



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **135383** (13) **U**
(51) МПК (2019.01)
G06N 3/00
G06N 3/02 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2019 01047	(72) Винахідник(и):	Кутковецький Валентин Якович (UA), Турти Марина Валентинівна (UA)
(22) Дата подання заявки:	01.02.2019	(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:	25.06.2019		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.06.2019, Бюл.№ 12		

(54) НЕЙРОН СОРТУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ФУНКЦІЙ**(57) Реферат:**

Нейрон сортування значень функцій, який має n входів вхідного оператора з ваговими коефіцієнтами $w_j=1, j=1, 2, \dots, n$, до яких увімкнені відповідні змінні x_j вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, має m виходів для виведення вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, згідно з корисною моделлю вхідний оператор нейрона призначений для отримання на його n входах змінних $x_j, j=1, 2, \dots, n$, вхідного вектора X , а на m виходах - залежних від змінних вхідного вектора X і призначених для сортування значень заданих експертом функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, у вигляді вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що увімкнені до входу активаційної функції нейрона, яка має перший вектор контролю $F1 = (f1_1, f1_2, \dots, f1_u, \dots, f1_m)$, де $f1_u = -1/1; u=1, 2, \dots, m$, - ознака, що відповідна функція $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, не врахована (при $f1_u = -1$), або врахована (при $f1_u=1$) у вихідному векторі нейрона $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, призначений для реєстрації використання значень функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, у вигляді сортованих вихідних змінних $y_i; i = 1, 2, \dots, m$, по умові $y_i \geq y_{i+1}$ у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, має вихідний стосовно нейрона та стосовно активаційної функції другий вектор контролю $F2 = (f2_1, f2_2, \dots, f2_i, \dots, f2_m)$, де $f2_i=u, i = 1, 2, \dots, m, u=1, 2, \dots, m$, - елемент вихідного другого вектора контролю $F2$, призначеного для реєстрації порядкового номера "u" функції $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, який дорівнює у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ відповідному значенню функції $y_i = f_u$ при умові $y_i \geq y_{i+1}$, призначений для реєстрації порядкових номерів використаних при сортуванні у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ значень функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$ при умові $y_i \geq y_{i+1}$ та призначена для визначення даних вихідних векторів $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ і $F2 = (f2_1, f2_2, \dots, f2_i, \dots, f2_m)$ за алгоритмом:

A: = 0; For u: = 1 to m do Begin $f1_u := -1$; if $(A > f_u)$ then A: = f_u ; End;

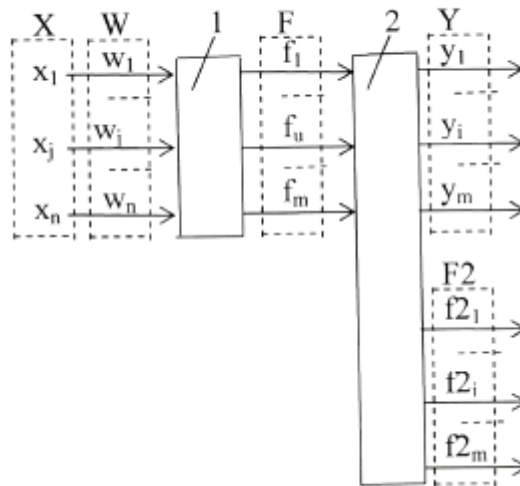
For i:= 1 to m do Begin B:= A; For u:= 1 to m do

Begin if $((f1_u < 0) \text{ And } ((f_u > B) \text{ Or } (f_u=B)))$ then Begin B: = f_u ; N: = u; End; End; $y_i := B$; $f1_N := 1$; $f2_i := N$; End;

