

## NEO-FUZZY NETWORK'S USE FOR AGRICULTURAL CULTURES WATER WELL-BEING CONTROL

V. Pastushenko, A. Stetsenko

National University of Water Management and Nature

---

### Key words:

Drained-humidifying system  
Groundwater level  
Sucking soil's pressure  
Automated control system  
Non-saturated part of soil  
Neural network  
Neuro-fuzzy network  
Neo-fuzzy neuron

### ABSTRACT

The article is devoted to the development of the procedure of water supply control agricultural cultures for at the drained-humidifying systems with underground moistening in the conditions of stochastic disturbances actions. Description of cascade- combined structure scheme of the control system is pointed, where external controller is presented in the form of neural network. Neuro-controllers on the base of multilayer neural networks of direct propagation and neo-fuzzy network are developed, their comparative characteristics are pointed out.

---

### Article history:

Received 08.10.2012  
Received in revised form  
15.10.2012  
Accepted 01.11.2012

### Corresponding author:

A. Stetsenko  
E-mail:  
s\_anastasia@ukr.net

---

## ВИКОРИСТАННЯ НЕО-FUZZY МЕРЕЖІ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

В.Й. Пастушенко, А.М. Стеценко

Національний університет водного господарства та природокористування

*Стаття присвячена розробці методики керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур на осушувально-зволожувальних системах з підґрунтовым зволоженням в умовах дії стохастичних збурюючих впливів. Наведено опис каскадно-комбінованої структурної схеми автоматизованої системи керування, де зовнішній регулятор представлено у вигляді нейронної мережі. Розроблено нейрорегулятори на базі багатопшарових нейронних мереж прямого поширення та нео-fuzzy мережі, наведено їх порівняльну характеристику.*

**Ключові слова:** осушувально-зволожувальна система, рівень ґрунтових вод, всмоктуючий тиск ґрунту, автоматизована система керування, ненасичена зона ґрунту, нейронна мережа, нейрон-фаззі мережа, нео-фаззі нейрон.

Водно-повітряний режим ґрунту, який є одним з найважливіших параметрів для отримання планових врожаїв сільськогосподарських культур, на осушувально-зволожувальних системах (ОЗС) двосторонньої дії з підґрунтовым зволоженням регулюється шляхом зміни рівня ґрунтових вод (РГВ).

## АВТОМАТИЗАЦІЯ

Питання управління водогосподарсько-меліоративними об'єктами у зоні надлишкового та нестійкого зволоження України на рівнях стратегічного та тактичного планування на основі поєднання короткотермінового та довготермінового метеорологічних прогнозів розглядалися у публікації [1]. У роботі [2] розроблено методику управління вологістю ґрунту на основі багатопарової моделі вологопереносу. Однак залишаються відкритими питання адаптації і самонавчання автоматизованих систем керування вологістю ґрунту в умовах дії випадкових погодних факторів і зміни характеристик об'єкта керування.

У даній роботі поставлено задачу розробки методики керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур на ОЗС з підґрунтовим зволоженням на основі нейронних мереж.

Автоматизовану систему керування (АСК) вологозабезпеченістю можна представити у вигляді каскадно-комбінованої системи керування, внутрішнім контуром якої є контур керування рівнем води у керуючому колодязі, а зовнішнім, задаючим, контур керування всмоктуючим тиском ґрунту, який зв'язаний з вологістю ґрунту основною гідрофізичною характеристикою. Об'єкт керування зовнішнього контуру можна розділити на два підоб'єкти: 1 — колекторно-дренажна система та насичена зона ґрунту, 2 — ненасичена зона ґрунту, на яку здійснюють вплив стохастично змінні збурення — погодні умови. Завданням зовнішнього, задаючого, регулятора АСК вологозабезпеченістю є оперативний розрахунок задаючого значення РГВ, враховуючи поточний стан об'єкта керування, задаючий сигнал та збурення. Для врахування впливу на об'єкт стохастично змінних збурень пропонується представити зовнішній регулятор АСК у вигляді багатопарової нейронної мережі прямого поширення виду:

$$L_{k+1} = NN(P_{k+1}, D_{k+1}, W_{k+1}^h, L_{k-1}, L_k), \quad (1)$$

де вхідними параметрами є кількість опадів  $P$  (мм), дефіцит вологості повітря  $D$  (мбар), всмоктуючий тиск  $W^h$  (м) у визначеному шарі ґрунту  $h$ . Вихідним параметром є рівень ґрунтових вод  $L$  від світлової поверхні (м).  $NN(\ )$  — перетворення, яке здійснюється нейронною мережею;  $k$  — поточний крок.

