

RECEȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____
_____ 2020

AVIZAT

Secția AȘM _____
_____ 2020

RAPORT ANUAL

privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020-2023)

Metode deterministe și stochastice de soluționare ale problemelor de
optimizare și control , 20.80009.5007.13

Prioritatea Strategică V. Competivitate economică și tehnologii inovative

Conducătorul proiectului Lozovanu Dmitrii

Directorul organizației Țițhiev Inga

Consiliul științific/Senatul Țițhiev Inga

L.Ș.

Chișinău 2020

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Obținerea expresiilor pentru comportarea asimptotică a probabilităților stărilor în procesele Markov și aflarea funcțiilor de repartiție în procesele de difuzie;
Elaborarea și argumentarea teoretică a algoritmilor de soluționare a problemelor stochastice de control.

2. Obiectivele etapei anuale

1. Analiza asimptotică a proceselor Markov și a proceselor de difuzie în baza funcțiilor generatoare, aflarea caracteristicilor de bază pentru aceste procese și aplicarea lor la cercetarea problemelor de difuzie și de servire cu priorități. Obținerea într-o formă explicită a funcțiilor de repartiție pentru procesele de difuzie și a caracteristicilor de bază pentru modelele de servire cu priorități.
2. Extinderea metodelor clasice de optimizare pentru problemele stochastice de control și aplicarea acestora la cercetarea problemelor aplicative din mecanică și economie.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Aplicarea funcțiilor generatoare pentru estimarea probabilităților stărilor în lanțurile Markov în scopul obținerii expresiilor pentru matricele limită și diferențiale și elaborarea algoritmilor numerici pentru aflarea acestor matrici. Cercetarea comportării asimptotice a probabilităților stărilor proceselor Markov și obținerea funcțiilor de repartiție pentru procesele de difuzie.
2. Analiza metodelor existente de soluționare a problemelor clasice de control și extinderea lor pentru soluționarea variantelor stochastice ale problemelor de control optimal pe intervale finite și infinite de timp.
3. Formularea și soluționarea modelului de echilibru general pentru Republica Moldova și realizarea diverselor scenarii de calcul în baza datelor statistice. Formularea problemelor de bază ale mecanicii gazelor și elaborarea modelului matematic pentru descrierea procesului de formare a fluxului de gaz în cazul perturbațiilor mici ale parametrilor.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

- a) S-a aplicat aparatul funcțiilor generatoare pentru estimarea probabilităților stărilor în lanțurile Markov și s-au obținut expresiile pentru matricea limită și matricele diferențiale ce permit de a estima asimptotic probabilitățile stărilor într-un proces Markov. S-au obținut expresiile pentru funcțiile de repartiție în procesele de difuzie și caracteristicile de bază ale sistemelor de servire cu priorități.
- b) Metodele clasice de soluționare a problemelor de control s-au extins pentru problemele stochastice de control și s-au argumentat algoritmi numerici cu estimări polinomiale pentru aflarea strategiilor optime staționare ale acestor probleme.
- c) S-a formulat și s-a cercetat modelul de echilibru general pentru Republica Moldova. S-au formulat și s-au cercetat problemele de bază ale mecanicii corpului solid și a gazelor și s-au obținut ecuațiile ce descriu procesul de formare a fluxului de gaz.

5. Rezultatele obținute

În anul 2020 participanții proiectului au efectuat cercetări în cadrul următoarelor etape:

1. Analiza asimptotică a proceselor deterministe și stocastice; aflarea caracteristicilor de bază și aplicarea acestora pentru cercetarea problemelor aplicative stocastice dinamice, în special, a problemelor de difuzie și de servire cu priorități.
2. Extinderea metodelor clasice de optimizare pentru problemele stocastice de control pe intervale finite și infinite de timp și aplicarea acestora la cercetarea problemelor aplicative din mecanică și economie.

