



TECHNICAL, AGRICULTURAL AND MATHEMATICAL SCIENCES: SCIENTIFIC TRENDS, PROBLEMS AND WAYS OF THEIR DEVELOPMENT

Collective monograph

ISBN 979-8-89692-717-4

DOI 10.46299/ISG.2025.MONO.TECH.2

BOSTON(USA)-2025

ISBN – 979-8-89692-717-4

DOI – 10.46299/ISG.2025.MONO.TECH.2

*Technical, agricultural and
mathematical sciences: scientific
trends, problems and ways of
their development*

Collective monograph

Boston 2025

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

ISBN – 979-8-89692-717-4

DOI – 10.46299/ISG.2025.MONO.TECH.2

Authors – Charka R., Bobalo I., Vasyliuk S., Monka N., Lubenets V., Vishnevskyi D., Hrytsyuk L., Ambros O., Kaplin M., Makarov V., Bilan T., Shcherbyna Y., Mysak I., Mysak P., Yurasova O., Lys S., Коломійцев О.В., Любченко О.В., Третьяк В.Ф., Філіппенков О.В., Катунін А.М., Gachechiladze L., Samkharadze R., Giorgadze G., Karavatskii P., Kozachok L., Kozachok A., Simbirskii G., Возниця А.С., Шабанова-Кушнарєнко Л.В., Налапко О.Л., Литвиненко О.І., Шапошнікова О.П., Капран Є.С., Шевченко С., Жданова Ю., Білоус М., Andrushchak I., Ковальчук Ю.О., Ключко О.Ю.

REVIEWER

Ivan Katerynychuk – Doctor of Technical Sciences, Professor, Honoured Worker of Education of Ukraine, Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Professor of the Department of Telecommunication and Information Systems of Bohdan Khmelnytskyi National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine.

Kostiantyn Dolia – Doctor of Engineering, Department of automobile and transport infrastructure, National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”.

Published by Primedia eLaunch

<https://primediaelaunch.com/>

Text Copyright © 2025 by the International Science Group(isg-konf.com) and authors.

Illustrations © 2025 by the International Science Group and authors.

Cover design: International Science Group(isg-konf.com). ©

Cover art: International Science Group(isg-konf.com). ©

All rights reserved. Printed in the United States of America. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required.

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe and Ukraine. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science.

The recommended citation for this publication is:

Technical, agricultural and mathematical sciences: scientific trends, problems and ways of their development: collective monograph / Charka R., Bobalo I., Vasyliuk S., Monka N., Lubenets V. – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2025. 454 p. Available at : DOI – 10.46299/ISG.2025.MONO.TECH.2

TABLE OF CONTENTS

1.	AGRONOMY	
1.1	Charka R.¹, Bobalo I.¹, Vasyliuk S.¹, Monka N.¹, Lubenets V.¹ EFFICIENT GROWTH-PROMOTING AGENTS: THIOSULFONATE AND BIOCOUPLE COMBINATIONS ¹ Department of Technology of Biologically Active Compounds, Pharmacy and Biotechnology, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine	8
2.	ARCHITECTURE, CONSTRUCTION	
2.1	Vishnevskyi D.¹ DIGITAL TECHNOLOGIES IN URBAN CONSTRUCTION AND SPATIAL PLANNING: INTEGRATION OF BIM AND VISUALIZATION TOOLS (REVIT, 3DS MAX, AUTOCAD) ¹ O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv	22
2.2	Hrytsyuk L.¹, Ambros O.¹ ADAPTIVE HOSPITALITY DESIGN IN HERITAGE BUILDINGS: STRATEGIES FOR CONTEMPORARY USE ¹ Department of architectural design and engineering, Lviv Polytechnic National University	83
3.	ENERGY	
3.1	Kaplin M.¹, Makarov V.¹, Bilan T.¹, Shcherbyna Y.¹ METHOD OF MAPPING THE TOPOLOGY OF INTERCONNECTED NETWORKS INTO THE STRUCTURE OF THE TECHNOLOGICAL MATRIX OF THE PRODUCTION-TYPE MODEL ¹ General Energy Institute of NAS of Ukraine, Kyiv	92
3.2	Mysak I.¹, Mysak P.¹ STRATEGIC TRADING IN BRENT OIL: EVALUATING THE PROFITABILITY OF CONTRARIAN TECHNICAL APPROACHES ¹ Department of Hydraulic and Water Engineering, Lviv Polytechnic National University	99
3.3	Mysak I.¹, Mysak P.¹ INTELLIGENT DECISION-MAKING IN ENERGY FINANCE: THE ROLE OF REINFORCEMENT LEARNING ¹ Department of Hydraulic and Water Engineering, Lviv Polytechnic National University	110

3.4	Yurasova O. ¹ , Lys S. ¹ ANALYSIS OF MODE-ADJUSTMENT TESTS OF BOILER ТПП-312А ¹ Department of Heat Engineering and Thermal and Nuclear Power Plants, Lviv Polytechnic National University	121
4.	INFORMATICS AND CYBERNETICS	
4.1	Коломійцев О.В. ¹ , Любченко О.В. ¹ , Третяк В.Ф. ² , Філіппенков О.В. ³ , Катунін А.М. ² МЕТОД ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У КАБЕЛЬНІЙ ВОЛОКОННО- ОПТИЧНІЙ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ FTTH НА ОСНОВІ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ¹ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» ² Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба ³ Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки	129
5.	INFORMATICS, COMPUTING AND AUTOMATION	
5.1	Gachechiladze L. ¹ , Samkharadze R. ² , Giorgadze G. ³ , Karavatskii P. ³ SIMULATION OF VISUALIZATION PROCESSES OF RAM MANAGEMENT VIA VN NETWORK ¹ Department of Information Technologies, Georgian Technical University ² Department of Software Engineering, Georgian Technical University ³ Department of Computer Engineering, Georgian Technical University	163
5.2	Kozachok L. ¹ , Kozachok A. ² МОДЕЛЮВАННЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ ДВИГУНА ЗА ДОПОМОГОЮ ТРИГЕРНИХ ПІДСИСТЕМ ¹ Department of Informatics and Apply Mathematics, Kharkiv National Automobile and Highway University ² Project Manager, Kharkiv	175
5.3	Simbirskii G. ¹ NEURAL NETWORKS AS A NECESSARY COMPONENT FOR MODERN METHODS OF SEARCHING FOR ANOMALIES IN VIDEO SEQUENCES ¹ Department of Software Engineering, Faculty of Software Engineering and Business, Kharkiv National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine	184

