

ALKALMAZOTT MATEMATIKUS MESTERKÉPZÉSI SZAK

1. A mesterképzési szak megnevezése: alkalmazott matematikus (Applied Mathematics)

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

- végzettségi szint: mesterfokozat (magister, master; rövidítve: MSc)
- szakképzettség: okleveles alkalmazott matematikus
- a szakképzettség angol nyelvű megjelölése: Applied Mathematician
- választható szakirányok: alkalmazott analízis, sztochasztika, pénzügy-matematika, diszkrét matematika, operációkutatás, számítástudomány, műszaki matematika; (Applied Analysis, Stochastics, Financial Mathematics, Discrete Mathematics, Operations Research, Computer Science, Engineering Mathematics)

3. Képzési terület: természettudomány

4. A mesterképzésbe történő belépésnél előzményként elfogadott szakok:

4.1. Teljes kreditérték beszámításával vehető figyelembe: a matematika alapképzési szak.

4.2. A bemenethez a 10. pontban meghatározott kreditek teljesítésével elsősorban számításba vehető alapképzési szakok: a természettudomány, műszaki, informatika képzési területek valamennyi alapképzési szakja, a gazdaságtudományok képzési terület közgazdasági képzési ágának gazdaságelemzés alapképzési szakja.

4.3. A 10. pontban meghatározott kreditek teljesítésével vehetők figyelembe: azok az alap- vagy mesterfokozatot adó alapképzési szakok, illetve a felsőoktatásról szóló 1993. évi LXXX. törvény szerinti főiskolai vagy egyetemi szintű alapképzési szakok, amelyeket a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek összevetése alapján a felsőoktatási intézmény kreditátviteli bizottsága elfogad.

5. A képzési idő félévekben: 4 félév.

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

6.1. Az alapozó ismeretekhez rendelhető kreditek száma: 15-25 kredit;

6.2. A szakmai törzsanyaghoz rendelhető kreditek száma: 20-30 kredit;

6.3. A differenciált szakmai anyaghoz rendelhető kreditek száma: 40-60 kredit;

6.4. A szabadon választható tantárgyakhoz rendelhető kreditek minimális értéke: 6 kredit;

6.5. A diplomamunkához rendelt kreditérték: 20 kredit;

6.6. A gyakorlati ismeretek aránya: az intézményi tanterv szerint legalább 35 %.

7. A mesterképzési szak képzési célja, az elsajátítandó szakmai kompetenciák:

A képzés célja olyan tudományos kutatási szintet elérő szakmai felkészültséggel rendelkező szakemberek képzése, akik 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. Megfelelő ismeretekkel rendelkeznek tanulmányaik doktori képzés keretében történő folytatásához.

a) A mesterképzési szakon végzettek ismerik:

- az algoritmuselmélet, az alkalmazott analízis, a diszkrét matematika, az operációkutatás, a valószínűségszámítás és a matematikai statisztika alapvető eredményeit,

- a matematika különböző alkalmazási területeit,
- az alkalmazott matematikai modellek megalkotásához és szimulálásához szükséges informatikai, számítástechnikai ismeretanyagot.

b) A mesterképzési szakon végzettek alkalmasak:

- ismereteik önálló továbbfejlesztésére,
- a matematika alkalmazási területein alkotó módon kombinálni és felhasználni megszerzett ismereteiket az élő és élettelen természetben, a műszaki és informatikai világban, a gazdasági és pénzügyi életben felmerülő problémák megoldásában,
- a természetben, a műszaki és gazdasági életben felmerülő bonyolult rendszerek áttekintésére, matematikai elemzésére és modellezésére, döntési folyamatok előkészítésére,
- a számítástechnika eszközeinek felhasználásával a természetben, a műszaki és gazdasági életben felmerülő számítási feladatok elvégzésére,
- sztochasztikus jelenségek, folyamatok modellezésére,
- a nagy számításigényű, illetve nagy tárkapacitású feladatok felismerésére, alternatív megközelítések elemzésére,
- a problémák belső törvényszerűségeinek megértésére, feladatok megtervezésére és magas szintű végrehajtására,
- az idegen nyelvű szakmai kommunikációra,
- az informatikai lehetőségek alkotó módon történő alkalmazására.

