

УДК 631.171

© 2015

*В.П. Лисенко,**доктор
технічних наук**Т.І. Лендєл**Національний
університет
біоресурсів
і природокористування
України*

МОДЕЛІ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ СТРАТЕГІЙ КЕРУВАННЯ У СПОРУДАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ

Мета. Побудувати математичні моделі, які можуть бути використані в системі автоматизованого керування для максимізації прибутку виробництва у спорудах закритого ґрунту завдяки використанню як зворотної інформації даних про якість рослинної продукції. **Методи.** Математично-статистичні, експериментальний. **Результати.** Оцінка залежності якості рослинної продукції та прибутку виробництва томатів у теплиці проводили нейронними мережами. Навчання нейронних мереж відбувалося за результатами досліджень, що проводили експериментально. Оцінку якості функціонування мереж здійснювали за похибками на етапах навчання, контрольному й тестовому (точність оцінок не перевищує 2,4%). **Висновки.** Досліджено, що у фазі плодоношення максимальний прибуток становитиме 0,06 грн з одного куща на добу, якщо приріст якісної продукції становить 6 г/год. З цього випливає, що за добу один кущ томату може дати прибуток в 1,44 грн.

Ключові слова: нейронна мережа, багатозарядний перцептрон, якість, прибуток.

Основним завданням будь-якого підприємства, зокрема і тепличних комбінатів, є отримання максимально можливого прибутку. Системи автоматизації при цьому забезпечують певні технологічні вимоги. Слід зазначити, що збільшення маси продукції не завжди приводить до отримання максимального можливого прибутку, оскільки істотну роль при цьому відіграє якість.

Мета — побудувати математичні моделі, які можуть бути використані в системі автоматизованого керування для максимізації прибутку виробництва у спорудах закритого ґрунту завдяки використанню як зворотної інформації даних про якість рослинної продукції.

Матеріали та методи досліджень. Прибуток розглядається як різниця між доходом від реалізованої продукції і видатками, що супроводжують випуск продукції. За реалізації продукції на дохід істотно впливає її якість.

Запропоновано формування стратегій керування електротехнічними комплексами, що використовуються для забезпечення технології вирощування томатів, здійснювати

з урахуванням якості цієї продукції згідно з вимогами ДСТУ 3246–95.

Оскільки вирішення цього завдання здійснюватиметься в умовах невизначеності, що формуються природними збуреннями та особливостями біологічної складової, доцільним є використання нейронних мереж. При цьому формування оцінки прибутку виробництва реалізовуватиметься на основі інформації про якість рослинної продукції, результатів моніторингу таких технологічних параметрів виробництва, як температура повітря і рослини, вологості повітря, технологічних показників виробництва, результатів аналізу впливу природних збурень на біотехнологічний об'єкт, яким є теплиця.

Результати досліджень. Стратегії керування електротехнічними комплексами, що супроводжують виробництво томатів, розраховуватимуться з використанням двох послідовно з'єднаних нейронних мереж (рис. 1).

Сучасне виробництво у спорудах закритого ґрунту стандартизоване, а тому якість рослинної продукції $Y(t)$ на певному технологічному етапі має перебувати у визначених

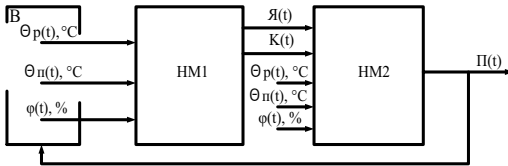


Рис. 1. Нейронні мережі для оцінки прибутку підприємства: $\Theta_p(t)$ — температура рослини; $\Theta_n(t)$ — температура повітря; $\varphi(t)$ — вологість повітря; $Я(t)$ — показник якості; $K(t)$ — кількість виробленої продукції; $В$ — витрати виробництва; $\Pi(t)$ — прибуток; t — час

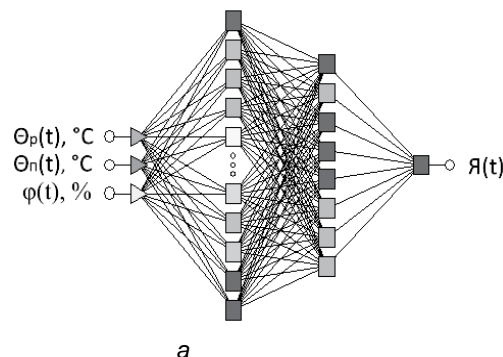
межах. З метою визначення у період плодоношення залежності якості томатів від температур повітря та рослини в теплиці ПАТ «Комбінат Тепличний» були проведені дослідження для томатів сорту Раїса F1. При цьому показники якості плодів різнилися відповідно до шкали, поданої в табл. 1.

