

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Одеський національний політехнічний університет

ІНФОРМАТИКА ТА МАТЕМАТИЧНІ
МЕТОДИ В МОДЕЛЮВАННІ

INFORMATICS AND MATHEMATICAL
METHODS IN SIMULATION

Том 3, № 3

Volume 3, No. 3

Одеса – 2013
Odesa – 2013

Журнал внесений до переліку наукових фахових видань України
(технічні науки)
згідно наказу Міністерства освіти і науки України № 463 від 25.04.2013 р.

Виходить 4 рази на рік

Заснований Одеським національним
політехнічним університетом у 2011 році

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 17610 - 6460Р від 04.04.2011р.

Головний редактор: *Г.О. Оборський*

Заступник головного редактора:

А.А. Кобозєва

Відповідальний редактор: *І.І. Бобок*

Редакційна колегія:

Т.О. Банах, П.І. Бідюк, Н.Д. Вайсфельд,

А.Ф. Верлань, О.Ф. Дащенко, В.Б. Дудикевич,

Л.Є. Євтушик, М.П. Карпінський,

М.Б. Копитчук, С.В. Ленков, Є.В. Малахов,

І.І. Маракова, А.Д. Мілка, С.А. Нестеренко,

М.С. Никитченко, С.А. Положаєнко,

О.В. Рибальський, В.Д. Русов, І.М. Ткаченко,

А.В. Усов, С.В. Філіппова, В.О. Хорошко,

М.Є. Шелест, М.С. Яджак

Published 4 times a year

Founded by Odessa National Polytechnic
University in 2011

Certificate of State Registration

КВ № 17610 - 6460P of 04.04.2011

Editor-in-chief: *G.A. Oborsky*

Associate editor: *A.A. Kobozeva*

Executive editor: *I.I. Bobok*

Editorial Board:

T. Banakh, P. Bidiuk, A. Daschenko,

V. Dudykevich, L. Evtushik, S. Filippova,

V. Horoshko, M. Karpinski,

N. Kopytchuk, S. Lenkov, E. Malakhov,

I. Marakova, A. Milka, S. Nesterenko,

N. Nikitchenko, S. Polozhaenko, V. Rusov,

O. Rybalsky, M. Shelest, I. Tkachenko, A. Usov,

N. Vaysfeld, A. Verlan, M. Yadzhak

Друкується за рішенням редакційної колегії та Вченої ради Одеського національного
політехнічного університету

Оригінал-макет виготовлено редакцією журналу

Адреса редакції: просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна

Телефон: +38 048 734 8506

Web: <http://immm.opu.ua>

E-mail: immm.ukraine@gmail.com

Editorial address: 1 Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine

Tel.: +38 048 734 8506

Web: <http://immm.opu.ua>

E-mail: immm.ukraine@gmail.com

© **Одеський національний політехнічний університет, 2013**

ЗМІСТ / CONTENTS

- СТРУКТУРНЕ ТЕСТУВАННЯ
ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ З
ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ
КОМП'ЮТЕРНОЇ АЛГЕБРИ
Л.С. Ломакіна, А.М. Вігура
- 201 STRUCTURAL TESTING OF
SOFTWARE SYSTEMS USING
ELEMENTS OF COMPUTER ALGEBRA
Lomakina L., Vigura A.
- ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ
ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗА СТАНОМ
СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ
РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ
С.В. Ленков, О.В. Селюков,
В.В. Зубарев, В.М. Цицарев
- 215 DETERMINATION OF THE OPTIMAL
PARAMETERS OF MAINTENANCE AS
FOR THE CONDITION OF COMPOUND
FACILITIES OF RADIO ELECTRONIC
EQUIPMENT
Lenkov S., Selyukov O., Zubarev V.,
Tsytaryev V.
- СТРУКТУРОВАНІСТЬ СИГНАЛОГРАМ
ТА УНІВЕРСАЛЬНІСТЬ
ФРАКТАЛЬНОГО ПІДХОДУ ПРИ
СТВОРЕННІ ІНСТРУМЕНТАРІЮ
ФОНОСКОПІЧНИХ ЕКСПЕРТИЗ
В.В. Журавель, О.В. Рибальський,
В.І. Соловійов
- 225 SIGNALOGRAMM STRUCTURE AND
UNIVERSALITY OF THE FRACTAL
APPROACH TO THE DEVELOPMENT
OF THE PHONOSCOPE ASSESSMENT
TOOLKIT
Zhuravel V., Rybalsky O., Solovyev V.
- МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ
ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ У
ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА
КЕРУВАННЯ
С.В. Ленков, В.М. Штепа, А.О. Дудник,
А.С. Шворов
- 233 METHODOLOGICAL BASIS OF
NEURAL NETWORKS APPLICATIONS
FOR FORECASTING AND
MANAGEMENT TASKS
Lenkov S., Shtepa V., Dudnik A.,
Shvorov A.
- ІНФОРМАЦІЙНА КОГНІТИВНА
МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
ВЗАЄМОЗАЛЕЖНОСТІ СУДНОВИХ
ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
Н.Д. Рудніченко, В.В. Вичужанін
- 240 INFORMATION COGNITIVE MODEL
OF TECHNOLOGICAL
INTERDEPENDENCE OF MARINE
TECHNICAL RECOURSES
Rudnichenko N., Vichuzhanin V.

