

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

APROB:

Academician, Ion BOSTAN

Rector al Universității Tehnice a Moldovei

Data aprobării de către Senatul UTM:

PROGRAMA

**examenului de doctorat
la specialitatea**

122.03. Modelare, metode matematice, produse program

Chișinău 2015

Autori: **Viorel Bostan, dr. hab., prof.univ.**
Vasile Moraru, dr., conf. univ.
Bartolomeu Izvoreanu, dr., conf.univ.
Mihail Kulev, dr., conf.univ.

Recenzenți: **Ion Bolun, dr. hab., prof.univ.**
Ilie Costăș, dr. hab., prof.univ.
Sergiu Zaporojan, dr., conf.univ.

Programa a fost examinată și recomandată de
Consiliul Școlii doctorale *Știința*
Calculatoarelor, Electronică și Comunicații
Președinte: **Victor Șontea, dr., prof.univ.**

(semnătura)
„— „ _____ 2015

Programa a fost examinată și recomandată de
Consiliul Științific UTM
Președinte: **Valerian Dorogan, dr. hab, prof.univ.**

(semnătura)
„— „ _____ 2015

1. RECOMANDĂRI METODICE GENERALE

Programa este alcătuită reieșind din realizările recente în domeniu, precum și de perspectivele implementării metodelor matematice și tehnologiilor informaționale în diverse ramuri ale științei, tehnicii, economiei.

Scopul programei este de a familiariza doctoranzii, viitorii cercetători și promotori ai metodelor moderne în multiplele domenii cu următoarele direcții de specializare:

- Dezvoltarea metodelor calitative, analitice, asimptotice și aproximative și de simulare ca o etapă necesară a experimentului de calcul.
- Elaborarea și argumentarea algoritmilor rezolvării matematice a problemelor științifice, inclusiv a complexității lor.
- Metode de utilizare a tehnicii de calcul în cercetările științifice. Metode matematice în cercetările științifice (pe domenii). Resurse programate în cercetările științifice. Metode de elaborare a produselor program destinate cercetărilor științifice.
- Sisteme suport pentru decizii. Sisteme informaționale executive. Teoria deciziilor și utilității. Aplicarea metodelor inteligenței artificiale în sisteme informatice.
- Elaborarea metodelor și mijloacelor de automatizare a modelării sistemelor complexe, ce asigură un nivel înalt al tehnologiei de cercetare.
- Elaborarea complexelor de programe pentru modelarea analitică, numerică și de simulare.
- Elaborarea și argumentarea modelelor, metodelor și algoritmilor de analiză și sinteza a datelor, textului, vorbirii și a imaginilor; computerizarea proceselor de recunoaștere și înțelegere a textului (și vorbirii).

Obiectivele generale ale examenului de doctorat:

- Evaluarea cunoștințelor teoretice și practice ale doctoranzilor în domeniul modelării, metodelor matematice și produselor program.
- Argumentarea răspunsului la subiectele examenului.
- Evaluarea capacității de analiză și sinteză pentru a lua decizii.

Programa orientează doctoranzii spre abordări științifice a problemelor vizate. Programa include în componența sa și o listă bibliografică care va servi drept referință pentru pregătirea doctoranzilor către examenul de doctorat și pentru realizarea tezei de doctorat.

2. CONȚINUTUL PROGRAMEI

I. Modelarea matematică

1.1. Noțiuni de model matematic. Modelarea matematică ca metodă de descriere și investigație a proceselor aplicative complicate din economie, dirijare, comerț, construcție, proces de producere, fizică ș. a. domenii ale științei. Argumentarea corectitudinii modelului. Fundamentele teoriei identității și verificării modelelor. Etapele de bază ale modelării. Investigarea preliminară a obiectului de cercetare. Formularea problemei și determinarea tipului de model. Aplicarea modelelor matematice în experimentul numeric. Etapele experimentului numeric. Elaborarea modelului matematic, algoritmic și de programare a fenomenului cercetat.

1.2. Modele liniare. Noțiuni fundamentale din programarea liniară. Metoda Simplex. Dualitatea în programarea liniară. Programe de transport. Analiza modelelor. Programe liniare pe rețele. Programare în numere întregi.