Як видно з табл. 1, показник якості перебуває в межах від 0,01 до 0,99, а відповідним діапазонам показника якості присвоюється індекс від 1 до 5, що буде використано за побудови математичних моделей та розрахунків за цими моделями.

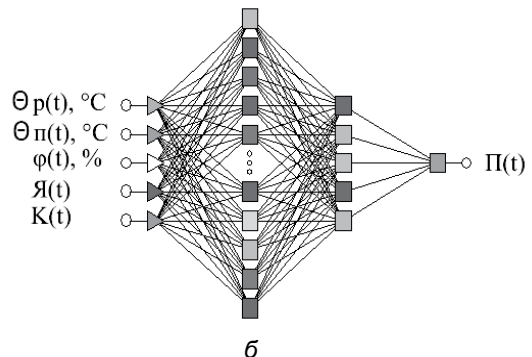
Відомо, що прибуток визначається як:

1. Шкала якості томатів

Оцінка якості Я	Значення показника якості за шкалою	Індекс якості Я
Дуже добра	0,99–0,80	5
Добра	менше 0,80–0,64	4
Задовільна	менше 0,63–0,38	3
Погана	менше 0,37–0,21	2
Дуже погана	менше 0,20–0,01	1



а



б

Рис. 2. Архітектури нейронних мереж: а — НМ1 (для оцінки якості); б — НМ2 (для оцінки прибутку)

$$\Pi = D - B, \quad (1)$$

де D — дохід; B — витрати. Водночас:

$$D = \sum_{j=1}^5 C_{ja} \cdot K_{ja}, \quad (2)$$

де C_{ja} — ціна продукції з показником якості $Я$; K_{ja} — кількість виробленої продукції відповідної якості.

За вибору архітектури нейронної мережі перевагу віддали структурі — «двошаровий перцептрон». Оцінку якості функціонування мереж здійснювали в середовищі Statistica 6.0 за похибками на етапах навчання, контрольному й тестовому.

За моделювання найвищу точність показала мережа зі структурою «багатoshаровий перцептрон». Для зменшення величини похибок за допомогою Конструктора мереж у програмному пакеті Statistica 6.0 було проведено додаткове навчання, завдяки чому нейронна мережа зазначеної архітектури забезпечила похибку навчання 2,4%, а контрольну — 1,9%. Така точність дає змогу зробити висновок про можливість практичного використання нейронної мережі зазначеної структури.

На рис. 2, а показано архітектуру нейронної мережі НМ1 — двошаровий перцептрон.

Для етапу навчання нейронної мережі кожна неперервна функція від n -змінних, що задана в одиничному кубі n -вимірного простору, може бути представлена у вигляді [5]:

$$f(x) = \sum_{q=1}^{2n+1} h_q \left[\sum_{p=1}^n \varphi_q^p(x_p) \right], \quad (3)$$

де $f(x)$ — функція якості; $h_q(x)$ — неперервні функції зміни вхідних параметрів, що формують функцію якості; $\varphi_q^p(x_p)$ — функція, що не залежить від функції $h_q(x)$, формується з вхідних даних.

