

Záróvizsga tételsor

matematikus MSc

A vizsgázó a törzsanyag tételeiből egy tételt húz, felkészülési időt követően ebből felel. Ezután egy másik törzsanyag tételeiből és egy további, a hallgató által előre megjelölt tételek közül választott tételből ad a bizottság egy-egy kisebb fejezetet, melyeket külön felkészülési idő biztosítása után kér számon. A záróvizsgajegy a három tételből nyújtott teljes felelet alapján kerül megállapításra. Ha a vizsgázó bármelyik tételét nem tudja, a záróvizsgajegy elégtelen.

A vizsgázó a záróvizsgára történő jelentkezéssel egyidőben az erre a célra rendszeresített űrlapon a hallgató főmoduljaihoz (amelyekből legalább 10 kreditet teljesített) tartozó tételek közül összesen ötöt kiválaszt, az űrlapot aláírva a Matematikai Intézet irodájában adja le. Ez a lap a záróvizsgán a bizottsághoz kerül, a speciális modulokra vonatkozó kérdések csak a megjelölt tételekből adhatók.

Szakmai törzsanyag tételei

1. Algebrai számelmélet

Algebrai számok, algebrai egészek. Algebrai számtestek egészeinek gyűrűje. Modulussok, rendek algebrai számtestekben. A Dirichlet-féle egységtétel. Ideálok, alaptételes gyűrűk. Törtideálok. Prímideál-faktorizáció és következményei algebrai számtestek gyűrűjében. Ideál normája, ideál-osztálycsoport, ideál-osztályszám.

2. Modern algebra

Primitív és többszörösen tranzitivitás permutációcsoportok, talapzat. Burnside tétele. Frobenius csoportok, koszorúsorozat. O'Nan-Scott-tétel, S_n maximális részcsoporthai. Főideálgyűrűk feletti végesen generált modulussok alaptétele, alkalmazások. Artin- és Noether-gyűrűk. Jacobson-radikál, Nakayama-lemma változatai. Féligegyszerű gyűrűk. Wedderburn-Artin-tétel, Jacobson-féle sűrűségi tétel. Csoportalgebra, Maschke-tétel, reprezentációk, karakterek. Ortogonalitási relációk, Burnside kétprimes tétele.

3. Funkcionálanalízis

Lineáris normált terek, Banach-terek és operátorok (Hahn-Banach-tétel, nyílt leképezés tétel, zárt gráf tétel, egyenletes korlátosság tétele). Hilbert-terek (ortogonális felbontás tétele, ortonormált bázis), kompakt operátorok spektrálmélete.

4. Parciális differenciálegyenletek

Lineáris és kvázilineáris másodrendű parciális differenciálegyenletek osztályozása, kanonikus alakja. Elliptikus, parabolikus és hiperbolikus egyenletekre vonatkozó feladatok (kezdeti érték feladatok, peremérték feladatok, maximum tétel).

5. Modern differenciálgeometria

Differenciálható sokaságok, az érintővektorok absztrakt definíciója, sokaság érintőnyalábja, differenciálható leképezések deriváltja. A vektormezők Lie-algebrája, a Lie-zárójel geometriai jelentése. Kovariáns deriválás sokaságokon, görbementi vektormezők kovariáns deriváltja, párhuzamosság. Riemann metrikák, a Levi-Civita konnexió, geodetikus görbék, görbületi tenzor és metszetgörbületek.

6. Véges geometria és kódelmélet

Véges projektív és affin síkok és kombinatorikai tulajdonságaik. Affin és projektív síkok és terek véges test felett. Kollineációk. Ívek, oválisok, Segre tétele. Lineáris kódok kapcsolata véges projektív terek ponthalmazaival.

7. Gráfelmélet és alkalmazásai

Gráfok színezése, kromatikus szám, Mycielski-konstrukció, perfekt gráfok, kromatikus polinom, kromatikus index. Független, lefogó csúcshalmazok és élhalmazok. Párosítások, teljes párosítások páros és tetszőleges gráfokban.