Для побудови та дослідження нейромереж було використано редактор Neural Network Toolbox системи MatLab. У ході проведених досліджень було виявлено, що найкращу точність роботи забезпечує двошарова нейромережа з наступними параметрами: кількість нейронів першого шару — 3, функції активації нейронів першого шару — сигмоїдні ('logsig'), кількість нейронів другого шару — 1, функція активації нейрону другого шару — лінійна ('purelin'), метод навчання, що реалізує різновид алгоритму зворотного поширення помилки у поєднанні з методом оптимізації Polak-Ribiere ('traincgp'), функція налаштування ваг і зміщень — градієнтна з інерційною складовою ('learmgdm'), функція помилки — квадратична ('mse').

Під час росту рослини проходять декілька фаз розвитку, під час яких відбувається розвиток як наземної, так і підземної (кореневої) частин. У зв'язку з цим розроблено декілька регуляторів виду (1), орієнтованих на керування вологістю ґрунту у певному його шарі (0 – 10, 10 – 20, 30 – 40 см). Перемикання між регуляторами здійснюється по мірі розвитку кореневої системи рослини. Результати роботи нейрорегуляторів, орієнтованих на забезпечення необхідної вологості у різних шарах ґрунту, представлено у таблиці 1. Результати тестування нейрорегулятора для забезпечення необхідної вологості у шарі ґрунту 0 – 10 см на незалежній вибірці даних наведено на рис. 1.

**Таблиця 1. Результати роботи нейрорегуляторів архітектури 5-3-1, Logsig-Purelin для визначення задаючого значення РГВ**

Задаючий шар ґрунту	Кількість точок	Середньоквадратичне відхилення, м	
		навчання	тестування
$h = 0 - 10$ см	173	0.1272	0.0967
$h = 10 - 20$ см		0.1356	0.1129
$h = 30 - 40$ см		0.1333	0.1393

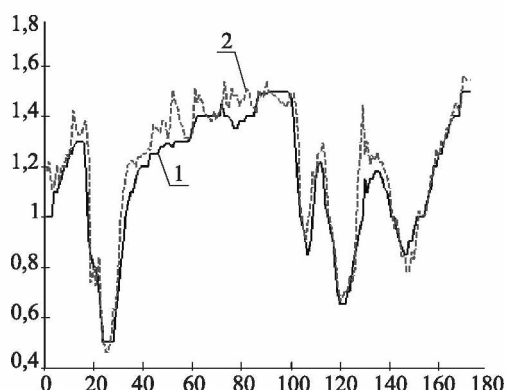


Рис. 1. Результати тестування нейромережі архітектури 5-3-1, Logsig-Purelin для визначення РГВ для забезпечення заданого всмоктуючого тиску ґрунту у шарі  $h = 0 - 10$  см: 1 — експериментальні дані, 2 — результати роботи нейромережі

Для підвищення точності роботи нейрорегуляторів необхідно або збільшити кількість точок у навчальній вибірці даних, або змінити архітектуру нейромережі. Збільшення числа точок у навчальній вибірці даних до 689 точок не покращило якість роботи нейромереж. На даний час задачі прогнозування успішно вирішуються за допомогою НМ різної архітектури, у тому числі за допомогою нейро-нечітких (neuro-fuzzy) мереж, які об'єднують у собі функції нейронних мереж та нечіткої логіки. Основним недоліком адаптивних нейро-нечітких мереж являються їх громіздкість і низька швидкість збіжності алгоритмів навчання, що вимагає великих за об'ємом навчальних вибірок даних [3]. З метою подолання вище наведених недоліків нейро-нечітких систем японськими вченими Yamakawa T., Uchino E., Miki T., Kusanagi H. було введено нео-фаззі (neo-fuzzy) нейрон, подібний за архітектурою до  $n$ -входового формального нейрона. Замість звичайних синаптичних ваг нео-фаззі нейрон містить нелінійні синапси  $NS_i, i = 1, 2, \dots, n$ , утворені набором трикутних симетричних рівномірно розподілених на інтервалі  $[0, 1]$  функцій приналежності  $\mu_{ji}, j = 1, 2, \dots, m$ , з якою зв'язана власна налаштовувана вага  $w_{ji}$ . Вихідна реакція нео-фаззі нейрона на вхідний вектор даних —  $x(k) = (x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k))$ ,  $k = 1, 2, \dots, N$  — може бути представлена у вигляді:

$$y(k) = \sum_{i=1}^n f_i(x_i(k)) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \mu_{ji}(x_i(k)) \cdot w_{ji}(k), \quad (2)$$

де  $w_{ji}(k)$  — поточне значення синаптичної ваги, що налаштовується, у момент часу  $k$  при  $j$ -й функції приналежності  $i$ -ї компоненти вхідного сигналу.

Центри трикутних функцій приналежності  $\mu_{ji}$  розташовані так, щоб забезпечити розбиття Руспіні, тобто:

$$\sum_{j=1}^{m_i} \mu_{ji}(x_i(k)) = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

що дозволяє не вводити прихований шар нейронів для нормалізації входів, який зазвичай присутній у нейро-фаззі системах. Для покращення апроксимаційних властивостей професором Бодяньським С.В. була запропонована конструкція подвійного нео-фаззі нейрона.

