

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара
Олег МАРЕНКОВ



« 3 » 2026 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Мітікова Миколи Юрійовича на тему «Ідентифікація аномалій в роботі програмного забезпечення на основі аналізу знімків пам'яті», представленої на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика

ВИТЯГ

з протоколу №7 засідання міжкафедрального семінару при постійнодіючому науковому семінарі «Сучасні питання оптимізації та дискретної математики» при Науковій раді НАН України з проблеми «Кібернетика» факультету прикладної математики та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара від «3» червня 2026 року

ПРИСУТНІ: 39 з 39 членів наукового семінару.

ГОЛОВА НАУКОВОГО СЕМІНАРУ: член-кореспондент НАН України, д-р фіз.-мат. наук, проф. Кісельова О.М. (01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики), декан факультету прикладної математики та інформаційних технологій, професорка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР НАУКОВОГО СЕМІНАРУ: канд. фіз.-мат. наук, доц. Кузенков О.О. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

ЧЛЕНИ НАУКОВОГО СЕМІНАРУ: д-р фіз.-мат. наук, проф. Гук Н. А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), в. о. проректора з науково-педагогічної роботи, професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Кузьменко В. І. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Шевельова А.Є. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), професорка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Гарт Л.Л. (01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики), професорка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р техн. наук, проф. Байбуз О.Г. (05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту), завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Турчина В.А. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), завідувачка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Зайцева Т.А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), завідувачка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Волошко В.Л. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Білозьоров В.Є. (01.05.04 – системний аналіз і теорія оптимальних рішень), професор кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Золотько К.Є. (05.14.04 – промислова теплоенергетика), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Зайцев В.Г. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук Дзюба П. А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Хижа О.Л. (01.01.01 – математичний аналіз), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Мацуга О.М. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук Козакова Н. Л. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцентка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд.фіз.-мат. наук Михальчук Г.Й. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Тонкошкур І.С. (01.02.05 – механіка рідини, газу та плазми), доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук Степанова Н.І. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцентка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Сафронова І.А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцентка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Іванченко М.Г. (05.13.06 – інформаційні технології), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Антоненко С.В. (05.13.06 – інформаційні технології), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Божуха Л.М. (01.01.01 – математичний аналіз), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук Білобородько О.І. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцентка кафедри інженерії

програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Ємел'яненко Т.Г. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Наконечна Т.В. (01.01.01 – математичний аналіз), доцентка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Трофімов О.В. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

доктор філософії (PhD) Антонюк В.А. (121 – інженерія програмного забезпечення), доцент кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

доктор філософії (PhD) Єгошкін Д.І. (113 – прикладна математика), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

доктор філософії (PhD) Жушман В.В. (113 – прикладна математика), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Полонська А.Є., асистентка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Лисиця Н.М., асистентка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Сірик С.Ф., старший викладач кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Красношапка Д.В., старший викладач кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Лапець О.В., асистент кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Мащенко Л.В., старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Соломатін В.А., асистент кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Стружко В.Р., асистент кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

ЗАПРОШЕННІ ФАХІВЦІ (3 особи, з правом голосу):

д-р техн. наук, проф Мороз Б. І (05.25.05 - Інформаційні системи та процеси),

професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем національного технічного університету «Дніпровська політехніка»;

д-р техн. наук, проф. Ткаченко О. М. (05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі), професор кафедри програмних систем і технологій факультету інформаційних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

д-р техн. наук, проф. Поворознюк А. І. (05.13.06 – Інформаційні технології), професор кафедри комп'ютерної інженерії та програмування національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

На засіданні присутні аспіранти: Мітіков М.Ю. Інкін О.А.

Аспіранти участі в голосуванні не брали.

Порядок денний: розгляд і обговорення дисертаційної роботи Мітікова Миколи Юрійовича на тему «Ідентифікація аномалій в роботі програмного забезпечення на основі аналізу знімків пам'яті», поданої на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 – Прикладна математика.

Тема дисертації затверджена на засіданні вченої ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (протокол № 3 від 24 листопада 2022 року). Науковим керівником призначено д-ра фіз.-мат. наук, проф. Гук Н.А.

Підготовка здобувача третього рівня вищої освіти здійснюється за акредитованою освітньо-науковою програмою «Прикладна математика» зі спеціальності 113 – Прикладна математика (сертифікат про акредитацію освітньої програми 2068, дійсний до 01.07.2027 р.).

СЛУХАЛИ:

Обговорення дисертації аспіранта 4 року навчання Мітікова Миколи Юрійовича на тему «Ідентифікація аномалій в роботі програмного забезпечення

на основі аналізу знімків пам'яті» на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 – Прикладна математика.

Перевірку на плагіат здійснювала комісія у складі: канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Кузенков О.О., канд. фіз.-мат. наук, доцентка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Козакова Н.Л., провідний інженер НДЛ ОСС Яцечко Н.Є.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на плагіат програмою «Strikerplagiarism» зроблено висновок: дисертаційна робота Мітікова М.Ю. має високий рівень унікальності (96,27%) і може бути допущена до захисту.

Робота виконана на 170 сторінках, з яких 147 є основною частиною, і містить такі складові частини: анотація, зміст, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел із 104 найменувань на 13 с., додатки на 8 с. Дисертація містить 23 рисунки та 7 таблиць.

Слово надається аспіранту Мітікову М.Ю. Будь ласка, регламент виступу – 20 хвилин.

Аспірант Мітіков М.Ю.

Шановна голова семінару, шановні члени міжкафедрального семінару, шановні колеги!

Тема моєї дисертації: «Ідентифікація аномалій в роботі програмного забезпечення на основі аналізу знімків пам'яті»

Актуальність теми.

У програмних застосунках керованого середовища виконання фактичне споживання оперативної пам'яті визначається обсягом даних, способом їх об'єктного подання, службовими структурами середовища виконання, вибором типів і колекцій. Типовою ознакою витоку пам'яті є стійке зростання використання пам'яті в часі. Наявні засоби моніторингу фіксують узагальнені метрики і не завжди виявляють надмірне використання пам'яті, якщо воно закладене у структуру даних і не проявляється як витік ресурсів. Статичний аналіз програмного коду не дає змоги повною мірою врахувати фактичні дані, з якими оперує система, тому також має обмеження щодо виявлення надмірного використання пам'яті. В існуючих підходах відсутній теоретичний апарат, який забезпечує перехід від байтового подання пам'яті до формальної моделі об'єктів з урахуванням властивостей типів та фактичних даних. Таким чином, існує необхідність інтерпретації пам'яті програмного процесу як скінченної типізованої структури, що формалізує об'єкти, типи, адреси, розміри, значення полів, масиви, колекції та топологію зв'язків між ними. Таке подання створює основу для математичного опису надлишкового подання інформації, побудови критеріїв його виявлення та кількісного оцінювання потенційного зменшення обсягу пам'яті.

Об'єкт дослідження:

Знімок пам'яті як зафіксований стан оперативної пам'яті програмного процесу у визначений момент часу.

Предмет дослідження:

Математичні моделі, критерії, алгоритмічні процедури та продукційні правила ідентифікації сценаріїв надмірного використання оперативної пам'яті за

формалізованим поданням її знімка, а також кількісні оцінки можливого зменшення обсягу пам'яті після допустимих перетворень подання даних.