5.4	Simbirskii G.¹ SOFTWARE DEVELOPMENT ROAD SAFETY SYSTEM ¹ Department of Software Engineering, Faculty of Software Engineering and Business, Kharkiv National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine	227
5.5	Возниця А.С.¹, Шабанова-Кушнарєнко Л.В.², Налапко О.Л.³, Литвиненко О.І.⁴, Шапошнікова О.П.², Капран Є.С.⁵ СУКУПНІСТЬ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАВДАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ¹ Державне некомерційне підприємство Державний університет “Київський авіаційний інститут”, м. Київ, Україна ² Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна ³ Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ, Україна ⁴ Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна ⁵ Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, м. Київ, Україна	264
5.5.1	РОЗРОБКА МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОПУЛЯЦІЙНОГО АЛГОРИТМУ	265
5.5.2	РОЗРОБКА МЕТОДУ ОБРОБКИ ГЕТЕРОГЕННИХ ДАНИХ В ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ	273
5.5.3	МЕТОД ОЦІНКИ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ СИСТЕМ РАДІОЗВ’ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	281
5.6	Шевченко С.¹, Жданова Ю.¹, Білоус М.² АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА ОПТИМІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ ¹ Department of Information and Cyber Security named after Professor Volodymyr Buryachok, Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University ² Department of Software Engineering, State University of Information and Communication Technologies	296
6.	MATH	
6.1	Andrushchak I.¹ CONSIDERATION OF THE MAIN METHODS AND DIRECTIONS OF RESEARCH IN ASYMPTOTIC ANALYSIS OF STOCHASTIC NETWORKS ¹ Lutsk National Technical University	309

7.	MECHANICAL ENGINEERING	
7.1	Ковальчук Ю.О. ¹ ЛАЗЕРНЕ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ¹ кафедра агроінженерії, Уманський національний університет	324
7.1.1	ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ЗМІЦНЕННЯ СТАЛІ 65Г ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ	324
7.1.2	ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО ЗМІЦНЕННЯ СТАЛІ 45 ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	332
7.1.3	АНАЛІЗ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В РЕЗУЛЬТАТІ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ІЗ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ	341
7.1.4	ЛАЗЕРНА ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ З ЧАВУНУ	350
7.1.5	ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМОВОГО МЕТОДУ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ІЗ ЧАВУНУ	362
8.	METALLURGY	
8.1	Клочко О.Ю. ¹ ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ ЧАВУННИХ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ ¹ Кафедра сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна	373
8.1.1	ХАРАКТЕРИСТИКА, УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛУ ЧАВУННИХ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ	373
8.1.2	ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТА СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА ВІДЦЕНТРОВОЛИТИХ ВАЛКІВ	379
8.1.3	ПРОКАТНІ ВАЛКИ ІЗ ВИСОКОХРОМИСТОГО ЧАВУНУ	381
8.1.4	ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОХРОМИСТИХ ВАЛКІВ	382
8.1.5	ОЦІНКА НАПРУЖЕНОГО СТАНУ У МАСИВНИХ ВИЛИВКАХ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ ПРИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЧАВУНУ ТА ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ЙОГО ВЕЛИЧИНУ	389
8.1.5.1	МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ СИСТЕМИ ВИЛИВКА – ЛИВАРНА ФОРМА В ПЕРІОД КРИСТАЛІЗАЦІЇ ВАЛКА	389
8.1.5.2	МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОВИМІРНОЇ ЗАДАЧІ НАПРУЖЕНО- ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ В ПРОЦЕСІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ВАЛКА	396
	REFERENCES	421

5.6 Автоматизація розкладу занять як необхідна умова оптимізації функціонування закладу освіти

Об'єктивний розвиток інформатизації суспільства неминуче сприяє впровадженню нових форм управління навчальним процесом у закладах освіти, зокрема у формуванні розкладу занять. Практика складання розкладу вручну значною мірою відійшла у минуле для більшості освітніх закладів. Очевидно, що традиційне ручне формування розкладу є трудомістким процесом, схильним до людських помилок і конфліктів. З огляду на це, автоматизація процесу складання розкладу є критично важливою для оптимізації функціонування закладів освіти. Автоматизація розкладу у освітніх закладах має безліч переваг, які спрямовані на оптимізацію навчального процесу, зменшення адміністративного навантаження та покращення досвіду всіх учасників освітнього процесу (рис.1).



Рисунок 1. Переваги автоматизації розкладу занять в закладах освіти

Процес формування розкладу навчального процесу у закладах освіти є багатофакторною оптимізаційною задачею [283]. Вона передбачає ефективне розміщення різних академічних сесій у визначений інтервал часу та з одночасним задоволенням великої кількості жорстких та м'яких обмежень. Ці обмеження охоплюють різноманітні напрями, зокрема, кваліфікацію викладачів, доступність аудиторій, вимоги навчальних програм, а також побажання учасників освітнього процесу та інші аспекти. Тому складання розкладу характеризується високою обчислювальною складністю.

Вибір адекватної математичної моделі та надійного алгоритму є важливим етапом для розробки автоматизованої системи складання розкладу. За допомогою математичної моделі здійснюється формалізація усіх суттєвих параметрів формування розкладу, а саме – це викладачі, студенти, аудиторії, дисципліни, їхні властивості та взаємозв'язки між ними. Також потрібно визначити цільову функцію та систему обмежень. Розробка алгоритму, який відповідає цій математичній моделі, є ключовим елементом, бо завдяки йому здійснюється пошук оптимального розв'язку.

Існує кілька технік або підходів для автоматизованого вирішення проблеми формування розкладу у закладах освіти. Розглянемо їх більш детально.

1. Метод імітації відпалу

Даний метод було запропоновано у сфері фізичних процесів кристалізації речовини для покращення однорідності металу. Відпал металу – це імітація пошуку оптимального стану кристалічної решітки з мінімальною енергією. Під час нагрівання металу атоми змінюють своє положення, а після повільного охолодження вибирають енергетично вигідніші позиції. Разом з температурою зменшується ймовірність переходу в гірший стан – низькоенергетичний, який є необхідною умовою для уникнення ув'язнення у локальному мінімумі. При цьому потрібно періодично підвищувати температуру. Таким чином знайти той стан кристалічної решітки, що робить метал міцнішим.

Метод імітації відпалу можливо застосувати для розв'язання задачі складання розкладу в закладах освіти [283-286]. При формуванні розкладу

функцією енергії є критеріальна функція, пов'язана із штрафами при конфліктній ситуації в розкладі, а низькоенергетичний стан – коректний розклад [283]. Блок-схема алгоритму імітації відпалу представлено на рис.2.