1.3. Programare dinamică. Modele ale programării dinamice. Problema dimensiunii în programarea dinamică. Soluționarea problemelor de optimizare prin metoda programării dinamice. Modele de stocuri și controlul lor.

1.4. Modele stochastice (probabilistice). Noțiuni fundamentale ale teoriei probabilităților: experiment, eveniment, probabilitate. Legile de bază ale teoriei probabilităților. Variabile aleatoare: lege de repartiție, funcție de repartiție, densitatea de repartiție. Repartiții clasice. Momente. Valoarea medie, dispersia. Repartiții bidimensionale. Corelație, independență. Noțiune de proces (funcție) aleator. Lanțuri și procese Markov. Modele probabilistice ale programării dinamice. Modele stochastice de control al stocurilor. Modele de așteptare și analiza lor.

II. Metode numerice și algoritmi matematici

2.1. Fundamente matematice ale metodelor numerice

2.1.1. Spații metrice, normate, Banach și Hilbert. Spațiul șirurilor, spațiile funcțiilor continue și diferențiabile. Operatori și funcționale liniare. Spațiul operatorilor liniari și mărginiți. Teorema Han – Banach. Spații și operatori adjuncți. Convergența tare și uniformă a operatorilor. Spații adjuncte complete. Operatori în spațiile Hilbert. Reprezentarea funcționalilor liniari și continui în spațiile Hilbert. Convergența slabă și tare în spațiile Banach. Operatori autoadjuncți, unitari, proiecționali și pozitiv definiți. Operatori liniari nemărginiți. Spectrul operatorilor.

2.1.2. Ecuații funcționale și ecuații funcționale conjugate. Ecuații funcționale de speța II. Spectrul, rezolvența și alternativa lui Fredholm.

2.1.3. Teoria generală a metodelor aproximative. Aplicațiile ei la ecuațiile de speța II, sistemele infinite de ecuații, ecuații integrale, ecuații diferențiale ordinare, probleme de frontieră pentru ecuații în derivate parțiale.

2.1.4. Metode iterative. Teorema punctului fix pentru metoda iterativă generală. Principiul lui Schauder. Metode iterative pentru sisteme de ecuații algebrice și transcendente, ecuații diferențiale și integrale. Derivatele operatorilor în spațiile normate. Metoda lui Newton și aplicarea ei la rezolvarea ecuațiilor funcționale neliniare.

2.1.5. Ordinul metodelor iterative.

2.2. Metode numerice în algebra liniară

2.2.1. Particularitățile aritmeticii de calcul și rezolvarea sistemelor de ecuații algebrice. Erori și estimarea lor la efectuarea operațiilor aritmetice. Problema directă și reciprocă a erorilor. Reprezentarea numerelor și particularitățile efectuării operațiilor aritmetice la calculator. Numărul de condiționare și eroarea relativă la limită la rezolvarea sistemelor de ecuații algebrice liniare. Localizarea numerelor singulare a matricelor, teorema Gherșgorin, metoda de puteri.

2.2.2. Metode directe de rezolvare a sistemelor de ecuații algebrice liniare. Metoda perturbărilor echivalente la estimarea preciziei soluțiilor sistemelor de ecuații liniare. Metodele Gauss, Cholesky, ortogonalizării și exactitatea de calcul la limită. Metoda parcursului dublu la rezolvarea sistemelor de ecuații liniare cu matrici tridiagonale. Stabilitatea metodei.

2.2.3. Metode iterative de rezolvare a sistemelor de ecuații liniare. Metoda aproximațiilor succesive la rezolvarea sistemelor de ecuații liniare și fundamentarea ei teoretică. Realizarea numerică a metodei aproximațiilor succesive și estimarea convergenței ei. Metoda staționară a iterațiilor simple și optimizarea vitezei asimptotice de convergență. Metoda nestaționară (în mai mulți pași) Richardson; procesul iterativ ciclic Cebâșev. Metoda Jacobi. Metoda Gauss –

Seidel. Metoda relaxației. Metoda coborârii pe coordonate. Metoda gradientului. Metoda gradientilor conjugați. Metode iteraționale de rețea la rezolvarea numerică a problemelor liniare și a problemelor de frontieră din fizica matematică.

