

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ВЕРТОЛЬОТІВ У ПОЛЬОТНИХ РЕЖИМАХ

Владов С.І., к.т.н., ser26101968@gmail.com;

Янкевич Н.С., yankevich02@gmail.com;

Ходін Д.С., khodinudime@gmail.com

Кременчуцький льотний коледж

*Харківського національного університету внутрішніх справ,
м. Кременчук, Україна*

Авіаційний газотурбінний двигун (ГТД) вертольоту є складною технічною системою. Розвиток підходів моніторингу технічного стану ГТД йде у кількох напрямках: розробка нових фізичних принципів моніторингу, розробка діагностичних засобів та систем, удосконалення алгоритмічних процедур [1]. Актуальність питань моніторингу досить висока, враховуючи, що є тенденції до розробки ГТД з більшими ресурсами та з більшим експлуатаційним навантаженням. Ціна несправності, руйнування чи катастрофи надзвичайно висока, особливо, коли йдеться про людські життя. Розробка систем моніторингу дозволяє підвищити безпеку експлуатації ГТД.

На теперішній час найбільш перспективним є використання нейронних мереж для розв'язання задач моніторингу технічного стану складних технічних систем, перш за все, в галузях, де відсутні способи формального опису досліджуваних об'єктів або явищ. Для розв'язання задач моніторингу технічного стану авіаційних двигунів вертольотів у польотних режимах з використанням нейронних мереж необхідна розробка формальних методів вибору вихідного опису об'єктів, типу нейронної мережі, обґрунтованого вибору алгоритму навчання нейронної мережі і методів оптимізації у процедурі навчання. На теперішній час спостерігається тенденція переходу від програмної до програмно-апаратної реалізації нейромережевих алгоритмів [2].

Застосування нейронних при розробці моделей авіаційних ГТД вертольотів має низку незаперечних переваг, оскільки [3]:

- класичні методи апроксимації функцій декількох змінних не дозволяють реалізувати прості механізми вибору структури математичних моделей, у той час як розробка нейромережевих моделей базується на використанні стандартних процедур вибору структури нейронної мережі і методів їх навчання;

- реалізація класичних методів інтерполяції на основі сплайн-функцій вимагає значних обчислювальних ресурсів, при цьому забезпечення обчислень у реальному масштабі часу, як правило, проблематично. Багатошарова організація нейронних мереж дозволяє виконувати паралельні обчислення (при апаратній реалізації нейронної мережі), що забезпечує розв'язок задачі апроксимації в реальному масштабі часу;

– за допомогою нейронної мережі досить просто будуються інверсні моделі авіаційних ГТД вертольотів, які використовуються в компенсуючих регуляторах.

На рис. 1 приведена узагальнена структурна схема процесу настройки параметрів (процедури навчання) нейромережевої моделі авіаційного ГТД вертольоту (на прикладі двигуна ТВ3-117 [2]).

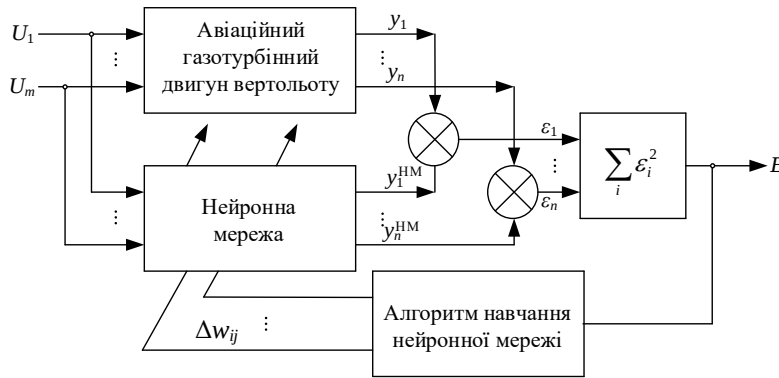


Рисунок 1. Схема навчання нейромережевої моделі авіаційного ГТД вертольоту (на прикладі двигуна ТВ3-117):

$\mathbf{U} = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T$ – вектор входних (керуючих) впливів;

$\mathbf{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ – вектор вихідних параметрів двигуна;

$\mathbf{Y}^{HM} = (y_1^{HM}, y_2^{HM}, \dots, y_n^{HM})^T$ – вектор виходів нейронної мережі; ΔW_{ij} – приріст ваг синаптичних зв'язків нейронної мережі

