

REZUMAT

cu privire la rezultatele cercetărilor științifice, obținute în cadrul proiectului

15.817.02.37A “*Modele matematice si calcul performant in soluționarea problemelor cu caracter aplicativ*”, perioada 2015-2018.

În cadrul proiectului au fost studiate modele matematice și metode de soluționare, bazate pe utilizarea calculului performant, pentru probleme aplicative din domenii importante ale economiei naționale. Investigațiile în cadrul proiectului pot fi grupate în modul următor:

1. Elaborarea modelelor și metodelor de soluționare a problemelor de optimizare pe rețele și structuri discrete reprezentate prin complexe de relații multi-are. În cadrul acestui compartiment au fost studiate rețele de transport de tip multicriterial cu impunerea criteriului de minimizare a timpului maxim de realizare a soluției. Au fost extinse cercetările pentru obiectivele de tip liniar-fracționar cât și a datelor de tip „fuzzy”. De asemenea, au fost generalizate rezultatele ce țin de proprietățile structurilor discrete prin definirea unui obiect matematic nou – complexul de relații multi-are.

Problema multicriterială de tip transport este într-o evoluție continuă de modele noi aplicative în cele mai diverse domenii, soluționarea cărora fiind extrem de importantă. În cadrul proiectului s-a analizat modelul multicriterial de transport cu criterii fracționare, mai mult, numitorul fiind identic de tip „bottleneck”, criteriu, care a fost inclus și separat în model. Pentru soluționarea acestuia decidentul dispune de doi algoritmi eficienți, unul de tip combinatorial, realizat pe mulțimea soluțiilor eficiente de bază, cel de-al doilea pe mulțimea soluțiilor de compromis. Acesta din urmă se bazează pe tehnicile fuzzy, este interactiv și în dependență de aspirațiile decidentului poate genera noi soluții de compromis. Nu în ultimul rând, în cercetarea propusă a fost investigat modelul multicriterial de transport de tip liniar, în care coeficienții funcțiilor obiectiv, aceștia, de fapt, fiind cei mai vulnerabili, sunt de tip fuzzy. S-a propus un algoritm de soluționare în baza ipotezei interdependenței criteriilor. Algoritmul se compune din două etape importante: etapa aducerii modelului la un șir de modele multicriteriale de tip determinist, după care, la etapa a doua, fiecare dintre acestea se rezolvă ori pe mulțimea soluțiilor eficiente ori pe cea de compromis, în dependență de necesitățile decidentului. Algoritmii propuși se bazează pe justificările teoretice necesare și au fost testați pe exemple concrete.

Cercetări importante au fost efectuate în legătură cu examinarea topologiei algebrice a relațiilor multi-are. Într-un final s-a conturat o direcție nouă de cercetare ce ține de studierea unui obiect nou, numit complex de relații multi-are, care a constituit nucleul unei direcții noi de studiu – teoria complexelor de relații multi-are. Printre momentele centrale ale cercetărilor putem menționa: elaborarea unui model matematic discret nou, bazat pe noțiunea de relație multi-ară, ca submulțime a produsului cartezian a unei mulțimi de elemente arbitrare; examinarea topologiei relațiilor multi-are, prin intermediul structurii discrete, numite complex de relații

multi-are; examinarea complexului de cuburi abstracte, ca caz special al complexului de relații multi-are, și a varietăților abstracte respective; elaborarea algoritmului eficient pentru soluționarea problemei medianei pe complexul de cuburi abstracte; generalizarea funcției Grundy, soluționarea unor jocuri combinatoriale pe complexe de relații multi-are; soluționarea definitivă a problemei de divizare/acoperire a unei structuri discrete cu mulțimi d -convexe (cazul grafurilor neorientate). S-a demonstrat NP -completitudinea problemei generale de p -acoperire d -convexă, precum și studierea problemei respective pe unele clase de grafuri cu scopul identificării acelor pentru care există algoritmi eficienți de soluționare. De menționat că pentru arbori au fost dezvoltati algoritmi recursivi de complexitate polinomială în cazul problemei de divizare. Mai mult ca atât, s-a reușit formularea problemei de acoperire d -convexă a grafului neorientat în forma problemei de programare liniară binară, ceea ce a permis soluționarea problemelor practice, de exemplu, a fost propus un model care în timp real poate genera soluțiile optime de organizare administrativ-teritorială a țării (studiu efectuat la comanda guvernului).