c) A szakképzettség gyakorlásához szükséges személyes adottságok és készségek:

- absztrakciós, modellalkotó és problémamegoldó képesség,
- térszemlélet,
- kritikai attitűd,
- rendszerszerű gondolkodás,
- kreativitás,
- szakmai felelősségvállalás,
- önálló döntéshozatali képesség,
- szakmai együttműködő készség,
- jó kommunikációs készség,
- csoportmunkában való részvétel képessége,
- a kapcsolódó tudományos problémáknak a nem szakemberek számára is érthető megfogalmazási képessége,
- idegen nyelvű szakmai kommunikációs készség.

A szakirányokon továbbá elsajátítandó szakmai kompetenciák:

a) szakirány választása nélkül

- ismerik a differenciálegyenletek, a közelítő számítások elméletének alapjait és ezek legfontosabb alkalmazásait természeti, műszaki és gazdasági jelenségek modellezésében,
- a valószínűségelmélet és a matematikai statisztika modern elméletének alapjait,
- a kódoláselmélet és kriptográfia alapjait, a gyakorlatban legelterjedtebb kódok és titkosítások elméleti hátterét és alkalmazhatóságát,
- a kiszámíthatósági kérdések elméleti hátterét,
- a legfontosabb matematikai és statisztikai szoftverek használatát és azok matematikai hátterét, alkalmazhatóságuk korlátait.

b) Szakirány választása esetén

Alkalmazott analízis szakirányon végzetek:

- ismerik a matematikai analízis természettudományos, ipari és üzleti szférában történő alkalmazásait,
- alkalmasak az adott területen felmerülő problémák közönséges és parciális differenciálegyenletekkel történő matematikai modellezésére és a modellek önálló matematikai vizsgálatára,
- ismerik a matematikai modellezéshez szükséges fontosabb matematikai programcsomagokat.

Sztochasztika szakirányon végzetek:

- alkalmasak az alapvető természeti jelenségekben megnyilvánuló sztochasztikus, véletlenszerű törvényszerűségek felismerésére, e jelenségek tudományos igényű kísérleti tanulmányozására és elméleti értelmezésére,
- magas színvonalon képesek használni statisztikus törvények elemzésére alkalmas programcsomagokat,
- alkalmasak önálló és irányító munkaköröket betölteni a sztochasztika tudományos eredményeit vagy módszereit felhasználó egyéb területeken (szakigazgatás, környezetvédelem stb.).

Diszkrét matematika szakirányon végzetek:

- ismerik a diszkrét matematika klasszikus és aktuális elméleti eredményeit,
- ismerik a diszkrét matematika algoritmikus módszereit, a kriptográfia, algoritmuselmélet, kódelmélet, diszkrét optimalizálás hatékony módszereit.

Operációkutatási szakirányon végzetek:

- alkalmasak különféle (ipari, kereskedelmi, pénzügyi, mezőgazdasági, kommunikációs) rendszerek irányítási, működtetési és optimalizálási problémáinak matematikai modellezésére és számítógépes megoldására,
- képesek operációkutatási algoritmusok és ezek matematikai hátterének kidolgozására, a hatékonyság vizsgálatára.

Számítástudományi szakirányon végzetek:

- ismerik az algoritmuselmélet/bonyolultságelmélet szakterületét,
- alkalmasak számítógépes problémák modellezésére, innovatív megoldására,
- ismerik az adott területen hasznosítható matematikai módszereket.

Pénzügy-matematika szakirányon végzetek:

- mikro- és makroökonómiai, valamint pénzügyi alapismeretekkel rendelkeznek,
- ismerik a valószínűségelmélet és a matematikai statisztika modern elméletének alapjait,
- alkalmasak sztochasztikus jelenségek, folyamatok modellezésére,
- ismerik a sztochasztikus és pénzügyi folyamatok, a kockázati folyamatok, az életbiztosítás és a nem-életbiztosítás matematikai elméletét, valamint az idősorok elemzésének matematikai elméletét,
- alkalmasak pénzügyi folyamatok, biztosítási kérdések matematikai elemzésére, modellezésére,
- ismerik legalább két statisztikai programcsomag használatát, tudják a kapott eredményeket értelmezni, elemezni.