Rezultatele principale obținute în cadrul primei etape reprezintă algoritmi noi elaborați pentru aflarea probabilităților stărilor în procesele Markov și algoritmi de aflare a matricelor limită și a matricelor diferențiale, ce permit estimarea asimptotică a probabilităților stărilor într-un lanț Markov cu mulțimea de stări finită. Rezultatele obținute referitor la procesele Markov și semi-Markov au permis de a calcula caracteristicile de performanță pentru modelele de servire cu priorități cum ar fi: timpul mediu de așteptare, coeficientul de trafic, perioada de ocupație, timpul mediu de servire etc. Pentru procesele de difuzie ce se descriu cu ajutorul ecuațiilor hiperbolice, s-a obținut într-o formă explicită expresia funcției caracteristice. A fost studiată ecuația telegraf pe o bilă unitară în spațiul Euclid 3-dimensional cu condițiile inițiale aleatoare, când câmpul aleator reprezintă un câmp concentrat în această bilă și operatorul spațial al ecuației telegraf reprezintă operatorul Laplace, care în coordonatele polare unitare se transformă în operatorul Laplace-Beltrami. Această problema Cauchy a fost soluționată în termenii transformării Fourier.

Rezultate principale obținute în cadrul etapei a doua reprezintă metodele programării liniare și neliniare pentru soluționarea problemei stocastice de control pe rețele. În baza acestor metode s-au elaborat și teoretic s-au argumentat algoritmi polinomiali de aflare a soluțiilor optime ale problemelor pe intervale finite și infinite de timp. S-au formulat și s-au cercetat variantele de joc ale problemelor de control optimal pe rețele și s-a demonstrat existența echilibrului Nash pentru aceste modele. În baza demonstrațiilor constructive ale acestor rezultate s-au elaborat algoritmi pentru aflarea strategiilor optime staționare și nestaționare. Printre rezultatele importante obținute în cadrul etapei pot fi menționate de asemenea modelul de echilibrul general elaborat pentru Republica Moldova și simulările efectuate pentru acest model în baza datelor statistice. S-au formulat și s-au cercetat problemele de bază a mecanicii cormului solid și a gazelor. Pentru cercetarea problemelor mecanicii gazelor s-a utilizat sistemul liniarizat al ecuațiilor Navier-Stokes și ecuațiile conductivității termice. În baza ecuațiilor liniarizate s-a cercetat procesul formării fluxului de gaz vâcos termoconductor. Au fost obținute reprezentările integrale armonice generale pentru funcțiile principale termo-elastice de deplasări Green (FPTDG) cauzate de o sursă unitară punctiformă ale ecuațiilor Lamé, scrise în coordonate sferice, exprimate prin funcțiile respective termo-elastice de influență sferică, care spre deosebire de cele trei FGEP independente în cazul coordonatelor Carteziene satisfac unui sistem de ecuații. S-a demonstrat că dacă se cunosc funcțiile Green pentru ecuația Poisson, atunci se pot scrie și expresiile analitice pentru funcțiile de influență sferică ale sistemului sferic incompresibil de influență. De asemenea, din RGIA sferice se pot obține reprezentările respective ale diverselor probleme termo-elastice de limită.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de publicații

1. Articolele științifice din revistele:

a). din Republica Moldova de categoriile A, B, B+ și C;

1. LAZARI, A.; LOZOVANU, D. New algorithms for finding the limiting and differential matrices in Markov chains. *Buletinul AȘM, ser. Matematica, N 1 (92)*, 2020, ISSN1024-7696, pp 75 – 88.
2. BUZATU, R. Binary linear programming approach to graph convex covering problems. *Buletinul AȘM, ser. Matematica, N 3(91)*, 2019, ISSN1024-7696. (în tipar).
3. BUZATU, R. On the computational complexity of optimization convex covering problems of graphs. *Computer Science Journal of Moldova*, Vol.28, Nr.2(83), 2020, ISSN:1561-4042, pp. 187-200.
4. CAPCELEA, M.; CAPCELEA, T. Laurent-Padé approximation for locating singularities of meromorphic functions with values given on simple closed contours. *Buletinul AȘM, ser. Matematica, N. 2(93)*, 2020, ISSN1024-7696, pp. 76-87.

b). incluse în baze de date internaționale (conform listei din Regulamentul de atribuire a calificativelor tezelor de doctorat);