2.3. Rezolvarea aproximativă a sistemelor de ecuații neliniare

Metoda Newton. Convergența și stabilitatea metodei. Estimarea soluțiilor aproximative și unicitatea lor. Metoda aproximațiilor succesive. Condiții suficiente de convergență a metodei aproximațiilor succesive. Metoda gradientului la rezolvarea sistemelor neliniare.

2.4. Aproximarea și restabilirea funcțiilor

Criterii de aproximare prin interpolare, cu abaterea medie pătratică minimală, în sensul lui Cebășev. Aproximarea prin interpolare. Polinoamele de interpolare Lagrange, Newton, Gauss, spline. Interpolarea funcțiilor periodice. Polinom Hermite de interpolare. Convergența polinoamelor de interpolare. Polinoame ortogonale. Proprietăți. Polinoame Legendre. Aproximarea funcțiilor cu abatere medie pătratică minimală. Cazul continuu și discret. Aproximarea funcțiilor în sensul lui Cebășev. Cazul continuu și discret. Aproximarea în spații normate. Teorema de existență și unicitate a elementului de cea mai bună aproximare.

2.5. Metode aproximative și numerice de rezolvare a ecuațiilor diferențiale ordinare și cu derivate parțiale

2.5.1. Teoria generală a sistemelor de ecuații diferențiale. Teorema de existență și unicitate a soluțiilor. Soluții singulare. Dependența continuă a soluțiilor problemelor Cauchy de parametri și condițiile inițiale. Diferențierea soluțiilor în funcție de condițiile inițiale. Teoremele de stabilitate Leapunov.

2.5.2. Rezolvarea aproximativă și numerică a problemei Cauchy pentru ecuații diferențiale. Metoda dezvoltării în seria Taylor și metoda aproximațiilor succesive de rezolvare aproximativă a problemei Cauchy. Metodele de tip Runge – Kutta de diferit rang și ordin, de tip predictor – corector (Adams, Miln ș. a.) la rezolvarea numerică a problemei Cauchy. Aproximarea, stabilitatea și convergența metodelor. Estimarea soluțiilor obținute și evidența exactității de calcul.

2.5.3. Metode aproximative și numerice la rezolvarea problemelor cu condiții la limită pentru ecuații diferențiale ordinare. Reducerea problemelor cu condiții la limită la problema Cauchy pentru ecuații diferențiale. Metoda în diferențe și aplicarea metodei parcursului dublu la rezolvarea numerică a problemelor cu condiții la limită. Metode direct – aproximative (colocații, cuadratură, spline, pătratelor minimale, Galeorkin) la rezolvarea problemelor cu condiții la limită.

2.6. Metode numerice de rezolvare a problemelor extremale

Mulțimi convexe. Funcții convexe. Programare convexă. Programare neliniară. Programare pătratică. Metode de minimizare a funcțiilor fără restricții: metode de gradient. Metoda lui Newton. Metoda direcțiilor conjugate. Metode, care nu necesită calculul derivatelor. Metode de rezolvare a problemelor extremale cu restricții. Metoda direcțiilor admisibile. Metoda gradientului convențional. Metoda lui Newton. Metode de liniarizare. Metoda funcțiilor de proiecție. Convergența metodelor. Metode de rezolvare a problemelor extremale în spații funcționale. Metode de minimizare. Gradientul în spațiul funcțional. Condiții de optimalitate.

Varianta discretă a principiului de maxim a lui L. Pontriaghin. Programare dinamică discretă. Metode variaționale de optimizare. Metode de liniarizare și cuaziliniarizare.

III. Informatica – știință, ramură a industriei și domeniu de infrastructură

3.1. Informatica – știință și domeniu de infrastructură. Informatica – știința ce studiază informația și caracteristicile ei în sistemele naturale, artificiale și hibrid de depozitare și transmitere a informației. Locul informaticii în cadrul sistemului de științe. Informatica – domeniu de infrastructură și ramură a industriei care procesează informația, rolul și importanța ei în dezvoltarea progresului tehnico-științific.