Műszaki matematika szakirányon végzetek:

- a műszaki problémák matematikai modellezésében hatékonyan tudnak együttműködni fejlesztőmérnökökkel,
- alkalmasak az innovatív mérnöki gyakorlatban előforduló problémák matematikai megoldására,
- alkalmasak a műszaki életben előforduló problémák numerikus megoldására is,
- ismerik a differenciálegyenletek, a közelítő számítások elméletének alapjait és ezek legfontosabb alkalmazásait természeti, műszaki és gazdasági jelenségek modellezésében,
- ismerik a valószínűségelmélet és a matematikai statisztika modern elméletének alapjait,
- ismerik a számítógép geometriai és grafikai alkalmazási módjait.

8. A mesterfokozat és a szakképzettség szempontjából meghatározó ismeretkörök:

8.1. Az alapképzésben megszerzett ismereteket tovább bővítő, mesterfokozathoz szükséges alapozó ismeretkörök:

Elméleti alapozás 15-25 kredit:

algebra és számelmélet alapjai (unitér terek, spektráltétel, polinommátrixok kanonikus alakja, mátrixok minimálpolinomja, Cayley-Hamilton-tétel, Jordan-féle normálalak, sajátvektor, kvadratikus alakok, Sylvester tétele, algebrai struktúrák, a csoportelmélet alapjai: permutációcsoportok, Lagrange-tétel, normálosztók és faktorcsoportok, véges Abel-csoportok alaptétele, a gyűrűelmélet alapjai, integritástartományok, testkonstrukciók, véges testek, kvadratikus kongruenciák, lánctörtek), analízis alapjai (Riemann-Stieltjes-integrál, vonalintegrál, inverz- és implicit-függvény-tétel, feltételes szélsőérték, mértékelmélet, Lebesgue-integrál, Hilbert-terek, ortonormált rendszerek. Lagrange- és Hermite-Fejér-interpoláció, közönséges differenciálegyenletek, lineáris differenciálegyenletek, a numerikus analízis alapjai.), geometria alapjai (nemeuklideszi geometriák, projektív terek és csoportelméleti vonatkozásaik, transzformáció-csoportok geometriája, vektoranalízis: differenciálszámítás, vektorkalkulus 3-dimenzióban, topológikus és metrikus tér fogalma, sorozatok és konvergencia, kompaktság és összefüggőség), valószínűségszámítás és matematikai statisztika alapjai (Bayes-tétel, sztochasztikus függetlenség, valószínűségi változók és az eloszlásfüggvény, várható érték, szórásnégyzet, kovarianciamátrix, nagy számok erős és gyenge törvényei, Borel-Cantelli-lemma, a feltételes várható érték általános fogalma, független tagú sorok, karakterisztikus függvények alapjai, centrális határeloszlás-tétel, statisztikai sokaság, véletlen minta, empirikus eloszlás, Glivenko-Cantelli-tétel, nevezetes statisztikák, maximum-likelihood-bebecslés, momentum-módszer, Neyman-Pearson-lemma, konfidenciaintervallumok, paraméteres próbák és nemparaméteres próbák), informatika és operációkutatás alapjai (programcsomagok használata az algebra, analízis, geometria, numerikus matematika területén, lineáris programozás alapjai.).

8.2. A szakmai törzsanyag kötelező ismeretkörei: 20-30 kredit

Az alábbi ismeretkörök közül legalább négy témakör ismeretanyagának választása:

Diszkrét matematika (5-12 kredit): Testbővítések elmélete és alkalmazásai. A véges testek elmélete és alkalmazásai. Kriptográfiai alapfogalmak. Az algoritmuselmélet alapfogalmai és alkalmazásai. Gráfok magasabb összefüggősége, diszjunkt fák és fenyők, az összefüggőség növelése. Gráfok és hipergráfok színezései, perfektt gráfok. Párosítás-elmélet. Gráfok beágyazásai. Erősen reguláris gráfok. Az egészségi feltétel és alkalmazásai. Véletlen módszerek: várható érték és második momentum-módszer, véletlen gráfok, küszöbfüggvény. Extremális kombinatorika: extremális halmazrendszerekről és gráfokról szóló klasszikus tételek..

