ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, доцента, завідувача кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Придніпровської державної академії будівництва та архітектури Ужеловського Андрія Валентиновича на дисертаційну роботу Колисниченка Іллі Юрійовича «Автоматизація процесу ваговимірювання рухомих залізничних об'єктів», представлену до захисту в разову спеціалізовану раду на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, галузь знань 15 - Автоматизація та приладобудування

Відгук складено на основі вивчення дисертаційної роботи, наукових праць, що опубліковані здобувачем та документів, які свідчать про реалізацію й практичне впровадження результатів проведених досліджень.

Актуальність теми досліджень.

Залізничний транспорт - найбільш широко використовуємий варіант перевезення вантажів між підприємствами. Так, спираючись на дані міністерства статистики України, за 2019 рік сумарно усіма видами транспорту перевезено 674,5 млн. тонн (включаючи залізничний, автомобільний, водний та авіаційний варіанти транспортування), в свою чергу залізничним транспортом перевезено 312,4 млн. тонн вантажів, що складає близько 46.3 відсотків усього товарообігу.

Системи відносин між підприємствами спираються на відвантажену продукцію, яка потребує оцінки(зважування, вимірювання, перелік). При використанні статичних систем зважування, рухомий склад буде зважуватись значно довше, ніж при динамічному зважуванні, оскільки необхідно виконати розчеплення вагонів, подання вагонів до тензометричної системи та виконати саме зваження. Для рухомого складу з 50 вагонів, ці процедури можуть потребувати більше двох годин часу. Використовуючи динамічні системи, немає необхідності виконувати додаткові операції. Це призводить до значного

пришвидшення – в залежності від швидкості проїзду, склад із 50 вагонів буде зважуватися від 3.9 до 9.6 хвилин.

Не вирішеним є питання створення системи динамічного зважування, яка зможе з достатньою точністю, в рамках метрологічних норм виконувати зважування, при цьому проводити коректну ідентифікацію типу вагону, навіть якщо збігається більша кількість характеристик рухомого залізничного об'єкту.

Збираючись на вищесказане, науково-прикладна задача автоматизації процесу ваговимірювання рухомих залізничних об'єктів є актуальною, і потребує комплексного вирішення.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертаційної роботи, їх достовірність та наукова новизна.

Отримані здобувачем наукові, теоретичні та практичні результати розв'язують задачу автоматизації процесу ваговимірювання рухомих залізничних об'єктів, за рахунок обробки саме епюр проїзду вагонів через тензометричну систему. Алгоритми обробки сигналів можна використовувати для будь яких тензометричних систем, результатом яких повинні бути ідентифікація, категоризація та зважування.

У дисертаційному дослідженні отримані такі основні наукові результати:

Дисертантом вперше сформульована умова досягнення максимальної точності класифікації типів залізничних вагонів, яка полягає у використанні функції Гевісайда при апроксимації експериментальних епюр тензометричних систем за умови підготовки вхідних даних для навчання системи;

Дисертантом вперше запропонований метод фрагментації сигналу з ваговимірювальної платформи на основі епюр проїзду вагонів, який дозволяє на основі таких характеристик, як співвідношення бази вагона до довжини вагона між автозчепленями та вісність кожному фрагменту сигналу зіставити певну ділянку проїзду потяга, що є необхідною умовою підготовки даних для ефективного навчання системи;

Дисертантом вперше запропонований метод класифікації типів залізничних вагонів за такими характеристиками, як співвідношення довжини вагона до бази вагона, вісність, вага, кількість візків. В основі цього методу

закладено використання набору характеристик рухомого залізничного об'єкту, комбінації яких є унікальною для різних моделей вагону, при цьому усунута залежність результатів від швидкості проїзду вагонів шляхом виконання нормалізації даних за тензометричними показаннями та часом, що дозволяє підвищити пропускну спроможність ваговимірювальних систем підприємств;

Дисертантом уперше запропонований алгоритм визначення додаткового інформаційного критерію для класифікації типів вагонів на основі співвідношення бази вагону до довжини вагону між автозчепленям. В основі алгоритму покладено виконання сегментації та кластеризації даних наступним чином – база вагона визначається як відстань між серединою двох візків, а довжина вагона між автозчепленями - як середня відстань між візками до середини автозчеплення. Додатковий критерій дозволяє виконати класифікацію вагонів у випадку ідентичності решти критеріїв.

Оцінка змісту роботи, завершеності та повноти викладання.

Представлена робота має обсяг у 143 сторінки друкованого тексту, складається зі вступу, 4 основних розділів, висновків, списку використаних джерел з 107 пунктів. Має 99 рисунків та 10 таблиць. Додатки містять акти впровадження системи на 2-х підприємствах України.