де A - мінімальний елемент стосовно повного ряду функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що ще не переведеш у вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$; B - елемент, який у початку кожного процесу введення нової змінної y_i вихідного вектора Y призначений дорівнювати значенню A, а у кінці кожного процесу введення нової змінної y_i у вихідний вектор Y призначений стати рівним максимальному значенню серед тих значень функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що ще не увійшли у вихідний вектор Y ; N - порядковий номер наступної функції $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, який у процесі визначення нової змінної y_i вихідного вектора Y призначений для переведення з

UA 135383 U

початкового умовного порядкового номера $N=0$ на порядковий номер $N=u$ наступної найбільшої функції серед тих функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, які ще не переведені у змінні вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$; $j=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери елементів вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$; $u=1, 2, \dots, m$ - порядкові номери елементів векторів $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, $F1 = (f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1u}, \dots, x_{1m})$; $i = 1, 2, \dots, m$ - порядкові номери елементів вихідних векторів нейрона $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, $F2 = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$ та кроків циклу, кожний із яких призначений для реєстрації вибраних у результаті процесу їх визначення кінцевих оптимальних елементів векторів Y , $X1$, $X2$, які призначені для реєстрації нового найбільшого значення функції f_u вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, яке ще не увійшло у вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ і яке вводиться у змінні y ; вихідного вектора Y .



Корисна модель належить до нейронів та штучних нейронних мереж (НМ), призначених для реалізації логічного рішення стосовно сортування по величині ряду не упорядковано поданих значень заданих експертом функцій, що застосовується в нейрокібернетиці і може бути використане в нейрокомп'ютерах та в НМ при розв'язанні задач логічної обробки даних.

Відома нейронна мережа для сортування η даних, яка складається з нейронів і виконує паралельні розрахунки при відсутності похибок [1]. Недоліками цієї відомої НМ є збільшення вартості апаратного забезпечення, налагодження та обслуговування внаслідок використання збільшеної кількості нейронів.

Відомі НМ "MAX_0" та "MAX_1", які призначені для отримання на виході найбільшої з вхідних змінних сенсорного шару [2, 3]. Вони мають n входів, до яких увімкнені відповідні елементи вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ та один вихід для виведення максимального значення змінної вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$. Недоліком цих НМ є те, що вони не призначені для сортування на виході по величині всіх змінних вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ у вигляді вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$.

Відомий ШНМ-компаратор (ШНМ - штучна нейронна мережа), призначений для виділення з елементів вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ їх максимального значення [4, с. 102-106; 5]. Недоліком ШНМ-компаратора є те, що він не призначений для сортування на виході всіх елементів вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ у вигляді вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$.

Недоліком існуючих моделей нейронів є звужені функціональні можливості оцінки введених даних та реалізації логічного рішення.

Як найближчий аналог вибрано нейрон T_MAX, який використовується для виділення найбільшого значення з ряду змінних вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ [6].

Нейрон TMAX має η входів з ваговими коефіцієнтами $w_j=1$; $j=1, 2, \dots, n$, до яких увімкнені відповідні змінні x_j вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, має n виходів для виведення вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$, згідно з корисною моделлю кожний елемент y_i призначений для виведення значення "0", якщо відповідне значення змінної x_j вхідного вектора менше максимального значення змінної вхідного вектора X , та призначений для виведення значення "1", якщо значення змінної x_j вхідного вектора дорівнює максимальному значенню змінної вхідного вектора X [6].

Недоліком нейрона T_MAX є зменшена функціональна здатність нейрона, оскільки при однаковій кількості входів та виходів на виходах нейрона T_MAX не наводяться сортовані змінні вхідного вектора X . Для виконання роботи одного пропонованого нейрона сортування значень функцій потрібно використати $(n-1)$ нейронів аналогу T_MAX. Запропонований нейрон сортування значень функцій не потребує навчання, дозволяє одночасно визначити максимальне, мінімальне та проміжне значення функцій, дозволяє зменшити витрати на обладнання, обслуговування та налагодження нейронів.

