RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare _____

___ _____ 2024

AVIZAT

Secția AȘM _____

___ _____ 2024

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL

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

Metode_deterministe și stocastice de soluționare ale problemelor de optimizare și control

Cifrul proiectului 20.80009.5007.13

Prioritatea Strategică V Tehnologii inovative, energie sustenabilă, digitalizare

Rectorul/Directorul organizației — Șarov Igor (numele, prenumele) (semnătura)

Consiliul științific/Senatul — Titchiev Inga (numele, prenumele) (semnătura)

Conducătorul proiectului — Lozovanu Dmitrii (numele, prenumele) (semnătura)

L.Ș.

Chișinău 2023

AGENȚIA NAȚIONALĂ PENTRU CERCETARE ȘI DEZVOLTARE
RECEPȚIONAT
"12" 01 2024

CUPRINS:

1. Scopul, obiectivele și rezultatele planificate și realizate pe parcursul anilor 2020-2023
2. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute
3. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect 2020-2023
4. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în limba română (Anexa nr. 1)
5. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în limba engleză (Anexa nr. 1)
6. Lista publicațiilor științifice pentru perioada 2020-2023 (Anexa nr. 2)
7. Volumul total al finanțării proiectului pentru perioada 2020-2023 (Anexa nr. 3)
8. Componența echipei pe parcursul anilor 2020-2023 (Anexa nr. 4)
9. Raportarea indicatorilor (Anexa nr. 5)

1. Scopul proiectului

Scopul proiectului este elaborarea și argumentarea teoretică a metodelor analitice și algoritmelor numeric pentru cercetarea și soluționarea următoarelor clase de probleme:

- Aflarea strategiilor optime pentru problemele stocastice de control și pentru procesele Markov decizionale pe intervale finite și infinite de timp;
- Soluționarea variantelor multicriteriale și de joc necooperatist a problemelor stocastice de control și a problemelor Markov decizionale;
- Determinarea echilibrului Nash staționar pentru jocurile stocastice poziționale;
- aflarea caracteristicilor de performanță pentru procesele de difuzie (procesele de tip telegraf) si pentru sistemele de așteptare cu priorități;
- aflarea funcțiilor de influență termo-elastice in problemele mecanicii corpurilor solide și soluționarea problemelor gazo-dinamicii referitor la formare fluxurilor de gaze reale.
- Analiza complexității de calcul a metodelor și a algoritmilor numerici pentru problemele considerate.

2. Obiectivele proiectului 2020–2023

1. Obținerea condițiilor de existență a soluțiilor pentru problemele stocastice de control și pentru problemele Markov decizionale și elaborarea algoritmilor de aflare a soluțiilor optime pentru aceste probleme;

2. Formularea variantelor multicriterială și de joc necooperatist a problemelor stocastice de control și aflarea soluțiilor problemelor multicriteriale și de joc in sensurile Pareo Nash, și Stakckelberg;

3. Cercetarea proceselor de difuzie multidimensionale și aflarea caracteristicilor probabilistice de bază pentru astfel de procese;

4. Aflarea echilibrului Nash staționar pentru jocurile poziționale stocastice dinamice;

5. Elaborarea metodelor analitice și a algoritmilor numerici pentru soluționarea problemelor mecanicii corpurilor solide și a gazelor.

3. **Rezultate planificate** conform proiectului depus

Rezultatele științifice noi preconizate conform proiectului depus sunt:

- Obținerea condițiilor de existență a strategiilor optime staționare pentru problemele deterministe și stocastice de control optimal discret cu criteriile de optimizare a costului mediu per tranziție și a costului total cu discount;
- Extinderea metodelor programmării dinamice, programării lineare și nelineare pentru problemele deterministe și stocastice de control optimal discret și argumentarea noilor algoritmi numerici cu estimații polinomiale;
- Cercetarea variantelor multicriteriale și de jocuri necooperatiste pentru problemele stocastice dinamice și aflarea soluțiilor acestora în sensurile Nash, Pareto și Stackelberg;

- Determinarea strategiilor optime staționare a jucătorilor pentru jocurile dinamice stocastice poziționale;
- Obținerea caracteristicilor de bază (funcțiile caracteristice, transformata Laplace, densitatea de tranziție) pentru proceselor de difuziune în spațiile Euclid multidimensionale;
- Soluționarea problemelor de limită a teoriei elasticității și termoelasticității și problemelor mecanicii aplicative pentru diverse efecte fizice cu utilizarea a funcțiilor Green;

4. Rezultatele obținute

In anul 2020 participanții proiectului au efectuat cercetări in cadrul următoarelor 2 etape:

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

În cadrul primei etape s-au elaborat algoritmii pentru aflarea probabilităților stărilor in procesele Markov si a algoritmilor de calculare a matricei limita și a matricelor diferențiale ce permit estimarea asimptotica a probabilităților stărilor într-un lanț Markov cu mulțimea de stări finită. Aceste cercetări au fost efectuate de **Prof. Lozovanu Dmitri și dr. Lazari Alexandru**. 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., rezultare obținute de **Acad. Mișcoi Gheorge** și **dr. Mitev Lilia**. Pentru procesele de difuzie descrise de ecuațiile hiperbolice de difuzie s-a obținut intr-o forma explicita expresia funcției caracteristice. A fost studiată ecuația telegraf pe o bilă unitară în spaţiul Euclid 3-dimensional cu condițiile inițiale aleatoare, când câmpul aleator reprezintă un cîmp concentrat în această bilă și operatorul spațial al ecuației telegraf reprezintă operatorul Laplace, care în coordinatele polare unitare se transformă în operatorul Laplace-Beltrami. Această problema Cauchy a fost soluționată în terminii transformării Fourier. Aceste rezultate au fost obținute de **Dr. h. Kolesnik Alexander.**

Îin cadrul etapei a doua s-au efectuat cercetări referitor la extinderea metodelor clasice a programării lineare și nelineare pentru soluționarea problemelor stocastice dinamice decizionale pe interval finite și infinite de timp(rezultate obținute de **Prof. Lozovanu Dmitrii, dr. Lazari Alexandru,** și **dr. Capcelea Maria)**. De asemenea s-au formulat și s-au cercetat variantele de joc a problemelor stocastice de control pe rețele si s-a demonstrat existența echilibrului Nash pentru aceste jocuri. Pentru procesele Markov decizionale s-au argumentat algoritmi cu estimații polinomiale de aflarea a strategiilor optime staționare și nestaționare (rezultate obținute de **Prof. Lozovanu Dmitrii, dr. Capcelea Titu, dr. Buzatu Radu)**. Problemele stocastice considerate și metodele de soluționare a lor au fost utilizate de **dr. Naval Elvira** pentru a formula ți a cerceta modelul de echilibrul general pentru republica Moldova. Cercetările legate soluționarea

problemelor mecanicii corpurilor solide și a gazelor au fost efectuate de **Prof**. **Șeremet Victor, dr. Crețu Ion** și **dr. Secrieru Grigore**. Au fost obţinute reprezentările integrale armonice generale pentru funcţiile principale termo-elastice de deplasări Green, cauzate de o sursă unitară punctiformă ale ecuaţiilor Lame descrise în coordonate sferice și exprimate prin funcţiile respective termo-elastice de influenţă sferică. S-a demonstrat ca dacă se cunosc funcţiile Green pentru ecuaţia Poisson, atunci se pot scrie şi expresiile analitice pentru funcţiile de influenţă sferică a sistemului sferic incompresibil de influenţă. Aceasta a permis **Prof**. **Șeremet Victor** și **dr. Crețu Ion** de a obține reprezentările respective a diverselor probleme termo-elastice de limită. **Dr. Secrieru Grigore** a elaborat metode aproximative pentru modelarea formării fluxului de gaz vâscos termic-conductiv utilizând ecuațiile Navier-Stokes.

