



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **135382** (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 01046	(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 ЗМІННИХ

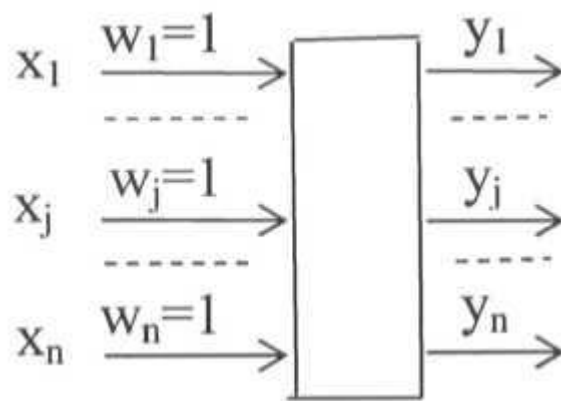
(57) Реферат:

Нейрон сортування змінних, який має n входів із 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, нейрон має вектор контролю використання змінних вхідного вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ у вихідному векторі $Y=(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$ у вигляді $Z=(z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_n)$, де $z_j=-1/1$; $j=1, 2, \dots, n$, - ознака, що змінна x_j вектора X не врахована ($z_j=-1$) або врахована ($z_j=1$) у векторі Y ; нейрон має змінні y_i , $i=1, 2, \dots, n$, вихідного вектора Y , які при умові $y_i \geq y_{i+1}$ призначені бути сортованими змінними вектора X за алгоритмом

$A:=0$; For $j:=1$ to n do Begin $z_j:=-1$; if $(A > x_j)$ then $A:=x_j$; End;
For $i:=1$ to n do Begin $B:=A$; For $s:=1$ to n do Begin if $((z_s < 0) \text{ And } ((x_s > B) \text{ Or } (x_s = B)))$ then Begin $B:=x_s$; $N:=s$; End; End;
 $y_i:=B$; $z_N:=1$; End;

де A - мінімальний елемент стосовно повного ряду змінних вхідного вектора X ; B - елемент, який на початку кожного процесу введення нової змінної у вихідний вектор Y призначений дорівнювати значенню A , а у кінці кожного процесу введення нової змінної у вихідний вектор Y призначений стати рівним максимальному значенню серед тих змінних x_j вектора X , що ще не увійшли у вихідний вектор Y ; N - порядковий номер наступної змінної x_j вхідного вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, яка призначена для переведення у вихідний вектор Y , який у процесі визначення нової змінної вихідного вектора Y призначений для переведення з початкового умовного порядкового номера $N=0$ на порядковий номер найбільшої змінної x_j серед тих змінних вхідного вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, які ще залишились для переведення у змінні вихідного вектора $Y=(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$; $j=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери змінних вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ та елементів вектора $Z=(z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_n)$; $i=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери кроків циклу, призначеного для визначення значення наступної вихідної змінної y_i вектора $Y=(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$ та для призначення ознаки $z_j=1$ для змінної x_j вектора X , що врахована у вихідному векторі Y ; $s=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери кроків циклу, призначеного для визначення найбільшого значення змінної x_j та її порядкового номера j серед тих змінних вектора X , що ще не увійшли у змінні y_i вихідного вектора $Y=(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$.

U
135382
UA



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

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

Відомі нейронні мережі "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 елемента вхідного вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$. Недоліком цих нейронних мереж є те, що вони не призначені для сортування на виході по величині всіх елементів вхідного вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ у вигляді вихідного вектора $Y=(y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n)$, внаслідок чого при їх використанні збільшуються витрати на обладнання, на обслуговування та налагодження нейронів.

Відомий ШНМ-компаратор (компаратор штучної нейронної мережі), призначений для виділення з елементів вхідного вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ максимального значення [4, с. 102-106; 5]. Але ШНМ-компаратор 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 $Y=(y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n)$, внаслідок чого при його використанні збільшуються витрати на обладнання, на обслуговування та налагодження нейронів.

Недоліком існуючих моделей нейронів по сортуванню вхідних змінних є звужені функціональні можливості оцінки введених даних, внаслідок чого при їх використанні збільшуються витрати на обладнання, на обслуговування та налагодження нейронів.

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

Нейрон T_MAX має n входів із 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 $Y=(y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n)$, який відрізняється тим, що кожний елемент y_j призначений для виведення значення "0", якщо відповідне значення елемента x_j вхідного вектора менше максимального значення елементів вхідного вектора X та призначений для виведення значення "1", якщо значення елемента x_j вхідного вектора дорівнює максимальному значенню елементів 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 , внаслідок чого при їх використанні збільшуються витрати на обладнання, на обслуговування та налагодження нейронів.

Причини, які перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату у T_MAX (отримання на виході Y сортованих змінних вхідного вектора X), є прийнятий алгоритм розв'язку задачі.

Недоліком прийнятого за найближчий аналог нейрона T_MAX є обмежена функціональна здатність, внаслідок чого при його використанні збільшуються витрати на обладнання, на обслуговування та налагодження нейронів.