Причини, які перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату у найближчому аналогу (зменшення витрат на обладнання, на обслуговування та налагодження нейронів, отримання на виході Y сортованих значень функцій), є прийнятий алгоритм розв'язку задачі.

Недоліком прийнятого за найближчий аналог нейрона T_MAX є обмежена функціональна здатність та збільшення витрат на обладнання, обслуговування та налагодження нейронів у нейронній мережі.

Технічним результатом пропонованої корисної моделі є розширення функціональної здатності нейрона та зменшення витрат на обладнання, обслуговування та налагодження нейронів у нейронній мережі.

Загальні суттєві ознаки пропонованого нейрона сортування значень функцій, які співпадають із суттєвими ознаками аналогу, полягають у тому, що нейрон має n входів з ваговими коефіцієнтами $w_j=1$; $j=1, 2, \dots, n$, до яких увімкнені відповідні змінні x_j вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, має m виходів для виведення вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$.

Суттєві ознаки пропонованого нейрона сортування значень функцій, що є достатніми у всіх випадках і характеризують пропоновану корисну модель на відміну від аналогу, полягають у тому, що вхідний оператор нейрона призначений для отримання на його η входах змінних x_j , $j=1, 2, \dots, n$, вхідного вектора X , а на m виходах - залежних від змінних вхідного вектора X і призначених для сортування значень заданих експертом функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, у вигляді вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що увімкнені до входу активаційної функції нейрона, яка має перший вектор контролю

$$F_1 = (f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1u}, \dots, f_{1m}),$$

де $f_{1u} = -1/1$; $u=1, 2, \dots, m$, - ознака, що відповідна функція f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, не урахована (при $f_{1u} = -1$), або урахована (при $f_{1u}=1$) у вихідному векторі нейрона $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$,

5 призначений для реєстрації використання значень функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, у вигляді сортованих вихідних змінних y_i ; $i = 1, 2, \dots, m$, по умові $y_i \geq y_{i+1}$ у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$,

має вихідний стосовно нейрона та стосовно активаційної функції другий вектор контролю

$F_2 = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$,

10 де $f_{2i}=u$, $i = 1, 2, \dots, m$, $u=1, 2, \dots, m$, - елемент вихідного другого вектора контролю F_2 , призначеного для реєстрації порядкового номеру "u" функції f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, який дорівнює у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ відповідному значенню функції $y_i=f_u$ при умові $y_i \geq y_{i+1}$,

15 призначений для реєстрації порядкових номерів використаних при сортуванні у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ значень функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$ при умові $y_i \geq y_{i+1}$,

та призначена для визначення даних вихідних векторів $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ і $F_2 = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$ за алгоритмом

A := 0; For u:= 1 to m do Begin $f_{1u} := -1$; if (A > f_u) then A := f_u ; End;

For i:= 1 to m do Begin B:= A; For u:= 1 to m do

20 Begin if (($f_{1u} < 0$) And (($f_u > B$) Or ($f_u=B$))) then Begin B := f_u ; N:= u; End; End;

$y_i := B$; $f_{1N} := 1$; $f_{2i} := N$; End

де A - мінімальний елемент стосовно повного ряду функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що ще не переведені у вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$;

25 B - елемент, який у початку кожного процесу введення нової змінної y_i вихідного вектора Y призначений дорівнювати значенню A, а у кінці кожного процесу введення нової змінної y_i у вихідний вектор Y призначений стати рівним максимальному значенню серед тих значень функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що ще не увійшли у вихідний вектор Y ;

30 N - порядковий номер наступної функції f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, який у процесі визначення нової змінної y_i вихідного вектора Y призначений для переведення з початкового умовного порядкового номеру $N=0$ на порядковий номер $N=u$ наступної найбільшої функції серед тих функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, які ще не переведені у змінні вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$;

$j=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери елементів вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$;

35 $u=1, 2, \dots, m$ - порядкові номери елементів векторів $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, $F_1 = (f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1u}, \dots, f_{1m})$;

40 $i = 1, 2, \dots, m$ - порядкові номери елементів вихідних векторів нейрона $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, $F_2 = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$ та кроків циклу, кожний із яких призначений для реєстрації обраних у результаті процесу їх визначення кінцевих оптимальних елементів векторів Y , X_1 , X_2 , які призначені для реєстрації нового найбільшого значення функції f_u вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, яке ще не увійшло у вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ і яке вводиться у змінні y_i вихідного вектора Y .