8. Sztochasztikus folyamatok

Kolmogorov-féle alaptétel. Gauss-folyamatok, Wiener-folyamatok és tulajdonságaik. Diszkrét idejű Markov-láncok, Chapman-Kolmogorov-egyenletek, állapotok osztályozása, periodikusság, visszatérőség, stacionárius eloszlás.

Speciális modulok tételei

Algebra modul

9. Véges testek és alkalmazásaik

Véges testek alaptulajdonságai, karakterisztika, elemszám, résztestek, létezés és egyértelműség. Véges testek multiplikatív csoportja, primitív elem. Körosztási polinomok, irreducibilis polinomok, polinomok felbontása véges testek felett. Kódelméleti alkalmazások.

10. Algebrai kódelmélet

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.

11. Kommutatív algebra

Kommutatív gyűrűk ideálmélete, prím- és primér ideál, nilradikál. Lasker-Noether-tétel, Krull-metszettétel. Hilbert-féle Nullstellensatz, Gröbner-bázisok. Lokális gyűrűk, lokalizáció, kommutatív, egységelemes Artin-gyűrűk struktúratétele. Krull-dimenzió, Artin-gyűrűk karakterizálása a Noether-gyűrűk között. Egységelemes Artin-gyűrű Noether-Jacobson-Herstein-tétel.

12. Véges csoportok és reprezentációik

Transzfer, alkalmazások. Schur tétele. Normál komplementum tételek, Frobenius-tétel. Schur-Zassenhaus-tétel, Hall tételei. Egyszerű csoportok, Iwasawa-lemma. Unitér, szimplektikus és Mathieu-csoportok. Indukált reprezentációk, Frobenius-reciprocitás, Frobenius-tétel. Normálosztó indukált karakterei, Clifford tétele, Galaghar tétele. Általánosított karakterek, Brauer tétele. S_n irreducibilis karakterei. Involúció centralizátorok, Klein-eset, diéder eset.

13. Modellemélet

Rendezések és jólrendezések, Zorn-lemma. Artin tétele testek rendezhetőségéről. Ultrafilterek létezése. Fréchet-filterek. Elsőrendű struktúrák és formulák, elméletek és modellek. Ultraszorzat, Los-lemma. Az elsőrendű logika kompaktsági tétele és Gödel teljességi tétele. Reduktum, kiterjesztés, elemi rész, Tarski-Vaught-kritérium. Le- és felszálló Löwenheim-Skolem-tétel. Axiomatizálhatóság (illetve véges, univerzális, induktív elmélettel való axiomatizálhatóság). Robinson konzisztenciatétele, Craig interpolációs tétele. Stone-terek, Típuselkerülési tételek. Omega-kategorikus struktúrák, Ryll-Nardzewski tétele. Homogén struktúrák, példák.

Számelmélet modul

14. Algebrai geometria

Affin algebrai geometria, affin algebrai halmazok, Hilbert-féle Nullstellensatz, polinom leképezések, az elimináció geometriája, projektív algebrai geometria, projektív algebrai halmazok, Hilbert-polinomok.

15. Algoritmusok diofantikus egyenletek megoldására

Lánc törtek és alkalmazásaik Pell-egyenletek megoldására, diofantikus approximációs módszerekben. Thue-egyenletek, becslések a megoldásra, kis megoldások kiszámítása lánc törtekkel. Baker-korlát redukciója a Davenport-lemma felhasználásával, LLL-redukcióval. Thue-egyenletek felhasználása harmad- és negyedfokú számtestek indexforma egyenleteinek megoldására.

16. Diofantikus egyenletek

Kongruenciák valamint elemi (egész számok feletti) faktorizációs tulajdonságok használata diofantikus egyenletek megoldására. Algebrai számelméleti eszközök alkalmazása diofantikus egyenletek megoldására (egyértelmű prímideál faktorizáció kvadratikus számtestekben, ideálosztályszám).

17. Effektív módszerek a diofantikus egyenletek elméletében

A Baker-módszer alkalmazása diofantikus egyenletek széles osztályainak explicit megoldására. Bizonyos egész értékű számsorozatokban előforduló primitív prímosztók létezésére vonatkozó tétel alkalmazása diofantikus egyenletek explicit megoldására.