В основу корисної моделі поставлена задача зменшення витрат на обладнання, на обслуговування та налагодження нейронів на сортування одним нейроном всіх вхідних змінних нейрона.

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

Суттєві ознаки пропонованого нейрона сортування змінних, що є достатніми у всіх випадках і характеризують пропонований винахід на відміну від аналогу, полягають у тому, що нейрон має вектор контролю використання змінних вхідного вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ у вихідному векторі $Y=(y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n)$ у вигляді

$$Z=(z_1, z_2, z_j, \dots, z_n),$$

де $z_j = -1/1$; $j=1, 2, \dots, n$, - ознака, що змінна x_j вектора X не врахована ($z_j=-1$) або врахована ($z_j=1$) у векторі Y ;

нейрон має змінні y_i , $i = 1, 2, \dots, n$, вихідного вектора Y , які при умові $y_i \geq y_{i+1}$ призначені бути сортованими змінними вектора X за алгоритмом

$A := 0$; For $j := 1$ to n do Begin $z_j := -1$; if $(A > x_j)$ then $A := x_j$; End;

For $i := 1$ to n do Begin $B := A$; For $s := 1$ to n do Begin if $((z_i < 0) \text{ And } ((x_s > B) \text{ Or } (x_s = B)))$ then
5 Begin $B := x_s$; $N := s$; End; End;

$y_i := B$; $z_N := 1$; End;

де A - мінімальний елемент стосовно повного ряду змінних вхідного вектора X ;

B - елемент, який у початку кожного процесу введення нової змінної у вихідний вектор Y призначений дорівнювати значенню A , а у кінці кожного процесу введення нової змінної у вихідний вектор Y призначений стати рівним максимальному значенню серед тих змінних x_j вектора X , що ще не увійшли у вихідний вектор Y ;

N - порядковий номер наступної змінної x_j вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, яка призначена для переведення у вихідний вектор Y , який у процесі визначення нової змінної вихідного вектора Y призначений для переведення з початкового умовного порядкового номеру
15 $N=0$ на порядковий номер найбільшої змінної x_j серед тих змінних вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, які ще залишились для переведення у змінні вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$;

$j = 1, 2, \dots, n$ - порядкові номери змінних вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ та елементів вектора $Z = (z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_n)$;

$i = 1, 2, \dots, n$ - порядкові номери кроків циклу, призначеного для визначення значення наступної вихідної змінної y_i вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$ та для призначення ознаки $z_j = 1$ для змінної x_j вектора X , що врахована у вихідному векторі Y ;

$s = 1, 2, \dots, n$ - порядкові номери кроків циклу, призначеного для визначення найбільшого значення змінної x_j та її порядкового номеру j серед тих змінних вектора X , що ще не увійшли у змінні y_i вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$.

25 Суть корисної моделі пояснюють креслення, де передбачуваний нейрон ілюструється фігурою, на якій наведена структурна схема нейрона сортування змінних та використані наступні позначення:

$X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ - вхідний вектор нейрона сортування змінних,

$W = (w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n)$, $w_j = 1$; вагові коефіцієнти входів нейрона сортування змінних,

30 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n)$ - вихідний вектор нейрона сортування змінних.

$j = 1, 2, \dots, n$ - порядкові номери векторів X , W , Y .

За наведеною на кресл. структурною схемою, нейрон сортування змінних має на своїх входах із ваговими коефіцієнтами $w_j = 1$; $j = 1, 2, \dots, n$ увімкнені до входів не упорядковано розміщені по модулю та по знаку відповідні вхідні змінні вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, а на виходах нейрон має вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n)$, змінні якого дорівнюють змінним вхідного вектора X , але призначені для упорядкованого розміщення за умовою $y_i \geq y_{i+1}$.

Розглянемо роботу пропонованого нейрона сортування вхідних змінних x_j згідно з наведеним кресленням. Змінні вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ увімкнені на відповідні входи нейрона з ваговими коефіцієнтами $w_j = 1$; $j = 1, 2, \dots, n$ і призначені для обробки з метою
40 сортування в блоці активаційної функції за операціями:

$A := 0$; For $j := 1$ to n do Begin $z_j := -1$; if $(A > x_j)$ then $A := x_j$; End;

{Рядок призначений для введення початкових даних:

значення $A=0$, яке у процесі перевірки елементів вектора X або замінюється найменшим елементом із введеного вектора X або залишається введеним найменшим числом у порівнянні з елементами вхідного вектора X , що не впливає на результати роботи (далі величина A у процесі порівняння з елементами вектора X повинна прийняти значення наступного найбільшого x_j , яке ще не увійшло у вихідний вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n)$;

45 всі елементи вектора контролю використання змінних вхідного вектора $Z = (z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_n)$ призначені для отримання значення $z_j = -1$, $j = 1, 2, \dots, n$, що означає, що на початку роботи жодна змінна x_j вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ не врахована у векторі Y ,

де $z_j = -1$; $j = 1, 2, \dots, n$, - ознаки, що змінна вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ не врахована у векторі Y ;