2. Вибірка вимірювань для навчання нейронної мережі

№ п/п	Температура повітря, °С	Температура рослини, °С	Вологість повітря, %	Енерговитрати, кВт	Показник якості	Приріст продукції, г	Дохід, грн
1	20,812	22,062	60	0,02	1	5,7	0,1149
2	20,012	23,062	61	0,02	0,9	5,7	0,1100
3	21,75	22,625	61	0,02	1	5,7	0,1149
4	21,75	22,687	62	0,02	1	5,8	0,1194
5	23,062	23,687	65	0,03	1	5,8	0,1194
6	22,375	25,25	66	0,05	0,9	6,0	0,1254
7	20,5	23,687	60	0,02	0,9	6,0	0,1256
8	24,812	27,5	67	0,05	0,8	6,0	0,1201
9	23,812	24,625	67	0,02	1	6,2	0,1546
...
2210	23,25	24,75	70	0,02	1	6,3	0,1546

Для навчання нейронної мережі НМ1 використано результати досліджень, що проводились в ПАТ «Комбінат «Тепличний» і автоматизованій камері фітотрону кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. академіка І.І. Мартиненка Національного університету біоресурсів і природокористування України (табл. 2).

За результатами навчання НМ1 побудовано залежність якості рослинної продукції (помідорів) від температур повітря та рослин (рис. 3, а).

Оскільки статистичні спостереження тривали порівняно недовго і продовжувались протягом сезону вирощування томатів, було ухвалено рішення про опис поверхні, що зображена на рис. 3, а, з використанням стандартної методики, в основу якої покладено метод

найменших квадратів [5]. Таким чином було отримано у явному вигляді рівняння регресії:

$$Y = 6,6957 - 0,2711\Theta_p - 0,213\cdot\Theta_n + 0,0025\cdot\Theta_p^2 + 0,0059\cdot\Theta_p\cdot\Theta_n + 0,0013\cdot\Theta_n^2. \quad (4)$$

При цьому середнє квадратичне відхилення розрахунків за виразом (4) не перевищує 10%. Порівняння результатів розрахунків за виразом (4) та на основі використання нейронної мережі НМ1 показано на рис.4. Розбіжності пояснюються особливостями рослини як біологічної складової біотехнологічного об'єкта та впливом випадкових природних збурень на такий об'єкт.

Для оцінки прибутку виробництва використали нейронну мережу НМ2, структура якої

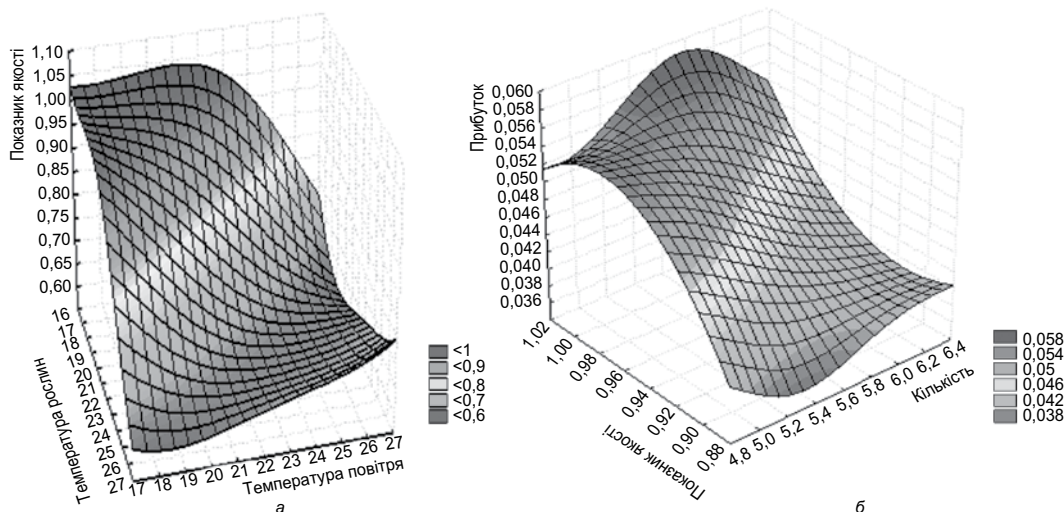


Рис. 3. Знайдені залежності за результатами використання нейронних мереж: а — якості продукції від температур повітря та рослини; б — прибутку від кількості продукції та її якості

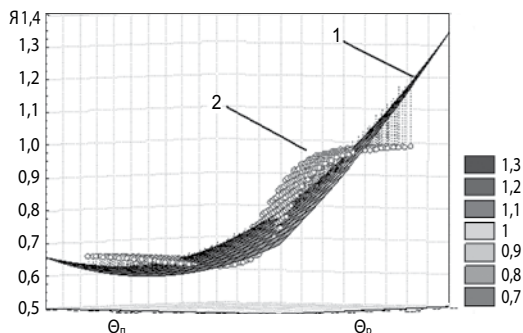


Рис. 4. Поверхня залежності якості від температур рослини та повітря: 1 — поверхня за виразом (4); 2 — поверхня за результатом використання НМ1

показана на рис. 2, б.