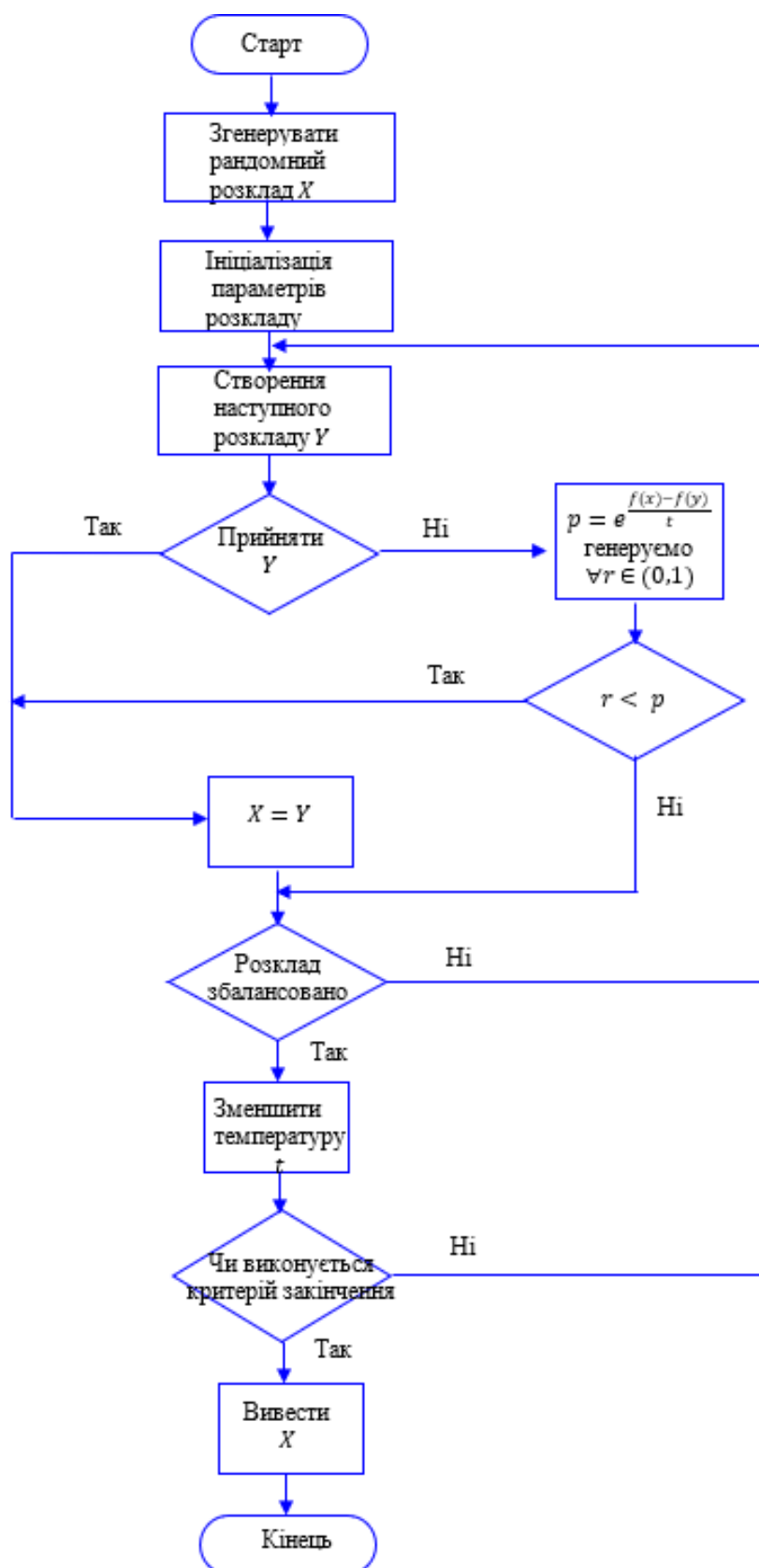


Рисунок 2. Блок-схема моделювання розкладу занять методом відпалу

2. Метод розфарбування графів

Метод розфарбування графів полягає у знаходженні мінімального числа кольорів для розфарбування вершин графа, де сусідні не можуть мати однаковий колір. У процесі формування розкладу в закладах освіти автори досліджень [287-289] пропонують будувати граф, у якого кожна вершина – це навчальне заняття, колір – це часовий слот, ребро – спільні студенти, тобто два заняття (або один викладач) в одній аудиторії, що призводить до конфліктної ситуації при складанні розкладу. Алгоритм має високу складність, тому на практиці найчастіше його застосовують разом з іншими методами.

3. Імітаційне моделювання

За допомогою даного методу здійснюється імітація роботи адміністратора, який створює розклад і намагається задовольнити задані обмеження найкращим чином [283,290]. На першому кроці створюється порожній розклад і задаються усі параметри, да другому – вибирається заняття (за різною логікою) із списку і включають його у розклад, тобто вибирається час і аудиторія, враховуючи усі обмеження. Процес продовжується доти, доки не буде сформовано повний розклад. При цьому, якщо виникають конфліктні ситуації, то дане заняття видаляють з розкладу і вносять у список неврахованих. Значний обсяг ітерацій у даному методі є непривабливим для застосування.

4. Метод програмування з обмеженнями

Формування розкладу в закладах освіти з використанням методу програмування з обмеженням здійснюється за допомогою спеціального програмного забезпечення, у якому декларативно описується задача із змінними: заняття X проводиться у час Y в аудиторії Z , та визначаються обмеження, які можуть вести до конфліктних ситуацій [291-293]. Система автоматично шукає рішення, які задовольняють усім обмеженням. При цьому скорочується процес пошуку не завдяки тестуванню кожного створеного розкладу, а система сама відсіює внаслідок відповідних прописаних правил. Метод програмування з обмеженнями часто застосовують при створенні розкладу для реальних закладів освіти.

5. Алгоритм мурашиної колонії

Даний метод застосовують у різних сферах для вирішення задач оптимізації, зокрема і у формуванні розкладу. Метод мурашиної колонії є ітераційним ймовірнісним алгоритмом, який повністю наслідує поведінку живих мурах у процесі пошуку найкоротшого шляху на зважених графах. Мурахи, шукаючи їжу, рандомно рухаються по стежках. При цьому залишають феромон на даному шляху, значення якого залежить від якості та розміру їжі. Проте він також із часом може випаровуватися. Найсильніший феромон вказує на найкоротший шлях. За допомогою даного методу створюється велике число розкладів, з кожною ітерацією розклади стають ефективнішими, оскільки мурахи "навчаються" від попередніх [294-297].

