

**ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ
ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ШИН
В УМОВАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕГОНІВ**

Гітис І.В.

e-mail: iryna.hitis@nure.ua

Науковий керівник – д.т.н., проф. Філатов В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ШІ,
м. Харків, Україна

The paper considers the problem of predicting the rate of tyre degradation in Formula 1 motor racing. The wear and degradation process is influenced by a number of factors, including track characteristics, rubber compounds, temperature conditions, etc. Using the absolute lap time as an estimate of the degradation rate is complicated by the influence of fuel load and differences in track length. It is proposed to use the lap time difference as an indicator of rate change. A recurrent neural network is used to predict the rate of degradation. The results demonstrate the potential of using artificial intelligence methods to analyse racing data.

Штучні нейронні мережі є ефективним інструментом для аналізу та прогнозування стану складних динамічних систем. Їх застосування дозволяє успішно виявляти приховані закономірності у процесах з високим ступенем невизначеності [1,2]. Метою роботи є підвищення ефективності моделювання зміни стану шин за рахунок використання методів штучного інтелекту.

«Формула-1» є найвищим класом міжнародних перегонів для одномісних гоночних автомобілів. Чемпіонат складається з 24 Гран-прі, кожен з яких приносить безліч власних викликів: загальними та головними є знос та деградація шин. Зносом називають поступове погіршення стану протектора шини у ході її використання, деградацією – погіршення характеристик шини, викликане надмірним зносом та температурним дисбалансом. Ці явища можуть призвести до зниження зчеплення, стійкості та швидкості гоночного автомобіля [3]. Серед чинників, які впливають на рівень зносу та деградації, виокремлюють [3]: температуру навколишнього середовища та покриття, стиль водіння, гумові суміші, які використовуються для виробництва різних типів шин, та умови на трасі.

Кожна траса має низку характеристик, які визначають умови на трасі. Серед них компанія-постачальник шин для команд «Формули-1» Pirelli виокремлює [4]: зчеплення, складність гальмування, вплив бічних сил, навантаження на шини, притискну силу, абразивність, адгезію та еволюцію асфальту. На шинах болідів «Формули-1» немає датчиків вимірювання рівня зносу протектора, що унеможливорює розуміння реальних темпів деградації. Першим індикатором деградації шин є

збільшення часу, за який пілот проїжджає коло. Це зумовлено втратою зчеплення шин з трасою, що вимагає надмірної обережності гонщика при проходженні поворотів.

Проте вимірний час проходження гоночного кола не є об'єктивною оцінкою темпів зносу: на початку гонки баки автомобілів заправлені повністю. Для визначення реального часу проходження кола необхідно робити поправку на паливо:

$$T = T_{lap} - \gamma m_{fuel},$$

де T_{lap} – вимірний час перегонного кола, m_{fuel} – маса пального, γ – коефіцієнт впливу маси пального на час ($\sim 0,03$ с/кг, проте може відрізнятися в залежності від траси).

Однак через те, що траси, санкціоновані для проведення гонок «Формули-1» мають різну довжину, використання абсолютного часу кола для прогнозування деградації шин може призвести до низької узагальнюючої здатності моделі. Крім того, незважаючи на наявність технічного регламенту, машини команд відрізняються за технічними характеристиками та роботою з шинами. Для коректного розуміння та прогнозування темпів деградації необхідно використовувати різницю з кола:

$$\Delta T = T - T_{base},$$

де T – час кола з поправкою на витрати палива, T_{base} – базовий час кола для шин конкретного відрізка (обрано найшвидше з 3 перших кіл у відрізку).

Для отримання вихідних даних було використано API FastF1 [5], а також характеристики трас за оцінкою компанії Pirelli у 2022-2025 рр.

