

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту прикладної
математики і механіки НАН України,
академік НАН України,
доктор фізико-математичних наук



Ігор СКРИПНІК

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Притули Миколи Ігоровича

«Лінгвістичне представлення детермінованих графів»,

яка подається на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 11 Математика та статистика

зі спеціальності 113 Прикладна математика

1. Оцінка роботи здобувача в процесі виконання освітньо-наукової програми і підготовки дисертації.

Притула Микола Ігорович у повному обсязі виконав освітньо-наукову програму «Теорія керування, механіка та дискретна математика» за спеціальністю 113 Прикладна математика, про що видано академічну довідку від 01.10.2025 р № 001-2025. Зокрема, Притулою М.І. було завершено навчання за освітньою програмою в обсязі 48 кредитів ECTS та складено наступні дисципліни:

Іспити:

- 1) Філософія науки та культури – 91 б.
- 2) Іноземна мова професійного спрямування для підготовки аспірантів до рівня загально-європейського стандарту володіння мовою C1 – 86 б.
- 3) Теорія керування детермінованими динамічними системами – 85 б.
- 4) Вибіркові розділи механіки суцільного середовища – 95 б.
- 5) Сучасна теорія графів – 90 б.
- 6) Сучасні методи моделювання дискретних динамічних систем – 92 б.
- 7) Сучасні прикладні методи інтелектуального аналізу даних та знань – 93 б.
- 8) Сучасні алгоритми та математичні методи захисту інформації – 91 б.
- 9) Сучасні технології створення програмних продуктів. Компонентне програмування – 91 б.

Заліки:

- 10) Методологія підготовки наукової публікації та дисертаційної роботи – 91 б.
- 11) Організація науково-дослідницької та викладацької діяльності – 92 б.

Асистентська педагогічна практика:

- 12) Асистентська педагогічна практика – 95 б.

За період підготовки за ОНП «Теорія керування, механіка та дискретна математика» Притула М.І. набув необхідних знань, умінь і навичок, що визначені відповідно для восьмого рівня Національної рамки кваліфікацій, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 23 листопада 2011 р. № 1341 зі змінами на поточну дату. Зокрема, відповідно визначеним в освітньо-науковій програмі програмним результатам навчання Притула М.І. має концептуальні та методологічні знання в галузі чи на межі галузей знань

або професійної діяльності, а саме, має спеціалізовані уміння/навички і методи, необхідні для розв'язання значущих проблем у сфері професійної діяльності, науки та/або інновацій, розширення та переоцінки вже існуючих знань і професійної практики (ПРН 1, ПРН 3, ПРН 17); має навички започаткування, планування, реалізація та коригування послідовного процесу ґрунтовного наукового дослідження з дотриманням належної академічної доброчесності (ПРН 8, ПРН 10 – РПН 14, ПРН 16, ПРН 18) та критичного аналізу, оцінки і синтезу нових та комплексних ідей (ПРН 4, ПРН 15); має комунікативні навички вільного спілкування з питань, що стосуються сфери наукових та експертних знань, з колегами, широкою науковою спільнотою, суспільством у цілому (ПРН 6) та використання академічної української та іноземної мови у професійній діяльності та дослідженнях (ПРН 7), демонструє значну авторитетність, інноваційність, високий ступінь самостійності, академічної та професійної доброчесності, постійну відданість розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності (ПРН 2, ПРН 15) та здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення (ПРН 9).

2. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Лінгвістичне представлення графа з використанням множин рядкового типу має особливу цінність у контексті моделювання мобільних агентів, що переміщуються цим графом. У класичних задачах інформатики мобільний агент часто розглядається як об'єкт, який здатний виконувати обчислення та переміщатися між вершинами, керуючись інформацією про структуру графа. Представлення графа множинами слів дозволяє агенту здійснювати обробку даних у символній формі, що може спростити алгоритмічні процедури. Зокрема, символне кодування вершин і ребер полегшує пошук, зіставлення та верифікацію маршрутів, оскільки переходи агента можуть бути описані у вигляді простих операцій над рядками. Це створює інтуїтивний і компактний механізм опису поведінки агента, який не потребує складних структур на зразок матриць суміжності чи словників. У результаті мобільний агент може ефективніше використовувати текстові інструкції як стандартний інтерфейс для взаємодії з графом, що робить підхід універсальним та придатним для широкого кола задач інформатики.

