

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з наукової роботи
Київського національного
університету імені Тараса Шевченка
Ганна ГОЛІСТАНОВА
«14» вересня 2015 р.



ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
дисертації Іванова Євгена В'ячеславовича
на тему: «Узагальнена теорія абстрактних переписувальних систем»
поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики**

Дисертація Іванова Євгена В'ячеславовича на тему: «Узагальнена теорія абстрактних переписувальних систем», подана на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики є цілісною, завершеною науковою працею.

1. Актуальність теми дослідження.

Теорія переписувальних систем є важливою складовою теоретичних основ інформатики та кібернетики, що має застосування у сферах визначення семантики та реалізації мов програмування, автоматизації перевірки математичних тверджень, специфікації та верифікації програмного та апаратного забезпечення. Дана теорія має тривалу історію, що охоплює значну частину XX століття і початок XXI століття. Розробки Київської школи кібернетики, заснованої В.М. Глушковым, що стосуються застосувань теорії переписувальних систем включають, зокрема, мову АНАЛІТИК, систему автоматизації доведень (САД), систему алгебраїчного програмування (APS). Теорія абстрактних переписувальних систем (АПС) включає базові результати, важливі для теорії переписувальних систем, що можуть бути сформульовані без накладання обмежень на структуру та подання елементів системи і правил переписування.

Наразі методи, результати і застосування теорії переписувальних систем і теорії АПС є добре розвиненими для систем, що мають властивості, характерні для дискретних моделей обчислень, такі як термінальність або зліченність. Однак у деяких сучасних міждисциплінарних напрямках, пов'язаних з інформатикою та кібернетикою, таких як кіберфізичні системи, широко

використовують недискретні математичні моделі, для яких не виконуються традиційні припущення теорії (абстрактних) переписувальних систем.

У зв'язку з цим, для теоретичних основ інформатики та кібернетики є актуальною побудова узагальненої теорії АПС, що розширює та узагальнює класичні результати теорії АПС на випадки, що становлять інтерес з точки зору аналізу недискретних математичних моделей.

Природно, для побудови такої узагальненої теорії АПС є важливим вивчення застосовності існуючих класичних методів теорії переписувальних систем до нетермінальних систем незліченної потужності, і, в першу чергу, для систем мінімальної незліченної потужності (оскільки з незалежності континуум-гіпотези випливає, що припущення про застосовність таких методів до систем потужності континууму, що складають основний інтерес у застосуваннях, може бути узятو як додаткова аксіома до аксіоматичної теорії множин ZFC). До властивостей АПС у центрі уваги класичної теорії АПС належать конфлюентність і нормалізація, а до найбільш потужних відомих методів доведення конфлюентності належить метод спадних діаграм, тому встановлення застосовності цього методу до систем мінімальної незліченної потужності, що складає перший основний результат дисертаційного дослідження, є актуальним. Інші результати дисертаційного дослідження також тісно пов'язані з вищезгаданими темами і також є актуальними для теоретичних основ інформатики та кібернетики.

З огляду на вищезазначене, тема дисертаційної роботи Іванова Є.В. є актуальною.

2. Зв'язок з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційна робота є складовою частиною наукових робіт, які ведуться на кафедрі програмних систем і технології факультету інформаційних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Частина досліджень, що складають роботу, виконувалась за часткової підтримки програми Erasmus+ KA107 у 2018 та 2019 роках (академічна мобільність для наукових досліджень та викладання, Університет Білостоку, Польща). Автор роботи був членом робочої групи WG4 "Libraries of formal proofs" проекту "European Research Network on Formal Proofs" (Cost Action CA20111) у 2024 і 2025 році.

3. Наукова новизна дослідження:

Вперше:

- доведено повноту методу спадних діаграм ван Оострома - де Брейна для доведення конфлюентності абстрактних переписувальних систем мінімальної незліченної потужності;
- отримано розв'язки проблем неповноти методу спадних діаграм з двома мітками та відсутності колапсу на рівні 2 ієрархії систем, що мають спадну властивість Черча-Россера;
- запропоновано узагальнення леми Ньюмана для строгого індуктивних переписувальних систем;

- запропоновано спеціальні принципи індукції для доведення властивостей елементів переписувальних систем, що не задовольняють припущенням про термінальність та зліченність.

Отримали подальший розвиток формальні теорії для аналізу властивостей абстрактних недискретних динамічних моделей.