Передбачуваний нейрон сортування значень функцій ілюструється фігурою, на якій наведена структурна схема нейрона сортування значень функцій та використані наступні позначення:

- $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ - вектор вхідних змінних x_j , $j=1, 2, \dots, n$;

- $W = (w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n)$ - вектор вагових коефіцієнтів w_j , $j=1, 2, \dots, n$, входів нейрона сортування значень функцій та входів його блоку вхідного оператора 1;

50 - $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$ - вектор значень функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, на виході блока вхідного оператора 1, які залежать від вхідних змінних нейрона x_j , $j=1, 2, \dots, n$;

- $j=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери змінних вектора X ;

- 1 - блок вхідного оператора нейрона сортування значень функцій;

- 2 - блок активаційної функції нейрона сортування значень функцій;

55 - $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ - вихідний вектор блока активаційної функції 2 та нейрона з сортованими за умовою $y_j \geq y_{j+1}$ значеннями функцій $y_i = f_u$, $u=1, 2, \dots, m$;

- $F_2 = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$ - другий вектор контролю на виході блока активаційної функції 2 та нейрона, призначений для реєстрації порядкового номеру "u" функції f_u , $u=1, 2, \dots, m$, яка утворює відповідний вихід $y_i=f_j$ у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$;

- $i = 1, 2, \dots, m$ - порядкові номери елементів вихідних векторів нейрона Y та F_2 .

Розглянемо опис структурної схеми пропонованого нейрона сортування значень функцій згідно наведеної фігури.

Вхідні змінні $x_j, j=1, 2, \dots, n$ вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ увімкнені до відповідних входів нейрона сортування значень функцій та його блоку вхідного оператора 1 з ваговими коефіцієнтами $w_j=1, j=1, 2, \dots, n$, згідно вектора $W = (w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n)$.

Блок вхідного оператора 1 нейрона сортування значень функцій призначений для видачі на виході блока 1 значень функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора значень функцій $F = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$, які з'єднані з входом блоку активаційної функції 2 нейрона сортування значень функцій.

Блок активаційної функції 2 нейрона має на вході дані вектора значень функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, а на виході блока активаційної функції 2 (що одночасно є виходом нейрона) має два вектори:

- вихідний вектор нейрона $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ з вихідними значеннями функцій $y_i=f_u, i = 1, 2, \dots, m; u=1, 2, \dots, m$, сортованими по умові $y_j \geq y_{j+1}$;

- вихідний другий вектор контролю $F2 = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$ з вихідними елементами $f_{2i}=u, i = 1, 2, \dots, m, u=1, 2, \dots, m$, призначеними для реєстрації у векторі контролю $F2$ порядкового номеру "u" сортованої функції $f_u, u=1, 2, \dots, m$, яка утворює відповідний елемент $y_i=f_u$ у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ по умові $y_j \geq y_{j+1}$.

Розглянемо роботу пропонованого нейрона.

Блок вхідного оператора 1 нейрона сортування значень функцій призначений для видачі значень визначених експертом функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$ на вхід блока активаційної функції 2.

Блок активаційної функції 2 нейрона сортування значень функцій має на вході дані вектора значень функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, а на виході блока активаційної функції 2 (що одночасно є виходом нейрона) має два вихідні вектори:

1. Вихідний вектор нейрона $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ із сортованими по умові $y_i \geq y_{i+1}$ даними значень функцій $y_i=f_u; i = 1, 2, \dots, m; u=1, 2, \dots, m$, вектора значень функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$.