Мета і завдання дослідження.

Мета дослідження – розроблення формальної моделі знімка пам'яті, критеріїв та алгоритмічних процедур ідентифікації сценаріїв надмірного використання оперативної пам'яті у програмних застосунках керованого середовища виконання, а також побудова продукційної моделі застосування правил для виявлення фактів надмірного використання пам'яті, формування рекомендацій щодо їх усунення та оцінювання ефекту від впровадження.

В рамках роботи поставлені наступні завдання:

- проведення аналізу існуючих підходів до подання, інтерпретації, аналізу та зменшення використання оперативної пам'яті у програмних застосунках керованого середовища виконання;
- побудова формальної моделі знімка пам'яті як скінченної типізованої структури, що відображає об'єкти пам'яті, їхні типи, зв'язки, значення, розміри та службові елементи середовища виконання;
- формулювання задачі ідентифікації сценаріїв надмірного використання пам'яті на основі формалізованої структури знімка пам'яті;
- визначення критеріїв, предикатів та кількісних характеристик для виявлення окремих класів надмірного подання інформації в оперативній пам'яті;
- розроблення алгоритмічних процедур обчислення характеристик надмірності та оцінювання можливого зменшення обсягу пам'яті після допустимих перетворень подання даних;
- побудова продукційної моделі застосування правил до формалізованого подання знімка пам'яті для визначення сценаріїв надмірності, рекомендацій та кількісних оцінок;
- проведення перевірки запропонованих моделей, критеріїв та алгоритмічних процедур на знімках пам'яті програмних застосунків.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. **Вперше** запропоновано формальну модель знімка пам'яті програмного процесу як скінченної типізованої структури об'єктів, у якій байтове представлення пам'яті інтерпретується через множини об'єктів, типів, адрес, розмірів, значень полів і зв'язків між об'єктами.

2. **Вперше** сформульовано задачу ідентифікації надмірного використання оперативної пам'яті як задачу виявлення класів надлишкового подання інформації у типізованій структурі об'єктів з урахуванням класів еквівалентності за інформаційним вмістом, безнадлишкового представлення та кількісного коефіцієнта надмірності.

3. **Дістала подальшого розвитку** продукційна модель представлення знань для аналізу знімків пам'яті, у якій правила задаються предикатами надформалізованою структурою знімка пам'яті, а результат логічного виведення визначається як множина сценаріїв надмірного використання пам'яті, відповідних рекомендацій та кількісних оцінок.

4. **Дістав подальшого розвитку** алгоритмічний підхід до виявлення дублікатів незмінюваних об'єктів у знімках пам'яті шляхом попереднього групування об'єктів за типом і швидко обчислюваними ознаками інформаційного вмісту з подальшою перевіркою еквівалентності всередині отриманих підмножин, що зменшує кількість порівнянь порівняно з повним попарним перебором.

5. **Дістав подальшого розвитку** метод кількісного оцінювання можливого зменшення використання пам'яті для основних класів надмірного подання даних, зокрема дублювання незмінюваних об'єктів, надлишкового діапазону типів полів, втрат через вирівнювання об'єктів, неефективного використання хеш-колекцій і стискання масивів байтів зі збереженням інформаційного вмісту.

6. **Дістала подальшого розвитку** система метрик валідації рекомендацій щодо зменшення використання пам'яті, яка пов'язує виявлені сценарії надмірності, прогнозоване зменшення обсягу пам'яті та фактичну зміну споживання пам'яті після реалізації рекомендацій за допомогою кількісних показників точності, повноти та похибки прогнозування.

Достовірність отриманих результатів визначається коректністю математичних постановок задач, узгодженістю моделей, критеріїв та алгоритмічних процедур, відтворюваністю обчислювальних експериментів, зіставленням прогнозованих і фактичних результатів від впровадження змін, а також перевіркою запропонованих підходів на знімках пам'яті програмних застосунків.

Практичне значення одержаних результатів.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у застосуванні розроблених формальних моделей, критеріїв та алгоритмічних процедур для

аналізу знімків пам'яті програмних процесів як скінченних типізованих структур. Запропонований підхід забезпечує автоматизоване виявлення сценаріїв надмірного використання оперативної пам'яті, їх формалізоване описання та кількісне оцінювання ступеня надмірності.

Розроблені методи дозволяють здійснювати оцінку потенційного зменшення обсягу пам'яті та порівнювати прогнозовані результати оптимізації зі фактичними змінами після модифікації структур даних. Це забезпечує можливість обґрунтованого прийняття рішень щодо оптимізації подання даних у програмних застосунках.

Практична реалізація запропонованих моделей може бути використана як інструмент аналізу та діагностики ефективності використання пам'яті у високонавантажених програмних системах, а також для формування рекомендацій щодо усунення надмірного дублювання та неефективних структур зберігання даних.

У першому розділі наведено огляд існуючих методів виявлення проблем продуктивності у програмному забезпеченні. Показано, що традиційні засоби моніторингу орієнтовані на фіксацію динаміки споживання ресурсів та витоків пам'яті, проте є недостатніми для виявлення стабільного надлишкового подання інформації (memory bloat) без ознак витоку. Обґрунтовано необхідність використання знімків пам'яті як джерела структурованої інформації про об'єкти та переходу від описового аналізу до формалізованої задачі над скінченною типізованою структурою.

У другому розділі сформовано математичний апарат подання та аналізу інформації в оперативній пам'яті. Для представлення знімка пам'яті побудовано формальну модель, що містить множини об'єктів, типів і потоків виконання, а також визначає структуру їх взаємозв'язків. Введено відношення еквівалентності за інформаційним вмістом, на основі якого визначаються класи об'єктів, що мають однаковий інформаційний вміст.

Сформульовано задачу ідентифікації надмірного використання пам'яті як задачу виявлення надлишкового подання інформації у формалізованій структурі знімка пам'яті. Визначено відповідні сценарії надмірності, сформульовано предикати для їхнього виявлення та кількісні оцінки можливого зменшення обсягу пам'яті.

Введено узагальнені кількісні характеристики ефективності використання пам'яті, поняття безнадлишкового представлення та коефіцієнт надмірності, що дозволяє здійснювати кількісну оцінку ефективності використання пам'яті.

У межах розробленого математичного апарату побудовано моделі для класифікації ситуацій надмірного використання пам'яті, що охоплюють основні

типи неефективного подання даних, зокрема детектування витоків пам'яті, виявлення дублювання незмінюваних об'єктів, оцінювання вартості зберігання даних у хеш-колекціях, звуження типів полів на основі фактичного діапазону значень та аналіз ефекту стискання масивів байтів.

На основі зазначених моделей запропоновано методи та алгоритмічні процедури ідентифікації відповідних класів надмірного використання пам'яті, які забезпечують формалізоване виявлення сценаріїв надмірного використання пам'яті у структурі знімка пам'яті та їх подальше кількісне оцінювання.