Принцип символної обробки даних отримав класичну реалізацію в операційних системах сімейства Unix/Linux. У таких системах будь-який об'єкт (файл, процес, пристрій, мережевий канал) подається у вигляді послідовності символів, доступних для читання й запису за допомогою єдиних інтерфейсів, тобто реалізовано концепцію «все є файлом», що суттєво спрощує інтеграцію різномірних ресурсів у єдиний обчислювальний простір. Подання графа у вигляді множин рядків реалізує принцип «граф як текст», тому для мобільного агента такий граф перетворюється на текстовий ресурс, з яким можна взаємодіяти стандартними символними операціями (конкатенація, пошук підрядків, порівняння). Цей підхід не лише здатен зменшити складність алгоритмічної реалізації, а й формує інтуїтивний інтерфейс для агента, подібний до роботи з текстовими потоками у стандартних інструментах сімейства Unix/Linux.

Метою дисертаційної роботи є удосконалення, систематизація та програмне моделювання лінгвістичного представлення детермінованих графів та розв'язання задачі характеристики такого представлення.

Об'єктом дослідження є клас детермінованих графів як математичних структур.

Предметом дослідження є лінгвістичне (словесно-символьне) представлення детермінованих графів – спосіб подання графа у вигляді множин слів в алфавіті його міток – та характеристики такого представлення.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі використано такі теоретичні методи дослідження: аналіз і синтез у дослідженні існуючих підходів до представлення графів та удосконалення, систематизації та програмного моделювання лінгвістичного

представлення детермінованих графів; абстрагування та узагальнення при представленні графів у вигляді множин рядків; формалізація запропонованих алгоритмів; математичне та програмне моделювання.

Основні задачі дослідження:

- уточнення, узагальнення, формалізація алгоритму побудови графа за парою;
- доведення визначальної ролі канонічної визначальної пари детермінованого графа у його лінгвістичному представленні;
- знаходження об'єму компонент канонічної визначальної пари детермінованого графа та доведення мінімальності метричних властивостей канонічної визначальної пари серед усіх визначальних пар заданого детермінованого графа;
- знаходження еквівалентних перетворень заданої коректної пари та розробка алгоритму її перетворення у канонічну визначальну пару;
- знаходження найкоротших шляхів від ініціальної до всіх інших вершин детермінованого графа;
- розробка інформаційної моделі – програмного прототипу бібліотеки лінгвістичного представлення детермінованих графів.

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

Дисертаційну роботу було виконано у відділі теорії керуючих систем Інституту прикладної математики і механіки НАН України відповідно до тематики досліджень відділу та в рамках державної науково-дослідної роботи «Розробка математичних моделей та методів аналізу, синтезу та керування дискретними і неперервними динамічними системами», р/н 0122U000118, науковий керівник – Ю.М. Кононов, 2022-2026 рр.

Робота здійснювалась також за підтримки міжнародних грантів. Зокрема, робота була підтримана грантом від Європейської федерації академій наук та гуманітарних наук (ALLEA) EFDS-FL2-08, який виконувався протягом липня - грудня 2023 року. Також робота була підтримана грантами Фонду Саймонса (США) № 1160640 (01.06.2023 - 31.05.2024) та PD-Ukraine-00010584 (01.06.2024 - 31.05.2025) «Сучасні проблеми чистої та прикладної математики» за програмою «Президентські вибіркові гранти для підтримки України».

4. Особистий внесок дисертанта в отримання наукових результатів та їх новизна.

