

A Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék által tartott sávós tárgyak alkalmazott matematikus szakon

AKTUÁRIUS ÉS PÉNZÜGYI MATEMATIKA SZAKIRÁNY

MMM5AP1 Biztosítástan (heti 2 óra, 2 kredit)

A biztosítás fogalma. Biztosítási intézmények. Biztosítási típusok. A biztosítási szerződés elemei. A biztosítási viszony fázisai. A biztosítási intézmények felépítése és működése.

Üzletszerzés, jutalékok. Kockázatmegosztás. Költségek. A biztosítástechnikai nyereség és annak felosztása.

Üzleti kimutatások. Tartalékok, szolvencia. Termékfejlesztés. A biztosítás felügyelete.

Biztosítói ágazatspecifikus információs igények. A biztosító intézetek információs rendszerei.

A biztosítás közgazdasági értelmezése.

Ajánlott irodalom:

Asztalos László: Biztosítási alapismeretek. jegyzet. ÁBIF, Budapest, 1995.

MMM5AP2 Biztosítási tartalék és szolvencia (heti 2 óra, 2 kredit)

Tartalékok, Szavatoló tőke, Viszontbiztosítás, Egyéb biztonsgot szolgáló lehetőségek A tartalék és a szavatoló tőke általános definíciója, célja, szerepe a biztosításban. Az eszközök értékelési módszerei. Az eszközök és kötelezettségek modellezésének, valamint összehangolásának elvei. A nyereség és forrásai. Beágyazott érték (EV) számítások; A szavatoló tőke (szolvencia).

Aktuárius jelentések. A biztosító egészének értékelése.

Ajánlott irodalom:

N.L. Bowers Jr., H.U. Gerber, J.C. Hickman, D.A. Jones, C.J. Nesbitt, Actuarial mathematics, Second Edition, The Society of Actuaries, Schaumburg, 1997.

MMM5ST1 A matematikai statisztika alapjai 1 (heti 4 óra, 4 kredit)

A sűrűségfüggvény becslése. Simított tapasztalati eloszlás, Parzen-Rosenblatt féle tapasztalati sűrűségfüggvény, hisztogram.

Elégségesség, minimális elégségesség, teljesség, korlátosan teljesség.

Exponenciális eloszláscsalád statisztikai vizsgálata

Másodlagos mintavétel, jackknife, bootstrap.

A Jeffrey-féle nem-informatív a priori eloszlás. Általánosított (formális) Bayes-becslések.

Ekvivariáns becslések, Pitman-becslés.

L-becslések, korrelált hibájú lineáris modell. Az eltolásparaméter aszimptotikusan optimális L-becslése.

M-becslések, robusztusság. M-becslések aszimptotikus viselkedése. A Huber-féle M-becslés aszimptotikus minimax-tulajdonsága. Kapcsolat az M- és az L-becslések között.

Véges sokaságból való mintavétel. Állandó együtthatós lineáris becslések megengedhetősége.

Ajánlott irodalom:

E. L. Lehmann: Theory of point estimation. Wiley, New York, 1983.

MMM5ST2 A matematikai statisztika alapjai 2 (heti 2 óra, 2 kredit)

Egyoldali ellenhipotézis monoton likelihood-hányadosú osztályban. Kétoldali ellenhipotézis exponenciális eloszláscsaládban. Hasonlóság, Neyman-struktúra. Hipotézisvizsgálat zavaró paraméterek jelenlétében.

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

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

Invariáns és Bayes-próbák.

A konfidenciahalmazok elméletének kapcsolata a hipotézisvizsgálattal.

Ajánlott irodalom:

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

MMM5SN1 A matematikai statisztika numerikus módszerei (heti 2 óra, 2 kredit)

Statisztikai programokban alkalmazott kombinatorikus, algebrai és analitikus algoritmusok. Nevezetes statisztikai sűrűség- és eloszlásfüggvények numerikus előállításai. Egyenletes és tetszőleges eloszlású diszkrét és folytonos véletlen számok generálása. Véletlen mátrixok generálása. Véletlen kombinatorikus objektumok generálása.

Elemi statisztikai feladatok számítógépes megoldása. Becslési módszerek, robusztus eljárások.

Hipotézisvizsgálati eljárások. Illeszkedésvizsgálat. Normalitás vizsgálat. Konfidencia tartomány.

