



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **135381** (13) **U**  
(51) МПК (2019.01)  
**G06N 3/00**  
**G06N 3/02** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

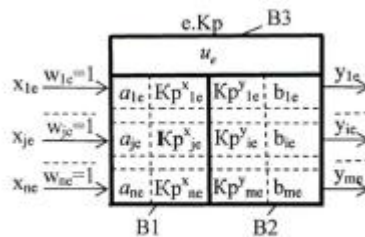
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2019 01044</b>	(72) Винахідник(и): <b>Кутковецький Валентин Якович (UA), Турти Марина Валентинівна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>01.02.2019</b>	(73) Власник(и): <b>ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, 54003 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.06.2019</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.06.2019, Бюл.№ 12</b>	

## (54) НЕЙРОН АЛЬТЕРНАТИВНИХ РІШЕНЬ

### (57) Реферат:

Нейрон альтернативних рішень розв'язує новий клас задач, у яких нейрон альтернативних рішень розглядається як вузол електричної схеми з вхідними  $x_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , та вихідними  $y_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , змінними при можливій наявності вимикачів у гілках. На основі закону Кірхгофа для вузла електричної схеми, зважений підсумок вхідних змінних є рівним потоку, який без зміни величини розподіляється між суб'єктивно визначеними або розрахованими експертом зваженими вихідними змінними нейрону  $y_i$ , числові значення яких визначають степінь інформаційної, фінансової, матеріальної чи іншої підтримки відповідного альтернативного рішення.



Фиг. 1

UA 135381 U



Корисна модель належить до нейронів та нейронних мереж (НМ), призначених для визначення оптимальної альтернативи в інтелектуальних системах підтримки рішень.

Недоліками відомих нейронів, які мають вхідний оператор на основі нерівності та вихідну нелінійну активаційну функцію, є псування вхідної інтелектуальної інформації стосовно прийняття рішень.

Пояснюється це тим, що інтелектуальна інформація надходить на входи нейронів у вигляді числових змінних і визначає незмінний інформаційний, фінансовий або матеріальний потік підтримки рішень, який без зміни свого підсумкового значення повинен перерозподілятися між вихідними альтернативними змінними нейрона. Але у відомих нейронах (через використання нерівності у вхідному операторі та нелінійної активаційної функції) інформаційний потік у вигляді підсумку добутків вхідних змінних на відповідні вагові коефіцієнти входів не дорівнює числовому значенню вихідного інформаційного потоку у вигляді підсумку вихідних змінних нейронів, які визначають ступінь підтримки альтернативних рішень. У результаті підсумки потоків інформації на вході та виході нейрона не є рівними. Крім того, у відомих нейронів відсутні належні зв'язки вхідних та вихідних змінних із даними попередніх та наступних нейронів, які допомагають розрахувати величини вхідних та вихідних змінних, а навчання виконується шляхом зміни вхідних вагових коефіцієнтів нейрона без урахування незмінності підсумків вхідних та вихідних змінних нейрона.

Відомий нейрон Маккаллока-Піттса, який має порядковий номер  $e = 1, 2, \dots, E$ , де  $E$  - загальна кількість нейронів, має блок вхідного оператора та блок активаційної функції, має вхідні змінні до нейрона та до вхідного оператора  $(x_{1e}, x_{2e}, \dots, x_{je}, \dots, x_{ne})$ , де  $j = 1e, 2e, \dots, ne$  -

порядковий номер входу  $e$ -го нейрона, з довільними ваговими коефіцієнтами для вхідних змінних  $w_{je}$ , (у тому числі і з  $w_{je=1}$ ),  $j = 1e, 2e, \dots, ne$ , що призначений для складання

зважених вхідних змінних і приєднання отриманого їх підсумку

$$u_e = \sum_{j=1e}^{ne} (w_{je} x_{je} + \theta_{je}), \quad (1)$$

де  $w_{je}$  - довільні вагові коефіцієнти, включаючи  $w_{je=1}$ ;  
 $\theta_{je}$  - довільний зсув по фазі  $j$ -ї змінної  $x_{je}$ , включаючи  $\theta_{je=0}$ ,