1. COLESNICOVA, T.; NAVAL, E. Some Approaches to Gender Problem Examination in Republic of Moldova. Proceedings of the International Symposium: Experience, Knowledge, Contemporary Challenges, 6th Edition „Humanity at a crossroad Between digital Economy and Need for a Paradigm of going back to Nature”, Editura „ARTIFEX” București, ISBN 978 – 606 – 8716 – 54 – 1. pp. 324-345. 2020
2. NAVAL, E. Optimization Model for Moldova with Multiple Criteria. Conferința internațională “Dezvoltarea Economico - Socială Durabilă a Euroregiunilor și a Zonelor Transfrontaliere”, 30 octombrie 2020, Iași, România, V. XXXVII, ISBN 978-606-685-742-0, pp343-353.
3. SECRIERU, G. Analysis of formation of viscous heat conducting gas flows for small perturbations of parameters. *International Research Journal*. Nr. 5(74)/2020, v. 5, Moscow, Russia. ISSN 2411-6467. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.74.757, pp. 61-65.
4. ȘEREMET, V.; CREȚU. I. Three - dimensional influence functions and integration formulas for many boundary value problems within a thermo-elastic half-layer. *Transylvanian Journal of Mathematics and Mechanics*, V. 12, N. 1, ISSN 2067-239X. 2020, pp. 45-58.

c) incluse în baze de date internaționale;

1. BROADBRIDGE, P.; KOLESNIK, A.; LEONENKO, N.; OLENKO, A.; OMARI. D. Spherically restricted random hyperbolic diffusion. *Entropy*, V. 22, IF. 2.5, ISSN 1099-4300, 2020, pp.217-248.
2. LOZOVANU, D.; PICKL, S. On the existence of stationary Nash equilibrium in average stochastic games with finite state and action spaces. *Contributions to Game Theory and Management*, St. Petersburg State University, V. 13, ISN2310-2608. 2020, pp 304-323.

2. **Tezele și articolele publicate ale comunicărilor științifice prezentate la congrese, simpozioane, conferințe științifice și alte manifestări științifice:**

a). **incluse în Registrul național al manifestărilor științifice din Republica Moldova;**

1. NAVAL, E. Evaluarea Egalității de Gen și Abilitării Femeilor. *Conferința Științifică Internațională „Implicații Economice și Sociale ale Pandemiei Covid-19: Analiză, Prognoze și Strategii de Atenuare a Consecințelor”*. Moldova, Chișinău, 23 octombrie 2020. ISBN 978-9975-3305-6-5, 2020, pp.15.

b). **incluse în baze de date internaționale (conform listei din Regulamentul de atribuire a calificativelor tezelor de doctorat) sau recunoscute în calitate de publicații științifice în țările respective.**

1. ȘEREMET, V.; ȘEREMET, D. The Derivation of volume dilatation caused by a unit point heat source. *Proceedings of 12 International Congress on Thermal Stresses (ICTS2019)*, Zhejiang University, Hangzhou, China. 2019, pp. 74.
2. LOZOVANU, D.; PICKL, S. Optimal Stationary Strategies for Stochastic Control Problems on Networks with Discounted Costs. *Proceedings of 8th Cologne_Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization(CTW-2020)*, IASI (Institute for Systems Analysis and Computer Science, Italy), September, 14-16, 2020, pp. 1-4.
3. LOZOVANU, D.; PICKL, S. Pure and Mixed Stationary Strategies for Mean Payoff Games on Networks. *Abstract of GTM-2020 conference*, St. Petersburg University., October 5-9, 2020, pp, 42.
4. MSHKOY, GH.; MITEV, L. Computational Aspects of Modeling Performance Characteristics for Polling Models with semi-Markov Switching and Priorities. *Proceedings of the 23rd International Conference on "Distributed Computer and Communication Networks (DCCN-2020): "Control, Computation, Communications, Moscow, 14-18 September, 2020*, pp.54-60.

3. **Lucrările științifico-metodice și didactice, aprobate în conformitate cu procedura stabilită, de către comisiile metodice, consiliul facultății, consiliul științific / senatul instituției de învățământ superior, ministerul de resort (în cazul titlurilor științifico-didactice):**

a). **note de curs;**

1. CAPCELEA, M.; CAPCELEA, T. Calcul Numeric cu aplicații în MATLAB. *Aproximarea funcțiilor – Chișinău: Editura Universul, 2020 – 137p.*

b). **îndrumări (la lucrări practice, de laborator, stagii de practică, privind perfectarea tezelor de an, licență, masterat);**