Függőségvizsgálat. Az együttes eloszlás normális esete. Paraméteres és nem-paraméteres eset folytonos valószínűségi változók esetén. Eljárások diszkrét, rendezett értékű, és diszkrét nem rendezett értékű valószínűségi változók esetén.

Szekvenciális módszerek. Mintanagyságok meghatározása. Számítógépek alkalmazása.

A Biztosításmatematika modulból (tematikát lásd ott):

MMM5BM1	Életbiztosítás (heti 2 óra, 2 kredit)
MMM5BM2	A díjkalkuláció elemei (heti 2 óra, 2 kredit)
MMM5BM3	Kockázati folyamatok (heti 2 óra, 2 kredit)
MMM5BM4	A viszontbiztosítás matematikai alapjai (heti 2 óra, 2 kredit)

Az Alkalmazott statisztika modulból (tematikát lásd ott):

MMM5ST1	A matematikai statisztika alapjai 1 (heti 4 óra, 4 kredit)
MMM5ST2	A matematikai statisztika alapjai 2 (heti 2 óra, 2 kredit)
MMM5ST4	Többváltozós statisztikai módszerek (heti 4 óra, 4 kredit)
MMM5ST5	Többváltozós statisztikai eljárások (heti 2 óra, 2 kredit)
MALN1M12	Stacionárius folyamatok paramétereinek becslése (Idősorok elemzése) (heti 2 óra, 2 kredit)
MALN1M13	Idősoranalízis (heti 2 óra, 2 kredit)

A Pénzügyi folyamatok elemzése modulból (tematikát lásd ott):

MALN1M21	Pénzügyi folyamatok elemzése 1 (heti 2 óra, 2 kredit)
MMM5PF2	Pénzügyi folyamatok elemzése 2 (heti 2 óra, 2 kredit)
MALN1M23	Pénzügyi folyamatok elemzése 3 (heti 2 óra, 2 kredit)
MALN1M24	Pénzügyi folyamatok elemzése 4 (heti 2 óra, 2 kredit)
MMM5SA1	Sztocasztikus analízis (heti 2 óra, 2 kredit)
MMM5SA2	Sztocasztikus dinamikai rendszerek (heti 2 óra, 2 kredit)

BIZTOSÍTÁSMATEMATIKA

MMM5BM1 Életbiztosítás (heti 2 óra, 2 kredit)

Halandósági táblák. A díjkalkuláció alapelvei. A legfontosabb életbiztosítási módozatok: halálozási, eléricsi, vegyes és járadék biztosítások. Nettó és bruttó díjak számítása, évi és havi fizetéssel. A díjtartalék számítása (prospektív és retrospektív díjtartalék; nettó, bruttó és Zilmer-tartalék; rekurziós formulák). Visszavásárlás, díjmentesítés. Kétszemélyes életbiztosítások. Baleseti és rokkantsági kiegészítő biztosítások.

Ajánlott irodalom:

Banyár J. – Popper K.: Az életbiztosítás. Aula, 2003.

Krekó Béla: Életbiztosítás I., Aula, 1994.

Szabó L. I.–Viharos L.: Az életbiztosítás alapjai. Polygon, Szeged, 2001.

MMM5BM2 A díjkalkuláció elemei (heti 2 óra, 2 kredit)

A legfontosabb nem-élet biztosítások: vagyon, felelősség (felelősségi járadék), baleset, egészség. Kártérítési rendszerek.

Az egyéni kockázat modellje.

Nevezetes kárszámeloszlások (binomiális, Poisson, Pareto, negatív binomiális, kevert és összetett Poisson, $(a,b,0)$ eloszlás).

A kárnyagyság eloszlása (exponenciális, lognormális, gamma, Pareto eloszlás).

Díjkalkulációs elvek: Várható érték elv, szórásnégyzet elv, szórás elv, szemiinvariáns elv, hasznossági függvény (zéró hasznosság elve), svájci elv, veszteségfüggvények használata. A díjkalkulációs elvek tulajdonságai.

Credibility elmélet és a tapasztalati díjszámítás.

Bónusz rendszerek: kármentességi díjvisszatérítések és engedmények, bónusz-málás. A bónuszrendszerek jellemzői. Nyereségrészesedés.

