ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
Хмельницького
національного університету
Олег СИНЮК
«25» серпня 2026 р.

Висновок
розширеного кафедрального наукового семінару
кафедри кібербезпеки
Хмельницького національного університету
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
«Метод та засоби прогнозування стану взаємоблокування процесів в комп'ютерних системах»

здобувача наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю **05.13.05 –** *Комп'ютерні системи та компоненти*
(галузь знань 12 – *Інформаційні технології*)
Мостового Сергія Володимировича

1. Актуальність теми дисертації

Сучасні комп'ютерні системи функціонують в умовах інтенсивного паралельного виконання процесів, конкурентного використання системних ресурсів, зростання складності програмного забезпечення та поширення багатоядерних, розподілених, хмарних і мікросервісних архітектур. У таких умовах особливої важливості набуває забезпечення стабільності, безперервності та прогнозованості роботи комп'ютерних систем, оскільки порушення ресурсної взаємодії між процесами може призводити до виникнення станів взаємоблокування, повної або часткової зупинки сервісів, втрати часу, даних та обчислювальних ресурсів.

Взаємоблокування процесів є одним із критичних чинників порушення нормального функціонування комп'ютерних систем. Традиційні підходи до його розв'язання, зокрема ігнорування, запобігання, уникнення або виявлення взаємоблокувань, мають низку обмежень. Частина з них передбачає наявність попередньо заданих відомостей про майбутні запити процесів до ресурсів, частина ускладнює практичну реалізацію в сучасних операційних системах, а значна кількість методів орієнтована переважно на виявлення вже наявного взаємоблокування та подальше відновлення працездатності системи. Такий підхід не завжди є прийнятним для комп'ютерних систем, у яких важливими є своєчасність реагування, мінімізація втрат і запобігання переходу процесів у критичні ресурсні стани.

Сучасні дослідження у цьому напрямі зосереджені на виявленні, моніторингу, формальній перевірці та запобіганні взаємоблокуванням у паралельних, параметризованих і розподілених програмних системах. Зокрема, питання виявлення взаємоблокувань, моніторингу розподілених програмних систем, автоматичного виправлення помилок ресурсної взаємодії, статичного аналізу та перевірки коректності виконання процесів розглядаються у працях О.С. Савенка, А.О. Мельника, S. Jacobs, M. Sakr, M. Völp, R.J. Rowicki, A. Francalanza, A. Scalas, E. Giachino, C. Laneve, M. Lienhardt та інших дослідників. Водночас більшість таких підходів спрямована на виявлення, перевірку, моніторинг або усунення взаємоблокувань, тоді як завчасне прогнозування ризику переходу процесів у стан взаємоблокування з урахуванням їхньої поточної ресурсної поведінки залишається недостатньо розробленим.

Актуальність дисертаційного дослідження зумовлена необхідністю розроблення методу та засобів, які забезпечують не лише виявлення факту взаємоблокування після його виникнення, а й завчасне оцінювання ризику переходу процесів у такий стан. Для цього доцільним є використання формалізованого опису ресурсної поведінки процесів, аналізу їхніх сигнатур, автоматизованого формування бази нечітких правил та застосування нечіткого логічного висновку для прогнозування небезпечних станів у комп'ютерній системі.

Таким чином, розроблення методу та засобів прогнозування стану взаємоблокування процесів в комп'ютерних системах, спрямованих на підвищення достовірності та своєчасності прогнозування, зменшення залежності від експертного налаштування та створення підстав для прийняття превентивних рішень щодо керування ресурсами, є актуальним науково-практичним завданням.

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами Університету та кафедри

Тема дисертаційної роботи пов'язана з науковими та прикладними дослідженнями Хмельницького національного університету у сфері комп'ютерної інженерії, інформаційних технологій та кібербезпеки.

Дисертаційна робота Мостового С.В. відповідає цьому науковому напряму, оскільки спрямована на розв'язання задачі прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах, що безпосередньо пов'язано з підвищенням стабільності, надійності та ефективності функціонування комп'ютерних систем.

