

**ACADEMY OF TRANSPORT,  
INFORMATICS AND COMMUNICATIONS**

**V.M. GLUSHKOV INSTITUTE OF CYBERNETICS OF THE  
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE OF UKRAINE**

**MOLDOVA STATE UNIVERSITY**

**TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV**

**NORWEGIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**INTERNATIONAL INSTITUTE FOR APPLIED SYSTEMS ANALYSIS**



Norwegian University of  
Science and Technology



V.M. GLUSHKOV  
INSTITUTE OF  
CYBERNETICS



International Institute for  
Applied Systems Analysis  
IIASA [www.iiasa.ac.at](http://www.iiasa.ac.at)



**International Scientific Conference**

**MATHEMATICAL MODELING,  
OPTIMIZATION AND INFORMATION  
TECHNOLOGIES**

**7th edition**

**15 - 19 November 2021**

**Chişinău –Kiev –Batumi**

**Chişinău • CEP USM • 2022**

CZU 519.711:004(082)=00

M 84

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții din Republica Moldova

**„Mathematical modeling, optimization and information technologies”, international scientific conference (7; 2021; Chișinău).** International Scientific Conference „Mathematical modeling, optimization and information technologies”, 7th edition, 15-19 November 2021, Chișinău-Kiev-Batumi / redactor responsabil: Dumitru Solomon; coligiul de redacție Petru Stețiuc [et al.] – Chișinău: CEP USM, 2022. – 348 p.: fig., tab.

Antetit.: Acad. of Transport, Informatics and Communications, „V.M. Glushkov” Inst. of Cybernetics of the Nat. Acad. of Science of Ukraine, Moldova State Univ. [et al.] – Texte: lb. rom., engl., ucr., rusă. – Referințe: Bibliogr. la sfârșitul art. – 150 ex.

ISBN 978-9975-159-03-6

CZU 519.711:004(082)=00

M 84

Prezenta lucrare conține articole științifice din domeniile modelării matematice, metodelor de optimizare, controlului optimal și tehnologiilor informaționale cu aplicații în tehnologia, economia și managementul transporturilor.

### **Redactorul responsabil:**

**Dumitru SOLOMON**, Dr. hab., Prof. univ., ATIC, Chișinău  
Col. știnc. Princ., IMI AȘM, Chișinău

### **Colegiul de redacție:**

**Petru STEȚIUC** – Dr. hab., Prof. unif., ANȘU, Kiev,  
**Boris HÎNCU**, Dr., assoc. prof., USM, Chișinău,  
**Dumitru LOZOVANU**, Dr. hab., Prof. univ., IMI AȘM, Chișinău,  
**Vladimir ZASLAVSCHI** – Dr. hab., Prof. unif., UNK, Kiev,  
**Ibraim DIDMANIDZE** – Dr. hab., Prof. unif., US Batumi,  
**Boris CIUMACOV** – IC ANȘU, Kiev,  
**Olga YAMCOVA** – UNK, Kiev

M-48

ISBN 978-9975-159-03-6

©CEP USM, 2022

© ATIC, 2022



International Institute for  
Applied Systems Analysis  
www.iiasa.ac.at



**Information about Project** CPEA-LT-2016/10003 “Advanced Collaborative Program for Research Based Education on Risk Management in Industry and Services under Global Economic, Technological and Environmental Changes: Enhanced Edition”. Project CPEA-LT-2016/10003 is financed Norwegian Directorate for Higher Education and Skills (NDHES).

***Main Partners:***

Norwegian University of Science and Technology (NTNU, Trondheim, Norway), Department of Industrial Economics and Technology Management, Project coordinator Institution in Norway (IoN): Prof. Alexei Gaivoronski.

Taras Shevchenko National University of Kyiv (TSNUK), Faculty of Computer Science and Cybernetics (Kyiv, Ukraine), Project coordinator Institution outside Norway (IoN): Dr., Prof. Volodymyr Zaslavskyi.

***Network Partners:***

V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Science of Ukraine (NASU, Kyiv, Ukraine), Batumi Shota Rustaveli State University (BSU, Batumi, Georgia), Ivane Javakhishvili Tbilisi State University (TSU, Tbilisi, Georgia), Moldova State University (MSU, Moldova), Academy of Transport, Informatics, and Communications (ATIC, Moldova), Miratech Corporation Ukraine (MCU, Kyiv, Ukraine), International Institute for Applied System Analyses (IIASA, Austria), Systems Analysis Committee of NASU (Kyiv, Ukraine).

