



УКРАЇНА

(19) UA (11) 113462 (13) U
(51) МПК (2016.01)
G06N 3/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 08297	(72) Винахідник(и): Кутковецький Валентин Якович (UA), Турти Марина Валентинівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 27.07.2016	(73) Власник(и): ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, 54003 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.01.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.01.2017, Бюл.№ 2	

(54) ЕВОЛЮЦІЙНИЙ СПОСІБ ВИЖИВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

(57) Реферат:

Еволюційний спосіб виживання нейронної мережі (НМ) з прямим розповсюдженням сигналів складають зі з'єднаних послідовно блоків з порядковими номерами $e = 1, 2, \dots, E$, виконують навчання кожного блока окремо по порядку з вхідного блока $e=1$ до вихідного блока $e=E$ без зміни отриманих даних навченого блока, селекціонують (перевіряють і вибирають оптимальні дані) у кожному блоці вихідні дані за допомогою визначеної експертом процедури і функції мети F^e і передають отримані оптимальні дані з попереднього на наступний по порядку номеру блок, використовують вихідні дані останнього блока за порядковим номером $e=E$ як вихідні дані всієї НМ, експерт вводить у вхідний блок $e=1$ "насіння" - початкову інформацію, на базі якої отримується інформація наступних блоків. Кожний e -й блок має вхідний шар з $(n^e + m^{(e-1)})$ нейронів і вихідний шар з m^e нейронів, де $e = 1, 2, \dots, E$, - порядковий номер блока, без нелінійних активаційних функцій, та з одним входом з рівним 1 ваговим коефіцієнтом для $(n^e + m^{(e-1)})$ нейронів вхідного шару, n^e нейронів вхідного шару e -го блока нормалізують та розмножують елементи вхідного вектора стану зовнішнього середовища $X_e = (x_{1^e}, x_{2^e}, \dots, x_{j^e}, \dots, x_{n^e})$, де $j = 1^e, 2^e, \dots, n^e$ - порядковий номер змінної x_{j^e} , вхідного вектора стану зовнішнього середовища X_e , $m^{(e-1)}$ нейронів вхідного шару e -го блока нормалізують та розмножують змінні вектора $Y^{(e-1)} = (y_{1^{(e-1)}}, y_{2^{(e-1)}}, \dots, y_{i^{(e-1)}}, \dots, y_{m^{(e-1)}})$ вихідного шару попереднього $(e-1)$ -го блока, де $i^{(e-1)} = 1^{(e-1)}, 2^{(e-1)}, \dots, m^{(e-1)}$ - порядковий номер змінної вихідного вектора $Y^{(e-1)}$ попереднього $(e-1)$ -го блока; $m^{(e-1)}$ - загальна кількість нейронів вихідного шару попереднього $(e-1)$ -го блока; $y_{i^{(e-1)}}$ - змінна вихідного вектора $Y^{(e-1)}$ попереднього $(e-1)$ -го блока.

UA 113462 U

Корисна модель належить до нейрокібернетики і може бути використана у нейрокомп'ютерах та штучних нейронних мережах (НМ), які у відповідь на введені на вході змінні зовнішнього середовища $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ дають оптимальний адекватний вихід $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$.

5 Відомо, що штучні НМ моделюють спроможність біологічних нейронів до прийняття оптимального рішення в складних навколишніх умовах. Наприклад, штучні НМ використовують генетичні та еволюційні методи оптимізації біологічних нейронів [1-5]. Генетичні алгоритми [1-5] використовують апарат хромосом та генів для пристосування до навколишнього середовища з виконанням спочатку селекції, а потім рекомбінації, а еволюційні алгоритми спочатку виконують
10 рекомбінацію, а потім селекцію [3, 4, 6, 7]. Ми будемо розглядати еволюційний алгоритм у вигляді методу групового урахування аргументів (МГУА), за яким ЕОМ по введених навчальних даних сама вибирає змінні, клас рівнянь та адекватну опорну функцію, "вирощує популяції" математичних моделей звичайно у вигляді поліномів з наступною селекцією моделей з найменшою похибкою по відношенню до заданих навчальних даних [7, 8].

