springer, 2013.

**TTMME0403, TTMMG0403**  
**Többváltozós statisztika**  
**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**  
**Tárgyfelelős: Dr. Baran Sándor**  
**Előfeltétele: nincs**

Többdimenziós minta és jellemzői; főkomponens analízis; faktoranalízis; kanonikus korreláció analízis; osztályozási módszerek; klaszteranalízis; többdimenziós skálázás.

Irodalom:

Fazekas I. (szerk.): Bevezetés a matematikai statisztikába, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2003.  
A. J. Izenman: Modern Multivariate Statistical Techniques. Regression, Classification and Manifold Learning, Springer, 2008.  
N. H. Timm: Applied Multivariate Analysis, Springer, 2002.  
B. Everitt, T. Hothorn: An Introduction to Applied Multivariate Analysis with R, Springer, 2011.  
K. V. Mardia, J. T. Kent, J. M. Bibby: Multivariate Analysis, Academic Press, 1982.

## Képzési és kimeneti követelmények

**1. A mesterképzési szak megnevezése:** alkalmazott matematikus  
(Applied Mathematics)  
**Szakért felelős kar:** Természettudományi és Technológiai Kar  
**Szakfelelős:** Dr. Pintér Ákos egyetemi tanár

**2. A mesterképzési szakon szerezhető végzettségi szint és a szakképzettség oklevélben szereplő megjelölése:**

Végzettségi szint: mesterfokozat (MSc)  
Szakképzettség: okleveles alkalmazott matematikus (Applied Mathematician)

**Specializációk és specializációfelelősök:**

Pénzügy-matematika (Financial Mathematics): *Dr. Pintér Ákos egyetemi tanár*  
Számítástudomány (Computer Science): *Dr. Bérczes Attila egyetemi docens*

**3. Képzési terület:** természettudomány

**4. A mesterképzésbe történő belépésnél előzményként elfogadott szakok:**

Teljes kreditérték beszámításával vehető figyelembe a matematika alapképzési szak.  
A 9.3. pontban meghatározott kreditek teljesítésével elsősorban számításba vehetők a természettudományi, műszaki, informatikai, valamint gazdaságtudományi képzési területek alapképzési szakjai.

**A 9.3. pontban meghatározott kreditek teljesítésével vehetők figyelembe továbbá** azok az alapképzési, mesterképzési szakok, illetve a felsőoktatásról szóló 1993. évi LXXX. törvény szerinti szakok, amelyeket a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek összevetése alapján a felsőoktatási intézmény kreditátviteli bizottsága elfogad.

**5. Képzési idő:** 4 félév

**6. A mesterfokozat megszerzéséhez összegyűjtendő kreditek száma:** 120 kredit

Alapozó ismeretek/Egyéb szakmai választható tárgyak*	20 kredit
Szakmai törzsanyag	25 kredit
Specializáció kötelező tárgyak	40 kredit
Specializáció választható tárgyak	9 kredit
Diplomamunka	20 kredit
Szabadon választható tárgyak	6 kredit
A szak orientációja: elméletorientált (60-70 százalék)	

**7. A szakképzettség képzési területek egységes osztályozási rendszere szerinti tanulmányi területi besorolása:** 461

**8. A mesterképzési szak képzési célja, szakmai kompetenciák:**

A képzés célja alkalmazott matematikusok képzése, akik tudományos kutatási szintet elérő szakmai felkészültségükkel magas szintű matematikai ismereteik és modellezési tapasztalataik birtokában képesek alkotó módon a gyakorlatban felmerülő matematikai problémák megoldására. Nyitottak szakterületük és a rokon területek új tudományos eredményeinek kritikus befogadására. Felkészültségük alapján képesek a gyakorlati problémák modellezésére, megoldására és a megoldások gyakorlati kivitelezésének



irányítására. Felkészültek tanulmányaik doktori képzésben történő folytatására.

## **8.1. Az elsajátítandó szakmai kompetenciák**

### **8.1.1. Az alkalmazott matematikus**

#### **a) tudása**

Rendszerszinten és összefüggéseiben ismeri a matematika tudományának módszereit az algoritmuselmélet, az alkalmazott analízis, a diszkrét matematika, az operációkutatás, a valószínűségszámítás és a matematikai statisztika területén.

Összefüggéseiben ismeri az alkalmazott matematika eredményeit az algoritmuselmélet, az alkalmazott analízis, a diszkrét matematika, az operációkutatás, a valószínűségszámítás és a matematikai statisztika területén.

Ismeri az alkalmazott matematika különböző részdiszciplínái közötti mélyebb, átfogóbb kapcsolatokat, egymásra épülésüket.

Ismeri az absztrakt matematikai gondolkodást, az absztrakt matematikai fogalmakat.

Ismeri az alkalmazott matematikai modellek megalkotásához és szimulálásához szükséges informatikai, számítástechnikai ismeretanyagot.

#### **Számítástudomány specializáció továbbá**

Ismeri az algoritmuselmélet, bonyolultságelmélet szakterületét.

Rendelkezik a számítógépes problémák modellezéséhez, innovatív megoldásaihoz szükséges tudással.

#### **Pénzügy-matematika specializáció továbbá**

Mikro- és makroökonómiai, valamint pénzügyi alapismeretekkel rendelkezik.

Ismeri a valószínűségelmélet és a matematikai statisztika modern elméletének alapjait.

Ismeri a sztochasztikus jelenségek, folyamatok modellezésének eljárásait.

Tisztában van a sztochasztikus és pénzügyi folyamatok, idősorok, a kockázati folyamatok, az életbiztosítás és a nem-életbiztosítás matematikai elméletével.