18. Elliptikus görbék

Racionális görbék pontjainak csoportjai. Elliptikus görbék véges testek felett, Hasse tétele. Elliptikus görbék a racionális számtest felett. Torziós pontok, Lutz-Nagell-tétel. A Mordell-Weil-csoport. A Mordell-Weil-rang korlátozása, a Selmer-csoport. Elliptikus görbék a komplex számok felett.

19. Prímszámelmélet

Primitív gyökök modulo m . A $\pi(x)$ függvényhez kötődő nevezetes függvények. A prímszámtétel ekvivalens alakjai. Prímszámok közötti hézagokra vonatkozó tételek és a Bertrand-posztulátum. A prímszámtétel számtani sorozatokban. A Riemann-zeta függvény. A Riemann-sejtés.

Diszkrét matematika modul

20. Kombinatorika és alkalmazásai

Formális hatványsorok, sorozatok generátorfüggvénye és exponenciális generátorfüggvénye. Permutációkkal és osztályozásokkal kapcsolatos leszámítási 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.

21. Diszkrét optimalizálás

Hozzárendelési probléma, magyar módszer. Halmazlefedési probléma. Kínai postás probléma. Utazó ügynök probléma metrikus és nem metrikus esete. Maximális folyamatok hálózatokban, Ford-Fulkerson-tétel, Edmonds-Karp-tétel.

22. Matematikai algoritmusok

Szélességi és mélységi keresés. Legrövidebb utak keresése (Dijkstra-, Bellman-Ford-, FloydWarshall-algoritmus). Minimális feszítőfák (Kruskal-, Prim-, Borůvka-algoritmus). Valószínűségi és determinisztikus prímtesztek.

Analízis modul

23. Közönséges differenciálegyenletek alkalmazásai

Autonóm differenciálegyenlet-rendszerek és fázisereik (autonóm rendszerek, egyensúlyi helyzetek és zárt trajektóriák, fáziserek). Differenciálegyenletek stabilitása (Lyapunov tételei, a Lyapunov-féle direkt módszer). Peremérték-problémák és sajátérték feladatok (peremérték-problémák, Sturm-féle peremérték-problémák, alapmegoldások, a Green-függvény, nemlineáris peremérték-problémák, a maximum- és a minimumelv, Sturm-Liouville-féle sajátérték-feladatok). Variációszámítás (funkcionálok variációja, bilineáris és kvadratikus funkcionálok, funkcionálok második variációja, funkcionálok extrémuma, az Euler-Lagrange-differenciálegyenletek).

24. Ortogonális polinomok

Fourier-sorok Hilbert-terekben. Trigonometrikus Fourier-sorok pontonkénti konvergenciája. Fejér tétele. Ortogonális polinomok tulajdonságai, ortogonális polinomok szerint vett Fourier-sorok pontonkénti konvergenciája.

25. Topologikus fixponttételek

Sperner- és KKM-lemma. Ky Fan-egyenlőtlenség, Tyihonov fixponttétele. A Brouwer-féle fixponttétel és Schauder fixponttételei, alkalmazásai. A Darbo-Szadovszkij-féle fixponttétel. Tételek affin leképezéscsaládok fixpontjairól. Halmazértékű leképezések; az equilibrium-tétel, középérték tételek.

26. Iteratív fixponttételek

A Banach-féle fixponttétel és paraméteres változata. A fixpontok stabilitása. Fraktálmélet: a Hausdorff-Pompeiu-távolság és a Blaschke-tétel. Hutchinsonson tétele. Hausdorff-dimenzió A Banach-féle fixponttétel megfordításai. Fixponttételek monoton leképezésekre. Az Ekeland-féle variációs elv.

27. Banach-algebrák

Banach-algebrák, spektrum. A holomorf függvénykalkulus. Kommutatív Banach-algebrák Gelfand-elmélete. Banach-algebrák reprezentációi. C^* -algebrák alaptulajdonságai. Folytonos függvénykalkulus és alkalmazásai. Spektráltétel és alkalmazásai. Pozitív lineáris funkcionálok. C^* -algebrák reprezentációi.

