

**RECEȚIONAT**

Agenția Națională pentru Cercetare  
și Dezvoltare \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2021

**AVIZAT**

Secția AȘM \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2021

## RAPORT ANUAL

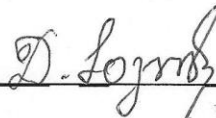
**privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020-2023)**

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

Țîchiev Inga



Consiliul științific/Senatul

Țîchiev Inga



Chișinău 2021

## 1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Scopul etapei anuale îl constituie elaborarea metodelor analitice și numerice pentru cercetarea și soluționarea următoarelor clase de probleme:

- aflarea strategiilor optime staționare și nestaționare pentru problemele stocastice de control și pentru problemele Markov decizionale generalizate;
- obținerea expresiilor analitice a funcțiilor de repartiție pentru procesele de difuzie;
- determinarea caracteristicilor de performanță pentru sistemele de așteptare cu priorități de tip Polling;
- soluționarea problemelor aplicative a mecanicii corpurilor solide și a gazelor.

## 2. Obiectivele etapei anuale

1. Elaborarea și argumentarea teoretică a metodelor și algoritmilor numerici de aflare a strategiilor optime staționare și nestaționare pentru problemele stocastice de control și pentru procesele Markov decizionale cu criteriile de optimizare a costului total cu discount și a valorii medii a costului per tranziție.
2. Determinarea funcțiilor de repartiție pentru procesele de difuzie.
3. Formularea modelelor de așteptare cu priorități și de tip Polling și elaborarea algoritmilor de aflare a caracteristicilor de performanță pentru aceste modele.
4. Elaborarea metodelor analitice și numerice pentru problemele dinamice ale mecanicii gazelor vâscoase termo-conductibile și pentru problemele teoriei termoelasticității.
5. Aplicarea problemelor stocastice de control la modelarea și cercetarea problemelor aplicative din economie.

### 3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

Aplicarea metodelor programării matematice clasice (programarea dinamică, programarea liniară și neliniară, programarea în numere întregi) și extinderea acestora pentru cazurile problemelor stocastice de control și optimizării combinatorice, utilizarea teoriei probabilităților la studierea proceselor stocastice dinamice decizionale.

2. Aplicarea conceptelor teoriei jocurilor și optimizării multicriteriale pentru variantele problemelor stocastice de control optimal discret și pentru problemele multicriteriale fracționară liniare.

3. Utilizarea metodelor analitice și numerice pentru cercetarea și soluționarea problemelor mecanicii corpurilor solide și ale gazelor.

4. Aplicarea problemelor de optimizare și control pentru cercetarea modelelor economice (în special a modelelor de creștere economică a republicii Moldova).

### 4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. S-au formulat principiile de optimalitate pentru problemele stocastice de control, pentru problemele fracționară-liniare generalizate și pentru problemele de amplasare pe rețele.

2. S-au extins metodele clasice de optimizare pentru problemele generalizate noi considerate. S-au aplicat principiile de optimalitate Pareto, echilibrului Nash pentru problemele multicriteriale și jocurile stocastice dinamice.

3. S-au demonstrat condițiile de existență a soluțiilor pentru problemele considerate și s-au elaborat algoritmi respectivi pentru aflarea soluțiilor acestor probleme.

4. S-au propus noi metode analitice și numerice de soluționare a problemelor mecanicii corpurilor solide și ale gazelor. Modele stocastice de control s-au aplicat pentru studierea unor clase de probleme de creștere economică.

### 5. Rezultatele obținute

În anul 2021 executanții proiectului au efectuat cercetări în cadrul următoarelor etape:

1. Elaborarea și argumentarea teoretică a metodelor și algoritmilor numerici de aflare a strategiilor optime staționare și nestaționare pentru problemele stocastice de control și pentru procesele Markov decizionale cu criterii de optimizare a costului total și a costului mediu per tranziție.

2. Cercetarea modelelor de așteptare cu priorități și de tip Polling, elaborarea metodelor și algoritmilor de aflare a caracteristicilor de performanță pentru aceste modele.