Operációkutatás (5-12 kredit): Folytonos és sztochasztikus optimalizálás. Alternatíva tételek, Minkowski-Weyl-tétel, pivot és belsőpontos algoritmusok, elipszoid-módszer; konvex optimalizálás: szeparációs tételek, konvex Farkas-tétel, Karush-Kuhn-Tucker-tétel, Lagrange-függvény és nyeregpont-tétel, Newton-módszer, belső pontos algoritmus; a sztochasztikus

programozás alapmodelljei és megoldó módszerei; gyakorlati problémák. Diszkrét optimalizálás. Max folyam min vágás, Egerváry-dualitás, poliédes kombinatorika, teljesen duális egészértékűség, párosítás-poliéder; gráfalgoritmusok, Magyar-módszer, Edmonds-Karp-algoritmus; NP-teljes problémák algoritmikus megközelítései: dinamikus programozás, Lagrange-relaxáció, korlátozás és szétválasztás, mohó algoritmusok; gyakorlati problémák.

Alkalmazott analízis (5-12 kredit): Ortogonális polinomok. Trigonometrikus- és ortogonális polinomsorok pontonkénti és egyenletes konvergenciája. Fourier-transzformáció. Az approximációelmélet elemei. Stone-tétel, Bohmann-Korovkin-tétel. Legjobb approximáció polinomokkal. Jackson tételei. Interpoláció. Spline-függvények. Approximáció racionális függvényekkel. Lagrange-interpoláció Lebesgue-függvénye. Erdős-Bernstein-sejtés az optimális alappontokról. Grünwald-Marzinkiewicz-tétel. Stabilitáselmélet. Periódikus megoldások. Peremérték-feladatok lineáris differenciálegyenletekre. A variációszámítás alapfeladata. Euler-Lagrange-differenciálegyenletek. Geometriai módszerek a mechanikában. Lagrange- és Hamilton-rendszerek. Legendre-transzformáció. Euler-Lagrange-egyenletek, Hamilton-egyenletek. Szimmetriák és megmaradási tételek. Alapfogalmak a parciális differenciálegyenletek elméletében. Karakterisztikus függvény, első integrálok. Elsőrendű lineáris és kvázilineáris egyenletek. Elsőrendű egyenletek karakterisztika elmélete, Cauchy-feladat. Másodrendű lineáris parciális differenciálegyenletek osztályozása és kanonikus alakra hozása. Goursat- és Cauchy-feladat hiperbolikus egyenletekre. Vegyes feladat hullámegyenletre. Fourier-módszer. Vegyes feladat hőegyenletre, maximum-tétel. Cauchy-feladat hőegyenletre, Duhamel-elv, Peremérték-feladatok potenciálegyenletre. Fixponttételek és alkalmazásaik.

Sztochasztikus folyamatok (5-12 kredit): Négyzetesen integrálható folyamatok. Gyengén stacionárius folyamatok, lineáris szűrők. Az idősorok analízisének elemei. Erősen stacionárius folyamatok, ergodik tételek. Diszkrét és folytonos idejű Markov-láncok és alkalmazásaik. Az Itô-féle sztochasztikus integrál, sztochasztikus differenciálegyenletek, diffúziós folyamatok..

Algoritmuselmélet (5-12 kredit): Rendezés és kiválasztás, kupac. Dinamikus programozás. Gráfalgoritmusok: szélességi és mélységi keresés, feszítőfák, legrövidebb utak, folyamok. Kereső-fák, amortizációs idő, Fibonacci-kupac. String-keresés. Huffman-kód. Lempel-Ziv-Welch tömörítési eljárása.

