



**THE ISSUE CONTAINS:**

Proceedings of the 7th  
International Scientific  
and Practical Conference

**SCIENTIFIC GOALS AND  
PURPOSES IN XXI CENTURY**

Seattle, USA  
19-20.10.2024

SCIENTIFIC COLLECTION

**INTERCONF+**

**No 50 (221)**  
**October, 2024**

OPEN  ACCESS



Scientific Collection «InterConf+ »

---

No 50(221)

October, 2024

THE ISSUE CONTAINS:

Proceedings of the 7<sup>th</sup> International  
Scientific and Practical Conference

SCIENTIFIC GOALS AND  
PURPOSES IN XXI CENTURY

SEATTLE, USA

October 19–20, 2024



## UDC 001.1

**S 40** *Scientific Collection «InterConf+»*, 50(221): with the Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference «Scientific Goals and Purposes in XXI Century» (October 19-20, 2024; Seattle, USA) / comp. by LLC SPC «InterConf». Seattle: ProQuest LLC, 2024. 458 p.

ISSN 2709-4685

DOI 10.51582/interconf.19-20.10.2024

## EDITOR

**Anna Svoboda**

Doctoral student  
University of Economics;  
Czech Republic  
annasvobodaprague@yahoo.com

## COORDINATOR

**Mariia Granko**

Coordination Director  
LLC Scientific Publishing Center  
«InterConf»; Ukraine  
info@interconf.center

## EDITORIAL BOARD

Dmytro Marchenko (PhD in Engineering)  
Mykolayiv National Agrarian University  
(MNAU); Ukraine;

Mariana Vereskliia (PhD in Pedagogy)  
Lviv State University of Internal Affairs;  
Ukraine

Dan Goltsman (Doctoral student)  
Riga Stradiņš University;  
Republic of Latvia;  
goltsman.dan@inbox.lv

Katherine Richard (DSc in Law),  
Hasselt University; Kingdom of Belgium  
katherine.richard@protonmail.com;

Bashirov Ansar (Doctor of Medicine),  
EMIH of Almaty region,  
Republic of Kazakhstan

Stanyslav Novak (DSc in Engineering)  
University of Warsaw; Poland  
novaks657@gmail.com;

Kanako Tanaka (PhD in Engineering),  
Japan Science and Technology Agency; Japan;

Mark Alexandr Wagner (DSc. in Psychology)  
University of Vienna; Austria  
mw6002832@gmail.com;

Davit Tchiotashvili (Doctor of Economics),  
Gori State University, Georgia;

Richard Brouillet (LL.B.),  
University of Ottawa; Canada;

Kamilə Əliağa qızı Əliyeva (DSc in Biology)  
Baku State University; Republic of Azerbaijan

Giuli Giguashvili (Doctor of Economics),  
Gori State University, Georgia;

Tamar Makasarashvili (Doctor of Economics),  
Gori State University, Georgia;

Svitlana Lykholat (PhD in Economics),  
Lviv Polytechnic National University; Ukraine

Viktor Yanchenko (PhD in Pharm. Sc.),  
T.H. Shevchenko National University  
«Chernihiv Colehium»; Ukraine

Rakhmonov Aziz Bositovich (PhD in Pedagogy)  
Uzbek State University of World Languages;  
Republic of Uzbekistan;

Asta Marija Inkėnienė (Doctor of Pharm. Sc.),  
Lithuanian University of Health Sciences,  
Republic of Lithuania;

Vera Gorak (PhD in Economics)  
Karlovarská Krajská Nemocnice; Czech Republic  
veragorak.assist@gmail.com;

Polina Vuitsik (PhD in Economics)  
Jagiellonian University; Poland  
p.vuitsik.prof@gmail.com;

Alexander Schieler (PhD in Sociology),  
Transilvania University of Brasov; Romania  
alexandrds.schieler@protonmail.ch

George McGrown (PhD in Finance)  
University of Florida; USA  
mcgrown.geor@gmail.com;

Vagif Sultanly (DSc in Philology)  
Baku State University; Republic of Azerbaijan

Larysa Kupriianova (PhD in Medicine)  
Humanitas University, Italy

Temur Narbaev (DSc in Medicine)  
Tashkent Pediatric Medical Institute,  
Republic of Uzbekistan;  
temur1972@inbox.ru

Nataliia Mykhalitska (PhD  
in Public Administration)  
Lviv State University of  
Internal Affairs; Ukraine

## Please, cite as shown below:

1. Surname, N. & Surname, N. (2024). Title of an article. *Scientific Collection «InterConf+»*, 50(221), 21-27. <https://doi.org/10.1080/interconf...>



This issue of Scientific Collection «InterConf+» contains the materials of the International Scientific and Practical Conference. The conference provides an interdisciplinary forum for researchers, practitioners and scholars to present and discuss the most recent innovations and developments in modern science. The aim of conference is to enable academics, researchers, practitioners and college students to publish their research findings, ideas, developments, and innovations.

## Scientific Collection «InterConf+» and its content are indexed in:



Index Copernicus; Google Scholar; WorldCat; OUCI (Open Ukrainian Citation Index); CrossRef; Semantic Scholar; Mendeley; Scilit; OpenAIRE (pan-European research information system), etc.

## TABLE OF CONTENTS



### REGIONAL ECONOMY

	Azmaiparashvili M.	CHALLENGES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF REGIONS AND RURAL TOURISM IN GEORGIA	8
	Крамаренко А.И. Турдубаева А.Т.	АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	17

### INTERNATIONAL ECONOMICS AND INTERNATIONAL RELATIONS

	Бакаева І.Г.	ДИНАМІКА ГЛОБАЛЬНИХ ПОТОКІВ ПРЯМИХ ІНОЗЕМНИХ ІНВЕСТИЦІЙ	25
	Бакаева І.Г. Петровська Ю.В. Грудцина Ю.В.	ПРОБЛЕМИ ЗАЛУЧЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ІНВЕСТИЦІЙ У ПРОЕКТИ ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	31


### MANAGEMENT

	Гетьман О.О. Сільченко К.О. Овчаренко С.Л.	МЕТОДИ ОЦІНКИ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЄКТУ	38
	Исазаде Н.А.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ВЫСШИМИ УЧЕБНЫМИ ЗАВЕДЕНИЯМИ	46




### FINANCE AND CREDIT

	Rahimli A. Suleymanov E.	STAGES OF AUTOMATING PENSION DETERMINATION IN AZERBAIJAN	49
---	-----------------------------	--	----


### ACCOUNTING AND AUDITING

	Сақун А.Ж. Шербакөв А.В.	РОЗРАХУНКИ ЧЕРЕЗ РРО / ПРРО: ВИМОГИ ТА АНАЛІЗ	63
---	-----------------------------	---	----



### PEDAGOGY AND EDUCATION

	Burdujan R.	DECODING DIDACTIC DISCOURSE STRATEGIES IN DIGITAL POSTERS	71
	Maksatova A.N.	DEVELOPMENT OF INCLUSIVE EDUCATION FOR STUDENTS WITH DISABILITIES IN KAZAKHSTAN	80
	Хайбулла Б.Ж. Кариєв А.Д.	БАСТАУЫШ СЫНЫП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ ЭМОЦИОНАЛДЫҚ САВАТТЫЛЫҒЫН ДАМУДА МУЛЬТИМЕДИЯЛЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ	88






## POLITICAL SCIENCE AND PUBLIC ADMINISTRATION

	Байрак А.В. Грищенко І.М.	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНАМИ ПУБЛІЧНОЇ ВЛАДИ ФІЗИЧНОЇ БЕЗБАР'ЄРНОСТІ ДОСТУПУ ГРОМАДЯН ДО НАДАННЯ ПУБЛІЧНИХ ПОСЛУГ	97
---	------------------------------	--	----


## PHILOLOGY AND LINGUISTICS

	Damirova J.V.	THE ART OF TRANSLATION IN THE ABBASID PERIOD	102
	Huseinova A.M.	MƏHƏMMƏD FÜZULİ YARADICILIĞINDA PAREMILOJİ VAHİDLƏR	106