2. Вихідний другий вектор контролю $F2 = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$ з вихідними елементами $f_{2i}=u, i = 1, 2, \dots, m, u=1, 2, \dots, m$, призначеними для реєстрації порядкового номеру "u" функцій $y, y = f_u; i = 1, 2, \dots, m; u=1, 2, \dots, m$, у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$.

У блоці активаційної функції 2 елементи векторів $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ та $F2 = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$ призначені для визначення за наступними операціями:

- $A := 0$; For $u := 1$ to m do Begin $f_{1u} := -1$; if $(A > f_u)$ then $A := f_u$; End; {Рядок призначений для введення початкових даних для сортування значень функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$;

- значення $A = 0$, яке у процесі сортування елементів вектора $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$ або замінюється найменшим елементом з вектора F , або залишається введеним найменшим числом у порівнянні з елементами вектора F , що не впливає на результати роботи, тому що далі величина A у процесі порівняння з елементами вектора F призначена прийняти значення наступного найбільшого f_u , яке ще не увійшло при сортуванні у елементи вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$;

- елементи першого вектора контролю $F1 = (f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1u}, \dots, f_{1m})$ призначені для контролю використання відповідних значень функцій вектора $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$ і призначені для отримання у початку сортування значення $f_{1u} = -1, u=1, 2, \dots, m$, що означає, що у початку роботи жодне значення функції f_u вектора $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$ не урахована у вихідному векторі Y ,

де $f_{1u} = -1; u=1, 2, \dots, m$, - ознаки, що значення функцій вектора $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$ не ураховані у вихідному векторі Y

- For $i := 1$ to m do Begin $B := A$; For $u := 1$ to m do

- Begin if $((f_{1u} < 0) \text{ And } ((f_u > B) \text{ Or } (f_u = B)))$ then Begin $B := f_u$; $N := u$; End; End;

- $y_i := B$; $f_{1N} := 1$; $f_{2i} := N$; End; {Цикл призначений для формування вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ і складається з кроків $i = 1, 2, \dots, m$. У результаті виконання кожного кроку "i" у вихідний вектор Y вводиться одна сортована змінна y_i . Кожний крок "i" призначений для виконання операцій:

- на кожному кроці "i" вводиться числове значення величини $B = A$. Значення B у початку кроку "i" дорівнює A , а у кінці кроку дорівнює наступному найбільшому значенню функцій f_u , яка ще не попала у процесі сортування у вихідний вектор змінних $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$;

- цикл з кроками $u=1, 2, \dots, m$ призначений для обрання (у результаті виконання всіх кроків циклу) у векторі F максимального значення серед значень функцій $B = f_u$ та його порядкового номера $N=u$ при умові, що обране максимальне значення функції f_u вектора F , яке ще не внесене при сортуванні у вихідні змінні вектора Y ;

- після отримання у циклі з кроками $i = 1, 2, \dots, m$ найбільшого значення функції $B = f_u$ та її порядкового номеру $N=u$, елемент $f_{1u}=1$ першого вектора контролю F_1 призначений для заборони подальшого використання у сортуванні обраного значення функції f_u вектора F),

де A - мінімальний елемент стосовно повного ряду значень функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що ще не переведені у вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$;

B - елемент, який у початку кожного процесу введення нової змінної y_i вихідного вектора Y призначений дорівнювати значенню A , а у кінці кожного процесу введення нової змінної y_i у вихідний вектор Y призначений стати рівним максимальному значенню серед тих значень функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що ще не увійшли у вихідний вектор Y ;

N - порядковий номер наступної функції $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, який у процесі визначення нової змінної y_i вихідного вектора Y призначений для переведення з початкового умовного порядкового номеру $N=0$ на порядковий номер $N=u$ наступної найбільшої функції серед тих функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, які ще не переведені у змінні вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$;

$j=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери елементів вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$;