Для прогнозування темпів деградації було побудовано та навчено LSTM-мережу, перевагою якої є ефективність в роботі з довгостроковими залежностями. У якості незалежних змінних було використано характеристики траси, кількість кіл, які було зроблено на відповідному комплекті шин, та гумові суміші, з яких було зроблено шини, що було надано на Гран-прі командам. Як залежну змінну було використано оцінку темпу деградації шин – різницю часу з гоночного кола (ΔT). Архітектура моделі включала 2 LSTM-шари та 1 повнозв'язний шар. У якості техніки регуляризації було використано Dropout, для стабілізації роботи мережі було застосовано пакетну нормалізацію. Для обчислення помилки роботи моделі було обрано функцію втрат Хьюбера.

Для оцінки якості прогнозування було використано середню абсолютну похибку (MAE). Під час тестування навченої моделі MAE склала 0,7 с., що є прийнятним результатом в контексті перегонів, адже на час проходження кола може впливати безліч ситуаційних факторів: потрапляння машини в трафік, дію брудного повітря, активацію системи DRS, вибір неоптимальної гоночної траєкторії, помилки пілота.

На рисунку 1 представлено порівняння реальної та прогнозованої ΔT на відрізку 20 перегонових кіл.

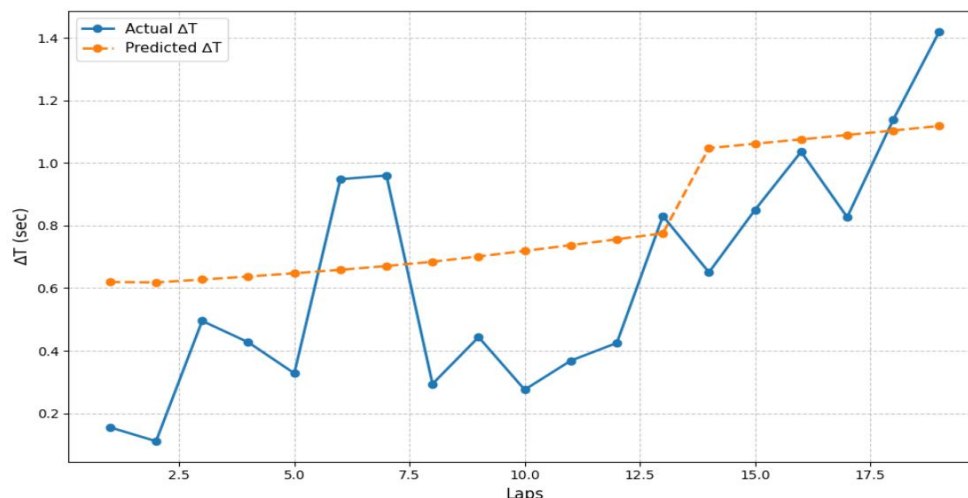


Рисунок 1 – Порівняння реальної та прогнозованої динаміки темпу деградації шин

Таким чином, отримана модель дозволить командам спростити прогнозування темпу деградації шин, що у подальшому може бути використано для аналізу роботи машини та шин, а також для формування стратегії перегонів.

Список використаних джерел:

1. Filatov V., Kovalenko A. (2020) Fuzzy Systems in Data Mining Tasks. In: Mashtalir V., Ruban I., Levashenko V. (eds) Advances in Spatio-Temporal Segmentation of Visual Data. Studies in Computational Intelligence, vol 876. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35480-0_6
2. Filatov, V., Semenets, V., & Zolotukhin, O. (2019). Synthesis of Semantic Model of Subject Area at Integration of Relational Databases. 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL). DOI: 10.1109/caol46282.2019.9019532.
3. Gitis I., Gitis V. Neural network decision support system for formulating a racing team strategy. Computer systems and information technologies. 2025. № 2. С. 145–153. URL: <https://doi.org/10.31891/csit-2025-2-17>.
4. Pirelli. Formula 1 for dummies: how tyres are chosen for a gp? Pirelli Global: Discover our world | Pirelli. URL: <https://www.pirelli.com/global/en-ww/race/racingspot/formula-1/formula-1-for-dummies-the-choice-of-tyres-in-formula-1-53864/>.
5. Introduction to FastF1 – FastF1 (3.8.1). *Introduction to FastF1 – FastF1 (3.8.1)*. URL: <https://docs.fastf1.dev/index.html>.