In anul 2021 executanţii proiectului au efectuat cercetări în cadrul următoarelor etape:

1. Elaborarea și argumentarea metodelor și algoritmilor numerici de aflare a strategiilor optime staționare și nestaționare pentru problemele stocastice de control şi pentru procesele Markov decizionale;
2. Cercetarea modelelor de aşteptare cu priorităţi şi de tip Polling, elaborarea metodelor şi algoritmilor de aflare a caracteristicilor de performanţă pentru aceste modele.

În cadrul primei etape au fost elaborați și argumentați algoritmi numerici de soluționare a problemelor stocastice de control, problemelor Markov decizionale Markov, problemelor fracţionar-liniare şi unele clase de probleme combinatorice de optimizare pe grafuri. S-au extins metodele clasice ale programării dinamice, programării liniare, programării fracţionar-liniare generalizate și s-a demonstrat că pentru problemele considerate există algoritmi numerici cu estimaţii polinomiale. Aceste metode au fost extinse pentru problema Markov generalizată şi pentru varianta stocastică a problemei de control optimal discret. Cercetările in această direcție au fost efectuate de **Prof. Lozovanu Dmitrii, dr. Lazari Alexandru, dr. Capcelea Maria, dr. Buzatu Radu**. Rezultate esențiale noi s-au obținut 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 conceptele teoriei jocurilor şi optimizării multicriteriale. S-au găsit condiţiile de existenţă a echilibrului Nash staţionar pentru varianta de joc a problemei de control cu comutare a dirijărilor în stările sistemului dinamic. În baza rezultatelor obținute s-au elaborat algoritmi de aflare a strategiilor optime staţionare. Aceste rezultate au fost obținute de **Prof. Lozovanu Dmitrii, dr. Lazari Alexandru** și **dr. Capcelea Maria**. S-au cercetat și soluționat unele probleme importante auxiliare, cum ar fi problemele multicriteriale fracționar–liniare generalizate, problemele relațiilor recurent liniare omogene peste submulțimea numerelor complexe şi unele probleme de optimizare combinatorică. Aceste rezultate adiţionale au fost obținute de **dr. Lazari Alexandru, dr. Buzatu Radu** și **dr. Zamorzaeva Elizaveta**. 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. Au fost examinate modelele matematice atât în abordare stocastică, cât şi în abordare deterministă. Aceste cercetări au fost efectuate de **dr. Naval Elvira.** Noi algoritmi au fost elaboraţi de **dr. Capcelea Titu** pentru

determinarea punctelor singulare ale funcţiilor meromorfe definite prin valorile lor pe un contur închis în planul complex. Rezultate importante în cadrul primei etape au fost obţinute pentru problemele mecanicii gazelor. S-a cercetat problema interacţiunii conjugate a unui mediu gazos în repaus şi a unui solid staţionar termo-conductor, a cărui temperatura iniţială diferă de temperatura iniţială a gazului. A fost elaborat conceptul de soluţionare şi modelul matematic al problemei, ţinând cont de influenţa efectelor disipative, vâscozitate şi conductivitatea termică în baza ecuaţiile Navier-Stokes. Aceste rezultate au fost obţinute de **dr. Secrieru Grigorie.** Problemele dinamice legate de teoria termo-elasticităţii au fost cercetate de **Prof. Şeremet Victor** şi **dr. Creţu Ion.** Au fost obţinute reprezentările integrale generale pentru funcţiile Green în deplasări în cazurile problemelor tridimensionale la limită ale teoriei termo-elasticităţii necuplate. Au fost obţinute formulele integrale pentru determinarea câmpului de deplasări termo-elastice în cazurile când în interiorul corpului deformabil sunt date sursele de căldură, iar pe suprafaţa lui sunt date diverse acţiuni termice. .

Rezultatele obţinute în cadrul etapei a doua ţin de cercetarea problemelor teoriei aşteptării cu priorităţi şi ale proceselor de difuzie. In special, s-au cercetat modele de aşteptare de tip Polling, procese cu schimb Markov şi semi-Markov al priorităţilor. Aceste cercetări în cadrul proiectului au fost iniţiate de academicianul **Acad. Mişcoi Gheorghe** în anul 2020. În acest an cercetările sistemelor de aşteptare cu priorităţile menţionate au fost continuate de **dr. Mitev Lilia** care a elaborat algoritmi numerici pentru aflarea caracteristicilor de bază a sistemelor de tip Polling.

Rezultate importante noi în cadrul etapei a doua au fost obţinute de **Dr. h**. **Kolesnik Alexander** pentru procesele de difuzie. Au fost studiate mișcările aleatoare cu viteză finită, așa numite evoluții aleatoare, în spațiile Euclid multidimensionale. A fost efectuată o analiză generală a acestor procese și a fost elaborată o nouă metodă de transformări integrale.: Au fost obținute 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. Rezultatele obținute au fost totalizate în monografia "Markov Random Flights" la editura "Taylor & Francis Group / CRC Press" in anul 2021.

In anul 2022 executanții proiectului au efectuat cercetări în cadrul următoarelor etape:

1. Formularea și cercetarea variantelor multicriteriale și de joc pentru problemele stocastice de control și pentru procesele Markov decizionale; aflarea soluțiilor optime în sensul Pareto, Nash și Stackelberg.
2 Cercetarea problemelor de existență a echilibrului Nash in jocurile de tip Shapley ș i aflarea echilibrului staționar Nash in strategii pure și mixte pentru jocurile poziționale stocastice dinamice.

.

Rezultatele obținute în cadrul primei etape referitor la problemele multicriteriale de control in care soluțiile se consideră în sensul Pareto și Stackelberg, sunt următoarele. S-a demonstrat ca soluțiile in strategii staționare în sensul Pareto exista și pot fi aflate in baza metodei convoluții criteriilor. Mai mult ca atât, s-a arătat ca această metodă poate fi utilizată pentru problemele de control cu mulțimea de stări finită pe intervale finite de timp și pe intervale infinite de timp.