до одного входу блока активаційної функції, має вихідні змінні блока активаційної функції, які є також виходами нейрона,  $(y_{1e}, y_{2e}, \dots, y_{ie}, \dots, y_{me})$ , де  $i = 1e, 2e, \dots, me$  - порядкові номери вихідних змінних  $y_{ie}$ , який відрізняється тим, що нейрон призначений для класифікації вхідних векторів по значенню вирішальної функції  $u_e$  (розділювальної границі об'єктів універсуму), та для виведення  $u_e$  на одному виході вхідного оператора, який з'єднаний із входом активаційної функції нейрона, призначеної для нелінійного стрибкоподібного перетворення вхідної величини  $u_e$  у дискретне або нульове  $y(u)=0$  або одиничне  $y(u)=1$  числове значення виходу нейрона при необмеженій кількості нелінійних активаційних функцій та вихідних змінних нейрона [1].

Недоліком відомого нейрона Маккаллока-Піттса є неможливість розділу вхідного потоку інформації у вигляді величини  $u_e$  між виходами нейрона  $(y_{1e}, y_{2e}, \dots, y_{ie}, \dots, y_{me})$ , де  $i = 1e, 2e, \dots, me$ , без псування вхідної інформації внаслідок використання нерівності у блоці вхідного оператора та використання вихідної стрибкоподібної нелінійної активаційної функції. Для розв'язку проблеми необхідно замість одного нейрона Маккаллока-Піттса застосовувати НМ, що збільшує вартість апаратного забезпечення, навчання та обслуговування.

Найближчим аналогом до заявленого нейрона альтернативних рішень за сукупністю суттєвих ознак є відомий нейрон Адалін, який має порядковий номер  $e = 1, 2, \dots, E$ , де  $E$  - загальна кількість нейронів, має блок вхідного оператора та блок активаційної функції, має вхідні змінні до нейрона та до вхідного оператора  $(x_{1e}, x_{2e}, \dots, x_{je}, \dots, x_{ne})$ , де  $j = 1e, 2e, \dots, ne$  -

порядковий номер входу  $e$ -го нейрона, з довільними ваговими коефіцієнтами для вхідних змінних  $w_{je}$ , (в тому числі і з  $w_{je=1}$ ),  $j = 1e, 2e, \dots, ne$ , що призначений для складання

зважених вхідних змінних і приєднання отриманого їх підсумку

$$u_e = \sum_{j=1e}^{ne} w_{je} x_{je}, \quad (2)$$

де  $w_{je}$  - довільні вагові коефіцієнти, включаючи  $w_{je=1}$ ,

до одного входу блока активаційної функції, має вихідні змінні блока активаційної функції, які є також виходами нейрона,  $(y_{1e}, y_{2e}, \dots, y_{ie}, \dots, y_{me})$ , де  $i = 1e, 2e, \dots, me$  - порядкові номери

вихідних змінних  $Y_{ie}$ , який відрізняється тим, що тим, що нейрон призначений для класифікації вхідних векторів по значенню вирішальної функції  $U_e$  (розділювальної границі об'єктів універсуму), та для виведення  $U_e$  на одному виході вхідного оператора, який з'єднаний із входом активаційної функції нейрона, призначеної для нелінійного перетворення вхідної величини  $U_e$  у вихідне числове значення виходу нейрона у межах  $Y(u) = -1 \dots 1$  або  $Y(u) = 0 \dots 1$  при необмеженій кількості нелінійних активаційних функцій та вихідних змінних нейрона [2].

Недоліком найближчого аналогу є нейрона Адалін є неможливість розділу вхідного потоку інформації у вигляді величини активаційної функції  $U_e$  між виходами нейрона  $(Y_{1e}, Y_{2e}, \dots, Y_{ie}, \dots, Y_{me})$ , де  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ , без псування інформації внаслідок використання нерівності у блоці вхідного оператора та використання нелінійної вихідної активаційної функції. Для розв'язку проблеми необхідно застосовувати НМ замість одного нейрона Адалін, що збільшує вартість апаратного і програмного забезпечення, навчання та обслуговування.