У третьому розділі наведено результати обчислювальних експериментів з перевірки моделей, критеріїв та алгоритмічних процедур, сформованих для ідентифікації надмірного використання оперативної пам'яті на основі аналізу промислових знімків пам'яті програмних застосунків. Проведено первинне групування об'єктів за типами та визначено класи об'єктів, що мають найбільший внесок у сумарне використання пам'яті. Виконано кількісне оцінювання дублювання незмінюваних інформаційних об'єктів та експериментальну перевірку алгоритму прискореного виявлення дублікатів із використанням попереднього групування за обчислюваними ознаками. Досліджено компактність об'єктного подання даних, вартість зберігання інформації у хеш-колекціях з малою кількістю елементів та ефект безвтратного стискання масивів байтів. Виконано валідацію рекомендацій шляхом зіставлення прогнозованого зменшення обсягу пам'яті з фактичними результатами після внесення змін.

У четвертому розділі на основі побудованої математичної моделі знімка пам'яті та визначених критеріїв надмірності побудовано продукційну модель представлення знань для автоматизованого аналізу стану оперативної пам'яті. У запропонованій моделі продукційні правила формалізовано у вигляді предикатів над структурними елементами знімка пам'яті та застосовано до фактів, отриманих у результаті аналізу множин об'єктів, типів, значень, розмірів, зв'язків між об'єктами та службових структур середовища виконання.

Розроблено схему продукційного виведення, яка об'єднує формалізоване представлення фактів, базу знань із набором правил виявлення та механізм логічного застосування правил до поточного стану пам'яті. Запропонований підхід забезпечує перехід від кількісних характеристик та ознак структури знімка пам'яті до визначення конкретних сценаріїв надмірного використання ресурсів.

Сформовано комплекс продукційних правил для основних класів надмірного використання пам'яті, визначених у другому розділі роботи. Результатом їх застосування є множина ідентифікованих діагностичних

сценаріїв, відповідних рекомендацій щодо зміни способу представлення даних та кількісних оцінок потенційного зменшення обсягу пам'яті.

Розроблений продукційний механізм апробовано на знімках пам'яті програмних застосунків, що дозволило перевірити коректність виявлення сценаріїв надмірності та оцінювання ефекту від запропонованих рекомендацій.

За результатами роботи було сформульовано такі **висновки**:

1. Побудовано формальну модель знімка пам'яті як скінченної типізованої структури, що відображає об'єкти пам'яті, їхні типи, зв'язки, значення, розміри та службові елементи керованого середовища виконання.
2. Сформульовано задачу ідентифікації сценаріїв надмірного використання оперативної пам'яті як задачу виявлення класів надлишкового подання інформації у типізованій структурі об'єктів, визначених за формалізованим описом знімка пам'яті. Визначено критерії виявлення таких класів на основі структурних характеристик об'єктів, відношення еквівалентності за інформаційним вмістом та кількісних оцінок надмірності.
3. Визначено формальні критерії, предикати та кількісні характеристики для виявлення класів надмірного подання інформації у типізованій структурі об'єктів знімка пам'яті. На основі введених ознак та кількісних оцінок надмірності сформовано умови ідентифікації відповідних сценаріїв, що дозволяє відокремити сценарії стабільної структурної надмірності та динамічні процеси витоку пам'яті.
4. Розроблено алгоритмічні процедури обчислення характеристик надмірності, зокрема побудовано прискорений алгоритм виявлення дублікатів незмінюваних об'єктів шляхом попереднього групування за обчислюваними ознаками інформаційного вмісту.
5. Побудовано продукційну модель застосування правил до формалізованого подання знімка пам'яті, у якій умови застосування правил визначаються предикатами над характеристиками об'єктів, типів та структурних елементів пам'яті. Модель забезпечує перехід від кількісних ознак надмірності до ідентифікації сценаріїв неефективного використання пам'яті, формування рекомендацій щодо оптимізації подання даних та оцінювання потенційного зменшення обсягу пам'яті.

6. Проведено перевірку запропонованих математичних моделей, критеріїв та алгоритмічних процедур на промислових знімках пам'яті програмних застосунків. Виконано зіставлення розрахункових оцінок надмірності та прогнозованого зменшення обсягу пам'яті з фактичними результатами після застосування рекомендованих перетворень структури даних. Отримані результати підтвердили коректність побудованої моделі, працездатність запропонованих алгоритмів і можливість практичного використання підходу для виявлення структурної надмірності та зменшення пікового споживання оперативної пам'яті у досліджених сценаріях.

Після закінчення доповіді Мітікову М.Ю. присутніми були поставлені такі запитання.

ЗАПИТАННЯ ТА ВІДПОВІДІ

Кандидат техн. наук, доц. Зайцева Т.А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), завідувачка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

У дисертаційній роботі ви вводите кількісну метрику «коефіцієнт надмірності». Як математично обґрунтовано правомірність введення цієї метрики та що виступає формальною гарантією коректності її застосування при оптимізації структур даних?

Мітіков М.Ю.:

Дякую за запитання. Правомірність введення коефіцієнта надмірності ґрунтується на формалізації відношення еквівалентності за інформаційним вмістом на множині об'єктів знімка пам'яті. Згідно з доведеною в роботі теоремою, вибір лише одного представника з кожного класу еквівалентності задає мінімальну нижню межу обсягу пам'яті, достатнього для безнадлишкового подання інформації. Коефіцієнт надмірності обчислюється як відношення фактичного сумарного обсягу пам'яті до цього мінімального обсягу, причому доведено що він завжди більший або дорівнює одиниці. Формальною гарантією коректності перетворень є те, що усунення надлишкових об'єктів (фізичних дублікатів) математично не змінює фактор-множину унікальних інформаційних значень, тим самим суворо зберігаючи інваріантність семантики програми.

Канд. техн. наук, доц. Золотько К.Є. (05.14.04 – промислова теплоенергетика), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

У вашій роботі розроблено експертну систему для аналізу знімків пам'яті. На якому математичному апараті базується механізм логічного виведення та яка структура продукційних правил використовується для детермінованого пошуку рішень?

Мітіков М.Ю.:

Експертна система формалізована у вигляді продукційної моделі, що задається кортежем з бази фактів, множини правил, оператора логічного виводу та вихідної множини результатів. База фактів формується на основі типізованої структури знімка пам'яті. Множина правил містить формалізовані логічні імплікації, де ліва частина є предикатом перевірки виконання формальних умов надмірності (наприклад перевищення порогу середньої кратності дублювання). Права частина містить конкретний діагностичний висновок та функцію кількісної оцінки очікуваного вивільнення пам'яті. Оператор логічного виведення здійснює детерміноване зіставлення фактів із предикатами правил, генеруючи вихідну множину результатів.

Доктор філософії Єгошкін Д.І., (113 – прикладна математика), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Які фундаментальні математичні та структурні обмеження накладає розроблена модель на середовище виконання програмного забезпечення? Чи є ваш апарат застосовним до довільних обчислювальних систем?

Мітіков М.Ю.:

Запропонована формальна модель абстрагується від конкретних реалізацій, і потребує існування детермінованого оператора інтерпретації який здійснює відображення неструктурованого байтового простору у скінченну типізовану систему об'єктів, типів, та потоків виконання. Наразі, такий оператор гарантується лише у керованих середовищах виконання, таких як .NET або Java, завдяки наявності строгих метаданих. У некерованих середовищах (C/C++)

застосування вільної адресної арифметики (посилань) робить побудову такої детермінованої бієкції неможливим без наявності додаткової інформації.

