

Молодан Андрій Олександрович, доцент кафедри технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, канд. техн. наук, доцент

Полянський Олександр Сергійович, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, д-р техн. наук, професор

Власенко Олексій Валерійович, аспірант кафедри технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Устінов Артем Сергійович, аспірант кафедри технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Вязеленко Володимир Костянтинович, аспірант кафедри технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ДІАГНОСТУВАННІ ПОТУЖНОСТІ ОКРЕМИХ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ПРИ ЇХ ВІДКЛЮЧЕННІ

Застосування штучних нейронних мереж в задачах діагностики викликає все більший інтерес. Нейронні мережі дозволяють скоротити апарат розпізнавання образів без зміни достовірності результатів. Важливою перевагою використання нейронних мереж в задачах діагностики є здатність до навчання. Побудова нейромережевої моделі відбувається адаптивно під час навчання без участі експерта.

При цьому нейронної мережі надаються приклади з бази даних, і вона сама підлаштовується під ці дані. Основним завданням теорії планування експерименту є визначення значень коефіцієнтів рівнянь регресії, за допомогою яких визначається функціональна залежність вихідних величин від впливають факторів. Застосування теорії планування експерименту під час навчання штучної нейронної мережі дозволяє збільшити базу даних і тим самим підвищити вірогідність визначення технічного стану автотракторних двигунів з відключеними циліндрами.

В даний час розрізняють стаціонарні та бортові системи діагностування автотракторних двигунів. Для досягнення об'єктивного, обґрунтованого рішення можуть бути використані різні методи і засоби, що забезпечують високу точність. У більшості випадків при цьому не накладаються обмеження на масові і габаритні показники пристрої вимірювання, реєстрації та обробки інформації та їх вартість.

У промисловості велика частина поломок машин визначається у ненормованій роботі автотракторного двигуна, і, як наслідок, ступінь безпеки та надійності технологічних процесів багато в чому залежить від їх технічного стану. При максимальних навантаженнях, перевищений Нормативний термін

експлуатації машин, що використовуються для перевезень, підвищує ймовірність появи аварійних ситуацій.

Застосування нових методів і засобів діагностики дозволить досягти високого рівня дорожньої безпеки при фізичному і моральному зносі колісних машин на небезпечних і шкідливих районах та об'єктах.

Двигуни колісних машин при певних режимах роботи, виникненні і розвитку пошкоджень окремих елементів механічної та електричної частин машин генерують характерний спектр гармонійних складових струмів і напруг прямої, зворотної і нульової послідовностей.

Метод штучних нейронних мереж найбільш прийнятний для визначення рівня пошкоженості колісних машин по значенням параметрів, створюваних двигуном машини гармонік напруг і струмів [1, 2].

Досліджувані струм і напруга за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) перетворюються в цифровий код. Послідовність таких цифрових кодів характеризує сигнал за певний період час. Блок дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) розкладає досліджуваний сигнал на гармонійні складові, з яких для аналізу беруться третя, п'ята, сьома і дев'ята гармоніки.

Значення інтегрального діагностичного параметра пошкоженості є результатом аналізу штучної нейронної мережі, отриманого зі значень показників режимів роботи і пошкоженості елементів колісної машини D_m .

$$D_{\Sigma} = F\left(\sum_{m=1}^{17} w_m D_m\right), \quad (1)$$

де w – вагові коефіцієнти нейронної мережі для відповідних діагностичних параметрів;

$m = 1, 2, 3, \dots, 17$ – число виходів нейронної мережі.

Побудова нейромережевої моделі відбувається адаптивно під час навчання.

Для керованого навчання мережі користувачеві необхідно організувати систему навчальних даних. Дані параметри показують моделі відомих вхідних і відповідних їм вихідних значень. Мережа вивчає і намагається встановити зв'язок між входами і виходами.

Якщо вихідні значення нейронної мережі не відповідають необхідним значенням, то проводиться оптимізація ваг нейронної мережі будь-яким з математичних алгоритмів до максимального відповідності із заданою точністю. Як показує практика, складність виникає в отриманні необхідного числа навчальних даних. Це є основним недоліком застосування штучних нейронних мереж в задачах діагностики автотракторних двигунів з відключеними циліндрами. Збільшення набору навчальних даних і зменшення числа навчальних експериментів можливо при навчанні штучної нейронної мережі шляхом використання теорії планування експерименту [3].

Для визначення значень інтегрального діагностичного параметра

пошкоженості D_{Σ} і показників режимів роботи і пошкоженості елементів автотракторного двигуна D_m необхідна база даних, основною метою якої є навчання штучних нейронних мереж.

Для застосуваної нейронної мережі з кількістю входів, рівних 36 з 36 нейронами в одному прихованому шарі, з числом виходів, Рівному 17, і з числом настроюються ваг $L = 3204$ число експериментів для навчання, згідно з теоремою Колмогорова-Арнольда-Хехт-Нільсена [3], має бути в діапазоні

$$2(b + L + m) \leq N \leq 10(b + L + m), \quad (2)$$
$$6514 \leq N_1 \leq 32570.$$

Для застосування нейронної мережі з кількістю входів b , рівних 17, з кількістю виходів m , рівних 1, і з числом настроюваних ваг $L = 306$ кількість навчальних експериментів повинно знаходитися в діапазоні $612 \leq N \leq 3060$.

Основним завданням теорії планування експерименту є визначення значень коефіцієнтів рівнянь регресії, за допомогою яких визначається функціональна залежність вихідної величини від чинників, що впливають [3].

За допомогою рівняння регресії визначається значення вихідної величини при всіх можливих поєднаннях рівнів факторів, що збільшує базу навчальних даних штучної нейронної мережі. Число експериментів, необхідних для створення всіх можливих поєднань рівнів факторів, визначається за формулою

$$N_D = 2^{k-p}, \quad (3)$$

де k – число факторів;

p – репліка дробового факторного експерименту;

2 – числовий рівень.

Таким чином, застосування методу планування експерименту дає можливість скоротити необхідну кількість навчальних експериментів для нейронної мережі колісної машини з 12000 до 32 при забезпеченні достовірності результату розпізнавання рівною 90,6 %, і для нейронної мережі при діагностуванні двигуна при відключенні циліндрів – з 1500 до 32 при забезпеченні достовірності результату розпізнавання, що дорівнює 86,5%.

Список використаних джерел

1. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 452 с.
2. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления: учеб. пособие для вузов / В.А. Терехов, Д.В. Ефимов, И.Ю. Тюкин. – М.: Высшая школа, 2002. – 183 с.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Изд-во «Наука», 1976. – 279 с.