

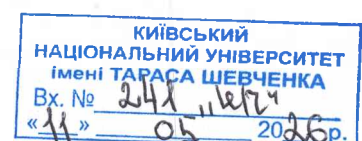
ВІДГУК

офіційного опонента

доктора фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника,
завідувача відділу теорії цифрових автоматів
відділення математичної кібернетики та системного аналізу
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України
Летичевського Олександра Олександровича
на дисертаційну роботу **Іванова Євгена В'ячеславовича**
на тему «**Узагальнена теорія абстрактних переписувальних систем**»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики

Актуальність теми дисертації. Теорія переписувальних систем є важливою складовою теоретичних основ інформатики та кібернетики, що має застосування у формальному моделюванні та аналізі комп'ютерних систем та програмного забезпечення. Переписувальні системи найчастіше трактуються як дискретні математичні моделі, а властивості і припущення, характерні для дискретних моделей (такі як зліченність, термінальність, фундованість) нерідко використовуються навіть у найбільш загальних теоретичних результатах, що належать теорії абстрактних переписувальних систем.

З іншого боку, недискретні математичні моделі (наприклад, гібридні автомати) стають важливими для інформатики у зв'язку з їх міждисциплінарними застосуваннями, тому для сучасного розвитку теорії переписувальних систем стає важливим охоплення недискретних моделей переписування. Це не обов'язково означає відмову від базових моделей і результатів класичної теорії переписувальних систем, оскільки принаймні абстрактні переписувальні системи є достатньо загальними, щоб мати інтерпретації як у контексті дискретних моделей обчислень, так і у контексті дискретно-неперервних моделей. Однак, межі застосовності деяких відомих і важливих результатів теорії абстрактних переписувальних систем досі



лишались не дослідженими (наприклад, питання застосовності методу спадних діаграм з двома мітками до незліченних переписувальних систем). Тому виникає необхідність дослідження меж застосовності класичних результатів теорії абстрактних переписувальних систем до систем, що не мають властивостей, характерних для дискретних моделей (наприклад, до незліченних переписувальних систем), а також, отримання нових результатів для тих випадків, що не можуть бути охоплені класичними методами. Таке дослідження здійснене у дисертаційній роботі “Узагальнена теорія переписувальних систем”.

У зв’язку з вищезазначеним, тема дисертаційної роботи “Узагальнена теорія переписувальних систем” є актуальною і важливою для теоретичних основ інформатики та кібернетики.

Структура та зміст дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 214 найменувань, та трьох додатків. Обсяг роботи становить 308 сторінок, основний текст викладено на 265 сторінках.

У вступі висвітлено актуальність теми, наведено мету і завдання дослідження, зв’язок роботи з науковими програмами, наукову новизну, теоретичне і практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, відомості про апробацію матеріалів дисертації, публікації, структуру та обсяг дисертації.

У першому розділі отримано перші два основних результати дисертаційного дослідження – доказ повноти методу спадних діаграм ван Оострома – де Брейна для доведення конфлюентності абстрактних переписувальних систем мінімальної незліченної потужності і розв’язки проблем неповноти методу спадних діаграм з двома мітками та відсутності колапсу на рівні 2 ієрархії систем, що мають спадну властивість Черча–Россера.

У другому розділі доведено еквівалентність умов локальної конфлюентності і конфлюентності для ациклічних строго індуктивних АПС за умови, що множина незвідних елементів АПС є не більш ніж зліченною та доведено, що існує ациклічна, строго індуктивна, локально конфлюентна АПС,

що не є конфлюентною. Також, у розділі запропоноване розширення цих результатів до теореми, що узагальнює лему Ньюмана на всі строго індуктивні АПС, що надає третій основний результат дисертаційного дослідження.

У третьому розділі автором запропоновано спеціальні принципи індукції для доведення властивостей елементів переписувальних систем і частково впорядкованих множин, що не задовольняють припущенням про термінальність та зліченність, зокрема запропоновано принцип індукції для вільних від алмазів повних частково впорядкованих множин та для ациклічних АПС, що породжують такі частково впорядковані множини, запропоноване спільне узагальнення принципів фундованої і дійсної індукції, та запропоновано загальний підхід до формулювання принципів індукції для доведення універсальних властивостей елементів різних структур. Ці результати складають четвертий основний результат дисертаційного дослідження.

У четвертому розділі запропоновано підхід до узагальнення абстрактних та розмічених переписувальних систем, що забезпечує можливість моделювання неперервних у часі процесів перетворення елементів системи та отримано ряд пов'язаних з цим тверджень і теорем, що складають п'ятий основний результат дисертаційного дослідження.