Доктор техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Враховуючи специфіку спеціальності 113 «Прикладна математика», сформулюйте, будь ласка, строгий математичний зміст задачі «ідентифікації», винесеної в назву та мету вашої дисертації.

Мітіков М.Ю.:

Дякую за запитання. У контексті дослідження задачу ідентифікації сформульовано як математичну задачу розпізнавання та класифікації класів надлишкового подання інформації у скінченній типізованій структурі об'єктів. На відміну від традиційного системного моніторингу, який аналізує динаміку макропоказників споживання ресурсів у часі для виявлення витоків пам'яті, ідентифікація у дослідженні базується на статичному аналізі знімка. Вона полягає у розбитті множини об'єктів пам'яті на класи еквівалентності за їхнім інформаційним вмістом та застосуванні до цих підмножин системи формальних предикатів. Якщо предикатна функція набуває значення «істина», відповідна підмножина детерміновано ідентифікується як певний сценарій стабільної структурної надмірності.

Доктор техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

У своїй роботі ви абстрагуєтесь від апаратного рівня, переходячи до математичної структури об'єктів. Як саме фізичні особливості розміщення даних в оперативній пам'яті формалізовані у вашому математичному апараті, і як вони впливають на оцінку надмірності?

Мітіков М.Ю.:

Фізична структура пам'яті є базисом для побудови формальної моделі об'єкта, який задається кортежем з адреси, типу, розміру та набору полів. Фізичні

особливості середовища виконання безпосередньо враховуються через розмірну характеристику, яка включає не лише корисний інформаційний обсяг значень полів, а й службові заголовки та втрати пам'яті через вирівнювання за адресами, кратними розміру машинного слова.

Крім того, у роботі розроблено окрему модель для оцінювання втрат через вирівнювання та побудовано формальну оцінку вартості зберігання у хеш-колекціях, де математично відокремлено корисний інформаційний обсяг від службових витрат на внутрішні структури. Без строгого врахування цих фізичних параметрів точне обчислення обсягу надлишкової пам'яті було б неможливим.

Доктор техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

У дисертації ви розв'язуєте задачу виявлення дублікатів незмінюваних об'єктів. Ви формулюєте цільовий функціонал компромісу між часом точного порівняння та накладними витратами і застосовуєте евристичний підхід - попереднє групування за обчислювальною ознакою. Що це дозволяє отримати в плані спрощення обчислень?

Мітіков М.Ю.:

Для подолання проблеми квадратичної обчислювальної складності при попарному порівнянні об'єктів, у роботі розроблено алгоритмічний підхід з використанням попереднього групування. Для кожного об'єкта обчислюється числова ознака, яка відображає байтове подання його інформаційного вмісту. Ця функція задовольняє необхідній математичній умові: якщо об'єкти еквівалентні за змістом, їхні ознаки гарантовано збігаються. За допомогою цієї ознаки загальний простір пошуку розбивається на множини, що не перетинаються. Згідно з доведеним у роботі твердженням, таке розбиття математично гарантує відсутність втрат істинних дублікатів. Точна перевірка еквівалентності виконується лише всередині цих локальних підмножин, що радикально зменшує кількість операцій порівняння та робить алгоритм придатним для аналізу масивів даних промислових масштабів.

Голова семінару, член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, проф. Кісельова О.М., декан факультету прикладної

математики та інформаційних технологій, професорка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Запитань більше немає. Переходимо до обговорення дисертаційної роботи. Слово має науковий керівник.

ВИСТУП НАУКОВОГО КЕРІВНИКА:

Аспірант, Мітіков Микола Юрійович, 1992 року народження. Із 2022 року по 2026 рік навчався в аспірантурі за спеціальністю 113 – Прикладна математика на кафедрі комп'ютерних технологій факультету прикладної математики та інформаційних технологій ДНУ за освітньо-науковою програмою «Прикладна математика».

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної наукової задачі, яка полягає у розробленні математичних моделей, критеріїв та алгоритмічних процедур ідентифікації сценаріїв надмірного використання оперативної пам'яті у програмних застосунках керованого середовища виконання на основі аналізу знімків пам'яті, а також побудові експертної системи, що забезпечує застосування формалізованих правил для виявлення таких сценаріїв та формування рекомендацій щодо оптимізації використання ресурсів.

Зазначена задача належить до класу задач прикладної математики, пов'язаних із математичним моделюванням складних інформаційних систем, аналізом структурованих даних, розробленням критеріїв прийняття рішень та побудовою алгоритмів обробки великих обсягів інформації. Результати досліджень мають практичне значення для задач аналізу ефективності програмних систем, оптимізації використання обчислювальних ресурсів, автоматизованої діагностики програмного забезпечення та підвищення надійності високонавантажених програмних застосунків.

У сучасних програмних системах керованого середовища виконання використання оперативної пам'яті визначається не лише загальним обсягом виділених ресурсів, а й структурою представлення даних, кількістю створених об'єктів, їх типами, зв'язками між ними та особливостями внутрішнього подання інформації. Традиційні засоби моніторингу, що базуються на узагальнених часових та статистичних характеристиках споживання пам'яті, не завжди дозволяють виявити випадки прихованого надмірного використання ресурсів, коли надлишковість закладена у самій структурі представлення даних.

У цьому контексті в роботі розглядається задача побудови математичної моделі знімка пам'яті як скінченної типізованої структури, що дозволяє перейти від низькорівневого представлення пам'яті у вигляді набору байтів до формалізованого опису множин об'єктів, типів, розмірів, значень полів та відношень між елементами структури. На основі такої моделі визначаються кількісні характеристики надмірності, критерії ідентифікації окремих класів неефективного використання пам'яті та формуються алгоритмічні процедури їх виявлення.

Дослідження виконано в рамках тем науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України «Детерміновані та стохастичні алгоритми комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів різної природи» (номер державної реєстрації 0122U001467) та «Розробка високоефективних комп'ютерних алгоритмів для аналізу та ідентифікації параметрів математичних моделей» (номер державної реєстрації 0125U002277) на кафедрі комп'ютерних технологій у відповідності до тематичних планів науково-дослідних робіт Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Основні результати дисертаційної роботи є новими і отримані М.Ю. Мітківим самостійно.

До найбільш важливих результатів дисертаційної роботи слід віднести розроблення формальної математичної моделі знімка пам'яті як скінченної типізованої структури, яка забезпечує представлення стану оперативної пам'яті структурованим описом множин об'єктів, типів, адрес, розмірів, значень полів та зв'язків між об'єктами. Запропонована модель створює математичну основу для аналізу структури подання даних у пам'яті та визначення класів надмірного використання ресурсів.