Rezultatele principale obținute în cadrul primei etape se refera la elaborarea și argumentarea teoretică a metodelor și algoritmilor numerici de soluționare a problemelor de optimizare și control optimal discret ce cuprind problemele Markov decizionale generalizate, problemele stocastice de control optimal discret cu criterii de optimizare a costului total cu discount și costului mediu per tranziției, problemele fracționar-liniare generalizate și unele clase de probleme combinatorice de optimizare pe grafuri (în special, problemele de amplasare). Pentru efectuarea acestor cercetări și elaborări a fost necesar de cercetat și de analizat complexitatea de calcul a metodelor existente clasice de soluționare a problemelor clasice de optimizare și control, în special a problemelor de aflare a strategiilor optime în procesele Markov decizionale și în problemele deterministe de control optimal discret cu mulțimele de stări și a vectorilor parametrilor de control finite. Aceste probleme s-au cercetat atât în cazul intervalelor finite, cât și infinite de timp. Utilizând metode speciale ale programării dinamice, programării liniare, și programării fracționar-liniare generalizate, s-a demonstrat că pentru problemele considerate există algoritmi numerici cu estimații polinomiale de aflare a soluțiilor optime. Aceste metode au fost extinse pentru problema Markov generalizată și pentru varianta stocastică a problemei de control optimal discret pe intervalele finite și infinite de timp. S-a demonstrat că aceste metode extinse permit elaborarea algoritmilor polinomiali de aflare a strategiilor optime staționare și nestaționare pentru problema decizională Markov generalizată și pentru varianta stocastică a problemei de control optimal discret cu criteriile de optimizare a costului total și a costului mediu per tranziție. Rezultate esențiale noi s-au obținut pentru procesele Markov decizionale și pentru problemele stocastice de control optimal discret în cazurile în care dinamica sistemului este dirijată de mai multe persoane (jucători). Pentru astfel de modele dinamice stocastice s-au aplicat abordările teoriei jocurilor și optimizării multicriteriale. Pentru variantele de joc ale problemelor stocastice de control s-au demonstrat condițiile necesare și suficiente de existența a echilibrului Nash staționar în cazurile funcțiilor de plată ale jucătorilor ce reprezintă costul total cu discount și în cazul funcțiilor de plată ale jucătorilor ce reprezintă costul mediu per tranziție. În special, s-a demonstrat că în astfel de probleme generalizate, atunci când funcțiile de repartiție ale stărilor sistemului dinamic sunt dirijate numai de un singur jucător, în ambele cazuri ale problemelor generalizate există echilibrul Nash staționar. În cazul problemelor multicriteriale stocastice decizionale s-a demonstrat existența soluției în sensul Pareto și s-a arătat că o astfel de soluție poate

fi determinată utilizând convoluția criteriilor a jucătorilor. De asemenea s-au găsit condițiile de existență a echilibrului Nash staționar pentru varianta de joc a problemei de control cu comutare a dirijărilor în stările sistemului dinamic stocastic. În baza rezultatelor obținute pentru problemele generalizate considerate s-au elaborat algoritmi de aflare a strategiilor optime staționare. Aceste rezultate au fost obținute de **Dimitrii Lozovanu, Alexandru Lazari, și Maria Capcelea**. Pe parcursul cercetărilor în direcția menționată a apărut necesitatea examinării unor probleme auxiliare, cum ar fi problemele multicriteriale fracționar–liniare generalizate, problemele de obținere a proprietăților de bază ale relațiilor recurent liniare omogene peste submulțimea numerelor complexe ale corpurilor și unele probleme de optimizare combinatorică. Aceste rezultate adiționale necesare cercetării au fost obținute de **Dumitru Solomon, Alexandru Lazari, Radu Buzatu și Elizaveta Zamorzaeva**. Modele stocastice de control optimal au fost utilizate pentru studierea unor clase de problemele aplicative din economie, cum ar fi modelul de aflare a ritmului de creștere economică al Produsului Intern Brut al Republicii. Moldova în circumstanțele desfășurării pandemiei COVID-19. Au fost examinate modelele matematice atât în abordare stocastică, cât și în abordare deterministă. S-a demonstrat că rata de creștere a Produsului Intern Brut este identică în ambele cazuri. Aceste cercetări au fost efectuate de **Elvira Naval**. Noi algoritmi au fost elaborați de **Titu Capcelea** pentru determinarea punctelor singulare ale funcțiilor meromorfe definite prin valorile lor pe un contur închis în planul complex.