8.3. *A szakmai törzsanyag kötelezően választható ismeretkörei:*

differenciált szakmai ismeretek 30-60 kredit:

a) szakirány választása nélkül

numerikus matematika (QR algoritmus, általánosított inverz, függvények minimalizálása, gradiens- konjugált gradiens módszer, gyors Fourier-transzformáció, közönséges differenciálegyenletek numerikus megoldása, peremérték feladatok numerikus megoldása, parciális differenciálegyenletek numerikus megoldása), differenciálegyenletek (kétdimenziós autonóm rendszerek, peremérték-problémák, nyeregpon-tulajdonság, strukturális stabilitás, elemi bifurkációk, elsőrendű parciális differenciálegyenletek, Hamilton-rendszerek, hővezetési és diffúziós problémák. maximumelvek, harmonikus függvények, Harnack tételei, Green-függvények, Poisson-formulák. Fourier-módszer, nemlineáris parciális differenciálegyenletek), a matematikai statisztika fogalmai és módszerei (becslési módszerek és tulajdonságaik, másodlagos mintavétel, jackknife, bootstrap, általánosított likelihood-hányados próba, nemparaméteres próbák, cenzorált minta), információelmélet, algoritmusok és bonyolultságuk, (kódelmélet, Shannon-tétel, hibajavító kódok, RSA, véges automaták, Turing-gépek, NP-teljeség, bonyolultsági osztályok, adatstruktúrák, poliéder-módszer gráfelméleti alkalmazásai, számelméleti algoritmusok diszkrét logaritmusra, prímtesztek, Gröbner-bázis), integrálgeometria (Santaló-féle klasszikus eredmények, Gelfand-Helgason-

tételek, Radon és más integrál-transzformációk, tomográfiai alkalmazások, alakfelismerési és rekonstrukciós eljárások), választható tárgyak (dinamikus modellek, optimalizálás, sztochasztikus folyamatok, felületmodellezés, haladó algoritmikus geometria);