У роботі сформульовано задачу ідентифікації сценаріїв надмірного використання оперативної пам'яті як задачу аналізу формалізованої структури об'єктів знімка пам'яті, у якій визначення аномальних станів здійснюється на основі системи критеріїв, предикатів та кількісних характеристик. Запропоновано підхід до визначення класів еквівалентності об'єктів за інформаційним вмістом, що дозволяє формалізувати процес виявлення дублювання даних та оцінювання потенційного зменшення обсягу пам'яті. Розроблено систему кількісних характеристик оцінювання надмірності представлення даних у пам'яті, зокрема коефіцієнт надмірного використання пам'яті, характеристики дублювання об'єктів, оцінки потенційного скорочення обсягу пам'яті після застосування допустимих перетворень структури даних. Запропоновані характеристики визначаються на основі математичної моделі

знімка пам'яті та використовуються як ознаки для подальшої ідентифікації типових сценаріїв неефективного використання ресурсів.

Вдосконалено алгоритмічний підхід до виявлення дублювання незмінюваних об'єктів шляхом попереднього групування об'єктів за типом та ознаками інформаційного представлення з подальшим визначенням класів еквівалентності. Такий підхід дозволяє зменшити обчислювальну складність порівняно з повним попарним аналізом множини об'єктів та підвищити ефективність обробки великих знімків пам'яті.

Розроблено продукційну модель представлення знань для аналізу стану пам'яті, у якій умови правил задаються предикатами над елементами формалізованої структури знімка пам'яті, а результатом логічного виведення є визначений сценарій надмірного використання пам'яті, рекомендації щодо його усунення та кількісна оцінка очікуваного ефекту від застосування запропонованих змін. Такий підхід дозволяє об'єднати математичне моделювання стану пам'яті, алгоритмічний аналіз та механізм прийняття рішень у межах єдиної експертної системи.

Запропоновані моделі, критерії та алгоритмічні процедури реалізовано у вигляді програмного забезпечення, за допомогою якого проведено обчислювальні експерименти на знімках пам'яті програмних застосунків. У процесі експериментального дослідження виконано перевірку коректності виявлення сценаріїв надмірного використання пам'яті, оцінювання точності прогнозування можливого зменшення споживання ресурсів та зіставлення розрахункових характеристик із фактичними результатами після впровадження рекомендацій. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованих математичних моделей, критеріїв та алгоритмічних процедур.

Дисертаційна робота Мітікова М.Ю. є завершеною кваліфікаційною роботою, яка виконана на високому науковому рівні, містить нові актуальні наукові та практичні результати, які викладено у чотирьох розділах та трьох додатках. Список використаних джерел відображає достатнє опрацювання аспірантом наукових публікацій інших дослідників.

За темою дисертації опубліковано 18 наукових праць: 10 статей у наукових фахових виданнях України категорії Б та 7 тез доповідей у збірниках матеріалів міжнародних наукових конференцій, 1 тези доповідей на науковій конференції з цитуванням Scopus.

Результати дослідження впроваджено в цикл розробки програмного продукту Relewise (Данія), акт впровадження додається. Компанія Relewise ApS займається побудовою рекомендаційної та пошукової системи, і є лідером на Європейському ринку.

За період навчання в аспірантурі М.Ю. Мітіков зарекомендував себе як відповідальний, цілеспрямований та наполегливий здобувач, який сумлінно ставився до виконання поставлених наукових завдань. У повному обсязі та успішно виконав освітню складову індивідуального навчального плану, продемонструвавши високий рівень теоретичної підготовки та здатність застосовувати отримані знання для розв'язання прикладних наукових задач.

Наукову діяльність М.Ю. Мітіков розпочав одразу після вступу до аспірантури Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Під час виконання дисертаційного дослідження проявив ініціативність, самостійність та здатність до критичного аналізу отриманих результатів. Оперативно реагував на зауваження та рекомендації, вдосконалюючи запропоновані підходи та методи дослідження. За роки навчання в аспірантурі сформувався як висококваліфікований фахівець у галузі прикладної математики, здатний до самостійної наукової діяльності, розроблення математичних моделей та алгоритмічних рішень, аналізу отриманих результатів, формулювання практично значущих висновків.

Вважаю, що дисертаційна робота Мітікова Миколи Юрійовича «Ідентифікація аномалій в роботі програмного забезпечення на основі аналізу знімків пам'яті» є завершеним науковим дослідженням, яке містить нові теоретично обґрунтовані та практично значущі результати. Робота виконана на належному науковому рівні, має актуальність, новизну та практичну цінність. Застосовані методи дослідження відповідають сучасним вимогам, а отримані результати апробовані та впроваджені в діяльність підприємства.

Згідно з вимогами чинного Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами), дисертаційна робота відповідає встановленим критеріям, тому рекомендується до захисту; а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Дякую за увагу.

В ОБГОВОРЕННІ ДИСЕРТАЦІЇ МІТІКОВА М.Ю. ВЗЯЛИ УЧАСТЬ:

Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Дисертаційна робота Мітікова М.Ю. присвячена актуальній задачі ідентифікації сценаріїв надмірного використання оперативної пам'яті на основі аналізу її знімків. У роботі побудовано формальну модель знімка пам'яті, визначено критерії надмірності та запропоновано алгоритмічні процедури для виявлення відповідних сценаріїв.

Хочу відзначити, що протягом навчання в аспірантурі Мітіков М.Ю. виконав освітню та наукову складові підготовки, працював системно і послідовно, а подана дисертація свідчить про його здатність самостійно розв'язувати наукові задачі в галузі прикладної математики.

Вважаю, що дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, має наукову новизну і практичне значення. Підтримую пропозицію рекомендувати її до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Кандидат техн. наук, доц. Зайцева Т.А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), завідувачка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Підтримую думку колег. Мітіков М.Ю. упродовж навчання в аспірантурі відповідально ставився до виконання індивідуального плану, своєчасно виконував освітню складову та послідовно працював над матеріалами дисертаційного дослідження.

Подана робота справляє позитивне враження. У дисертації сформульовано формальну модель знімка пам'яті, визначено критерії та предикати виявлення надмірного використання оперативної пам'яті, запропоновано алгоритмічні процедури і продукційну модель застосування правил. Основні результати дослідження апробовано у фахових публікаціях.

Вважаю, що дисертаційна робота Мітікова М.Ю. є завершеною, відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії і може бути рекомендована до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

ВИСНОВОК

Актуальність теми дисертації

У програмних застосунках керованого середовища виконання фактичне споживання оперативної пам'яті визначається обсягом даних, способом їх

об'єктного подання, службовими структурами середовища виконання, вибором типів і колекцій. Типовою ознакою витоку пам'яті є стійке зростання використання пам'яті в часі. Наявні засоби моніторингу фіксують узагальнені метрики і не завжди виявляють надмірне використання пам'яті, якщо воно закладене у структуру даних і не проявляється як витік ресурсів. Статичний аналіз програмного коду не дає змоги повною мірою врахувати фактичні дані, з якими оперує система, тому також має обмеження щодо виявлення надмірного використання пам'яті. В існуючих підходах відсутній теоретичний апарат, який забезпечує перехід від байтового подання пам'яті до формальної моделі об'єктів з урахуванням властивостей типів та фактичних даних. Таким чином, існує необхідність інтерпретації пам'яті програмного процесу як скінченної типізованої структури, що формалізує об'єкти, типи, адреси, розміри, значення полів, масиви, колекції та топологію зв'язків між ними. Таке подання створює основу для математичного опису надлишкового подання інформації, побудови критеріїв його виявлення та кількісного оцінювання потенційного зменшення обсягу пам'яті.