15 Відомий генетичний спосіб оптимізації нейронної мережі (НМ) з прямим розповсюдженням сигналів, яку складають зі з'єднаних послідовно блоків із порядковими номерами $e = 1, 2, \dots, E$, виконують навчання кожного блока окремо по порядку із вхідного блока $e=1$ до вихідного блока $e = E$ без зміни отриманих даних навченого блока, селекціонують (перевіряють і вибирають оптимальні дані) у кожному блоці вихідні дані за допомогою визначеної експертом процедури і
20 функції мети F^e , отримують оптимальні дані і передають їх з попереднього на наступний по порядку номеру блок, використовують вихідні дані останнього блока за порядковим номером $e = E$ як вихідні дані всієї НМ, експерт вводить у вхідний блок $e=1$ початкову навчальну інформацію, на базі якої отримується інформація наступних блоків, який відрізняється тим, що у кожний блок вміщують популяцію об'єктів, кожний з яких кодується як хромосому, що є розв'язком
25 задачі і складається з ряду упорядковано розміщених в хромосомі бітів - генів, по відношенню до об'єктів популяції застосовують три природних механізми еволюційного відбору (селекція - добір найсильніших наборів хромосом популяції, яким відповідають оптимальні рішення; схрещування - генерація нових індивідів за допомогою змішування хромосомних наборів відібраних індивідів; мутацію - випадкові зміни генів хромосом у деяких індивідів популяції перед
30 схрещуванням або після схрещування), з передачею отриманої в результаті селекції популяції наступному блоку та з відбором оптимального розв'язку задачі (оптимальної хромосоми) з останнього блока [2, 5].

Недоліком даного способу оптимізації є те, що на основі генетичних алгоритмів неможливо передбачувати розвиток НМ у часі чи просторі, неможливо планувати втручання у розвиток НМ,
35 яке б гарантувало виживання модельованих об'єктів. Наприклад, генетично ідеальна пшениця щорічно дає різний врожай; у боротьбі за її виживання у залежності від зовнішніх умов обов'язково використовуються різні агротехнічні заходи боротьби за врожай. Для прогнозу розвитку пшениці на кожній фазі її зростання і для планування агротехнічних заходів у боротьбі за її виживання виникає потреба урахування впливу зовнішніх умов (початкових, поточних, кінцевих) та якості об'єктів моделювання у початку кожної фази розвитку (від якості насіння чи якості рослин у початку кожної фази залежить їх розвиток у цій фазі).

Найбільш близьким до заявленого способу є відомий еволюційний спосіб оптимізації нейронної мережі (НМ) з прямим розповсюдженням сигналів, яку складають зі з'єднаних послідовно блоків з порядковими номерами $e = 1, 2, \dots, E$, виконують навчання кожного блока
45 окремо по порядку з вхідного блока $e=1$ до вихідного блока $e = E$ без зміни отриманих даних навченого блока, селекціонують (перевіряють і вибирають оптимальні дані) у кожному блоці вихідні дані за допомогою визначеної експертом процедури і функції мети F^e і передають отримані оптимальні дані з попереднього на наступний по порядку номеру блок, використовують вихідні дані останнього блока за порядковим номером $e = E$ як вихідні дані всієї
50 НМ, експерт вводить у вхідний блок $e=1$ навчальну інформацію, який відрізняється тим, що у 1-му блоці отримують початковий 1-й ряд селекції у вигляді навчальних даних зі змінними x_1, x_2, \dots, x_m , з яких далі "вирощують популяції" складних формул, по найменшій похибці апроксимації формулою навчальних даних виконують селекцію ліпших з них у наступну популяцію, отримують розв'язок задачі з виходу останнього блока [6, 7].

55 Недоліками прийнятого за прототип способу оптимізації є погіршення прогнозу по наступних причинах:

моделювання спрямоване на "точне" (з найменшими похибками) відображення статичних (часто - стохастичних) введених незмінних навчальних даних "вхід - вихід" за весь період, що

розглядається. Це стосується також аналізу якості води водоймища у залежності від пори року (зима, весна, літо, осінь) [7], бо на кожному пору року отримується окрема математична модель з найменшою похибкою по відношенню до введених навчальних даних;

5 модель виконує поетапну (поблокову) самоорганізацію лише з точки зору наближення до точного відображення навчальних даних, а не реакції на зміну поточного стану об'єкта моделювання і на зміну поточного стану навколишнього середовища, бо навчальні пари "вхід - вихід" не змінюються;

виконання задачі точної апроксимації даних навчальних пар за допомогою НМ [6, 7] ослаблює головну перевагу нейронів: здатність змінювати параметри НМ (вчитись і набувати новий досвід виживання) в нових умовах - при зміні й об'єкта моделювання і зовнішнього середовища.