Технічним результатом пропонованої корисної моделі є зменшення вартості апаратного і програмного забезпечення, навчання та обслуговування за рахунок:

- представлення нейрона як пристрою, у якому підсумок вхідних змінних дорівнює підсумку вихідних змінних. Це дозволяє на одному нейроні розв'язати прості задачі визначення числових значень вихідних змінних, які є потоками підтримки альтернативних рішень, а у випадку використання НМ зменшує її вартість через зменшення кількості нейронів при складному розміщенні класів у просторі ознак;

- подолання "непрозорості розрахунків" НМ внаслідок максимального наближення роботи НМ до умов розмірковування людини. Якщо в нелінійних НМ у складних випадках людина може не розуміти, яким чином отримане рішення, то нейрон альтернативних рішень дозволяє отримати "прозорі НМ", у якій кожний нейрон альтернативних рішень має надане експертом чітке функціональне призначення з чітко визначеними вхідними та вихідними змінними. Це зменшує вартість навчання, налагодження та обслуговування НМ;

- для навчання пропонованого нейрона альтернативних рішень не використовуються широко розповсюджені "дельта-правило", або "метод зворотного поширення похибки", бо всі вагові коефіцієнти для вхідних змінних пропонованого нейрона дорівнюють 1 і не змінюються, а вхідні та вихідні змінні або розраховуються по формулам, або суб'єктивно визначаються експертом.

Крім того, пропонований нейрон альтернативних рішень розв'язує новий для одного нейрона клас задач: він не розділяє на дві частки багатовимірний координатний простір існування об'єктів математичною нерівністю на основі підсумку  $U_e$ , а використовує значення  $U_e$  як деякий незмінний потік, який без зміни величини розподіляється між визначеними експертом вихідними змінними нейрона  $(Y_{1e}, Y_{2e}, \dots, Y_{ie}, \dots, Y_{me})$ , числові значення яких визначають степінь інформаційної, фінансової, матеріальної чи іншої підтримки відповідного альтернативного рішення, де  $ie = 1e, 2e, \dots, me$  - порядкові номери вихідних змінних  $Y_{ie}$  нейрона, які є потоками підтримки альтернатив.

Загальні суттєві ознаки пропонованого нейрона альтернативних рішень, які співпадають із суттєвими ознаками найближчого аналогу, полягають у тому, що нейрон альтернативних рішень має порядковий номер  $e = 1, 2, \dots, E$ , де  $E$  - загальна кількість нейронів альтернативних рішень, має блок вхідного оператора та блок активаційної функції, має вхідні змінні до нейрона та до вхідного оператора  $(X_{1e}, X_{2e}, \dots, X_{je}, \dots, X_{ne})$ , де  $je = 1e, 2e, \dots, ne$  - порядковий номер входу e-го нейрона альтернативних рішень, із ваговими коефіцієнтами для вхідних змінних  $w_{je} = 1$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , що призначений для складання вхідних змінних і приєднання отриманого їх підсумку

$U_e = \sum_{je=1e}^{ne} X_{je}$  до одного входу блока активаційної функції, має вихідні змінні блока активаційної функції, які є також виходами нейрона,  $(Y_{1e}, Y_{2e}, \dots, Y_{ie}, \dots, Y_{me})$ , де  $ie = 1e, 2e, \dots, me$  - порядкові номери вихідних змінних  $Y_{ie}$ .