6. Генетичні алгоритми

В основі генетичних алгоритмів лежить теорія еволюції з такими характеристиками, як спадковість, мінливість, природний вибір. Більшість алгоритмів оптимізації працюють над удосконаленням одного розкладу, генетичні алгоритми фокусуються на популяції рішень, представлених у вигляді хромосом [298-302]. Генетичний алгоритм – ітераційний метод, блок-схема якого представлена на рис.3.

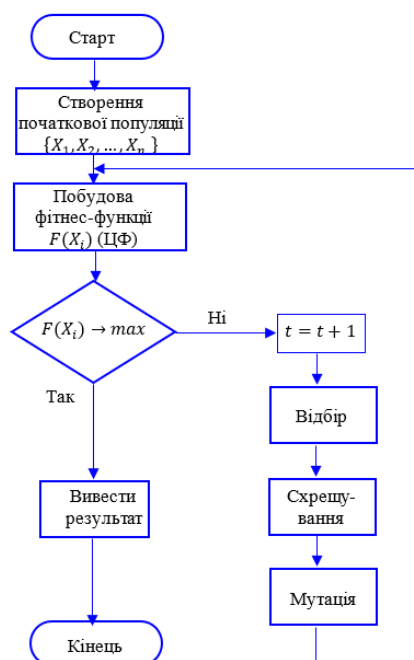


Рисунок 3. Блок-схема моделювання розкладу занять за допомогою генетичного алгоритму

Набір хромосом у формуванні розкладу – це навчальні заняття, які містять інформацію про час, викладачів, аудиторію. Для створення хромосом кодують інформацію за допомогою бінарного кодування. Використання цільової функції (у даному алгоритмі вона називається фітнес-функція) дозволяє перевірити, чи придатна дана хромосома для подальшого використання. У випадку негативного оцінювання хромосоми, її піддають процесам:

- схрещування (кожна хромосома є нащадком двох попередніх популяцій);
- мутації (зміна випадково відібраних генів).

Для формування розкладу схрещування застосовують рідко із-за громіздких обчислень. Після мутації за допомогою фітнес-функції знову оцінюється згенерована хромосома.

Генетичні алгоритми застосовують з іншими методами для більш ефективного створення розкладів.

Досліджені методи є потужним інструментом для формування розкладу в системах освіти. Проте кожний з них має свої переваги та недоліки, які представлені у таблиці 1.

Таблиця 1.
Порівняння методів формування розкладу в закладах освіти

№ з/п	Методи формування розкладу	Переваги	Недоліки
1	Метод імітації відпалу	1) Уникнення локальних мінімумів. 2) Універсальність. 3) Простота реалізації. 4) Ефективність для складних задач.	1) Витрати часу. 2) Залежність від параметрів. 3) Відсутність гарантії абсолютного мінімуму. 4) Ймовірнісний характер результатів.
2	Метод розфарбування графів	1) Візуалізація конфліктів, що дозволяє їх мінімізувати. 2) Простота у використанні і реалізації. 3) Зменшення ресурсів.	1) Складність обчислень (NP-повнота). 2) Статичний характер. 3) Слабка деталізація обмежень. 4) Недостатня увага на часових слотах.

Продовження таблиці 1

№ з/п	Методи формування розкладу	Переваги	Недоліки
3	Метод імітаційного моделювання	1) Більш реалістичний та гнучкий. 2) Можливість тестування різних сценаріїв. 3) Можливість виявлення переважанення ресурсів	1) Трудомісткість і складність розробки. 2) Відсутність гарантії оптимальності. 3) Залежність від параметрів. 4) Ймовірнісний характер результатів.
4	Метод програмування з обмеженнями	1) Декларативність. 2) Ефективна обробка різноманітних обмежень. 3) Врахування м'яких обмежень. 4) Ефективний пошук рішень та раннє виявлення суперечностей. 5) Підтримка інкрементальних змін.	1) Проблеми масштабованості для об'ємних завдань. 2) Вимагає спеціалізованого програмного забезпечення. 3) Відсутність адаптивності.
5	Алгоритм мурашиної колонії	1) Здатність створення якісного розкладу. 2) Адаптованість до різних типів обмежень та критеріїв оптимізації. 3) Гнучкість до динамічних змін. 4) Стійкість до невеликих неточностей.	1) Обчислювальна і складність та час виконання. 2) Залежність від правильного вибору параметрів. 3) Відсутність гарантії глобального оптимуму. 4) Потребує місця для зберігання інформації.
6	Генетичний алгоритм	1) Ефективність у пошуку рішень для складних задач. 2) Можливість уникнути локальні оптимуми. 3) Гнучкість та адаптивність. 4) Можливість розпаралелювання.	1) Обчислювальна і складність та час виконання. 2) Складність налаштування параметрів. 3) Відсутність гарантії глобального оптимуму. 4) Складність розробки функції придатності та кодування рішення хромосомами.

З метою автоматизації процесу формування розкладу занять був розроблений вебзастосунок SchedGo, що виступає як централізована платформа для управління академічним розкладом. Як мову програмування для backend частини обрано JavaScript. Для створення серверної логіки використано платформу Node.js. Це сучасний інструмент для створення ефективних backend-рішень, який базується на JavaScript, що забезпечує єдність мови в усьому стеку. Завдяки асинхронній моделі обробки запитів Node.js забезпечує високу продуктивність, що критично важливо при роботі з великою кількістю одночасних підключень. На клієнтській стороні також використовується JavaScript. Для front-end реалізації застосовано бібліотеку React. Головною перевагою є використання віртуального DOM, що дозволяє ефективно оновлювати лише змінені елементи сторінки. Це значно підвищує швидкодію й полегшує створення інтерактивних інтерфейсів. Для збереження даних, таких як розклад, викладачі, академічні групи, тощо, використано базу даних MongoDB. Вона поєднує гнучкість нереляційних баз з потужністю традиційних СУБД, дозволяє зберігати документи у JSON-подібному форматі, що ідеально підходить для роботи з Node.js. Система підтримує індекси за будь-якими полями, що підвищує ефективність запитів, а також дозволяє зберігати великі об'єкти (наприклад, файли).

Для кращого розуміння загального функціоналу на рис. 4 зображено діаграму варіантів використання, на рис. 5 представлено діаграму класів бази даних для визначення логіки зв'язків між сутностями.