Причиною, що перешкоджає одержанню очікуваного технічного результату у прототипі (підвищення точності прогнозування, планування втручання у розвиток НМ з метою забезпечення їх виживання), є прийнятий алгоритм роботи НМ.

15 В основу запропонованого еволюційного способу виживання НМ поставлена задача підвищення точності прогнозування їх розвитку та можливість планування втручання у розвиток НМ з метою забезпечення виживання НМ.

Спосіб прототипу має погіршені інтелектуальні можливості через відсутності взаємодії зі змінним навколишнім середовищем (зовнішнє середовище прототипу задане у вигляді незмінних навчальних даних), що зменшує точність прогнозу реального розвитку об'єктів НМ та ефективність планування поточних дій стосовно виживання об'єктів НМ.

Загальні суттєві ознаки запропонованого еволюційного способу виживання НМ, які співпадають із суттєвими ознаками прототипу, полягають у тому, що розглядається НМ з прямим розповсюдженням сигналів, яку складають зі з'єднаних послідовно блоків з
25 порядковими номерами $e = 1, 2, \dots, E$, виконують навчання кожного блока окремо по порядку з вхідного блока $e=1$ до вихідного блока $e = E$ без зміни отриманих даних навченого блока, селекціонують (перевіряють і вибирають оптимальні дані) у кожному блоці вихідні дані за допомогою визначеної експертом процедури і функції мети F^e і передають отримані оптимальні дані з попереднього на наступний по порядку номеру блок, використовують вихідні дані останнього блока за порядковим номером $e = E$ як вихідні дані всієї НМ, експерт вводить у
30 вхідний блок $e=1$ навчальну інформацію.

Суттєві ознаки запропонованого еволюційного способу виживання НМ, що є достатніми у всіх випадках і характеризують запропонований винахід на відміну від прототипу, полягають у тому, що кожний e -й блок має вхідний шар з $(n^e + m^{(e-1)})$ нейронів і вихідний шар з m^e нейронів,
35 де $e = 1, 2, \dots, E$ - порядковий номер блока, без нелінійних активаційних функцій, та з одним входом з рівним 1 ваговим коефіцієнтом для $(n^e + m^{(e-1)})$ нейронів вхідного шару, n^e нейронів вхідного шару e -го блока нормалізують та розмножують елементи вхідного вектора стану зовнішнього середовища $X^e = (x_{1^e}^e, x_{2^e}^e, \dots, x_{j^e}^e, \dots, x_{n^e}^e)$, де $j = 1^e, 2^e, \dots, n^e$ - порядковий номер

змінної $x_{j^e}^e$ вхідного вектора стану зовнішнього середовища X^e , $m^{(e-1)}$ нейронів вхідного шару e -
40 го блока нормалізують та розмножують змінні вектора $Y^{(e-1)} = (y_{1^{(e-1)}}^{(e-1)}, y_{2^{(e-1)}}^{(e-1)}, \dots, y_{i^{(e-1)}}^{(e-1)}, y_{m^{(e-1)}}^{(e-1)})$

вихідного шару попереднього $(e-1)$ -го блока, де $i^{(e-1)} = 1^{(e-1)}, 2^{(e-1)}, \dots, m^{(e-1)}$ - порядковий номер змінної вихідного вектора $Y^{(e-1)}$ попереднього $(e-1)$ -го блоку; $m^{(e-1)}$ - загальна кількість

нейронів вихідного шару попереднього $(e-1)$ -го блока; $y_{i^{(e-1)}}^{(e-1)}$ - змінна вихідного вектора $Y^{(e-1)}$ попереднього $(e-1)$ -го блока, причому для блока $e=1$ вхідний вектор $Y^{(e-1)} = Y^{(0)}$ вводить

45 експерт, як оцінку початкового значення вектора Y^e для $e=1$ (тобто як "насіння"), нейрони вихідного шару e -го блока на своїх виходах виводять вихідний сигнал e -го блока $Y^e = (y_{1^e}^e, y_{2^e}^e, \dots, y_{i^e}^e, \dots, y_{m^e}^e)$, де $i^e = 1^e, 2^e, \dots, m^e$ - порядковий номер елемента вихідного вектора

Y^e e -го блока; m^e - загальна кількість нейронів вихідного шару e -го блока; $y_{i^e}^e$ - змінна вихідного вектора Y^e , а навчання кожного e -го блока виконують, наприклад, за дельта-правилом або за

методом найменших квадратів та ін. при використанні навчальних пар, кожна з яких складається, з одного боку, з вхідних векторів X^e та $Y^{(e-1)}$ вхідного шару нейронів e-го блока, а з іншого боку - з вектора Y^e вихідного шару e-го блока.