Суттєві ознаки запропонованого нейрона альтернативних рішень, що є достатніми в усіх випадках і характеризують запропоновану корисну модель на відміну від найближчого аналогу, полягають у тому, що нейрон призначений для визначення експертом кількості входів нейрона від 1 до  $ne$  у блоці вхідного оператора, кількості виходів нейрона від 1 до  $me$  у блоці активаційної функції, для визначення експертом у блоці вхідного оператора значення підсумку

$0 < u_e \leq Q$  глобальних вхідних змінних  $(x_{1e}, x_{2e}, \dots, x_{je}, \dots, x_{ne})$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , який є часткою заданого експертом незмінного по величині загального потоку підтримки рішення  $Q = 1 = \text{const}$  (або є потоком, рівним загальному потоку підтримки рішення у вигляді  $u_e = Q = 1 = \text{const}$ ), глобальні вхідні змінні  $x_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , та локальні вихідні змінні  $y_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ ,

5 нейрона альтернативних рішень мають відповідні вхідні  $Kp_{je}^x$  та вихідні  $Kp_{ie}^y$  лінгвістичні критерії, призначені для суб'єктивного визначення експертом числових значень  $x_{je}$  блока вхідного оператора та  $y_{ie}$  блока активаційної функції, або/та мають визначені експертом у блоці вхідного оператора призначені для розрахунку  $x_{je}$  відповідні вхідні оцінки  $a_{je}^B$ , які мають цифрові значення або  $a_{je}^B$  (збільшення  $a_{je}^B$  призводить до збільшення величини  $x_{je}$ ), або  $a_{je}^C$  (збільшення  $a_{je}^C$  призводить до зменшення величини  $x_{je}$ ), а у блоці активаційної функції мають для розрахунку  $y_{ie}$  визначені експертом відповідні вихідні оцінки  $b_{ie}^B$ , які мають цифрові значення або  $b_{ie}^B$  (збільшення  $b_{ie}^B$  призводить до збільшення величини  $y_{ie}$ ), або  $b_{ie}^C$  (збільшення  $b_{ie}^C$  призводить до зменшення величини  $y_{ie}$ ), що є рівними цифровим значенням оцінок вхідних глобальних змінних нейронів альтернативних рішень, до входів яких увімкнені відповідні локальні вихідні змінні  $y_{ie}$ , а вихідні оцінки  $b_{ie}^B$  призначені для розрахунку у блоці активаційної функції вихідних локальних змінних  $y_{ie}$  за формулою

$$y_{ie} = \lambda_{ie} u_e, \quad (3) \quad b_{ie}$$

$$\text{де } \lambda_{ie} = \frac{b_{ie}}{b_{1e} + b_{2e} + \dots + b_{ie} + \dots + b_{me}}; \quad \sum_{ie=1e}^{me} \lambda_{ie} = 1;$$

20  $y_{ie}$  - локальні вихідні змінні блока активаційної функції та нейрона альтернативних рішень, які призначені для заміни позначень  $y_{ie}$  на відповідні позначення глобальних вхідних змінних нейронів (при їх наявності), до входів яких увімкнені локальні вихідні змінні  $y_{ie}$ ;

$\lambda_{ie} = 0 \dots 1$  - локальні вихідні змінні активаційної функції у відносних одиницях, які призначені або для розрахунку за вказаною вище формулою, або призначені для суб'єктивного визначення експертом згідно відповідним лінгвістичним критеріям входу та виходу нейрона;

25  $b_{ie}^B$  - оцінка величини  $y_{ie}$  блока активаційної функції, яка має або цифрове значення  $b_{ie}^B$  (збільшення  $b_{ie}^B$  призводить до збільшення величини  $y_{ie}$ , а  $b_{ie}^B$  призначена для використання як  $b_{ie} = b_{ie}^B$  у формулі для визначення  $\lambda_{ie}$ ), або цифрове значення  $b_{ie}^C$  (збільшення  $b_{ie}^C$  призводить до зменшення величини  $y_{ie}$ , а  $b_{ie}^C$  призначена для використання як  $b_{ie} = 1/b_{ie}^C$  у формулі для визначення  $\lambda_{ie}$ ) та є рівною цифровій оцінці входу нейрона альтернативних рішень, до якого увімкнена відповідна локальна вихідна змінна  $y_{ie}$  (при наявності такого нейрона);

