

НЕЙРОІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИКОРΟΣЛИХ РОСЛИН

В.П. ЛИСЕНКО, Н.А. ЗАЄЦЬ, В.М. ШТЕПА, кандидати технічних наук

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**

**В.А. ПЕТРИШИНА, кандидат сільськогосподарських наук
Інститут агроекології НААН**

Розглянуто передумови створення нейроінформаційної моделі виявлення фіторемедіативних властивостей дикорослих рослин. Синтезовано відповідну ANFIS-модель, досліджено якість її функціонування.

Нейронна мережа, фіторемедіація, модель.

Метою дослідження було виявлення функціональних особливостей нейромережевої моделі фізіологічних властивостей дикорослих рослин; аналіз доцільності використання інтелектуальної системи прийняття рішень (ІСПР) при фітотехнологічному відновленні забруднених ксенобіотиками сільськогосподарських територій.

Матеріали і методика досліджень. У практиці евристичного аналізу зустрічаються багаточисельні факти точного визначення експертом (людиною) функціональних особливостей складних систем. У першому наближенні такий механізм вироблення логічного висновку людським інтелектом можна вважати схожим на процес математичного прогнозування за аналогіями. Відомо, що прогноз експертом (людиною) у ряді випадків видається фактично миттєво [1]. Головний недолік такого прогнозування – суб'єктивність. Він стає вагомим із ростом розмірності і складності задачі [2].

Для його усунення створюються відповідні нейромережеві моделі. Задача синтезу такої моделі є результат поєднання нейробіонічного напрямку штучного інтелекту і підходу просторової екстраполяції [3]. В основі нейроінформаційного моделювання лежать системи нейроподібних елементів, з яких створюються системи, здатні відтворювати деякі інтелектуальні функції: навчання, розпізнавання об'єктів, створення прототипу, забування, бістабільного сприйняття тощо. Нейронна мережа (НМ) виступає як система обробки вхідної інформації, її зберігання, відтворення і логічного висновку на її основі. Властивості НМ визначаються її архітектурою, сукупністю синаптичних зв'язків і характеристик нейронів. НМ повинна бути здатною не тільки неперервно опрацьовувати велику кількість вхідних параметрів і факторів

зашумленого фону, а й враховувати різномірну інформацію про поточний і запланований стан об'єкта моделювання.

Загалом штучний нейрон має групу синапсів – однонаправлених вхідних зв'язків, з'єднаних з виходами інших нейронів, а також аксон – вихідний канал, через який сигнал (збудження або гальмування) надходить на синапси наступних нейронів. Кожний вхід множиться на відповідний ваговий коефіцієнт (вагу), аналогічній синаптичній силі, і всі добутки сумуються, визначаючи рівень активації (рис. 1).

Нейрон реалізує скалярну функцію векторного аргумента. Його математична модель [3] має вигляд:

$$s = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b, \quad (1)$$

де: w_i – вага синапса, $i = 1 \dots n$;

b – значення зміщення;

s – результат сумування;

x_i – компонент вхідного вектора (вхідний сигнал), $i = 1 \dots n$;

n – число входів нейрона.

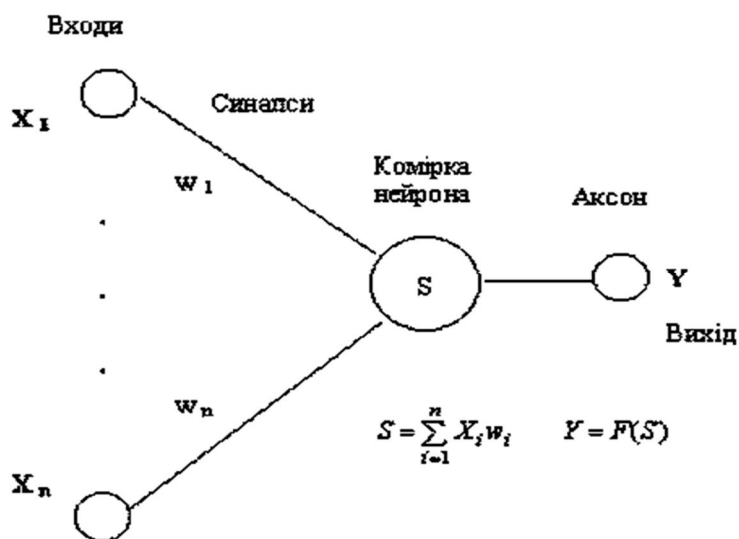


Рис. 1. Штучний нейрон:

$X_{1 \dots n}$ – входи; Y – вихід; $w_{1 \dots n}$ – синаптичні ваги; S – алгебраїчний суматор зважених входів; F – нелінійна активаційна функція

Нечітка нейронна мережа – це нейронна мережа з чіткими сигналами, вагами і активаційною функцією, але для об'єднання їх використовуються t-норми, t-конорми або інші неперевні операції.

