

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Притули Миколи Ігоровича

на тему “Лінгвістичне представлення детермінованих графів”,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 113 Прикладна математика

в галузі знань 11 Математика та статистика

Дисертаційна робота Притули М.І. на тему “Лінгвістичне представлення детермінованих графів” присвячена удосконаленню, систематизації та реалізації програмної моделі лінгвістичного представлення детермінованих графів за допомогою двох множин слів у алфавіті їх міток, а також розв’язанню задачі характеристики цього представлення.

Актуальність теми дослідження. Розмічені графи є важливим класом графових структур, що широко застосовуються для опису складних обчислювальних і технічних систем. Їх використання є особливо доцільним у програмуванні, робототехніці, а також у задачах верифікації та валідації моделей. Дослідження таких графів часто здійснюється за допомогою мобільних агентів, які, перебуваючи всередині графа, переміщуються його ребрами та повідомляють досліднику інформацію лише про локальне оточення, що суттєво обмежує доступні засоби аналізу.

Для детермінованих графів, у яких у кожному околі вершини всі мітки є попарно різними, ця обмеженість компенсується особливою властивістю однозначності. Якщо початкова вершина відома, то послідовність міток відвіданих вершин однозначно задає маршрут руху агента. Така властивість зумовлює природний зв’язок детермінованих розмічених графів із формальними мовами в алфавіті міток вершин і дозволяє інтерпретувати рух агента в термінах теорії автоматів. У результаті відкривається можливість застосування лінгвістичних методів для опису структури та поведінки графа.

Разом із тим, класичні способи подання графів - матричні та спискові - орієнтовані на глобальне представлення структури й не відповідають питанням специфіки агентного підходу, де обробка інформації має локальний і символічний характер. Тому актуальною є задача створення такого представлення графа, яке безпосередньо узгоджується з можливостями мобільного агента. Запропоноване в дисертаційній роботі подання графа у вигляді множин слів дозволяє здійснювати символічне кодування вершин і ребер, а також описувати переходи агента як прості операції над рядками. Це спрощує алгоритмічну реалізацію, підвищує ефективність аналізу маршрутів і полегшує їх верифікацію. З огляду

на викладене, тема дисертаційної роботи Притули М.І. заслуговує на позитивну оцінку та є актуальною з наукової точки зору.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів, їх достовірність та новизна.

Основні положення дисертаційної роботи викладено з математично строгим доведенням лем та теорем, що свідчить про наукову обґрунтованість та достовірність отриманих результатів.

У дисертаційній роботі отримані наступні нові наукові результати:

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.

До важливих переваг дисертаційної роботи Притули М.І. слід віднести те, що лінгвістичне представлення детермінованих графів поглиблює зв'язок між теорією графів і теорією автоматів, що відкриває нові можливості для застосування мобільних роботів у прикладних задачах.

Практичне значення дисертаційної роботи. Практичне значення роботи полягає у можливості застосування запропонованого методу для компактного подання графових структур у програмних системах та спрощення реалізації алгоритмів обробки графів у середовищах, орієнтованих на символічні дані. Запропоновані алгоритми можуть знайти застосування у мобільній робототехніці, оптимізації, системах штучного інтелекту, лінгвістичному моделюванні та теорії керування.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності. Дисертаційна робота Притули М.І. включає анотації українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних

джерел та два додатки, у яких наведено публікації автора за темою дисертації та програмний код прототипу бібліотеки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету та завдання, проведено аналіз сучасного стану проблематики та описано методи дослідження. Крім того, наведено характеристики результатів, визначено їхню наукову новизну та практичне значення.

Перший розділ розкриває історію розвитку теорії представлення, зокрема представлення груп, напівгруп та скінченних автоматів, а також досліджуються детерміновані та сильно-детерміновані графи та їхні аналоги. Окреслено можливі прикладні застосування таких графів у наукових та інженерних задачах.

Другий розділ містить опис основних означень, пов'язаних з детермінованими графами, та чотирьох алгоритмів для структурних перетворень графів: виділення базового підграфа, перетворення недетермінованого графа на детермінований, конструювання графа або повідомлення про неможливість на основі заданих двох множин, побудова канонічної визначальної пари. Наведено приклади застосування алгоритмів і кількісні характеристики канонічної пари.