5 Передбачуваний еволюційний спосіб виживання НМ розглядається на прикладі НМ для прогнозування зростання і розвитку озимої пшениці. Озима пшениця має шість фаз розвитку (тобто порядкові номери блоків НМ дорівнюють $e=1, 2, \dots, 6$; $E = 6$); нижче наведений для пояснення неповний перелік "нормальних" вхідних та вихідних змінних цих фаз.

1. СХОДИ ($e = 1$). Потрібна температура в межах 12-17 °С. Сходи з'являються через 15-25 днів. Схожість за статистикою дорівнює 50-70 % (тобто до половини насіння не дає сходів).

10 2. КУЩІННЯ ($e=2$) настає після утворення 3-4 листків. Потрібна температура в межах 13-18 °С. Коефіцієнт кущіння і необхідну густоту посівів можна регулювати за допомогою агротехніки. Інколи для аналізу розвитку рослин використовують інтегровану у часі температуру.

15 3. ВИХІД В ТРУБКУ ($e=3$). Початком фази вважають момент, коли на головному пагоні з'являється перший стебловий вузол на відстані 2-5 см від поверхні ґрунту. Фаза триває 25-30 днів. Інтенсивно наростає вегетативна маса. Формуються генеративні органи. В цей період росту пшениці необхідно мати максимум води і поживних речовин. Площа листової поверхні на 1 га повинна становити 50-60 тис.м² і більше.

20 4. КОЛОСІННЯ ($e=4$). Відбувається інтенсивне зростання стебла та вихід колоса з піхви верхнього листка. Продовжується формування репродуктивних органів, збільшення вегетативної маси і сухої речовини. Інтенсивність цих процесів залежить від забезпеченості вологою і елементами живлення. Це найбільш ефективний період для обробки посівів з метою захисту від хвороб.

25 5. ЦВІТІННЯ ($e=5$). За нормальних умов вегетації через 4-5 днів після виколошування настає цвітіння, яке триває 3-6 днів.

30 6. ФАЗИ СТИГЛОСТІ ($e=6$). Після цвітіння і запліднення зі стінок зав'язі утворюється оболонка зерна. Зростання стебла, листків і коренів майже припиняється і пластичні речовини надходять тільки до зерна. Період формування зерна триває 12-16 днів і під кінець цього періоду настає молочна стиглість. Зерно в цій фазі має нормальну величину, але ще зелене, молокоподібної консистенції з вологістю зерна 60-40 %. У восковій фазі стиглості консистенція зерна нагадує віск, вологість зерна становить 40-20 %. У кінці цієї фази надходження поживних речовин у зерно і його зростання припиняється. У цей період починають роздільне збирання. За повної стиглості вологість зерна знижується до 20-14 %, воно стає твердим і втрачає зв'язок з материнською рослиною. У разі запізнення з обмолотом найбільш цінне зерно, яке досягає

35 раніше, легко осипається, що призводить до втрат урожаю.
Передбачуваний еволюційний спосіб виживання НМ ілюструється структурною схемою (див. креслення) e-го блока НМ з еволюційним способом виживання, яка розглянута для прогнозування зростання озимої пшениці. Всі блоки за способом навчання та дії є однаковими, з'єднуються послідовно і утворюють одну НМ прогнозування.

40 На структурній схемі e-го блока помічено:

"Блок №e, $e = 1, 2, \dots, E$ " - блок з порядковим номером e. Для НМ вхідним є блок з порядковим номером $e=1$, а вихідним є блок $e = E$;

$$x_{1e}^e, x_{2e}^e, \dots, x_{je}^e, \dots, x_{ne}^e,$$

- змінні вхідного вектора стану зовнішнього середовища
 $X^e = (x_{1e}^e, x_{2e}^e, \dots, x_{je}^e, \dots, x_{ne}^e)$ e-го блока (тут нижні індекси $j^e = 1^e, 2^e, \dots, n^e$ - порядкові номери