Rezultate importante în cadrul primei etape au fost obținute pentru problemele mecanicii gazelor. S-a cercetat problema interacțiunii conjugate a unui mediu gazos în repaus și a unui solid staționar termo-conductor, a cărui temperatura inițială diferă de temperatura inițială a gazului. A fost elaborat conceptul de soluționare și modelul matematic al problemei, ținând cont de influența efectelor disipative, vâscozitate și conductivitatea termică. Ecuațiile Navier-Stokes și ecuației conductivității termice a solidului cu condiții inițiale și la limită, formează modelul matematic, care descrie modificarea în timp a parametrilor gazului și distribuția temperaturii solidului. Pentru rezolvarea problemei în cazul perturbațiilor mici ale parametrilor se caută o soluție, utilizând condiția apropierei ei de starea în momentul inițial. A fost obținută soluția problemei interacțiunii conjugate și reprezentările pentru parametrii gazului și temperaturii solidului în imagini aplicând metoda transformărilor integrale Laplace și considerând numărul Prandtl egal cu unu. Reprezentările obținute reprezintă expresiile vitezei, temperaturilor și altor parametri în funcție de variabila complexă. În baza acestor reprezentări în imagini s-au construit expresiile asimptotice integrale ale parametrilor la limita valorilor mici și mari de timp. Expresiile asimptotice obținute permit analiza

procesului de formare a zonelor de tensiune ale structurii fluxului de gaz în cazul perturbațiilor mici. Aceste rezultate au fost obținute de **Grigorie Secieru**.

Problemele dinamice legate de teoria termo-elasticității au fost cercetate de **Viector Șeremet și Ion Crețu**. Au fost obținute reprezentările integrale generale pentru funcțiile Green în deplasări în cazurile problemelor tridimensionale la limită ale teoriei termo-elasticității necuplate pentru domenii, geometria cărora se descrie în coordonate sferice. Aceste reprezentări integrale ale funcțiilor de tipul Green în deplasări au fost obținute în baza ecuațiilor Lamé în coordonate sferice. Incompresibile de influență (obținute din ecuațiile Lamé în cazul când dilatarea de volum este considerată egală cu zero), care țin cont de geometria corpului deformabil și de condițiile la limită, date pe suprafața lui. Au fost obținute formulele integrale pentru determinarea câmpului de deplasări termo-elastice în cazurile când în interiorul corpului deformabil sunt date sursele de căldură, iar pe suprafața lui sunt date diverse acțiuni termice. Deplasările termo-elastice se determină prin integrala pe volum și suprafață de la produsul dintre acțiunile termice cunoscute și funcțiile termo-elastice de influență. În așa mod determinarea deplasărilor se reduce la construirea funcțiilor de influență pentru deplasările termo-elastice și la calcularea integralelor pe volum și suprafață. Avantajul principal al acestei metode de determinare a deplasărilor termo-elastice constă în determinarea directă a soluției problemei la limită fără determinarea preliminară a temperaturii în interiorul corpului. Reprezentările integrale obținute în coordonate sferice au fost validate prin soluții, obținute anterior pentru mediul spațial sferic și pentru pana sferică nelimitată studiată cu metoda convoluției.

Rezultatele obținute în cadrul etapei a doua țin de cercetarea problemelor teoriei așteptării cu priorități și ale proceselor de difuzie. În special, s-au cercetat modele de așteptare de tip Polling cu prioritatea DD, procese de tip Polling cu schimb Markov și semi-Markov al priorităților. Aceste cercetări în cadrul proiectului au fost inițiate de academicianul **Gheorghe Mișcoi** în anul 2020. În acest an cercetările sistemelor de așteptare cu prioritățile menționate au fost continuate de **Lilia Mitev** care a studiat proprietățile caracteristicilor de performanță pentru astfel de sisteme și a elaborat algoritmi numerici pentru aflarea acestora în baza ecuațiilor Stilties-Laplace. Cercetările, în mai mare măsură, au fost efectuate pentru elaborarea algoritmilor numerici eficienți de aflare a timpului mediu de așteptare pentru modelele considerate. În general, unele cazuri de probleme de aflare a caracteristicilor pentru sistemele de așteptare pot fi formulate ca probleme decizionale Markov cu aplicarea algoritmilor respectivi pentru soluționarea acestor probleme. Rezultate noi importante în cadrul etapei a doua au fost obținute de **Alexander Kolesnik** pentru procesele de difuzie, ce au o aplicație largă la soluționarea problemelor din fizică, ecologie și economie. Au fost studiate mișcările aleatoare cu viteză finită, așa numite evoluții aleatoare, în spațiile Euclid

