

РЕЦЕНЗІЯ

професора кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
транспорт, лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки,
доктора технічних наук,

професора Стасюка Олександра Іоновича

на дисертаційну роботу Ткачука Миколи Сергійовича

на тему: «**Методи організації комп'ютерних систем інтелектуалізації
управління в проектах мікропроцесорних систем залізничної автоматики**»,
яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії у галузі
12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Тема дисертаційного дослідження Ткачука Миколи Сергійовича є надзвичайно актуальною, оскільки відповідає сучасним тенденціям розвитку залізничного транспорту, що характеризується зростанням інтенсивності руху поїздів, ускладненням технологічних процесів управління та підвищенням вимог до функціональної безпеки систем автоматики. В умовах цифрової трансформації транспортної галузі особливого значення набуває вдосконалення мікропроцесорних систем управління рухом поїздів шляхом інтеграції сучасних інформаційних технологій, методів математичного моделювання, аналізу даних та штучного інтелекту.

Актуальність дослідження зумовлена тим, що існуючі системи залізничної автоматики, побудовані переважно на детермінованих алгоритмах, забезпечують високий рівень надійності та безпеки, проте мають обмежені можливості адаптації до умов невизначеності, неповноти інформації та нестандартних експлуатаційних ситуацій. Важливим чинником залишається людський фактор, який істотно впливає на ефективність та безпечність перевізного процесу. Запропоновані у роботі підходи до інтелектуалізації управління рухом поїздів спрямовані на зниження впливу цього чинника, підвищення ефективності функціонування систем управління та забезпечення відповідності вимогам функціональної



безпеки. Практична значущість результатів полягає у можливості створення сучасних інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, що сприятиме підвищенню рівня безпеки та надійності залізничного транспорту.

Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження узгоджується з пріоритетними напрямками розвитку транспортної галузі, цифрової трансформації інфраструктури та впровадження інтелектуальних транспортних систем. Робота виконана відповідно до «Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» (розпорядження КМУ від 27.12.2024 №1550), «Концепції державної програми реформування залізничного транспорту України» (розпорядження КМУ від 27.12.2006 №651-р). Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, виконаним відповідно до планів науково-дослідної роботи університету як у рамках кафедральної тематики, так і за рахунок бюджетних коштів загального фонду, які спрямовані на розвиток систем підтримки прийняття рішень, оптимізацію цифрових систем управління та забезпечення безперебійної роботи залізничного транспорту, зокрема: «Наукові основи системи підтримки прийняття рішень та розвитку технічного обслуговування рухомого складу та залізничної інфраструктури» (державний реєстраційний номер 0123U100646), «Методологічні засади підвищення ефективності та безперебійної роботи залізничного транспорту: людино-машинні системи в умовах воєнної економіки» (державний реєстраційний номер 0126U002095), «Інтелектуальні диференційні моделі оптимізації та управління цифровими системами залізничного транспорту» (державний реєстраційний номер 0126U001981).

Наукова новизна і практичне значення отриманих результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи Ткачука Миколи Сергійовича полягає у створенні концептуальних та прикладних засад інтелектуалізації управління рухом поїздів у мікропроцесорних системах залізничної автоматики. Автором

розроблено методи, моделі та алгоритми, що дозволяють здійснювати оцінювання та прогнозування експлуатаційних ситуацій, формувати рекомендації для оперативного персоналу та забезпечувати інформаційно-аналітичну підтримку без втручання у контур функціонально безпечного керування.

В роботі **вперше** сформовано математичну модель формалізації експлуатаційних ситуацій на основі інтегрального показника, яка забезпечує перехід від множини різнорідних параметрів до узагальненої оцінки стану системи. Модифіковано метод марковського моделювання функціонування комп'ютерної надсистеми інтелектуального супроводу управління рухом поїздів, що дозволяє кількісно оцінювати ризики в умовах невизначеності.

Удосконалено методи інтелектуальної підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки, адаптовані до специфіки роботи систем управління рухом поїздів, а також теоретико-математичні засади оцінювання операторського фактора, який розглядається як динамічна змінна стану системи.

Подальшого розвитку набули архітектурні принципи побудови комп'ютерних надсистем інтелектуального супроводу, інтегрованих із мікропроцесорними системами централізації та диспетчерського керування, а також методи оцінювання експлуатаційних ситуацій, що поєднують інтегральну оцінку стану, марковське моделювання та інтелектуальні алгоритми підтримки прийняття рішень.