Pentru problemele multicriteriale de control pe intervale finite de timp de asemenea s-a demonstrat ca există soluțiile în sensul Stackelberg și s-au elaborat algoritmi de aflare a acestor soluții bazați pe metoda programării dinamice inverse. O atenție deosebită în cadrul primei etate a fost acordată cercetării variantelor de joc a problemei Markov decizionale. S-a formulat condiții necesare și suficiente de existență a echilibrului Nash staționar pentru jocurile stocastice dinamice cu funcțiile de plată a costului mediu per tranziție. Pentru jocurile stocastice cu funcțiile de plată a costului total cu discount s-au elaborat algoritmi polinomiali de aflare a echilibrului Nash staționar. Aceste rezultate au fost obținute de **Prof. Lozovanu Dmitrii, dr. Lazari Alexandru,** și **dr. Capcelea Maria**. Dl **dr. Lazari Alexandru** de asemenea a analizat perturbările proceselor deterministe cu dinamică recurent liniară omogenă și a elaborat o metodă analitică de studiu al comportamentului asimptotic al perturbărilor dinamicilor recurent liniare omogene. S-a arătat că această metodă poate fi extinsă și pentru procesele stocastice dinamice. Pentru elaborarea și argumentarea teoretică a algoritmilor numerici de aflare a strategiilor optime pentru problemele menționate a fost necesar de a utiliza metode avansate de soluționare a problemei programării fracționar lineare, a problemei programării booleene, a problemei de divizare a grafurilor și pentru problema de aproximare a funcțiilor discontinue cu funcții continui B-splne. Astfel de metode au fost elaborate de **Dr. h**. **Solomon Dumitru, dr. Capcelea Titu, dr. Buzatu Radu** și **dr. Zamorzaeva Elizaveta.** Cercetări importate in cadrul prime etape au fost obținute de **Dr. h**. **Kolesnik Alexander.** Dl Kolesnik a cercetat mișcările aleatoare cu viteză finită pe dreaptă (așa numite procese telegraf Golștein-Kas). Au fost obținute caracteristicile de bază a proceselor telegraf. S-a demonstrat convergența procesului telegraf către mișcarea Braun pe dreaptă în cazul când se îndeplinește condiția Kas. Au fost cercetate procesele telegraf in spațiile Euclid pentru care au fost obținute într-o formă explicită repartițiile in spațiile de dimensiuni 2,4 și 6. S-a arătat că aceste rezultate pot fi utilizate pentru modelarea proceselor de evoluție pe piețelor financiare. Aceste rezultate au fost sistematizate în monografia 'Ratanov N, Kolesnik A. Telegraph processes and option pricing, Springer, 2022'. Pentru problema aflării caracteristicilor probabilistice de performanță in sistemele de așteptare cu priorități de tip Polling **dr. Mitev Lilia a** propus o modificare a metodelor analitice și algoritmilor numerice elaborate elaborate de **Acad. Mishcoi Gheorghe**.

In cadrul etapei a doua s-au efectuat cercetări referitor la existență echilibrului Nash staționar pentru jocurile de tip Shapley si s-au formulat condiții suficiente de existență a echilibrului Nash pentru diverse clase de jocuri stocastice dinamice. O clasă importanta de jocuri stocastice pentru care s-au obținut rezultate esențiale noi reprezintă jocurile stocastice dinamice poziționale. Pentru jocurile stocastice poziționale cu funcțiile de plată a costului mediu per tranziție s-a demonstrat existența echilibrului Nash staționar în strategii mixte, iar pentru jocurile antagoniste stocastice poziționale s-a demonstrat existența echilibrului Nash staționar în strategii pure. Aceste rezultate au fost obținute de **Prof. Lozovanu Dmitrii, dr. Lazari Alexandru** si **dr. Capcelea Maria**. Modelele stocastice de control au fost utilizate pentru a formularea și a cercetat unele modele matematic de creștere economica pentru rep. Moldov. Astfel de modele au st formulare și cercetate de **dr. Elvira Naval**.

Un compartiment important a cercetărilor din cadrul etapei a doua reprezintă problemele mecanicii corpurilor solide și a gazelor. Cercetările în această direcție au fost efectuate de **Prof. Șeremet Victor, dr. Crețu Ion** și **dr. Secrieru Grigore**. Rezultatele cercetărilor a **Prof**. **Șeremet Victor** și **dr. Crețu Ion** se referă problemele mecanicii corpurilor solide termo-elastice și s-au obținut expresiile analitice ale funcțiilor tridimensionale de tipul Green pentru deplasări în corpurile termo-elastice. Rezultatele **dr. Secrieru Grigore** se referă la modelarea procesului de interacțiune a mediului gazos și a peretelui termoconductor în cazul unui salt al temperaturilor inițiale, ținând cont de influența efectelor disipative și de acomodare, care conduc la dezvoltarea fluxului de gaz cu o structură internă complexă.

In anul 2023 executanţii proiectului au efectuat cercetări în cadrul următoarelor etape:

1. Elaborarea metodelor analitice şi numerice de soluţionare a problemelor elasticităţii şi termoelasticităţii, problemelor de încărcare dinamică a solidelor şi formarea fluxurilor de gaze.

2. Testarea metodelor şi algoritmilor elaboraţi şi aplicarea lor la analiza modelelor de creştere economica, problemelor de servire şi problemelor aplicative de difuzie.

In cadrul primei etape a fost elaborată *Metoda ecuațiilor integrale armonice* de construire a funcțiilor de influență pentru deplasările create de o sursă punctiformă unitară de căldură aplicată în interiorul corpurilor solide termo-elastic deformabile. *P*e anumite reprezentări integrale această metodă permite de a obține expresia analitică pentru dilatarea termo-elastică de volum. Cercetările referitor la elaborarea metodelor analitice pentru soluționarea problemelor teoriei elasticităţii şi termoelasticităţii au foste efectuate de **Prof. Șeremet Victor** și **dr. Crețu Ion**. Aceste rezultate au fost publicate în cunoscuta revista internațională cu impact *Acta Mecanica*.. Cercetările legate de problemele formarii fluxurilor de gaz care apar sisteme de contact au fost efectuate de **dr. Secrieru Grigorie**. Cercetările efectuate de Dl Secrieru au inclus studiul caracteristicilor fluxurilor de gaz care se formează în cazul reflectării de la un perete impenetrabil a unei unde de șoc slabe, precum și în cazul interacțiunii unui flux staționar de gaz cu un perete rigid, având temperaturi inițiale diferite. S-a estimat impactul unor efecte fizice ca vâscozitatea, conductibilitatea termică și a altor efecte în procesele dinamice a curgerilor gazelor.

