

УДК 533.6.011.8

Є.Ю. Синицина, О.П. Губарев

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

### Прогнозування температури в тепличних об'єктах

Підтримання стабільного мікроклімату в теплиці відіграє ключову роль у кращому зростанні рослин та підвищенні врожайності. Для досягнення оптимального середовища для вирощування необхідно контролювати мікроклімат. Система контролю враховує внутрішні та зовнішні фактори зовнішнього середовища, пов'язані з процесом регулювання. У цій роботі розглядаються фактори, що впливають на тепличний мікроклімат та його регуляторні методи з метою покращення застосування теплиць у всіх регіонах України.

Зміна основних параметрів мікроклімату теплиць демонструє різноманітні динамічні явища, які протягом багатьох років привертали науковий інтерес [4]. Динамічна поведінка мікроклімату теплиці - це поєднання фізичних процесів, що включають передачу енергії (випромінювання та тепло) та баланс маси (коливання водяної пари та концентрацію CO<sub>2</sub>). Ці процеси залежать від умов навколишнього середовища, структури теплиці, типу та стану врожаю, а також від впливу контрольних приводів. Основними параметрами мікроклімату є: температура та відносна вологість. Прогнозування та контроль температури та відносної вологості важливі для підтримки інших мікрокліматичних параметрів на прийнятному рівні [3, 5].

222

Значна частина сучасної літератури про теплиці приділяє особливу увагу мікроклімату та його параметрам. Для прогнозування мікроклімату було розроблено ряд методів. Що стосується самих методів прогнозування, зокрема:

#### 1. Наймовірно нечітка система висновків

У 2017 році Ніколосі та ін. опублікували статтю, в якій описали прогнозування температури за моделлю нейро-нечіткої системи висновків. Датчики температури встановлені в теплиці та підключені до контролера. Вимірювання зміни температури проводяться кожні 10 хвилин, і її середнє значення обчислюється щогодини. Таким чином, при прогнозуванні кімнатної температури, температури обчислюються відповідно до моделі на кожному кроці часу. Контроль "мікроклімату" всередині теплиці можна вдосконалити,

якщо спостерігається динаміка зміни температури, яка передбачає прогнозування параметрів навколишнього середовища в рамках динамічного та гнучкого контролю. Цей метод заснований на неточності вхідних параметрів, що вказує на те, що цей метод не підходить для прогнозування змін температури в теплиці [1, 5, 6].

## 2. Чисельне моделювання

За останнє десятиліття більшість досліджень мікроклімату наголошували на використанні моделювання процесів. Дослідник Джонс, що «прогнозування температури можна виконувати за допомогою інтерактивної системи підтримки прийняття рішень, заснованої на моделі відповіді «HYTODMOD». Тим не менше, Вільягран стверджує, що дослідження температури можна проводити, "моделюючи прототип теплиці за допомогою рівняння Наврі-Стокса". На відміну від Джонс і Вільягран, Кернер стверджує, що моделювання може виконуватися в програмному середовищі MATLAB. Як результат, метод Кернера застарів, а метод Вільяграна є більш прогресивним [2, 4, 8].

## 3. Експериментальне моделювання

Усі теплиці були встановлені в полі, де проводились експериментальні вимірювання зміни температури. Спираючись на широкий спектр джерел, дослідники викладають різні способи досягнення стабільної температури в теплиці. У всіх тепличних об'єктах використовуються датчики температури та вологості, а прогнозування температури проводили за допомогою вентиляції. Тоді як Дж. К. Газкес зосереджується на різних типах вентиляції, тоді як Сінг та Кей-ші використовували природну вентиляцію [5, 7, 9].

Найкращим методом прогнозування температури є метод експериментального моделювання. Так як останнім часом клімат у країні постійно змінюється, важко встановити постійні температурні параметри, як того вимагають чисельні моделювання. Тому моя робота буде ґрунтуватися на дослідженні Сінга (2016) [7].

У результаті представлені криві порівняння виміряних та передбачуваних значень внутрішньої температури та відносної вологості. Найцікавіший аспект цього графіку (рис. 1) полягає в тому, що прогнозовані значення добре узгоджуються з виміряними значеннями, а оцінна похибка значно менша. Аналіз даних про добову температуру теплиці свідчать про те, що максимальна та

мінімальна температура теплиці варіюється від 45,5 °C до 18 °C та 32 °C до 6 °C відповідно, тоді як середня температура коливається від 37 °C до 12 °C (рис. 2).