3.2. Domeniul informaticii. Problemele informaticii în Societatea Informațională și societatea Cunoașterii. Aspectele lingvistice sociale ale informatizării și computerizării societății. Necesitățile computaționale ale utilizatorilor individuali și colectivi. Procesele informaționale comunicative. Tehnologii informaționale moderne utilizate în baza aplicării tehnicii de calcul și comunicație.

3.3. Noțiuni de produs informațional și servicii informaționale. Clasificarea produselor și serviciilor informaționale, ciclul lor de activitate. Economia rețelilor informaționale. Sectorul de informație tehnico-științifică pentru specialiști, inclusiv pentru filologi.

3.4. Resurse informaționale. Informația ca resursă a societății și obiect al proprietății intelectuale. Politica statului în domeniul reglementării juridice a proprietății intelectuale științifice și protecția resurselor informaționale ale societății.

IV. Complexe de programe

4.1. Teoria algoritmilor

Noțiuni de algoritm, proprietățile lui. Mașina Turing, problema decidabilității. Noțiuni despre complexitatea algoritmilor, clasele de complexitate. Calculabilitate. Funcții primitiv recursive. Mulțimi recursive și recursiv enumerabile.

4.2. Bazele tehnice ale calculatoarelor, sisteme de operare

Particularitățile arhitecturale ale calculatorului, principiul lui von Neumann. Evoluția calculatoarelor moderne: structura, clasificarea. Noțiuni de produs program: programe de sistem, programe aplicative, sisteme de programare, sisteme de operare, utilite. Sisteme de operare (SO). Componentele unui SO: gestionarea proceselor, procesarea întreprinderilor, gestionarea memoriei, planificarea funcționării procesorului, sistemul de fișiere. Sistemul de operare Windows. Familia SO WINDOWS: WINDOWS 3.x, WINDOWS 9x, WINDOWS NT. Studiu comparativ MS DOS – WINDOWS, SO UNIX.

4.3. Baze de date

Modelul lumii reale și baza de date. Structura și componentele bazei de date. Modele de date. Modelul relațional al datelor. Metode de acces la date. Indexare. Teoria mulțimilor și a conceptelor de bază ale modelului relațional de date. Relație. Atributele, domeniile, tuplurile relației. Algebra relațională. Compactitudinea algebrei relaționale. Operatorii algebrei relaționale. Integritatea modelului relațional de date. Proiectarea bazelor de date. Anomalii în baze de date. Primele forme normale (FN1, FN2, FN3). Algoritmii normalizării. Sisteme de gestiune a bazelor de date (SGBD). Structura și funcțiile componentelor constitutive al SGBD. Limbajul SQL de manipulare cu bazele de date. Versiuni concrete a limbajului. Categoriile de comenzi SQL. Obiectele bazei de date. Tabele ca forma principală de prezentare a datelor. Manipularea cu tabele și cu datele din tabele în limbajul SQL. Baze de date dinamice. Baze de date relaționale în PROLOG. Manipularea datelor.

4.4. Proiectarea și programarea sistemelor

Cerințele către un Produs Program (PP). Clasificarea PP. Etapele ciclului de viață a PP. Documentația PP. Planul proiectului unui Sistem Informatic (SI). Construirea proiectului logic și a sarcinii tehnice a SI. Modele de realizare a ciclului de viață a PP. Particularitățile metodei RAD. Particularitățile funcționale și de arhitectură a sistemelor instrumentale pentru automatizarea construirii SI. Sisteme CASE. Tipuri de date, nivele de abstractizare a lor, modul de definire a diferitor nivele. Verificarea PP și testarea lor.

4.5. Inteligența artificială

Domeniul studiilor inteligenței artificiale. Testul Turing. Reprezentarea cunoștințelor. Reprezentarea cunoștințelor prin cadre (frame). Rețele semantice. Reprezentarea cunoștințelor în Prolog. Reprezentarea cunoștințelor cu ajutorul producțiilor. Rețele neuronale artificiale. Sisteme expert. Structura sistemelor expert. Descrierea componentelor de bază. Achiziționarea cunoștințelor. Căutarea euristică. Algoritmul A*. Arbori de jocuri. Procedura Minimax. Procedura alfa-beta.