In cadrul primei etape de asemenea s-au continuat cercetările anului precedent referitor la elaborarea metodelor și algoritmilor numerici de soluționare a problemelor stocastice dinamice decizionale, în special a problemelor Markov decizionale pe intervale infinite de timp. S-a cercetat problema Markov decizională cu criteriile de optimizare a costului total cu discount și a costului mediu per tranziție. S-a arătat ca în aceste cazuri problema poate fi soluționată utilizând algoritmi numerici eficienți bazați pe metoda programării lineare și a programării linear-fracționare. Procesele Markov decizionale au fost generalizate utilizând conceptele problemelor multicriteriale, teoriei jocurilor cooperatiste și necooperatiste si a jocurilor ierarhice. Pentru variantele multicriteriale și de joc a problemelor Markov decizionale s-au cercetat problemele de existență a soluțiilor în care soluțiile se consideră în sensul Pareto, Nash și Stackelberg. Pentru diverse clase de probleme stocastice decizionale multicriteriale și de jocuri stocastice s-au elaborat algoritmi de aflare a soluțiilor problemelor stocastice decizionale generalizate. Rezultatele menționate au fost sistematizate și publicate în forma de monografie cu un volum de 396 de pagini la editura Springer in anul 2023. Aceste cercetări au fost efectuate de **Prof.**

Lozovanu Dmitrii, dr. Capcelea Titu, dr. Capcelea Maria și **dr. Buzatu Radu**. Pentru elaborarea și argumentarea algoritmilor numerici pentru problemele decizionale dinamice a fost necesar de cercetat și soluționat unele probleme auxiliare, cum ar fi probleme de optimizare combinatorice, probleme de aproximare a funcțiilor discontinue și probleme de optimizare pe grafuri și rețele. Astfel de probleme au fost cercetate de **dr. Capcelea Titu, dr. Capcelea Maria** și **dr. Buzatu Radu**. Rezultate importante de asemenea au fost obținute de **dr. Lazari Alexandru** care a efectuat cercetări referitor la proprietățile sistemelor recurent liniare omogene și potențialul lor de aplicare la soluționarea problemelor definite pe sisteme stocastice cu secvențe finale de stări. S-a investigat comportamentul asimptotic al proceselor stocastice și perturbațiilor mici ale acestora cu ajutorul criteriului de stabilitate Jury

In cadrul etapei 2 rezultate importante au fost obținute de **dr. Kolesnik Alexander**. Dl Kolesnik a cercetat procesele de difuzie și a sistematizat teoria generală a proceselor de mișcări aleatoare cu viteză finită in spațiile Euclid, bazată pe metodele performante ale teoriei probabilităților, statisticii matematice, analizei matematice, astfel ca transformări integrale, funcții generalizate, hipergeometrice și speciale. Au fost obținute într-o formă explicită repartițiile proceselor de evoluție 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 proceselor date. Pentru procesul telegraf în spațiul $\mathbf{R}^3$ au fost obținute formulele asimptotice pentru funcția caracteristică și densitatea de tranziție pe intervale de timp mici. Pentru astfel de procese, au fost obținute caracteristicile de bază pe dreaptă (densitatea și funcția de repartiție, funcția caracteristică, transformta Laplace, funcția momentelor pentru mișcări asimetrice și altele). Toate aceste resultate au fost sistematizate in monografia editată ăn anul 2022. In anul curent 2023 Dl Kolesnik a continuat cercetările în această direcție și a obținut noi expresii analitice pentru catacteristicile de bază a proceselor de diffuzie.

Activitațile legate de aplicarea rezultatelor obținute la cercetarea diverselor probleme aplicative din mecanică, economice, problemelor teoriei așteptăriiau si sistemelor de tip Polling au fost efectuate de **Dr. Crețu Ion, Dr. Naval Elvira și Dr. Mitev Lilia.** Dl **dr. Crețu I.** a utilizate rezultatele obținute asupra determinării parametriilor corpului deformabil termo-elastic pentru problemele de proiectare în construcție. Dna **dr. Naval E**. a formulat și a analizat modelul de evoluție ecomica pentru Republica Moldova în condiții specifice, iar Dna Mitev L. a elaboraât algorimi de aflare a caracteristicilor de performanța pendru diverse sisteme de așteprare și de servire cu priorități și a estimat complexitatea de calcul a algoritmilor penru determinarea acestor caracteristici.

Pentru elaborarea algoritmilor eficienți de soluționare a problemelor de optimizare pe mulțimi poliedrice ce descriu mulțimile admisibile ale problemelor a fost necesar de a cerceta proprietățile structurale ale acestora. Astfel de cercetări au fost efectuate de d**r. Damian Florin și dr. Zamorzaeva Elizaveta** care au elaborat metode geometrice ce permit construirea și studierea unor varietăți geometrice.

5. **Impactul științific**, **social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute** în cadrul proiectului (obligatoriu)

- Rezultatele cercetărilor științifice obținute au un impact științific, tehnologic și socioeconomic înalt deoarece modelele și problemele noi formulate și cercetate reprezintă o generalizare a modelelor și problemelor clasice decizionale și de control;
- Metodele analitice noi și algoritmii numerici elaborați pentru problemele decizionale stocastice extind metodele clasice ale programării dinamice în cazul problemelor deterministe și permit de a soluționa probleme stocastice dinamice decizionale pe intervale finite și infinite de timp;
- Rezultatele obținute noi in proiect referitor la problemele din mecanica corpurilor solide și a gazelor au o aplicație directă in inginerie;
- Impactul științific al cercetărilor este justificat de asemenea de publicațiile executorilor proiectului în ediții internaționale și naționale de prestigiu;
- Rezultatele cercetărilor vor contribui la pregătire tinerilor specialiști in domeniul matematicii aplicate si modelării matematice in în diverse domenii.

6. **Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului (opțional)**

7. **Colaborare la nivel național/ internațional în cadrul implementării proiectului (după caz)**

La nivel național cercetările in proiect s-au efectuate in colaborare cu colaboratorii facultății de matematică și informatică a USM, cu colaboratorii de la UTM, ASEM, și ULIM. Executorii proiectului țin cursuri normative și speciale pentru studenți la universitățile menționate (Buzatu Radu, Damian Florin, Capcelea Maria, Capcelea Titu, Crețu Ion, Mitev Lilia).

La nivel internațional s-au efectuat cercetări comune cu colaboratorii de la Universitatea Forțelor Armate din Munchen (Germania), cu colaboratorii de Universitatea din Atlanta (USA, Georgia State University), cu colaboratorii de la facultate de matematică aplicata și management a universității din St. Petersburg și cu colaboratorii de la Institutul de Cibernetică V. Glușcov din Ukraina. Timp de 23 de ani Prof. Lozovanu Dmitrii efectuează cercetări comune cu Prof. Stefan Pickl din Germania si cu Prof. Zelikovsky Alexander, din SUA. In rezultatul colaborării îndelungate cu Prof. Stefan Pickl in anul 2023 s-a publicat 1 monografie la editura Springer și 2 articole științifice.

8. **Dificultățile în realizarea proiectului**

Dificultățile sunt legate de lipsa cadrelor tinere, care nu sunt motivați sa se implice în cercetare.

9. **Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații** (obligatoriu)

Rezultatele de bază a cercetărilor asupra proceselor stocastice dinamice decizionale și a jocurilor stocastice dinamice obținute în proiect sunt reflectate în 3 monografii și un capitol in monografie editate de Lozovanu Dmitrii și Kolesnik Alexander in editurile internaționale prestigioase

Springer și **Taylor & Francis.** De asemenea în Anexa 2 sunt prezentate articolele cu impact factor, articolele naționale de categoria A si publicațiile in culegerile științifice naționale internaționale ale executorilor proiectului . Rezultatele cercetărilor s-au prezentat la numeroase conferințe prestigioase internaționale și naționale, care sunt indicate in Anexa 2.

10. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice

Manifestări științifice cu participare internațională

Rezultatele științifice au fost raportate la următoarele conferințe internaționale:

15th Game Theory and Management Conference (GTM-2021), St. Petersburg State University, June 23 - 25, Russia , 2021;

9th Int. Conference "Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education" (GRID 2021). Dubna,, July 5-9,Russia 2021;

The Tenth Congress of Romanian Mathematicians, Pitesti, Romania, June 30 - July 5, 2023, p. 56

.

-19th Cologne-Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization, CTW-2023, Garmisch-Partenkirchen, June 20-23, Germany

-2023Int. conference Game Theory and Applications (GTA-2022), St. Petersburg State University, Julye 06-14, 2022;

Int. Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023,.

Conferința internațională XVII "Dezvoltarea Economico - Socială Durabilă a Euroregiunilor și a Zonelor Transfrontaliere", 29 octombrie 2021, Iaşi, România.

11. Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premii, medalii, titluri, alte aprecieri).

Lozovanu Dmitrii – in anul 2023 a fost ales Membru corespondent al AȘM;

In anul 2023 i sa conferit titlul onorific „om emerit";

Kolesnik Alexander- in anul 2022 i sa decernat medalia AȘM „Dimitrie Cantemir" ;

în anul 2022 a obținut premiu *Academiceanul C. Sibirschii";*

Secrieru Grigore in anul 2022 i sa decernat medalia AȘM „Dimitrie Cantemir".

12. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media (Opțional):

Nu sunt.

13. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate pe parcursul anilor 2020-2023 de membrii echipei proiectului (Opțional)

Toți executanții proiectului au titluri științifice.

14. Materializarea rezultatelor obținute în proiect (cu specificarea aplicării în practică)

Rezultatele obținute pot servi ca suport pentru profesori, studenți, doctoranzi la pregătirea cursurilor speciale de studii in domeniile metodelor de optimizare, cercetărilor operaționale, modelarii matematice și controlului optimal.

15. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei

- Membru/președinte al comitetului organizatoric/științific, al comisiilor, consiliilor științifice de susținere a tezelor (Opțional)

- Lozovanu Dmitrii: în anul 2022 a fost președintele consiliului științific specializat

  D 112,03-.22-1 pentru susținerea tezei de doctor în matematică a dnei Sprîncean Galina; iar în anul 2023 a fost președintele comisii doctorale pentru susținerea tezei de doctor in informatică a Dlui Bumbu Tudor

  Lozovanu Dmitrii / Redactor șef al revistei *Buletinul AȘM, ser. Matematica* /
  / Membru col.de red., *Comp. Sci. J. of Moldova*/
  / Membru col.de red. *Кибернетика и Компют. Техн. Киев Укр./,*

16. Recomandări, propuneri.

Nu sunt.

17. Concluzii

1. Modelele matematice și problemele noi formulate și cercetate extind și generalizează problemele clasice de control;
2. Rezultatele obținute pentru procesele Markov decizionale permit de a soluționa eficient problemele stocastice decizionale;
3. S-a elaborat și s-a argumentat *Metoda ecuațiilor integrale armonice* de construirea funcțiilor de influență a deplasărilor corpurilor solide termo-elastic deformabile.
4. S-au obținut noi expresii analitice pentru caracteristicile probabilistice de bază pentru procesele de difuzie.
5. S-a demonstrat existența echilibrului Nash staționar pentru jocurile stocastice poziționale și s-au elaborat algoritmi de aflare a strategiilor oprime staționare pentru astfel de jocuri.
6. Algoritmi elaborați au fost testați și estimați din punct de vedere a complexității de calcul.

Conducătorul de proiect Lozovanu Dmitrii _____

Data: _____
LȘ

Anexa nr. 1

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect perioada 2020-2023

Metode_ deterministe şi stocastice de soluţionare ale problemelor de optimizare şi control

Cifrul proiectului 20.80009.5007.13

În Limba română

Planul cercetărilor in proiect pentru anii 2020-2023 a fost realizat complet. S-au efectuat cercetări referitor la elaborarea metodelor analitice și algoritmelor numerici pentru soluționarea problemelor stocastice dinamice decizionale ce extind problemele clasice de control optimal discret, problemele de aflare a caracteristicilor de performanță pentru sistemele de așteptare cu priorități si pentru problemele de aflare a caracteristicilor de bază in procesele de difuzie. Rezultate esențiale noi s-au obținut pentru procesele Markov decizionale si jocurile stocastice dinamice cu funcțiile de plată a costului mediu per tranziție și a costului total du discount a jucătorilor. S-au elaborat s-au argumentat noi algoritmi de aflarea strategiilor optime staționare a problemelor Markov decizionale și s-a demonstrat existența echilibrului Nash staționar pentru diverse clase de jocuri (in special pentru jocurile stocastice poziționale). Rezultate importante noi s-au obținute de asemenea pentru procesele de difuzie (procese de tip telegraf). Au fost elaboraiă o nouă metodă de aflare repartițiilor pentru procesele de evoluție de tip telegraf în spațiile Euclid $\mathbf{R}^2$, $\mathbf{R}^4$ și $\mathbf{R}^6$ și a fost sistematizată teoria generală pentru aceste procese. Rezultate marcante noi au fost obținute pentru procesele dinamice a mecanicii corpurilor solide și a gazelor, în special pentru problemele teoriei elasticităţii şi termoelasticităţii, problemelor de încărcare dinamică a solidelor şi formarea fluxurilor de gaze. A fost elaborată și dezvoltată o metodă deterministă nouă de construire a funcțiilor de influență pentru deplasările create de o sursă punctiformă unitară de căldură aplicată în interiorul corpurilor solide termo-elastic deformabile, bazată pe teoria funcțiilor Green și ecuației Poisson. A fost cercetată problema formarii fluxurilor de gaz vâscos termic-conductiv pentru sistemele de contact a gazului cu un solid în baza ecuațiilor Navier–Stoks și transformărilor integrale Laplase. Aceasta a permis de a simula procesul formării structurii fluxurilor în mediul gazos. Metodele analitice noi sunt teoretic argumentate iar algoritmii numerici elaborați sunt testați și estimați din punct de vedere a complexității de calcul. Rezultatele cercetărilor sunt publicate in ediții internaționale și naționale prestigioase.

În limba engleză

The research plan of the project for the years 2020-2023 has been fully realized. Research has been carried out regarding the development of analytical methods and numerical algorithms for solving stochastic dynamic decision-making problems that extend the classic problems of discrete optimal control, the problems of finding performance characteristics for priority queuing systems and for the problem of finding the basic characteristics for the diffusion processes. Essential new results were obtained for Markov decision processes and dynamic stochastic games with average and expected total discounted cost payoffs functions for the players. New algorithms for finding the stationary optimal strategies for Markov decision problems were elaborated and the existence of stationary Nash equilibrium for diverse classes of stochastic dynamic games where demonstrated (especially for positional stochastic games). Important new results were also obtained for diffusion processes (telegraph-type processes). A new method for finding distributions for telegraph-type evolution processes in Euclid spaces R2, R4 and R6 was developed and the general theory for these processes was systematized. Significant new results were obtained for the dynamic processes of the mechanics of solid bodies and gases, especially for the problems of the theory of elasticity and thermo-elasticity, the problems of dynamic loading of solids and the formation of gas flows. A new deterministic method for constructing the influence functions for the displacements created by a unitary point source of heat applied inside thermo-elastically deformable solids, based on the theory of Green's functions and Poisson's equation, was designed and developed. The problem of the formation of thermal-conductive viscous gas flows for gas-solid contact systems based on Navier-Stoks equations and integral Laplase transformations was investigated. This made it possible to simulate the process of formation of the flow structure in the gaseous environment. The new analytical methods are theoretically argued and the elaborated numerical algorithms are tested and estimated from the point of view of computational complexity. The research results are published in prestigious international and national editions.