Залежність прибутку від кількості продукції та її якості з урахуванням витрат на забезпечення вимог технології, що формують дохід від виробництва овочової продукції, показана на рис. 3, б. Похибка при цьому, як уже зазначалося, не перевищує 2,4%.

Оскільки спостереження були статистично нетривалими, опис поверхні, що зображена на рис. 3, б, здійснили за стандартною методикою [4]:

$$\Pi = 4,4871 - 6,7598 \cdot Y - 0,5946 \cdot K + 2,5488 \cdot Y^2 + 0,4223 \cdot Y \cdot K + 0,0209 \cdot K^2. \quad (5)$$

Аналіз матеріалів (рис. 3, б) дає змогу зробити висновок, що у фазі плодоношення максимальний прибуток становитиме 0,06 грн з одного куща на добу, якщо приріст якісної продукції становить 6 г/год. З цього випливає, що за добу один кущ томата може дати прибуток в 1,44 грн. Оскільки в промислових теплицях на 1 м² висаджують 3 рослини, то прибуток з 1 м² за добу становитиме:

$$\Pi = 1,443 = 4,32 \text{ грн.}$$

Слід зазначити, що регресійні залежності (4) і (5) є адекватними для діапазонів зміни значень температури повітря, рослини, якості рослинної продукції, що наведені в табл. 1. Окрім того, розрахунок значень показника якості і та величини прибутку Π здійснюється для точних значень температур повітря і рослин.

Висновки

Розроблено математичні моделі, які можуть бути використані в автоматизованій системі формування стратегій керування електротехнічними комплексами для максимізації прибутку за умови, що як зворотний зв'язок використовується інформація про якість рослинної продукції.

Для оцінки залежності якості рослинної продукції та прибутку виробництва

томатів у спорудах закритого ґрунту використано нейронні мережі структури — багатoshаровий персептрон. При цьому точність оцінок не перевищує 2,4%.

Установлено, що максимально можливий прибуток з 1 м² для теплиць за вирощування томатів становить 4,32 грн на добу за умови, що технологічні параметри відповідають змісту табл. 2.

Бібліографія

1. Адлер Ю.А. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/Ю.А. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. — М.: Наука, 1976.
2. Боровиков В.П. Нейронные сети. STATISTICA Neural networks: Методология и технологии современного анализа данных. 2-е изд. — М.: Горячая линия. — Телеком, 2008. — 392 с.
3. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика/В.В. Круглов. — М.: Горячая линия. — Телеком, 2002. — 382 с.
4. Крынев А.В. Математические методы обработки неопределенных данных/А.В. Крынев, Г.В. Лукин. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 216 с.
5. Новотарський М.А. Штучні нейронні мережі: обчислення. Праці Інституту математики НАН України/М.А. Новотарський, Б.Б. Нестеренко. — Т50. — К.:

Ін-т математики НАН України, 2004. — 408 с.

6. Саймон Хайкін. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд., испр.: пер. с англ. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. — 1104 с.
7. Mohamad H. Hassoun. Fundamentals of Artificial Neural Networks. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England. 1995.
8. Pfeifer R. Neural Networks/R. Pfeifer, D. Damian, R. Fuchslin. — University of Zurich, 2010. — 109 p.
9. Rojas R.: Neural Networks, Springer-Verlag, Berlin, 1996. — 453 p.
10. Thornley J.H.M. An Analysis of the Growth of Young Tomato Plants in Water Culture at Different Light Integrals and CO₂ Concentrations/J.H.M. Thornley, R.G. Hurd//Annals of Botany. — 1979. — V. 38, Is. 2. — P. 389–400.

Надійшла 17.08.2015.