У межах наукових напрямів кафедри кібербезпеки дисертаційне дослідження пов'язане з розробленням методів і засобів аналізу, моніторингу, діагностування та прогнозування станів комп'ютерних систем.

Робота виконувалась в межах науково-дослідної роботи Хмельницького національного університету, а саме держбюджетної теми 2Б-2008 «Теорія інтелектуального діагностування відмовостійких комп'ютерних систем з програмованою логікою» та міжнародного проєкту «Кібербезпека критично важливої інфраструктури України», що фінансувався USAID.

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Дисертація є самостійним науковим дослідженням, у межах якого здобувачем розроблено теоретичні положення, методи та програмні засоби, спрямовані на розв'язання науково-практичного завдання прогнозування стану взаємоблокування процесів в комп'ютерних системах.

Особистий внесок здобувача полягає у формалізації ресурсної поведінки процесів у комп'ютерній системі, розробленні методу побудови сигнатури процесу, удосконаленні методу побудови бази нечітких правил для прогнозування стану взаємоблокування процесів, розробленні методу прогнозування ризику переходу процесів у стан взаємоблокування, а також удосконаленні архітектури засобів прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах.

Здобувачем самостійно виконано постановку задач дослідження, обґрунтовано вибір методичного апарату, розроблено моделі, методи та алгоритмічне забезпечення, здійснено програмну реалізацію запропонованих засобів і проведено експериментальну перевірку достовірності та своєчасності прогнозування стану взаємоблокування процесів.

У роботі використано наукові положення, ідеї та результати інших дослідників виключно з метою обґрунтування, порівняння та розвитку власних наукових результатів здобувача з наведенням відповідних посилань на джерела.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Достовірність та обґрунтованість отриманих у дисертаційній роботі результатів, запропонованих автором рішень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням наукової термінології, положень теорії комп'ютерних систем, методів аналізу ресурсної взаємодії процесів, нечіткої кластеризації, нечіткого логічного висновку та експериментального оцінювання. При формулюванні висновків було враховано результати сучасних досліджень у галузі аналізу, виявлення, моніторингу та прогнозування станів комп'ютерних систем. Апробація результатів здійснювалася на наукових конференціях. Запропоновані підходи, сформульовані висновки та надані рекомендації базуються на системному аналізі предметної області, мають теоретичну обґрунтованість, практичну значущість і підтверджуються результатами емпіричної перевірки.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

На підставі теоретичних і практичних досліджень, виконаних у дисертаційній роботі, отримано такі нові наукові результати:

вперше:

- розроблено метод прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах, який, на відміну від відомих методів виявлення взаємоблокувань після їх виникнення або запобігання їм на основі наперед заданих обмежень розподілу ресурсів, забезпечує завчасне оцінювання ризику переходу процесів у стан взаємоблокування шляхом обробки сигнатур процесів базою нечітких правил, сформованою за результатами кластеризації, що дає змогу враховувати поточний ресурсний стан системи, особливості взаємодії процесів із ресурсами та

формувати підстави для прийняття превентивних рішень щодо керування ресурсами комп'ютерної системи;

удосконалено:

- метод побудови сигнатури процесу в комп'ютерних системах, який, на відміну від підходів, що описують процес через окремі системні параметри або поточний стан виконання, передбачає формалізоване перетворення ідентифікаційних, ресурсних, часових та поведінкових характеристик процесу у впорядкований вектор ознак із урахуванням зайнятих ресурсів, запитуваного ресурсу та особливостей ресурсної взаємодії, що дає змогу сформувати інформативний опис процесу для подальшої кластеризації, нечіткого аналізу та прогнозування стану взаємоблокування;
- метод побудови бази нечітких правил для прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах, який, на відміну від відомих підходів формування правил на основі повного експертного налаштування, використовує нечітку кластеризацію Fuzzy C-Means для автоматизованого виділення типових сценаріїв ресурсної поведінки процесів з подальшим формуванням правил нечіткого логічного висновку, що дає змогу зменшити залежність від експертних оцінок, врахувати приховані закономірності у вибірці станів процесів та підвищити адаптивність бази правил до зміни поведінки процесів у комп'ютерній системі;
- архітектуру засобів прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах, яка, на відміну від відомих підходів, орієнтованих переважно на виявлення або усунення взаємоблокування після його виникнення, передбачає поєднання модулів збору даних про процеси та ресурси, побудови сигнатур процесів, формування бази нечітких правил і прогнозування стану взаємоблокування, що забезпечує завчасне оцінювання ризику переходу процесів у стан взаємоблокування та створює основу для прийняття превентивних рішень щодо керування ресурсами комп'ютерної системи.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