Затвердження теми та плану дисертації.

Тема дисертації затверджена на засіданні вченої ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (протокол № 3 від 24 листопада 2022 року). Науковим керівником призначено д-ра фіз.-мат. наук, проф. Гук Н.А.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження виконано в рамках тем науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України «Детерміновані та стохастичні алгоритми комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів різної природи» (номер державної реєстрації 0122U001467) та «Розробка високоефективних комп'ютерних алгоритмів для аналізу та ідентифікації параметрів математичних моделей» (номер державної реєстрації 0125U002277) на кафедрі комп'ютерних технологій у відповідності до тематичних планів науково-дослідних робіт Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Публікації та особистий внесок здобувача.

За темою дисертації опубліковано 18 наукових праць. Одну з них (матеріали конференції) опубліковано у виданні, що входить до наукометричної

бази Scopus, 10 статей – у виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань України категорії Б, та ще 7 публікацій у тезах та матеріалах доповідей на наукових конференціях. Основні результати дисертації отримано автором самостійно.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість і достовірність отриманих у дисертації результатів, висновків та рекомендацій забезпечується коректністю математичних постановок задач, строгістю застосованого апарату прикладної математики (зокрема теорії множин, математичної логіки та продукційних систем представлення знань), логічною несуперечливістю розроблених формальних моделей знімка пам'яті та критеріїв ідентифікації аномалій. Достовірність результатів підтверджується відтворюваністю проведених обчислювальних та програмних експериментів на реальних знімках пам'яті керованого середовища виконання, використанням апробованого інструментарію діагностики, а також високою узгодженістю між теоретично прогнозованими кількісними показниками коефіцієнтів надмірності та фактичним зменшенням обсягу споживання оперативної пам'яті після реалізації сформованих експертною системою рекомендацій у програмному коді.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. **Вперше** запропоновано формальну модель знімка пам'яті програмного процесу як скінченної типізованої структури об'єктів, у якій байтове представлення пам'яті інтерпретується через множини об'єктів, типів, адрес, розмірів, значень полів і зв'язків між об'єктами.
2. **Вперше** сформульовано задачу ідентифікації надмірного використання оперативної пам'яті як задачу виявлення класів надлишкового подання інформації у типізованій структурі об'єктів з урахуванням класів еквівалентності за інформаційним вмістом, безнадлишкового представлення та кількісного коефіцієнта надмірності.
3. **Дістала подальшого розвитку** продукційна модель представлення знань для аналізу знімків пам'яті, у якій правила задаються предикатами над формалізованою структурою знімка пам'яті, а результат логічного виведення визначається як множина сценаріїв надмірного використання пам'яті, відповідних рекомендацій та кількісних оцінок.

4. **Дістав подальшого розвитку** алгоритмічний підхід до виявлення дублікатів незмінюваних об'єктів у знімках пам'яті шляхом попереднього групування об'єктів за типом і швидко обчислюваними ознаками інформаційного вмісту з подальшою перевіркою еквівалентності всередині отриманих підмножин, що зменшує кількість порівнянь порівняно з повним попарним перебором.

5. **Дістав подальшого розвитку** метод кількісного оцінювання можливого зменшення використання пам'яті для основних класів надмірного подання даних, зокрема дублювання незмінюваних об'єктів, надлишкового діапазону типів полів, втрат через вирівнювання об'єктів, неефективного використання хеш-колекцій і стискання масивів байтів зі збереженням інформаційного вмісту.

6. **Дістала подальшого розвитку** система метрик валідації рекомендацій щодо зменшення використання пам'яті, яка пов'язує виявлені сценарії надмірності, прогнозоване зменшення обсягу пам'яті та фактичну зміну споживання пам'яті після реалізації рекомендацій за допомогою кількісних показників точності, повноти та похибки прогнозування.

Наукове та практичне значення роботи.

Наукова значущість роботи полягає у розвитку формальних моделей подання та аналізу оперативної пам'яті програмних процесів, формулюванні задачі ідентифікації надмірного використання пам'яті як задачі виявлення класів надлишкового інформаційного подання та побудові продукційного підходу до автоматизованого аналізу знімків пам'яті з можливістю кількісного оцінювання ступеня надмірності та ефекту оптимізації.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у застосуванні розроблених формальних моделей, критеріїв та алгоритмічних процедур для аналізу знімків пам'яті програмних процесів як скінчених типізованих структур. Запропонований підхід забезпечує автоматизоване виявлення сценаріїв надмірного використання оперативної пам'яті, їх формалізоване описання та кількісне оцінювання ступеня надмірності.

Розроблені методи дозволяють здійснювати оцінку потенційного зменшення обсягу пам'яті та порівнювати прогнозовані результати оптимізації зі фактичними змінами після модифікації структур даних. Це забезпечує можливість обґрунтованого прийняття рішень щодо оптимізації подання даних у програмних застосунках.

Програмна реалізація розглядається як засіб апробації запропонованих математичних моделей, критеріїв, алгоритмічних процедур та продукційних правил на знімках пам'яті промислових програмних застосунків. Отримані результати можуть бути використані для аналізу знімків пам'яті, виявлення надлишкового подання інформації, формування рекомендацій щодо зміни подання даних та перевірки прогнозованого ефекту таких змін.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б:

1. Мітіков М.Ю., Гук Н.А. Виявлення проблем у роботі програмного забезпечення на основі аналізу знімків пам'яті. *Питання прикладної математики і математичного моделювання*. 2023. Вип. 23. С. 171–178

DOI: <https://doi.org/10.15421/322318>

URL: <https://pm-mm.dp.ua/index.php/pmmm/article/view/387>

2. Гук Н.А., Мітіков М.Ю. Сучасні проблеми ідентифікації аномалій в роботі Enterprise Systems. *Системні технології*. Вип. 5. 2024. С. 146–153

DOI: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-5-154-2024-15>

URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/en/article/view/1877>

3. Мітіков М. Ю., Гук Н. А. Дослідження проблем швидкодії програмних додатків. *Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки*. 2024. Вип. 25. С. 22–36.

DOI: <https://doi.org/10.32626/2308-5916.2024-25.22-36>

URL: <https://mcm-tech.kpnu.edu.ua/article/view/312531>

4. Guk N.A, Mitikov M.Y, Selivyorstova T. Detecting extraordinary application memory use by analyzing memory screenshots. *Наука і техніка сьогодні (Science and Technology Today)*. 2024. Вип. 10 (38). С. 39–49

DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-10\(38\)-39-49](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-10(38)-39-49)

URL: <https://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/15692>

5. Мітіков М. Ю., Гук Н. А. Modeling and automation of the process for detecting duplicate objects in memory snapshots. *Herald of Advanced Information Technology*. 2024. Vol. 7, No. 2. P. 147–157

DOI: <https://doi.org/10.15276/hait.07.2024.10>

URL: <https://hait.od.ua/index.php/journal/article/view/29>

6. Гук Н.А., Мітіков М.Ю. Математична модель оптимізації пошуку дублікатів об'єктів типа String у знімках пам'яті. *Системні технології*. 2024. № 6 (155). С. 236-249.