45 змінних $x_{j^e}^e$), які ураховують для e-го блока час фази, температуру, вологість, добрива, конкурентів, шкідників тощо;

$$(y_{1^{(e-1)}}^{(e-1)}, y_{2^{(e-1)}}^{(e-1)}, \dots, y_{i^{(e-1)}}^{(e-1)}, y_{m^{(e-1)}}^{(e-1)}) \quad Y^{(e-1)} = (y_{1^{(e-1)}}^{(e-1)}, y_{2^{(e-1)}}^{(e-1)}, \dots, y_{i^{(e-1)}}^{(e-1)}, y_{m^{(e-1)}}^{(e-1)})$$

- змінні вихідного вектора переднього навченого (e-1)-го блока, який є вхідним вектором до e-го блока (тут нижні індекси

50 $i^{(e-1)} = 1^{(e-1)}, 2^{(e-1)}, \dots, m^{(e-1)}$ - порядкові номери змінних $y_{i^{(e-1)}}^{(e-1)}$) і який ураховує час завершення фази, загальний стан рослин, біологічну масу рослин, наявність пошкоджень, розміри рослин,

стан кореневої системи тощо. Змінні даного вектора $Y^{(e-1)}$ впливають на відповідну функцію

мети $F^{(e-1)}$ (e-1)-го блока. Для блока $e=1$ вхідний вектор $Y^{(e-1)} = Y^{(0)}$ вводить експерт, як оцінку початкового значення вектора Y^e для $e=1$ (тобто як "насіння");

1 - вагові коефіцієнти входів нейронів вхідного шару e-го блока;

$y_{1^e}, y_{2^e}, \dots, y_{i^e}, \dots, y_{m^e}$ - змінні вихідного вектора $Y^e = (y_{1^e}, y_{2^e}, \dots, y_{i^e}, \dots, y_{m^e})$ e-го блока (тут

5 нижні індекси $i^e = 1^e, 2^e, \dots, m^e$ - порядкові номери змінних y_{i^e}), який ураховує час завершення фази, загальний стан рослин, біологічну масу рослин, наявність пошкоджень, розміри рослин, стан кореневої системи та ін. для e-го блока; m^e - загальна кількість нейронів вихідного шару e-го блока. Змінні даного вектора Y^e впливають на відповідну функцію мети F^e e-го блока.

10 Двошарову НМ e-го блока вважаємо НМ з прямим розповсюдженням сигналів, у якій вихід кожного нейрону вхідного шару пов'язаний з кожним входом нейрону вихідного шару блока.

Якщо об'єднати два вхідних вектори e-го блока в один вхідний вектор $Z^e = [X^e, Y^{(e-1)}]$, у якому постійна змінна "1" для ураховання вільного члена не введена (щоб розподілити значення функції мети лише між вихідними змінними блока), то для нейронів без активаційних функцій отримуємо матричне рівняння $Y^e = Z^e W^e$, де W^e - матриця вагових коефіцієнтів нейронів

15 другого шару e-го блока, звідки по статистичних даних входу Z^e та виходу Y^e для заданої місцевості визначаємо вагові коефіцієнти нейронів W^e :

$$Z^{eT} Y^e = (Z^{eT} Z^e) W^e;$$

$$(Z^{eT} Z^e)^{-1} Z^{eT} Z^e = (Z^{eT} Z^e)^{-1} (Z^{eT} Z^e) W^e;$$

$$W^e = (Z^{eT} Z^e)^{-1} Z^{eT} Y^e.$$

20 Таким чином, навчання кожного e-го блока НМ може звестись до розв'язку матричного рівняння за методом найменших квадратів. Але навчання може відбуватись і за дельта-правилом або іншими методами.

Навчена НМ складається з навчених описаним чином блоків.

Для прогнозування врожаю озимої пшениці на вхідні шари нейронів блоків $e=1, 2, \dots, 6$ по

25 черзі послідовно надаються вхідні вектори $Z^e = [X^e, Y^{(e-1)}]$ і з виходів нейронів вихідних шарів послідовно по черзі отримуються вектори Y^e , по яких за функціями мети F^e у скороченому вигляді визначаються стани рослин озимої пшениці після завершення e-ої фази.

