ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Неведрова Олександра Вікторовича
на тему **«Розвиток теоретичних основ інтелектуальних систем керування локомотивом»**,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 273 – Залізничний транспорт
галузь знань 27 - Транспорт

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Актуальність наукового завдання щодо розвитку теоретичних основ інтелектуальних систем керування локомотивом викликана необхідністю в оптимізації та модернізації управління залізничним транспортом для вирішення сучасних викликів і завдань, пов'язаних з ефективністю, безпекою та подальшим розвитком всього комплексу залізничного транспорту. Основними завданнями розв’язку яких допомагає вирішення поставленої наукової задачі є: підвищення ефективності і безпеки експлуатації локомотивів, зниження потенційних ризиків викликаних діями локомотивних бригад; зменшення витрат енерговитрат на тягу поїздів, розробка теоретичних засад для автоматизації процесів пов’язаних з управлінням рухом поїздів. Результатом впровадження теоретичних основ інтелектуальних систем керування локомотивом буде виникнення нових технологічних рішень, що покращать якість та безпеку експлуатації локомотивів, транспортних послуг в цілому.

Дисертаційну роботу виконано у відповідності до «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року», яку введено в дію наказом (розпорядження КМУ від 30.05.10 р. № 430-р); «Концепції державної програми реформування залізничного транспорту України», затвердженої розпорядженням Кабміну України від 27.12.2006 р №651р. Наукові результати отримані при виконанні науково-дослідних робіт, зокрема: «Модернізація маневрових тепловозів типу ЧМЕ3 шляхом впровадження системи дистанційного управління і контролю» (№ДР0121U107991) та «Розробка наукових засад комплексного підвищення безпеки, ефективності експлуатації та управління критичними об’єктами залізничного транспорту в умовах післявоєнного розвитку України» (проєкт за грантової підтримки Національного фонду досліджень України, реєстраційний номер проєкту 2022.01/0224), у яких автор дисертації є виконавцем і автором звітів

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і практичних рекомендацій, їх достовірность.

Обгрунтованість та достовірність результатів, отриманих у дисертації Неведрова О.В., підтверджується дотриманням методології наукових досліджень та коректним використанням методів теорії нечітких множин, експертних оцінок, кластерного аналізу, метода Сааті, методів оптимізації (випадкового пошуку, послідовного та парного порівняння критеріїв).

Автор використав зазначені методи для моделювання керуючої діяльності локомотива, формалізації діагностичного параметра у вигляді нечіткої змінної, визначенні впливу запропонованих показників на реалізацію стратегії керування поїздом.

У процесі дисертаційного дослідження автором використовуються дані, отримані в результаті спостережень за процесом ведення електровоза.

На основі аналізу моделей, методів та даних які використовує автор для вирішення поставлених науково-практичних завдань, можна зробити висновок, що одержані результати в достатній мірі обґрунтовані і достовірні. Все це дає підставу для висновку про достатню обсгрунтованість і достовірність наукових положень дисертації.

Наукова новизна результатів роботи.

Вперше:

- розроблено адитивний критерій оцінки керуючих дій при веденні поїзда у вигляді співвідношення формалізованих показників якості роботи системи «поїзд-машиніст», таких як безпека руху, витрати енергоресурсів на тягу та виконання графіку руху. Це дозволило об'єктивно порівнювати та прогнозувати результати керуючих дій та наслідків прийняття невірного рішення. Таким чином розроблено комплексну оцінку керуючих дій і використання різних стратегій керування рухом, що дозволяє реалізувати подальше удосконалення системи керування рухом;

- формалізовано параметр «напруженості роботи машиніста» в процесі керування локомотивом, який, на відміну від існуючих підходів до оцінки роботи машиніста, враховує типи поточних поїзних ситуацій і їх взаємний вплив на роботу локомотивної бригади. Це дозволило реалізувати постійний моніторинг обставин ведення поїзду з метою визначення найбільш небезпечних періодів в роботі, під час яких значно падає імовірність безпомилкового виконання операції.

Доопрацьовано:

- метод визначення величини вагових коефіцієнтів для поїзних ситуацій шляхом використання методу Сааті для різних режимів руху поїзду. Використання такого підходу зробило можливим провести об'єктивне оцінювання поїзних ситуацій та класифікувати їх за режимами руху як небезпечні, які потребують додаткової уваги, такі, що потребують невідкладних дій та безпечні.