b) szakirány választása esetén

- alkalmazott analízis szakirány: modellezés, természettudományos ismeretek (legalább 9 kredit) (modellalkotás és természettudományos alkalmazások: biológiai modellek, kémia reakciók modellezése, reakció-diffúzió rendszerek szimulációja; információ technológiai és vállalati ismeretek: programcsomagok használatának általános elvei és technikája, kész programcsomagok konkrét alkalmazásai során felmerülő problémák, adatbázis kompatibilitás, fejlesztés, stb., a vállalat működési elvei, az alkalmazott matematikus feladata az üzleti szférában), differenciálegyenletek numerikus módszerei (legalább 9 kredit) (a közönséges differenciálegyenletek numerikus megoldási módszerei: elsőrendű kezdeti-érték feladatok, Runge–Kutta-típusú módszerek, többlépéses rendszerek, stabilitás; elliptikus és időfüggő parciális differenciálegyenletek numerikus megoldási módszerei: véges elemek és véges differenciák módszere, Ritz- és Galjorkin-típusú módszerek, stabilitás, Lax ekvivalencia tétele; parciális differenciálegyenletek és numerikus megoldási módszereinek alkalmazásai: Maxwell-egyenletek és numerikus módszerei, származtatott tőzsdei termék árazása, szilárdságtani feladatok), differenciálegyenletek (legalább 10 kredit) (dinamikai rendszerek: fázisképek osztályozása, Poincaré-féle normálforma, stabilis, instabilis, centrális sokaság, Hartman-Grobman-tétel., dinamikai rendszerek bifurkációi, alapvető példák és alkalmazások, bifurkációs görbék meghatározása biológiai modellekben, strukturális stabilitás, attraktorok típusai, káosz a Lorenz-féle meteorológiai modellben. diszkrét dinamikai rendszerek; parciális differenciálegyenletek elmélete: Szoboljev-terek, peremérték- és sajátérték-feladatok gyenge (Szoboljev-térbeli), variációs és klasszikus megoldása. a gyenge és a klasszikus megoldás vizsgálata a Fourier-módszerrel és a Galjorkin-módszerrel, divergencia alakú kvázilineáris elliptikus és parabolikus egyenletek, elliptikus variációs egyenlőtlenségek), választható tárgyak (legalább 5 kredit);
- sztochasztika szakirány: statisztika (min 15 kredit) (a matematikai statisztika fogalmi és módszerei: becslési módszerek és tulajdonságaik, másodlagos mintavétel, jackknife, bootstrap, L- és M-becslések, robusztusság, mintavétel véges sokaságból, általánosított likelihood-hányados próba, nemparaméteres próbák, cenzorált minta, élettartam-adatok elemzése; többdimenziós statisztikai eljárások: többdimenziós normális eloszlás és a ráépülő statisztikai modellek, eljárások, kontingenciatáblák elemzése; statisztikai programcsomagok: legalább két különböző statisztikai programcsomag átfogó ismerete, az elérhető modellek ismerete, a várható eredmények elemzése), időfüggő sztochasztikus rendszerek (legalább 15 kredit) (sztochasztikus folyamatok, sztochasztikus analízis: martingál, lokális martingál folytonos időben, sztochasztikus integrál folytonos szemimartingál szerint, Itô-formula, SDE jósolható függvények esetén, erős és gyenge megoldás; pénzügyi folyamatok: részvények és kötvények diszkrét és folytonos időben, arbitrázs, martingál-mérték, önfinanszírozó stratégiák, Cox–Ross–Rubinstein-formula, Black–Scholes-formula, sztochasztikus rövid és hosszú távú kamatlábmodellek; idősorok elemzése: stacionárius folyamatok, autoregressziós-, mozgóátlag folyamatok, becslések, periodogram, hosszú emlékezetű folyamatok, frakcionálisan integrált és önhasználó folyamatok, LARCH folyamatok), választható tárgyak (legalább 10 kredit);
- pénzügy-matematika szakirány: statisztika (legalább 5 kredit), (a matematikai statisztika fogalmi és módszerei: becslési módszerek és tulajdonságaik, másodlagos mintavétel, jackknife, bootstrap, mintavétel véges sokaságból, általánosított likelihood-hányados próba, nemparaméteres próbák, cenzorált minta, többdimenziós statisztikai eljárások, többdimenziós normális eloszlás, kontingenciatáblák elemzése, statisztikai

programcsomagok: legalább két különböző statisztikai programcsomag átfogó ismerete, az elérhető modellek ismerete, a várható eredmények elemzése) sztochasztikus rendszerek (legalább 15 kredit) (sztochasztikus folyamatok: sztochasztikus differenciálegyenlet erős megoldása, pénzügyi folyamatok, diffúziós folyamat, Kolmogorov-egyenletek, arbitrázs, martingál-mérték, önfinanszírozó stratégiák, Cox–Ross–Rubinstein-modell. Black–Scholes-formula, sztochasztikus rövid és hosszú távú kamatlábmodellek; idősorok elemzése: stacionárius folyamatok, autoregressziós-, mozgóátlag folyamatok, becslések, periodogram, hosszú emlékezetű folyamatok, frakcionálisan integrált és önhasználó folyamatok; biztosításmatematika: életbiztosítás, halálozási táblák, díjszámítás, nem-élet biztosítás, nevezetes káreloszlások, összetett kockázat, díjkalkulációs elvek, tartalékolási elvek, kockázati folyamatok, Lundberg-tétel, szubexponenciális eloszlások), gazdaságtudományok (legalább 15 kredit) (mikroökonómia: egyéni és piaci kereslet, fogyasztói többlet, termései technológia megválasztása, kereslet és kínálat, piaci elégtelenség, állami beavatkozás, általános egyensúly; makroökonómia: nemzetgazdaság szereplői, egyensúly a munkapiacra, árupiac, az IS-függvény, a pénz funkciói, az LM-függvény, a neoklasszikus és a Keynes-féle modell összehasonlítása, költségvetési és monetáris politika eszköztárája, munkanélküliség és infláció; pénzügyi alapismeretek: pénz kialakulásától a modern pénzig, kereskedelmi bankok, központi bank, monetáris politika, költségvetési politika, befektetési döntések, értékpapírok, értékpiacon, tőzsde, devizarendszerek, IMF, Világbank), választható tárgyak;

