

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ

С.В. Ленков¹, В.М. Штепа², А.О. Дудник², А.С. Шворов³

¹ Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
вул. Ломоносова, 81, Київ, 03680, Україна; e-mail: lenkov_s@ukr.net

² Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна; e-mail: dudnikalla@mail.ua

³ Військова частина К1410,
Україна

Описано процедуру синтезу методики нейромережевого (НМ) прогнозування зовнішніх збурень на об'єкт спеціального призначення (ОСП). Проведено порівняння прогнозування часових рядів температури навколишнього середовища з використанням типового підходу (градієнтний метод) щодо оптимізації значень вагових коефіцієнтів нейронної мережі та із застосуванням генетичного алгоритму. Досліджено якість роботи системи керування з блоком нейромережевого прогнозування та оптимізацією його налаштувань на основі використання генетичного алгоритму порівняно із системою без такого прогнозування. Встановлено, що вирішення завдання математичного моделювання проєкцій часових рядів дозволяє значно підвищити швидкість системи керування та забезпечити максимальну ефективність функціонування ОСП.

Ключові слова: нейромережеве прогнозування, збурення, система керування

Вступ

Значні витрати палива на обігрів ОСП зумовлені декількома причинами, основними з яких є низькі теплозахисні властивості огорожуючих конструкцій та недосконала робота систем опалення. У зв'язку з високою вартістю енергоресурсів важливого значення та актуальності набуває розробка нових комплексних рішень, реалізація яких дозволить значно зменшити витрати енергії на обігрів ОСП. Доцільним вбачається врахування прогнозованих значень зовнішніх збурень на процес керування обігрівом ОСП з метою підвищення ефективності його функціонування. Для вирішення цього завдання виникає необхідність у розробці методики нейромережевого прогнозування зовнішніх збурень на процес обігріву ОСП.

Мета дослідження

Розробити методику нейромережевого прогнозування зовнішніх збурень на процес обігріву ОСП, дослідити ефективність такого підходу.

Викладення основного матеріалу дослідження

Основними факторами зовнішнього середовища, що впливають на процес обігріву ОСП, є температура та інтенсивність сонячної радіації [3, 5]. Оптичне

випромінювання впливає на тепловий режим споруд і є важливим фактором, що також необхідно враховувати в тепловому балансі споруд ОСП.

Інформація щодо значень параметрів мікроклімату та збурюючих впливів на ОСП була отримана з використанням інформаційно-виміральної системи (ІВС), яка розроблена із застосуванням датчиків температури, вологості та інтенсивності сонячної радіації, та змонтована на території Броварського району Київської області.

На основі статистичних даних, отриманих за допомогою ІВС, застосовувалась методика прогнозування часових рядів температури [4] з використанням нейромережових технологій [2].

Для синтезу та дослідження НМ використовувався програмний пакет Statistica Neural Networks. З метою отримання прогнозованих значень для температурного часового ряду прийнятна точність предикатів була отримана за допомогою багатoshарового перцептронну з двома нейронами у прихованому шарі (рис. 1).

Подальші дослідження були спрямовані на пошук оптимізаційних алгоритмів для підвищення точності предикатів. Серед оптимізаційних математичних апаратів у контексті поставленої задачі виділяється генетичний алгоритм (ГА).