ПІДВИЩЕННЯ ПРИХОВАНОЇ
ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ
СТІЙКИХ ДО СТИСКУ
СТЕГАНОГРАФІЧНИХ АЛГОРИТМІВ
ДЛЯ ДОВІЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ-
КОНТЕЙНЕРІВ
М.О. Мельник

248 INCREASE STEGANOGRAPHIC
CAPACITY OF COMPRESSIVE
STRENGTH ALGORITHMS FOR
ARBITRARY COVER IMAGES
Melnik M.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
ПРИПИНЕННЯ ГОРІННЯ МЕТОДОМ
КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ
М.О. Пустовіт

258 MODELING THE PROCESSES OF
BURNOUT BY CELLULAR
AUTOMATA
Pustovit M.

АЛГОРИТМИ ОПРАЦЮВАННЯ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ В
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ
І.З. Якименко, М.М. Касянчук,
Л.М. Тимошенко, Н.Є. Гребень

266 ALGORITHMS OF PROCESSING OF
INFORMATION FLOWS IN
COMPUTER SYSTEMS
Yakimenko I., Kasyanchuk M.,
Timoshenko L., Greben N.

АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ПРОСТОРОВОЇ
ОБЛАСТІ ЦИФРОВОГО
ЗОБРАЖЕННЯ-КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ
СТЕГАНОПЕРЕТВОРЕННЯ
О.В. Костирка

275 ANALYSIS ON THE BENEFITS OF
SPATIAL DOMAIN OF COVER IMAGE
FOR STEGANOGRAPHY
TRANSFORMATION
Kostyrka O.

СИГНАЛИ СИНХРОНИЗАЦІЇ У
МЕРЕЖАХ З КОМУТАЦІЄЮ
ПАКЕТІВ.
КОНТРОЛЬ І ВИМІР ЇХ ПАРАМЕТРІВ
Н.В. Федорова

283 SYNCHRONIZATION SIGNALS IN
PACKET SWITCHED NETWORKS:
PARAMETER MONITORING AND
MEASUREMENT
Fedorova N.

ІНТЕРАКТИВНІ КОМУНІКАТИВНІ
ТЕХНОЛОГІЇ ОСВІТИ: МОБІЛЬНЕ
НАВЧАННЯ ЯК НОВА ТЕХНОЛОГІЯ
В ПІДВИЩЕННІ МОВНОЇ
КОМПЕТЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ
НЕМОВНИХ ВНЗ
О.В. Мардаренко

288 INTERACTIVE COMMUNICATION
TECHNOLOGIES IN EDUCATION:
MOBILE LEARNING AS A NEW
TECHNOLOGY OF IMPROVING OF
LANGUAGE COMPETENCE OF NON-
LINGUISTIC UNIVERSITY STUDENTS
Mardarenko E.

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 настройок 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 багатосарового 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).

