

## КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖ

Прокопенко Т. О., Мірошніченко М. С., Зубенко В. О.

*Кіровоградський національний технічний університет*

*Запропонована комп'ютерно-інтегрована система з дворівневою структурою керування процесом вирощування рослин в теплиці, яка містить локальну систему керування та інтелектуальну підсистему прийняття рішень із блоками: фільтрація вхідного сигналу, нейромережевого прогнозування та оптимізації параметрів мережі на основі генетичного алгоритму.*

**Постанова проблеми:** Однією з проблем сектора агропромислового комплексу України є розвиток тепличних господарств. В умовах постійного росту цін на енергоносії, постає питання щодо удосконалення конструктивних рішень теплиць з метою скорочення витрат теплоенергоресурсів і зниження питомих витрат матеріалів, підвищення врожайності та якості вирощеної продукції, застосування нових прогресивних агротехнологій.

Важливим фактором, що впливає на ефективність овочівництва закритого ґрунту, є широке впровадження автоматизованого управління та контролю параметрів мікроклімату, високоефективних і надійних в експлуатації систем та комп'ютерного моніторингу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** За останні роки проведений аналіз робіт науковців в цій галузі (Д.О. Куртєнера, Л.Г. Прищеп, І.І. Мартиненка, О.Г. Єгізарова, Л.М. Ануфрієва, Б.Х. Драганова, Г.М. Позіна, Г.Г. Шишка, О.М. Агаркової, А.Ф. Строя, Н.Г. Захарова, В.А. Ткаченка, В.Б. Довгалюка та ін.) дав змогу виявити основні переваги та недоліки існуючих систем забезпечення необхідного мікроклімату в теплицях.

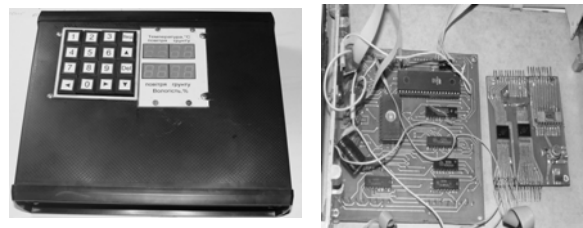
**Мета статті.** Створити комп'ютерно-інтегровану систему тепло- та масообміну в теплиці, яка керує тепловологісними режимами в приміщенні залежно від змінних в часі внутрішніх та зовнішніх збурюючих і управляючих дій; враховує розподіл температури за координатою та зв'язок динамічних характеристик повітряного і ґрунтового об'єму теплиці, визначає оптимальні співвідношення потужностей повітряного і ґрунтового нагрівачів, з використанням нейромережі.

**Загальні матеріали дослідження.** Існуючі системи регулювання мікроклімату в теплицях не враховують багатofакторний вплив параметрів та не дозволяють надійно і в повному обсязі обґрунтувати конструктивні та технологічні рішення систем забезпечення мікроклімату в зонах вегетації рослин [1].

Одним з недоліків існуючих систем є перевищення температури повітря в теплиці унаслідок неточного регулювання. Так, збільшення температури всього на 1°C призводить до перевитрат за рік з розрахунку на 1 га площі теплиць, додатково 100 тонн умовного палива [1].

Тому, для проведення експериментальних досліджень та з метою вивчення всієї сукупності зв'язків,

що визначають параметри вихідних величин, а також отримання своєчасної технологічної інформації, зниження енергоспоживання та підвищення захисту рослин від негативних факторів, була створена система автоматизованого контролю та керування температурним режимом теплиці представлена на рисунку 1.



Загальний вигляд до-  
слідної установки

Вигляд плати керування

Рисунок 1 – Система автоматизованого контролю та керування температурним режимом теплиці

Розроблена система відрізняється від існуючих тим, що регулювання температури здійснюється з врахуванням розподілу температурних полів в середині теплиці, та кількості інтенсивності сонячної радіації в залежності від сезонів року та погодних умов Кіровоградщини. Розроблена система керування є дворівневою: містить підсистему прийняття рішень, і систему керування.

В розробленій підсистемі прийняття рішень застосовано методику нейромережевого прогнозування зовнішніх природних збурень, поряд із фільтрацією інформаційного каналу від шуму, а також застосування генетичного алгоритму для оптимізації налаштувань нейронних мереж з метою покращення якості прогнозу, для синтезу та дослідження нейронної мережі використано програмний пакет Statistica Neural Networks.