- diszkrét matematika szakirány: kombinatorikai algoritmusok (mélységi és szélességi keresés, legrövidebb utak, Floyd–Warshall-módszer, feszítőfák, keresőfák, páros gráfok párosításai, hálózati folyamatok, maximális folyam-minimális vágás tétel), Gröbner-bázisok (Gröbner-bázis polinomgyűrűkben, Hilbert-tétel (Nullstellensatz), alkalmazások), véges testek és polinomok (véges testek struktúrája és automorfizmusai, körosztási és irreducibilis polinomok, polinomok felbontása véges testek felett), diszkrét optimalizálás (algoritmusok lineáris diofantikus egyenletekre, lineáris egyenlőtlenségek és lineáris programozás komplexitási kérdései, Khachiyan-módszer, ellipszoid-módszer, becslések az egészértékű programozásban), algebrai kódelmélet (véges test feletti polinomok, digitális információ kódolása és dekódolása, blokk-kódok, lineáris kódok, mátrixos kódok, a BCH és Reed–Solomon-kódok dekódolása, konvolúciós kódok, Viterbi-algoritmus), algoritmuselmélet (Turing-gép, parciálisan rekurzív függvények, kiszámítható függvények, Church-tézis, eldönthető és eldönthetetlen problémák, nem rekurzív halmazok, algoritmusok bonyolultsága), kriptográfia (privát kulcsú kriptorendszerek, véletlen kulcs, DES, AES, nyilvános kulcsú rendszerek, RSA, kriptográfiai protokollok, kulcs-csere, időpecsét, elektronikus aláírás), választható tárgyak (legalább 5 kredit);
- operációkutatás szakirány: diszkrét optimalizálás (9-24 kredit) (egész értékű programozás, dinamikus programozás, heurisztikus programozás, kombinatorikus optimalizálás, poliédres algoritmusok, gráf algoritmusok, matroidelmélet, ütemezéselmélet, ládapakolási feladat), folytonos optimalizálás (9-24 kredit) (lineáris és nemlineáris optimalizálás, szemidefinit programozás, sztochasztikus optimalizálás, dinamikus modellek, játékelmélet, fixponttétel, minimaxtétel), operációkutatás számítógépes módszerei (3-6 kredit) (matematikai programozási eljárások implementációs problémái, input- output formátumok, megoldó programcsomagok, CPLEX, XPRESS), operációkutatási projekt (3-6 kredit), választható tárgyak (legalább 10 kredit);
- számítástudomány szakirány: adatbányászat (3-6 kredit) (gyakori mintázat keresés, szintenként haladó algoritmusok, döntési fák, neurális hálók, k-NN, SVM, dimenziócsökkentési eljárás, hierarchikus algoritmusok, spektrálfelbontás), WWW és hálózatok matematikája (3-6 kredit) (webkeresők, Markov-láncok és véletlen séták gráfokon, HITS-modellek, szinguláris felbontás, gráfmodellek), bonyolultságelmélet (6-9

kredit) (számítási modellek, algoritmusok és alsó becslések az erőforrás-használatra, véges automaták, formális nyelvek, Turing-gépek, véletlenített bonyolultságsztályok, PSPACE-osztály, párhuzamos algoritmusok, Kolmogorov-bonyolultság), algoritmusok és adatstruktúrák tervezése, elemzése és implementálása (6-9 kredit) (max-vissza sorrend és alkalmazásai, minimális súlyú fenyők, fa-felbontás, párosítások nem páros gráfokban, kiegyensúlyozott és önkiegyensúlyozó fák, keresőfák), kriptográfia és adatbiztonság (6-9 kredit) (informatikai adatvédelem, szimmetrikus kulcsú rendszerek, nyilvános kulcsú titkosítás, RSA, elektronikus aláírás, Rabin-kriptorendszer, kriptográfiai protokollok, adatvédelmi rendszerek, nemzetközi és hazai szabványok), információelmélet, kódok és szimmetrikus struktúrák (4-6 kredit) (entrópia, feltételes entrópia, kölcsönös információ, Fano-egyenlőtlenség, zajmentes kódolás, Shannon-alaptétel, hibajavító kódok, véletlen kódok), választható tárgyak (legalább 10 kredit);