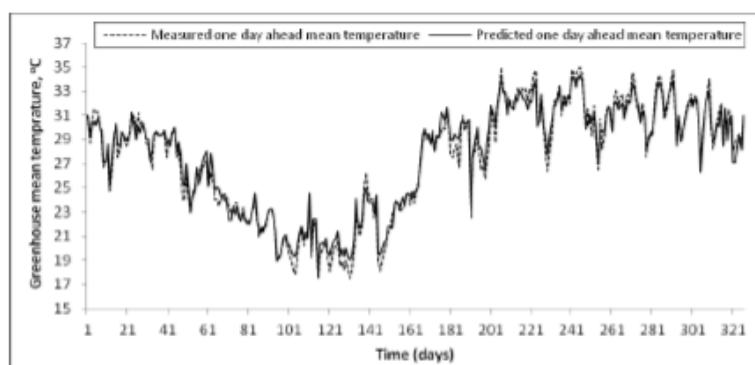


Рис. 1. Порівняння між виміряною на один день наперед і прогнозованою середньою температурою

Прогнозування результатів температури теплиці та відносної вологості, змодельовані за допомогою розробленої моделі ANN, суттєво корелюють з експериментальними даними. Тому запропонована модель нейронної мережі MLP Back Propagation з розробленою структурою може виконувати хороші прогнози з найменшими помилками [7].

224

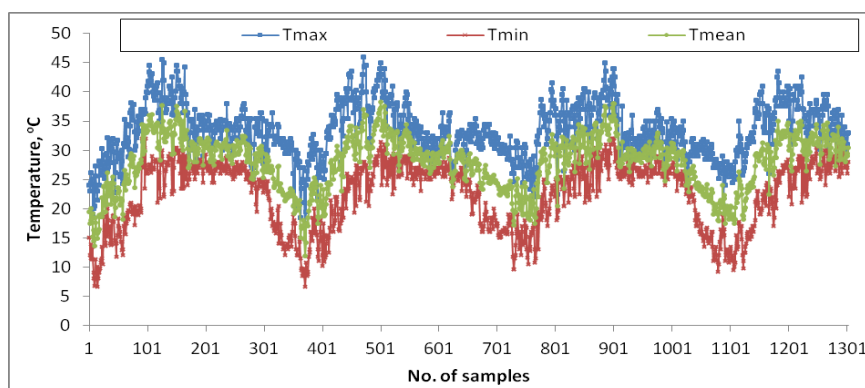


Рис. 2. Рисунок 2. Максимальна, мінімальна та середня температура теплиці

### Висновок:

У цьому дослідженні розглядається застосування та корисність штучного нейрона у підході мережевого моделювання для прогнозування середньої температури теплиці та відносної вологості за допомогою експериментальних досліджень. Цей підхід здатний визначити нелінійну залежність між

мікрокліматичними даними (температурою, вологістю, швидкістю вітру та сонячним випромінюванням), та на цій основі зробити прогноз, яка температура та вологість буде в майбутньому. Поєднання мінімальної та максимальної температури парникового повітря та відносної вологості та зовнішньої швидкості вітру та сонячного випромінювання забезпечує кращі результати для прогнозування температури теплиці та відносної вологості для наступний день. Результати свідчать про корисність методу моделювання, заснованого на штучній нейронній мережі для точного прогнозування температури та відносної вологості в теплиці.

#### Список використаних джерел

1. Gil, R., K.R. Boyak and E. Schrevens. 2011. Evaluation of the suitability of four methods for estimating the duration of leaf moisture in the greenhouse rose crop. *Acta Hort.* 893, 797-804.
2. Redmond Ramin Shamshiri, James W. Jones, Kelly R. Thorpe, Desa Ahmad, Hasfalina Che Man and Sima Taheri. 2017. Review of optimal temperature, humidity and steam pressure deficit to assess the microclimate and control in greenhouse cultivation of tomatoes: a review. 287-302.
3. DT Santos \*, K.N. Tivari, Vikas Kumar Singh and A. Raja Gopala Reddy. 2017. Microclimate control in the greenhouse. 1730-1742.
4. Edwin Andres Villagran, Rodrigo Gill, John Fabio Acuña and Carlos Ricardo Boyac. 2012. Ventilation optimization and its impact on the microclimate of the Colombian multibeam greenhouse. *Agronomía Colombiana* 30 (2), 282-288.
5. Kei-shi. 2015. Influence of ventilation openings on the microclimate inside multi-span greenhouses during the summer and winter seasons. 399-410.
6. Giuseppino Nicolosi, Roberto Volpe and Antonio Messineo. 2017. Innovative adaptive control system for regulating microclimatic conditions in the greenhouse. 722.
7. Singh, VK 2016. GREENHOUSE MICROCLIMATE FORECASTING USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK. 767-778.
8. Oliver Kerner, Niels Holst, Jesper Mazanti Aasling. 2007. Microclimate forecasting for dynamic greenhouse climate control. 272-279.
9. J. K. Gazquez, J. K. Lopez, J. J. Perez-Parra, E. Baeza. 2004. Influence of three cooling systems on the microclimate of a greenhouse with pepper sowing in the Mediterranean region.