multidimensionale. A fost construită teoria generală a acestor procese și a fost elaborată o nouă metodă de transformări integrale, care a permis studierea detaliată a caracteristicilor de bază ale acestor procese și obținerea următoarelor rezultate: Au fost obținute într-o formă explicită repartițiile proceselor în spațiile Euclid  $\mathbf{R}^2$ ,  $\mathbf{R}^4$  și  $\mathbf{R}^6$ . Pentru procesele în spațiile  $\mathbf{R}^2$  și  $\mathbf{R}^4$  au fost obținute funcțiile caracteristice și momentele acestor procese. Pentru procesul în spațiul  $\mathbf{R}^3$  au fost obținute formulele asimptotice pentru funcția caracteristică și densitatea de tranziție pe intervale de timp mici. Aceste rezultate au fost folosite pentru analiza proceselor de difuzie lentă și pentru obținerea repartițiilor staționare ale lor. Astfel de procese pot fi utilizate la modelarea fluctuațiilor de apă în rezervoare, studierea efectelor relativiste din fizică, modelarea procesului de radiație reliefă a Universului și modelarea evoluțiilor pe piețele financiare. Rezultatele obținute au fost totalizate în monografia “Markov Random Flights” la editura “Taylor & Francis Group / CRC Press” în anul 2021.

## 6. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații

### **Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice publicate în anul de referință în cadrul proiectului din Programul de Stat**

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

---

#### 1. **Monografii** (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul organizației din domeniile cercetării și inovării)

##### 1.1. . monografii internaționale

1. KOLESNIK, Alexander, D. *Markov Random Flights*. Taylor & Francis Group, /CRC Press, ISBN:9780367564940 (hbk), ISBN: 9781003098133 (ebk) . 406 pp.,2021

##### 1.2. monografii naționale

1. BUZATU, R. *Covering graphs by convex sets*. CEP Universitatea de Stat din Moldova, 2021, pp.107

2. BUZATU, R.; SUR, N.; ZGUREANU, A. *Convex sets in graphs and boolean functions as subsets of columns*, CEP Universitatea de Stat din Moldova, 2021, pp. 123.

#### 2. **Capitole în monografii naționale/internaționale**

1. . LOZOVANU, D.; PICKL, S. An Approach for Determining Stationary Equilibria in a Single-Controller Average Stochastic Game. In: Petrosyan et al eds. *Frontiers of dynamic games, Static and Dynamic Games Theory: Foundation and Applications*, pp. 157-171. Springer, Birkhauser (2021) (Chapter 8)

### **3. Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**

#### **4. Articole în reviste științifice**

4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF)

1. СТЕЦЮК, П.І.; СОЛОМОН, Д.І.; ГРИГОРАК, М.Ю. Кратчайшие  $k$ -вершинные циклы и пути. - КИБЕРНЕТИКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ISSN 2707-4501, 2021, N. 3, С. 85-98
2. ȘEREMET, V.; CREȚU, I. Analytical analysis and graphical presentations of three dimensional influence functions within a thermo elastic half-layer, Transylvanian Journal of Mathematics and Mechanics. 13,N.1 ISSN 2067-239X, 2021, 8 p.

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

4.3. în reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

1. LAZARI, A. Algebraic View over Homogeneous Linear Recurrent Processes, *Buletinul AȘM, ser. Matematica.*, Nr.1, p. 99-109. ISSN 1024-7696, 2021.
2. CAPCELEA, M.; CAPCELEA, T. Localization of singular points of meromorphic functions based on interpolation by rational functions. *Buletinul AȘM, ser. Matematica.*, Nr.1. p.110-120. ISSN 1024-7696, 2021.
3. RUSU, I.; CREȚU, I. About the necessity to determine the technical condition of buildings of strategic importance in Ungheni district from Republic of Moldova, *Journal of Engineering Study*, Technical University of Moldova. Nr.2, pp. 103-111, Chisinau, 20121.

4.4. în alte reviste naționale

#### **5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale**

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

1. LOZOVANU, D.; PICKL, S. On the Existence and Determining Stationary Nash Equilibria for Switching Controller Stochastic Games Contributions to Game Theory and Management, St. Petersburg State University, V. 14, ISN2310-2608. 2021, pp 284-296.

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

#### **6. Articole în materiale ale conferințelor științifice**

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1. NAVAL, E. The Evolution of the Gross Domestic Product in a Pandemic. Conferința internațională, ediția XVII-a - "Dezvoltarea Economico - Socială Durabilă a Euroregiunilor și a Zonelor Transfrontaliere", 29 octombrie 2021, Iași, România, V. XXXVII, ISBN 978-606-685-742-0, pp. 343-353.