DOI: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-6-155-2024-23>

URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/en/article/view/1931>

7. Мітіков М. Ю. Математична модель представлення інформації в пам'яті для аналізу продуктивності програмного забезпечення. *Сучасні проблеми моделювання*. 2025. № 28. С. 96–107. DOI: <https://doi.org/10.33842/2313-125X-2025-30-96-107>

DOI: <https://doi.org/10.33842/2313-125X-2025-30-96-107>

URL: <https://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/article/view/3375>

8. Мітіков М.Ю., Гук Н.А. Підвищення продуктивності колекцій у програмному забезпеченні за допомогою аналізу знімків пам'яті та математичного моделювання. *Сучасні проблеми моделювання*. 2025. № 27. С. 109–122.

DOI: <https://doi.org/10.33842/2313-125X-2025-19-109-122>

URL: <https://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/article/view/3358>

9. Мітіков М.Ю., Гук Н.А. Архітектура експертної системи для аналізу знімків пам'яті *Системні технології*. Вип. 6. 2025. С. 199–211.

DOI: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-5-161-2025-19>

URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/en/article/view/2261>

10. Гук Н.А., Єгошкін Д.І., Мітіков М.Ю., Долотов І.О. Універсальний підхід до побудови адаптивних експертних систем на основі зважених правил та патернового аналізу станів систем // *Питання прикладної математики і математичного моделювання*. – Дніпро, 2025. – № 3 (25). – С. 505–61. – <https://doi.org/10.15421/322505>.

DOI: <https://doi.org/10.15421/322505>

URL: <https://pm-mm.dp.ua/index.php/pmmm/article/view/492>

Тези та матеріали наукових доповідей:

11. Mitikov M.Y, Guk N.A, Honcharova Y. Real-world example of application performance anomaly detection through memory analysis. *Modern scientific and*

technical research – 2023: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Дніпро, 11 травня 2023 р.). Дніпро, 2023. С. 280–282. URL: https://confcontact.com/2023-suchasni-ntd/conference_materials_suchasni_ntd_in_english_2023.pdf

12. Mitikov M.Y., Guk N.A. Review of methods and tools for system analysis of software performance. *Mathematical and Software of Intelligent Systems (MPIS-2023): тези доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 22–24 листопада 2023 р.)*. Дніпро : ДНУ, 2023. С. 213–214. URL: [https://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/2023/materiali%20konf/24_%D0%9C%D0%9F%D0%97%D0%86%D0%A1-2023%20\(1\).pdf](https://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/2023/materiali%20konf/24_%D0%9C%D0%9F%D0%97%D0%86%D0%A1-2023%20(1).pdf)

13. Мітіков М. Ю., Гук Н. А. Інформаційна технологія діагностики надмірного використання пам'яті на основі аналізу знімків пам'яті. *Modern Information and Communication Technologies in Transport, Industry and Education: тези доповідей XVII Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 13–14 грудня 2023 р.)*. Дніпро, 2023. С. 32. URL: <https://www.tsatu.edu.ua/kn/wp-content/uploads/sites/16/sbornik-xvii-modern-it-conf-2023.pdf>

14. Мітіков М. Ю., Гук Н. А. Виявлення надлишкового використання пам'яті програмними додатками. *Інформаційні технології: теорія і практика: тези доповідей I (VII) Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених (Дніпро, 20–22 березня 2024 р.)*. Дніпро: Свідлер А. Л., 2024. С. 107–109. URL: <https://sau.nmu.org.ua/ua/science/conference/ITTP/international/ProgramITTP2024.pdf>

15. Mitikov M.Y., Guk N.A. Enhancing collection performance in software through memory snapshot analysis and mathematical modeling. *Автоматика-2024: тези доповідей XXVII Міжнародної конференції (Дніпро, 20–22 листопада 2024 р.)*. Дніпро, 2024. С. 114–115. URL: <http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2025/11/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0-2024-%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%B8-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B5%D0%B9.pdf>

16. Мітіков М. Ю., Гук Н. А. Математична модель оцінки операційної вартості використання хеш-колекцій програмного забезпечення за допомогою знімків пам'яті. *Наука і сталий розвиток транспорту – 2024: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих учених (Дніпро, 27 листопада 2024 р.)*. Дніпро: УДУНТ, 2024. С. 81–82. URL: <https://nmetau.edu.ua/file/tom2.2024.pdf>

17. Мітіков М. Ю. Оптимізація процесу пошуку сегментів пам'яті: математичне моделювання та експериментальна оцінка повноти інформаційного вмісту при фіксованих об'ємах пам'яті. *Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні (ІТММ'2025): тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 23–24 квітня 2025 р.)*. Дніпро: УДУНТ, 2025. С. 676–680. URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/itmm/uk/issue/view/153>

18. Mitikov M.Y, Guk N.A., Voliansky R., Mozhaiev M., Pranolo A. Mathematical Modeling And Experimental Evaluation Of The Information Content Completeness At Fixed Memory Volumes: Application Of Compression Algorithms. *5th International Conference on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems: тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (Тернопіль, 22-24 жовтня 2025р.) Scopus: <https://ceur-ws.org/Vol-4146/>*

На підставі заслуховування та обговорення доповіді Мітікова М.Ю. про основні положення дисертаційної роботи, питань та відповідей на них, члени семінару

УХВАЛИЛИ:

1. Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованості, наукової та практичної цінності здобутих результатів дисертація Мітікова Миколи Юрійовича на тему «Ідентифікація аномалій в роботі програмного забезпечення на основі аналізу знімків пам'яті», відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової

спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами).

2. Рекомендувати дисертаційну роботу Мітікова Миколи Юрійовича на тему «Ідентифікація аномалій в роботі програмного забезпечення на основі аналізу знімків пам'яті» до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

3. Клопотати перед вченою радою університету розглянути питання про створення разової спеціалізованої вченої ради для проведення разового захисту дисертації на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – Прикладна математика Мітікова Миколи Юрійовича у такому складі:

№ з/п	Прізвище, ім'я, по батькові	Місце основної роботи, підпорядкування, посада	Науковий ступінь, шифр, назва спеціальності, за якою захищена дисертація, рік присудження	Вчене звання (за спеціальністю, кафедрою), рік присвоєння	Наукові публікації, опубліковані за останні п'ять років, за науковим напрямом, за яким підготовлено дисертацію здобувача
1	2	3	4	5	6
1	Кісельова Олена Михайлівна (голова)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, декан факультету прикладної математики та інформаційних технологій	Доктор фізико-математичних наук, 01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики, 1992 р.	Професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики, 1994 р.	E. Kiseleva, O. Prytomanova, L. Hart, "Application of optimal set partitioning theory to solving problems of artificial intelligence and pattern recognition," System Research and Information Technologies, no. 4, pp. 91–101, 2021, doi: 10.20535/SRIT.2308-8893.2021.4.07. (факхове видання категорії А) E. Kiseleva, O. Prytomanova, V. Padalko, "An Algorithm for Constructing Additive and Multiplicative Voronoi Diagrams Under Uncertainty," in Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making, Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 1246, Cham: Springer, pp. 714–727, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-54215-3_46. (матеріали

