

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ МЕТОДІВ І НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Пошивалов В.П., Данієв Ю.Ф

*Інститут технічної механіки НАН України и ДКА України (Україна)*

**Анотація.** У роботі проведено порівняльний аналіз використання експертної системи на основі бази знань з експертною системою на основі нейронної мережі для визначення залишкового ресурсу технічних об'єктів. Для побудови залежності між вхідними параметрами та залишковим ресурсом запропоновано використовувати експертні методи та нейронні мережі. При цьому дані, що використовуються для оцінки залишкового ресурсу, можуть базуватися як на експертних оцінках, так і бути отримані в результаті технічної діагностики технічного об'єкта. Задачу визначення залишкового ресурсу на основі вимірювань і експертних оцінок можна сформулювати як задачу апроксимації функції багатьох змінних. Ці змінні є вхідними параметрами для побудови нейронної мережі. До змінних відносяться дані, отримані в ході технічної діагностики в процесі експлуатації (перевищення параметрів, зміна середовища, динамічні навантаження) і зовнішні фактори. Далі будується деяке відображення таким чином, що для кожного можливого вхідного зображення формується вихід, що характеризує залишковий ресурс технічного об'єкта.

**Ключові слова:** експертні методи, нейронна мережа, прогнозування, технічний об'єкт, залишковий ресурс

При оцінці залишкового ресурсу технічних об'єктів використовуються різні математичні методи, а саме імовірнісні, параметричні, кореляційний та регресійний аналіз, факторний аналіз, байесовські мережі, за несучою здатністю, експертні, із застосуванням кінетичної теорії міцності твердих тіл, за швидкістю корозії, за циклічним навантаженням тощо [1].

Методи експертних оцінок, засновані на знаннях фахівців та накопиченому ними досвіді є важливим інструментом визначення загальних тенденцій розвитку параметрів та технічного рівня складних технічних систем.

У роботі проведено порівняльний аналіз використання експертної системи, що базується на базі знань, з експертною системою, що базується на нейронній мережі, для визначення залишкового ресурсу технічних об'єктів.

Для побудови залежності між вхідними параметрами та залишковим ресурсом пропонується використовувати експертні методи та нейронні мережі (НМ) [2].

При цьому дані, які використовуються для оцінки залишкового ресурсу, можуть базуватися як на експертних оцінках, так і бути отримані в результаті технічного діагностування технічного об'єкта.

Задача визначення залишкового ресурсу за даними вимірів та експертних оцінок може бути сформульована як задача апроксимації функції багатьох змінних. Ці змінні є вхідними параметрами для побудови нейронної мережі. Змінні включають дані отримані при проведенні технічного діагностування в процесі експлуатації (перевищення параметрів, зміна середовища, динамічні навантаження) і зовнішніми факторами. Далі будується деяке відображення таким чином, щоб на кожен можливий вхідний образ, формується вихідний, який характеризує залишковий ресурс технічного об'єкту.

Основний принцип роботи нейронної мережі при визначенні залишкового ресурсу полягає в настроюванні параметрів нейрона таким чином, щоб поведінка мережі відповідала деякій бажаній поведінці.

Спроможності нейронної мережі до прогнозування прямо впливають із її здатності до узагальнення й виділенню прихованих залежностей між вхідними й вихідними даними. Після навчання мережа здатна передбачити майбутнє значення якоїсь послідовності на основі декількох попередніх значень або якихось існуючих у даний момент факторів. Слід зазначити, що прогнозування залишкового ресурсу можливе тільки тоді, коли минулі зміни експлуатації технічного об'єкту дійсно в якійсь мірі визначають майбутні.

Тут дуже важливий враховувати необхідний рівень деталізації. На рівень деталізації впливає декілька факторів: доступність і точність даних, вартість аналізу й переваги користувачів результатів прогнозування. Точність прогнозу, яка потрібна для вирішення задачі залишкового ресурсу, впливає на прогнозуючу систему. Також вплив на прогноз виявляє навчальна вибірка.

Однієї з актуальних задач, при розв'язку яких використовують нейронні мережі, є завдання прогнозування часового ряду, який характеризує сукупність

значень показника за певну кількість послідовних моментів або періодів часу. Прогнозування залишкового ресурсу є надзвичайно важкою задачею, оскільки традиційна архітектура НМ і методи формування навчальної вибірки для неї не зовсім підходять для розпізнавання образів, які змінюються із часом. Початково НМ призначалися для розпізнавання структурних образів. У таких задачах демонструється образ, що полягає з набору візуальних, семантичних або інших властивостей, і мережа повинна розпізнати вхідний образ, що належить одному або декільком класам. При прогнозуванні часового ряду обробляються образи, які змінюються із часом і тому важко сказати, що мережа має повну інформацію.