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)



1. BOGATENCOV P., SECRIERU G., Hâncu B., DEGTEARIOV N. Development of computing infrastructure for support of Open Science in Moldova. *Proceedings of Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021*, October 14-15, Chisinau, Republic of Moldova, 2021, pp. 34-45.

#### 6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

1. NAVAL, E. Determinarea ritmului de creștere al produsului intern brut în condiții pandemice. Conferința Internațională Științifico - Practică „Creșterea economică în condițiile globalizării”. Ediția a XV-a, Chișinău, 15-16 octombrie 2021, ISBN 978-9975-3463-3-7, 2021, pp.24-29.

#### 6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

### 7. Teze ale conferințelor științifice

#### 7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1. BUZATU, R, A novel non-statistical methodology for detecting gerrymandering in parallel voting systems, 8ECM, Portorož, Slovenia, p. 621.

2. LOZOVANU, D.; PICKL, S. Determining stationary Nash equilibria for average single-controller stochastic games. *Abstract of 15<sup>th</sup> GTM-2021 Conference, St. Petersburg State University*, June 23 - 25, 2021.

3 SECRIERU G. Mathematical modeling of viscous heat-conducting gas flows formation under small perturbations of parameters. 9th International Conference "Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education" (GRID 2021). Dubna, Moscow region, Russia, July 5-9, 2021

#### 7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

1, CAPCELEA, M.; CAPCELEA, T. Localization of singular points of meromorphic functions based on interpolation by rational functions, *Abstracts of the International Conference Mathematics&IT: Research and Education (MITRE-2021) dedicated to the 75th anniversary of Moldova State University, Chisinau, Republic of Moldova, July 01-03, 2021*, ISBN 978-9975-158-19-0. p.20.

2. CREȚU, I; RUSU, I.; BEJAN, S. The results of the analysis the technical condition of buildings of strategic importance iUngheni disdriect from Republic of Moldova, *Conference „Geohazardsin the Central Part of Prut River Basin”*, IGS, 24 June, 2021.

3. SECRIERU G. Approximate analytical approach for representing solutions of a system of one-dimensional Navier-Stokes equations. *Abstracts of the,International Conference "Mathematics & IT: Research and Education (MITRE-2021)"*, Chisinau, Republic of Moldova, July 1-3, ISBN 978-9975-158-19-0, pp. 77-78, 2021.

4. LOZOVANU, D. On Determining stationary Nash equilibria for single controller stochastic games. *Abstract of Int.conf. Mathematics and IT, dedicated 75<sup>th</sup> anniversary of Moldova State University*, July 1-3, p 51-52.,2021.

5. MITEV, L. Numerical modeling and results of performance characteristics for DD priority discipline with semi-Markov switching. *Abstracts of the ,International. conference. Mathematics and IT (MITRE 2021), dedicated 75<sup>th</sup> anniversary of Moldova State University*, July 1-3, ISBN 978-9975-158-19-0, p 56-57, 2021.

6. NAVAL, E. Growth Domestic Product Evolution under COVID -19 Persistence. *Abstracts of the International Conference „Mathematics & IT: Research and Education (MITRE – 2021)*, ISBN 978-9975-158-19-0, pp.61-62, Chisinau, July 01-03.

7. LAZARI, A. Algebraic View over Homogeneous Linear Recurrent Processes, *Abstracts of the International Conference Mathematics & IT: Research and Education (MITRE-2021)*, ISBN 978-9975-158-19-0, p. 48-49.
8. SOLOMON, D. An approach for solving the multi-criteria fractional convex programming problem. *Abstract of Int.conf. Mathematics and IT, dedicated 75<sup>th</sup> anniversary of Moldova State University, July 1-3*, p 78-79, 2021.
9. ZAMORZAEVA, E.. On the complete enumeration of 3-isohedral spherical tilings for group series  $n \times n$  *Abstracts of the International Conference "Mathematics & IT: Research and Education (MITRE-2021)"*, Chisinau, Republic of Moldova, July 1-3, ISBN 978-9975-158-19-0, CEP USM, 2021, p. 88, 2021.