Conducătorul de proiect Lozovanu Dmitrii _____

Data: _____

LŞ

Anexa nr. 2

Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate pentru anii 2020-2023 în cadrul proiectului din Programul de Stat

Metode_ deterministe şi stocastice de soluţionare ale problemelor de optimizare şi control

Cifrul proiectului 20.80009.5007.13

1. Monografii (recomandate spre editare de consiliul ştiinţific/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, ISBN: 9781003098133. 406 pp.,2021;
2. RATANOV, N., KOLESNIK, A. *Telegraph processes and option pricing*. Second edition, Springer,.2022, 420pp. ISBN 978-3-662-65826-0;
3. LOZOVANU D., PICKL S. *Markov decision processes and stochastic positional games.* Springer, 2023 396 pages, ISBN: 3031401794, 9783031401794

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;
3. CAPCELEA, M., CAPCELEA, T. *Aproximarea funcțiilor continue pe porțiuni*. CEP USM, Chișinău, 2022, 110pp. ISBN 978-9975-159-86-9.

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, 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. BROADBRIDGE, P.; KOLESNIK, A.; LEONENKO, N.; OLENKO, A.; OMARI. D. *Spherically restricted random hyperbolic diffusion*. Entropy, V. 22, ISSN 1099-4300, 2020, pp.217-248.IF. 2.5.

2. SEREMET V. , CRETU I. *New Green's functions for a thermos-elastic unbounded parallepiped under a point heat source and their applications*. Acta Mecanica, 234 (12), 2023, p 1 - 14., http://dx.doi.org/10.1007/s00707-023-03675-3, rev. ISI,IF: 2,65;

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

1. 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. ŞEREMET, V.; CREŢU. 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;
3. 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.
4. СТЕЦЮК,П.І.,; СОЛОМОН, Д.І.,; ГРИГОРАК, М.Ю. *Кратчайшие -вершинные циклы и пути*. КІБЕРНЕТИКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ISSN 2707-4501, 2021, N. 3, С. 85-98.
5. ŞEREMET, V.; CREŢU, I. *Analytical analysis and graphical presentations of three dimensional influence functions within a thermos-elastic half-layer*, Transylvanian Journal of Mathematics and Mechanics. 13,N.1 ISSN 2067-239X, 2021, 8 p.
6. ŞEREMET, V., CREŢU I. *Thermo-elastic influence functions, caused by a unitary point heat source, applied in a quarter of layer*, Transylvanian. Journal of Mathematics and Mechanics, 34-42, 3(15),2022 .ISSN:2067-239X.

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

1. LAZARI, A.; LOZOVANU, D. *New algorithms for finding the limiting and differential matrices in Markov chains*. Buletinul AŞM, ser. Matematica, *N **1** (92)*, 2020, ISSN1024-7696, pp 75 – 88. Cat. A;
2. BUZATU, R. *Binary linear programming approach to graph convex covering problems*. Buletinul AŞM, ser. Matematica, *N 3(91)*, 2019 (Editat n 2020), ISSN1024-7696, Cat A;

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.Cat. A;

3.CAPCELEA, M.; CAPCELEA, T. *Laurent-Padé approximation for locating singularities of meromorphic functions with values given on simple closed contours.* Buletinul AŞM, ser. Matematica, *N*. 2(93), 2020, ISSN1024-7696, pp. 76-87. Cat. A.

4.LAZARI, A. *Algebraic View over Homogeneous Linear Recurrent Process*es, Buletinul AŞM, ser. Matematica., Nr.1, p. 103-124. ISSN 1024-7696, 2021. Cat A;

5.CAPCELEA, M.; CAPCELEA, T. *Localization of singular points of meromorphic functions based on interpolation by rational functions.* Buletinul AŞM, ser. Matematica., Nr.1. p.125-136. ISSN 1024-7696, 2021. Cat A;

6. RUSU, I.; CREŢU, 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, 2021., Cat. B.
7. LAZARI, A. Asymptotic behavior of Homogeneous linear recurrent processes and their perturbations., *Buletinul AŞM, ser. Matematica.*, Nr. 2, p. 103-124, 2022 ISSN 1024-7696., Cat. A. 8. CAPCELEA, M.; CAPCELEA, T. B-spline approximation of discontinuous functions defined on a closed contour in the complex plane. *Buletinul AŞM, ser. Matematica.*, Nr.2. p.90-102, 2022, ISSN 1024-7696., Cat A.

9. LOZOVANU, D., PPICKL, S. *Equilibria in pure strategies for a two-player zero-sum average stochastic positional game*. Buletinul AŞM, ser. Matematica., Nr.1, p.75-82, 2022, ISSN 1024-7696., Cat. A.
10. LOZOVANU D, PICKL S. *On the existence of stationary Nash equilibria for meanp payoff games on graphs***.** Bul. Acad. Științe Repub. Mold. Mat., 2023, No. 2 (102), p. 41 - 51., Cat. A;ISSN 1024-7696.
11. LAZARI A. *Zero-Order Markov Processes with Multiple Final Sequences of States*. Bul. Acad. Științe Repub. Mold. Mat., 2023, No. 2 (102), p. 110 - 115., ISSN 1024-7696, Cat. A.
12. CAPCELEA M., CAPCELEA T. *B-spline collocation method for solving Fredholm integral equations with discontinuous right-hand side*. Bul. Acad. Științe Repub. Mold. Mat., 2023, No. 2 (102), p. 92 - 101., ISSN 1024-7696, Cat. A.

4.4. în alte reviste naționale

5. Articole în culegeri ştiinţifice naționale/internaționale

5.1. culegeri de lucrări ştiinţifice editate peste hotare

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" Bucureşti, ISBN 978 – 606 – 8716 – 54 – 1. pp. 324-345. 2020

2. NAVAL, E. *Optimization Model for Moldova with Multiple Criteria*. Conferinţa internaţională "Dezvoltarea Economico - Socială Durabilă a Euroregiunilor şi a Zonelor Transfrontaliere", 30 octombrie 2020, Iaşi, 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/ES U.2413-9335.2020.5.74.757, pp. 61-65.

4. 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.

5. LOZOVANU, D., PICKL, S. *Pure and mixed stationary Nash equilibria for dynamic positional games on graphs*. Proceedings of 19th Cologne-Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization, Munchen. Germany, 2023, pp 53-56

6.MISHKOY, 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.