Ismeri a pénzügyi folyamatok, biztosítási kérdések matematikai elemzéseit, modelljeit.

#### **b) képességei**

Képes a matematika tudományának módszereit alkalmazni az algoritmuselmélet, az alkalmazott analízis, a diszkrét matematika, az operációkutatás, a valószínűségszámítás és a matematikai statisztika területén.

Képes a környező világban adódó jelenségek matematikai modelljeinek megalkotására, a modern matematika eredményeinek felhasználására a jelenségek megmagyarázása, leírása érdekében.

Képes a gyakorlati életben megfigyelhető összefüggések absztrakt szinten történő megragadására.

Képes a matematika alkalmazási területein megszerzett ismereteit alkotó módon kombinálni és felhasználni az élő és élettelen természetben, a műszaki és informatikai világban, a gazdasági és pénzügyi életben felmerülő problémák megoldásában.

Képes a természetben, a műszaki és gazdasági életben felmerülő bonyolult rendszerek áttekintésére, matematikai elemzésére és modellezésére, döntési folyamatok előkészítésére.

Képes a problémák belső törvényszerűségeinek megértésére, feladatok megtervezésére és magas szintű végrehajtására.

Képes a gyakorlati életben adódó döntéshelyzetek mögött esetlegesen rejlő optimalizációs problémák megfogalmazására, az azokból levonható következtetések nem-szakemberek számára való kommunikációjára.

Képes a számítástechnika eszközeinek felhasználásával a természetben, a műszaki és gazdasági életben felmerülő számítási feladatok elvégzésére.

Képes a nagy számításigényű, illetve nagy tárkapacitású feladatok felismerésére, alternatív megközelítések elemzésére.

Képes a matematikai eredmények, érvelések és az azokból származó következtetések világos bemutatására, a magyar és idegen nyelvű (angol) szakmai kommunikációra.

Képes a matematikai szakterület problémáit szakemberek és laikusok számára egyaránt szakszerűen megfogalmazni.

### **c) attitűdje**

Törekszik az alkalmazott matematika új eredményeinek megismerésére.

Törekszik az alkalmazott matematika eredményeinek minél szélesebb körű alkalmazására.

Törekszik arra, hogy megszerzett alkalmazott matematikai ismeretei segítségével megkülönböztesse a szakterületén a tudományosan megalapozott és a kellően alá nem támasztott állításokat.

Törekszik az alkalmazott matematika modern alkalmazási lehetőségei közötti további összefüggések meglátására, a felismert összefüggéseinek szintézisére és azok magas szintű, a tudománya eszközeivel megalapozott értékelésére.

Nyitott és fogékony az alkalmazott matematika területén elsajátított gondolatmenetek, módszerek, fogalmak új alkalmazási területeken való felhasználására, új eredmények elérésére.

Folyamatosan törekszik ismeretei bővítésére, új matematikai kompetenciák megszerzésére.

### **d) autonómiája és felelőssége**

Felelősen, önkritikusan és reálisan ítéli meg az alkalmazott matematikai területén megszerzett tudásának mértékét.

Megszerzett kritikai gondolkodásmódja és rendszerszerű gondolkodása révén felelősen vesz részt csoportmunkában, működik együtt akár más szakterületek képviselőivel.

Magas szintű alkalmazott matematikai ismeretei birtokában önállóan választja meg az egyes alkalmazási problémák megoldása során használható módszereket, eljárásokat.

Tudományos kutatásai, illetve a matematika alkalmazásai során fontosnak tartja, hogy azokat a legmagasabb etikai normák figyelembe vételével végezze.

Tisztában van egyfelől a matematikai gondolkodás, a precíz fogalomalkotás fontosságával, másfelől a matematika alkalmazása során adódó modellek korlátaival, így véleményét ezek figyelembe vételével alakítja ki.

A matematika alkalmazása során a megszerzett ismeretei alapján kialakított véleményét felelősen képviseli.

## **9. A mesterképzés jellemzői**

### **9.1. Szakmai jellemzők:**

A szakképzettséghez vezető tudományágak, szakterületek, amelyekből a szak felépül: az alkalmazott matematikus képzést alapozó ismeretek (algebra és számelmélet alapjai, analízis alapjai, geometria alapjai, valószínűségszámítás és matematikai statisztika alapjai, informatika és operációkutatás alapjai); alkalmazott matematikusi szakmai ismeretek: diszkrét matematika és algoritmuselmélet; operációkutatás; alkalmazott analízis; sztochasztikus folyamatok

### **9.2. Idegennyelvi követelmények:**

A mesterfokozat megszerzéséhez államilag elismert legalább középfokú (B2 szintű) komplex (C típusú) nyelvvizsga letétele szükséges az angol, francia, német, olasz, orosz, spanyol nyelvek valamelyikéből. A korábbi BSc diplomához szükséges legalább középfokú komplex típusú nyelvvizsga elegendő a diploma megszerzéséhez, ha eleget tesz az előbbi feltételnek.

### **9.3. A mesterképzésbe való felvétel feltételei:**

A mesterképzésbe való belépéshez szükséges minimálisan 65 kredit a korábbi tanulmányokból az algebra, analízis, geometria, halmazelmélet, kombinatorika, matematikai

logika, operációkutatás, számelmélet, valószínűségszámítás, statisztika területeiről. Ezen belül legfeljebb 10 kredittel beszámíthatók kiterjedt matematikai apparátusra épülő más tárgyak is. A felvétel feltétele, hogy a hallgató a korábbi tanulmányai alapján legalább 50 kredittel rendelkezzen, a hiányzó krediteket az egyetem tanulmányi és vizsgaszabályzatában meghatározottak szerint kell megszerezni.