4.6. Reprezentarea, stocarea și procesarea informației

Noțiuni de structură de date. Matrice bidimensionale și n-dimensionale. Metode de reprezentare a matricelor în memoria calculatorului. Accesarea elementelor. Metode de accelerare a accesului la elementul unui tabel. Vectori definatori. Structuri dinamice de date (liste, stive, cozi, arbori, grafuri) și reprezentarea lor în memoria calculatorului. Operații de căutare, modificare, extragere. Tipuri abstracte de date, obiecte
Tabele liniare. Metode de reprezentare a tabelelor în memoria calculatorului. Căutarea consecutivă. Căutarea binară. Adresarea dispersată (hash-coding). Metode de sortare. Sortarea rapidă. Sortarea arborescentă.

4.7. Programare logică

Limbajul PROLOG. Fapte. Reguli. Scopuri. Structura unui program. Concretizarea variabilelor. Unificare. Procese iterative în PROLOG. Simulări de cicluri. Recursivitatea. Căutarea soluțiilor într-un graf. Limbajul PROLOG. Obiecte simple și obiecte compuse, liste. Operații asupra listelor (apartenența unui element la o listă, adăugarea elementelor, eliminarea elementelor, alipirea a două liste, inversarea listelor, intersecția a două liste)

V. Asigurarea telecomunicativă a tehnologiilor informatice

5.1. Rețele informatice globale. Caracteristici generale, noțiuni de bază, structura, organizarea, mijloace programatice de bază, resurse informaționale (adresa în rețea, numele în rețea). Mijloacele informatice principale și resursele rețelei. Accesul la distanță la resursele rețelei.

5.2. Resursele informatice lizibile (de citire) automate și clasificarea lor. Generatoare ale BD. Operatori/arendatori ai BD. Centre de comutare a comunicațiilor. Utilizatori finali. Generatori și distribuitori (operatori) ai BD. Sinteza (privire generală) pieței informaționale.

5.3. Schimbul cu dosare. Arhitectura interacționării dosarelor. Reglarea programului – server. Accesul anonim la sistemul de failuri îndepărtat. Organizarea cataloagelor în cadrul sistemului îndepărtat și protecția față de un acces neautorizat. Poșta electronică.

5.4. Sisteme infoematice și dosare concrete pe INTERNET. Gopher, WAIS (Wide Area Information Servers), WWW (World Wide Web). Principii de organizare. Arhitectura masivelor informatice. Limbaje de solicitare. Mijloace de reprezentare a informației. Organizarea unui document hipertext. Limbajul de marcare HTML. Imagini grafice încorporate. Programe de reprezentare și reproducere a informației netextuale. Protocolul de schimbare HTTP. Organizarea rețelei hipertextuale globale.

VI. Modelele conceptuale ale informaticii și aplicarea lor la limbajul natural

6.1. Principiile generale ale modelării mediului ambiant, activității de gândire-vorbire a omului și ale comunicării dintre om și computer. Informatica – semiotica – lingvistica. Limbajul Natural (LN) ca un sistem ocazional – asociativ deschis. Eșecurile prezentării LN sub formă de sistem de calcul. Sisteme de semne secundare și limbajele formale (artificiale). Două abordări ale termenului de „semn” și ale construirii unui model de semne în cadrul LN. Triunghiul semiotic al lui Pirs – Freghe – Morris: denotatul – interpretantul (sensul) – semnul. Modelul neosaussurian al semnului: referent – semn (denotat, desemnat, conotat, semnificat) – semnal. Noțiunile de „extensional” și „intensional”. Semioza. Semioza primară și secundară. Pragmatica semnului. Semnul în cadrul limbajelor formale. Mecanismele informațional-semiotice și neurofiziologice de generare, transmitere, achiziționare și procesare a informației în LN. Trei sensuri ale comunicării în LN (sensul emițătorului, sensul receptorului, sensul social). Unități ale informației și relații informaționale. Metode de măsurare (apreciere) a informației sintactice și semantico-pragmatice în cadrul limbajelor natural și formal. **6.2.** Esența flexibilă a LN și cea rigidă a limbajelor formale. Paradoxurile modelării semnului în LN, a funcțiilor sale cognitive și comunicative cu ajutorul mijloacelor limbajelor formale ale matematicii și informaticii. Reprezentarea automată a cunoștințelor și datelor, metode automate de depozitare, căutare și procesare a datelor. Diferențele principiale față de reprezentarea cunoștințelor și datelor, metodelor de depozitare, căutare și procesare în creierul uman. Problemele comunicării om-computer în LN. „Înțelegerea” automată a mesajului și perceperea și procesarea lui de către om.