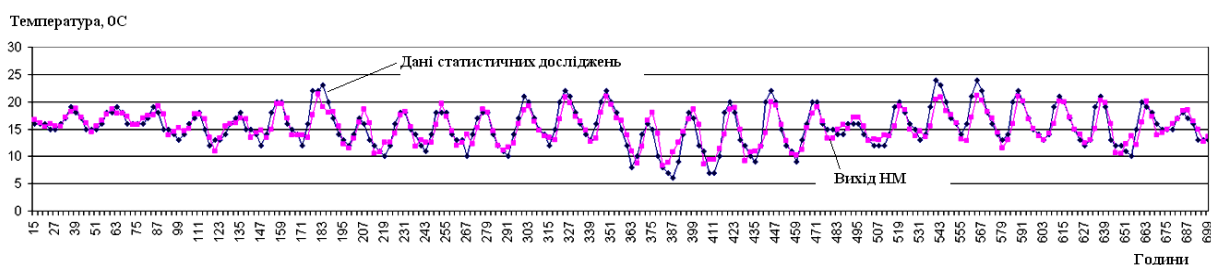


Рис. 1. Графіки прогнозування температурних часових рядів

Суть методу полягає в налаштуванні вагових коефіцієнтів нейронної мережі шляхом випадкового перехресування хромосом до тих пір, поки не буде знайдене оптимальне рішення. Розв'язку задачі відповідає хромосома з мінімальним значенням функції належності, що визначає оптимальний вектор вагових коефіцієнтів W_i , при цьому похибка навчання менша заданої величини ε_{\min} [1].

Класично для навчання нейронних мереж використовувався наступний алгоритм:

- 1) Задаються деякі η ($0 < \eta < 1$), E_{\max} і деяка мала випадкова вага w_i мережі.
- 2) Задаються $k = 1$ і $E = 0$.
- 3) Вводиться чергова навчальна пара (x^k, y^k) .

Проводяться позначення

$$x := x^k, \quad y := y^k,$$

обчислюється величина виходу мережі:

$$o = o(w^T x) = \frac{1}{1 + e^{-w^T x}}. \quad (1)$$

- 4) Обновляється (корегується) вага:

$$w := w + \eta(y - o)o(1 - o)x. \quad (2)$$

5) Корегується (нарощується) значення функції помилки:

$$E := E + \frac{1}{2}(y - o)^2. \quad (3)$$

6) Якщо $k < N$, тоді $k := k + 1$ і перехід до кроку 3, у протилежному випадку – перехід до кроку 7.

7) Завершення циклу навчання. Якщо $E < E_{\max}$, то закінчується процедура навчання. Якщо $E \geq E_{\max}$, тоді починається новий цикл навчання переходом до кроку 2.

Паралельно визначалися оптимальні вагові коефіцієнти нейронної мережі типу багат шаровий перцептрон для температурного часового ряду за допомогою генетичного алгоритму. Аналізуючи проєкції часових рядів температури (рис. 2), необхідно відмітити, що НМ відносно вірно спрогнозували її зниження, збільшення та стабілізацію. При прогнозуванні на 12 годин вперед в цілому спостерігається підвищення точності прогнозу нейронною мережею з використанням генетичного алгоритму (середньоквадратична помилка – 0.53641 °C), порівняно із звичайною нейронною мережею (середньоквадратична помилка – 1.007193 °C).

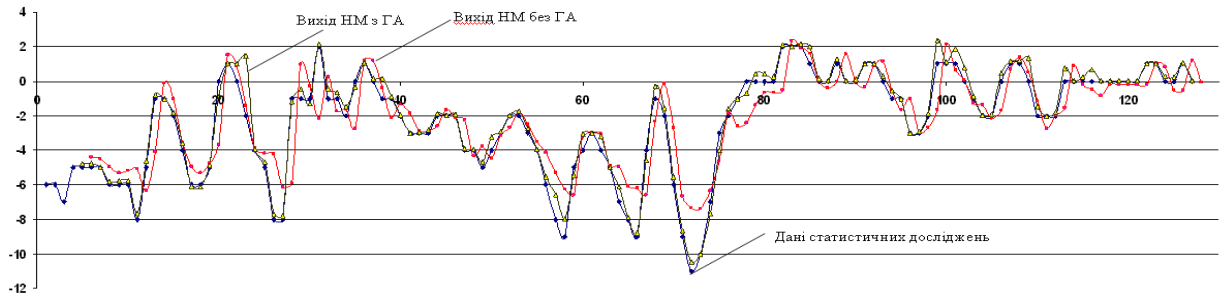
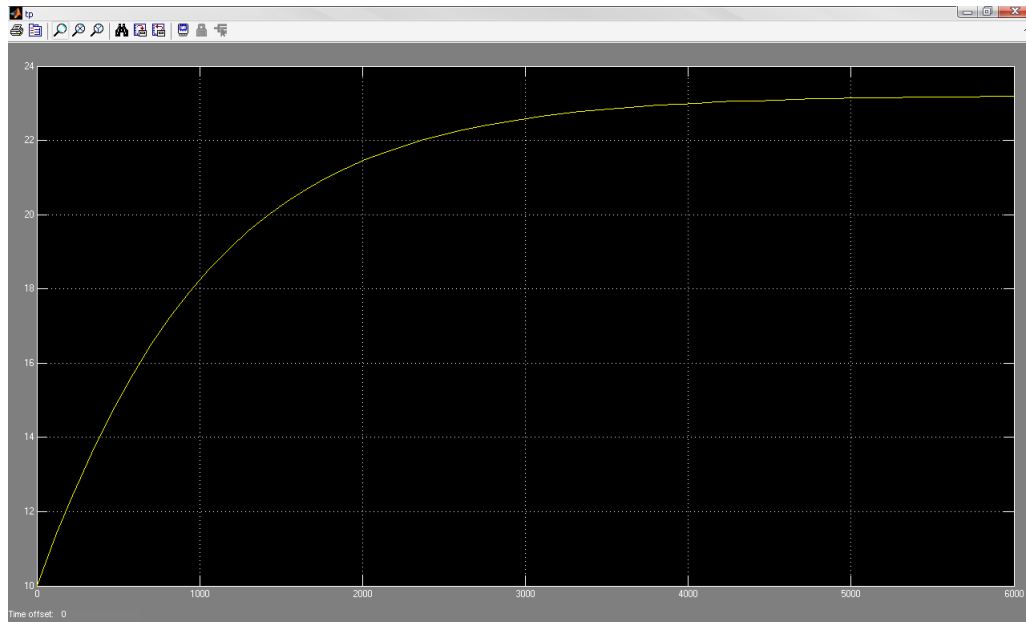