Враховуючи вищезазначені особливості нейроінформаційного моделювання та ефективність його використання при моделюванні складних систем [4 – 6] була розроблена відповідна нечітка нейромережева модель (НМ) фізіологічних властивостей дикорослих рослин, які характеризуються складністю формалізації традиційним

математичним апаратом та перехресними міжвидовими взаємозв'язками. У результаті моделювання встановлювалася фізіологічна здатність рослин знижувати вміст ксенобіотиків у ґрунті шляхом акумуляції та руйнування токсикантів – фіторемедіаторність [7, 8].

Для оцінки природно сформованого рослинного угруповання території навколо недіючого складу мінеральних добрив та отрутохімікатів, розташованого поблизу хутора Петрівське Бориспільського району Київської області, з метою відбору толерантних видів, ми використали такі показники та характеристики:

- рівень забруднення ґрунту ДДТ та його метаболітами;
- вміст стійких гербіцидів у ґрунті;
- кількісно-видовий склад фітоценозу;
- кількісне і якісне співвідношення видів.

Ґрунти досліджуваної території – сірі опідзолені супіщані. Відбір зразків ґрунту здійснювали у чотирьох напрямках (південний, північний, східний та західний) на відстані 0 – 1, 1 – 5, та 5 – 15 м від приміщення недіючого складу мінеральних добрив та отрутохімікатів з глибини орного шару. Кількісно-видовий склад фітоценозу оцінювали за допомогою облікової рамки площею 0,25 м² (50x50 см). Кількість облікових ділянок – 12. Залишкові кількості ДДТ та його метаболітів у ґрунті визначали методом газової хроматографії на приладі “Кристал – 2000” з використанням детектора із захоплення електронів, вміст стійких гербіцидів (атразину, прометрину та симазину) – методом тонкошарової хроматографії з використанням хлороформу як рухомої фази.

Фітоценоз досліджуваної території представлений 50-ти видами рослин. Визначено, що види пирій повзучий, фіалка польова, полин гіркий, деревій звичайний, стоколос житній, полин звичайний, кульбаба лікарська, злинка канадська, енотера дворічна, шпергель звичайний, спориш, кунічник наземний, розрив трава дрібноквіткова та осот городній стійкі до пестицидного забруднення. Виявлено, що серед них є вісім видів стійких до сим-триазинових гербіцидів: пирій повзучий, фіалка польова, полин гіркий, деревій звичайний, стоколос житній, полин звичайний, кульбаба лікарська, злинка канадська.

Для створення ANFIS (Adaptive Network Based Fuzzy Inference System) виявлення толерантних видів рослин використовували графічний інтерфейс гібридних нейронних мереж, реалізований у пакеті прикладних програм ANFIS Editor (Fuzzy Logic Toolbox) системи MatLAB.

Вхідні величини:

- вміст стійких гербіцидів у ґрунті;
- рівень забруднення ґрунту ДДТ та його метаболітами (сумарний);
- кількість рослин одного виду на 1 м²;
- відстань від складу отрутохімікатів (0 – 1 м, 1 – 5 м, 5 – 15 м).

Припускалося, що здатність рослини рости і розвиватися на забруднених територіях змінюється в умовному діапазоні [0, 1]. При