## LAW AND INTERNATIONAL LAW

	Salkhinashvili M.	LEGAL MECHANISMS FOR IMPOSITION OF ADMINISTRATIVE RESPONSIBILITY FOR VIOLATION OF LICENSE AND PERMIT CONDITIONS	111
	Баймуратов М.О. Кофман Б.Я.	АНТРОПОЛОГІЧНА СКЛАДОВА МУНІЦИПАЛЬНОЇ СВІДОМОСТІ (ПРАВОСВІДОМОСТІ): ДО РОЗУМІННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ РОЛІ ЛЮДИНИ- ЖИТЕЛЯ ТА ЧЛЕНА ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ	122
	Гуменюк В.В.	ФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ УКРАЇНСЬКОЇ ДАЛЕКОСХІДНОЇ РЕСПУБЛІКИ ЯК ОСНОВНИЙ СОЦІАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ДЕРЖАВОТВОРЕННЯ	136
	Кислун В.В.	ПРОБЛЕМИ ПРАВОВОГО СТАТУСУ ДЕПУТАТІВ ОДЕСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	147
	Черкунов О.В.	АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПУБЛІЧНОЇ СЛУЖБИ В МИТНИХ ОРГАНАХ УКРАЇНИ	170


## ARTS, CULTURAL STUDIES AND ETHNOGRAPHY





	Бабаева С.Р.	БИЕННАЛЕ КАК ФОРМА ВЫСТАВОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СФЕРЕ ИСКУССТВА	177
---	--------------	--	-----

## HISTORY AND ARCHEOLOGY, ARCHIVAL STUDIES




	Хачапуридзе Р. Мжавия С.	ИЗ ИСТОРИИ ГРУЗИНСКИХ ЗАГОВОРОВ (ЗАКЛИНАНИЙ) (ЗАГОВОР - НАГОВОРЫ, СТИЛЬ И СТРУКТУРА)	185
	Шульга А.В.	ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СМЫСЛ ТИТУЛА «КНЯЗЬ», И РЯДА СВЯЗАННЫХ ТИТУЛОВ И ПОНЯТИЙ	194

## MEDICINE AND PHARMACY

	Klimova O. Boyko V. Drozdova L. Lavinska O. Agarkova A.	AN INCREASE OF THE ONCOGENESIS FREQUENCY IS ASSOCIATED WITH THE DAMPS ACCUMULATION AND THE KILLER CELL SUBPOPULATIONS RATIO CHANGE IN PATIENTS WITH LONG-TERM POST-COVID-19 SYNDROME	202
---	---	---	-----



	Nakonechnyi A. Berezhnyi I.	THE OPTIMAL SELECTION OF MOTHER WAVELET FUNCTION FOR ANALYSIS REMOTE PHOTOPLETHYSMOGRAPHIC SIGNALS	211
   	Piyush Gautam Tanisha Suvarna Ishita Gupta Chitturi Sai Sujana Ajit Shrikant Panvalkar Harmanpreet Kakkar Saksham Sharma	CARDIOVASCULAR COMPLICATIONS IN COVID- 19: ACUTE MANAGEMENT, LONG-TERM SEQUELAE, AND POST-ACUTE CARE STRATEGIES: A BRIEF REVIEW	225
 	Saksham Sharma Kiranmai Venkatagiri Hemangi Patel Dhruv Gandhi Haimanot Estifanos Sheena Hussain	EMERGING GENE THERAPY APPROACHES FOR THE TREATMENT OF SEVERE COMBINED IMMUNODEFICIENCY (SCID): A COMPREHENSIVE REVIEW	243
	Кебало Д.І. Званцева Е.Д. Погоріла Т.Ю.	ЗМІНИ ТКАНИН ВУЗЛОВИХ ДІЛЯНОК ЗАПАЛЕНЬ МОЛОЧНИХ ЗАЛОЗ У ХВОРИХ З ОБТЯЖЛИВИМ ОНКОЛОГІЧНИМ АНАМНЕЗОМ	268
	Смілянська М.В. Волянський А.Ю. Дідоренко Т.П. Карлова Т.О. Мороз М.П.	СЕРОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ РІВНІВ АНТИТІЛ ДО ЗБУДНИКІВ КОРУ, КРАСНУХИ ТА ПАРОТИТУ У ЖИТЕЛІВ М.ХАРКОВА	275
	Шибутова Н.М. Касенова Ф.М. Курметова М.К.	СКАНИРОВАНИЕ ВЕН СЕМЕННОГО КАНАТИКА У МУЖЧИН С ВАРИКОЦЕЛЕ	281

## NATURE MANAGEMENT, RESOURCE SAVING AND ECOLOGY



	Андрейченко С.В. Тогачинська О.В. Береза- Кіндзерська Л.В.	НОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	284
 	Бондар О.І. Загороднюк К.Ю. Брук- Левінсон Е.Т. Загороднюк Ю.В. Галушкіна Т.П. Ніронович Н.І. Новіков М.Г. Филипчук В.Л. Антіпенко О.М. Рахамімов В.Д.	ОТРИМАННЯ ТОВАРНИХ ПРОДУКТІВ З ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ПРИ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ МАЛИХ РІЧОК В УКРАЇНІ (ПЕРВИННА ПЕРЕРОВКА РІЧКОВИХ, ОЗЕРНИХ ОСАДІВ НА ОСНОВІ МАГНІТНОЇ СЕПАРАЦІЇ)	301




## ENERGETICS

	Білюк І.С. Савченко О.В. Козлов А.Ю. Іванов А.В. Єпіфанова М.С. Меркулов Д.О.	СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА САМОЗАТИСКОГО ПАТРОНА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА	320
	Білюк І.С. Савченко О.В. Палій О.О. Новосад М.О. Хороший Д.В. Полегенько О.О.	ВАРІАНТ ІНВЕРТОРА З ЧИСТОЮ СИНУСОЇДОЮ НА БАЗІ МІКРОКНТРОЛЕРА	329


## PHYSICS AND MATHS

	Goncharuk V. Iefimov M. Goncharova I. Golubenko A.	THE NON-DESTRUCTIVE CONTROL OF MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMICS ON THE SILICON NITRIDE AND SILICON CARBIDE BASED BY ACOUSTIC EMISSION METHOD	336
	Далиев Х.С. Утамурадова Ш.Б. Хамдамов Ж.Ж. Норкулов Ш.Б.	РАМАНОВСКИЙ АНАЛИЗ И СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КРЕМНИЯ ЛЕГИРОВАННОГО ДИСПРОЗИЕМ	346


## CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE

	Pylypenko M.M. Yefimov O.V. Potanina T.V.	PURE METALS FOR CREATION THE NUCLEAR STRUCTURAL MATERIALS	351
---	---	--	-----


## AGROTECHNOLOGIES AND AGRICULTURAL INDUSTRY

	Dovbysh L. Kravchuk M. Kondratyuk A. Kushnir I. Nagorna V.	EVALUATION OF EFFICIENCY OF FOLIAR NUTRITION OF SPRING WHEAT IN CONDITIONS OF ZHYTOMYR DISTRICT	360
---	--	---	-----



## RADIO ENGINEERING, ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING

	Нежурін В.І. Куваєв В.Ю. Демчук І.В. Заскалько Є.О. Васецький В.В. Помазан Б.Ю.	ВИКОРИСТАННЯ СХЕМ ЗАМІЩЕННЯ З ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛЕННЯ ЕНЕРГІЇ У РОБОЧОМУ ПРОСТОРІ ВАНН ДУГОВИХ ЕЛЕКТРОПЕЧЕЙ З МЕТОЮ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ	369
---	--	--	-----


## MODELING AND NANOTECHNOLOGY

	Diachenko S.M. Krasovskyi T.A. Burmak A.P. Voloshko S.M. Malinin V.Yu. Mordyuk B.N.	COMPARISON OF ULTRASONIC EQUIPMENT FOR SURFACE FINISHING OF TITANIUM PRODUCTS	388
---	--	---	-----


## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

	Mehdi M.	MACHINE LEARNING AND MULTISOURCE DATA ANALYSIS APPROACH TOWARDS TRAFFIC ACCIDENT RISK PREDICTION	401
	Третяк В.Ф. Голубничий Д.Ю. Колонійцев О.В. Осієвський С.В. Воронін В.В. Місюра О.М. Мірошніченко О.В. Шамрай Н.М. Коваль М.О. Охрамович М.М. Кривчун В.І. Крамар О.А.	СПОСІБ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ РОЗПОДІЛОМ ЗАДАЧ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВІДМОВОСТІЙКЕ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	407

## ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

	Абдрахманова Р.Д. Орынбеков Е.С. Мотовилов И.Ю.	АНАЛИЗ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ БЕТОННЫХ ОТХОДОВ	429
---	---	--	-----

## MILITARY AFFAIRS AND NATIONAL SECURITY












	Азаренко О.В. Гончаренко Ю.Ю. Дівізінюк М.М. Фаррахов О.В. Слободенюк Ю.В.	МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ УДАРНИХ ЗАСОБІВ ТЕРОРИСТИЧНОГО ВПЛИВУ НА ОБ'ЄКТИ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ, ЩО ОХОРОНЯЮТЬСЯ, ВИЯВЛЕНИХ РІЗНИМИ ЗАСОБАМИ ВИЯВЛЕННЯ	438
---	--	--	-----



## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

 DOI 10.51582/interconf.19-20.10.2024.041

### Спосіб оптимального планування розподілом задач, що забезпечує відмовостійке функціонування інформаційно-комунікаційних систем військового призначення

**Третяк Вячеслав Федорович<sup>1</sup>** , **Голубничий Дмитро Юрійович<sup>2</sup>** ,  
**Коломійцев Олексій Володимирович<sup>3</sup>** , **Осієвський Сергій Валерійович<sup>4</sup>** ,  
**Воронін Віктор Валерійович<sup>5</sup>** , **Місюра Олег Миколайович<sup>6</sup>** ,  
**Мірошніченко Олег Вікторович<sup>7</sup>** , **Шамрай Назар Миколайович<sup>8</sup>** ,  
**Коваль Мирослав Олександрович<sup>9</sup>** , **Охрамович Михайло Миколайович<sup>10</sup>** ,  
**Кривчун Валерій Іванович<sup>11</sup>** , **Крамар Олександр Анатолійович<sup>12</sup>** 

<sup>1</sup> кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник,  
науковий співробітник науково-дослідного відділу;  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба; Україна

<sup>2</sup> кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Інформаційних систем;  
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця; Україна

<sup>3</sup> Заслужений винахідник України, доктор технічних наук, професор  
професор кафедри комп'ютерної інженерії та програмування;  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; Україна

<sup>4</sup> кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри;  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба; Україна

<sup>5</sup> кандидат технічних наук, доцент,  
старший науковий співробітник науково-дослідного відділу;  
науковий центр Повітряних Сил,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба; Україна

<sup>6</sup> кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
начальник наукового центру Повітряних Сил;  
науковий центр Повітряних Сил,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба; Україна

# ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

<sup>7</sup> кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
начальник науково-дослідного управління науково-дослідного центру;  
*Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка; Україна*

<sup>8</sup> старший науковий співробітник науково-дослідного відділу науково-дослідного центру;  
*Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка; Україна*

<sup>9</sup> доктор філософії, старший науковий співробітник  
науково-дослідного відділу науково-дослідного центру;  
*Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка; Україна*

<sup>10</sup> кандидат технічних наук, начальник науково-дослідного відділу науково-дослідного центру;  
*Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка; Україна*

<sup>11</sup> науковий співробітник наукового центру Повітряних Сил;  
*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба; Україна*

<sup>12</sup> викладач кафедри;  
*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба; Україна*

## **Анотація.**

Запропоновано спосіб, який заснований на використанні математичної моделі рангового підходу до рішення задачі цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними, що дозволяє розподіляти задачі в мережі з урахуванням обмежень ресурсів і вимог до відмовостійкості. Розроблений спосіб спрямований на підвищення надійності роботи систем шляхом оптимізації розміщення та виконання задач, забезпечуючи безперервність функціонування критичних інформаційних процесів.

## **Ключові слова:**

*відмовостійке функціонування інформаційно-комунікаційних систем  
ранговий підхід  
цілочисельне лінійне програмування з булевими змінними*

## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

Рішення задачі оптимального планування розподілом задач у мережі з використанням моделі цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними (ЦЛП з БЗ) полягає у знаходженні оптимального, відмовостійкого та ефективного способу розподілу ресурсів мережі. Даний підхід дозволяє враховувати як обмеженість ресурсів, так і необхідність забезпечення резервування для підвищення надійності роботи телекомунікаційних мереж.

Використання математичної моделі ЦЛП з БЗ для рішення задачі оптимального планування розподілу задач у мережі з відмовостійким функціонуванням має такі особливості [1-5]:

- бінарні змінні: у ЦЛП з БЗ рішення приймається у вигляді "0" або "1", що означає, чи включена певна задача або ресурс в планування. Це підходить для задач, де є вибір між кількома можливими альтернативами, наприклад, вибір маршруту для передачі даних чи визначення, чи використовувати певний вузол як резервний;

- моделювання резервування: БЗ дозволяють точно визначити в моделі резервування ресурсів у мережі;

- обмеження відмовостійкості: за допомогою використання лінійних обмежень в ЦЛП моделі враховуються вимоги до відмовостійкості, що дозволяє впроваджувати політику надмірності, яка необхідна для забезпечення стійкості до відмов;

- оптимізація використання ресурсів: у моделі ЦЛП задаються обмеження на ресурси, такі як пропускна здатність або кількість доступних вузлів. Це допомагає знайти оптимальний розподіл задач, щоб ефективно використовувати доступні ресурси та забезпечити балансування навантаження в мережі;

- моделювання розподілених задач: використання моделі ЦЛП з БЗ дозволяє оптимально визначити розподіл завдань по мережі, враховуючи фактори, такі як час виконання, затримка, а також доступність ресурсів. Використання БЗ полегшує опис сценаріїв, коли задача або призначена для виконання в конкретному вузлі, або не виконується;

- забезпечення QoS: модель ЦЛП можна розширити для включення вимог до якості обслуговування (QoS), використовуючи додаткові обмеження;

- комбінаторна складність: використання БЗ робить модель

## ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

комбінаторною, що означає, що задача належить до класу NP-складних. Це значить, що розмірність задачі швидко зростає зі збільшенням кількості змінних, тому для великих мереж потрібні спеціалізовані методи рішення, такі як евристики або наближені алгоритми;

- відповідність цільовій функції: цільова функція в ЦЛП з БЗ може бути сформульована таким чином, щоб мінімізувати загальні витрати, час виконання або максимізувати мулевих стійкість мережі. Використання булевих змінних дозволяє включати до моделі додаткові критерії, що відображають вимоги щодо надійності та ефективності;

- аналіз надмірності: за допомогою БЗ можна моделювати надмірність у мережі, щоб визначити, які вузли чи канали можуть бути відключені без втрати працездатності. Це дозволяє знаходити мінімальну кількість необхідних резервних елементів;

- гнучкість у визначенні обмежень: БЗ полегшують включення різних додаткових обмежень у модель, таких як вимоги до розміщення певних завдань в конкретних вузлах, забезпечення безпеки або визначення критичних елементів мережі, що повинні бути постійно активними.

Для оцінки процесу управління розподілом задач у мережі використовуються показники оцінки ефективності [7]:

- коефіцієнт функціональної потужності мережі:

$$E_v(S_\mu^i) = \sum_{i=1}^{n_v} \sum_{\mu=1}^{m_i} \beta_{\mu i} \quad (1)$$

де  $n_v$  - загальна кількість ПМ у мережі в стані  $S_v$ ;

$m_i$  - загальна кількість завдань, що здатний вирішувати  $i$ -й ПМ у стані  $S_v$ ;

$\beta_{\mu i}$  - вага  $\mu$ -ї задачі  $i$ -го ПМ, що характеризує її важливість (пріоритет) для інформаційно-комунікаційних систем військового призначення.