Adatgyűjtés díjkalkulációhoz. A tapasztalatok figyelemmel kísérése és figyelembe vétele; dinamikus díjszámítás és értékelés a tapasztalatok alapján. Értékkövetési módszerek.

Ajánlott irodalom:

Arató Miklós: Nem-élet biztosítási matematika. Egyetemi tankönyv. Eötvös Kiadó, Budapest, 2001.

MMM5BM3 Kockázati folyamatok (heti 2 óra, 2 kredit)

Kárfolyamat, teljes kárfolyamat. Speciális esetek: összetett Poisson-folyamat, Markov-folyamat, felújítási folyamat. A kárfolyamat eloszlásának közelítő meghatározása.

Tönkremenés-elmélet. A tönkremenés valószínűsége összetett Poisson-folyamat esetén (véges, illetve végtelen időhorizontra). Lundberg-tétel (Cramer-Lundberg-féle közelítés), autoregressziós folyamat esetén (C-L-közelítés stabil autoregressziós polinom esetén), általános független növekményű folyamatok esetén.

A tönkremenés valószínűsége felújítási folyamatok esetén.

Ajánlott irodalom:

Michaletzky György: Kockázati folyamatok. ELTE Eötvös Kiadó, egyetemi jegyzet, 2001

P. Embrechts, C. Klüppelberg, T. Mikosch: Modelling extremal events. Springer, 1999.

H. U. Gerber: An introduction of mathematical risk theory. S.S.Heubner Found. Philadelphia, 1979.

H. H. Panjer, G. E. Willmot: Insurance Risk Models. Society of Actuaries, 1992.

MMM5BM4 A viszontbiztosítás matematikai alapjai (heti 2 óra, 2 kredit)

Vizontbiztosítás fogalma, csoportosítási szempontok. Az életág viszontbiztosításnak specialitásai. Optimalitási tételek. Lineáris értékelés Neumann-Morgenstern tétel. Reciprok viszontbiztosítás, Pareto optimum, Borch tétel. Pareto típusú eloszlások, határeloszlás tételek. Poisson folyamat, születési folyamatok. Pólya folyamat.

Legnagyobb károk eloszlása. A viszontbiztosítói kár rész Laplace transzformáltja a legnagyobb kár és ECOMOR formák esetében.

Ajánlott irodalom:

E. Straub: Non Life Insurance Mathematics.

Hans U. Gerber: An Introduction to Mathematical Risk Theory

J. L. Teugels: Selected Topics in Insurance Mathematics

RENDSZERELMÉLET ÉS KÉPFELDOLGOZÁS

MMM5RE1 Rendszerelmélet I. (heti 2 óra, 2 kredit)

Rendszerelméleti alapfogalmak. Stabilitás, irányíthatóság, megfigyelhetőség. Az ún. z-transzformált.

Lineáris rendszerek.

Kanonikus alakok. Minimálpolinom, invariáns polinomok. Visszacatolás, pólusáthelyezés.

Stabilizálás megfigyelővel, dinamikus kompenzációval.

Zaj leválasztása.

MMM5RE2 Rendszerelmélet II. (heti 2 óra, 2 kredit)

Minimális realizáció. Transzformálás minimális alakra.

Lineáris rendszerek külső és belső leírása, ezek kapcsolata. Hankel mátrixok, a Ho–Kalman algoritmus.

Racionális realizáció. Az állapotter mátrix törtfüggvényes előállítás.

Parciális realizáció. Lánctörtek.

MMM5RE3 Rendszerelmélet III. (heti 2 óra, 2 kredit)

Optimális irányítás: Kvadratikusan veszteségfüggvény, állapotvisszacatolás. Riccati-egyenlet, Ljapunov-egyenlet. Sztochasztikus rendszerek elmélete.

Irányítás és szűrés. Dualitás.

A szeparációs elv.

Sztochasztikus realizációelmélet. Faurre-algoritmus.

Kalman szűrő.

Előrehaladó és hátráló realizációk.

Az állapotter mint felbontó altér. Feltételes ortogonalitás.

MMM5RE4 Rendszerelmélet IV. (heti 2 óra, 2 kredit)

Sztochasztikus rendszerek paraméterbecslése. Standard modellek (AR, MA, ARMA) statisztikai vizsgálata. A modell paramétereinek becslése legkisebb négyzetes-, ill. maximum likelihood módszerrel.

Alternatív megközelítések.