Практична значущість результатів полягає у можливості їх використання для модернізації діючих та створення перспективних систем управління рухом поїздів. Ефективність запропонованих рішень підтверджено комп'ютерним моделюванням у середовищі MATLAB із застосуванням нечіткої логіки Мамдані: час прийняття рішень скорочено майже на 45 % без зниження рівня функціональної безпеки. Розроблені методи та алгоритми вже впроваджено у виробничу діяльність підрозділів АТ «Укрзалізниця», КП «Київський метрополітен», а також у навчальний процес Національного транспортного університету.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій та їх достовірність

Наукові положення та висновки дисертаційної роботи ґрунтуються на використанні сучасного математичного апарату системного аналізу, теорії ймовірностей, теорії управління, методів нечіткої логіки та інструментів комп'ютерного моделювання, що відповідають поставленим завданням дослідження. Надійність отриманих результатів підтверджується побудовою математичних моделей, які адекватно відображають специфіку функціонування комп'ютерних систем управління рухом поїздів в умовах невизначеності та впливу людського фактора, а також узгодженістю запропонованих методів і алгоритмів із сучасними науковими підходами у сфері інтелектуальних систем управління.

Коректність теоретичних положень і практичних висновків засвідчена результатами комп'ютерного моделювання у середовищі MATLAB, яке підтвердило ефективність запропонованих рішень, зокрема скорочення часу прийняття рішень при збереженні вимог функціональної безпеки. Практична значущість і відтворюваність результатів доведена їх апробацією, впровадженням у діяльність підприємств залізничного транспорту та використанням у навчальному процесі.

Структура та зміст дисертаційного дослідження

Дисертаційна робота має логічну та послідовну структуру і складається зі вступу, чотирьох розділів, у яких викладено теоретичні положення, методичні підходи та результати проведених досліджень, а також висновків, де узагальнено основні наукові результати роботи та визначено перспективи їх подальшого розвитку.

Повний обсяг дисертаційної роботи складається з 234 сторінок, з яких 177 сторінок основного тексту, 41 рисунків, 10 таблиць, список джерел із 107 найменувань на 13 сторінках і 6 додатків на 22 сторінках.

У першому розділі здійснено аналіз сучасного стану комп'ютерних систем

управління рухом поїздів та окреслено перспективні напрями їх розвитку. Розглянуто структуру і принципи роботи мікропроцесорних систем залізничної автоматики, визначено рівень їх інтелектуалізації та виявлено обмеження традиційних підходів, що базуються на детермінованих алгоритмах. На основі проведеного огляду обґрунтовано необхідність застосування інтелектуальних методів підтримки управління та сформульовано мету і завдання дослідження.

Другий розділ присвячено розробленню теоретичних і математичних основ інтелектуалізації управління рухом поїздів. Запропоновано інформаційно-математичну модель, яка враховує вплив людського фактора та дозволяє оцінювати зміни функціонального стану оперативного персоналу. Визначено рівні інтелектуалізації систем управління та обґрунтовано доцільність використання методів штучного інтелекту для підвищення якості прийняття рішень.

У третьому розділі розроблено математичні моделі та методи аналізу експлуатаційних ситуацій у комп'ютерній надсистемі інтелектуального супроводу. Запропоновано інтегральний показник оцінювання стану системи, що забезпечує узагальнену характеристику експлуатаційної ситуації. Удосконалено підхід марковського моделювання для прогнозування переходів між станами та оцінювання ризиків в умовах невизначеності. Визначено принципи інтеграції надсистеми інтелектуального супроводу з мікропроцесорними системами управління з дотриманням вимог функціональної безпеки.

Четвертий розділ містить опис архітектури та алгоритмічного забезпечення комп'ютерної надсистеми інтелектуального супроводу управління рухом поїздів. Розроблено нечітку модель підтримки прийняття рішень, реалізовану у середовищі MATLAB. Результати моделювання підтвердили ефективність запропонованих рішень та показали можливість скорочення часу прийняття рішень майже на 45 %.

У цілому дисертаційна робота вирішує комплекс наукових і прикладних завдань, спрямованих на підвищення рівня інтелектуалізації систем управління рухом поїздів. Проведено аналіз сучасних систем залізничної автоматики, розроблено концептуальні засади побудови комп'ютерної надсистеми

інтелектуального супроводу, створено математичні моделі її функціонування та запропоновано методи оцінювання експлуатаційних ситуацій в умовах невизначеності з урахуванням ризиків і впливу людського фактора.

Повнота опублікування основних положень дисертаційної роботи

Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано у 18 наукових працях, з яких 5 у фахових наукових виданнях, 7 у матеріалах наукових конференцій (праці апробаційного характеру) та 6 у публікаціях, що додатково відображають результати дослідження. Серед опублікованих праць розділ у колективній монографії, що проіндексована у міжнародній наукометричній базі даних Scopus, а також тези доповідей, включені до видань, індексованих у Scopus.