**The main goal** of the CPEA-LT-2016/10003 project is to enhance educational and academic collaboration between Norwegian University of Science and Technology and the leading Ukrainian, Georgian and Moldavian Universities for training highly qualified specialists in the field of quantitative risk management and risk optimization, decisions support under risk and uncertainty in different branches of economics, industry and services.

In the project will result in development of new research based study modules in quantitative risk management, optimal economic decisions under risk and uncertainty on PhD and Master of Science levels at these institutions.

The modules will be based on contemporary models of systems analysis, discrete and stochastic optimization and decision making theory under uncertainty, which during the last years became a methodology for analysis of planning problems in industry and services in the presence of ambiguity.

The cooperation will be based on a framework presented in the Bologna declaration as well as on the previous experience of NTNU's cooperation with research and educational institutions in Ukraine, Moldova and Georgia.

**The objectives of the project are:**

1. Establishing of a joint pilot PhD-school in the field of Quantitative Risk Management in accordance with European educational standards, which will be a pattern for similar PhD-schools in other fields.
2. Incorporation of Quantitative Risk Management methodology into educational Master programs at IoNs in accordance with EU standards.
3. Promotion and supporting of students, faculty and staff mobility for participated institutions from Norway, Ukraine, Moldova, and Georgia was organized “Norwegian-Georgian-Moldavian-Ukrainian Summer School on Quantitative Risk Management” (1-15 October, 2018, Batumi Shota Rustaveli State University, Batumi, Georgia).
4. Harmonization of curriculum and QA systems at the partner institutions based on Bologna declaration and national legislation for education and science.
5. Increasing cooperation in promoting research based education on Risk management with applications in industry, economy and environmental safety.
6. Network development and promotion of business connections between Norway, Ukraine, Moldova, and Georgia.
7. Internationalization of the programs for assurance of high international standard of both programs by leveraging international educational and research networks of NTNU in the field of risk management, industrial economics and optimal decision support under risk and uncertainty.

In 2020, the conference planned for the project in Moldova was not held due to the coronavirus pandemic COVID-19. At the same time, the Norwegian Directorate for Higher Education and Skills (NDHES) support to extend the implementation period of the project CPEA-LT-2016/10003 until 2022.

International conference “Mathematical modeling, optimization and information technologies” in Chişinău, Moldova, November 15-19, 2021 is organized with the participation of all project partners, students, PhD students, scientific and pedagogical staff in order to exchange experience, new results of scientific research related to the topic project.

**Professor Alexei Gaivoronski,**  
**Project coordinator Institution in Norway**  
**Professor Volodymyr Zaslavskyy,**  
**Project coordinator from Institution outside of Norway**

## INSTITUȚIILE PARTICIPANTE – УЧАСТВУЮЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

A feature of this international conference is its online mode, which allowed scientists, students and PhD students from different countries to take part in its work, make presentations and listen to new scientific results.

The conference was attended by researchers and teachers, students and PhD students from academic institutions and universities of Ukraine (52), Moldova (13), Georgia (8), Austria (2), Norway (1), Azerbaijan (2) and other countries. Below is a list of organizations whose employees took part and were listeners at the conference.

1. Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg
2. Azerbaijan, Institute of Control Systems of Azerbaijan NAS, Baku
3. Azerbaijan, Institute of Mathematics and Mechanics of Azerbaijan NAS, Baku
4. Belarus, Belarusian State University, Minsk
5. Finland, University of Turku, Turku
6. Georgia, Batumi Maritime State Academy
7. Georgia, Batumi Shota Rustaveli State University
8. Georgia, Georgian Technical University, Tbilisi
9. Georgia, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi
10. Moldova, Academia de Studii Economice, Chișinău
11. Moldova, Academia de transport, informatică și comunicații, Chișinău
12. Moldova, Institutul de Matematică și Informatică AȘM, Chișinău
13. Moldova, Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău
14. Norway, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim
15. Russia, Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk
16. Russia, Federal Research Center for Information and Computational Technologies and Novosibirsk State University, Novosibirsk
17. Turkey, Dokuz Eylül University, Izmir
18. Turkey, Ege University, Izmir