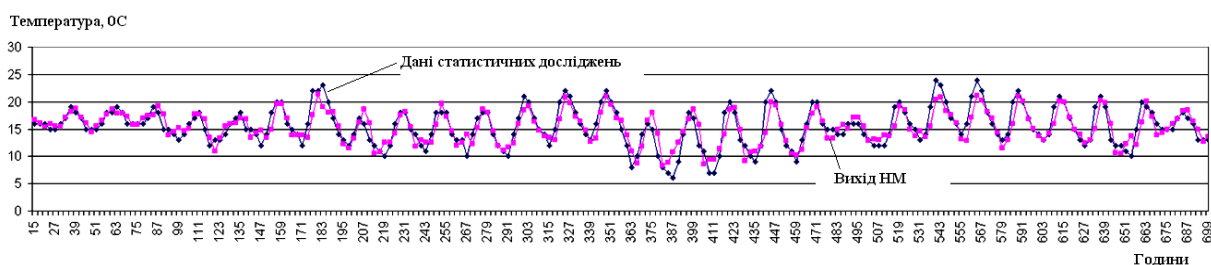


Рис. 1. Графіки прогнозування температурних часових рядів

Суть методу полягає в налаштуванні вагових коефіцієнтів нейронної мережі шляхом випадкового перехресчування 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 багатосаровий 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).

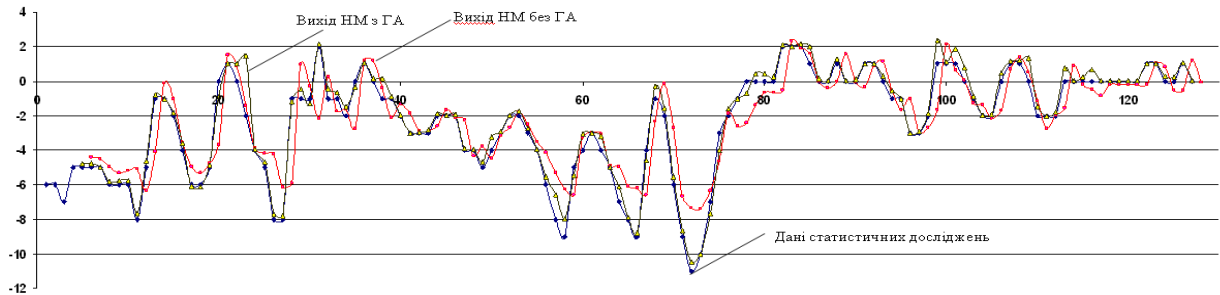
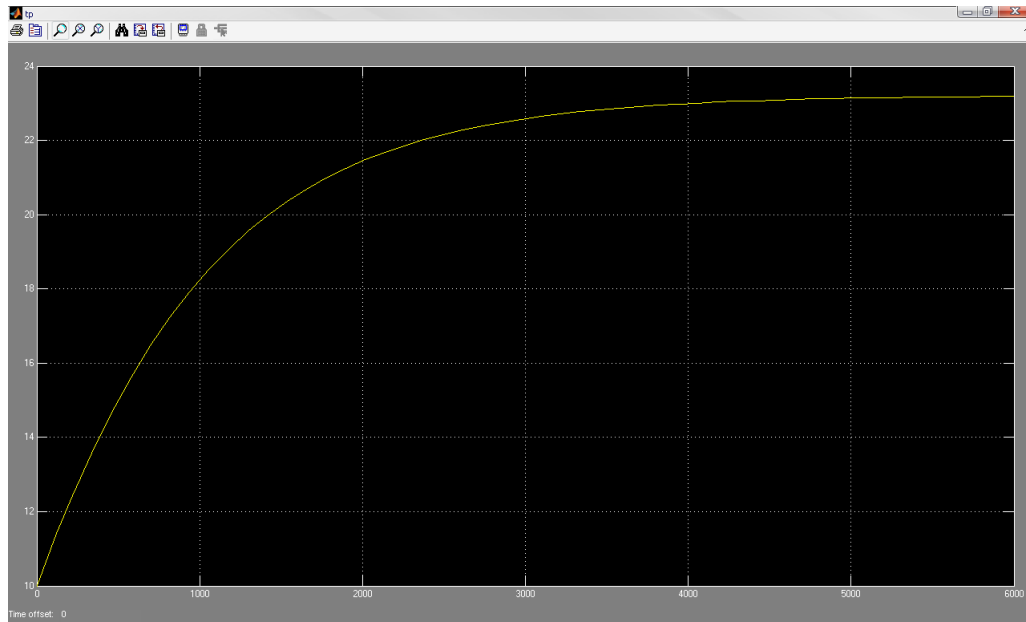