28. Fejezetek a funkcionálanalízisből

Zárt, reguláris és szinguláris operátorok, adjungált operátor. Projekciók és zárt alterek. A spektráltétel, a Neumann-féle második kommutáns tétel, a Kaplansky-féle sűrűségi-tétel. Kommutatív Neumann-algebrák. Projekciók geometriája, Neumann-algebrák osztályozása, I. típusú Neumann-algebrák. Faktorok. Nemkorlátos operátorok és kommutatív Neumann-algebrák.

29. Függvényegyenletek

A Cauchy-féle alapegyenletek és további lineáris egyenletek. A Pexider-, Jensen-, Hosszú-, D'Alembert- és a normanégyzet-egyenlet. Derivációk és az információelmélet függvényegyenletei. Kiterjesztési és stabilitási tételek. Függvényösszetételt tartalmazó egyenletek. A függvényegyenletek regularitáselméletének alapjai.

30. Függvényegyenlőtlenségek

Konvex függvények és általánosításai, a Jensen-egyenlőtlenség. Schur-konvexitás és majorizáció. A középértékek elmélete. Az összehasonlítás, egyenlőség és homogenitás problémája, valamint Hölder- és Minkowski-típusú egyenlőtlenségek a kváziaritmetikai és további középértékosztályokban.

31. Disztribúciók és integráltranszformációk

A tesztfüggvények és a disztribúciók terei. Műveletek disztribúciókkal. Fourier-transzformáció. Paley-Wiener-tétel. Állandó együtthatós parciális differenciálegyenletek alapmegoldása. Szoboljev-terek. Beágyazási és kiterjesztési tételek. Cauchy-feladatok, peremérték feladatok és vegyes feladatok általánosított és klasszikus megoldása. Laplace-transzformáció és alkalmazásai.

32. Absztrakt harmonikus analízis

Topologikus csoportok alapjai, Haar-mérték. Konvolúció, adjungálás és norma a kompakt tartójú függvények terén. Kapcsolat a mértékalgebra és a csoport tulajdonságai között. Topologikus csoport folytonos unitér ábrázolása, a harmonikus analízis alaptétele. Kommutatív csoport duális csoportja, Fourier-transzformáció, Pontrjagin-féle dualitási tétel.

33. Nemsima analízis

A normált terekbeli differenciálszámítás alapelemei. Inverzfüggvény tételek. Fermat- és Lagrange-elv. Szubgradiens és (Clarke-féle) iránymenti derivált. Halmazok érintőkúpjai. Rademacher-tétel. A feltételes szélsőértékproblémákra vonatkozó multiplikátor tétel.

34. Approximációelmélet

Approximáció Banach- és Hilbert-terekben, ortogonális rendszerek, Fourier-sorok, egyenletes approximáció, Remez-algoritmusok, Bohman-Korovkin-tétel, Bezier-görbék, racionális, spline és Padé-approximáció, interpoláció trigonometrikus és algebrai polinomokkal, bázisok Banach-terekben, frame Hilbert-térben.

35. Fourier-sorok

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

36. Többváltozós Fourier-sorok

Többdimenziós valós és komplex trigonometrikus rendszer, Fourier-együtthatók, Fourier-sor részletösszegek, norma és majdnem mindenütt konvergencia, többváltozós Hardy-Littlewood-maximálfüggvény, Calderon-Zygmund-dekompozíció, többváltozós Fejér-közepek konvergenciája, többváltozós Walsh rendszerre vonatkozó Fourier-sorok.

37. Differenciálszámítás

Osztott differenciák. Diszkrét kalkulus. A Newton- és a Lagrange-formula. Csebisev-polinomok. Függvényközelítés. Függvények szummálása, elsőrendű differenciaegyenletek. A lineáris differenciaegyenletek általános elmélete.

Geometria modul

38. Geometriai szerkesztések elmélete

Az euklideszi szerkesztés fogalma, a szerkeszthetőség algebrai kritériuma. Egész együtthatós polinomok gyökeinek szerkeszthetősége. Klasszikus szerkesztési problémák.