6.3. Domeniul de date și modelele lui. Noțiunile de „planul conținutului” și „planul exprimării”. Terminologia domeniului de date, câmpul terminologic, sistemul terminologic. Obiectele, caracteristicile și sensurile lor.

6.4. Sisteme cognitive (intelectuale). Concepția declarativă și procedurală a lumii externe (universului). Cunoștința și competența, percepția, gândirea și agitația de mișcare. Sisteme de clasificare: clasificări hierarhice, clasificări fațetate, clasificări alfabetice. Metodele de prezentare a cunoștințelor sunt formă de tezaurus. Sisteme bazate pe raporturi (relații). Tabele de caracteristici. Structuri predicativ-actante. Descrierea structural-sistemică a textelor dintr-un anumit domeniu de date. Cadruri. Noțiune de „slot”. Cadrul de clasificare. Cadrul-scenariu.

6.5. Metodele de procesare primară a textului în LN (PLN). Alcătuirea cu ajutorul computerului a listelor alfabetice, de frecvență și retroactive ale cuvintelor, precum și a celor alfabetice și de frecvență ale sintagmelor. Analiza informațional statistică a listelor de frecvență (legile lui Țipf și Herdan). Problema lematizării și transformarea indicelui de cuvinte în dicționare ale formelor inițiale ale cuvântului.

6.6. Căutarea informației. Noțiuni de bază și tipuri de căutare. Limbaje informaționale de căutare. Noțiune de relevanță, relevanță semantică și formală. Criterii de emisie (livrare). Modele de căutare. Strategia de căutare. Eficiența funcțională a căutării. Metode de căutare, metode de organizare a lor. Noțiune despre căutare asociativă și despre condițiile de realizare a ei. Evaluarea calității căutării. Caracteristicile de lucru ale sistemelor informatice de căutare (SIC) în cadrul diverselor coordonate. Modelul probabilistic al SIC. Modelul teoretic multiplu al SIC. Optimizarea regimului SIC.

6.7. Extragerea informației relevante dintr-un text scris în LN cu ajutorul indexării automate (IA), adnotării automate și al traducerii automate. Automatul lingvistic.

Utilizarea mijloacelor lexicografice, morfologice, sintactice, semantice și a combinațiilor lor în A. Aplicarea relațiilor conceptuale din cadrul tezaurului pentru IA. Indexarea frecvenței textului. Punctele de referință semantice ale textului (cuvinte și expresii - cheie), rolul lor în

tehnologia de extragere din text a informației semantico-pragmatice relevante. Cvasi-adnotarea textului în baza selectării enunțurilor potențial mai informative; referate – clișee ce utilizează metoda framurilor; referate obținute prin analiza profundă sintactico-semantică și a tezaurului. Adnotarea monolingvă și polilingvă a textelor (adnotare și traducere automată). Traducerea automată (TA), istoria și starea actuală. Tentative de creare a unei traduceri automate de înaltă calitate în baza concepției de „LN – calcul” („sens - text”). Abordarea probabilistico – informațională a traducerii automate și sistemele comerciale de traducere automată (Promt – Stylos, Silod, Socrate, Sistran, Globalink/Learn, Eurotranslator etc.). Traducerea automată orală. Memoria de traducere. Lingvistica corpusului. Automatul lingvistic și problemele informaționale istorico – filologice și juridice (determinarea autorului lucrărilor anonime și semianonime, aspecte lingvostatistice și informaționale ale descifrării și criptologiei). Automat lingvistic de instruire.