5.2 culegeri de lucrări ştiinţifice editate în Republica Moldova

6. Articole în materiale ale conferințelor științifice

6.1. în lucrările conferinţelor ştiinţifice internaţionale (peste hotare)

1. NAVAL, E. *The Evolution of the Gross Domestic Product in a Pandemic. Conferinţa internaţională,* ediţia XVII-a - "Dezvoltarea Economico - Socială Durabilă a Euroregiunilor şi

a Zonelor Transfrontaliere", 29 octombrie 2021, Iaşi, România, V. XXXVII, ISBN 978-606-685; pp 331-337.

2. SECRIERU G. *Analysis of the influence of accommodation on the formation of real gas flows* (in Russian). Proceedings of the 14th International scientific and practical conference "Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects". Berlin, Germany, 17-19.07.2022, ISBN 978-3-954753-03-1, pp. 199-205.

6.2. în lucrările conferinţelor ştiinţifice internaţionale (Republica Moldova)

6.3. în lucrările conferinţelor ştiinţifice naţionale cu participare internaţională

1.NAVAL, E. *Evaluarea Egalităţii de Gen şi Abilitării Femeilor*. Conferinţa Ştiinţifică Internaţională „Implicaţii Economice şi Sociale ale Pandemiei Covid-19: Analiză, Prognoze şi Strategii de Atenuare a Consecinţelor". Moldova, Chișinău, 23 octombrie 2020. ISBN 978-9975-3305-6-5, 2020, pp.15.

6.4. în lucrările conferinţelor ştiinţifice naţionale

1. NAVAL, E. *Evaluarea Egalităţii de Gen şi Abilitării Femeilor.* Conferinţa Ştiinţifică Internaţională „Implicaţii Economice şi Sociale ale Pandemiei Covid-19: Analiză, Prognoze şi Strategii de Atenuare a Consecinţelor". Moldova, Chișinău, 23 octombrie 2020. ISBN 978-9975-3305-6-5, *2020, pp.15.*

2. NAVAL, E. *Determinarea ritmului de creştere al produsului intern brut în condiţii pandemice. Conferinţa Internaţională Ştiinţifico - Practică* „Creşterea economică în condiţiile globalizării". Ediţia a XV-a, Chişinău, 15-16 octombrie 2021, ISBN 978-9975-3463-3-7, 2021, pp.24-29.

7. Teze ale conferinţelor ştiinţifice

7.1. în lucrările conferinţelor *ştiinţifice internaţionale (peste hotare)*

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

2. 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.

3. LAZARI A. *Advanced Properties of Homogeneous Linear Recurrences with Applications to Stochastic Problems*. Abstracts of "The Tenth Congress of Romanian Mathematicians", Pitesti, Romania, June 30 - July 5, 2023, p. 56.

4. LOZOVANU, D., PICKL, S. *Pure and mixed stationary Nash equilibria for dynamic positional games on graphs*. Abstract of 19th Cologne-Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization, CTW-2023, Garmisch-Partenkirchen, Germany, June 20-23, 2023, pp 52.

7.2. în lucrările conferinţelor ştiinţifice internaţionale (Republica Moldova)

1. BUZATU R. *Exact approaches for solving the convex covering problem of graphs*. Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 57.

2. CAPCELEA M., CAPCELA T. *Algorithm for approximation the solution of the Fredholm integral equation with discontinuous right-hand side*. Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 58 – 59..

3. LAZARI A. *Asymptotic Behavior of Markov Processes*. Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 62 - 63.

5. DAMIAN F. *Hyperbolic manifolds built on the geometries of their cusps or submanifolds*. Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova June 26 – 29, 2023, p. 23.

9. LOZOVANU D. *Optimal stationary strategies for stochastic positional games*. Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 65 - 66.

10. NAVAL E. *The evolution of the omicron virus and the influenza virus in Moldova.* Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 66-67.

11. SECRIERU G. *Dynamics of the one-dimensional flows in gas-wall contact system in the presence of thermal impacts.* Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 7071.

12. ZAMORZAEVA E. On discerning Delone classes of 3-isohedral spherical tilings. International Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova June 26 – 29, p. 33

7.3. în lucrările conferințelor științifice naţionale cu participare internaţională

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. CREŢU, I; RUSU, I.; BEJAN, S. *The results of the analysis the technical condition of biding of strategic importance in Ungheni district 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 75th 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 75th 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.* Abstracts of the International Conference Mathematics and IT, dedicated 75th anniversary of Moldova State University, July 1-3, p 78-79, 2021.
9, ZAMORZAEVA, E.. *On the complete enumeration of 3-isohedral spherical tiling for group series n×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.
10, SECRIERU G. Simulation of the interaction of real gas and walls with different initial temperatures. *Abstracts of 29th conference on applied and industrial mathematics (CAIM 2022)*, ISBN 978-9975-81-074-6, pp 92-94. Chisinau, Republic of Moldova, August 25-28, 2022;
11. BUZATU, R. Convex covering problem of graphs resulting from some graph operations. *Abstracts of 29th conference on applied and industrial mathematics (CAIM 2022))*, ISBN 978-9975-81-074-6, pp 92-94. Chisinau, Republic of Moldova, August 25-28, 2022-6, p 106.
12. LOZOVANU, D. Average-discounted equilibria.for stochastic positional games. *Abstracts of 29th conference on applied and industrial mathematics (CAIM 2022))*, ISBN 978-9975-81-074-6,. Chisinau, Republic of Moldova, August 25-28, , p115-116, 2022.
13. LAZARI, A. Perturbed homogeneous linear recurrent systems, *Abstracts of 29th conference on applied and industrial mathematics (CAIM 2022))*, ISBN 978-9975-81-074-6,. Chisinau, Republic of Moldova, August 25-28, , p113-114, 2022.
14 MITEV, L. Modelling performance characteristics for Polling models with semi-Markov switching and priorities. *Abstracts of 29th conference on applied and industrial mathematics (CAIM 2022))*, ISBN 978-9975-81-074-6,. Chisinau, Republic of Moldova, August 25-28, , p116, 2022.
15. SOLOMON,D. Optimization methods for min-max fractional problems. *Abstracts of 29th conference on applied and industrial mathematics (CAIM 2022))*, ISBN 978-9975-81-074-6,. Chisinau, Republic of Moldova, August 25-28, , p119-120, 2022.
16, ZAMORZAEVA, E.. On normal 3-isohedral spherical tilling for group series. *Abstracts of 29th conference on applied and industrial mathematics (CAIM 2022))*, ISBN 978-9975-81-074-6,. Chisinau, Republic of Moldova, August 25-28, , p167, 2022.
17. BUZATU R. *Exact approaches for solving the convex covering problem of graphs*. Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 57.

8. CAPCELEA M., CAPCELA T. *Algorithm for approximation the solution of the Fredholm integral equation with discontinuous right-hand side*. Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 58 – 59.
9. LAZARI A. *Asymptotic Behavior of Markov Processes*. Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 62 - 63.
20. DAMIAN F. *Hyperbolic manifolds built on the geometries of their cusps or submanifolds*. Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova June 26 – 29, 2023, p. 23.
21. LOZOVANU D. *Optimal stationary strategies for stochastic positional games*. Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 65 - 66.
22. NAVAL E. *The evolution of the omicron virus and the influenza virus in Moldova.* Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 66-67.
23. SECRIERU G. *Dynamics of the one-dimensional flows in gas-wall contact system in the presence of thermal impacts.* Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova, June 26 - 29, 2023, p. 7071.
24. ZAMORZAEVA E. On discerning Delone classes of 3-isohedral spherical tilings. International Abstracts of International Conference "Mathematics & Information Technologies: Research and Education", Chisinau, Republic of Moldova June 26 – 29, 2023, p. 33.