19. Україна, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ
20. Україна, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ
21. Україна, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, Харків
22. Україна, Медичний реабілітаційний центр «Пуща-Водиця» МВС України, Київ
23. Україна, Запорізький національний університет, Запоріжжя
24. Україна, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ
25. Україна, Київський університет імені Бориса Грінченка, Київ
26. Україна, Національний авіаційний університет, Київ
27. Україна, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ
28. Україна, Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя
29. Україна, Український державний хіміко-технологічний університет, Дніпро
30. Україна, ДННУ «Академія фінансового управління», Київ
31. Україна, Інститут електродинаміки НАН України, Київ
32. Україна, Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів
33. Україна, Національний університет «Києво-Могилянська академія», Київ
34. Україна, Національний університет «Львівська політехніка», Львів
35. Україна, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород
36. Україна, Університет державної фіскальної служби України, Ірпінь Київської області, Україна
37. Україна, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків
38. Україна, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків

## Cuprins

<b>1. Aida-zade K.R.</b> Research and solution methods of problems of network structure optimization .....	15
<b>2. Baractari Anatolie, Ciumacov Boris, Godonoagă Anatol</b> Model de planificare a producției cu mai multe etape.....	17
<b>3. Blanuța Ștefan, Ciumacov Boris, Godonoaga Anatol</b> Modele de producție și funcții de poluare .....	20
<b>4. Bogdanskii V., Pilipenko A.</b> Functional limit theorems for perturbed random walks.....	24
<b>5. Buzatu Radu</b> Un algoritm de clasificare a grafurilor neorientate pentru soluționarea problemei de acoperire cu mulțimi d-convexe .....	27
<b>6. Capcelea Maria, Capcelea Titu</b> An algorithm for determining optimal stationary strategies for unichain control problem .....	30
<b>7. Capcelea Maria, Capcelea Titu</b> An algorithm for solving multichain discrete optimal control problems .....	34
<b>8. Didmanidze I., Zaslavski V., Imnaishvili G., Didmanidze Marina</b> Data management information technologies.....	36
<b>9. Didmanidze I., Tsitskishvili G., Kutchava M.</b> Marine transport cargo assembly and operation .....	39
<b>10. Didmanidze D., Akhvlediani N., Zoidze K., Akhvlediani D.</b> Computer training systems.....	42
<b>11. Didmanidze Manana, Motskobili I., Didmanidze T.</b> Factors affecting unemployment.....	45

<b>12. Dubinsky V., Pankratov A., Romanova T., Shekhovtsov S.</b>	
Layout of 2D irregular object clusters .....	47
<b>13. Dunaievskiy M.S.</b>	
Optimal inventory management in condition of uncertainty .....	49
<b>14. Emelichev V.A., Bukhtoyarov S.E., Nikulin Yu.V.</b>	
On stability of multicriteria parametrized investment problem with savage's risk criteria .....	52
<b>15. Ermoliev Y.M., Komendantova N., Ermolieva T.</b>	
Strategic DSS for robust energy production and storage investments and operation planning involving variable renewable energy sources: a two-stage stochastic optimization model with stopping time and rolling time horizon .....	57
<b>16. Ermolieva T., Havlik P., Kahil T., Balkovic J., Skalsky R., Ermoliev Y., Knopov P., Borodina O. Gorbachuk V.</b>	
Climate change adaptation through robust land use planning: two-stage stochastic optimization for risk-informed decision making .....	59
<b>17. Gaivoronski A., Gorbachuk V.</b>	
The stochastic problem for cloud services .....	64
<b>18. Golban Lilian</b>	
Sectorul bancar: unele modele decizionale în contextul stării de incertitudine .....	72
<b>19. Guliyev S.Z.</b>	
On methods of managing optimization software packages with the application of parallel computations .....	78
<b>20. Hâncu Boris, Cataranciuc Emil</b>	
Data parallelization for solving bimatrix games .....	82
<b>21. Ivanenko V.A.</b>	
Generating press review about startup investments .....	91