- сумарний час доступу до даних у мережі, який обумовлений розміщенням сегментів бази даних (БД) мережі на її фізичній структурі:

## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n K_j p_i \tau_{ij} x_{ij}, \quad (2)$$

де  $\tau_{ij} = \frac{V_i^{(b)}}{\lambda_{ij}}$  – середній час вибору 1 кілобайта інформації з  $i$ -го фрагмента у вузлі  $j$ ;

$\lambda_{ij}$  – коефіцієнт, який враховує швидкість вибору та обробки 1 мегабайта даних при звертанні до  $i$ -го фрагмента БД у  $j$  вузлі;

$V_i^{(b)}$  – ємність зовнішньої пам'яті, яка необхідна для розміщення  $i$ -го фрагмента БД;

$p_i$  – характеристика частоти використання  $i$ -го фрагмента БД при функціонуванні системи управління базою даних (СУБД);

$K_j$  – коефіцієнт, який показує швидкість доступу до даних на  $j$ -му вузлі мережі;

$T_B$  – середній час відновлення мережі  $T_B$ ,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо фрагмент БД з номером } i \text{ розміщений у } j\text{-му вузлі мережі;} \\ 0, \text{ у протилежному випадку;} \end{cases} \quad (3)$$

Нехай маємо  $M_i \quad i = \overline{(1, n)}$  – управляючих процесорних модулів (ПМ), які служать для управління об'єктами  $O_e$ . Відмови системи зв'язку і відмови ПМ вважаємо незалежними. Під станом  $s(t)$  на момент часу  $t$  маємо на увазі набір станів усіх модулів у цей момент, тобто  $s(t) = \sigma_1, \dots, \sigma_n$ , де  $\sigma_i \in \{0, 1\}$  та

$$\sigma_i = \begin{cases} 1, \text{ якщо } M_i \text{ – відмовивший модуль (о-ПМ);} \\ 0, \text{ якщо } M_i \text{ – працездатний модуль (р-ПМ).} \end{cases} \quad (4)$$

Початковий стан системи  $s(t = 0) = s^0 = 00\dots 0$ . Нехай  $\Lambda_n$  – множина усіх станів системи;  $D = \{M_1, \dots, M_n$  – множина усіх модулів системи;  $\Omega^v = \{U_1, \dots, U_L\}$  – множина усіх задач, які вирішуються у мережі в стані  $S_v$ ;  $\Omega_i^v = \{U_1^i, \dots, U_\mu^i, \dots, U_m^i\}$  – підмножина задач, що працездатний модуль  $M_i$  здатний

## ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

вирішувати, коли система знаходиться в стані  $S_v$ . Для стану  $s^0$  задана множина  $\Omega^0 = \{U_j\}$ ,  $0 = \{U_j\}$ , і початковий розподіл задач між усіма модулями, тобто підмножини  $\Omega_i^v = \{U_1^i, \dots, U_\mu^i, \dots, U_m^i\}$ . Нехай  $D^{f_v} = \{M_i\}^v$ ,  $D^{r_v} = \{M_i\}^v$  – множини відповідно ПМ які відмовили і працездатних ПМ, що відповідають стану  $S_v$ ;  $A^{f_v}$  – множина усіх власних задач модулів, що відмовили, для стану  $S_v$ ;  $A^{r_v} = \Omega^0 \setminus A^{f_v}$  – множина усіх власних задач р-Пм для стану  $S_v$ . Кожна задача  $U_\mu^i \in \Omega_i^v$  характеризується ступенем важливості, що визначає мету функціонування системи управління і задається ваговим коефіцієнтом  $\{\beta_{\mu i}\}$ . Таким чином результат розподілу задач визначається корисним ефектом  $E$ , який оцінюється сумарною вагою характеристикою множин задач, які вирішуються в мережі у даному стані  $S_v$ , який називають функціональною потужністю мережі ( $E_v$ ).

Математична модель задачі перерозподілу визначається як:

$$E_v = \sum_{i=1}^{n_v} \sum_{\mu=1}^{m_i} \beta_{\mu i} X_{\mu i} \rightarrow \max, \quad (5)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{i=1}^{n_v} \sum_{\mu=1}^{m_i} \Delta T_{\mu i} X_{\mu i} \leq \Delta T_v^{\text{доп}}; \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{n_v} \sum_{\mu=1}^{m_i} V_{\mu i} X_{\mu i} \leq V_v^{\text{доп}}; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{n_v} \sum_{\mu=1}^{m_i} t_{\mu i} X_{\mu i} \leq T_v^{\text{доп}}; \quad (8)$$

$$\sum_{\mu=1}^{m_i} X_{\mu i} \leq 1, \quad (9)$$

## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

Де

$$X_{\mu i} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \mu\text{-задача вирішується в } i\text{-му ПМ;} \\ 0, & \text{у іншому випадку.} \end{cases} \quad (10)$$

$\Delta T_{v\text{доп}}$ ,  $V_{v\text{доп}}$ ,  $T_{v\text{доп}}$  – допустимі граничні значення, відповідно, сумарного середнього часу обслуговування задачі в  $i$ -му ПМ, ємності пам'яті, яка необхідна для рішення задачі, та часу перерозподілу інформації у всій мережі в цілому.

Обмеження (9) визначає, що задача може бути призначена для рішення тільки на один вузол мережі. Таким чином, задача перерозподілу (5-9) зводиться до багаторазового рішення задачі ЦЛП із БЗ в умовах деградації мережі, яку необхідно вирішувати в масштабі реального часу.

Розглянемо сутність рангового підходу до рішення задач ЦЛП з БЗ на прикладі задачі про рюкзак. Загальна постановка цієї задачі формулюється таким чином. Необхідно знайти вектор  $\vec{x}$ , що доставляє максимум функції:

$$f(\vec{x}) = \sum_{j=1}^n c_j \times x_j, \quad (11)$$

при виконанні умов:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad (12)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad i = (\overline{1,m}); \quad j = (\overline{1,n}). \quad (13)$$

Для спрощення викладу математичної моделі розглянемо одномірну задачу, тобто максимізуємо функціонал

$$f(\vec{x}) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n, \quad (14)$$

при обмеженнях:



## ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

$$\sum_{j=1}^n a_{1j} x_j \leq b, \quad (15)$$

$$c_1 \geq c_2 \geq \dots \geq c_n; \quad a_{ij} > 0; \quad c_j > 0 \quad j = (\overline{1, n}) \quad (16)$$

Поставимо у відповідність задачі (4 – 6) граф  $G$  (рис. 1), що зображує бінарне дерево усіх рішень, число яких дорівнює  $2^n$  [3–12].

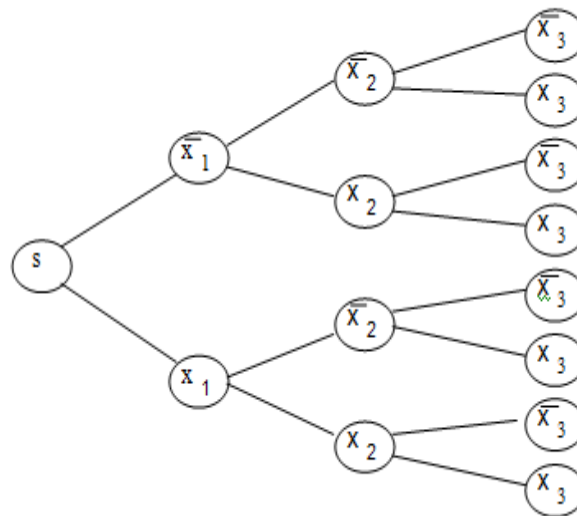


Рисунок 1  
Граф  $G$

Множина  $X = \{x_j\}$  усіх векторів розмірності  $n$ , усі компоненти яких  $x_j \in \{0, 1\}$  становлять множину можливих значень.