30  $ie = 1e, 2e, \dots, me$  - порядкові номери: виходів нейрона альтернативних рішень; вихідних локальних змінних активаційної функції у відносних одиницях  $\lambda_{ie}$ ; вихідних локальних змінних  $y_{ie}$ , як часток підсумку вхідних змінних  $u_e$ ; оцінок  $b_{ie}$ , які призначені для визначення по даним входу нейрона, до якого увімкнена відповідна локальна вихідна змінна  $y_{ie}$ ,

нейрон альтернативних рішень має всі властивості вузла електричної схеми і підкоряється першому фізичному закону Кірхгофа для вузла електричної схеми ("алгебраїчна сума глобальних вхідних змінних  $x_{je}$  та локальних вихідних змінних  $y_{ie}$  нейрона дорівнює нулю")  $\sum_{je=1e}^{ne} x_{je} - \sum_{ie=1e}^{me} y_{ie} = 0$  при потоці підтримки рішення у вузлі  $u_e = \sum_{je=1e}^{ne} x_{je}$ .

40 Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де:

Фіг. 1. - Структурна схема нейрона альтернативних рішень.

Фіг. 2. - Приклад НМ на нейронах альтернативних рішень для розділу виділених коштів на рекламу між класами товарів Товар1, Товар2, Товар3.

На Фіг. 1 наведена структурна схема нейрона альтернативних рішень і позначено:

- $e.K_p$  - позначення нейрона альтернативних рішень, яке розділяється на дві розділені точкою частки:  $e$  - порядковий номер нейрона альтернативних рішень при  $e = 1, 2, \dots, E$ ;  $K_p$  - лінгвістична назва нейрона, яка є також нечіткою лінгвістичною оцінкою значення  $u_e$  нейрона альтернативних рішень;
- 5 -  $B_1$  - блок вхідного оператора нейрона альтернативних рішень;
- $B_2$  - блок активаційної функції нейрона альтернативних рішень;
- $w_{je}$  - вагові коефіцієнти входів нейрона альтернативних рішень із порядковими номерами його входів  $j_e = 1e, 2e, \dots, ne$ ;
- $x_{je}$  - глобальні вхідні змінні нейрона альтернативних рішень, що увімкнені до його входів з
- 10 порядковою нумерацією  $j_e = 1e, 2e, \dots, ne$  і призначені або для суб'єктивного визначення або до розрахунку експертом;
- $y_{ie}$  - локальні вихідні змінні нейрона альтернативних рішень з порядковою нумерацією  $i_e = 1e, 2e, \dots, me$ , які призначені або для суб'єктивного визначення експертом згідно лінгвістичної назви нейрона  $K_p$  і згідно лінгвістичному критерію  $K_{p_{ie}}^y$ , або для розрахунку експертом за
- 15 формулою (3) по значенню оцінки  $b_{ie}$ . Позначення локальної змінної  $y_{ie}$  призначене для його заміни на відповідне позначення глобальної вхідної змінної нейрона (при його наявності), до входу якого увімкнена локальна вихідна змінна  $y_{ie}$ . Округлення цифр розрахованих змінних виконується суб'єктивно експертом таким чином, щоб підсумок глобальних вхідних змінних дорівнював підсумку локальних вихідних змінних нейрона альтернативних рішень;
- 20 -  $B_3$  - інформаційна ділянка для наведення значення підсумкового потоку нейрона альтернативних рішень  $u_e$ , який дорівнює підсумку глобальних вхідних змінних  $u_e = \sum_{j_e=1e}^{ne} x_{je}$ , дорівнює підсумку локальних вихідних змінних  $u_e = \sum_{i_e=1e}^{me} y_{ie}$  та є заданою часткою заданого експертом незмінного по величині загального потоку підтримки рішення  $Q = 1 = \text{const}$ ;
- $u_e = \sum_{j_e=1e}^{ne} x_{je} = \sum_{i_e=1e}^{me} y_{ie}$  підсумок глобальних вхідних змінних нейрона, який дорівнює
- 25 підсумку його локальних вихідних змінних;
- $K_{p_{je}}^x$  - визначений експертом вхідний лінгвістичний критерій для суб'єктивного визначення експертом числового значення глобальної вхідної змінної  $x_{je}$ ,  $j_e = 1e, 2e, \dots, ne$ ;
- $a_{je}$  - цифрова оцінка вхідного лінгвістичного критерію  $K_{p_{je}}^x$  та числового значення
- глобальної вхідної змінної  $x_{je}$ ,  $j_e = 1e, 2e, \dots, ne$ , яка може мати числове значення  $a_{je}^B$
- 30 (збільшення  $a_{je}^B$  призводить до збільшення величини  $x_{je}$ ), або  $a_{je}^C$  (збільшення  $a_{je}^C$  призводить до зменшення величини  $x_{je}$ );
- $K_{p_{ie}}^y$  - визначений експертом вихідний лінгвістичний критерій для суб'єктивного визначення експертом числового значення локальної вихідної змінної  $y_{ie}$ ,  $i_e = 1e, 2e, \dots, me$ ;
- $b_{ie}$  - оцінка величини  $y_{ie}$  блока активаційної функції, яка має або цифрове значення  $b_{ie}^B$
- 35 (збільшення  $b_{ie}^B$  призводить до збільшення величини  $y_{ie}$ , а  $b_{ie}^B$  призначена для використання у формулі (3) для визначення  $\lambda_{ie}$  як  $b_{ie} = b_{ie}^B$ ), або цифрове значення  $b_{ie}^C$  (збільшення  $b_{ie}^C$  призводить до зменшення величини  $y_{ie}$ , а  $b_{ie}^C$  призначена для використання у формулі (3) для визначення  $\lambda_{ie}$  як  $b_{ie} = 1/b_{ie}^C$ ) та є рівною цифровій оцінці глобальної вхідної змінної
- 40 нейрона альтернативних рішень, до входу якого увімкнена відповідна локальна вихідна змінна  $y_{ie}$  (при наявності такого нейрона альтернативних рішень).
- На Фіг. 2 наведений приклад НМ на нейронах альтернативних рішень для розділу виділених коштів на рекламу  $Q = 1$  між альтернативними класами товарів Товар1, Товар2, Товар3 і позначено:
- 45 -  $e_1$ .РозподілКоштівРеклами,  $e_2$ .Прибуток,  $e_3$ .ТермінЗберігання,  $e_4$ .НезручністьПродажу,  $e_5$ .Товар1,  $e_6$ .Товар2,  $e_7$ .Товар3 - позначення нейронів альтернативних рішень, кожне з яких