Практичне значення результатів дисертації.

Отримані результати та рекомендації утворюють теоретичну основу для впровадження інтелектуальних систем прийняття рішень в управлінні локомотивами. Вирішені задачі дозволили: визначити та оцінити відносну вагу факторів які впливають на якість та безпеку керування поїздом; формалізувати та науково

обґрунтувати критерії оцінки керуючих дій при веденні поїзда; розробити критерії щодо формалізованої оцінки умов роботи локомотивної бригади.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи Неведрова О.В. полягає в удосконаленні алгоритмів роботи системи прийняття для машиністів. Розроблено нові алгоритми та запропоновано розширення режимів моделювання для удосконалення роботи тренажерного комплексу з підготовки машиністів локомотивів в ДУІТ

Основні результати роботи впроваджено у технологічні процеси модернізації систем керування локомотивів на Науково-виробничому підприємстві «Локомотив транс сервіс» та у навчальний процес ДУІТ при підготовці та підвищенні кваліфікації фахівців спеціальності 273 – Залізничний транспорт.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій, сформованих у дисертації, в наукових публікаціях.

За результатами дослідження опубліковано 9 наукових праць, зокрема дві наукові праці у фахових виданнях інших держав (індексовані в базі Scopus): три наукові праці у наукових фахових виданнях України, 4 публікації у виданнях апробаційного характеру. При виконанні дисертаційного дослідження за участі автора отримано патент. Для основних наукових праць, які написані у співавторстві, у вступі дисертаційної роботи вказано особистий вклад автора.

Відсутність порушення академічної доброчесності.

Результати перевірки роботи сервісами Unicheck, аналізу публікацій здобувача, тексту дисертаційного дослідження та використаних джерел свідчать про відсутність порушення принципів академічної доброчесності.

Структура та зміст дисертаційного дослідження.

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків та додатків. Повний обсяг складає 147 сторінок, у тому числі 118 сторінок основного тексту, 4 сторінки додатків, 27 таблиць, 84 рисунка. Розташовані на окремих сторінках таблиці та рисунки займають 7 сторінок. Список використаних джерел включає 115 найменувань.

Зміст **анотації** є узагальненим коротким викладом основного змісту дисертації та висвітлює її основні наукові положення, висновки і рекомендації. Анотацію подано державною та англійською мовами. В анотації стисло представлені основні результати дослідження із зазначенням наукової новизни та практичного значення.

У **вступі** наведено обґрунтування актуальності дисертаційної роботи, описано зв'язок роботи з науковими темами, визначено мету і завдання наукових досліджень, наукову новизну і практичне значення результатів роботи, особистий внесок здобувача, інформацію щодо апробації результатів дослідження.

У першому розділі проведено дослідження впливу людського фактору на якість керування локомотивом. На основі аналізу виявлено, що основні транспортні події в локомотивному господарстві переважно спричинені людським фактором. Зазначено, що зниження впливу людського фактору може стати значущим резервом для підвищення безпеки руху. Безпека пасажирів та вантажу, а також безперебійна робота

залізничного транспорту завжди залежать від рівня дисципліни, відповідальності та вимогливості машиніста та його помічника.

Автором зазначено, що ефективність дій щодо управління технічною системою значною мірою залежить від того, як ланка (машиніст, локомотивна бригада), що приймає інформацію від індикаційних пристроїв системи, функціонує. Вказано, що в сучасний період недостатньо уваги приділяється інтелектуалізації процесів прийняття рішень системою керування локомотивами. Водночас, при розробці новітніх програмних комплексів відзначаються спроби створення систем, чиє функціонування все більше наближається до інтелектуальної діяльності людини.

У другому розділі визначено основні причини помилок, які може допустити машиніст локомотива. Ці причини включають недостатню підготовку або низький рівень кваліфікації, порушення передбачених процедур експлуатаційної роботи, непридатні умови праці, пов'язані з факторами, такими як надмірний шум, вібрація та температурні коливання у кабіні машиніста, особливо на тепловозах. Також відзначено відсутність мотивуючих факторів для досягнення локомотивною бригадою оптимальної якості роботи. У розділі запропоновано критерій якості роботи системи "машиніст-локомотив" під час експлуатації. Цей критерій виражений у вигляді співвідношення показників якості, які відображають характеристики системи "машиніст-локомотив" під час експлуатації. Комплексний критерій якості системи представлений у вигляді адитивного показника. Також викладено основні стратегії керування поїздом, які можуть бути застосовані в різних ситуаціях. Зокрема, визначено такі стратегії, як дотримання графіку руху, забезпечення максимальної безпеки руху, економія енергії на тягу та максимізація рівня надійності рухомого складу. Кожна стратегія представлена як множина з характерними показниками.