Деяка його підмножина  $V$ , усі вектори якої задовольняють обмеженням (15 – 16), утворюють множину припустимих рішень.

Множина  $H \subset V$  є множиною оптимальних рішень вихідної задачі, якщо для будь-яких векторів  $x \in H$  функціонал (14) досягає свого екстремального значення.

Усю множину можливих рішень можна розбити на групи векторів, що містять: один компонент  $x_j = 1$ ,  $j = (\overline{1, n})$  і всі

## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

інші рівні 0; два компоненти  $x_j = 1$  і всі можливі їхні сполучення по 2, а інші, рівні 0; три компоненти  $x_j = 1$  і всі можливі їхні сполучення й т. д.  $n$  – компонент  $x_j = 1$ . Якщо позначити підмножини векторів цих груп через  $m^r$   $r = (\overline{1, n})$ , тоді множину усіх можливих рішень можна записати як об'єднання підмножин  $m^r$ :

$$X = \bigcup_{j=1}^n m^r. \quad (17)$$

Як показано в роботі [4], згідно з графом  $G$  можна побудувати граф  $G'$  (рис. 2), у якому множина шляхів рангу  $r$  (ранг шляху – число ребер, що утворюють шлях) відповідає групам підмножин, які описуються співвідношенням (17).

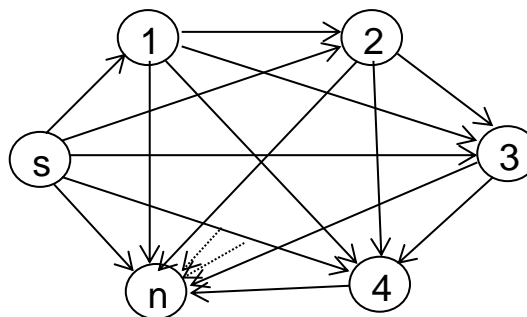


Рисунок 2  
Граф  $G'$

Для цього вершину  $s$  з'єднаємо спрямованими ребрами з вершинами  $1, 2, \dots, n$  і т. д.; вершину  $i$  з'єднаємо з вершинами  $i+1, \dots, n$ . В останню вершину  $n$  входять ребра, спрямовані із усіх вершин, і жодне ребро із цієї вершини не виходить.

Дерево шляхів  $D\Delta$  графа  $G'$  з вершини  $s$  будується таким чином [4–7]: на нульовому ярусі ( $r = 0$ ) розташуємо вершину  $s$ . На першому ярусі розмістимо всі вершини графа  $G'$ , що мають зв'язок з вершиною  $s$  і з'єднаємо їх з  $s$  (при цьому утворилася підмножина шляхів рангу  $r = 1$ ). У другому ярусі розмістяться всі вершини, що мають зв'язок з вершинами першого ярусу, без вершини з номером 1 і з'єднаємо їх з вершинами першого ярусу (утворені всі шляхи рангу  $r = 2$ ) і так далі доти, поки в

## ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

останньому не залишиться одна вершина  $n$ . На рис. 3 наведено приклад, коли  $n = 4$ .

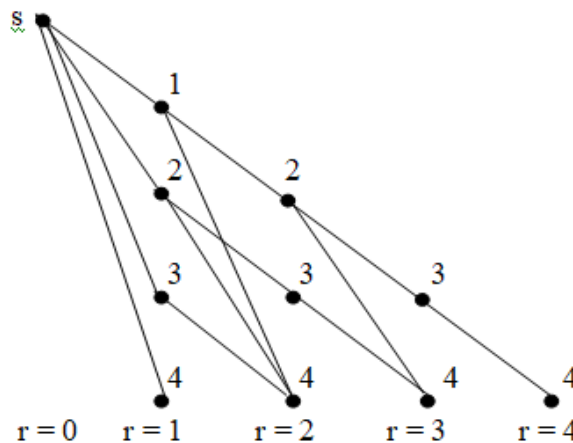


Рисунок 3  
Граф  $D \Delta$

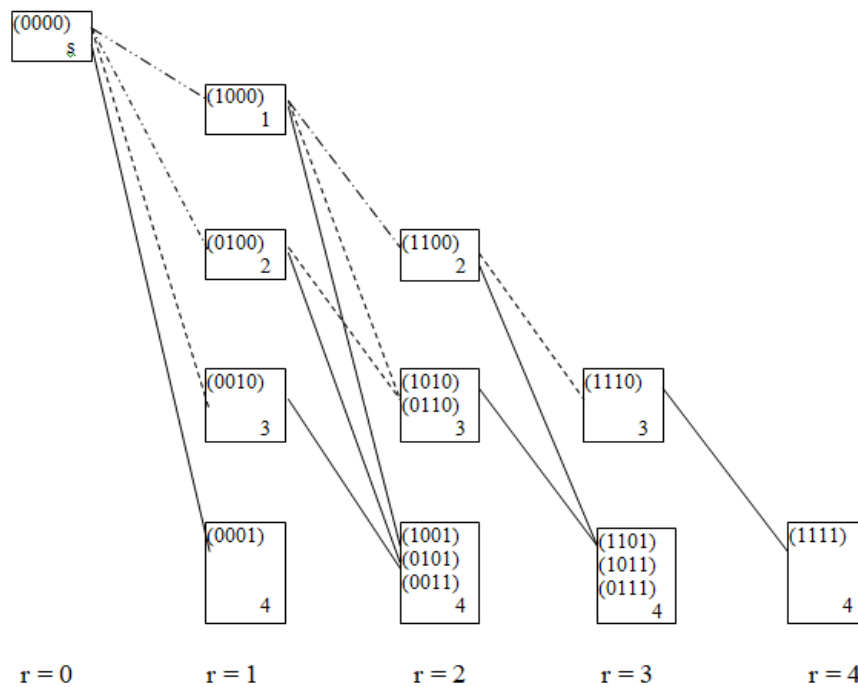


Рисунок 4  
Геометрична інтерпретація графа  $D \Delta$

## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

Геометрично вершина  $k$  графа  $D\Delta$  рангу  $r$  – це множина векторів  $\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n)$ , у яких  $x_k = 1$ , а на позиціях від 1 до  $k$  перебуває  $r$  одиниць (рис. 2.4). Ребру, що входить у вершину  $k$  графа  $D\Delta$ , відповідає одиничний вектор  $\vec{e}_k = (0, 0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0)$   $n$ -мірного одиничного куба  $B^n$  з одиницею в  $k$ -тій позиції. Тоді, шляху  $\mu_{sj}^r$  рангу  $r$  у графі  $D\Delta$  відповідає вектор  $\vec{X}$ , який дорівнює сумі одиничних векторів ребер, через які він досяг вершину  $j$  рангу  $r$ , починаючи з вершини  $s$ .

Наприклад, шляху  $\mu_{s24}^{r=2}$  відповідає вектор  $\vec{x}_{s24}$ , що утвориться сумою нульового вектора  $\vec{0} = \{0000\}$  і одиничних векторів  $\vec{e}_2 = \{0100\}$ ,  $\vec{e}_4 = \{0001\}$ , тобто:

$$\vec{x}_{s24} = \vec{0} \{0000\} + \vec{e}_2 \{0100\} + \vec{e}_4 \{0001\} = \{0101\}$$

Нехай у графі  $D\Delta$  кожному ребру, що входить у вершину  $j$ ,  $j = (\overline{1, n})$  відповідає дві ваги: вага  $c_j$ , якій дорівнює коефіцієнт при  $x_j$  у функціоналі (14), і вага  $a_{1j}$ , якій дорівнює коефіцієнту при  $x_j$  в обмеженні (15). Тоді, шлях  $\mu_{sj}^r$  у графі  $D\Delta$  з вершини  $s$  у вершину  $j$  характеризується двома довжинами:  $d_c(\mu_{sj}^r)$  – довжиною за вагою функціонала й  $d_a(\mu_{sj}^r)$  – довжиною за вагою обмежень.