<b>22. Kyrylyuk V.S.</b>	
Robust constructions of risk measures for optimization under uncertainty .....	96
<b>23. Lebedev E.A., Sharapov M.M.</b>	
Optimization problems for retrial queues with unreliable server .....	98
<b>24. Lozovanu Dmitrii</b>	
Pure and mixed stationary equilibria for stochastic positional games.....	99
<b>25. Makharadze Anastasia</b>	
IT translation .....	101
<b>26. Namgalauri E., Purtukhia O.</b>	
Different approaches in the constructive martingale representation of brownian functionals.....	107
<b>27. Naval Elvira</b>	
Lanțurile Markov și balanța interramurală .....	110
<b>28. Pațiu Vladimир, Rîbacova Galina</b>	
Optimal control of dynamic processes in a heat exchanger.....	113
<b>29. Romanova T.</b>	
Sparse packing and its application.....	117
<b>30. Samnidze N., Diasamidze M., Makharadze N., Nakashidze-Makharadze T., Beridze Z.</b>	
Use of digital tools to enhance teaching and learning .....	124
<b>31. Solomon Dumitru</b>	
Probleme de optimizare în sistemele de transport și logistică a mărfurilor.....	129
<b>32. Tkacenko Alexandra</b>	
The solving method of multicriteria linear optimization problem in integers.....	131

<b>33. Zaslavskiy Volodymyr, Horbunov Oleh, Kliatskiy Yuri</b> Creation of a decision support system for individual health improvement of persons working at critical infrastructure facilities .....	141
<b>34. Zaslavskiy Volodymyr, Pasichna Maiia</b> Outlook on the factors influencing selection of electricity production sources within energy industry .....	146
<b>35. Zaslavskiy Volodymyr, Pushkarenko Yurii</b> <b>Improvements in median trajectory analysis.....</b>	149
<b>36. Антонюк А.О., Антонюк Н.Г., Бєлих Т.В.</b> Використання позитивно визначених матриць в задачах математичного програмування .....	154
<b>37. Аралова Н.И., Ключко Е.М., Машкин В.И., Машкина И.В.</b> Математические модели функциональных систем организма для имитации течения вирусного заболевания .....	160
<b>38. Атоев К.Л.</b> Математическое моделирование влияния глобальной пандемии на продовольственную безопасность .....	164
<b>39. Багратиони И. О.</b> Этические инновации из истории политической индустрии через управление рисками.....	168
<b>40. Бардадым Т.А., Осипенко С.П.</b> Тестирование воспроизводимости вычислений в облачной и реальной кластерных средах .....	173
<b>41. Біла Г.Д.</b> Про один підхід оцінювання майже періодичного сигналу за спостереженнями випадкового процесу із сильною залежністю.....	177

<b>42. Богданов О.В.</b>	
Стохастические модели в задачах прогнозирования эпидемиологической ситуации .....	179
<b>43. Буткевич О.Ф.</b>	
Деякі актуальні задачі підвищення надійності функціонування електроенергетичних систем та енергооб'єднань та їх розв'язання .....	182
<b>44. Глазунов Н.М.</b>	
Экстремальные задачи на многообразиях и методы арифметической геометрии .....	186
<b>45. Глебена М.І., Цегелик Г.Г.</b>	
Чисельний метод відшукування нулів будь-якої неперервно диференційованої функції на заданому проміжку.....	192
<b>46. Головки І.А., Ребриков Н.Н., Козина Г.Л.</b>	
Реализация платежной системы с использованием блокчейна .....	195
<b>47. Григорак М.Ю.</b>	
Вплив ринку логістичних послуг як чинника економічного зростання на основі моделі міжгалузевого балансу .....	198
<b>48. Дидманидзе І.Ш., Ахвледиани Н., Ямкова О.</b>	
Роль информационных технологий в вербальных коммуникационных системах .....	202
<b>49. Журбенко Н.Г., Лиховид А.П.</b>	
Регуляризация матрицы преобразования в модификациях г-алгоритма .....	207
<b>50. Зоркальцев В.И.</b>	
Алгоритмы внутренних точек: история, результаты исследований, приложения и перспективы .....	211
<b>51. Каситська Е.Й., Кнопов П.С.</b>	
Про великі відхилення розв'язків задач стохастичного програмування .....	219