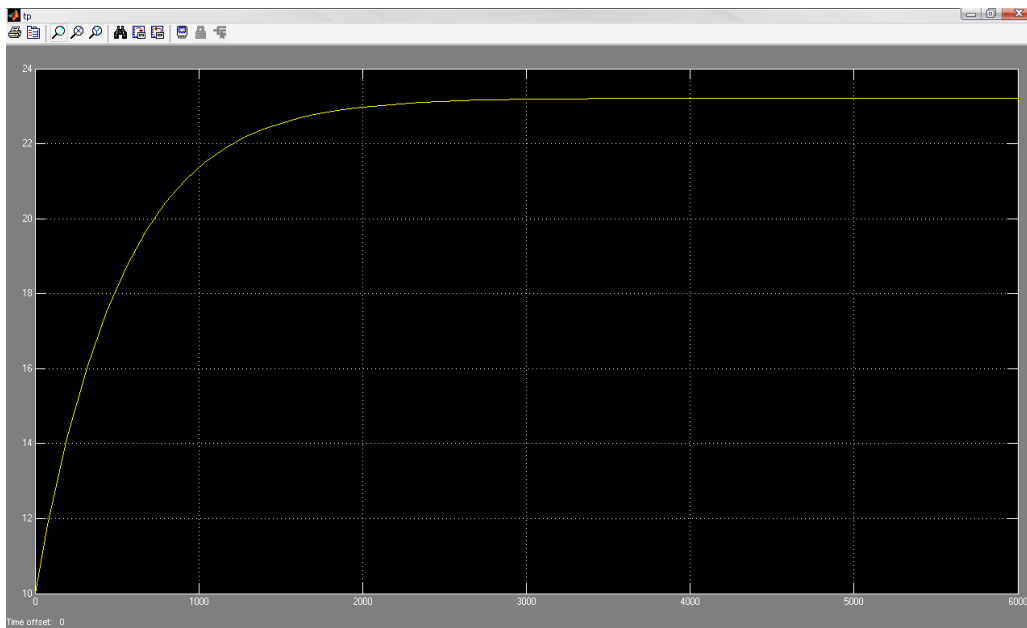
Рис. 2. Графіки навчального прогнозування температурних часових рядів нейронними мережами

З метою визначення ефективності прогнозування зовнішніх збурень у вигляді температури проведено порівняльне дослідження часу регулювання, тобто періоду, за який температура в теплиці досягне усталеного значення. Спочатку виконувались дослідження системи керування, яка не містить блоку прогнозування зовнішніх природних збурень. Для такої системи час регулювання змінювався в межах від 4010 до 5150 секунд в залежності від температури повітря ззовні теплиці. Дослідження системи керування, яка містить блок прогнозування, показали зміну часу регулювання в межах 3600 – 4100 с, що значно менше від системи першого типу.