					<p>конференції категорії А, Scopus)</p> <p>E. M. Kiseleva, O. M. Prytomanova, L. L. Hart, O. B. Blyuss, "Application of the Theory of Optimal Set Partitioning for Constructing Fuzzy Voronoi Diagrams," in System Analysis & Intelligent Computing: Theory and Applications, Studies in Computational Intelligence, vol. 1022, Cham: Springer, pp. 287–313, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-94910-5_15 (фахове видання категорії А, Scopus)</p> <p>A. Bulat, E. Kiseleva, O. Prytomanova, L. Hart, "Generalized Models of Logistics Problems and Approaches to Their Solution Based on the Synthesis of the Theory of Optimal Partitioning and Neuro-Fuzzy Technologies," in System Analysis and Artificial Intelligence, Studies in Computational Intelligence, vol. 1107, Cham: Springer, pp. 355–376, 2023, doi: 10.1007/978-3-031-37450-0_21. (фахове видання категорії А, Scopus)</p>
2	Ткаченко Ольга Миколаївна (опонент)	Київський національний університет імені Тараса Шевченка, професор кафедри програмних систем і технологій факультету інформаційних технологій	Доктор технічних наук, 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі, 2019 р.	Професор кафедри комп'ютерної інженерії, 2021 р.	<p>О. Ткаченко, О. Голубенко, В. Власенко, А. Антоненко, "Методи оптимізації використання оперативної пам'яті в процесах підвищення швидкодії комп'ютерних систем," Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, № 84(4), с. 465–472, 2025, doi: 10.31891/2219-9365-2025-84-57, ISSN 2219-9365. (фахове видання категорії Б)</p> <p>О. Tkachenko, A. Lemeshko, "Optimization of metadata volume in modern information systems: methods, tools and algorithmic approaches," <i>Advanced Information Technology</i>, vol. 1, no. 4, 2025, doi: 10.17721/AIT.2025.1.01, ISSN 2788-6603 (фахове видання категорії Б)</p>

					<p>N. Korshun, I. Myshko, O. Tkachenko, "Automation and Management in Operating Systems: The Role of Artificial Intelligence and Machine Learning," CEUR Workshop Proceedings, vol. 3687, pp. 59–68, 2023, ISSN 1613-0073. (матеріали конференції категорії А, Scopus)</p> <p>O. Tkachenko, O. Golubenko, "Optimization of multi-request single-processor computing," Advanced Information Technology, vol. 1, no. 2, pp. 32–37, 2023, doi: 10.17721/AIT.2023.1.05, ISSN 2788-6603. (фахове видання категорії Б)</p>
3	Мороз Борис Іванович (опонент)	Професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем національного технічного університету «Дніпровська політехніка»	Доктор технічних наук, 05.25.05 – інформаційні системи і процеси», 1993 р.	Професор кафедри математичних методів системного аналізу, 2001 р.	<p>M. Ievlanov, N. Vasilcova, I. Panforova, B. Moroz, A. Martynenko, D. Moroz, "Comparison of solutions to the task of IT product configuration items early identification using hierarchical clusterization methods," Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 3, no. 2(129), pp. 20–33, 2024, doi: 10.15587/1729-4061.2024.303526, ISSN 1729-3774. (фахове видання категорії А, Scopus)</p> <p>L. Kabak, B. Moroz, V. Koval, "Method and algorithm for avoiding index fragmentation in database," Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security, no. 2, pp. 10–18, 2021, doi: 10.32782/it/2021-2-2, ISSN 2786-507X, eISSN 2786-5088. (фахове видання категорії Б)</p> <p>B. Moroz, L. Kabak, N. Varekh, D. Moroz, "Text document classification system with Big Data technologies usage," Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security, no. 2, pp. 34–40, 2023, doi: 10.32782/IT/2023-2-4, ISSN 2786-507X, eISSN 2786-5088. (фахове видання категорії Б)</p>

4	Божуха Лілія Миколаївна (рецензент)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій факультету прикладної математики та інформаційних технологій	Кандидат фізико-математичних наук, 01.01.01 – математичний аналіз, 2003 р.	Доцент кафедри програмного забезпечення та обчислювальної техніки, 2006 р.	<p>Д. А. Логвин, Л. М. Божуха, “Метрики оцінювання ефективності програмного забезпечення для обробки природної мови,” <i>Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій</i>, т. 29, с. 266–276, 2025, doi: 10.15421/432524, ISSN 2312-119X. (фахове видання категорії Б)</p> <p>С. К. Сімакін, Л. М. Божуха, “Метод інтелектуального керування часом життя кешу вебсервісів на основі алгоритмів навчання з підкріпленням,” <i>Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій</i>, т. 29, с. 363–369, 2025, doi: 10.15421/432533, ISSN 2312-119X. (фахове видання категорії Б).</p> <p>С. К. Сімакін, Л. М. Божуха, “Прогнозування навантаження на сервер з використанням ШІ для оптимізації веб-сервісів,” <i>Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій</i>, т. 28, с. 234–243, 2024, doi: 10.15421/432422, ISSN 2312-119X. (фахове видання категорії Б).</p> <p>Р. Котенко, Л. Божуха, “Дослідження структур даних для задачі оптимізації пошуку перетину тривимірних об’єктів,” <i>Системні технології</i>, № 6(149), с. 123–134, 2023, doi: 10.34185/1562-9945-6-149-2023-10, ISSN 1562-9945, eISSN 2707-7977. (фахове видання категорії Б)</p>
5	Золотько Костянтин Євгенович (рецензент)	Кафедра комп’ютерних технологій факультету прикладної математики та інформаційних технологій Дніпровського національного університету	Кандидат технічних наук 05.14.06 - промислова теплоенергетика, 1999 р.	Доцент кафедри комп’ютерних технологій, 2006 р.	<p>К. Є. Золотько, Д. В. Красношапка, “Формування бази знань експертної системи проектування геліосистем,” <i>Питання прикладної математики і математичного моделювання</i>, вип. 21, с. 87–93, 2021, doi: 10.15421/322109. (фахове видання категорії Б)</p> <p>К. Є. Золотько, Д. В. Красношапка, “Управління та діагностика надання ІТ-</p>

		імені Олесья Гончара			сервісів,” Питання прикладної математики і математичного моделювання, вип. 22, с. 60–66, 2022, doi: 10.15421/322206, ISSN 2074-5893. (фахове видання категорії Б) К. Є. Золотько, Д. В. Красношапка, Н. І. Степанова, С. Ф. Сирік, “Використання методів machine learning для оптимізації бізнес-процесів у IT-проектах,” Питання прикладної математики і математичного моделювання, с. 263–268, 2024, doi: 10.15421/322427. (фахове видання категорії Б) Д. Андрєєв, К. Золотько, “Моделювання бізнес-процесів IT-проектів за допомогою теорії черг,” Математичне та комп’ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки, вип. 28, с. 5–16, 2025, doi: 10.32626/2308-5878.2025-28.5-16. (фахове видання категорії Б)
--	--	----------------------	--	--	--

Результати голосування:

«За» – 39 осіб,
«Проти» – немає,
«Утримались» – немає.

**Голова
наукового семінару**

Вчений секретар



Олена КІСЕЛЬОВА

Олександр КУЗЕНКОВ