Konfidencia-intervallum szerkesztése a paraméterekre.

A modell rendjének meghatározása, reziduális szórás vizsgálata, a parciális autokorrelációs függvény használata. Akaike-féle FPE, AIC, BIC mennyiségen alapuló módszerek.

ALKALMAZOTT STATISZTIKA

MALN3M42 Ipari statisztika (heti 2 óra, 2 kredit)

A tárgy oktatásának célja a matematikai statisztika konkrét ipari alkalmazásainak bemutatása “éles” adatsorokon, a matematikai statisztika alapelvein nyugvó folyamatszabályozás, minőségellenőrzés és kísérlettervezés főbb alapelveinek ismertetése.

Tematika: Mintavételezési tervek, a folyamatszabályozás matematikai statisztikai eszközei (szabályozó kártyák); folyamatképeség. Kísérlettervezés (teljes és részleges kétszintű kísérletek, Box-Behnken kísérletek), és kiértékelés (a szórásanalízis alkalmazásai).

MMM5ST4 Többváltozós statisztikai módszerek (heti 4 óra, 4 kredit)

A többdimenziós normális eloszlás paramétereinek becslése. Mátrixértékű eloszlások. A Wishart-eloszlás: sűrűségfüggvénye, determinánsa, inverzének várható értéke. Többdimenziós normális eloszlás paramétereire vonatkozó hipotézis vizsgálat. Függetlenségvizsgálat. Normalitásvizsgálat.

Lineáris regresszió.

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

Főkomponensanalízis, faktoranalízis, szórásanalízis, diszkriminanciaanalízis.

Ajánlott irodalom:

K.V. Mardia, J.T. Kent and J.M. Bibby: Multivariate Analysis, Academic Press, 1979

Móri T. – Székely G. (szerk.): *Többváltozós statisztikai módszerek*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
C. R. Rao: *Linear statistical inference and its applications*, Wiley and Sons, 1968.

MMM5ST5 Többváltozós statisztikai eljárások (heti 2 óra, 2 kredit)

Kontingenciatablák elemzése. A loglineáris modell. A minimális diszkrimináló információ módszere. Többdimenziós skálázás. A normalitás feltételének elvetése, nemparaméteres és robusztus többdimenziós módszerek.

Ajánlott irodalom:

K.V. Mardia, J.T. Kent and J.M. Bibby: *Multivariate Analysis*, Academic Press, 1979

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

MALN2M14 A többdimenziós statisztika számítógépes módszerei MMM5SN2 (heti 2 óra, 2 kredit)

Többváltozós lineáris regresszió számítógépes megoldása. Polinomiális regresszió, ortogonális polinomok szerinti regresszió, spline regresszió. A regresszió-számítás gyakorlati problémái. Nem kanonikus esetek, változók transzformációja, súlyozás, szinguláris kísérlettervek, kísérlet szelekció, kísérlettervezés. Lépésenkénti regresszió. A Huber-féle robusztus regresszió.

Nemlineáris regresszió.

Szórás- és kovariancia analízis. Kísérlettervezés. Szekvenciális tervezési eljárások.

Többdimenziós adatok struktúrája. A főkomponens- és faktoranalízis. Faktorok meghatározásának módszerei (maximum likelihood, legkisebb négyzetek, MINRES stb.), a faktorszám meghatározása, faktorok forgatása. Skálázás. Az ábrázolás numerikus módszerei.

Osztályozási módszerek. Mahalanobis-távolság. Lépésenkénti osztályozás. Klaszterezés. Hasonlósági mértékek, hierarchikus és partíciós módszerek. Grafikus módszerek.

MALN1M12 + MALN2M12 Stacionárius folyamatok paramétereinek becslése ea. + Idősorok elemzése gy. (heti 2+2 óra, 4 kredit)

Stacionárius folyamatok várható értékének és kovarianciafüggvényének becslése.

A spektrum becslése. Periodogram. Diszkrét spektrum. Folytonos spektrum. A spektrum konzisztens becslése, simítás, ablakfüggvények használata. Kevert spektrumú folyamatok.

Hipotézisvizsgálat.