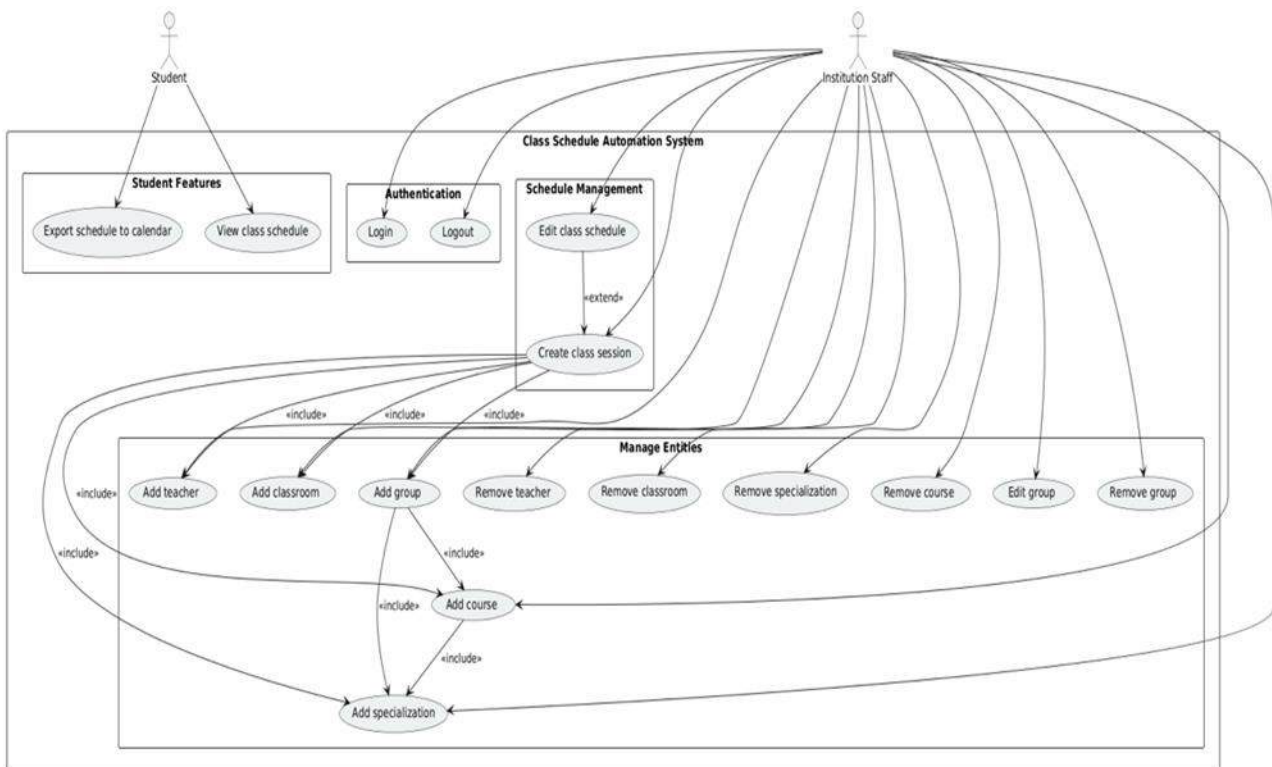


Рисунок 4. Діаграма варіантів використання

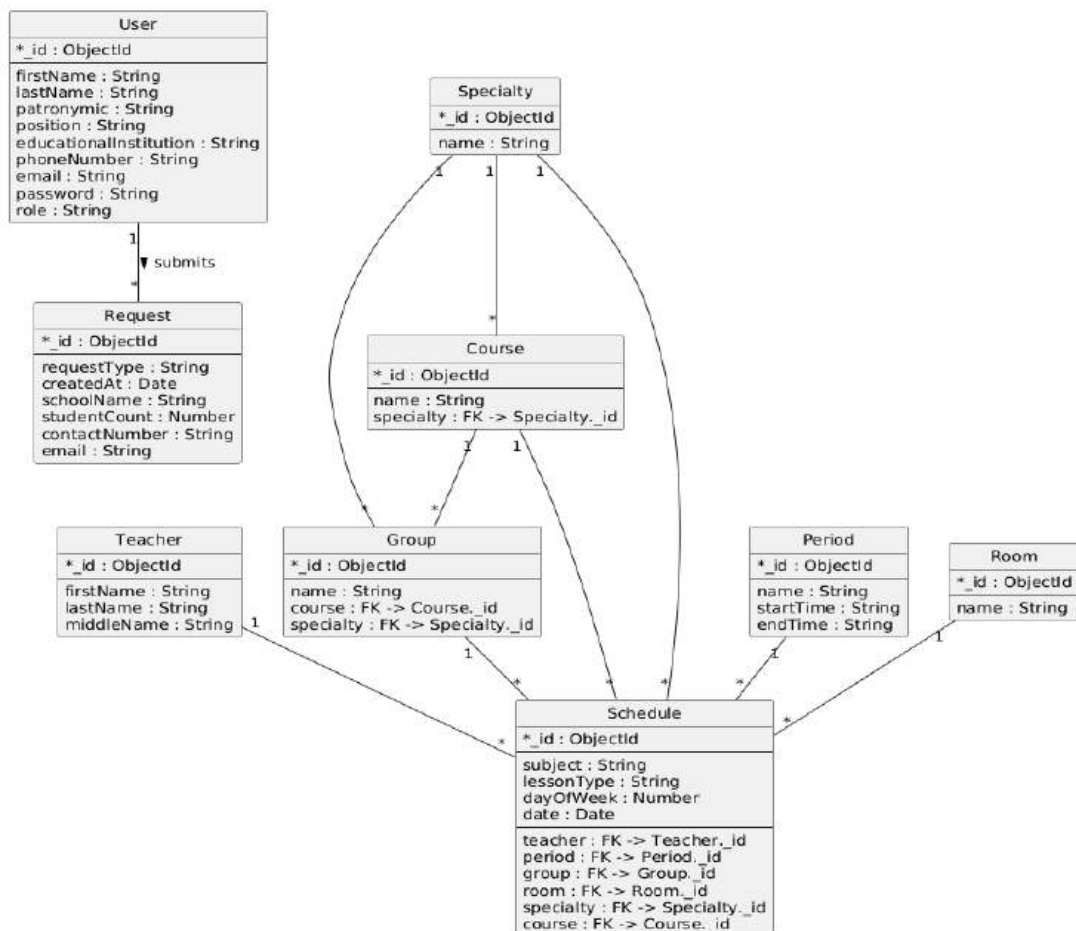


Рисунок 5. Діаграма структур баз даних

Система базується на ключових сутностях:

1. Користувач (User): фізична особа (адміністратор, викладач, студент) з персональними даними (ім'я, прізвище, логін, email, пароль, роль) та прив'язкою до навчального закладу (schoolId).
2. Запит (Request): фіксує звернення користувачів щодо додавання нового навчального закладу, містить тип, статус, дату та дані відправника.
3. Спеціальність (Specialty): назва освітнього напрямку, що може містити кілька курсів.
4. Курс (Course): рік навчання (1-4), підпорядкований певній спеціальності.
5. Група (Group): назва навчальної групи, що об'єднує студентів певного курсу та спеціальності.
6. Викладач (Teacher): прізвище, ім'я та по-батькові викладача.
7. Період (Period): часові рамки проведення занять (пар).
8. Кабінет (Room): номери аудиторій, у яких проводяться заняття.
9. Центральною частиною бази є сутність розклад (Schedule). Вона об'єднує в собі всю інформацію про окрему пару: назву предмета, тип заняття (лекція, практика тощо), день тижня, дату, а також зв'язки з викладачем, періодом, аудиторією, групою, курсом і спеціальністю. Кожне поле цієї моделі є зовнішнім ключем до відповідної сутності, що дозволяє не дублювати дані, а лише посилатися на них.

Таким чином, база даних побудована за принципами нормалізації, що забезпечує уніфікацію та зменшення надлишковості інформації. Завдяки такій структурі система здатна ефективно керувати складними навчальними розкладами та легко масштабуватись при збільшенні обсягу даних.

На рис. 6 представлено інтерфейс, з яким безпосередньо взаємодіє користувач, який переглядає розклад за спеціальністю, курсом та групою.

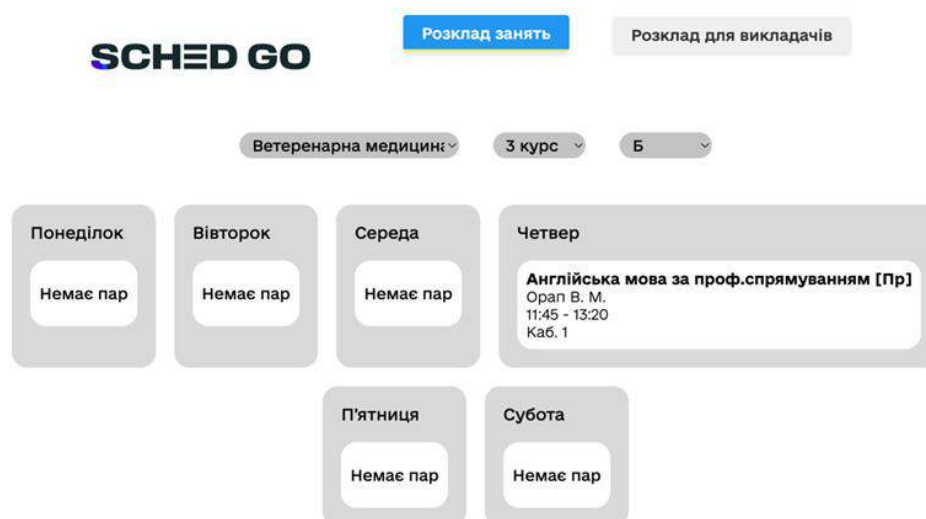


Рисунок 6. Користувацька частина відображення розкладу

Для швидкого перегляду розкладу занять та отримання повідомлень про зміну розкладу було розроблено Telegram-бот за допомогою мови програмування Python. Взаємодія з ботом відбувається через зручне меню, що дає змогу легко обирати розклад на сьогодні або на тиждень. Завдяки цьому бот допомагає ефективно організувати навчальний процес і бути завжди в курсі актуальної інформації.

Ще один важливий сценарій — створення нового заняття. Цей процес ініціюється адміністратором, який через вебінтерфейс обирає спеціальність, курс і групу. Далі зазначається дата проведення заняття, його назва, а також обирається час із фіксованого списку, що підтягується через API. Вид заняття (лекція, лабораторна тощо) обирається зі статичних значень, закладених у код. Останнім кроком є вибір викладача та аудиторії, дані про які також надходять через API. Після завершення всіх етапів інформація зберігається в базі даних, і нове заняття автоматично стає доступним для студентів у їхньому розкладі.

На рис. 7 представлена діаграма, що ілюструє логіку обміну інформацією між ключовими компонентами системи SchedGo — вебсайтом, Telegram-ботом, API, базою даних і користувачами — під час основних сценаріїв роботи: перегляд розкладу, взаємодія з ботом та створення нових занять.