- műszaki matematika szakirány: numerikus analízis, differenciálegyenletek megoldása (10-20 kredit) (dinamikai rendszerek: diszkrét és folytonos idejű dinamikai rendszerek, attraktorok és medencék, Ljapunov-függvények, invariáns sokaságok, strukturális stabilitás, elemi bifurkációk, káosz, Fourier analízis és függvénysorok: Fourier-sorok, Dirichlet-mag, Fejér-példa, inverziós-formula, Hermite- és Laguerre polinomok teljessége, gyors Fourier-transzformált, wavelet transzformált; parciális differenciálegyenletek: kezdeti- és peremérték problémák, elliptikus peremfeladatok gyenge megoldásai, Szoboljev-terek, parabolikus egyenletek), lineáris modellek és alkalmazásai (10-20 kredit) (mátrixanalízis: mátrixok sajátértékei és szinguláris értékei, önadjungált mátrixok spektrálmélete, mátrixpolinomok, pozitív elemű mátrixok, Perron-Frobenius-tétel; lineáris rendszerek analízise: lineáris rendszerek, átmeneti mátrix, irányíthatóság, megfigyelhetőség, impulzusválasz, realizáció, frekvenciaválasz, McMillan-fokszám, spektrálfaktorizáció; irányítási rendszerek: lineáris irányítási rendszerek, kanonikus alakok, minimális realizáció, lineáris-kvadratikus optimális irányítás végtelen időintervallumon, Pontrjagin-féle maximumelv nemlineáris feladatokra, Hamilton–Jacobi–Bellman-egyenlet), numerikus matematika (10-20 kredit) (nagy méretű lineáris algebrai feladatok: iterációs módszerek, lineáris peremérték feladatok diszkrétizálása, variációs feladatok, Ritz-módszer; véges elem módszer: Galjorkin-féle végelem-módszer, hálógenerálás, hibabecslés, a módszerek stabilitása, programcsomagok; numerikus optimalizálás: globális szélsőérték, egyváltozós és vonalmenti minimalizálás, konjugált-gradiens módszer, lineáris programozás, simplex módszer, feltételes szélsőérték, Lagrange-multiplikátor, konvex programozás, dualitás, programcsomagok; numerikus és szimbolikus számítások: szimbolikus számítási programcsomag használata), sztochasztika (10-20 kredit) (többváltozós statisztikai módszerek: többdimenziós normális eloszlás és a ráépülő többdimenziós statisztikai modellek, kontingenciatáblák többdimenziós skálázás és beágyazás, többváltozós küszöbmodellek, probit- és logitanalízis; idősorok elemzése: stacionárius folyamat, autoregressziós-, mozgóátlag folyamat, paraméterbecslés, modellillesztés, előrejelzés; sorbanállás, tömegkiszolgálás: Markov-láncok, stabilitás, ergodicitás, születési- és halálzási folyamatok, Poisson-folyamat, tömegkiszolgálási rendszerek stabilitása, Little-formula, sorhossz, várakozási idő, protokollok);

diplomamunka: 20 kredit.

9. Idegennyelvi követelmények:

A mesterfokozat megszerzéséhez bármely olyan élő idegen nyelvből, amelyen az adott szakmának tudományos szakirodalma van, államilag elismert középfokú (B2) komplex típusú nyelvvizsga vagy ezzel egyenértékű érettségi bizonyítvány vagy oklevél szükséges.

10. A mesterképzésbe való felvétel feltételei:

A hallgatónak a kredit megállapítása alapjául szolgáló ismeretek – felsőoktatási törvényben meghatározott – összevetése alapján elismerhető legyen legalább 65 kredit a korábbi matematikai tanulmányai alapján algebra, analízis, geometria, halmazelmélet, kombinatorika, matematikai logika, operációkutatás, számelmélet, valószínűségszámítás tárgyak ismeretköreiből.