7.4. în lucrările conferinţelor ştiinţifice naţionale

Notă: *vor fi considerate teze şi nu articole materialele care au un volum de până la 0,25 c.a.*

8. Alte lucrări ştiinţifice (recomandate spre editare de o instituţie acreditată în domeniu)

8.1.cărţi (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicţionare

8.3. atlase, hărţi, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării ştiinţifice)

9. Brevete de invenţii şi alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenţii

10. Lucrări ştiinţifico-metodice şi didactice

10.1. manuale pentru învăţământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort)

10.2. manuale pentru învăţământul universitar (aprobate de consiliul ştiinţific /senatul instituţiei)

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

10.3. alte lucrări ştiinţifico-metodice şi didactice

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

Anexa nr. 3

Volumul total al finanțării proiectului 2020-2023

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.13

Anul	Finanţarea planificată (mii lei)	Finanțarea Executată (mii lei)	Cofinanțare (mii lei)
2020	*930,2*	*849.5*	0
2021	*1026.1*	*1026.1*	0
2022	*1076.8*	*1074.0*	0
2023	*1236.0*	*1266.0*	0
Total	*4269.1*	*4215.6*	0

Conducătorul organizației _____/ **ȘAROV Igor**

Contabil șef _____/ **COJOCARU Liliana**

Conducătorul de proiect _____/ **LOZOVANU Dmitrii**

Data: _____

LȘ

Anexa nr. 4

Componența echipei pe parcursul anilor 2020-2023

Lista executorilor, potențialul științific, inclusiv indicarea modificărilor echipei de cercetare pe durata Programului de stat (*funcţia în cadrul proiectului, titlul ştiinţific, semnătura executorilor la data de 31 decembrie 2023)*

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.13

Echipa proiectului conform contractului de finanțare 2020-2023						
Nr	**Nume, prenume (conform contractului de finanțare)**	**Anul nașterii**	**Titlul științific**	**Norma de muncă conform contractului**	**Data angajării**	**Data eliberării**
1.	Lozovanu Dmitrii	1948	Dr.h	1	01.01.2020	31.12.2023
2.	Kolesnik Alexander	1957	Dr.h	1	01.01. 2020	31.12.2023
3.	Mișcoi Gheorghe	1944	Dr.h.	0.5	01.01.2020	12.09.2020
4.	Solomon Dumitru	1951	Dr.h	0.5	01.01.2021	29.10.2022
5.	Șeremet Victor	1945	Dr.h	0.5	01.01.2020	31.12.2023
6.	Secrieru Grigore	1942	Dr.	0.75	01.01.2020	31.12.2023
7.	Naval Elvira	1945	Dr.	0.75	01.01.2020	31.12.2023
8.	Lazari Alexandru	1984	Dr.	0.5	01.01.2020	31.12.2023
9.	Capcelea Titu	1980	Dr.	0.25	01.01.2020	31.12.2023
10.	Mitev Lilia	1986	Dr.	0.25	01.01.2020	31.12.2023
11.	Crețu Ion	1986	Dr.	0.25	01.01.2020	31.12.2023
12.	Buzatu Radu	1989	Dr.	025	01.01.2020	31.12.2023
13.	Zamorzaeva Elizaveta	1954	Dr.	0.25	01.01.2021	31.12.2023
14.	Damian Florin	1963	Dr.	0.5	01.01.2023	31.12.2023
15.	Capcelea Maria	1978	Dr.	0.25	01.01.2020	31.12.2023
16.	Capcellea Maria	1978	Dr.	0.5	01.01.2023	31.12.2023

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform proiectului – 35%

Conducătorul de proiect Lozovanu Dmitrii _____

Data: _____

LŞ

Anexa nr. 5

Formular privind raportarea indicatorilor în cadrul proiectului Programe de Stat pentru perioada 2020 – 2023

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.13

Indicator 1	**Rezultat**				**Indicator 2**	**Rezultat**				**Indicator 3**	**Rezultat**			
	2020	**2021**	**2022**	**2023**		**2020**	**2021**	**2022**	**2023**		**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
Nr. de cereri de brevete înregistrate în cadrul proiectului de cercetare finanțat					**Nr. de brevete** obținute în cadrul proiectului de cercetare finanțat					Procentul lucrărilor științifice **aplicate în practică, din totalul lucrărilor publicate** în cadrul proiectului de cercetare finanțat				
Total	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0

Conducător de proiect Lozovanu Dmitrii _____

Data _____

LS

Anexa nr. 6

INFORMAȚIE SUPLIMENTARĂ

1. **Nu vor fi examinate** rapoartele incomplete, fără toate semnăturile și parafa instituției și care nu corespund cerințelor de tehnoredactare (pct. 6).
2. Rapoartele finale privind implementarea proiectelor ce implică activități de cercetare **pe animale** vor fi însoțite de avizul Comitetului de etică național/instituțional în corespundere cu HG nr.318/2019 *privind aprobarea Regulamentului cu privire la organizarea și funcționarea Comitetului național de etică pentru protecția animalelor folosite în scopuri experimentale sau în alte scopuri științifice* (https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=115171&lang=ro).
3. Rapoartele finale privind implementarea proiectelor ce implică activități de cercetare **cu implicarea subiecților umani** vor fi însoțite de avizul Comitetului instituțional de etică a cercetării, în corespundere cu prevederile *Convenției europene pentru protecția drepturilor omului și a demnității ființei umane față de aplicațiile biologiei și medicinei,* adoptată la Oviedo la 04.04.1997, semnată de către RM la 06.05.1997, **ratificată prin Legea nr. 1256-XV din 19.07.2002, în vigoare pentru RM din 01.03.2003**) și a protocoalelor adiționale.
4. **Nu pot fi prezentate informații identice în Rapoartele finale ale mai multor proiecte.**
5. Se acceptă publicațiile în care expres sunt stipulate datele de identificare ale proiectului (denumire și/sau cifrul).
6. **Cerințe de tehnoredactare a Raportului**:
   a) Se va exclude textul în culoare roșie din raportul final, întrucât reprezintă precizări referitor la informația solicitată (de ex. *denumirea și cifrul, perioada de implementare a proiectului, anul/anii); nume, prenume; etc.*).
   b) Câmpurile cu mențiunea „*opțional"* se completează dacă sunt rezultate ce se încadrează în activitățile respective. În absența rezultatelor, câmpurile rămân **necompletate (nu se exclud rubricile respective).**
   c) Raportul se completează cu caractere TNR – 12 pt, în tabelele referitor la buget și personal –11 pt; interval 1,15 linii; margini: stânga – 3 cm, dreapta – 1,5 cm, sus/jos – 2 cm.
   d) **Copertarea se va face după modelul european – spirală**.