MALN1M13 Idősoranalízis (heti 2 óra, 2 kredit)

Idősorok összefüggési struktúráinak klasszikus (autokovariancia, autokorreláció és parciális autokorreláció), és újabban előtérbe került jellemzése (dinamikus kopulák, Kendall tau). Unitér operátorok és a stacionárius folyamat spektrálellőállításának kapcsolata. Fáziskapcsoltság. Az integrált autoregressziós mozgótag ARIMA(p,d,q) folyamatok tulajdonságainak áttekintése. Sztochasztikus rekurziós egyenletek stacionárius megoldásának létezése Ljapunov exponenssel. Kesten-Vervaat-Goldie tétel reguláris változású eloszlással bíró stacionárius eloszlás létezéséről. Az ARCH(1) egyenlet stacionárius megoldása létezésének feltétele. GARCH folyamatokra vonatkozó eredmények. Bilineáris folyamatokra reguláris eloszlású megoldás létezésének feltétele. Véletlen együtthatós AR, és a SETAR modellek. A várható érték becslése a spektrálmérték tulajdonságai függvényében. Az autokorreláció függvény becslésének torzítása, szórása, konzisztenciája és határeloszlása – különös tekintettel a nem-normális határeloszlásra. A periodogram a diszkrét spektrum becslésére, tulajdonságai. A spektrálsűrűségfüggvény becslése ablakolással, ennek torzítása, szórása és konzisztenciája. Az ablak feladatára szabása – sávszélesség. Az előfehérítés módszere, CAT kritérium.

Ajánlott irodalom:

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

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

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

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

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

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

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

MALN2M13 **Idősoranalízis gy. (heti 2 óra, 2 kredit)**
MMMN5SN3 **(Az idősoranalízis számítógépes módszerei)**

Folyamatok statisztikája. Diszkrét idejű folyamatok statisztikai modellezése. Rekurzív becslések, adaptív szűrők. Folytonos idejű folyamatok mintavételezése. Idősorok analízise. Trend és szezonális vizsgálata. Az idősorok additív felbontása. Stacionárius idősorok modellezése. Korrelogram és spektrálfüggvény, kiszámításuk módjai. Folyamatok transzformációja. ARIMA modellek becslései, a becslések tulajdonságai. A szűrés alapfeladata. Statisztikák valószínűségszámítási jellemzőinek szimulatív meghatározása. Sztochasztikus folyamatok generálása, szűrési és irányítási feladatok modellezése. A szimuláció statisztikai ellenőrzése. Adatok átfogó statisztikai elemzése, statisztikai programcsomagok fejlesztése. Statisztikai programcsomagok típusai, felépítése. Adatkezelési sajátosságok, titkosság.

PÉNZÜGYI FOLYAMATOK ELEMZÉSE

MALN1M21 **Pénzügyi folyamatok elemzése 1 (heti 2 óra, 2 kredit)**
MMMN5PF1

Egyszerű, egy kötvény – egy részvény piac modellje diszkrét idejű kereskedéssel. Önfinanszírozó stratégiák. Elvárt hozam, opció. Arbitrázs. Martingál mérték. Hedge. Binomiális modell. Cox-Ross-Rubinstein formula. Ekvivalens martingál mérték. Teljesség és martingál reprezentáció bináris piacra. Európai opció árazása és a valós ár. Amerikai opciók diszkrét időben. Optimális megállítások. Arbitrázsmentesség és a martingál mérték létezése. Piaci teljesség és a martingál mérték egyértelműsége. Opciók ára nem teljes piacon: vevő és eladó szerint. Tranzakciós költségek.

Ajánlott irodalom:

R. J. Elliott – E. P. Kopp: *Pénzpiacok matematikája*, Typotex Kiadó, Budapest, 2000.
Száz János: *Tőzsdei opciók*, Tanszék Kft., Budapest, 1999.

MMMN5PF2 **Pénzügyi folyamatok elemzése 2 (heti 2 óra, 2 kredit)**

Részvények és kötvények folytonos időben. Wiener folyamat szerinti sztochasztikus integrál mint martingál ill. lokális martingál. Martingál reprezentáció. Itó formula. Itó diffúziók. Markov tulajdonság, átmenetvalószínűség infinitézimális operátor. Dynkin-Kinney feltétel és lokálitás. Feynman-Kac formula. Bessel folyamat. Doob-Meyer felbontás. Önfinanszírozó stratégiák. Ekvivalens martingál mértékek. Opciók valós ára. Black-Scholes formula. Európai opciók árazása és a Black-Scholes parciális differenciálegyenlet, mint a Feynman Kac formula speciális esete.

