УДК 62.505

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ ДИНАМІЧНОГО ЗВАЖУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

І. Мікіньов, здобувач третього рівня вищої освіти
В. Мікіньов, здобувач третього рівня вищої освіти
О. Дідик, науковий керівник, кандидат технічних наук, доцент
І. Березюк, науковий керівник, кандидат технічних наук, доцент
Центральноукраїнський національний технічний університет

Зростання інтенсивності вантажних перевезень зумовлює необхідність удосконалення сучасних засобів контролю маси транспортних засобів. Ефективне управління транспортними потоками потребує оперативного отримання достовірної інформації щодо маси вантажів, обсягів перевезень та напрямків їх переміщення. Це особливо важливо для автоматизації логістичних процесів, контролю перевантаження транспорту та забезпечення безпеки дорожньої інфраструктури.

На сьогодні для визначення маси транспортних засобів переважно застосовуються стаціонарні великогабаритні вагові комплекси, що працюють за принципом статичного зважування. Такі системи забезпечують високу точність вимірювань, однак їх використання пов’язане зі значними витратами на встановлення, обслуговування та облаштування спеціальних майданчиків. Крім того, у багатьох точках транспортної інфраструктури встановлення стаціонарних ваг є технічно складним або економічно недоцільним.

Альтернативою є мобільні системи динамічного поосьового зважування, які дозволяють визначати масу автомобіля без його повної зупинки. Проте широке впровадження таких систем обмежується недостатньою точністю вимірювання, що обумовлено впливом випадкових перешкод, коливань транспортного засобу, нерівностей дорожнього покриття та нестабільністю сигналів первинних перетворювачів. У зв’язку з цим актуальним напрямом досліджень є підвищення точності динамічного зважування шляхом використання сучасних інтелектуальних методів обробки інформації та автоматизованих систем аналізу даних.

У сучасних наукових дослідженнях значна увага приділяється застосуванню методів штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж, для оцінювання маси транспортних засобів у русі. У роботах [1, 2] було досліджено можливість використання нейромережевих технологій для визначення маси автомобіля та доведено необхідність попередньої фільтрації сигналів, отриманих із тензометричних датчиків, з метою відокремлення корисної інформації від випадкових шумів і перешкод. На основі існуючих методів цифрової обробки сигналів [3] розроблено алгоритм часткового виділення регулярної складової сигналу [4], а також проведено аналіз ефективності оцінювання маси транспортного засобу при використанні поєднання багатовимірної фільтрації та нейронних мереж. Отримані результати показали суттєве підвищення точності оцінювання, однак для досягнення максимальної ефективності необхідною є розробка спеціалізованих алгоритмів оптимізації параметрів системи.

Метою даної роботи є створення алгоритму визначення оптимальних параметрів інтелектуальної комплексної системи оцінювання маси автомобіля, а також дослідження ефективності її функціонування в умовах динамічного зважування транспортних засобів.

Головним показником ефективності функціонування інтелектуальної системи визначення маси транспортного засобу під час руху є точність отриманих результатів зважування. Саме тому під час дослідження якості роботи системи основну увагу приділено оцінюванню відносної похибки вимірювання. Для кількісного аналізу використовувалися такі статистичні характеристики, як математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення похибки визначення маси автомобіля.

Дослідження роботи системи передбачало виконання повного циклу побудови та налаштування нейромережевої моделі із застосуванням попередньої цифрової обробки сигналів. Для цього використовувались комплексні оптимальні фільтри, отримані в результаті синтезу та адаптовані для роботи з сигналами тензометричних датчиків. У процесі навчання нейронної мережі постійно здійснювався контроль якості її функціонування на окремій тестовій вибірці, що дозволяло своєчасно виявляти момент появи перенавчання та припиняти подальше навчання моделі.

З метою оцінювання ефективності системи та вибору найбільш результативного фільтра був створений спеціальний алгоритм аналізу. Відповідно до його структури формувалася навчальна база даних, до складу якої входили вхідні інформаційні вектори та еталонні значення маси осей транспортного засобу. Аналогічним способом створювався і тестовий набір даних, який використовувався для перевірки стабільності та узагальнюючої здатності нейронної мережі.

Навчання побудованої нейромережевої моделі виконувалося із застосуванням методу Левенберга–Марквардта, який забезпечує високу швидкість збіжності та ефективність під час розв’язання задач апроксимації й прогнозування. Після створення мережі проводилося її тестування, у ході якого визначалися початкові значення математичного сподівання та середньоквадратичного відхилення відносної похибки між обчисленими та еталонними значеннями маси для всіх елементів тестового масиву. Лише після цього розпочинався основний процес навчання системи.

Розроблений алгоритм пошуку оптимальних параметрів інтелектуальної системи динамічного зважування дозволив виконати комплексний аналіз її характеристик та визначити значення вагового коефіцієнта, за якого забезпечується максимальна точність оцінювання маси транспортного засобу. У результаті досліджень було досягнуто значення середньоквадратичного відхилення похибки на рівні 0,1026 %. Крім того, встановлено оптимальну структуру багатовимірного фільтра та підібрано його основні параметри для найбільш ефективної роботи системи.

Подальші дослідження будуть спрямовані на створення практичної методики технічної реалізації інтелектуальних систем цього типу, що поєднують нейромережеві технології з алгоритмами оптимальної багатовимірної фільтрації сигналів.

Список літератури

1. Технології конструювання сучасних конкурентоспроможних комплексів керування стохастичним рухом об’єктів: монографія / за ред. С. І. Осадчого. Кропивницький : Видавець Лисенко В. Ф. 2023. 292 с.
2. Осадчий, С. І., Дідик, О. К. Метод синтезу оптимального багатовимірного фільтру для виділення регулярного сигналу на фоні випадкових перешкод. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кропивницький, 2021. Вип. 51. С. 210–215.
3. Терещенко Т. А. Ефективність застосування систем WIM на автомобільних дорогах. Світова практика. Дороги і мости. Київ, 2023. Вип. 27. С. 279–288.
4. Вознюк А. Б., Райковський В. Ф., Каськів В. І., Загорняк О. В. Дослідження даних системи зважування в русі з метою актуалізації коефіцієнтів зміни інтен-сивності руху. Дороги і мости. Київ, 2022. Вип. 26. С. 228–238.