1. MITEV, L. *Лабораторные работы IT Software для Бизнеса (lb. rus.)*. Ciclul de lucrări de laborator, ULIM, 2020, 44 p.

7. **Diseminarea rezultatelor obținute în formă de prezentări la foruri științifice**

- a) LOZOVANU, D.; Raport: Pure and Mixed Stationary Strategies for Mean Payoff Games on Networks. *Prezentare online la conferința internațională GTM-2020, Rusia, Universitatea din St. Petersburg, October 5-9, 2020.*
- b) LOZOVANU, D.; Raport: Optimal Stationary Strategies for Stochastic Control Problems on Networks with Discounted Costs. *Prezentare online la workshopul internațional CTW-2020, Italia, September, 14-16, 2020.*
- c) NAVAL, E.; *Raport: Evaluarea Egalității de Gen și Abilitării Femeilor. Prezentare online la Conferința Științifică Internațională „Implicații Economice și Sociale ale Pandemiei Covid-19: Analiză, Prognoze și Strategii de Atenuare a Consecințelor”, Moldova, Chișinău, 23 octombrie 2020.*

8. Protecția rezultatelor obținute în formă de obiecte de proprietate intelectuală

9. Materializarea rezultatelor obținute

- a) Metodele și algoritmi numerici elaborați pentru problemele considerate au fost realizați în formă de soft.
- b) Sa publicat o lucrare metodică pentru studenții de la facultatea de Matematică și Informatică al USM.
- c) Sa publicat un Ciclu de lucrări de laborator pentru studenții de la ULIM.
- d) Impactul social constă în contribuția la perfecționarea procesului didactic în învățământul superior.

10. Dificultățile în realizarea proiectului

Din cauza pandemiei în anul 2020 nu a fost posibil de a folosi resursele financiare pentru deplasări la conferințele internaționale (conferințele s-au petrecut online).

11. Concluzii

Concluzii.

Planul calendaristic pentru anul 2020 a fost realizat complet. S-au obținut noi rezultate științifice importante pentru soluționarea problemelor moderne de optimizare și control. A fost obținută formula asimptotică pentru probabilitățile stărilor în lanțurilor Markov și s-a elaborat un algoritm polinomial de aflare a strategiilor optime pentru problema stocastică de control pe rețele. S-au formulat și s-au cercetat variantele de joc ale problemelor de control optimal pe rețele și s-a demonstrat existența echilibrului Nash staționar pentru aceste modele. Au fost cercetate caracteristicile probabilistice de bază a proceselor de tip telegraf (procese de difuzie) pentru care fost obținute proprietățile principale ale lor. A fost elaborat modelul de calcul de echilibru general cu criteriu multiplu pentru Republica Moldova și efectuate simulări în baza datelor statistice. În baza sistemului de ecuații Navier-Stokes s-a elaborat modelul matematic pentru cercetarea procesului de formare a fluxului de gaz vâscos termoconductor. Au fost obținute expresiile analitice pentru funcțiile de influență sferică a sistemului sferic incompresibil de influență în cazul funcțiilor Green cunoscute pentru ecuația Poisson. Realizările obținute în anul 2020 demonstrează faptul că executorii proiectului pot continua cu succes cercetările la tematica proiectului.

Conclusion.

The research plan for 2020 has been fulfilled. New important scientific results for solving modern optimization and control problems have been obtained. The asymptotic formula for the state-time probabilities in Markov chains was obtained and a polynomial time algorithm for determining the optimal strategies of the stochastic control problem on networks has been elaborated. The game variants of the optimal control problems on the networks were formulated and studied and the existence of stationary Nash equilibrium for such models was proven. The main probabilistic characteristics of telegraph processes (diffusion processes) have been studied for which their main properties have been derived. The general equilibrium

model with multiple criteria for the Republic of Moldova was elaborated and the corresponding simulations for such a model based on statistical data were performed. Based on the Navier-Stokes equation system, the mathematical model for studying the process of forming the flow of thermally conductive viscous gas was developed. Analytical expressions of the spherical influence functions for the incompressible spherical system of influence in the case of known Green function for the Poisson equation were obtained. The obtained research results in 2020 show that the participants of the project may successfully continue the investigations on the topic of the project.

Conducătorul de proiect _____ / Lozovanu Dmitrii

Data: _____