39. Geometriai transzformációcsoportok

Transzformáció csoportok és csoportthatás fogalma. Tranzitív csoportthatás. A $GL_2(\mathbb{R})$ csoport, az L_2 csoport, az $SL_2(\mathbb{R})$ csoport hatásai, a hatások jellemzése és kapcsolata a csoport szerkezetével. A hiperbolikus és az elliptikus transzformációcsoport.

40. Riemann-geometria:

Riemann-metrikák, lineáris konnexió és párhuzamosság. A Levi-Civita-konnexió. Geodetikusok, exponenciális leképezés, a geodetikusok minimalizáló tulajdonsága, konvex környezetek. Görbületi tenzor és metszetgörbületek. Konstans görbületű terek. Az ívhossz első és második variációja.

41. Algebrai topológia

Pályák, homotópiák, fundamentális csoport, a kör fundamentális csoportja. A homológikus algebra elemei, szimpliciális komplexusok, topologikus terek szinguláris homológiája. Kohomológia csoportok.

42. Finsler-geometria

Finsler-Minkowski-vektorterek. Finsler-struktúrák sokaságokon, alapvető példák. Finsler-sokaságok kanonikus Ehresmann-konnexiója és geodetikusai. Speciális Finsler-sokaságok.

43. Variációszámítás

Alapvető variációs feladatok, a rögzített végpontú variációs probléma. A du Bois-Reymond-lemma és az Euler-Lagrange-differenciálegyenlet. Szükséges és elégséges feltételek funkcionálok extrémumának létezésére.

44. Vektoranalízis sokaságokon

Differenciálható sokaságok. Lie deriválás és külső differenciálás. Zárt és egzakt differenciálformák. Térfogati forma és divergencia. Irányítható sokaságok, a peremes sokaság fogalma. Térfogati formák integrálása és a Stokes tétel.

45. Differenciálrendszerek geometriai elmélete

Vektormezők, külső formák, külső derivált, Lie-derivált. Közönséges és parciális differenciálegyenletek és egyenletrendszerek geometriai interpretációja. Frobenius integrálhatósági tétele. Magasabb rendű differenciálegyenlet-rendszerek.

46. Felületelmélet

Integrálás a felületen, felszín-formula, divergencia-tétel. A felület külső geometriája: pozitív görbületű felületek, Minkowski-féle formulák, Alexandrov tétele. Konstans görbületű felületek. Minimálfelületek, Weierstrass-formula.

47. Differenciálgeometria számítógépes támogatással

Möbius transzformációk. Implicit görbék és felületek. Interpolációs görbék és felületek. Szpájljok. Fraktálok és térkitöltő görbék.

48. Konvex geometria alkalmazásai

Műveletek halmazokkal, a Hausdorff távolság. Kompakt halmazok metrikus tere és teljessége. A Blaschke-féle szelekciós tétel. A Brunn-Minkowski egyenlőtlenség. Láthatósági problémák: Krasnoselsky és Chvátal tételei.

49. Differenciáltopológia

Sima leképezések, és sokaságok. Érintőtér, részsokaság, és beágyazási tétel. Transzverzálítás, reguláris és kritikus pontok, Sard tétele. Brower-féle fixponttétel. Leképezések foka, vektormezők, az Euler karakterisztika.

50. Robotmodellezés és kontrollelmélet

A robotok geometriai jellemzése. Koordinátarendszer hozzárendelése a tagokhoz. Merev testek mozgásegyenletei és a homogén transzformáció csoport. A robot által végzett egyparaméteres mozgások. A direkt és inverz kinematika feladata és megoldásuk.

51. Lie csoportok és Lie algebrák

Lie csoportok és Lie algebrák fogalma. Homomorfizmus, ideál, reprezentáció. Lie algebra derivációi és az ad leképezés. A féligeyszerű, feloldható és nilpotens Lie algebrák. Egyparaméteres részecsoport, exponenciális leképezés. A Baker-Campbell-Hausdorff formula.

Operációkutatás modul

52. Játékelmélet

Nem-kooperatív játékok normál alakja. A Nash-féle egyensúlyi helyzet. Véges játékok elemzése. A játékelméleti megközelítés alkalmazása egyszerűbb piaci modellekre. Kétszemélyes zérőösszegű játékok, mátrix-játékok. Kooperatív játékok.