2. Elaborarea algoritmilor paraleli pentru modelarea proceselor decizionale dinamice și implementarea lor pe sisteme regionale de tip cluster. Utilizarea infrastructurii hard a sistemului regional de calcul performant, în baza clusterului USM, pentru elaborarea algoritmilor paraleli la modelarea proceselor decizionale în sisteme dinamice. Aplicarea teoriei controlului Pareto-Nash-Stackelberg (PNS) al sistemelor discrete și continue multicriteriale la modelarea proceselor decizionale. S-a examinat utilizarea teoriei jocurilor dinamice pentru modelarea impactului informațional în procese decizionale cu elaborarea algoritmilor paraleli pentru soluționarea acestor jocuri în strategii informațional extinse. Consolidarea cercetărilor s-a făcut prin construirea metodelor și algoritmilor de aflare a mulțimilor de soluții ale problemelor de control PNS, examinarea complexității algoritmilor, programarea secvențială a algoritmilor, testarea softului și implementarea lor pe infrastructura locală de sisteme paralele de tip cluster. A fost elaborat un algoritm paralel pentru determinarea situațiilor Bayes-Nash de echilibru în jocurile bimatriceale pe mulțimea strategiilor informațional extinse. Pentru acest algoritm a fost estimate complexitatea de calcul și de transmitere de date. La fel pentru algoritmul elaborate au fost compuse programe paralele utilizând modelul mixt MPI și OpenMP de programare paralelă și pachetul de calcul paralel ScaLAPACK. Programele au trecut etapa de testare pe clusterul paralel al USM.

Rezultatele obținute la studierea diferitor tipuri de jocuri au fost folosite la soluționarea problemei problema schimbului valutar, o problemă importantă pentru toate domeniile sociale simultan cu dezvoltarea economică și a infrastructurii, în mod special în cazul tranzacțiilor internaționale. Modelarea matematică a acestei probleme de decizie ar putea să ne ajute să găsim soluția optimă în astfel de situații și de minimalizat pierderile pentru participanții la astfel de tranzacții.

Rezultate interesante au fost obținute la examinarea jocurilor strategice cu reguli

încălcate/violate prin scurgeri de informație – corupție a simultaneității. Ca rezultat, apar variate jocuri para/pseudo secvențiale. Se clasifică asemenea jocuri în baza principiilor aplicabile de soluționare și se construiește taxonomia lor împreună cu formularea condițiilor de existență a soluțiilor și demonstrarea lor. În baza rezultatelor obținute, pentru taxoanele/grupurile de jocuri de doi jucători cu scurgere de informație în două niveluri, se examinează jocurile strategice de doi jucători cu mai multe niveluri, precum și cele de trei jucători cu două și mai multe niveluri. Se remarcă creșterea exponențială a numărului de jocuri posibile ce-și au originea în jocul strategic inițial și în modurile de scurgere a informației și tipurile de corupție a regulilor jocului, dar și complexitate crescândă a principiilor de soluționare aplicabile.

3. Metoda volumului finit la soluționarea problemelor de tip convection-diffusion. În cadrul proiectului au fost cercetate modelele și metodele numerice ce țin de ecuații diferențiale de tip mixt, pentru ecuații care pot fi de tip parabolic sau hiperbolic (de tip convecție-difuzie) în dependența de valorile coeficienților. Scopul principal constă în elaborarea schemelor eficiente de calcul pentru soluționarea numerică a problemelor bidimensionale și tridimensionale complexe ale fizicii matematice, definite pe domenii multiplu conexe. Utilizând conceptul metodei volumelor finite, au fost elaborate algoritmi eficienți și software-ul corespunzător de soluționare a problemelor formulate pe calculatoare cu mai multe procesoare.

Ecuația de tip convecție-difuzie este o combinație de ecuații de difuzie și convecție (advecție), și descrie fenomene fizice în care particulele, energie, sau alte mărimi fizice sunt transferate într-un sistem fizic din cauza a două procese: difuzie și convecție. În funcție de context, aceeași ecuație poate fi numită ecuația de tip advecție-difuzie, ecuație drift-difuzie sau ecuația de transport scalar (generic). Pentru probleme legate de ecuațiile de tip convecție-difuzie este propus un număr mare de scheme cu diferențe eficiente pentru rețeaua discretă cu celule dreptunghiulare. Cu toate acestea, în cazul rețelelor discrete neregulate astfel de scheme lipsesc. Prin urmare, a fost efectuată o analiză comparativă a metodelor existente cu scopul alegerii unei scheme eficiente din punct de vedere a exactității rezultatelor numerice.

La soluționarea problemelor formulate a fost aplicată metoda volumelor finite, care a fost elaborată în ultimele decenii și reprezintă o generalizare a metodei diferențelor finite pentru cazul rețelelor neregulate. Aplicarea acestei metode conduce la necesitatea rezolvării unor sisteme de ecuații algebrice lineare de dimensiuni mari (zeci și sute de mii de ecuații), iar aceasta implică necesitatea elaborării unor algoritmi specifici calculului paralel pe sisteme cu mai multe procesoare.

Au fost rezolvate și câteva probleme adiacente (din domeniul energeticii) ce țin de construirea și fundamentarea teoretică a schemelor cu diferențe finite cu minimizarea efectelor de disipare și dispersie, a schemelor computaționale pentru calculul câmpurilor magnetice ale liniei electrice și pentru calculul parametrilor de bază în linia electrică cu transpunerea circuitelor de fază.