4. Теоретичне значення роботи полягає у

- встановленні повноти методу спадних діаграм для доведення конфлюентності абстрактних переписувальних систем мінімальної незліченної потужності, що є першим загальним результатом про повноту методу спадних діаграм поза межами класу злічених переписувальних систем за понад 30 років (повнота методу для злічених систем була доведена у роботі V. van Oostrom, Confluence for abstract and higher-order rewriting, PhD thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, 1994);
- отриманні розв'язків проблем неповноти методу спадних діаграм з двома мітками та відсутності колапсу на рівні 2 ієрархії систем, що мають спадну властивість Черча-Россера (відкриті проблеми з 2018 року¹);
- узагальненні леми Ньюмана для строго індуктивних переписувальних систем, розробці спеціальних принципів індукції для доведення властивостей елементів переписувальних систем, що не задовольняють припущенням про термінальність та зліченність та розвитку формальних теорій для аналізу властивостей абстрактних недискретних динамічних моделей.

5. Практичне значення роботи полягає в можливості використання матеріалів дисертації у сфері формальної верифікації моделей програмних та кіберфізичних систем для розроблення та реалізації нових методів перевірки конфлюентності конкретних переписувальних систем, породжених такими моделями.

6. Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною науковою працею, в якій висвітлені власні ідеї і розробки автора, що дозволили вирішити поставлені завдання. Робота містить теоретичні та методичні положення і висновки, сформульовані дисертантом особисто. Використані в дисертації ідеї, положення чи гіпотези інших авторів мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей здобувача. З публікацій зі співавторами на захист виносяться лише результати, отримані автором дисертації. У публікаціях зі співавторами 8-15, 17-19, 21, 28-31 автору дисертації належать формулювання ідей, визначення цілей і методів дослідження, неформалізовані доведення основних результатів.

¹ Endrullis J., Klop J.W., Overbeek R. Decreasing diagrams with two labels are complete for confluence of countable systems. 3rd International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction (FSCD 2018), 2018, P. 14:1-14:15 [Open Problem 32, 33]

7. Апробація результатів дослідження відбувалась під час обговорення на не менш як 10 міжнародних наукових конференціях і воркшопів в Україні та за кордоном, зокрема: 10th International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction, July 14-20, 2025, Birmingham, United Kingdom; 13th International Workshop on Confluence, July 9, 2024, Tallinn, Estonia; 12th International Workshop on Confluence, August 23-24, 2023, Obergurgl, Austria; XI International Scientific Conference "Information Technology and Implementation", November 20-21, 2024, Kyiv, Ukraine; 8th International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction, July 3-6, 2023, Rome, Italy; X International Scientific Conference "Information Technology and Implementation", November 20-21, 2023, Kyiv, Ukraine; 16th International Conference on Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications, Kharkiv, Ukraine, October 6-10, 2020; Conference on Mathematical Foundations of Informatics, MFOI-2020, 12-16 January 2021, Kyiv, Ukraine; Logic and its Applications. 2nd World Logic Day – January 14, 2020, The workshop, Kyiv, Ukraine; Logic and its Applications. 1st World Logic Day – January 14, 2019, The workshop, Kyiv, Ukraine.

8. Публікації. За результатами дослідження опубліковано 32 наукових праці: 21 стаття у закордонних виданнях, проіндексованих в базах даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 10 публікацій, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації, 1 публікація, що додатково відображає наукові результати дисертації.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті в іноземних виданнях

1. Ivanov I. Completeness of the decreasing diagrams method for proving confluence of rewriting systems of the least uncountable cardinality. Leibniz international proceedings in informatics. ISSN 1868-8969. 2025. Vol. 337. P. 25:1-25:20. [Scopus]
2. Ivanov I. On the cofinality property in the context of the hierarchy of decreasing Church-Rosser abstract rewriting systems. CEUR workshop proceedings. ISSN 1613-0073. 2024. Vol. 3909. P. 466-479. [Scopus]
3. Ivanov I. On Newman's lemma and non-termination. CEUR workshop proceedings. ISSN 1613-0073. 2023. Vol. 3624. P. 14-24. [Scopus]
4. Ivanov I. Generalized Newman's lemma for discrete and continuous systems. Leibniz international proceedings in informatics. ISSN 1868-8969. 2023. Vol. 260. P. 9:1-9:17. [Scopus]
5. Ivanov I. On induction principles for partial orders. Logica Universalis. ISSN 1661-8297. 2022. Vol. 16. P. 105-147. [Scopus]