#### 7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

1. MITEV, L. Aspecte aplicative ale modelelor de așteptare în sistemele informatice avansate. *International Conference dedicated 29<sup>th</sup> anniversary of ULIM*, October 15 2021. (in print)

#### 7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului

- Metodele și algoritmi numerici elaborați pentru problemele considerate au fost realizați în formă de soft.
- S-au publicat două monografii în edituri naționale care pot servi drept suport la predarea cursurilor opționale pentru studenții de la facultatea de Matematică și Informatică al USM.
- S-a publicat articole științifice cu impact asupra proceselor tehnice și economic în Republica Moldova.
- Impactul social constă în contribuția la perfecționarea procesului didactic în învățământul superior.

#### 8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului

În cadrul realizării proiectului a fost utilizată infrastructura de cercetare cu acces la servicii specifice TIC și Internet în cadrul rețelei locale a Institutului, conectată la infrastructura națională de cercetare și educație NREN RENAM cu acces la rețeaua academică paneuropeană GEANT.

#### 9. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului

Cercetările din cadrul proiectului au fost realizate prin colaborarea cu Universitatea de Stat din Moldova, cu Institutul National de Cercetări în Economie, cu Universitatea Agrară din Moldova.

10. La nivel internațional în cadrul implementării proiectului s-a colaborat cu Institutul de Cibernetică, Academia Națională din Ucraina; Department of Computer Science at Bundeswehr University Munich, *Germany*.

#### 11. Dificultățile în realizarea proiectului

În anul de referință pentru delegații a fost preconizată suma de 25,5 mii lei. Directorul de proiect D. Lozovanu s-a deplasat în Germania pentru cercetări în comun cu profesorul S.Pikle. În delegația aceasta au fost valorificate 12,8 mii lei. Din cauza pandemiei în anul 2021 nu a fost valorificată suma de 12,7 mii lei pentru delegația în Sankt.Petersburg. la conferința internațională, deoarece conferința a fost petrecută în regim online.

12. Diseminarea rezultatelor obținute **în proiect** în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor, reflectate în p. 6)

- Manifestări științifice internaționale (în străinătate)

1. 15<sup>th</sup> GTM-2021 Conference, St. Petersburg State University, June 23 - 25, 2021.
2. 9th International Conference "Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education" (GRID 2021). Dubna, Moscow region, Russia, July 5-9, 2021
3. Conferința internațională, ediția XVII-a - "Dezvoltarea Economico - Socială Durabilă a Euroregiunilor și a Zonelor Transfrontaliere", 29 octombrie 2021, Iași, România,
4. 8ECM, Portorož, Slovenia, 2021

➤ Manifestări științifice internaționale (în Republica Moldova)

1. *International Conference "Mathematics & IT: Research and Education (MITRE-2021)"*, Chisinau, Republic of Moldova, July 1-3,
2. Conferința Internațională Științifico - Practică „Creșterea economică în condițiile globalizării”. Ediția a XV-a, Chișinău, 15-16 octombrie 2021,

### *Conferința Științifică Internațională*

*Modelare Matematică, Optimizare și Tehnologii Informaționale, Ediția a VII-a , 15 – 19 noiembrie 2021, Chișinău –Kiev –Batumi*

Comitetul de organizare: dr. hab., prof.univ. SOLOMON Dumitru, BUZATU Radu – dr., conf. univ, Membru comitetului organizatoric: dr. hab., profesor universitar LOZOVANU Dmitrii.

1. LOZOVANU D.m dr. hab., profesor universitar: Pure and Mixed Stationary Nash Equilibria for Stochastic Positional Games, Comunicare online.
2. SOLOMON D., dr. hab., prof.univ., Probleme de optimizare în sistemele de transport și logistică a mărfurilor. Comunicare online
3. BUZATU R. , dr., conf. univ., Un algoritm de clasificare a grafurilor neorientate pentru soluționarea problemei de acoperire cu mulțimi d-convexe. Comunicare online.

**13.** Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute **în proiect** (premiu, medalii, titluri, alte aprecieri).

*Lozovanu, D; Pickl, S (2015). A Game-Theoretical Approach to Markov Decision Processes, Stochastic Positional Games and Multicriteria Control Models. Springer, Cham. [ISBN 978-3-319-11832-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11832-1). Articolul este recomandat ca lucrare de referință în Wikipedia (Chapter - Game Theory).*

**14.** Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute **în proiect** în mass-media

➤ Emisiuni radio/TV de popularizare a științei

**Nu sunt**

➤ Articole de popularizare a științei

**Nu sunt**

**15.** Teze de doctorat / post doctorat susținute și confirmate în anul 2021 de membrii echipei proiectului

**Nu sunt**

**16.** Materializarea rezultatelor obținute **în proiect**

- ✓ Metodele și algoritmi numerici elaborați pentru problemele considerate au fost realizați în formă de soft.
- ✓ Impactul social constă în contribuția la perfecționarea procesului didactic în învățământul superior.

16. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2021

Conferința internațională MMOTI

- ✓ Comitetul de organizare: dr. hab., prof.univ. SOLOMON Dumitru, BUZATU Radu – dr., conf. univ,
- ✓ Membru comitetului organizatoric: dr. hab., profesor universitar LOZOVANU Dmitrii.

Redactor / membru al colegiilor de redacție al revistelor naționale / internaționale (Opțional)

1. Lozovanu Dmitrii

- national journal, Buletinul Academiei de Științe. Matematica, ISSN 1024-7696, Editor in Chief;
- national journal, Computer Sciences of Moldova, ISSN 1433-9277, member of the editorial board
- international journal, КІБЕРНЕТИКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ISSN 2707-4501, member of the editorial board

2. Kolesnik Alexander

- National journal, Buletinul Academiei de Științe. Matematica, ISSN 1024-7696, , member of the editorial board,

➤ Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect .

**Rezumatul in limba engleză**

The research plan for 2021 has been fulfilled. New scientific results for generalized Markov decision problems and stochastic discrete control problems with average and expected discounted costs optimization criteria have been obtained. Necessary and sufficient conditions for the existence of optimal solutions for these problems have been proven. Based on constructive proof of these results new numerical algorithms has been elaborated and grounded. For elaboration of algorithms with polynomial estimations new special methods of dynamic programming and of linear and fractional linear programming have been applied. New methods and algorithms for the multi-criteria variants of generalized fractional-convex programming problems and for allocation problems on graphs and networks have been elaborated. Essential new results have been obtained for diffusion processes (telegraph processes). For such processes has been proposed an approach that allows to determine the characteristic probabilistic functions in diverse spaces. The deterministic model and the stochastic model for determining the growth rate of the Gross Domestic Product for the Republic of Moldova in the conditions of COVID-19 epidemic were developed and researched. New analytical and numerical methods have been proposed for solid and gas mechanic problems. The important results have been obtained for viscous gas problems. New methods for flow forming the thermally conductive viscous gas based on the system of Navier-Stokes differential equations were developed. The general integral representation for Green transformation functions for the case of three-dimensional limit thermo-elastic in spheres coordinate of which have been obtained. The obtained research results in the project in 2021 have been published in prestigious editions and reported at diverse national and international conferences. This shows that the participants of the project may successfully continue the investigations on the topic of the project.

### **Rezumatul in limba română**

Planul calendaristic pentru anul 2021 a fost realizat complet. S-au obținut noi rezultate științifice pentru problemele Markov decizionale generalizate și pentru problemele stocastice de control optimal discret cu criteriile de optimizare a costului total cu discount și a costului mediu per tranziție. S-au formulat condițiile necesare și suficiente de existență a soluțiilor optime pentru aceste probleme. În baza demonstrațiilor constructive ale acestor rezultate s-au elaborat și teoretic s-au argumentat noi algoritmi numerici de aflare a strategiilor optime staționare și nestaționare. Pentru elaborarea algoritmilor cu estimări polinomiale s-au utilizat metode speciale ale programării dinamice, programării lineare și programării fracționar-lineare. S-a demonstrat existența echilibrului Nash staționar pentru variantele de joc ale problemelor stocastice de control cu comutare și cu un singur controlor al funcțiilor de distribuție în stările sistemului stocastic. Noi metode și algoritmi numerici au fost elaborați pentru variantele multicriteriale ale programării fracționare convexe generalizate și pentru problemele de amplasare pe grafuri și rețele. Rezultate esențiale noi s-au obținut pentru procesele de difuzie (proces de tip telegraf). Pentru aceste procese s-a propus o nouă abordare ce a permis de a afla funcțiile caracteristice probabilistice în diverse spații. A fost elaborat și cercetat modelul determinist și modelul stocastic pentru determinarea ritmului de creștere al Produsului Intern Brut pentru Republica Moldova în condițiile desfășurării epidemiei COVID-19. Noi metode analitice și numerice au fost propuse pentru problemele dinamice ale mecanicii corpurilor solide și a gazelor. Rezultate importante au fost obținute pentru problemele mecanicii gazelor vâscoase. A fost argumentate noi metode de cercetare a formării fluxului de gaz vâscos termo-conductibil utilizând sistemul de ecuații Navier-Stokes. Au fost obținute reprezentările integrale generale pentru funcțiile Green în deplasări în cazurile problemelor tridimensionale de limită ale teoriei termoelasticității necuplate pentru domenii, geometria cărora se descrie în coordonate sferice. Rezultatele obținute în cadrul proiectului în anul 2021 au fost publicate în ediții prestigioase și raportate la diverse conferințe naționale și internaționale. Acesta demonstrează faptul că executorii proiectului pot continua cu succes cercetările la tematica proiectului.