10 наукових публікацій за темою кандидатської дисертації відповідно до законодавства (зокрема, 4 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави, індексованому у базі даних Scopus, віднесеному до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank, що згідно із Наказом МОН України №1220 від 23.09.2019 р. прирівнюється до двох публікацій; 4 публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації (у тому числі 1 індексована у наукометричній базі Scopus)).

Статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України та міжнародних наукометричних баз

1. Ю.П. Кльоц, С.В. Мостовий. Прогнозування взаємоблокувань процесів в комп'ютерних системах. Електротехнічні та комп'ютерні системи – 2015, № 19 (95) – С.205-209. URL: https://eltecs.op.edu.ua/index.php/journal/article/view/1897/946

Здобувачем розроблено систему прогнозування стану процесів та алгоритми її роботи. Співавтором Ю. П. Кльоцем проведено оцінювання часової складності алгоритму прогнозування взаємоблокування.

2. Nicheporuk A., Klots Y., Yashyna O., Mostovyi S., Nicheporuk Y. Prediction of entering processes into the deadlock state. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. 2019, 14(3), pp. 1484–1492. URL: http://doi.org/10.11591/ijeecs.v14.i3.pp1484-1492. (Scopus).

Здобувачем розроблено метод прогнозування входження процесів у стан взаємоблокування. Співавторами Ю. П. Кльоцем та А. О. Нічепоруком реалізовано постановку експерименту; О. Яшиною та Ю. О. Нічепорук опрацьовано результати експерименту.

3. Мостовий С. Аналіз методів та моделей вирішення задачі взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2021, №5. С.27-31. DOI: http://doi.org/10.31891/2307-5732-2021-301-5-27-31

Здобувачем запропоновано концепцію вирішення науково-прикладної задачі прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах.

4. Мостовий С., Пирч О. Прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2025, №4. С.284-292. URL: https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-84-32

Здобувачем розроблено метод побудови сигнатури процесу, метод побудови бази нечітких правил та метод прогнозування взаємоблокування. Співавторкою О. В. Пирч проведено аналіз відомих рішень задачі взаємоблокування.

5. Мостовий С. Система прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2026, №2. С.418-424. URL: https://doi.org/10.31891/2219-9365-2026-86-49

Здобувачем розроблено засоби прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Мостовий С.В. Архітектура системи прогнозування взаємоблокування процесів у комп'ютерній системі. Збірник наукових праць за матеріалами XV Всеукраїнської науково-практичної конференції "Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2023", м.Хмельницький, 17-18 листопада 2023р. / ХНУ Хмельницький, 2023. С. 343-345. URL: https://kn.khmnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/18/apkn-2023_corpuspaper.pdf

Здобувачем розроблено архітектуру системи прогнозування взаємоблокування процесів у комп'ютерній системі.

7. Мостовий С.В. Модель та метод побудови сигнатури процесу для прогнозування взаємоблокувань у комп'ютерній системі. Збірник наукових праць за матеріалами XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції "Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2024", м.Хмельницький, 15-16 листопада 2024р. / ХНУ Хмельницький, 2024. С. 580-583. URL: https://kn.khmnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/18/apkn-2024-corpuspaper.pdf

Здобувачем розроблено модель та метод побудови сигнатури процесу для прогнозування взаємоблокувань у комп'ютерній системі.