6. Ivanov I. On Induction Principles for Diamond-Free Partial Orders. Communications in computer and information science. ISSN 1865-0929. 2021. Vol. 1308. P. 166–190. [**Scopus**]
7. Ivanov I. On induction for diamond-free directed complete partial orders. CEUR workshop proceedings. ISSN 1613-0073. 2020. Vol. 2732. P. 70-73. [**Scopus**]
8. Ivanov I., Nikitchenko M. Expressibility in the Kleene algebra of partial predicates with the complement composition. Communications in computer and information science. ISSN 1865-0929. 2020. Vol. 1175. P. 50-67. [**Scopus**]
9. Ivanov I., Nikitchenko M. Inference rules for the partial Floyd-Hoare logic based on composition of predicate complement. Communications in computer and information science. ISSN 1865-0929. 2019. Vol. 1007. P. 71-88. [**Scopus**]
10. Ivanov I., Nikitchenko M. On the Kleene algebra of partial predicates with predicate complement. CEUR workshop proceedings. ISSN 1613-0073. 2019. Vol. 2393. P. 542-551. [**Scopus**]
11. Ivanov I., Kornilowicz A., Nikitchenko M. An inference system of an extension of Floyd-Hoare logic for partial predicates. Formalized mathematics. ISSN 1426-2630. 2018. Vol. 26, no. 2. P. 159-164. [**Web of Science**]
12. Kornilowicz A., Ivanov I., Nikitchenko M. Kleene algebra of partial predicates. Formalized mathematics. ISSN 1426-2630. 2018. Vol. 26, no. 1. P. 11-20. [**Web of Science**]
13. Ivanov I., Kornilowicz A., Nikitchenko M. Implementation of the composition-nominative approach to program formalization in Mizar. Computer science journal of Moldova. ISSN 1561-4042. 2018. Vol. 26, no.1 (76). P. 59-76. [**Web of Science**]
14. Nikitchenko M., Ivanov I., Kornilowicz A., Kryvolap A. Extended Floyd-Hoare logic over relational nominative data. Communications in computer and information science. ISSN 1865-0929. 2018. Vol. 826. P. 41-64. [**Scopus**]
15. Ivanov I., Nikitchenko M. On the sequence rule for the Floyd-Hoare logic with partial pre- and post-conditions. CEUR workshop proceedings. ISSN 1613-0073. 2018. Vol. 2104. P.716-724. [**Scopus**]
16. Ivanov I. On the underapproximation of reach sets of abstract continuous-time systems. Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science. ISSN 2075-2180. 2017. Vol. 247. P. 46-51. [**Scopus**]
17. Ivanov I., Nikitchenko M., Kryvolap A., Kornilowicz A. Simple-named complex-valued nominative data – definition and basic operations. Formalized Mathematics. ISSN 1426-2630. 2017. Vol. 25, no. 3. P. 205-216. [**Web of Science**]
18. Kornilowicz A., Kryvolap A., Nikitchenko M., Ivanov I. An approach to formalization of an extension of Floyd-Hoare logic. CEUR workshop proceedings. ISSN 1613-0073. 2017. Vol. 1844. P. 504-523. [**Scopus**]

19. Ivanov I., Nikitchenko M., Skobelev V.G. Proving properties of programs on hierarchical nominative data. Computer science journal of Moldova. ISSN 1561-4042. 2016. Vol. 24, no. 3 (72). P. 371-398. [Web of Science]
20. Ivanov I. On local characterization of global timed bisimulation for abstract continuous-time systems. Lecture notes in computer science. ISSN 0302-9743. 2016. Vol. 9608. P. 216-234. [Scopus]
21. Ivanov I., Nikitchenko M., Abraham U. On a decidable formal theory for abstract continuous-time dynamical systems. Communications in computer and information science. ISSN 1865-0929. 2014. Vol. 469. P. 78-99. [Scopus]