Перетворення вектора управляючих впливів на вектор вихідних параметрів описується оператором $\mathbf{F}$ (який в загальному випадку може описувати статичну або динамічну модель):

$$\mathbf{Y} = \mathbf{F}(\mathbf{U}). \quad (1)$$

Задача моніторингу авіаційних ГТД вертольотів за допомогою ней-

ронної мережі може бути сформульована наступним чином. За підсумками пропонованих нейронної мережі в процесі навчання множини векторів $(\mathbf{U}_i; \mathbf{Y}_i)$, що утворюють «навчальну вибірку» і отриманих експериментальним шляхом для індивідуального екземпляра двигуна, необхідно відшукати оператор $\mathbf{F}^{HM}$ в класі нейромережевих архітектур, який найкращим чином представляв би (апроксимував) оператор $\mathbf{F}$.

Апроксимація оператора $\mathbf{F}$ оператором $\mathbf{F}^{HM}$ може вважатися найкращою, якщо деякий функціонал від різниці $(\mathbf{Y} - \mathbf{Y}^{HM})$ не перевищує заданої досить малої величини ε_{dod} , що визначає точність апроксимації оператора $\mathbf{F}$:

$$E = \|\mathbf{Y} - \mathbf{Y}^{HM}\| = \sum_i^n \varepsilon_i^2 \leq \varepsilon_{\bar{a}\bar{a}}; \quad (2)$$

Виконання умови (2) забезпечується шляхом навчання нейронної мережі, тобто настройки її параметрів на навчальній вибірці $\{(\mathbf{U}, \mathbf{Y})\}$ і перевіряється на спеціальним чином організованій «тестовій вибірці».

Таким чином, безпосередня побудова нейронної мережі передбачає виконання такої послідовності дій [4]:

Крок 1. Визначення цілей і завдань забезпечення відмовостійкості системи автоматичного управління авіаційним ГТД вертольоту.

Крок 2. Вибір структури і місця включення нейронної мережі.

Крок 3. Вибір алгоритму навчання нейронної мережі.

Крок 4. Формування на основі експериментів (на цифровій моделі з використанням результатів польотних даних) навчальної вибірки.

Крок 5. Навчання нейронної мережі.

Крок 6. Контрастування нейронної мережі (тобто її редукція, спрощення).

Крок 7. Моделювання і налагодження (тестування) алгоритмів управління та контролю системи автоматичного управління з нейронною мережею.

Крок 8. Програмна або апаратна реалізація нейронної мережі.

Література

1. Tudosie A.-N. Aircraft Gas-Turbine Engine's Control Based on the Fuel Injection Control. *Aeronautics and Astronautics*, Intech, Rijeka, Croatia, 2011. 2011. Pp. 305–331.
2. Владов С. І., Шмельова Т. Ф., Шмельов Ю. М. Контроль і діагностика технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 у польотних режимах за допомогою нейромережових технологій : Монографія. Кременчук : ПП Щербатих А. В., 2020. 200 с.
3. Нейрокомпьютеры в авиации (самолеты): книга 14 / под ред. В. И. Васильева, Б. Г. Ильясова, С. Т. Кусимова. М.: Радиотехника, 2003. 496 с.
4. Васильев В. И., Валеев С. С. Оценка сложности нейросетевых моделей на основе энтропийного подхода. *Нейрокомпьютеры, разработка, применение*. 2004. № 9. С. 10–16.

Анотація

У даній роботі розглядається науково-технічна задача моніторингу технічного стану авіаційних газотурбінних двигунів вертольотів з використанням нейронних мереж. Визначено, що нейронні мережі мають низку переваг порівняно із класичними методами. Запропоновано нейромережову модель моніторингу технічного стану авіаційних газотурбінних двигунів вертольотів у польотних режимах.

Ключогрудняві слова: авіаційний двигун, нейронна мережа, вектор ваг синаптичних зв'язків.

Аннотация

В данной работе рассматривается научно-техническая задача мониторинга технического состояния авиационных газотурбинных двигателей вертолетов с применением нейронных сетей. Определено, что нейронные сети обладают рядом преимуществ по сравнению с классическими методами. Предложена нейросетевая модель мониторинга технического состояния авиационных газотурбинных двигателей вертолетов в полетных режимах.

Ключевые слова: авиационный двигатель, нейронная сеть, вектор весов синаптических связей.

Abstract

This paper considers the scientific and technical problem of monitoring of helicopters aircraft gas turbine engines the technical state using neural networks. It has been determined that neural networks have a number of advantages over classical methods. A neural network model for monitoring of helicopters aircraft gas turbine engines technical state in flight modes is proposed.

Keywords: aircraft engine, neural network, synaptic connection weights vector.