Стиль викладання лаконічний, повний, науковий.

У **першому розділі** дисертації «Аналіз процесів зважування вантажів на залізничному транспорті» представлений аналіз типів вантажоперевезень, які можуть бути використані підприємствами, наводяться сильні та слабкі сторони кожного з варіанті. Проводиться аналіз існуючих систем зважування рухомих залізничних об'єктів як в динамічному режимі, так і у статичному. Розбирається структура вагонних вагів, з точки зору їх побудови та функціонування. Наводяться основні типи залізничних вагонів, що потребують зважувань, їх характеристики, тощо.. Проведено аналіз типів вагонних ваг за способом зважування, оцінена специфіка та обмеження їх використання. Досліджені існуючі системи зважування та алгоритми, які закладені в них. Наведено приклад розрахунку швидкості зважування вагонів у існуючих динамічних системах. Автор не обійшов стороною і метрологічні норми. У

розділі наведено вимоги, щодо метрології тензометричних систем, які використовуються для зважування у русі.

На основі аналізу існуючих наукових робіт вітчизняних та зарубіжних авторів, а також використовуючи результати усього розділу, сформульовані висновки та план досліджень.

Другий розділ «Ідентифікація сигналів динамічних режимів ваговимірювальних платформ» присвячено вирішенню задачі ідентифікації типу залізничного рухомого об'єкту, на основі динамічних сигналів, які було отримано в одноплатформної тензометричної системи. Для обробки сигналів, автором використовується такі числові методи, як поліноміальна апроксимація та апроксимація функцією Гевісайда, що є оптимальним рішенням, і у повному обсязі розв'язує поставлене завдання отримання апроксимуючих функцій, які з мінімальною похибкою виконають наближення до реальних даних. За результатами цього розділу зроблено 2 публікації до фахових журналів.

Третій розділ «Дослідження елементів штучного інтелекту для побудови автоматизації процесів динамічного зважування» є логічним продовженням другого розділу, та проводить аналіз алгоритмів штучного інтелекту для вирішення завдань ідентифікації. Також у розділі побудована модель згорткової нейронної мережі для категоризації тупу рухомого об'єкту на автозчеплення та візки.

У **четверному розділі** «Експериментальні дослідження моделей на основі згорткових нейронних мереж, нейронних мереж та алгоритмів кластеризації при ідентифікації та зважування вагонів у русі» виконано реалізацію та проведено тестування алгоритму ідентифікації типу рухомого об'єкту на основі згорткової нейронної мережі, модель якої була побудована у третьому розділі. Друга частина розділу присвячена алгоритму ідентифікації та класифікації рухомих обєктів у динаміці. Використовуючи алгоритм сегментації, виділино інформативні частини графіку, на яких зафіксовано проїзд автозчеплень та вагонів. Використовуючи принципи ідентифікації динамічних сигналів тензометричних систем з використанням згорткових нейронних мереж та алгоритму кластеризації, побудовано систему

категоризації вагонів. Окремо виділено алгоритм ідентифікації ваги, шляхом використання коефіцієнту, який отримано при калібрування ваг до даних, отриманих від техносистем.

Апробація результатів дисертації та наукові публікації.

Результати досліджень оприлюднено у 6 друкованих робітах: 4 у наукових фахових виданнях та 2 тези конференцій, одна з яких індексується у наукометричній базі Scopus.

Академічна доброчесність

В рамках вивчення дисертаційної роботи порушень академічної доброчесності та її принципів не було виявлено.

Висновок

Я вважаю, що дисертаційна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії Колисниченка Іллі Юрійовича під назвою " Автоматизація процесу ваговимірювання рухомих залізничних об'єктів" є високоякісним, фундаментальним та завершеним дослідженням.

Дисертаційна робота відповідає вимогам академічної доброчесності та законодавства України, включаючи Порядок підготовки докторів філософії.

Робота демонструє високий науковий рівень та містить у собі як теоретичні, так і практичні результати, які вирішують істотні наукові завдання в галузі автоматизації тензометричних систем. Автор наводить переконливі докази актуальності свого дослідження, а також показує його практичну важливість та наукову новизну.

На підставі вищезазначеного, здобувач Колисниченко Ілля Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 - "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології", спеціальність 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Офіційний опонент:
кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій
Придніпровської державної академії
будівництва та архітектури А.В. Ужеловський

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ
ВІДДІЛ КАДРІВ
Підписи т.в. Ужеловського
02070772
Україна
Дотик Прокофій
23.10.2023
Начальник відділу кадрів ПДАБА