Literatura de specialitate

1. Andrei N. Pachete de programe, modele și probleme de test pentru programarea matematică. Editura Matrixrom, București. 2001. 590 p.
2. Andrei N. Sisteme și pachete de programe pentru programarea matematică. Editura Tehnica. Bucuresti. 2002. 483 p.
3. Andrei N. Teorie Versus Empirism in Analiza Algoritmilor de Optimizare. Editura Tehnica. Bucuresti. 2004. 354 p.
4. Gavotă M. Informatica - suport al deciziei. București. 2004. 182 p.
<http://www.scribd.com/doc/22076426/INFORMATICA-SUPPORT-AL-DECIZIEI>
5. Buneci M. Metode Numerice - aspecte teoretice și practice (Numerical Methods - theoretical and practical aspect), Editura Academica Brâncuși, 2009. 284 p.
<http://www.utgjiu.ro/math/mbuneci/book.html>
6. Buneci M. Optimizări (Optimization), Editura Academica Brâncuși, 2008. 254 p.
7. Moraru V., Popescu A. Rezolvarea numerică a ecuațiilor neliniare și a problemelor de optimizare necondiționată. Ciclu de prelegeri. Departamentul Editorial-poligrafic al U.T.M., Chisinau, 1997. 90 p.
8. Moraru V. Elemente de calcul numeric și optimizări. Secția Redactare și Editare a U.T.M., Chișinău, 2009. 304 p.
9. Frank R. Giordano; Maurice D. Weir; William Price Fox. First course in mathematical modeling. Editura CENGAGE LEARNING (United States). 2008.
10. Dorin Bocu. Inițiere în ingineria sistemelor soft. //Ed. ALBASTRĂ, Cluj-Napoca, 2001.
11. Gheorghescu Ioan. Elemente de inteligență artificială. București, 1985.
12. INFORMATICA. Coordonator științific Gh.Dodescu. București, Ed. Academiei, 1987.
13. Malita Mihaela, Malita Mircea. Bazele inteligenței artificiale. București, Ed.Tehnică, 1987.
14. Marinescu Dan., Trandafirescu Mihai. PC, manualul începătorului. București, Teora, 1994.
15. Militon Frențiu, Vasil Pîrv. Elaborarea programelor - Metode și tehnici moderne. //Ed. PROMETEU, Cluj-Napoca, 1994.
16. Oprea Dumitru. Analiza și proiectarea Sistemelor Informaționale economice. //Ed. POLIROM, IASI, 1999.
17. Petrescu A. ABC de calculatoare personale și...nu numai atât. București, 1990.
18. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. М.: Мир, 1978.
19. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1979.
20. Крамер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: ЮНИТИ,

2000.

21. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах. М.: МИР, 1987.
22. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. М.: Наука, 1984.
23. Воеводин В.В. Линейная алгебра. М.: Наука, 1980.
24. Годунов С.К. Решение систем линейных уравнений. Новосибирск: Наука, 1980.
25. Карманов В.Г. Математическое программирование. М.: Наука, 1980, 1986.
26. Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука, 1975.
27. Бауер Ф.Л., Гуз Г. Информатика. М.: Мир, 1990, Т. 1,2.
28. Чери С., Готлиб Г. Логическое программирование и базы данных. М.: Мир, 1992.
29. Дейтель Г. Введение в операционную систему. М.: Мир, 1987, Т. 1, 2.
30. Dima G., Dima M. FoxPro prin meniuri și ferestre. București, Teora, 1995.
31. Dorin Bocu. Inițiere în ingineria sistemelor soft. //Ed. ALBASTRĂ, Cluj-Napoca, 2001.
32. Gheorghescu Ioan. Elemente de inteligență artificială. București, 1985.
33. Malita Mihaela, Malita Mircea. Bazele inteligenței artificiale. București, Ed. Tehnică, 1987.
34. Marinescu Dan., Trandafirescu Mihai. PC, manualul începătorului. București, Teora, 1994.
35. Militon Frențiu, Vasil Pîrv. Elaborarea programelor - Metode și tehnici moderne. //Ed. PROMETEU, Cluj-Napoca, 1994.
36. Oprea Dumitru. Analiza și proiectarea Sistemelor Informaționale economice. //Ed. POLIROM, IASI, 1999.
37. Samoila Gheorghe. PC 386, o nouă generație de calculatoare personale. București, Ed. Tehnică, 1992.
38. Serbanati Luca-Dan. Limbaje de programare și compilatoare. București, 1978.
39. Stepan Aurel, Petrov Gh., Iordan V. Fundamentele proiectării și realizării sistemelor informatice. //Ed. MIRTON, Timișoara, 1995.
40. Стерлинг Л., Шапиро А. Искусство программирования на языке Prolog. М.: Мир, 1990.
41. Tapus N., Moisa Tr. Rețele de calculatoare. București, Teora, 1995.
42. Văduvă Ilie, Ingineria programării (în două volume). // Ed AȘ RSR, București, 1985 (vol.1), 1986 (vol. 2).
43. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы проектирования информационных систем. // <http://www.citforum.ru/database/case/>
44. Зиглер К. Методы проектирования программных систем. // М.: МИР, 1985.
45. Алексеев П.М. Частотные словари. Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001
46. Беляева Л.Н. Лингвистические автоматы в современных информационных технологиях. СПб: РГПУ им. А.И.Герцена, 2001
47. Гончаренко В.В., Шингарёва Е.А. Фреймы для распознавания смысла текста. Кишинёв: Штиинца, 1984
48. Двухязычное аннотирование и реферирование// Итоги науки и техники. Серия ИНФОРМАТИКА. Том 7. Автоматизация индексирования и реферирования документов. М.: ВИНТИ, 1983
49. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Пер. с англ. М., 1976
50. Зубов А.В., Зубова И.И. Основы лингвистической информатики. Ч. 1–2. Мн/, 1992 - 1993.
51. Лесохин М.М., Лукьяненок К.Ф., Пиотровский Р.Г. Введение в математическую лингвистику. Лингвистическое приложение основ математики. Минск: Наука и техника, 1982
52. Лопатин В.Н. Правовые основы информационной безопасности (Курс лекций), -

- М.: МИФИ, 2000.
53. Марчук Ю.Н. Основы компьютерной лингвистики. Учебное пособие. М.: МПИ, 1999.
 54. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.Э. Основы информатики, М., Наука, 1978.
 55. Пиотровский Р.Г. Лингвистический автомат (в исследовании и непрерывном обучении). СПб: РГПУ им. А.И.Герцена, 1999.
 56. Пиотровский Р.Г., Бектаев К.Б., Пиотровская А.А. Математическая лингвистика. М.; Высшая школа, 1977
 57. Попов И.И. Автоматизированные информационные системы (по областям применения) (учебное пособие) М.:РЭА им. Г.В. Плеханова. - 1999.
 58. Шемакин Ю.И. Введение в информатику. – М.: Финансы и статистика, 1985.
 59. Christopher D. Manning, Hinrich Schutze. Foundations of Statistical Natural Language Processing . Massachusetts Institute of Technology .2002.
 60. Stuart Russell, Peter Norving. Artificial Intelligence. A Modern Approach. Prentice-Hall.2005.
 61. D. Jurafsky, J.H. Martin. An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition . University of Carolina. 2004.
 62. F. Hristea. Introducere in Procesarea Limbajului Natural cu aplicatii in Prolog. Editura Universitatii din Bucuresti. 2000.
 63. Filip F.G., Bărbat B. Informatica industrială.noi paradigme și aplicații. Editura tehnică, București, 1999.
 64. Filip F.G. Decizie asistată de calculator. Decizii, decidenți, metode și instrumente de bază, Editura tehnică, București, 2002.
 65. Filip F. G. Sisteme suport pentru decizii, ed. 2, Editura tehnică, București, 2007.
 66. Bolun I., Covalenco I. Bazele informaticii aplicate ed 3, Editura Bonitas, Chișinău, 2005.