Множину шляхів  $m_s^r(j)$  у графі  $D\Delta$  до вершин  $j$ , розташовану на ярусах  $r = (\overline{1, n})$  від вершини  $s$ , можна представити у вигляді:

$$m_s^r(j) = m_{sj}^{r=1} \cup m_{sj}^{r=2} \cup \dots \cup m_{sj}^{r=n}, \quad j = (\overline{1, n}), \quad (18)$$

де  $m_{sj}^r$  – множина шляхів у графі  $D\Delta$  від вершини  $s$  до вершин  $j$ , розташованим на  $r$ -х ярусах графа  $D\Delta$  (ранг шляху  $\mu_{sj}^r \in m_{sj}^r$  визначається числом ребер, що утворюють цей шлях). Варто мати на увазі, що множині шляхів  $m_{sj}^{r=k}$  у графі  $D\Delta$  відповідає множина

## ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

векторів  $\{\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_v\}$ , що містять  $k$  одиниць. Отже,  $|m_{sj}^r| = C_n^{r=k}$ , тобто кожному шляху в множині  $m_{sj}^{r=k}$  відповідає деякий вектор  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . З множини (18) слідує, що:

$$|m_s^r(j)| = C_n^{r=1} + C_n^{r=2} + \dots + C_n^{r=n} = 2^n - 1. \quad (19)$$

Таким чином, граф  $D\Delta$  являє собою впорядкований за рангами еквівалент  $n$ -мірного одиничного куба  $V^n$ , у якому шляхи  $\mu_{sj}^r \in m_{sj}^r$  відповідають вершинам  $V^n$ . Довжина кожного шляху за вагою функціонала визначає значення функціонала (14) у вершинах одиничного куба  $V^n$ . Довжина за вагою обмежень визначає, чи відповідає дана вершина  $V^n$  обмеженням (15), тобто належить вершина  $n$ -мірного одиничного куба  $V^n$  гіперплощині (15). Якщо  $d_a(\mu_{sj}^r) \leq b$ , то вершина належить гіперплощині (15), і будемо говорити, що шлях  $\mu_{sj}^r$  задовольняє властивості  $v$ . Якщо  $d_a(\mu_{sj}^r) > b$ , то вершина  $n$ -мірного куба, що відповідає шляхам  $\mu_{sj}^r$ , не належить гіперплощині (15), а шлях  $\mu_{sj}^r$  вважаємо таким, який не задовольняє властивості  $v$ .

Оптимальному рішення задачі (14 - 16) в  $D\Delta$  відповідає самий довгий шлях за вагою функціонала, що задовольняє властивості  $v$ .

У випадку  $m$ -мірної задачі (11 - 13) ребрам, що входять до вершин графа  $D\Delta$ , крім ваги  $c_j$  функціонала, відповідає  $m$  ваг  $a_{ij}$  обмежень, а шлях  $\mu_{sj}^r$  характеризується довжинами:  $d_c(\mu_{sj}^r)$  - довжиною за вагою функціонала й  $d_a(\mu_{sj}^r)_i$ ,  $i = \overline{(1, m)}$  - довжинами за вагою  $m$  обмежень.

На основі математичної моделі рангового підходу для побудови алгоритмів рішення завдань ЦЛП із БЗ покладений принцип оптимізації у напрямку в дискретному просторі станів, заданому графом  $D\Delta$  [4-6]. Подання  $n$ -мірного одиничного куба

## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

у вигляді графа  $D\Delta$  дозволяє розбити множину усіх шляхів графа  $D\Delta$  з нульової вершини  $s$  на  $\Omega$  локальних областей, де  $|\Omega|$  не перевищує величину  $\frac{n^2}{2}$ , оскільки число вершин у графі  $D\Delta$  визначається сумою чисел натурального ряду

$$\Omega = n + (n-1) + \dots + 1 = \frac{n \cdot (n+1)}{2} \approx \frac{n^2}{2}, \quad (20)$$

причому  $\Omega$ -області в графі  $D\Delta$  упорядковані за рангами і шляхи наступного рангу можуть бути отримані на основі шляхів попереднього рангу за рахунок приєднання до них ребра  $(j, p)$  у графі  $D\Delta$ :

$$m_{sp}^{r=r+1} = \{(\forall (\mu_{sj}^r \in m_{sj}^r)) \cup (j, p)\}. \quad (21)$$

Нехай задані деякі правила відсікань  $\{L_w\}$  шляхів  $\mu_{sj}^r$  у множинах  $m_{sj}^r$ . Тоді, якщо в множинах утримуються шляхи, що задовольняють властивості  $v$  і правилам  $\{L_w\}$ , то під оптимізацією за напрямком у графі  $D\Delta$  до вершини  $p$  будемо розуміти формування множин  $m_{sp}^{r=r+1}$  наступного рангу, які виходять за рахунок виділення в  $m_{sj}^r$  шляхів, приєднання до яких ребрам  $(j, p)$  дозволить у множині  $m_{sp}^{r=r+1}$  одержати шляхи, що задовольняють правилам  $\{L_w\}$  на основі наступного рекурентного співвідношення

$$\forall (\mu_{sj}^r \in m_{sj}^r) \{ \mu_{sp}^{r=r+1} = L_w \{ \mu_{sj}^r \cup (j, p) \} \} \quad p = (\overline{r+1}, n); \quad j = (\overline{r}, n), \quad (22)$$

де  $\mu_{sj}^r \cup (j, p)$  – шлях з вершини  $s$  графа  $D\Delta$  у вершину  $p$ , що проходить через проміжну вершину  $j$  і який задовольняє правилам  $\{L_w\}$ , тобто який одержуємо за рахунок приєднання до шляху  $\mu_{sj}^r$

## ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

ребра  $(j, p)$ , якщо таке з'єднання не суперечить правилам  $\{L_w\}$ .  
Надалі для спрощення викладу, якщо шлях  $\mu_{sp}^{r=r+1} = \mu_{sj}^r \cup (j, p)$   
задовольняє правилам  $\{L_w\}$ , то будемо говорити, що він  
задовольняє й властивості  $v$ .

Таким чином, для рішення задачі (11 – 12), використовуючи  
правила  $\{L_w\}$  і оптимізацію за напрямком (22), побудуємо деяку  
узагальнену процедуру  $A_0$ , що дозволяє формувати множини  
локальних екстремумів  $\Omega$  і виділяти серед них глобальний.

Уведемо узагальнену процедуру  $A_0$ , що дозволяє на основі  
обраного правила відсікання  $\{L_w\}$  яка вирішує задачу (11-16):

$$L_1: \mu_{sp}^{r=r+1} = \max_{\{c_j\}} \{\mu_{sj}^r \cup (j, p)\} | p = \overline{r+1, n}, j = \overline{r, n}, j \neq p \quad (23)$$

$$L_2: \mu_{sp}^{r=r+1} = \min_{\{\alpha_j\}} \{\mu_{sj}^r \cup (j, p)\} | p = \overline{r+1, n}, j = \overline{r, n}, j \neq p \quad (24)$$

$$L_3: \begin{cases} \mu_{sp}^{r=r+1} = \max_{c_j} \{\mu_{sj}^r \cup (j, p)\}; \\ \mu_{sp}^{r=r+1} = \min_{\alpha_j} \{\mu_{sj}^r \cup (j, p)\}; \end{cases} \quad (25)$$

### Узагальнена процедура $A_0$ :

КРОК 1. Виконання сортування значень функціонала й  
обмежень. В якості способів сортування використовуються:

- по зростанню значення коефіцієнтів в обмеженні:

$$\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_n \quad (26)$$

- по убутанню значення коефіцієнтів в функціоналі:

$$c_1 \geq c_2 \geq \dots \geq c_n \quad (27)$$

- по убутанню значення відношення коефіцієнтів  
функціонала до обмеження:



## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

$$\frac{c_1}{\alpha_1} \geq \frac{c_2}{\alpha_2} \geq \dots \geq \frac{c_n}{\alpha_n} \quad (28)$$