$u=1, 2, \dots, m$ - порядкові номери елементів векторів $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, $F_1 = (f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1u}, \dots, f_{1m})$;

$i = 1, 2, \dots, m$ - порядкові номери елементів вихідних векторів нейрона $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, $F_2 = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$ та кроків циклу, кожний із яких призначений для реєстрації обраних в результаті процесу їх сортування оптимальних елементів векторів Y, F_1, F_2 , які призначені для реєстрації нового найбільшого значення функції f_u вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, яке ще не увійшло у вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ і яке вводиться у змінні y_i вихідного вектора Y .

У результаті на виході нейрона отримуємо:

- вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, кожний елемент y_i якого дорівнює одному з елементів вектора значень функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$ і сортований по умові $y_i \geq y_{i+1}$;

- вихідний вектор $F_2 = (f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2i}, \dots, f_{2m})$, кожний елемент якого дорівнює порядковому номеру $f_{2i}=u$ функції f_u , введеній у вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$.

Для виконання роботи одного пропонованого нейрона сортування значень функцій потрібно використати $(n-1)$ нейронів аналогу. Пропонований нейрон сортування значень функцій не має похибок, не потребує навчання, дозволяє одночасно визначити максимальну, мінімальну та проміжну оцінку впливу значень функцій, дозволяє зменшити витрати на обладнання, на обслуговування та налагодження нейронів.

Джерела інформації:

1. Shun-Shii Lin, Shen-Hsuan Hsu. A low-cost sorting network with $O(1)$ time complexity. Neurocomputing. 14.1997. P. 289-299.

2. Кутковецький В.Я., Турти М.В. Нейронна мережа "MAX_0". Патент України на корисну модель G06N 3/02, G06N 7/02, № 97940, 10.04.2015, Бюл. № 7. 4 с.

3. Кутковецький В.Я., Турти М.В. Нейронна мережа "MAX_1". Патент України на корисну модель G06F 17/16, G06N 3/02, № 97941, 10.04.2015, Бюл. № 7. 4 с.

4. Руденко О.Г., Бодянський С.В. Штучні нейронні мережі. Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. 404 с.

5. Zakharian S., Ladevig-Riebler P., Torez S. Neuronale Netze fur Ingenieure: Arbeits und Übungsbuch fur regelungstechnische Anwendungen. Braunschweig: Vieweg, 1998.

6. Кутковецький В.Я., Турти М.В. Нейрон "T_MAX". Патент України на корисну модель G06N 3/00, G11C 11/54, № 104875, 25.02.2016, Бюл. № 4. 2 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Нейрон сортування значень функцій, який має n входів вхідного оператора з ваговими коефіцієнтами $w_j=1, j=1, 2, \dots, n$, до яких увімкнені відповідні змінні x_j вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, має m виходів для виведення вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, який **відрізняється** тим, що вхідний оператор нейрона призначений для отримання на його n входах змінних $x_j, j=1, 2, \dots, n$, вхідного вектора X , а на m виходах - залежних від змінних вхідного вектора X і призначених для сортування значень заданих експертом функцій $f_u, u=1, 2, \dots, m$, у вигляді вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що увімкнені до входу активаційної функції нейрона, яка має перший вектор контролю $F_1 = (f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1u}, \dots, f_{1m})$, де $f_{1u} = -1/1; u=1, 2, \dots, m$, - ознака, що відповідна функція $f_u, u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, не врахована (при $f_{1u} = -1$), або врахована (при $f_{1u}=1$) у вихідному векторі нейрона $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i,$