Постановка задач та загальний план дослідження належать науковому керівникові. Основні результати дисертаційної роботи з повними обґрунтуваннями, опубліковано у 3 статтях. Стаття [1] написана у співавторстві з науковим керівником, кандидатом фізико-математичних наук, Сенченком О.С. та Середою О.А., де науковому керівнику належить постановка задачі, Середі О.А. – оцінки потужності канонічної пари, решта результатів отримано автором дисертації самостійно. Статті [2, 3] написані у співавторстві з науковим керівником, де науковому керівнику належить постановка задачі та обговорення результатів, решта результатів отримано автором дисертації самостійно.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Вперше розроблено лінгвістичне представлення детермінованих графів у алгоритмічному вигляді.
2. Знайдено критерій, за яким коректна пара є визначальною для сильно-детермінованого графа.
3. Доведено, що канонічна пара графа є його визначальною парою, знайдено оцінки об'єму її компонент та доведено, що вона є найменшою за потужністю та об'ємом кожної компоненти серед усіх визначальних пар заданого детермінованого графа.

4. Вперше знайдено еквівалентні перетворення заданої коректної пари, на основі яких розроблено алгоритм компресії, що перетворює задану коректну пару у канонічну визначальну пару.

5. Вперше розв'язано задачу характеристики лінгвістичного представлення детермінованих графів.

6. Розроблено алгоритм знаходження найкоротших шляхів від ініціальної до всіх інших вершин детермінованого графа.

5. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і результатів, які захищаються.

Результати досліджень були викладені у вигляді математичних тверджень, що супроводжуються строгими математичними доведеннями та порівняні з відомими вже існуючими результатами з відповідної проблематики. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і доведень забезпечуються коректним застосуванням математичного апарату, несуперечливістю з відомими положеннями. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані у фахових вітчизняних і міжнародних виданнях та апробовано на всеукраїнських і міжнародних наукових конференціях та наукових семінарах.

6. Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Теоретичне значення отриманих результатів полягає у розробці формалізованого підходу до лінгвістичного представлення детермінованих графів; закладенні основ для подальших досліджень у галузі символної обробки графових даних. Той факт, що алгоритм компресії є у певному сенсі подібним на алгоритм редукції системи визначальних співвідношень для автомата, поглиблює зв'язок між теорією графів і теорією автоматів та формальних мов, що може дозволити застосовувати апарат граматики та автоматів для дослідження властивостей графових структур. Одержані результати можуть бути основою для розв'язання інших прикладних задач, зокрема, задачі побудови найкоротших шляхів між усіма вершинами детермінованого графа.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що запропонований метод може бути використаний для компактного подання графових структур у програмних системах; лінгвістичний підхід полегшує реалізацію алгоритмів обробки графів у середовищах, орієнтованих на роботу з текстовими або символними даними та відкриває нові можливості для застосування у задачах мобільних робіт, оптимізації, систем штучного інтелекту, лінгвістичного моделювання даних, теорії керування та систем; розроблені алгоритми перетворення графа у символну форму і відновлення з неї можуть бути використані у навчальних та дослідницьких програмних засобах.

7. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором.

Результати дисертаційної роботи повною мірою висвітлено у 3 наукових статтях, з них 1 стаття опублікована у виданні, що індексуються міжнародною наукометричною базою Scopus та відносяться до статей Q3 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank та 2 статті опубліковано у фахових виданнях України категорії Б.

Відповідно до положень п. 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 №44 зі змінами на поточну дату, аспіранту Притулі М.І. зараховано 3,5 наукових публікацій, в яких висвітлено основні наукові

результати дисертації. Встановлено, що в зарахованих публікаціях обґрунтовано отримані автором наукові результати відповідно до мети статті та висновків, а самі публікації відповідають темі дисертації.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Публікації у виданнях,

що індексуються в наукометричних базах Scopus та/або WoS:

1. Senchenko O., Prytula M. The presentation of deterministic and strongly deterministic graphs, *Algebra and Discrete Mathematics*, 2023, Vol. 36, No. 2, P. 225-242. DOI: 10.12958/adm2157 (Q3 за SJR, зараховано як 2 наукові публікації).

