

Колодницька Руслана Віталіївна, к.т.н., доцент, Державний університет «Житомирська політехніка», [ruslanakolod2017@gmail.com](mailto:ruslanakolod2017@gmail.com)  
Кравченко Олександр Петрович, д.т.н., професор, Державний університет «Житомирська політехніка»

## **МОДЕЛЮВАННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ МЕТОДОМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

### **Вступ**

Автомобільний транспорт дає біля однієї п'ятої частини вуглекислого газу у світі [1]. Викиди вуглекислого газу можна зменшити, зменшивши витрату палива автомобілем. Більшість моделей (на прикладі моделі М.Я. Говорущенка) описують середнє значення витрати палива. Щоб мінімізувати шкідливі викиди і високий рівень забруднення атмосферного повітря в міських районах, спричинений у значній мірі автомобільним транспортом, необхідне впровадження методів безперервного та точного моніторингу.

Покращення балансу вуглекислого газу досягається використанням біопалива. Використовується воно у двигунах внутрішнього згоряння автотранспортних засобів, як правило, у суміші з дизельним паливом (біодизель). В зв'язку з підвищеними викидами оксидів азоту та сажі, що дає дизельне паливо [2, 3], на даний момент автомобілі, що працюють на дизельному паливі, мають обмеження в Європі.

Отже, метою даного дослідження - розвинути модель витрати дизельного біопалива, яка базується на миттєвих даних.

### **Основна частина**

Метод нейронних мереж (Neurone Network, NN) представляє собою один із сучасних методів моделювання процесів у складних системах. В роботі [1] представлений метод визначення витрати палива на основі рекурентних нейронних мереж.

#### **Вибір типу нейронної мережі**

Основні нейронні мережі, які можуть використовуватися для досліджень витрати палива – це нелінійна авторегресійна мережа з екзогенними входами (NARX-RNN) та NN з довготерміноюю короткочасною пам'яттю (Long-Short-Term-Memory, LSTM). Оскільки відповідна архітектура NN не відома, в [1] був проведений параметричний аналіз цих мереж.

#### **Характеристика мережі NARX-RNN**

Прихований шар включав в себе функцію активації log-sigmoid, а вихідний шар лінійний. Кількість відставань (lag) коливалася від одного до шести. Кількість нейронів у кожному шарі було в діапазоні 27-62, з кроком

п'ять. Мережа NARX-RNN навчалася за методом Левенберга-Маркардта (Levenberg-Marquardt). Для отримання статистично значущих результатів кожна конфігурація була навчена тридцять незалежних разів. Критерієм припинення навчання було 1000 оцінок функцій. Використовувалась нелінійна активаційна функція:  $\sigma = \frac{1}{1+e^{-a}}$ .

Для мережі NARX-RNN було отримано мінімальне значення похибки (0,66) для п'яти входів затримки і 47 нейронів у кожному прихованому шарі.

### Характеристика мережі LSTM

Датчик на основі мережі LSTM складався з одного прихованого шару, який йшов за регресійним шаром. Проведено параметричний аналіз зі 100, 200, 300, 400, 500 прихованих шарів. Стохастичний метод спуску градієнта (stochastic gradient descent method, SGD) і Адам-оптимізатор (ADAM) [1] були застосовані для навчання LSTM. Тридцять незалежних запусків були проведені для отримання статистично значущих результатів. Була використана така ж функція *fuel*, що і з методом NARX - RNN. Критерієм припинення навчання було 6000 проведено ітерацій. Дослідження показали, що найкращі результати з використанням SGD були одержані з 50 прихованими шарами, тоді як оптимізатор ADAM давав найкращий результат з 400 і 500 шарами.

Дослідження показали, що метод NARX-RNN показує кращі результати в порівнянні з LSTM, оскільки мінімальне значення помилки, отримане за допомогою останнього методу було меншим (0,97).

Як відомо, використання рециркуляції відпрацьованих газів дає меншу витрату палива для дизельного біопалива, ніж для дизельного палива. Для підтвердження цього, потрібно провести експериментальні дослідження, що плануються в «Житомирській політехніці» в рамках виконання проекту Еразмус разом з дослідниками з Coventry University.

### Література

1. Kanarachos, S., Mathew, J., Fitzpatrick, M. (2019). Instantaneous vehicle fuel consumption estimation using smartphones and Recurrent Neural Networks Expert Systems with Applications, vol. 120, pp. 436-447.
2. Колодницька Р.В. Моделювання затримки займання дизельного біопалива в ДВЗ автомобільного транспорту / Р.В. Колодницька, О.П. Кравченко // Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 90-річчю Харківського автомобільно-дорожнього університету та 90-річчю автомобільного факультету "Сучасні тенденції розвитку автомобільного транспорту та галузевого машинобудування" (16-18 вересня 2020 р.). – Х.: ХНАДУ, 2020. - С. 239-241.
3. Колодницька Р.В. Процеси випаровування та згоряння дизельного біопалива у двигунах внутрішнього згоряння: монографія. / Р.В. Колодницька. – Житомир: ЖДТУ, 2018. – 192 с.