..., y_m), призначений для реєстрації використання значень функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, у вигляді сортованих вихідних змінних y_i ; $i = 1, 2, \dots, m$, по умові $y_i \geq y_{i+1}$ у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, має вихідний стосовно нейрона та стосовно активаційної функції другий вектор контролю $F2 = (f2_1, f2_2, \dots, f2_i, \dots, f2_m)$, де $f2_i = u$, $i = 1, 2, \dots, m$, $u=1, 2, \dots, m$, - елемент вихідного другого вектора контролю $F2$, призначеного для реєстрації порядкового номера "u" функції f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, який дорівнює у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ відповідному значенню функції $y_i = f_u$ при умові $y_i \geq y_{i+1}$, призначений для реєстрації порядкових номерів використаних при сортуванні у вихідному векторі $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ значень функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$ при умові $y_i \geq y_{i+1}$ та призначена для визначення даних вихідних векторів $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ і $F2 = (f2_1, f2_2, \dots, f2_i, \dots, f2_m)$ за алгоритмом:

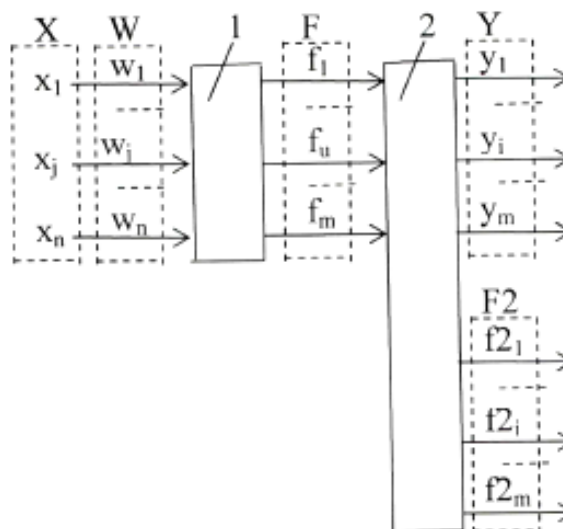
A: = 0; For u: = 1 to m do Begin $f1_u$: = -1; if (A > f_u) then A: = f_u ; End;

For i: = 1 to m do Begin B: = A; For u: = 1 to m do

Begin if (($f_u < 0$) And (($f_u > B$) Or ($f_u = B$))) then Begin B: = f_u ; N: = u; End; End; y_i : = B; $f1_N$: = 1; $f2_i$: = N; End;

де A - мінімальний елемент стосовно повного ряду функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що ще не переведеш у вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$; B - елемент, який на початку кожного процесу введення нової змінної y_i вихідного вектора Y призначений дорівнювати значенню A, а у кінці кожного процесу введення нової змінної y_i у вихідний вектор Y призначений стати рівним максимальному значенню серед тих значень функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, що ще не увійшли у вихідний вектор Y ; N - порядковий номер наступної функції f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, який у процесі визначення нової змінної y_i вихідного вектора Y призначений для переведення з початкового умовного порядкового номеру $N=0$ на порядковий номер $N=u$ наступної найбільшої функції серед тих функцій f_u , $u=1, 2, \dots, m$, вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, які ще не переведені у змінні вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$; $j=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери елементів вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$; $u=1, 2, \dots, m$ - порядкові номери елементів векторів $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, $F1 = (f1_1, f1_2, \dots, f1_u, \dots, f1_m)$; $i = 1, 2, \dots, m$ - порядкові номери елементів вихідних векторів нейрона $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$, $F2 = (f2_1, f2_2, \dots, f2_i, \dots, f2_m)$ та кроків циклу, кожний із яких призначений для реєстрації вибраних у результаті процесу їх визначення кінцевих оптимальних елементів векторів Y , $X1$, $X2$, які призначені для реєстрації нового найбільшого значення функції f_u вектора функцій $F = (f_1, f_2, \dots, f_u, \dots, f_m)$, яке ще не увійшло у вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m)$ і яке вводиться у змінні y ; вихідного вектора Y .

2. Нейрон сортування значень функцій за п. 1, який **відрізняється** тим, що функціональна залежність f_u , $u=1, 2, \dots, m$, має вигляд алгоритму.



Комп'ютерна верстка О. Рябко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601