Ajánlott irodalom:

R. J. Elliott – E. P. Kopp: *Pénzpiacok matematikája*, Typotex Kiadó, Budapest, 2000.
Száz János: *Tőzsdei opciók*, Tanszék Kft., Budapest, 1999.

MALN1M23 **Pénzügyi folyamatok elemzése 3 (heti 2 óra, 2 kredit)**
MMMN5PF3

Kötvények és kamatok, zérókupon hozamgörbe
Egyfaktoros kamatmodellek a rövidkamatlábba (Vasicek, Cox-Ingersoll-Ross, Hull-White, Markov-lánc)
Heath-Jarrow-Morton modell, a rövidtávú és a határidős kamatráták kapcsolata.
Kamatrátán alapuló származékos termékek

Ajánlott irodalom:

R. J. Elliott – E. P. Kopp: *Pénzpiacok matematikája*, Typotex Kiadó, Budapest, 2000.
Száz János: *Tőzsdei opciók*, Tanszék Kft., Budapest, 1999.
A. N. Shiryaev: *Essentials of Stochastic Mathematical Finance*. World Scientific, Singapore, 1999.

MALN1M24
MMMN5PF4

Pénzügyi folyamatok elemzése 4 (heti 2 óra, 2 kredit)

Immunizáció.
Részvények és kötvények folytonos időben.
A „Görögök”.
Egzotikus és amerikai opciók.
Opciók árazása és a parciális differenciálegyenletek.

Ajánlott irodalom:

R. J. Elliott – E. P. Kopp: Pénzpiacok matematikája, Typotex Kiadó, Budapest, 2000.

Száz János: Tőzsdei opciók, Tanszék Kft., Budapest, 1999.

A. N. Shiryaev: Essentials of Stochastic Mathematical Finance. World Scientific, Singapore, 1999.

MMMN5SA1

Sztochasztikus analízis (heti 2 óra, 2 kredit)

Lokális martingál, szemimartingál. Integrál szemimartingál szerint. Az integrál tulajdonságai. Kvadrátikus variáció, BDG egyenlőtlenség, izometria tétel. Ito formula, Lévy karakterizáció, Girsanov tétel, Kazamaki és Novikov feltétel. Ito integrál.

Ajánlott irodalom:

Revuz–Yor: Continuous martingales and Brownian motion.

Protter: Stochastic integration and differential equation.

MMMN5SA2

Sztochasztikus dinamikai rendszerek (heti 2 óra, 2 kredit)

Sztochasztikus differenciál egyenletek, erős és gyenge megoldás, eloszlásbeli és trajektóriánkénti unicitás, ezek kapcsolata. Gyenge megoldás mértékcserevel, tempóváltással. Fubini tétel, lokális idő. Eltöltött idő formula. Hölder folytonos együtthatók esete egy dimenzióban. Tsirelson példája. Rendezési tétel.

Ajánlott irodalom:

Revuz–Yor, Continuous martingales and Brownian motion.

A tárgyak felvételéhez ajánlott félév:

7. félév	8. félév	9. félév	10. félév
MMM5AP1			MMM5AP2
		MMM5SN1	
MMM5ST1	MMM5ST2	MMM5ST4	MMM5ST5
	MALN3M42		
	MALN1M12	MALN1M13	
	MALN2M12	MALN2M13	MALN2M14
MALN1M21	MMM5PF2	MALN1M23	MALN1M24
MMM5SA1	MMM5SA2		
MMM5BM1	MMM5BM2	MMM5BM3	MMM5BM4
MMM5RE4	MMM5RE4	MMM5RE4	MMM5RE4

Az egyes modulokban kötelező, más tanszékek által gondozott tárgyak:

Rendszerelmélet és képfeldolgozás:

Transzformációk az alkalmazott matematikában ea. (7. félév) IKP-13TR1E

Transzformációk az alkalmazott matematikában gy. (8. félév) IKP-13TR2G

Aktuárius és pénzügyi matematika szakirány:

Pénzügyek menedzselése (4. félév) MALN2J24

Mikrogazdaságtan (8. félév) MALN1II2

Makrogazdaságtan és egyensúlyelmélet (9. félév) MALN1IL2

Befektetések elemzése (7. félév) MALN1IA1

Adatbázisok elmélete (8. félév) MALN1KS2