a) Recomandări, propuneri

1. În Devizul de Cheltuieli nu este prevăzut articolul pentru procurarea tehnicii de calcul, reparația tehnicii de calcul existente și a mobilierului. Se dorește ca problema în cauză să fie soluționată.
2. Directorul de proiect este limitat în luarea deciziilor privitor la valorificarea resurselor financiare ne utilizate. De dorit ca resursele nevalorificate să fie în gestiunea directorului de proiect în limita articolelor existente.
3. În calitate de recomandare se propune includerea în proiect a studenților și masteranzilor cu remunerare suficientă.

Conducătorul de proiect \_\_\_\_\_ / Lozovanu Dmitrii

Data: \_\_\_\_\_

LȘ

**8. Alte lucrări științifice** (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)

8.1. cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

**9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții** *Nu sunt*

**10. Lucrări științifico-metodice și didactice**

10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort) *Nu sunt*

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific /senatul instituției) *Nu sunt*

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice *Nu sunt*



**Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare  
(la data raportării)**

**Cifrul proiectului: 20.80009.5007.13**

<b>Cheltuieli, mii lei</b>				
<b>Denumirea</b>	<b>Cod</b>		<b>Anul de gestiune</b>	
	<b>Eco (k6)</b>	<b>Aprobat</b>	<b>Modificat +/-</b>	<b>Precizat</b>
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	752.8		752.8
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100	218.3		218.3
Prime de asigurare obligatorie de asistența medicală achitate de angajator și angajați pe teritoriul țării	212210			
Deplasări în interes de serviciu peste hotare	222720	38.2		38.2
Servicii editoriale	222910	5.5		5.5
Servicii neatribuite altor aliniate	222990			
Indemnizații pentru incapacitatea de muncă achitate din mijloace financiare ale angajatorului.	273500	3.5		3.5
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice	335110	5.0		5.0
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110	2.8		2.8
<b>Total</b>		<b>1026.1</b>		<b>1026.1</b>

Conducătorul organizației \_\_\_\_\_ / Țițchiev Inga

Contabil șef \_\_\_\_\_ / Irina Reabova

Conducătorul de proiect \_\_\_\_\_ / Lozovanu Dmitrii

Data: \_\_\_\_\_

LȘ

## Componența echipei proiectului

Cifrul proiectului 20.80009.5007.13

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	A. Kolesnik	1957	d.h	1.0	02.01.2021	31.12.2021
2.	D. Lozovanu	1948	d.h.	1.0	02.01.2021	31.12.2021
3.	G. Mișcoi	1944	d.h.	0.5	02.01.2021	10.10.2021
4.	E. Naval	1945	dr.	0,75	02.01.2021	31.12.2021
5.	G. Secrieru	1942	dr.	0,75	02.01.2021	31.12.2021
6.	L. Mitev	1986	dr.	0.5	01.07.2021	31.12.2021
7.	V.Șeremet	1945	d.h.	0.5	02.01.2021	31.12.2021
8.	A.Lazari	1985	dr.	0.5	02.01.2021	31.12.2021
9.	M.Capcelea	1978	dr.	0.5	02.01.2021	30.06.2021
10.	I. Crețu	1986	dr.	0.5	01.07.2021	31.12.2021
11.	R. Buzatu	1989	dr	0.5	02.01.2021	01.03.2021
12.	T. Capcelea	1980	dr.	0.5	01.07.2021	31.12.2021
13.	E.Zamurzaeva	1954	dr.	0.5	02.01.2021	30.09.2021
14.	Total			8.0		

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	23,07%
--	--------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2021					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Elizaveta Zamurzaeva	1954	Dr.	0.5	02.01.2021

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	23.07%
---	--------

Conducătorul organizației \_\_\_\_\_ / Țițchiev IngaContabil șef \_\_\_\_\_ / Irina ReabovaConducătorul de proiect \_\_\_\_\_ / Lozovanu Dmitrii

Data: \_\_\_\_\_

LȘ