53. Konvex optimalizálás

Szeparációs és elválasztási tételek konvex halmazokra és konvex függvényekre, következmények. Konvex függvények iránymenti deriváltja és szubgradiense, kalkulus szabályok. Konvex programozási feladatok, Kuhn-Tucker-tétel.

54. Extrémum problémák

A feltételes szélsőérték problémák Dubovickij–Miljutyin-féle elmélete. A Dubovickij–Miljutyin-féle elválasztási tétel. A normált terekbeli differenciálszámítás alapelemei. Ekeland-féle variációs elv. Ljuszternyik és Graves nemlineáris nyílt leképezés tétele. A Lagrange-féle multiplikátor tétel Banach-tereken. A variációszámítás alapfeladatai. A szélsőérték szükséges feltételei.

55. Optimális folyamatok

Normált terek és duális terek. Gateaux- és Fréchet-derivált. A szélsőértékszámítás szükséges feltételei. Az irányításelmélet alapfeladatai. Megengedett és optimális folyamatok. Pontrjagin-féle maximum-elvek. Dubovickij–Miljutyin-féle időtranszfomáció.

Sztochasztika modul

56. Többváltozós statisztika

Főkomponens analízis, faktoranalízis, osztályozási módszerek (maximum likelihood és Bayes-döntés), cluster analízis (hierarchikus eljárások és k-közép módszer).

57. Idősorok elemzése

Gyengén stacionárius folyamatok. Autokorreláció és parciális autokorreláció függvény. Wold-felbontás, lineáris idősormodellek, ARIMA folyamatok. Idősorok modellezése és előrejelzése ARIMA folyamatokkal, a Box-Jenkins-módszer.

58. Opcióértékelés

Opciók szerződés, opciók díjak alaptulajdonságai (tényezők, korai lehívás, korlátok, put-call paritás). A részvényárfolyamat modellezése folytonos időben, Black-Scholes-modell, Black-Scholes-egyenlet és árazási formula. Görögök, Monte Carlo szimuláció opciók díjak meghatározására.

59. Biztosítási matematika

Egyéni és összetett kockázat modellje, eljárások az összkár eloszlásának meghatározására és becslésére. Kárszámmodellek, $(a,b,0)$ -típusú eloszlások, jellemzésük. Fontosabb díjkalkulációs elvek.

60. Információelmélet

Egyértelműen dekódolható és prefix kódok, entrópia, átlagoskódszóhossz, blokkonkénti kódolás. Optimális kódok, bináris Huffman-és Shannon-Fano-kód, feltételes entrópia. Információforrások és kódolásuk, univerzális forráskódolás, Lempel-Ziv algoritmusok. Forráskódolás előírt hibavalószínűséggel, információstabilis források, jelsebesség, forrásentrópia. Differenciális entrópia és tulajdonságai. Információs távolság. Kvantálás, optimális kvantáló, egyenletes és nem egyenletes kvantálók, Lloyd-Max algoritmus. Spektrálsűrűség, lineáris szűrés, mintavételezés, transzformációs kódolás, nevezetes transzformációk. Részszávos-, különbségi- és prediktív kódolás. DPCM, Jayant-kvantáló, delta-moduláció, prediktorok. Beszéd-, hang-, kép- és videótömörítés. Kölsönös információ, betűnkénti hűségkritérium, R-D függvény. Forráskódolási tétel, megfordítása. Hibajavító kódolás alapjai, nevezetes korlátok. Lineáris kódok, generátor- és paritásellenőrző mátrix. Szindrómák. Bináris- és nem bináris Hamming-kód, általános lineáris kódok, ciklikus kódok, generátor- és paritásellenőrző polinomok. Bináris Golay-kód, Reed-Solomon- és Reed-Müller-kód. BCH-kód, kódfüzés, szorzat- és kaszkád kódok.

61. Statisztikus tanuló algoritmusok

Neurális hálózatok, perceptron, többrétegű perceptron (MLP), error back-propagation, deep learning, konvolúciós hálózat (CNN), Radial Basis Function (RBF), tartó vektor gépek (SVM), rekurrens hálózat. Neurális hálózatok megvalósítása egy programcsomaggal.