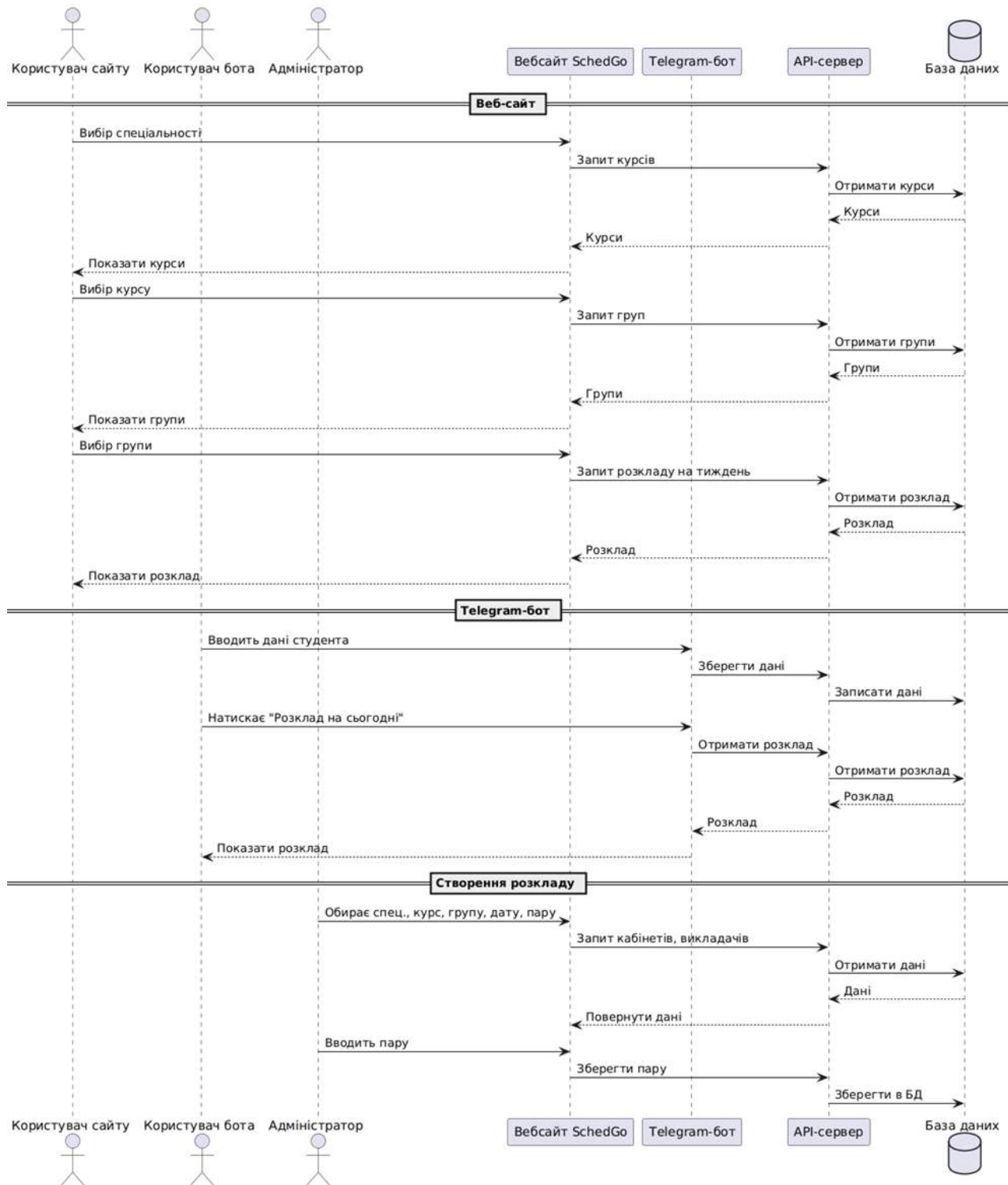


Рисунок 7. Діаграма потоків

На першому етапі взаємодії, користувач заходить на сайт <https://schedgo.online/schedule>, де йому пропонується обрати спеціальність. Система у відповідь на цей вибір надсилає запит до API, щоб отримати перелік курсів, прив'язаних до зазначеної спеціальності. Після отримання списку курсів користувач обирає потрібний, і тоді відбувається наступний запит — вже на

отримання груп, що відповідають зазначеним спеціальності та курсу. Завершивши вибір групи, користувач запускає фінальний запит, який повертає розклад на поточний тиждень. Усі ці дані проходять через API, що виконує відповідні запити до бази даних, обробляє їх і повертає результат вебінтерфейсу.

Інший шлях взаємодії — через Telegram-бот. Під час першого контакту з ботом користувач надсилає свої основні дані: спеціальність, курс і групу. Ця інформація зберігається в системі, що дозволяє надалі формувати запити автоматично. При кожному зверненні до бота — наприклад, натисканні кнопки «Розклад на сьогодні» — бот передає запит до API, використовуючи збережену інформацію. API, у свою чергу, звертається до бази даних і повертає відповідь з розкладом на поточний день або тиждень, залежно від дії.

Загалом, діаграма відображає чітку взаємодію між фронтом (вебсайт і бот), API та базою даних. Вона демонструє прозору логіку обробки запитів, автоматизацію дій користувача і ефективний обмін інформацією в рамках навчального процесу.

Особлива увага приділена безпеці: реалізовано реєстрацію, шифрування даних, захищену взаємодію з API [303].

Таким чином, у даному дослідженні були проаналізовані існуючі методи складання автоматизованого розкладу і представлено розробку вебзастосунка SchedGo та Telegram-бота, які виступають як централізовані платформи для управління академічним розкладом.

Вважаємо, що автоматизація розкладу у закладах освіти є важливим кроком до удосконалення навчального процесу, підвищення його ефективності та зручності для всіх учасників. Це інвестиція в якість освіти та оптимізацію адміністративних процесів.

URL: <https://isg-konf.com/uk/modern-methods-of-solving-scientific-problems-of-reality/>.

278. Кашкевич С. О., Возниця А. С. “The development of methods for finding solutions using the improved of locusts swarm algorithm”. VII Міжнародна науково-практична конференція “Global problems of improving scientific inventions”, 31 жовтня – 03 листопада, 2023, Копенгаген, Данія. С. 271 – 276. URL: <https://isg-konf.com/uk/global-problems-of-improving-scientific-inventions/>.

279. Шишацький А. В., Литвиненко О. І., Жук О. В., Артюх С. Г., Кашкевич С.О. “Розробка методики підвищення оперативності прийняття рішень в організаційно-технічних системах”. XIII Міжнародна науково-практична конференція “Development trends and improvement of old methods”, 12 – 15 грудня 2023, Варшава, Польща. С. 422 – 431. URL: <https://isg-konf.com/uk/development-trends-and-improvement-of-old-methods/>.

280. Шишацький А. В., Плющ Т. М., Кашкевич С. О. “Розробка методу оцінювання складних ієрархічних систем на основі удосконаленого алгоритму рою частинок”. XII Наукова конференція “Наукові підсумки 2023 року”. Збірник тез доповідей. – Харків, Х.: Технологічний центр, 2023. С. 64. URL: <https://entc.com.ua/uk/konferentsii/610-naukovi-pidsumky-roku>.

281. Шишацький А. В., Кашкевич С. О., Тупота Є. В. “Модель взаємодії відкритих систем для безпілотних авіаційних комплексів”. IV Міжнародна науково-практична конференція “Contemporary challenges of society and ways to overcome them”, 30 січня – 02 лютого 2024 р., Таллінн, Естонія. С. 280 – 288. URL: <https://isg-konf.com/uk/contemporary-challenges-of-society-and-ways-to-overcome-them/>.

282. Кашкевич С. О., Дмитрієва О. І., Шкнай О. В., Троцько О. О., Шишацький А. В. Математична модель інформаційного конфлікту інформаційних мереж. XVII International Scientific and Practical Conference. April 30 – May 03, 2024, London, Great Britain. pp. 412–422. URL: <https://isg-konf.com/the-latest-technologies-in-the-development-of-science-business-and-education/>.