Наукові положення, результати та основні елементи наукової новизни дисертації були наведені та обговорені на всеукраїнських і міжнародних наукових конференціях, що підтверджуються відповідними публікаціями тез доповідей. Зокрема, результати дослідження апробовано на 27-й Міжнародній науковій конференції «Transport Means 2023» (Литва, 4-6 жовтня 2023 р.), II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Виклики та перспективи розвитку транспортної інфраструктури України» (м. Київ, 2024 р.), 28-й Міжнародній науковій конференції «Transport Means 2024» (Литва, 2-4 жовтня 2024 р.), III Міжнародній науково-практичній конференції «Modern research: transport infrastructure and innovation technologies» (м. Київ, 2024 р.), III Всеукраїнській науково-практичній конференції «Виклики та перспективи розвитку транспортної інфраструктури України» (м. Київ, 22–24 квітня 2025 р.), 29-й Міжнародній науковій конференції «Transport Means 2025» (Литва, 1-3 жовтня 2025 р.), 17-й Міжнародній науково-практичній конференції студентів і молодих вчених імені Георгія Кірпи «Сучасні транспортні технології» (м. Львів, 4 грудня 2025 р.).

Результати дослідження отримали достатній рівень апробації у науковому середовищі, а опубліковані праці повною мірою відображають основний зміст, наукові положення, висновки та практичні результати дисертаційної роботи.

Відсутність порушення академічної доброчесності

Дисертаційна робота Ткачука Миколи Сергійовича була перевірена за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism з метою виявлення текстових запозичень. За результатами перевірки встановлено відсутність плагіату, а також підтверджено коректність оформлення посилань на використані джерела.

Зауваження та побажання до дисертаційної роботи

У цілому, дисертаційна робота Ткачука Миколи Сергійовича заслуговує позитивної оцінки, проте необхідно зазначити деякі зауваження, які носять дискусійний характер:

1. У роботі значну увагу приділено питанням інтелектуалізації управління в проєктах мікропроцесорних систем залізничної автоматики. Разом із тим більш повне розкриття архітектурних принципів побудови запропонованої комп'ютерної надсистеми дозволило б чіткіше обґрунтувати її належність до класу інтелектуальних систем.
2. У дисертації наведено сучасні підходи до інтелектуалізації комп'ютерних систем, однак взаємозв'язок між окремими рівнями інтелектуалізації та запропонованими автором методами можна було б розкрити більш послідовно.
3. Автор використовує інтегральний показник для оцінювання експлуатаційної ситуації, проте порядок визначення вагових коефіцієнтів окремих показників та їх вплив на формування кінцевої оцінки потребують додаткового обґрунтування.
4. Автор запропонував архітектуру комп'ютерної надсистеми інтелектуального супроводу, однак питання оцінювання її продуктивності за умов зростання навантаження на систему та кількості одночасно оброблюваних подій розглянуто лише в загальному вигляді.
5. Під час моделювання роботи запропонованої надсистеми основну увагу приділено алгоритмам оброблення інформації. Водночас більш детальний аналіз

вимог до якості, повноти та достовірності вхідних даних дозволив би повніше оцінити ефективність роботи запропонованих інтелектуальних алгоритмів у реальних умовах експлуатації.

6. Запропоновані у роботі методи орієнтовані на використання в мікропроцесорних системах залізничної автоматики. Разом із тим оцінювання можливості їх застосування в інших комп'ютерних системах керування критично важливими об'єктами дозволило б ширше обґрунтувати універсальність запропонованих методів.

Наведені зауваження та побажання мають дискусійний та рекомендаційний характер і не знижують наукової цінності, практичної значущості та загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Ткачука Миколи Сергійовича на тему «Методи організації комп'ютерних систем інтелектуалізації управління в проектах мікропроцесорних систем залізничної автоматики» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальну науково-прикладну задачу розроблення методів, моделей та алгоритмів інтелектуалізації управління рухом поїздів у проектах мікропроцесорних систем залізничної автоматики. Отримані результати спрямовані на розвиток наукових засад інтелектуалізації комп'ютерних систем керування, характеризуються науковою новизною, мають теоретичне та практичне значення, є достатньо обґрунтованими і достовірними, а висновки відповідають поставленій меті та завданням дослідження.

Зміст дисертаційної роботи відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології», а рівень виконаних досліджень свідчить про належну наукову кваліфікацію автора.

З огляду на актуальність теми, належний рівень наукової новизни, теоретичної та практичної цінності одержаних результатів, їх достовірність і обґрунтованість, використання сучасних методів математичного та комп'ютерного моделювання, а також достатню апробацію результатів

дослідження на всеукраїнських і міжнародних наукових конференціях та їх висвітлення у фахових наукових виданнях, у тому числі тих, що індексуються в міжнародній наукометричній базі Scopus, вважаю, що дисертаційна робота та оприлюднені за її результатами наукові праці відповідають вимогам пп. 6–9 «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 № 44 від 12 січня 2022 року (зі змінами).

Враховуючи вищевикладене, вважаю, що **Ткачук Микола Сергійович**, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Рецензент:

професор кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій транспорту
Національного транспортного університету,
лауреат Державної премії України
в галузі науки і техніки,
доктор технічних наук, професор

Олександр СТАСЮК