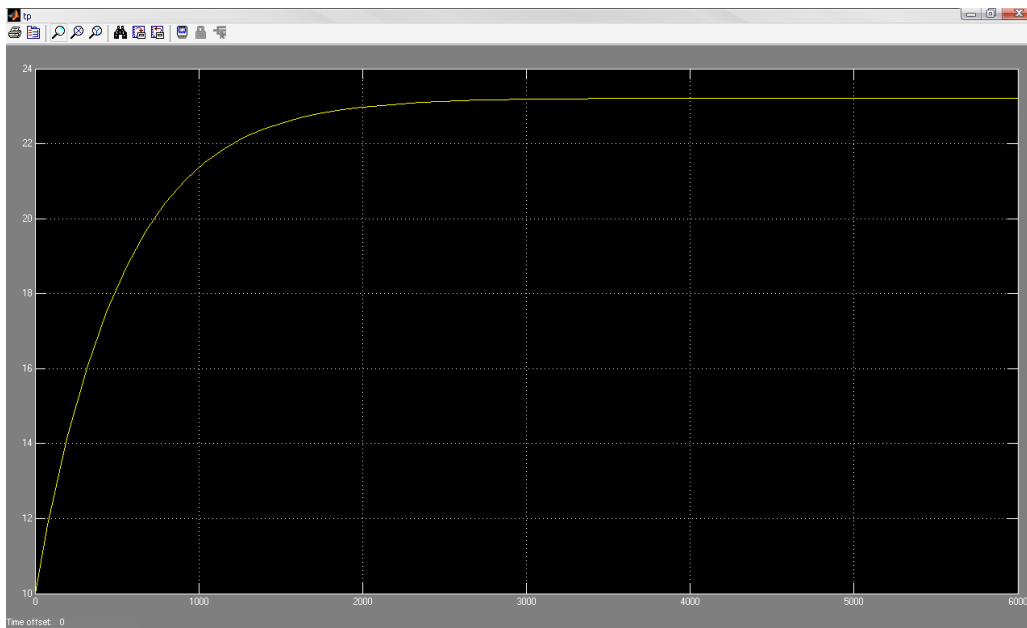
Рис. 2. Графіки навчального прогнозування температурних часових рядів нейронними мережами

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 К
-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).

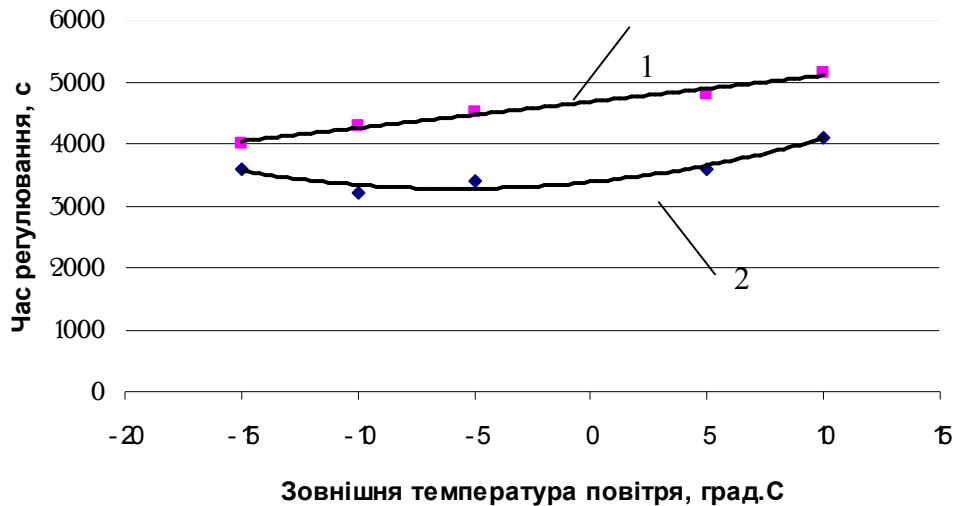


Рис. 4. Зміна часу регулювання залежно від зовнішньої температури повітря: 1 — система керування без прогнозування збурень; 2 — система керування з прогнозуванням збурень

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. Shvorov³

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