283. Снитюк В.Є., Сіпко О.М. (2022). Технологія еволюційного формування розкладів у закладах вищої освіти. Київ: Видавець ФОП Піча Ю.В., с.136 https://www.researchgate.net/publication/366759465_Tehnologia_evolucijnogo_for_muvanna_rozkladiv_u_zakladah_visoi_osviti

284. Olufemi Ayodeji, Odeniyi & Omidiora, Elijah & Olabiyisi, Stephen & Aluko, Aluko. (2015). Development of a Modified Simulated Annealing to School Timetabling Problem. International Journal of Applied Information Systems. 8. 16-24. 10.5120/ijais14-451277.

285. Chunlei, Tu & Liu, Yanjin & Zheng, Lixiao. (2021). Hybrid Element Heuristic Algorithm Optimizing Neural Network-Based Educational Courses. Wireless Communications and Mobile Computing. 2021. 1-12. 10.1155/2021/9581793.

286. Zhan, Shi-hua & Lin, Sannuo & Zhang, Ze-jun & Zhong, Yiwen. (2016). List-Based Simulated Annealing Algorithm for Traveling Salesman Problem. Computational Intelligence and Neuroscience. 2016. 1-12. 10.1155/2016/1712630.
287. Dandashi, Amal & Al-Mouhamed, Mayez. (2010). Graph Coloring for class scheduling. 1-4. 10.1109/AICCSA.2010.5586963.
288. Malviya, A., Agrawal, B., & Kumar, S. (2024). GRAPH COLORING ALGORITHM FOR COURSE TIME TABLE SCHEDULING PROBLEM. ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts, 5(3), 452–460. <https://doi.org/10.29121/shodhkosh.v5.i3.2024.2182>
289. Vyas, Meghana. (2025). Exam Scheduling using Graph Coloring. Journal of Information Systems Engineering and Management. 10. 10-15. 10.52783/jisem.v10i24s.3868.
290. Muller T. Some Novel Approaches to Lecture Timetabling / T. Muller // In Proc. of the 4-th Workshop of Constraint Programming for Decision and Control “CPDC’2002”. – Gliwice. – 2002. – P. 352-369.
291. Kiyohara, Mitsuka & Ishihata, Masakazu. (2024). A Constraint Programming Approach to Fair High School Course Scheduling. 10.48550/arXiv.2408.12032.
292. Rudová, Hana & Müller, Tomáš & Murray, Keith. (2011). Complex university course timetabling. Journal of Scheduling. 14. 187-207. 10.1007/s10951-010-0171-3.
293. Lai, I. F., Wu, C.C., Hsueh, N.I., Huang, I.T., & Hwang, S.F. (2008). An artificial intelligence approach to course timetabling. International Journal on Artificial Intelligence Tools, 17(01), 223–240. <https://doi.org/10.1142/s0218213008003868>
294. Гайтан, О.М. (2020). Автоматизація розкладу навчальних курсів університету. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки, 1 (2), 58–66. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-1/09>
295. Mazlan, Munirah & Makhtar, Mokhairi & Khairi, Ahmad & Mohamed, Mohamad A. (2019). University course timetabling model using ant colony optimization algorithm approach. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. 13. 72-76. 10.11591/ijeecs.v13.i1.pp72-76.
296. Mahmud, Al-, Highly Constrained University Class Scheduling using Ant Colony Optimization (2021). International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT) Vol 13, No 1, February 2021, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3801441>
297. Herianto, T. (2021). Implementation of the Ant Colony System Algorithm in the Lecture Scheduling Process. Instal : Jurnal Komputer, 12(02), 50–56. <https://doi.org/10.54209/jurnalkomputer.v12i02.23>
298. Budhi, Gregorius & Gunadi, Kartika & Wibowo, Denny. (2015). Genetic Algorithm for Scheduling Courses. 51-63. 10.1007/978-3-662-46742-8_5.

299. Subang, Kim & Agoylo Jr, Jose. (2024). Optimizing Course Scheduling with Genetic Algorithms: A Dynamic Approach. SAR Journal - Science and Research. 296-302. 10.18421/SAR74-02.
300. Chen, Xiangliu & Yue, Xiao-Guang & Li, R.Y.M. & Zhumadillayeva, Ainur & Liu, Ruru. (2021). Design and Application of an Improved Genetic Algorithm to a Class Scheduling System. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET). 16. 44. 10.3991/ijet.v16i01.18225.
301. Camungao, Ricardo. (2025). A New Class Scheduling Approach using Genetic Algorithm Methods for Isabela State University. Journal of Information Systems Engineering and Management. 10. 593-599. 10.52783/jisem.v10i49s.9909.
302. Isa Martinus, A., Budi Hartono, M., & Wicaksono, F. (2023). Implementation of the Constraint Satisfaction Problems Method in Genetic Algorithms for Course Scheduling Systems. Jurnal Improsci, 1(3), 140–147. <https://doi.org/10.62885/improsci.v1i3.149>
303. Білоус М.О. Захист інформації у web-застосунку для автоматизації розкладу занять у закладі освіти // Матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Інформаційні технології – 2025», 15.05.25, КСУ імені Бориса Грінченка, Київ, Україна, 362 с. ISSN: 2664-2638.
304. Alvarez-Andrade S. Strong approximation of doubly stochastic Poisson processes .C. R. Acad. Sci. Paris Ser. I. Math. – 1993. – № 8. – P. 869-872.
305. Anisimov V.V., Anisimov V. Switching Processes in Queueing Models. – ISTE Ltd, 2008. – 343 p.
306. Asmussen S., Thorisson H. A Markov chain approach to periodic queues. J. Appl. Probab. – 1987. – № 24. – P. 215-225.
307. Bambos N., Walrand J. On queues with periodic inputs. J. Appl. Probab. – 1989. – № 26(2). – P. 381-389.
308. Baskett F., Chandy K.M. , Müntz R.R. , Palacios F.G. Open, closed, and mixed networks of queues with different classes of customers. J. of ACM. – 1975. – v. 22: № 2. – P. 248-260.
309. Berman Simeon M. Extreme sojourns of diffusion processes. Ann. Probab. – 1988. – v. 16: № 1. – P. 361-374.
310. Breuer L. The Periodic BMAP/PH/c Queue. Queueing Syst. – 2001. – № 38(1). – P. 67-76.
311. Breuer L. Two examples for computationally tractable periodic Queues. I. J. of Simulation. – 2004. – Vol.3: № 3-4. – P. 15-24.
312. Clark A.B. A waiting line process of Markov type. Ann. Math. Statistics. – 1956. – Vol. 27, №2. – P. 452-459.