Для синтезу нейрорегулятора сформуємо навчальну і тестувальну вибірки даних по 689 точок у кожній за два різні вегетаційні періоди. Створимо мережі виду (1) на основі нео-фаззі нейрона (2), орієнтованих на забезпечення необхідної вологості у різних шарах ґрунту: 0 – 10, 10 – 20 та 30 – 40 см. При цьому розб'ємо кожну змінну на 6 рівних інтервалів з трикутними функціями приналежності, які задовольняють вимозі (3). Програмне забезпечення для навчання та тестування нео-фаззі регуляторів розроблено мовою C++. У таблиці 2 наведено дані середньоквадратичного відхилення (СКВ) при навчанні та тестуванні нейромереж у

порівнянні з експериментальними даними. Графік результатів роботи нео-фаззі регуляторів на незалежній тестувальній вибірці даних для визначення задаючого значення РГВ для забезпечення необхідної вологості ґрунту у шарі 0-10 см.

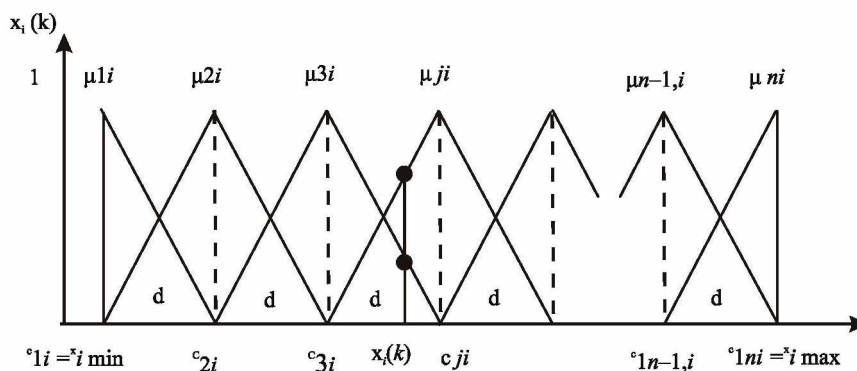


Рис. 2. Трикутні функції приналежності нео-fuzzy нейрона

Як видно з таблиць 1 і 2, точність роботи нео-фаззі регулятора значно вища, ніж нейрорегулятора на основі багатопарових мереж прямого поширення. Водночас він має простішу архітектуру, що забезпечує легшу практичну реалізацію та більшу швидкість навчання.

Таблиця 2. Результати роботи нео-фаззі регуляторів для визначення задаючого значення РГВ

Задаючий шар ґрунту	Кількість точок	Середньоквадратичне відхилення, м	
		навчання	тестування
$h = 0 - 10$ см	689	0.02343	0.02285
$h = 10 - 20$ см		0.01656	0.0213
$h = 30 - 40$ см		0.01851	0.02227

### Висновки

Розроблена методика керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур на осушувально-зволожувальних системах на базі нео-фаззі мережі дозволить підвищити точність керування завдяки оперативному врахуванню стохастичних збурень на об'єкт і забезпечити отримання планової врожайності при раціональному використанні енергетичних і водних ресурсів.

### Література

1. Науково-методичні та організаційні засади управління водогосподарсько-меліоративними об'єктами гумідної зони України за короткотерміновим метеорологічним прогнозом. Методичні рекомендації. / [д.т.н. А.М. Рокочинський, Я.Я. Зубик, Л.В. Зубик, Є.І. Покладньов; за участю спеціалістів Держводгоспу України к. т. н. В.А. Сташук, В.Д. Крученко]. — Рівне: НУВГП, 2005. — 53 с.
2. Системна оптимізація водокористування при зрошенні. Монографія. / [Ковальчук П., Пендак Н., Ковальчук В, Волошин М.]. — Рівне: НУВГП, 2008. — 204 с.
3. Jang J.-Sh. R. Neuro-Fuzzy and Soft Computing / Jang J.-Sh. R., Sun Ch.-T., Mizutani E. — Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997. — 514 p.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ NEO-FUZZY СЕТИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЛАГОБЕСПЕЧЕННОСТЬЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**В.Й. Пастушенко, А.М. Стеценко**

*Национальный университет водного хозяйства и природопользования*

*Статья посвящена разработке методики управления влагообеспеченностью сельскохозяйственных культур на осушительно-увлажнительных системах с подпочвенным увлажнением в условиях действия стохастических возмущающих воздействий. Приведено описание каскадно-комбинированной схемы автоматизированной системы управления, где внешний регулятор представлено в виде нейронной сети. Разработаны нейрорегуляторы на базе многослойных сетей прямого распространения и neo-fuzzy сети, приведена их сравнительная характеристика.*

**Ключевые слова:** *осушительно-увлажнительная система, уровень грунтовых вод, всасывающее давление почвы, автоматизированная система управления, ненасыщенная зона грунта, нейронная сеть, нейро-фаззи сеть, нео-фаззи нейрон.*