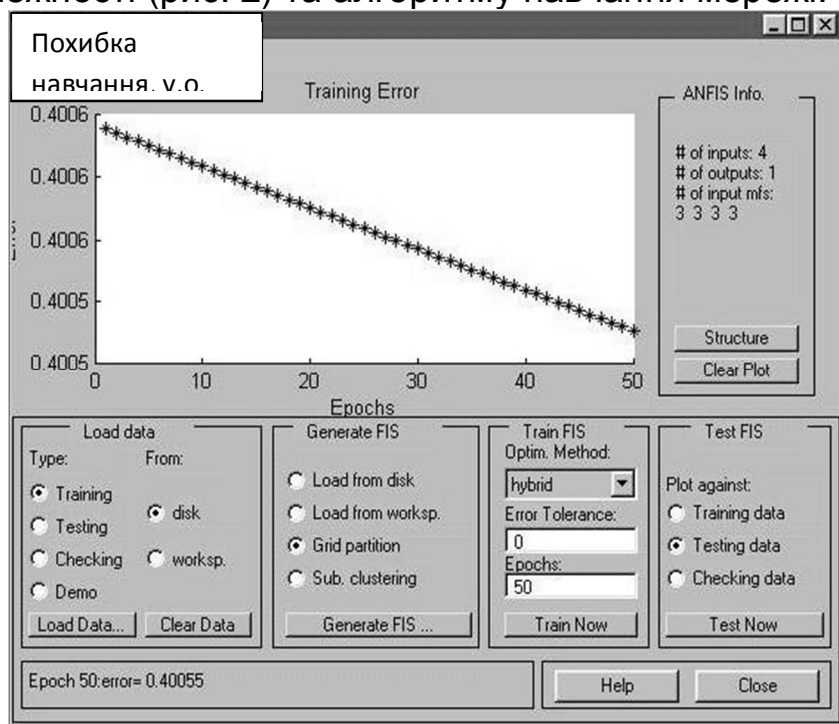
навчанні ІСПР у видів рослин, які проявили стійкість до високого вмісту пестицидів у ґрунті, вихідна величина дорівнюватиме одиниці.

Для ефективного моделювання бралося три блоки по 145 наборів експериментальних даних: навчальні (Training data), контрольні (Testing data), перевіряльні (Checking data).

Адекватність нейромережевої структури перевірялась порівнянням її функціонування з відповідними експериментальними даними (як критерій точності використовувалась середньоквадратична похибка).

Враховуючи практичний досвід синтезу нечітких нейронних мереж [4 – 6], було вирішено використати архітектуру нечіткої нейронної мережі, яка включає у себе: 8 нейронів вхідного шару, 16 правил нечітких продукцій та 16 відповідних правилам нейронів перехідного шару.

Налаштування роботи НМ відбувалося шляхом зміни вигляду функцій належності (рис. 2) та алгоритму навчання мережі.



a)