Додатково, в роботі виконано аналіз впливу кожного критерію якості керування на реалізацію окремих стратегій. Визначено абсолютні показники впливу кожного критерію на виконання різних стратегій керування, а також визначено фактори, які впливають на якість цих стратегій. З метою аналізу цих факторів була розроблена нечітка ієрархічна система впливу.

У третьому розділі з метою поліпшення якості аналізу діяльності управління та ілюстрації взаємозв'язків між підмножинами універсальної множини "поїзна ситуація" використовуються діаграми Ейлера-Венна. Цей підхід дозволяє конкретизувати та формалізувати критерій, за яким проводиться оцінка поточної поїзної обстановки.

У випадку керування поїздом всі об'єкти класифікації, або поїзні ситуації, розділені на обмежену кількість класів, для кожного з яких відомо та вивчено фіксовану кількість об'єктів, або прецедентів. Процес розпізнавання образів полягає у віднесенні нової ситуації до одного з класів. Застосовано підхід, заснований на методі Сааті, для визначення вагових коефіцієнтів поїзних ситуацій, включаючи ієрархію за режимами руху (безпечний, режим підвищеної уваги, небезпечний).

Визначено, що якість розпізнавання конкретної поїзної ситуації, в якій перебуває локомотивна бригада, залежить від ефективності використаних ознак у системі класифікації. Вирішальним критерієм інформативності ознак у задачі розпізнавання образів є величина втрат від помилок. Для визначення найбільш інформативних ознак поїзних ситуацій застосовано метод випадкового пошуку з адаптацією.

Результатом використання цього методу є визначення найбільш інформативних ознак поїзної ситуації, таких як швидкість руху, вільність колії вперед, відстань до сигналу, загальна оцінка стану гальм поїзду (за результатами пробних гальмувань), та відхилення витрати енергоресурсів на тягу від норми.

У четвертому розділі здійснено оцінку перспектив систем підтримки прийняття рішень для локомотивних бригад, що обумовлено кількома факторами. По-перше, управління локомотивом на основі традиційних технологій не може суттєво підвищити ефективність експлуатації. Покращення алгоритмів адаптивного керування призводить до їх складності та труднощі реалізації безпосередньо на борту локомотива. Заслуговують увагу основні причини росту інтелектуальних технологій управління тяговим рухом, такі як інформатизація усіх сфер залізничного транспорту, наявність якісної елементної бази, поширеність систем бездротової передачі даних та наявність спеціалізованого програмного забезпечення.

Загальна задача прийняття рішень в залізничному транспорті, яка включає в себе дотримання графіка руху, технічних норм, економію пального та енергії, врахування кількісних і якісних показників комплексності обслуговування та економічної ефективності перевезень, є завданням неструктурованим. Ця задача ускладнена унікальними умовами, оскільки кожен варіант перевезення володіє новою особливістю, що робить його відмінним від вже відомих або зовсім нових задач.

Додатково, на момент вирішення задачі існує невизначеність в оцінках альтернативних варіантів її вирішення. Визначена структура витрат на впровадження систем підтримки прийняття рішень для машиністів, яка включає витрати на придбання бортового обчислювального обладнання, інтерфейсної частини, ряду датчиків, розробку програмного забезпечення та встановлення системи на локомотиві. При цьому виправданість витрат досягається через зменшення впливу людського фактору на безпеку руху, зменшення транспортних подій, зменшення витрат електроенергії на тягу поїздів та скорочення витрат на обслуговування та ремонт локомотивів через удосконалення системи управління.

У висновках автором викладено найбільш важливі наукові та практичні результати дослідження, що відповідають поставленій меті та завданням дослідження.

Основні зауваження до дисертаційної роботи.