Функцію мети F^e e-го блока має вигляд

$$F^e = \sum_{\lambda=1}^{(n^e + m^{(e-1)})} g_{\lambda}^e z_{\lambda}^e,$$

30 де $\lambda = 1, 2, \dots, (n^e + m^{(e-1)})$ - порядковий номер змінної z_{λ}^e вхідного вектора Z^e e-го блока;

$g_{\lambda}^e = 0 \dots 1$ - визначена експертом оцінка ідеального впливу змінної z_{λ}^e при значеннях для

$$\sum_{\lambda=1}^{(n^e + m^{(e-1)})} g_{\lambda}^e = 1.$$

кожної змінної $z_{\lambda}^e = 1$ та при умові $\sum_{\lambda=1}^{(n^e + m^{(e-1)})} g_{\lambda}^e = 1$ У результаті для ідеального випадку, коли $z_{\lambda}^e = 1 = \text{const}$, функція мети набуває значення $F^e = 1$;

35 $z_{\lambda}^e = 0 \dots 1$ - позитивне значення реально спостереженої змінної вхідного вектора Z^e e-го блока, зі зростанням якої зростає й функція мети F^e . У реальних випадках $F^e < 1$. Якщо зі зростанням деякої змінної $(z_{\lambda}^e)^*$ функція мети F^e зменшується, то потрібно використовувати змінну $z_{\lambda}^e = 1 - (z_{\lambda}^e)^* = 0 \dots 1$.

Результуюча функція мети всієї НМ отримується як F^E на виході останнього E-го блока.

40 В основу роботи НМ покладений алгоритм виживання рослин у навколишньому середовищі, який також застосовують і інші організми.

Хоча рослини не мають мозку і не мають нейронів, але їх складна взаємодія з навколишнім середовищем відбувається по чітких і розумних правилах, які ураховують сприятливість чи несприятливість для розвитку і виживання рослини подій і даних навколишнього середовища. Можна вважати, що нейрони рослини розповсюджені по її тілу.

Рослини, наче живі істоти, реагують на вхідні змінні навколишнього середовища $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ у вигляді тяжіння Землі; світла; концентрації вологи, хімічних та органічних сполук у ґрунті; температури повітря і ґрунту. Вони підкоряються генетичним і еволюційним законам, які використовуються і в нейронних мережах; "розуміють" логічні правила, за якими «"і" вологість, "і" поживні речовини, "і" освітлення, "і" температура повинні бути сприятливими разом; "воюють" з навколишнім середовищем за "свою територію"; оптимально відповідають на вхідні змінні вектора X різною швидкістю зростання у різних частинах рослини та зміною тиску в певних групах клітин; деякі з них відкривають та закривають віночок квітки у відповідь на зміну освітленості; згортають листки при зміні температури; закривають листки комахоїдних рослин у відповідь на рухи комахи. Рослини не можуть переміщуватись і тому захищаються від негоди власними засобами, по яких люди (які мають вищий інтелект) передбачають погоду, бо власний інтелект людини не здатний на подібне прогнозування. Рослини реагують на події зовнішнього середовища, як живі наділені розумом істоти, з мозком і нейронами. Ці дії є інтелектуальними, вони використовуються і іншими живими істотами.

Таким чином, крім досвіду генетичного та еволюційного розвитку, у рослин можна використати також набутий ними досвід поетапного переходу від однієї фази розвитку до іншої з різними правилами реакцій на стан навколишнього середовища. При цьому всі або частка блоків можуть змінювати свій стан у часі $t^e = 0^e \dots T^e$ за заданими експертом алгоритмами всередині блоків.

Описаний екологічний спосіб виживання притаманний деяким складним інтелектуальним системам і людині, життя яких також можна розділити на етапи і розглядати їх розвиток і перехід у новий стан у залежності від отриманого за попередній етап початкового стану і стану навколишнього середовища.

Еволюційний спосіб виживання НМ збільшує точність прогнозування розвитку НМ через урахування дії навколишнього середовища. Спосіб надає можливість прогнозувати ускладнення розвитку НМ і, отже, дозволяє планувати виконання додаткових дій по їх виживанню.

Джерела інформації:

1. Holland J.L. Adaptations in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Application to Biology, Control and Artificial Systems // The University of Michigan Press, Ann Arbor. - 1975.

2. Руденко О.Г., Бодяньський С.В. Штучні нейронні мережі. - Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. - 404 с.