– по відношенню значення коефіцієнтів функціонала до суми елементів матриці обмежень виконується сортування:

$$\Psi_j = \frac{c_j}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (29)$$

– по відношенню значення коефіцієнтів функціонала до максимального значення ваги матриці обмежень виконується сортування:

$$\Psi_j = \frac{c_j}{\max_i a_{ij}}, \quad (30)$$

– по відношенню значення коефіцієнтів функціонала до добутку максимального значення ваги матриці обмежень на суму елементів матриці обмежень виконується сортування:

$$\Psi_j = \frac{c_j}{(\max_i a_{ij}) \sum_{i=1}^m a_{ij}}, \quad (31)$$

– по відношенню значення коефіцієнтів функціонала до суми елементів матриці обмежень виконується сортування:

$$\Psi_j = \frac{c_j}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (32)$$

## ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}}{b_i}.$$

де

КРОК 2. З вершини  $s$  визначається множина шляхів  $m_{sj}^{r-1}$ ,  $j = \overline{(1, n)}$ , що задовольняє властивості  $v$ , та виділяються шляхи  $\mu_{sj}^r$ , що визначають локальні екстремуми областей  $\Omega_j$ .

КРОК 3. Формуються множини шляхів  $m_{sp}^{r+1}$   $p = \overline{(r+1, n)}$  наступного рангу, що задовольняють властивості  $v$ , на базі множини шляхів  $m_{sj}^r$  попереднього рангу відповідно до рекурентного співвідношення:

$$\forall (\mu_{sj}^r \in m_{sj}^r) \mu_{sp}^{r+1} = L_w \{ \mu_{sj}^r \cup (j, p) \} \quad p = \overline{(r+1, n)}; \quad j = \overline{(r, n)}, \quad (33)$$

де  $\mu_{sj}^r \cup (j, p)$  – шлях з вершини  $s$  графа  $DA$  у вершину  $p$ , що проходить через проміжну вершину  $j$  і який задовольняє правилам  $\{L_w\}$ , тобто який одержуємо за рахунок приєднання до шляху  $\mu_{sj}^r$  ребра  $(j, p)$ , якщо таке з'єднання не суперечить правилам  $\{L_w\}$ .

В сформованих множинах  $m_{sp}^{r+1}$  здійснюється відсікання шляхів відповідно до обраного правила відсікань  $\{L_w\}$  і виділяються шляхи  $\mu_{sp}^{r+1}$ , що визначають локальні екстремуми областей  $\Omega_p$ .

КРОК 3. Перевіряємо, чи всі множини  $m_{sp}^{r+1}$  наступного рангу порожні. Якщо це так, то переходимо до кроку 4, якщо ні, то перевіряємо  $r = (n - 1)$ . У випадку виконання рівності переходимо до кроку 4, інакше збільшуємо  $r$  на 1 і виконуємо крок 2.

КРОК 4. Виділяємо серед множин локальних екстремумів  $\Omega_j$   $j = \overline{(1, n^2/2)}$  глобальний і процедура  $A_0$  закінчує роботу.

## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

Узагальнена процедура  $A_0$  дозволяє визначити локальні екстремуми в  $\Omega$ -областях графа  $D\Delta$  щораз на кроці 2 і потім на кроці 4 виділити глобальний екстремум з  $n^2/2$  локальних, які отримуються на основі принципу оптимізації за напрямком з використанням введених правил відсікання  $\{Lw\}$  шляхів у  $m_{sj}^r$  множинах.

На основі узагальненої процедури будується точний алгоритм рішення одновимірної задачі (11-16), покроковий опис якого має наступний вигляд:

**КРОК 1.** З вершини  $s$  визначається множина шляхів  $m_{sj}^{r-1}, j = \overline{(1, n)}$  першого рангу  $r$ , що задовольняє властивості, та визначаються

в множині  $m_{sj}^{r-1}$  шляхи максимальної довжини  $\left\{ \mu_{sj}^{*r} \right\}$  за вагою функціонала  $c_j$ . Для кожної вершини  $j$  формуються калібрувальні вектори  $\bar{y}_j$  і  $\bar{z}_j$ :

$$y_{jk} = a_{jk} + y_{j(k-1)}; k = \overline{(1, n-j)}; y_{j0} = 0; y_{jn} = b_1; j = \overline{(1, n-1)}. \quad (34)$$

$$\hat{z}_{jk}^B = c_{j+k} + \hat{z}_{j(k-1)}^B; k = \overline{(1, n-j)}; \hat{z}_{j0}^B = 0; \hat{z}_{jn}^B = 0; j = \overline{(1, n-1)}. \quad (35)$$

**КРОК 2.** Виключаються шляхи в множині  $m_{sj}^r$  поточного рангу  $r$ , довжина яких  $d_c(\mu_{sp}^r)$  задовольняє нерівності:

$$d_c(\mu_{sp}^r) + \gamma_p < \max_{\{c_j\}} \left\{ d_c(\mu_{sp}^{*r}) \right\}, \quad (36)$$

де  $d_c(\mu_{sp}^r)$  – довжина шляху  $\mu_{sp}^r$  до вершини  $p$  рангу  $r$  за вагою  $c_j$ ; дозволяє виключити даний шлях із подальшого аналізу, як безперспективний, якщо умова виконується.

## ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

КРОК 3. Для кожного шляху  $\{\mu_{sj}^r\}$ ,  $j = \overline{(r, n)}$  поточного рангу  $r$  визначається за правилом  $\{L_w\}$  значення  $\hat{r}_b$ :

а) обчислюється для шляху  $\mu_{sj}^r$  величина  $\Delta d = b_1 - d_a(\mu_{sj}^r)$ ;

б) у каліброваному векторі  $\vec{y}_j$  для вершини  $j$  знаходиться номер  $k$ ,  $k = \overline{(0, n-j)}$  елемента  $y_{jk}$ , починаючи з якого  $y_{jk} > \Delta d$  (якщо  $\forall y_{jk} < \Delta d$ , то  $k = n - j + 1$ );

в) визначається значення  $\hat{r}_b$  для шляху  $\mu_{sj}^r$  в графі  $D\Delta$ :  $\hat{r}_b = k - 1$ .

Виключаються шляхи, довжини яких задовольняють нерівності:

$$d_c(\mu_{sp}^r) + \hat{z}_{p_i}^b(\mu_{sp}^r) < \max_{c_j} \left\{ d_c \left( \mu_{sp}^{*r} \right) \right\}. \quad (37)$$

Перевірка нерівності (37) дозволить відсікати шлях  $\mu_{sp}^r$  з подальшого аналізу як не перспективний, тому що ми заздалегідь знаємо, що більш ніж на  $\hat{r}_b$  рангів шлях  $\mu_{sp}^r$  не може бути продовжений.

КРОК 4. Формується множина шляхів  $m_{sp}^{r=r+1}$ ,  $p = \overline{(1, n)}$  наступного

рангу, що задовольняє властивості, на базі множини шляхів  $m_{sj}^r$  попереднього рангу на основі принципу оптимізації за напрямком з виділенням коридору і виключенням векторів усередині коридору. Шлях в множині  $m_{sp}^{r=r+1}$  може бути сформований, якщо він задовольняє властивості. Якщо властивість  $v$  не виконується, то шлях виключається з подальшого аналізу. У

освічених множинах  $m_{sp}^{r=r+1}$  виділяємо щонайдовші шляхи  $\left\{ \mu_{sp}^{*r=r+1} \right\}$ .

Оскільки нумерація змінних і вершин у графі  $D\Delta$  відповідає порядку убуття коефіцієнтів  $c_j$  у функціоналі, а процедура

## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

$A_0$  на кожному етапі формує множину  $m_{sj}^r$ , починаючи з індексів  $j = (\overline{r, n})$ , то шляхи  $\mu_{sj}^r \in m_{sj}^r$  виявляться завжди відсортованими в порядку убування довжин за вагою функціонала.