Блок-схема генетичного алгоритму рисунок 2, являє собою еволюційний алгоритм пошуку, що використовується для вирішення задач оптимізації і моделювання шляхом послідовного підбору, комбінювання і варіації шуканих параметрів з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію.



Рисунок 2 - Блок-схема генетичного алгоритму

З метою спрощення подальшого аналізу, зменшення розмірності вектора вхідних даних, та виключення незначимих параметрів, були використані набори експериментальних даних скомпоновані у відповідну базу.

В результаті використання вхідних та вихідних параметрів, які були експериментально досліджені на промисловому об'єкті, розроблений інтерфейс програмної реалізації генетичного алгоритму представлений на рисунку 3.

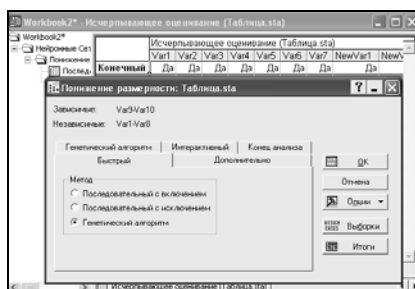


Рисунок 3 - Програмна реалізація визначення значимості факторів (середовище Statistica)

У результаті використання генетичного алгоритму були визначені такі вхідні параметри:

- X1 – зовнішня температура повітря;
- X2 – зовнішня вологість;
- X3 – індекс тепла;
- X4 – сонячна радіація;
- X5 – вологість повітря в теплиці;
- X6 – атмосферний тиск;
- X7 – температура повітря всередині теплиці;
- X8 – температура повітря біля рослини.

В результаті синтезу нейронної мережі та запусивши аналіз "Neural Networks" представлено на рисунку 4, були виключені наступні експертно вибрані параметри (при середньоквадратичній похибці аналізу – 1,34%):

- X6 – атмосферний тиск;
- X7 – температура повітря всередині теплиці;
- X8 – температура повітря біля рослини.

Рисунок 4 – Результати синтезу нейронної мережі – експертно вибрано для подальших досліджень багатшаровий перцептрон (критерій вибору – мінімальність похибки навчання на навчальній, контрольній та тестовій вибірках: 1,26% – 1,87% )

Навчання та порівняння різних типів нейронної мережі дали можливість отримати 5 найадекватніших нейромереж: дві лінійні мережі, дві мережі на основі радіально-базисних функцій та багатшаровий перцептрон. Глибина вибірки експериментальних даних - 300 наборів. Для виключення "перенавчання" мережі використовували три групи наборів: навчальний, контрольний, тестовий. Взятий часовий проміжок - 1 доба (оскільки досить складно проводити експериментальні дослідження, навіть у форматі пасивного експерименту).

Серед 5-ти нейромереж експертно вибрано, для подальших досліджень багатшаровий перцептрон, як такий, що продемонстрував найкращу якість аналізу (похибки на навчальній, контрольній та тестовій вибірках: 1,26% – 1,87% ).

Архітектура багатшарового перцептрона представлена на рисунку 5.

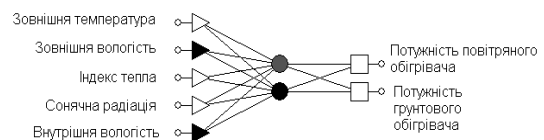


Рисунок 5 - Архітектура багатшарового перцептрона

Він містить 1 прихований шар із двох нейронів. На рисунку 6 представлено проміжні функціональні графіки залежності вихідних величин від вхідних.

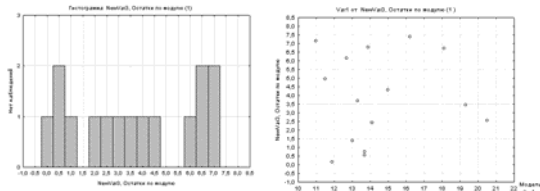


Рисунок 6 - Гістограма та графік оцінки впливу вхідного параметру X1 (зовнішня температура повітря) на вихідний параметр Y1 (потужність повітряного обігрівача)

Крім того, на рисунку 7 наведено проміжні функціональні поверхні залежності вихідних величин від вхідних.