3. Кононюк А.Ю. Нейронні мережі і генетичні алгоритми. - Київ: "Корнійчук", 2008. - 446 с

4. Elizonzo D.A., Matthews S.G. Recent Patents on Computational Intelligence//Centre for Computational Intelligence. School of Computing. De Montfort University. Leicester, LE9 1BH. +44(0)116.2078471. <https://www.staff.ncl.ac.uk/stephen.matthews/pdf/Recent-Patents-on-Computational-Intelligence.pdf>

5. Alope Guha, Steven A. Harp, Tariq Samad. Genetic synthesis of neural networks, WO1990011568 A1. Дата публікації 04.10.1990.

6. Ивахненко А.Г. Самоорганизация системы распознавания и автоматического управления. - К.: Техніка, 1966. - 322 с.

7. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. - К.: Наук, думка, 1981. - 296 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Еволюційний спосіб виживання нейронної мережі (НМ) з прямим розповсюдженням сигналів, яку складають зі з'єднаних послідовно блоків з порядковими номерами $e = 1, 2, \dots, E$, виконують навчання кожного блока окремо по порядку з вхідного блока $e=1$ до вихідного блока $e=E$ без зміни отриманих даних навченого блока, селекціонують (перевіряють і вибирають оптимальні дані) у кожному блоці вихідні дані за допомогою визначеної експертом процедури і функції мети F^e і передають отримані оптимальні дані з попереднього на наступний по порядку номеру блок, використовують вихідні дані останнього блока за порядковим номером $e=E$ як вихідні дані всієї НМ, експерт вводить у вхідний блок $e=1$ "насіння" - початкову інформацію, на базі якої отримується інформація наступних блоків, який **відрізняється** тим, що кожний e -й блок має вхідний шар з $(n^e + m^{(e-1)})$ нейронів і вихідний шар з m^e нейронів, де

- $e=1, 2, \dots, E$, - порядковий номер блока, без нелінійних активаційних функцій, та з одним входом з рівним 1 ваговим коефіцієнтом для $(n^e + m^{(e-1)})$ нейронів вхідного шару, n^e нейронів вхідного шару e -го блока нормалізують та розмножують елементи вхідного вектора стану зовнішнього середовища $X_e = (x_{1^e}, x_{2^e}, \dots, x_{j^e}, \dots, x_{n^e})$, де $j=1^e, 2^e, \dots, n^e$ - порядковий номер змінної x_{j^e} , вхідного вектора стану зовнішнього середовища $X^{e, m^{(e-1)}}$ нейронів вхідного шару e -го блока нормалізують та розмножують змінні вектора $Y^{(e-1)} = (y_{1^{(e-1)}}, y_{2^{(e-1)}}, \dots, y_{i^{(e-1)}}, \dots, y_{m^{(e-1)}})$ вхідного шару попереднього $(e-1)$ -го блока, де $i^{(e-1)} = 1^{(e-1)}, 2^{(e-1)}, \dots, m^{(e-1)}$ - порядковий номер змінної вихідного вектора $Y^{(e-1)}$ попереднього $(e-1)$ -го блока; $m^{(e-1)}$ - загальна кількість нейронів вхідного шару попереднього $(e-1)$ -го блока; $y_{i^{(e-1)}}$ - змінна вихідного вектора $Y^{(e-1)}$ попереднього $(e-1)$ -го блока, причому для блока $(e=1)$ вхідний вектор $Y^{(e-1)} = Y^{(0)}$ вводить експерт, як оцінку початкового значення вектора Y^e для $(e=1)$ (тобто як "насіння"), нейрони вхідного шару e -го блока на своїх виходах виводять вихідний сигнал e -го блока $Y^e = (y_{1^e}, y_{2^e}, \dots, y_{i^e}, \dots, y_{m^e})$, де $i^e = 1^e, 2^e, \dots, m^e$ $i^e = \Gamma$ - порядковий номер елемента вихідного вектора Y^e e -го блока; m^e - загальна кількість нейронів вихідного шару e -го блока; y_{i^e} - змінна вихідного вектора Y^e , а навчання кожного e -го блока виконують, наприклад, за дельта-правилом або за методом найменших квадратів та ін. при використанні навчальних пар, кожна з яких складається, з одного боку, з вхідних векторів X^e та $Y^{(e-1)}$ вхідного шару нейронів e -го блока, а з іншого боку - з вектора Y^e вихідного шару e -го блока.
2. Еволюційний спосіб виживання нейронної мережі за п. 1, який **відрізняється** тим, що всі або частка блоків змінюють свій стан у часі $t^e = 0^e \dots T^e$ за заданими експертом алгоритмами всередині блоків.