1. Метою дисертаційної роботи автор вказує: «розвиток теоретичних основ систем керування локомотивом шляхом використання методів теорії штучного інтелекту». Аналіз роботи та методів які використані при вирішенні поставленої задачі показує, що в роботі використано методи експертного аналізу, методи прийняття рішень, оптимізаційні методи, методи кластерного аналізу. Перелічені методи використовуються для прийняття рішень в умовах невизначеності. При цьому, методи теорії

штучного інтелекту є значно ширшим поняттям яке включає: машинне навчання, нейронні мережі, експертні системи, генетичні алгоритми, методи оптимізації, та ряд інших. З методів які використані автором до методів машинного навчання в класичному розумінні відноситься лише метод (алгоритм) «найближчого сусіда». Використання в роботі автором методів штучного інтелекту включає лише незначну кількість цих методів. Більш доцільним можна рекомендувати формулювання «розвиток теоретичних основ систем керування локомотивом шляхом використання методів прийняття рішень та оптимізації».

2. При визначенні складових параметру «напруженість роботи машиніста» в процесі керування локомотивом автор приводить орієнтовний перелік ситуацій, що виникають в процесі керування локомотивом ($c_1 – c_{12}$). В роботі не наведено обґрунтування чому автор обрав саме такий перелік ситуацій. Які критерії використовувались автором при формуванні переліку ситуацій що виникають в процесі керування локомотивом.
3. При визначені складових параметру «напруженість роботи машиніста» в процесі керування локомотивом автор не враховує складові які відповідають технічному стану локомотива та виникненню несправностей видів обладнання.
4. При визначенні кола найбільш інформативних ознак поїзних ситуацій з використанням методу випадкового пошуку з адаптацією автор виконує аналіз інформаційних потоків, що виникають при керуванні поїздом. Кожна з отриманих ознак нормалізується, при цьому автор не пояснює з використанням якого підходу будуть нормалізовані такі ознаки як: w18 – психофізіологічні характеристики локомотивної бригади; w19 – час доби; w21 – метеорологічні умови; w23 – наявність в поїзді особливих та розрядних вантажів, а також людських вагонів; w25 – оперативний план роботи локомотивної бригади. Формалізоване отримання цифрових значень параметрів w18, w21 під час руху поїзда ускладнене, а значення самих параметрів безперервно змінюється.
5. В розділі 4 при виконанні аналізу результатів експериментальних поїздок для оцінки величини напруженості роботи по ситуаціях використано середнє значення отриманих величин напруженості. Використання середнього значення величини без оцінки міри розсіювання значень відносно середнього може призвести до помилкового статистичного висновку.
6. Виконаний в розділі 4 аналіз результатів експериментальних поїздок для оцінки величини напруженості роботи по ситуаціях дозволить отримати додаткову корисну інформацію щодо роботи локомотивних бригад за умови проведення такого аналізу з урахуванням віку, стажу та інших додаткових характеристик.

Наведені зауваження в цілому не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації

Загальні висновки за дисертаційним дослідженням.

У дисертаційній роботі достатньо інформативно відображено основні результати наукових досліджень, а матеріал викладено на високому науковому рівні.

Дисертаційна робота Неведрова Олександра Вікторовича на тему «Розвиток теоретичних основ інтелектуальних систем керування локомотивом», є завершеною науково-дослідною роботою, в якій запропоновані теоретичні положення і науково-практичні рекомендації щодо удосконалення підходів до розробки та впровадження інтелектуальних рішень при розробці систем керування локомотивом.

Висновки за дисертацією в повній мірі охоплюють результати дослідження і є коректними. Результати проведених здобувачем досліджень мають істотне значення для галузі знань 27 «Транспорт», зокрема для розвитку систем керування локомотивами. Публікації повною мірою розкривають зміст дисертаційної роботи.

Дисертація Неведрова Олександра Вікторовича на тему «Розвиток теоретичних основ інтелектуальних систем керування локомотивом» відповідає спеціальності 273 «Залізничний транспорт», за формою і змістом відповідає вимогам викладеним у 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 від 12 січня 2022 року №44. Робота оформлена відповідно до вимог Наказу Міністерства освіти і науки України «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» від 12.01.2017 №40.

Вважаю, що дисертаційне дослідження на тему «Розвиток теоретичних основ інтелектуальних систем керування локомотивом» відповідає встановленим вимогам, а її автор, Неведров Олександр Вікторович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 27 «Транспорт» за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт».

Офіційний опонент,

к.т.н., доцент кафедри
«Локомотиви» Український
державний університет науки і технологій О.Б. Очкасов

Особистий підпис
О.Б. Очкасов
засвідчую
Нач. загального відділу Українського
державного університету науки і технологій
20 р.
20 р.