На рис. 3 показані розгінні криві процесу нагріву температури повітря в ОСП, отримані з використанням імітаційної моделі. Так, для досягнення температури повітря 23°C система стабілізується за 5150 с (рис. 3(а)). Імітаційне моделювання системи керування, що містить блок прогнозування, показало, що усталене значення температури повітря буде досягнуто за час 4100 с (рис. 3(б)), що майже на 21% менше в порівнянні з існуючою системою керування.



а



б

Рис. 3. Розгінні криві для температури повітря в ОСП при зовнішній температурі повітря -15°C : а — система керування без блоку прогнозування зовнішніх збурень, б — система керування з блоком прогнозування збурень

У таблиці 1 наведено результати імітаційного дослідження системи керування за часом регулювання внутрішньої температури повітря в ОСП, залежно від зовнішніх збурень (у вигляді температури повітря).

Таблиця 1.

Результати моделювання часу регулювання для систем керування різних типів

| Зовнішні збурення | | Змінна керування | Ефективність систем керування за часом регулювання | | |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|
| Температура, °С | Температура повітря в ОСП, °С | Температура повітря в ОСП, °С | Час регулювання (1)*, с | Час регулювання (2)**, с | Коефіцієнт ефективності K |
| -15 | 500 | 18.5 | 4010 | 3600 | 10.22 |
| -10 | 400 | 19.5 | 4300 | 3200 | 25.58 |
| -5 | 600 | 20.5 | 4500 | 3400 | 24.44 |
| 5 | 700 | 22.5 | 4800 | 3600 | 25.00 |
| 10 | 350 | 23 | 5150 | 4100 | 20.39 |

* система керування, що працює за алгоритмом стабілізації параметрів (без прогнозування збурень);

** система керування з нейромеревим прогнозуванням збурень

Ефективність системи керування за часом регулювання визначалась за виразом (1):

$$K = \frac{(T_p - T_{op})}{T_p} \times 100\% \quad (4)$$

Показник ефективності K показує, на скільки відсотків зменшиться час регулювання в системі керування з прогнозуванням збурень порівняно з системою стабілізації параметрів.

На основі отриманих результатів побудовано графік залежності часу регулювання температури в ОСП в залежності від зовнішньої температури повітря (рис. 4).

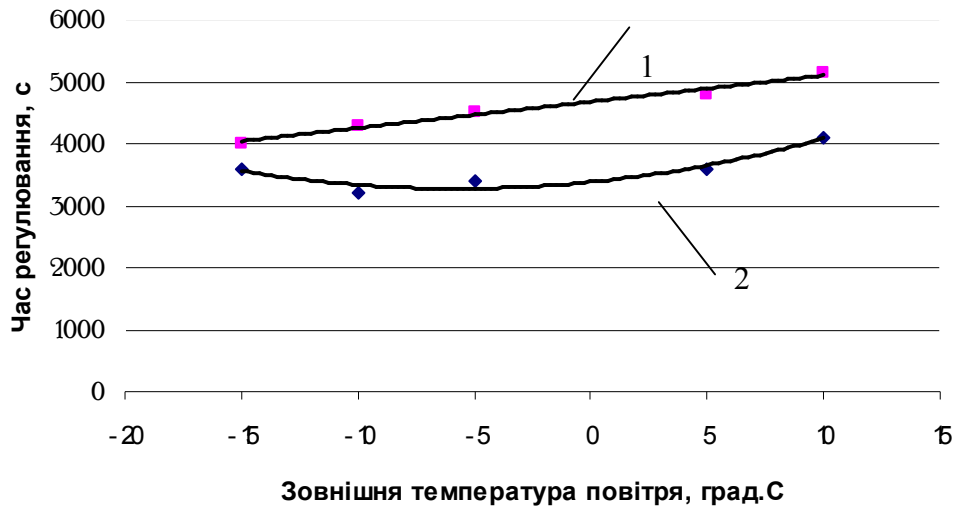


Рис. 4. Зміна часу регулювання залежно від зовнішньої температури повітря: 1 — система керування без прогнозування збурень; 2 — система керування з прогнозуванням збурень

Висновки

Розроблена методика нейромережевого прогнозування зовнішніх збурень на ОСП дозволяє підвищити швидкодію системи керування і відповідно забезпечує підвищення технологічної ефективності функціонування ОСП.