Основний текст дисертації завершується загальними висновками, у яких наведено основні результати. Додатки містять таблиці відповідності між позначеннями, що використовуються у формалізації в Isabelle та у тексті дисертації, інструкції щодо перевірки формальних доведень, список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

Наукова новизна отриманих результатів. Автор вперше отримав низку важливих теоретичних результатів у галузі теорії абстрактних переписувальних систем, серед яких слід особливо виділити доказ повноти методу спадних діаграм ван Оострома – де Брейна для доведення конфлюентності абстрактних переписувальних систем мінімальної незліченної потужності та розв'язки

проблем неповноти методу спадних діаграм з двома мітками та відсутності колапсу на рівні 2 ієрархії систем, що мають спадну властивість Черча–Россера, які були сформульовані J. Endrullis, J.W. Klop, R. Overbeek у 2018 році як відкриті проблеми.

Теоретичне і практичне значення отриманих результатів. Дисертація має теоретичний характер, її результати мають істотне значення для теорії переписувальних систем. Деякі з отриманих результатів, такі як узагальнена лема Ньюмана для строго індуктивних переписувальних систем, мають потенціал для практичного застосування у процесі логічного аналізу дискретно-неперервних математичних моделей.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Обґрунтованість та достовірність основних положень та висновків роботи підтверджується перевіркою відповідних результатів за допомогою відомих систем інтерактивного доведення теорем. Зокрема, отриманий автором доказ повноти методу спадних діаграм ван Оострома – де Брейна для доведення конфлюентності абстрактних переписувальних систем мінімальної незліченної потужності було формалізовано за допомогою системи Isabelle (обсяг формального доведення складає понад 300 сторінок) та включено до відомої бібліотеки формальних доведень Archive of Formal Proofs. Інші результати, перевірені за допомогою систем інтерактивного доведення теорем включають розв’язки проблем неповноти методу спадних діаграм з двома мітками та відсутності колапсу на рівні 2 ієрархії систем, що мають спадну властивість Черча–Россера, доведення узагальненої лема Ньюмана для строго індуктивних переписувальних систем, доведення коректності спільного узагальнення принципів фундовоаної і дійсної індукції, запропонованого у третьому розділі.

Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації.

За темою дисертації опубліковано 21 статтю у закордонних виданнях, проіндексованих у наукометричних базах даних Web of Science Core Collection

та/або Scopus, 10 публікацій апробаційного характеру та 1 статтю, що додатково відображає наукові результати дисертації. Результати роботи було апробовано на відомих міжнародних конференціях та воркшопах з тематики переписувальних систем, зокрема на конференціях Formal Structures for Computation and Deduction у 2023 та 2025 році (Італія, Велика Британія) та International Workshop on Confluence у 2023 та 2024 році (Австрія, Естонія).

Наукові публікації здобувача, зараховані за темою дисертації достатньо повно викладають наукові результати та основний зміст дисертації.

Реферат дисертації коректно відображає зміст її основних положень.

Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації.

Дисертаційна робота містить належні посилання на літературу та інші джерела інформації. Дисертаційна робота не має ознак академічного плагіату, у ній відсутні фабрикації та фальсифікації.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. Хоча у роботі доведено повноту метод спадних діаграм для конфлюентних абстрактних переписувальних систем мінімальної незліченної потужності, дане доведення є суттєво неконструктивним і спирається на аксіому вибору. Було б доцільно дослідити, чи з нього може бути отримано конструктивний зміст, принаймні для деяких класів незліченних переписувальних систем.

2. У роботі не досліджено, чи метод спадних діаграм може бути повним для доведення конфлюентності переписувальних систем потужності континууму без використання припущення континуум-гіпотези.

3. У четвертому розділі, зокрема в підрозділі, присвяченому аналізу пов'язаних робіт, спостерігається значна кількість бібліографічних посилань, які подані без належного розкриття їх змістовного внеску. Унаслідок цього огляд має переважно декларативний характер. Доцільним було б розширити аналітичну складову цього підрозділу з метою чіткішого висвітлення вже розв'язаних питань, а також окреслення актуальних відкритих проблем

4. У роботі приділено мало уваги практичним прикладам застосування методів доведення конфлюентності, зокрема для оптимізації компіляторів, паралельних обчислень, систем втоматичного доведення теорем.

Висновок.

Вважаю, що дисертаційна робота Іванова Євгена В'ячеславовича «Узагальнена теорія абстрактних переписувальних систем» за науковим рівнем, актуальністю, ступенем наукової новизни, науково-теоретичною і практичною цінністю отриманих результатів, а також за кількістю і якістю публікацій та дотриманням принципів академічної доброчесності відповідає вимогам п. 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 року №1197, які висуваються до докторських дисертацій, а її автор Іванов Євген В'ячеславович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики.

Офіційний опонент:

завідувач відділу теорії цифрових автоматів

відділення математичної кібернетики та системного аналізу

Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова

НАН України,

доктор фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник



Олександр ЛЕТИЧЕВСЬКИЙ