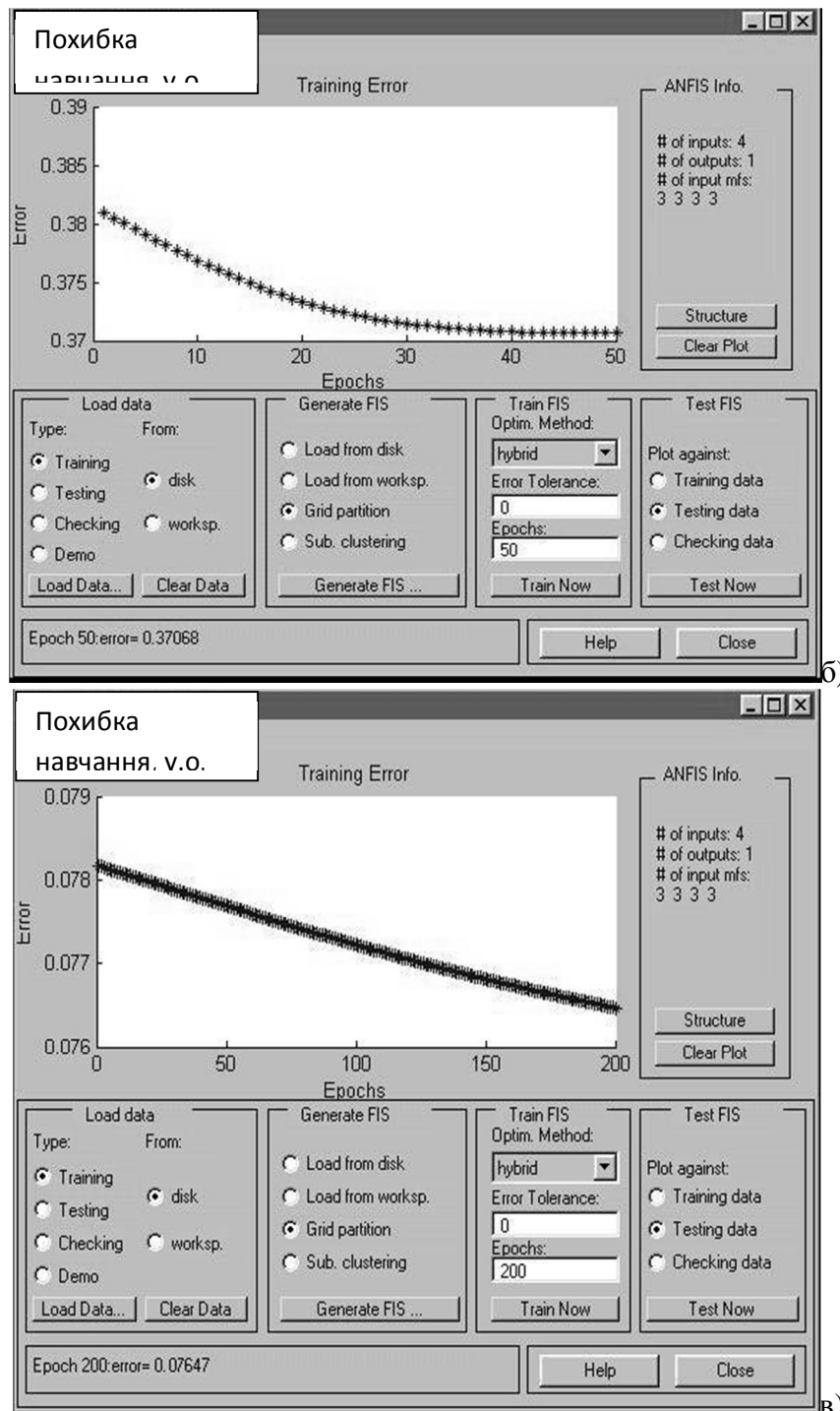


Рис.2. Якість навчання НМ при різних функціях належності:
а, б, в – функція належності виду відповідно trampf, gbellmf, gaussmf

Результати досліджень. Найкращі функціональні показники були отримані при використанні функції належності виду gaussmf та навчання згідно з алгоритмом зворотного розповсюдження похибки. При цьому похибка при налаштуванні на навчальну вибірку експериментальних даних – 0,07646 у.о. (48 етапів ітераційного навчання).

Адекватність синтезованої нейромережевої структури підтвердилась при налаштуванні НМ на контрольну вибірку експериментальних даних (похибка – 0,0821 у.о.) та при налаштуванні на

перевірляну вибірку експериментальних даних (похибка – 0,09913 у.о.). При цьому значення отриманих із використанням ANFIS-моделі критеріїв толерантності для видів, які експериментальним шляхом визначені як стійкі до пестицидного забруднення ґрунту, фактично дорівнюють одиниці (загальна середньоквадратична похибка по рослинах із експериментально встановленими фіторемедіативними властивостями – 1,3%).

Програмну реалізацію такої ННМ ІСПР доцільно виконувати у пакеті прикладних програм Fuzzy Logic Toolbox системи MatLAB (рис.3).

Висновки

1. Архітектура адекватної інтелектуальної системи прийняття рішень виявлення толерантних до пестицидного навантаження видів дикорослих рослин включає у себе: 8 нейронів вхідного шару, 16 правил нечітких продукцій та 16 відповідних правил нейронів перехідного шару.