Третій розділ присвячений поняттю характеристизації та її ролі у формалізації і аналізі об'єктів. Для визначення, чи є задана коректна пара визначальною без побудови графа, введено еквівалентні перетворення та розроблено алгоритм компресії, який ітераційно наближає траєкторії графа до найкоротших шляхів. Доведено, що коректна пара є визначальною тоді і лише тоді, коли результат компресії збігається з канонічною парою графа. Також створено алгоритм АКС для знаходження мінімального слова, що визначає шлях у графі від ініціальної вершини.

Четвертий розділ описує програмний інтерфейс (API) прототипу бібліотеки лінгвістичного представлення графів, наведено п'ять цільових процедур з програмними нотаціями та наведено приклади роботи графічного інтерфейсу. Проведено тестування програмного коду за стандартними критеріями якості.

Структура дисертаційної роботи, мова та стиль відповідають вимогам щодо оформлення дисертацій доктора філософії. Використовувана в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль подання результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових тверджень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. Дисертаційна робота є результатом самостійних досліджень. В цілому дисертація є закінченою науковою працею, що відповідає вимогам спеціальності

113 Прикладна математика.

Під час рецензування дисертаційної роботи Притули М.І. на наявність академічного плагіату та запозичень, які не мають відповідних посилань, порушень виявлено не було. Усі наведені факти, теоретичні положення та використані відомості належним чином підтверджені посиланнями на першоджерела. Робота відповідає вимогам академічної доброчесності та етичним принципам коректного цитування наукових джерел.

Оприлюднення результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 3 статтях, 1 з яких, є публікацією в журналі, що індексується в базі Scopus квартиля Q3, та 2 – є статтями у фахових виданнях України категорії Б. Основні результати роботи пройшли апробацію на наукових семінарах та конференціях.

Крім того, результати, що викладені в дисертації, здійснювались за підтримки вітчизняних науково-дослідних робіт та закордонних грантів. Зокрема, дисертаційне дослідження Притули М.І. було виконано в рамках відомчої науково-дослідної роботи НАН України “Розробка математичних моделей та методів аналізу, синтезу та керування дискретними і неперервними динамічними системами”. Також робота була підтримана грантом від Європейської федерації академій наук та гуманітарних наук (ALLEA) EFDS-FL2-08 та грантами Фонду Саймонса (США) № 1160640 і PD-Ukraine-00010584 “Сучасні проблеми чистої та прикладної математики” за програмою “Президентські вибіркові гранти для підтримки України”.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи. До роботи є наступні зауваження:

1. У пункті 2.5 більш коректно говорити про “кількісні характеристики” або “розмірнісні характеристики” оскільки не було введено міру якою відбувається порівняння.
2. В анотації на стор. 7 використовується поняття "вершина розгалуження", проте не вказано, що сутність цього поняття в роботі відрізняється від його традиційного використання в теорії алгоритмів.
3. Бажано було б навести порівняння отриманих результатів з аналогічними результатами інших дослідників.
4. В роботі присутні орфографічні помилки.

Всі вказані зауваження ні в якому разі не знижують цінність дисертації Притули М.І., яка виконана на високому науковому рівні.

Висновок. Вважаю, що дисертаційна робота Притули Миколи Ігоровича на тему “Лінгвістичне представлення детермінованих графів” є самостійною, завершеною науковою роботою, яка повністю відповідає вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом МОН України від 12.01.2017 №40 зі змінам і доповненнями,

внесеними наказом МОН України від 31.05.2019 № 759 та вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, який затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 №44 зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ № 341 від 21.03.2022 р, № 502 від 19.05.2023 р., № 507 від 03.05.2024 р. Дисертація може бути представлена до захисту, а її автор Микола Ігорович Притула заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика в галузі знань 11 Математика та статистика.

Рецензент,
доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач відділу теорії керуючих систем
Інституту прикладної математики і механіки
НАН України

Юрій КОНОНОВ