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

22. Ivanov I. On non-triviality of the hierarchy of decreasing Church-Rosser abstract rewriting systems. Proceedings of the 13th International Workshop on Confluence. July 9, 2024, Tallinn, Estonia. P. 30-35.
23. Ivanov I. On confluence criteria for non-terminating abstract rewriting systems. Proceedings of the 12th International Workshop on Confluence. August 23-24, 2023, Obergurgl, Austria. P. 9-13.
24. Ivanov I. On generalizations of real induction. Conference on Mathematical Foundations of Informatics. Proceedings MFOI-2020. 12-16 January 2021, Kyiv, Ukraine. P. 162-167.
25. Ivanov I. On generalized well-founded induction. Logic and its Applications. 2nd World Logic Day – January 14, 2020. Logic and its Applications, The workshop. Book of Abstracts. January 14, 2020, Kyiv. P. 7-8.
26. Ivanov I. On the partial Floyd-Hoare logic based on predicate complement. 1st World Logic Day – January 14, 2019. Logic and its Applications, The workshop. Book of Abstracts. January 14, 2019, Kyiv. P. 4-5.
27. Ivanov E.V. On inductive definitions on non-well-ordered domains and their potential applications to verification of cyber-physical systems. Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві : зб. тез доповідей і наук. повідомл. учасників II Міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 1 жовтня 2018. С. 67-68.
28. Kornilowicz A., Kryvolap A., Nikitchenko M., Ivanov I. Formalization of the algebra of nominative data in Mizar. Proceedings of the 2017 Federated Conference on Computer Science and Information Systems. September 3-6, 2017, Prague, Czech Republic. P. 237-244.
29. Ivanov I., Nikitchenko M., Skobelev V.G. Properties of nominative programs specified by effective definitional schemes. Conference on Mathematical Foundations of Informatics. Proceedings MFOI-2016. Institute of Mathematics and Computer Science, July 25-30, 2016, Chisinau, Moldova. P. 222-240.
30. Ivanov I., Kornilowicz A., Nikitchenko M.S. Formalization of nominative data in Mizar. Праці Міжнародної науково-практичної конференції “Теоретичні

та прикладні аспекти побудови програмних систем” ТАAPSD’2015, 23-26 листопада 2015 р., м. Київ. С. 82-85.

31. Ivanov Ie.V., Nikitchenko M.S. On nominative Glushkov algebras. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції "В.М. Глушков – піонер кібернетики". 11 грудня 2014, м. Київ. С. 48-49.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

32. Ivanov I. Completeness of decreasing diagrams for the least uncountable cardinality. Archive of Formal Proofs. ISSN 2150-914X. 2025. April. 319 pages.

10. Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертація виконана фаховою українською мовою, текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

11. Відповідність принципам академічної доброчесності. Дисертаційна робота на тему «Узагальнена теорія абстрактних переписувальних систем» відповідає принципам академічної доброчесності. Використані в докторській дисертації, наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, наукові тексти, ідеї, розробки, наукові результати й матеріали інших авторів супроводжуються посиланням на авторів та/або на джерело опублікування.

12. Відповідність змісту дисертації спеціальності, з якої вона подається до захисту. Дисертаційне дослідження на тему «Узагальнена теорія абстрактних переписувальних систем» відповідає паспорту спеціальності 01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Іванова Євгена В'ячеславовича на тему «Узагальнена теорія абстрактних переписувальних систем» є завершеним науковим дослідженням, що виконане на належному рівні, в якому представлені теоретичні висновки, узагальнення і положення, що в сукупності розв'язують важливу наукову проблему у сфері теоретичних основ інформатики та кібернетики.

За актуальністю, ступенем наукової новизни, науково-теоретичною і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота Іванова Євгена В'ячеславовича на тему «Узагальнена теорія абстрактних переписувальних систем» відповідає всім 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, і рекомендується до захисту на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук зі спеціальності 01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики.

Результати дисертаційного дослідження Іванова Євгена В'ячеславовича на тему «Узагальнена теорія абстрактних переписувальних систем» та представлених публікацій, обговорено і схвалено на засіданні кафедри теорії та технології програмування факультету комп'ютерних наук та кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол № 3 від 05 листопада 2025 р.).

Головуючий на засіданні –

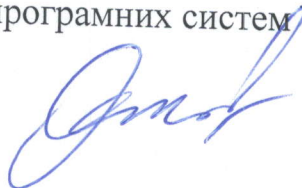
кандидат фізико-математичних наук, доцент,
завідувач кафедри теорії та технології програмування
факультету комп'ютерних наук
та кібернетики



Тарас ПАНЧЕНКО

Рецензент -

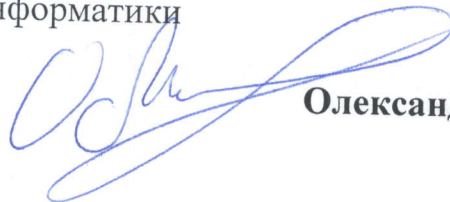
доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри інтелектуальних програмних систем
факультету комп'ютерних наук
та кібернетики



Сергій КРИВИЙ

Рецензент -

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри математичної інформатики
факультету комп'ютерних наук
та кібернетики



Олександр МАРЧЕНКО

Рецензент -

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри математичної інформатики
факультету комп'ютерних наук
та кібернетики



Ігор ЗАВАДСЬКИЙ

Секретар кафедри



Степан ШКІЛЬНЯК