Сформулюємо правило, що дозволяє в множині  $m_{sj}^r$  виділити шлях  $\bar{\mu}_{sj}^r$  з довжиною  $d_c(\bar{\mu}_{sj}^r)$ , стосовно якої всі шляхи з меншим значенням довжини за вагою функціонала можуть бути виключені з аналізу як неперспективні: якщо відсортувати в множині  $m_{sj}^r, j = (\overline{r, n})$  рангу  $r$  вектора в порядку убування за вагою функціонала  $c_j$ , то шляхи, в яких довжина  $d_c(\mu_{sj}^r)$  менше довжини  $d_c\left(\min_{a_{ij}} \mu_{sj}^r\right)$ , не можуть визначати оптимальне рішення задачі.

Припустимо, що на основі визначення шляху  $\mu_{sj}^{*r}$  з множини  $m_{sj}^r$ , в якого довжина  $d_c(\mu_{sj}^{*r})$  менше, ніж довжина  $d_c\left(\min_{a_{ij}} \mu_{sj}^r\right)$ , вдалося побудувати оптимальне рішення задачі ЦЛП з БП. Таким чином, в множині  $m_{sp}^{r+1}, p = (\overline{r, n})$  наступного рангу повинен потрапити шлях і мінімальний за вагою обмежень, адже він тим більше буде задовольняти властивості  $v$ . Однак, довжина за вагою функціонала в такого шляху буде більша, ніж в  $\mu_{sj}^{*r}$  і, отже, припущення про існування  $\mu_{sj}^{*r}$  невірне, а цей шлях виключити з подальшого аналізу.

Розглянемо правило фільтрації безперспективних шляхів усередині виділеного коридору: якщо в коридорі існують два шляхи –  $\mu_{sj}^{*r} \in m_{sj}^r$  та  $\mu_{sj}^{**r} \in m_{sj}^r$  – для яких  $d_c(\mu_{sj}^{*r}) > d_c(\mu_{sj}^{**r})$  і  $d_a(\mu_{sj}^{*r})_1 \leq d_a(\mu_{sj}^{**r})_1$ , то вектор  $\bar{X}$ , що відповідає

## ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

шляху  $\mu_{sj}^{*r}$  не може належати оптимальному рішенню задачі ЦЛП з БП.

Покажемо справедливість правила. Для цього припустимо, що на основі шляху  $\mu_{sj}^{**r}$  можна побудувати оптимальне рішення.

Останнє означає, що на наступних рангах шлях  $\mu_{sj}^{**r}$  набере більше значення за вагою функціонала, ніж шлях  $\mu_{sj}^{*r}$ , тобто

$d_c(\mu_{sj}^{*r}) < d_c(\mu_{sj}^{**r})$ . Але шлях  $\mu_{sj}^{*r}$  може бути побудований у ту ж множину

$m_{sj}^r$ , що й шлях  $\mu_{sj}^{**r}$ , який задовольняє властивості  $v$ , але має

довжину  $d_a(\mu_{sj}^{*r}) \leq d_a(\mu_{sj}^{**r})$ . При цьому за вагою функціонала до цього

моменту шлях  $\mu_{sj}^{*r}$  має довжину більшу, ніж шлях  $\mu_{sj}^{**r}$ . Отже, кожний з них набере ту саму величину за вагою  $c_j$ , але на початку

$d_c(\mu_{sj}^{*r}) > d_c(\mu_{sj}^{**r})$ . Виходить, що припущення про те, що на основі

шляху  $\mu_{sj}^{**r}$  можна побудувати оптимальне рішення – не вірно, а твердження – справедливо.

**КРОК 5.** Перевіряється, чи вся множина шляхів наступного  $(r+1)$ -го рангу порожня. Якщо це так, то переходимо до кроку 6, якщо ні, то перевіряємо  $r = (n - 1)$ . У разі виконання рівності переходимо до кроку 6, інакше збільшуємо  $r$  на 1 і виконуємо крок 2.

**КРОК 6.** Виділяємо в множині шлях максимальної довжини і алгоритм закінчує роботу.

Таким чином, із представленої математичної моделі  $n$ -мірного одиничного куба  $V^n$  у вигляді графа  $\Delta$  і сформульованого принципу оптимізації за напрямком на основі

## INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

рангового підходу впливають наступні завдання:

1. Визначення стратегій відсікань  $\{L_w\}$  безперспективних шляхів у множинах  $m_{sj}^r$ , що приводять до наближених і точних рішень задачі ЦЛП із БЗ (11 – 13).

2. Побудови наближених і точних алгоритмів на основі обраних правил відсікань  $\{L_w\}$  для рішення одномірних і багатомірних задач ЦЛП із БЗ.

3. Створення паралельних обчислювальних структур як спеціалізованих пристроїв для рішення даного класу задач дискретної оптимізації.

### References:

- [1] Laabadi, S., Naimi, M., El Amri, H. and Achchab, B. (2018) The 0/1 Multidimensional Knapsack Problem and Its Variants: A Survey of Practical Models and Heuristic Approaches. *American Journal of Operations Research*, 8, 395-439.
- [2] Пермяков О. Ю., Королюк Н. О., Фараон С. І. Інтелектуальні інформаційні системи військового призначення. К.: НУОУ, 2024. – 180 с.
- [3] Listrovoy, S. V., Tretiak, V. F., & Listrovaya, A. S. (1999). Parallel algorithms of calculation process optimization for the boolean programming problems. *Engineering Simulation*, 16(5), 569-579.
- [4] Третяк, В., Голубничий, Д., Коломійцев, О., Мегельбей, Г., Возний, О., & Філіпенков, О. (2020). Математична модель рангового підходу. *Збірник наукових праць ЛОГОС*, 116-122. <https://doi.org/10.36074/25.12.2020.v1.40>
- [5] Коломійцев, О., Осієвський, С., Третяк, В., Закіров, З., Романюк, А., Нікітченко, В., Логвиненко, Є., & Лисиця, А. (2021). Задачі дискретної оптимізації та їх постановка. *InterConf*, (75), 285-302. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.09.2021.033>
- [6] Viacheslav, T., Filgus, D., Stetsenko, O., & Sergii, B. (2019, July). Parallel Computation Method for Fragmentation of Distributed Database Data Based on Rank-Based Approach. In *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)* (pp. 92-95). IEEE.
- [7] Коломійцев О., Рибальченко А., Бондаренко С., Третяк В., Воронін В., Слободенюк Ю., Косташук М., Шабанов Д., Любченко О., Литвиненко В., & Матвієнко, В. (2024). Моделі оптимального розміщення даних у білінгових OLTP-системах на основі рангового підходу до вирішення завдань цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними. *Науковий збірник «InterConf+»*, (47(209), 462-481. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.07.2024.043>
- [8] Голубничий Д., Коломійцев О., Осієвський С., Третяк В., Рибальченко А., Любченко О., Головченко О. (2024). Метод відсікання безперспективних варіантів для задач цілочисельного лінійного



SCIENTIFIC EDITION

**SCIENTIFIC COLLECTION «INTERCONF+»**

№ 50 (221) | October, 2024

The issue contains:

Proceedings of the 7<sup>th</sup> International  
Scientific and Practical Conference

**SCIENTIFIC GOALS AND  
PURPOSES IN XXI CENTURY**

Seattle, USA  
19–20.10.2024

*All materials are reviewed.*

*The editorial office did not always agree with the position of authors.*

Journal's frequency: monthly

Signed for online publication: October 20, 2024.

Printed: November 19, 2024. Circulation: 200 copies. Format 60×84/8.

Batang & Courier New typefaces. Offset paper 100gsm. Digital color printing.

**Contacts of the editorial office:**

LLC Scientific Publishing Center «InterConf»

✉ [info@interconf.center](mailto:info@interconf.center)

🌐 <https://www.interconf.center>

✔ Certificate on the entry of publishing business subject in the State Register of Publishers,  
Manufacturers and Distributors of Publishing Products of Ukraine: ДК № 7882 of 10.07.2023.