8. Мостовий С.В. Метод прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерній системі. ITSec: Безпека інформаційних технологій: матеріали XV Міжнар.наук.-техн. конф., м. Тернопіль, 27-29 трав. 2026 р. / Тернопіль-Київ:ТНТУ-ДУІКТ, 2026. С. 378-380. URL: https://itsec.tntu.edu.ua/#conference-abstracts

Здобувачем розроблено метод прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерній системі.

9. Oleg Savenko, Mykola Fedula, Jan Rabchan, Kyrylo Voznyi, Serhii Mostovyi, Anatolii Barabash. The method of parallelization of dynamic sequential system programs using networks of multifaceted processes. Proceedings of the 7th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS-2026). / Khmelnytskyi, 2026. P. 124-142. URL: https://ceur-ws.org/Vol-4242/paper10.pdf (Scopus).

Здобувачем розроблено модель сигнатури процесу. Співавторами O. Savenko та M. Fedula запропоновано підхід до подання послідовних системних програм мережею багатогранних процесів та визначення ділянок їх паралельного виконання; J. Rabchan формалізував умови паралельного виконання програмних операцій з урахуванням залежностей між даними та обчислювальними ресурсами; K. Voznyi та A. Barabash реалізували програмну модель мережі взаємодіючих процесів і постановку експериментального дослідження.

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах

Основні результати дисертації доповідались та обговорювались на наукових, науково-технічних і науково-практичних конференціях, семінарах та інших наукових заходах, зокрема: на XV Всеукраїнській науково-практичній конференції "Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2023" (Хмельницький, 17–18 листопада 2023 р.); XVI Всеукраїнській науково-практичній конференції "Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2024" (Хмельницький, 15–16 листопада 2024 р.); XV Міжнародній науково-технічній конференції "Безпека інформаційних технологій" (Тернопіль, 27–29 травня 2026 р.); 7th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS-2026) (Khmelnytskyi, 3 July 2026).

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Для ефективного вирішення сучасних завдань забезпечення стабільності, надійності та прогнозованості функціонування комп'ютерних систем у дисертаційному дослідженні застосовано підхід, який поєднує методи аналізу ресурсної взаємодії процесів, формалізованого опису станів комп'ютерної системи, нечіткої кластеризації, нечіткого логічного висновку та прогнозування небезпечних ресурсних станів. Такий підхід забезпечує можливість завчасного оцінювання ризику переходу процесів у стан взаємоблокування та формування підстав для прийняття превентивних рішень щодо керування ресурсами комп'ютерної системи.

Отримані наукові результати мають значення для галузі комп'ютерних систем та компонентів, інформаційних технологій, операційних систем, системного програмного забезпечення, паралельних і розподілених обчислень, а також для досліджень, пов'язаних із моніторингом, діагностуванням, прогнозуванням і підвищенням надійності функціонування комп'ютерних систем.

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

Розроблені в дисертаційній роботі методи, моделі, алгоритми та програмні засоби в сукупності забезпечують завчасне прогнозування стану взаємоблокування процесів в комп'ютерних системах, що перетворює запропонований підхід на дієвий інструмент аналізу ресурсної взаємодії процесів, виявлення небезпечних ресурсних станів і підтримки прийняття превентивних рішень щодо керування ресурсами.

Практично вагомими вважаються такі результати:

– розроблено метод побудови сигнатури процесу в комп'ютерній системі, що забезпечує формалізований опис ідентифікаційних, ресурсних, часових та поведінкових характеристик процесу;

– розроблено метод прогнозування стану взаємоблокування процесів, що забезпечує завчасне оцінювання ризику переходу процесів у стан взаємоблокування;

– удосконалено метод побудови бази нечітких правил для прогнозування стану взаємоблокування процесів із використанням нечіткої кластеризації;

– удосконалено архітектуру засобів прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах;