Список літератури

1. Заєць, Н.А. Використання генетичного алгоритму для вирішення оптимізаційних задач в електротехніці / Н.А. Заєць, В.М. Штепа // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. — К. : НУБіПУ, 2011. — Вип. 166, Ч. 4. — С. 157–164.
2. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан; [пер. с англ. и ред.: Сивака А.Г.]. — М. [и др.] : Вильямс, 2001. — 287 с.
3. Клешнин, А.Ф. Растение и свет. Теория и практика светокультуры растений [Текст] : научное издание / А.Ф. Клешнин ; Акад. наук СССР, Ин-т физиологии растений им. К.А. Тимирязева. — М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1954. — 456 с.
4. Отнес, Р. Прикладной анализ временных рядов. Основные методы [Текст] : научное издание / Р. Отнес, Л. Эноксон ; пер. с англ. В.И. Хохлова ; ред. И.Г. Журбенко. — М. : Мир, 1982. — 428 с.
5. Hurd, R.G. An Analysis of the Growth of Young Tomato Plants in Water Culture at Different Light Integrals and CO₂ Concentrations II. A Mathematical Model / R.G. Hurd, J.H.M. Thornley // Annals of Botany. — 1974. — Vol. 38, Iss. 2. — PP. 389–400.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

С.В. Ленков¹, В.Н. Штепа², А.А. Дудник², А.С. Шворов³

¹ Военный институт Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, ул. Ломоносова, 81, Киев, 03680, Украина; e-mail: lenkov_s@ukr.net

² Национальный университет биоресурсов и природопользования, ул. Героев Обороны, 15, Киев, 03041, Украина; e-mail: dudnikalla@mail.ua

³ Военная часть К1410, Украина

Описана процедура синтеза методики нейросетевого прогнозирования внешних возмущений на объект специального назначения (ОСН). Проведено сравнение прогнозирования временных рядов температуры окружающей среды с использованием типового подхода (градиентный метод) по оптимизации значений весовых коэффициентов нейронной сети и с помощью генетического алгоритма. Исследовано качество работы системы управления с блоком нейросетевого прогнозирования и оптимизацией его настроек на основе генетического алгоритма по сравнению с системой без такого прогнозирования. Установлено, что решение задачи математического моделирования проекций временных рядов позволяет значительно повысить быстродействие системы управления и обеспечить максимальную эффективность функционирования ОСН.

Ключевые слова: нейросетевое прогнозирование, возмущения, система управления

METHODOLOGICAL BASIS OF NEURAL NETWORKS APPLICATIONS FOR FORECASTING AND MANAGEMENT TASKS

Sergey V. Lenkov¹, Volodymyr M. Shtepa², Alla O. Dudnik², Andriy S. Shvovor³

¹ Military Institute, Taras Shevchenko National University of Kyiv, 81 Lomonosov str., Kyiv, 03680, Ukraine; e-mail: lenkov_s@ukr.net

² National University of Life and Environmental Sciences, 15 Heroiv Oborony str., Kyiv, 03041, Ukraine; e-mail: dudnikalla@mail.ua

³ K1410 Military Unit, Ukraine

The procedure for the synthesis method of neural network prediction of external perturbations on the special-purpose entity (SPE) is presented. A comparison of the time series forecasting ambient temperature using a typical approach (gradient method) to optimize the weighting coefficients of the neural network and genetic algorithm. Investigated the quality of the system control unit neural network prediction and optimization of its configuration based on genetic algorithm compared to a system without such a prediction. Found that the solution to the problem of mathematical modeling of time series of projections can significantly improve the performance of the control system and to maximize the efficiency of the SPE.

Keywords: neural network forecasting, disturbance, control system