<b>52. Карпець Е.П., Кузьменко В.М.</b> Питання удосконалення інструментарію економетричної моделі витрати-випуск для оцінки впливу ІТ-індустрії .....	225
<b>53. Кнопов П.С., Пепеляева Т.В.</b> Многомерные модели управления запасами.....	230
<b>54. Козин И.В., Землянский А.А.</b> Гибридные метаэвристики в задачах поиска оптимальных маршрутов .....	232
<b>55. Косолап А.И.</b> Практическая эффективность метода EQR для решения задач глобальной оптимизации .....	234
<b>56. Кулик В.В., Стецюк П.І.</b> Спектральні властивості агрегованої моделі «витрати-випуск» економіки України.....	238
<b>57. Лебедева Т.Т., Семенова Н.В., Сергиенко Т.И.</b> Устойчивость по векторному критерию задачи многокритериальной оптимизации с непрерывными целевыми функциями .....	243
<b>58. Легеза В.П.</b> Решение задачи Цермело в вариационной постановке .....	248
<b>59. Лефтеров А.В.</b> Информационно-коммуникационные технологии и система иероглифической идеографии.....	252
<b>60. Литвинов А. Л., Гавриленко І. О.</b> Застосування бази даних MOODLE в навчальному процесі.....	256
<b>61. Лукьянов И.О.</b> Об эффективности параллельного многопопуляционного генетического алгоритма для разного числа процессоров ...	260

- 62. Николенко Д.И.**  
 Распределенная информационная технология  
 обработки финансовых документов в табличной  
 форме для организации с корпоративной структурой ..... 264
- 63. Новожилова М.В., Крамаренко В.І., Чуб О.І.**  
 Критерії ефективності інформаційної технології  
 управління матеріальними ресурсами в будівництві ..... 268
- 64. Норкин В.И., Гуро Д.А., Куршаков М.Д.**  
 Информационная технология для распознавания  
 сходства фигур в метриках Хаусдорфа  
 методами негладкой глобальной оптимизации ..... 272
- 65. Норкін В.І., Козирев А.Ю.**  
 Про швидкість збіжності стохастичного кінцево-  
 різницевого методу оптимізації ..... 276
- 66. Огурцов М.І.**  
 Розробка спеціального алгоритму багатofакторної  
 автентифікації користувачів ..... 280
- 67. Пепеляева Т.В., Шпига С.П.**  
 Оптимальное управление стохастическим  
 уравнением с дробным винеровским процессом ..... 284
- 68. Самосьонок О.С.**  
 Математичне моделювання розповсюдження вірусної  
 хвороби в популяціях з прихованими носіями..... 287
- 69. Семенов В.В., Денисов С.В.**  
 Оценки сложности алгоритмов экстраградиентного  
 типа для вариационных неравенств в  
 банаховых пространствах ..... 291
- 70. Семенов В.В., Чайка Д.А., Фатеева И.М.**  
 Постоптимальный анализ задачи частично-  
 целочисленной оптимизации на основе метода Бендерса .... 295

- 71. Семенова Н.В., Ломага М.М.**  
Лексикографические задачи выпуклой оптимизации:  
метод отсекающих плоскостей ..... 300
- 72. Симонов Д.І.**  
Стійкість функції пропускної здатності вузлів в  
ланцюгах постачання ..... 304
- 73. Соломон Д.И.**  
Многоэтапные транспортные задачи производства  
продукции и логистики грузовых потоков ..... 307
- 74. Стецюк П.И., Нуриев У.Г., Нуриева Ф.У.**  
Новая модель целочисленного линейного  
программирования для задачи коммивояжера ..... 319
- 75. Стецюк П.І., Стовба В.О.**  
Про двоетапну транспортну задачу ..... 326
- 76. Стоян Ю.Г., Романова Т.Є., Кравченко О.В.,  
Чугай А.М., Дурягіна З.А.**  
Застосування методів геометричного проектування  
для моделювання штучних кернів ..... 330
- 77. Сулейманов С.-Б.**  
Про властивості децентралізованих економічних систем .... 333
- 78. Трофимчук А.Н., Васянин В.А., Ушакова Л.П.**  
Анализ решения задачи оптимизации иерархической  
структуры разреженной и плотной  
коммуникационной сети ..... 337
- 79. Шарый С.П.**  
Меры вариабельности оценок параметров в задачах  
восстановления зависимостей по интервальным данным .. 339
- 80. Хом'як О.М., Давидов О.О.**  
Метод еліпсоїдів для гіперкулі мінімального радіуса ..... 344