– розроблено програмні засоби реалізації запропонованих методів, що забезпечують аналіз поточного ресурсного стану комп'ютерної системи та підтримку прийняття превентивних рішень щодо керування ресурсами.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено в освітній процес Хмельницького національного університету під час підготовки здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Кібербезпека та захист інформації» спеціальності 125/F5 «Кібербезпека та захист інформації» та за освітньою програмою «Комп'ютерна інженерія та програмування» спеціальності 123/F7 «Комп'ютерна інженерія». Практичні результати дисертаційної роботи також впроваджено у діяльність ТОВ «ІТТ» та ТОВ «X-CITY», що підтверджено відповідними актами впровадження.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України. Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел та шести додатків. Повний обсяг роботи містить 233 сторінки друкованого тексту, з них анотація – на 14 с., зміст – на 2 с., перелік скорочень – на 1 с., основний текст – на 178 с., список із 160 використаних джерел – на 21 с., до датки – на 16 с. Дисертація містить 28 рисунків та 18 таблиць.

Робота написана українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Стиль викладу матеріалу послідовний, логічний і відповідає характеру наукового дослідження у галузі комп'ютерних систем та компонентів.

11. Відповідність дисертації паспорту спеціальності, за якою вона представлена до захисту

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – Комп'ютерні системи та компоненти та напрямам досліджень, зазначеним у паспорті:

– методи та засоби забезпечення ефективності, надійності, контролю, діагностики, визначення параметрів, відлагодження, випробування, а також проектування високоефективних, надійних, придатних для контролю та діагностики комп'ютерних систем і мереж, їх пристроїв і компонентів (п. 2);

– теоретичні основи, методи та технології системного та прикладного програмування, створення операційних систем для комп'ютерних систем і мереж загального та спеціального призначення, паралельних комп'ютерних систем і мереж, технічних і програмних засобів взаємодії людини з комп'ютерними системами і мережами, мережних технологій обробки інформації (п. 3).

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто зауважень щодо самої суті роботи.

12. З урахуванням зазначеного,
На розширеному кафедральному науковому семінарі ухвалили:

12.1. Дисертація Мостового Сергія Володимировича **«Метод та засоби прогнозування стану взаємоблокування процесів в комп'ютерних системах»** є завершеною науковою працею, у якій розв'язано актуальне науково-практичне завдання розроблення методу та засобів прогнозування стану взаємоблокування процесів у комп'ютерних системах на основі аналізу ресурсної поведінки процесів, побудови сигнатур процесів, автоматизованого формування бази нечітких правил і завчасного оцінювання ризику переходу процесів у стан взаємоблокування; має важливе значення для галузі знань 12 Інформаційні технології.

12.2. Основні результати дисертації повністю відображені у 10 наукових публікаціях відповідно до законодавства (зокрема, 4 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави, індексованому у базі даних Scopus, віднесеному до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank, що згідно із Наказом МОН України №1220 від 23.09.2019 р. прирівнюється до двох публікацій; 4 публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації (у тому числі 1 індексована у наукометричній базі Scopus)).

12.3. За науковим рівнем, новизною, теоретичним і практичним значенням, повнотою опублікування основних результатів, змістом та оформленням робота відповідає вимогам до кандидатських дисертацій, установленим законодавством України для атестації осіб, підготовка яких на здобуття наукового ступеня кандидата наук розпочата до 1 вересня 2016 року, відповідно до пункту 2 постанови Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197, та відповідає спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

12.4. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Мостового С.В. дисертація **«Метод та засоби прогнозування стану взаємоблокування процесів в комп'ютерних системах»** рекомендується для подання до розгляду у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:
за – 14 (чотирнадцять)
проти – 0 (немає)
утримались – 0 (немає)

Головуюча на розширеному кафедральному
науковому семінарі,
доктор технічних наук, професор,
декан факультету інформаційних технологій ХНУ,
професор кафедри комп'ютерної інженерії
та інформаційних систем ХНУ _____ Тетяна ГОВОРУЩЕНКО

Секретар розширеного кафедрального
наукового семінару,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри кібербезпеки ХНУ _____ Віра ТІТОВА

«25» серпня 2026 р.