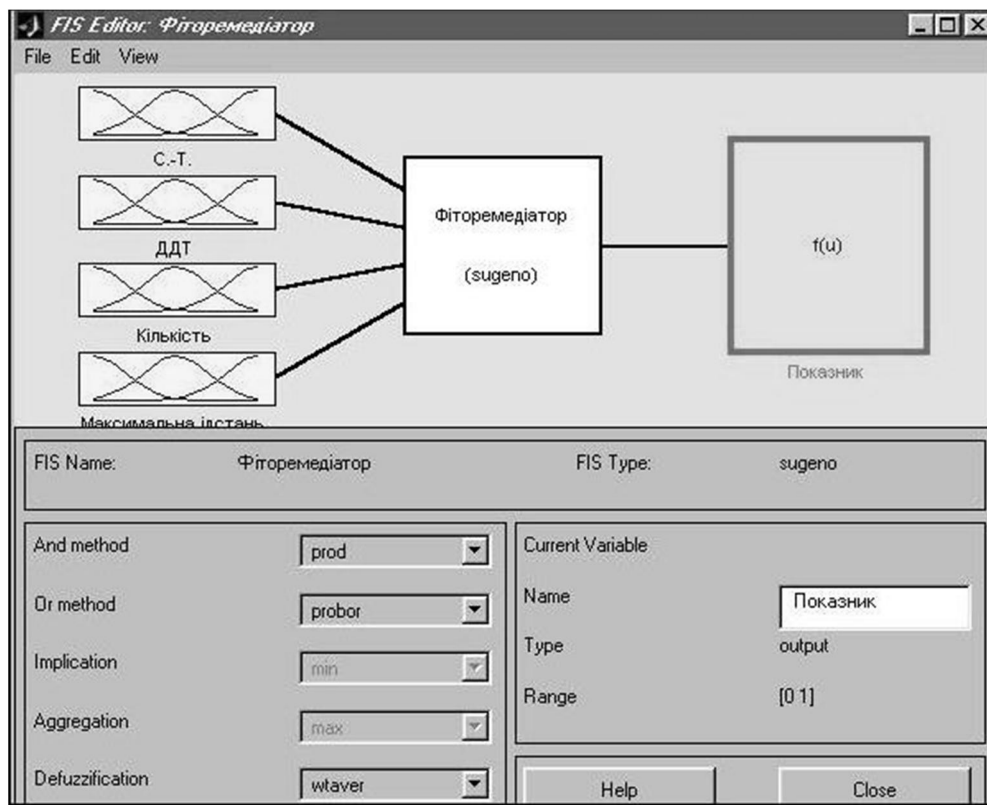


Рис.3. Зовнішній вигляд робочого модуля FIS-редактора системи MatLAB

2. Розроблену інтелектуальну систему прийняття рішень щодо фіторемедіативних властивостей дикорослих рослин, враховуючи оперативність її функціонування та простий програмний інтерфейс FIS-редактора системи MatLAB, доцільно використовувати у роботі дорадчих агроконсалтингових підприємств.

Список літератури

1. Дунин-Барковский В.Л. Информационные процессы в нейронных структурах / В.Л. Дунин-Барковский. – М.: Наука, 1978.- 163 с.
2. Гилмор Д.В. Автоматизированное приобретение знаний с помощью нейронных сетей / Д.В. Гилмор // Техническая кибернетика, 1994. – № 5.– С. 93 – 96.
3. Кохонен Т. Ассоциативные запоминающие устройства / Т. Кохонен. – М.: Мир, 1982. – 384 с.
4. Лисенко В.П. Синтез енергоефективної адаптивної системи керування електрокоагуляційною очисткою стічних вод птахівничого комплексу на основі гібридних нейронних мереж / В.П. Лисенко, В.М. Штепа // Аграрна наука і освіта. – К.: НАУ. – 2007. – Т.8 № 1 – 2. – С. 77 – 83.
5. Лисенко В.П. Порівняння моделей процесу електрохімічної очистки стічних вод птахофабрики, отриманих методами математичної статистики та ANFIS / В.П. Лисенко, В.М. Штепа // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – Луганськ: МАІ – 2007. – № 1 (14). – С. 37 – 40
6. Штепа В.М. Ресурсозберігаюча схема очистки стічних вод птахівничого комплексу із використанням нейроінформаційної системи керування / В.М. Штепа // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні проблеми екології”. – Житомир: ЖДТУ. – 2007. – С. 205 – 207
7. Green S., Hoffnagle A. Phytoremediation field studies database for chlorinated solvents, pesticides, explosives, and metals. 2004, 163 p.
8. Петришина В.А. Дослідження ферментативної активності сірого опідзоленого ґрунту в умовах пестицидного навантаження / В.А. Петришина // Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції “Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва”.– К.:Інститут агроєкології УААН. – 2007. – С.99 – 101.

Рассмотрены предпосылки создания нейроинформационной модели выявления фиторемедиационных свойств дикорастущих растений. Синтезирована соответствующая ANFIS-модель, исследовано качество её функционирования.

Нейронная сеть, фиторемедиация, модель

There has been studied technology necessity for create neuralinformation model device which allows allocating wild-growing plants species tolerant to high pesticide loading.. There has been created ANFIS-model and studied its works behaviours.

Neural networks, fitoremediation, model