Публікації у фахових виданнях України:

2. Сенченко О.С., Притула М.І., Середа О.А. Представлення детермінованих графів визначальною парою слів, *Праці Інституту прикладної математики і механіки НАН України*, 2022, Т. 36, № 2, С. 104–116. DOI: 10.37069/1683-4720-2022-36-09 (Фахове видання України категорії Б, зараховано як 0,5 наукових публікацій).

3. Сенченко О.С., Притула М.І. Властивості компресії пари, що є визначальною для детермінованого графа, *Праці Інституту прикладної математики і механіки НАН України*, 2025, Т. 39, № 1, С. 33–52. DOI: 10.37069/1683-4720-2025-39-4 (Фахове видання України категорії Б, зараховано як 1 наукова публікація).

8. Апробація матеріалів дисертації.

Результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на наступних міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях:

1. Науково-практичній конференції «Актуальні проблеми теорії керуючих систем у комп'ютерних науках АПТКС'2021», 21-24 грудня 2021 р., м. Слов'янськ;

2. XVIII міжнародній конференції «Проблеми використання інформаційних технологій в освіті, науці та промисловості», 24 листопада 2023 р., м. Дніпро;

3. 12 міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційні системи та технології ICT-2023», 28 листопада – 01 грудня 2023 р., м. Харків.

Також результати роботи були представлені на наступних семінарах:

1. Семінарах відділу теорії керуючих систем ІПММ НАН України, 2024, 2025 роки;

2. Семінарі кафедри математичної інформатики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2025 р.;

3. Семінарі кафедри системного аналізу та управління Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», 2025 р.

9. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності. Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

10. Оцінка мови та стилю дисертації.

Матеріал дисертації викладено державною мовою, в логічній послідовності та доступний для сприйняття формі. Дисертація написана науковим стилем мовлення, з використанням коректної термінології, структура дисертації відповідає послідовності здійсненого автором дослідження. Дисертація складається з анотації, змісту, вступу,

чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 90 найменувань, та 2 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 161 сторінку. Зазначені змістовні та структурні елементи дисертації відповідають вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» зі змінами на поточну дату.

11. Відповідність змісту дисертації спеціальності з відповідної галузі знань, з якої вона подається до захисту.

За своїм фаховим спрямуванням і науковою новизною дисертаційна робота Притули М.І. «Лінгвістичне представлення детермінованих графів» відповідає спеціальності 113 Прикладна математика в галузі знань 11 Математика та статистика.

12. Результати обговорення та рекомендація дисертації до захисту.

Дисертаційна робота Притули Миколи Ігоровича «Лінгвістичне представлення детермінованих графів» відповідає вимогам, передбаченим «Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», що затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 № 44 зі змінами на поточну дату.

Результати дослідження були представлені на розширеному засіданні відділу теорії керуючих систем Інституту прикладної математики і механіки НАН України 15 жовтня 2025 року, протокол №1 у формі презентації та наукової дискусії після її завершення. На розширеному засіданні були присутні 16 фахівців за тематикою дисертаційного дослідження та суміжних напрямків, серед них 3 доктори та 4 кандидатів наук (докторів філософії), спеціальність яких відповідає спеціальності 113 Прикладна математика. На розширеному засіданні науковими працівниками відділу було одностайно (6 голосів) ухвалено рішення рекомендувати дисертацію Притули Миколи Ігоровича на тему «Лінгвістичне представлення детермінованих графів» до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика з галузі знань 11 Математика і статистика.

Головуючий на розширеному засіданні відділу,
завідувач відділу теорії керуючих систем
Інституту прикладної математики і механіки
НАН України, доктор фізико-математичних наук,
професор



Юрій КОНОНОВ