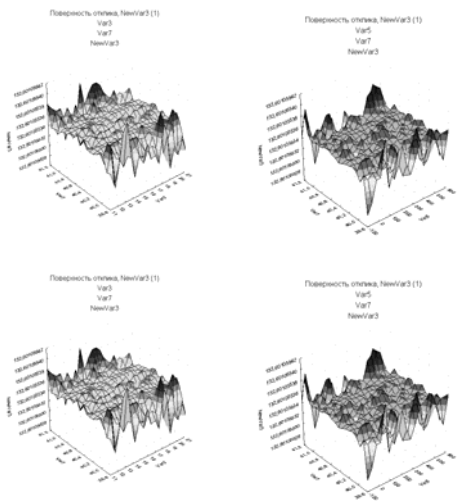
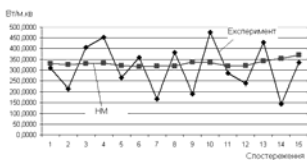


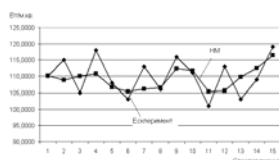
Рисунок 7 - Поверхні відгуків при аналізі енергетичних характеристик електротехнологічних процесів у теплиці

Потім на вхід багатосарового персептрона подали дані іншої доби, на якій мережа не навчалась. Отримали приведені на рисунку 8 результати: середньоквадратична похибка щодо потужності обігрівача повітря - 13,1%, потужності обігрівача ґрунту - 5,8%.

На основі досліджень створено дворівневу структуру системи керування процесом вирощування рослин в теплиці, яка містить локальну систему керування та інтелектуальну підсистему прийняття рішень із блоками: фільтрація вхідного сигналу, нейромережевого прогнозування та оптимізації параметрів мережі на основі генетичного алгоритму.



Графік якості роботи нейронної мережі (вихід – потужність обігрівача повітря)



Графік якості роботи нейронної мережі (вихід – потужність обігрівача ґрунту)

Рисунок 8 - Висновки щодо застосування генетичного алгоритму та нейронних мереж для синтезу системи управління

**Висновки.** Запропоновано нову комп'ютерно-інтегровану систему автоматизації мікроклімату в теплиці, яка керує тепловологісними режимами в приміщенні теплиці залежно від змінних в часі внутрішніх та зовнішніх збурюючих і управляючих дій; враховує розподіл температури за координатою та зв'язок динамічних характеристик повітряного і ґрунтового об'єму теплиці, визначає оптимальні співвідношення потужностей повітряного і ґрунтового нагрівачів, з прогнозуванням природних збурень та враху-

ванням складних особливостей біотехнічного об'єкту, що дало можливість підвищити енергетичну і технологічну ефективність процесу вирощування рослин в теплиці.

### Список використаних джерел

1. Фаталиев К. Г. Разработка математической модели режимов работы комбинированной системы теплоснабжения пленочных теплиц [Использование солнечной энергии и низкопотенциальной теплоты грунта] Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве / Фаталиев К. Г. канд. техн. наук Гаджиев И. М. Алиев К. И. Гусейнов С. Т. Алиев И. Х. Ибрагимов Н. Т.; отв. ред. Фаталиев К. Г. – М.: Всероссийский научно-исследовательский ин-т электрификации сельского хозяйства, 2008 Ч. 2 Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике. - С. 265-270.
2. Круглов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов. - М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.
3. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер с польск / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 452 с.

### Аннотация

#### КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЦЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ

Прокопенко Т. А., Мирошниченко М. С.,  
Зубенко В. А.

*Предложена компьютерно-интегрированная система с двухуровневой структурой управления процессом выращивания растений в теплице, которая содержит локальную систему управления и интеллектуальную подсистему принятия решений с блоками: фильтрация входного сигнала, нейросетевое прогнозирование и оптимизации параметров сети на основе генетического алгоритма.*

### Abstract

#### COMPUTER-INTEGRATED SYSTEM IN THE GREENHOUSE CLIMATE USING NEURAL NETWORKS

T. Prokopenko, M. Miroshnichenko, V. Zubenko

*An improved computer-integrated system with a two-tier management structure the process of growing plants in a greenhouse, which includes a local control system and intelligent decision-making subsystem blocks: filtering of the input neural network forecasting and network optimization based on genetic algorithm.*