Для розв'язку задач прогнозування за допомогою нейронних мереж зараз застосовують підхід апроксимації функції. У багатьох роботах з теорії й застосування нейронних мереж має місце твердження, що нейронні мережі є одним із кращих методів апроксимації функцій [3]. У результаті навчання мережі, що настроюється, параметри приймають вид, відповідний до деякої функції представленої вхідними й вихідними векторами навчальної множини, використовуючи підхід апроксимації функції [3]. Даний підхід застосовується в задачах прогнозування, у яких кожному конкретному вхідному вектору, представленому вхідними параметрами нейронної мережі, відповідає конкретне значення прогнозованого вектора, представленого вихідними параметрами нейронної мережі:

Негативний результат навчання можливий через складну форму функції, що апроксимується, в умовах неповних даних, необхідних для її успішної апроксимації. При введенні в систему деякої припустимої погрішності навчання можна уникнути подібних результатів. Задача прогнозування часових рядів є однією із класичних задач, які ефективно розв'язуються за допомогою нейронних мереж. Здатність нейронних мереж після навчання до узагальнення й екстраполяції результатів створює потенційні передумови до побудови на їхній базі різного роду прогнозуючих систем.

Слід особливо зазначити той факт, що ефективний розв'язок задачі прогнозування можливо тільки в тому випадку, якщо нейронна мережа

навчається на великому об'ємі даних. У випадку малорозмірної або неякісної навчальної вибірки навіть найкращий алгоритм не дасть задовільного результату, оскільки без повноцінного набору даних нейромережа принципово не здатна навчити

Навчання мережі необхідно виконувати окремо для кожного часового ряду, тому що спроба прогнозування ряду, на якому мережа не була навчена, приведе до помилкового результату [4].

Застосування нейронної мережі для оцінки залишкового ресурсу забезпечує такі її властивості:

- здатність до узагальнення різнорідних даних, які впливають на стан несучої здатності конструкції об'єкта;
- нейронна мережа, побудована із сполук нелінійних нейронів, сама є нелінійною (нелінійність є важливою властивістю, оскільки вхідний сигнал, що подається в НМ, у разі визначення залишкового ресурсу є також нелінійним);
- відображення вхідної інформації у вихідну.

Задача визначення залишкового ресурсу за даними вимірів та експертних оцінок може бути сформульована як задача апроксимації функції багатьох змінних. Ці змінні є вхідними параметрами для побудови нейронної мережі. Змінні включають дані отримані при проведенні технічного діагностування в процесі експлуатації (перевищення параметрів, зміна середовища, динамічні навантаження) і зовнішніми факторами. Далі будується деяке відображення таким чином, щоб на кожен можливий вхідний образ, формується вихідний, який характеризує залишковий ресурс технічного об'єкту.

В роботі також показано, що підвищувати надійність технічних об'єктів можна при використанні комп'ютерних технологій, зокрема, інтелектуальних систем.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пошивалов В.П. Про методологію прогнозування ресурсу конструкцій на етапі проектування з використанням імовірнісних підходів / В. П. Пошивалов, Ю. Ф. Данієв, Л. В. Резніченко, І. І. Телегіна / Математичні проблеми технічної механіки - 2018 : Міжд. наук. конф., квітень, 2018, Дніпро, Україна : мат. конф. - Київ, Черкаси, Кам'янське, 2018. - С. 31.

2. Kriesel D. A brief introduction to Neural Networks [Електронний ресурс], 2007. 286 p. [[http://www.dkriesel.com/en/science/neural\\_networks](http://www.dkriesel.com/en/science/neural_networks)].
3. Галушкін А.І. Нейронні мережі: основи теорії. - М.: Гаряча лінія - Телеком, 2010. - 496 с.
4. Любимова Т.В., Горелова А.В. Розв'язання задачі прогнозування за допомогою нейронних мереж // Інноваційна наука. 2015, №4. С.39-42.

## **APPLICATION OF EXPERT METHODS AND NEURAL NETWORKS FOR FORECASTING THE REMAINING RESOURCE OF TECHNICAL OBJECTS**

Volodymyr Poshyvalov, Yuri Daniev

**Abstract.** *In the work, a comparative analysis of the use of an expert system based on a knowledge base with an expert system based on a neural network for determining the residual resource of technical objects is carried out. It is suggested to use expert methods and neural networks to build the dependence between the input parameters and the residual resource. At the same time, the data used to estimate the remaining resource can be based on both expert assessments and be obtained as a result of technical diagnostics of a technical object. The task of determining the residual resource based on measurements and expert assessments can be formulated as the task of approximating the function of many variables. These variables are the input parameters for building the neural network. Variables include data obtained during technical diagnostics during operation (exceeding parameters, change of environment, dynamic loads) and external factors. Next, some mapping is built in such a way that for each possible input image, an output is formed that characterizes the residual resource of the technical object.*

**Keywords:** *expert methods, neural network, prognostication, technical object, residual resource*

### **REFERENCE**

1. Poshyvalov V.P. On the methodology for predicting the service life of structures at the design stage using probabilistic approaches / V. P. Poshevalov, Yu. F. Daniev, L. V. Reznichenko, I. I. Telegina / Mathematical problems of technical mechanics - 2018: Int. Sci. Conf., Kviton, 2018, Dnipro, Ukraine: mat. conf. – Kiev, Cherkasy, Kamyansk, 2018. - P. 31.
2. Kriesel D. A brief introduction to Neural Networks [Electronic resource], 2007. 286 p. [[http://www.dkriesel.com/en/science/neural\\_networks](http://www.dkriesel.com/en/science/neural_networks)].
3. Galushkin A.I. Neural networks: basic theory. - M.: Hotline - Telecom, 2010. - 496 p.
4. Lyubimova T.V., Gorelova A.V. Solving the forecasting problem using neural networks//Innovative Science. 2015, No. 4. P.39-42.