For $i := 1$ to n do Begin $B := A$; For $s := 1$ to n do

Begin if $((z_i < 0) \text{ And } ((x_s > B) \text{ Or } (x_s = B)))$ then Begin $B := x_s$; $N := s$; End; End;

55 $y_i := B$; $z_N := 1$; End; {Цикл призначений для формування вихідного вектора $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$ і складається з кроків $i = 1, 2, \dots, n$. 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 на початку кроку дорівнює A , а у кінці кроку дорівнює наступній найбільшій вхідній змінній x_j , яка ще не попала у вихідний вектор змінних $Y = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$;

цикл із кроками $s=1, 2, \dots, n$ призначений для обрання (у результаті виконання всіх кроків циклу) у вхідному векторі X максимального значення серед вхідних змінних $V=x_s$ та його порядкового номера $N=s$ при умові, що даний елемент x_s вектора X ще не внесений у список вихідного вектора змінних Y , а також при умові, що порівнювальні величини $x_s \geq B$;

5 після отримання у циклі з кроками $s=1, 2, \dots, n$ найбільшого значення вхідної змінної $V=x_s$ та її порядкового номеру $N=s$, дані вхідної змінної $V=x_s$ призначені для введення у вихідний вектор Y у вигляді його наступної сортованої змінної, а ознака $z_N=1$ вектора Z призначена для заборони подальшого використання у сортуванні змінної x_s вхідного вектора X ;

10 У результаті на виході нейрона отримуємо сортований по умові $y_j \geq y_{j+1}$ вихідний вектор $Y=(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$, кожний елемент y_j якого дорівнює одному з елементів вхідного вектора $x=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$.

Запропонована нейронна мережа не потребує навчання, не має помилок та дозволяє зменшити витрати на обслуговування і налагодження нейронної мережі внаслідок спрощення розрахунків.

15 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.

20 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.

25 5. Zakharian S., Ladevig-Riebler P., Tomez 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.

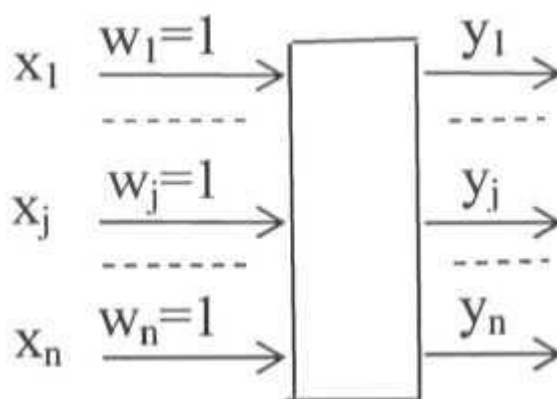
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

30

Нейрон сортування змінних, який має n входів із 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 $Y=(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$, який **відрізняється** тим, що нейрон має вектор контролю використання змінних вхідного вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ у вихідному векторі $Y=(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$ у вигляді $Z=(z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_n)$, де $z_j = -1/1$; $j=1, 2, \dots, n$, - ознака, що змінна x_j вектора X не врахована ($z_j=-1$) або врахована ($z_j=1$) у векторі Y ; нейрон має змінні y_i , $i=1, 2, \dots, n$, вихідного вектора Y , які при умові $y_i \geq y_{i+1}$ призначені бути сортованими змінними вектора X за алгоритмом

40 $A:=0$; For $j:=1$ to n do Begin $z_j:=-1$; if $(A>x_j)$ then $A:=x_j$; End;
For $i:=1$ to n do Begin $B:=A$; For $s:=1$ to n do Begin if $((z_s<0)$ And $((x_s>B)$ Or $(x_s=B)))$ then Begin $B:=x_s$; $N:=s$; End; End;
 $y_i:=B$; $z_N:=1$; End;

45 де A - мінімальний елемент стосовно повного ряду змінних вхідного вектора X ; B - елемент, який на початку кожного процесу введення нової змінної у вихідний вектор Y призначений дорівнювати значенню A , а у кінці кожного процесу введення нової змінної у вихідний вектор Y призначений стати рівним максимальному значенню серед тих змінних x_j вектора X , що ще не увійшли у вихідний вектор Y ; N - порядковий номер наступної змінної x_j вхідного вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, яка призначена для переведення у вихідний вектор Y , який у процесі визначення нової змінної вихідного вектора Y призначений для переведення з початкового умовного порядкового номера $N=0$ на порядковий номер найбільшої змінної x_j серед тих змінних вхідного вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$, які ще залишились для переведення у змінні вихідного вектора $Y=(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$; $j=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери змінних вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ та елементів вектора $Z=(z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_n)$; $i=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери кроків циклу, призначеного для визначення значення наступної вихідної змінної y_i вектора $Y=(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$ та для призначення ознаки $z_j=1$ для змінної x_j вектора X , що врахована у вихідному векторі Y ; $s=1, 2, \dots, n$ - порядкові номери кроків циклу, призначеного для визначення найбільшого значення змінної x_j та її порядкового номера j серед тих змінних вектора X , що ще не увійшли у змінні y_i вихідного вектора $Y=(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n)$.



Комп'ютерна верстка О. Гергіль

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