розділяється на дві розділені точкою частки:  $e_1$ - $e_7$  - глобальні порядкові номери нейронів альтернативних рішень в НМ; РозподілКоштівРеклами, Прибуток, ТермінЗберігання, НезручністьПродажу, Товар1, Товар2, Товар3 - відповідні лінгвістичні назви нейронів, які є нечіткими лінгвістичними оцінками значення підсумку вхідних змінних нейронів  $u_e$ ,  
 $e = e_1, e_2, \dots, e_7$ .

- 1 - вагові коефіцієнти входів нейронів альтернативних рішень, до яких приєднані глобальні вхідні змінні;

$u_{e1} = 1,0$  - потік підтримки альтернативних рішень нейрона  $e_1$ . РозподілКоштівРеклами у вигляді локальних вихідних змінних  $Y_{1e1}$ ,  $Y_{2e1}$ ,  $Y_{3e1}$ ;

-  $x_{1e1} = 1$  - вхідна глобальна змінна нейрона альтернативних рішень  $e_1$ . РозподілКоштівРеклами, увімкнена до його входу з порядковою нумерацією  $j = 1e1$ , де  $j = 1$  та  $e = e_1$ . У даному випадку вхідна змінна дорівнює всьому загальному потоку підтримки рішення  $x_{1e1} = Q = 1$  у вигляді коштів, призначених на рекламу всіх товарів. Вхідний потік  $x_{1e1} = Q = 1$  на виході нейрона суб'єктивно розділяється експертом на три локальні

альтернативні змінні ( $Y_{1e1}$ ,  $Y_{2e1}$ ,  $Y_{3e1}$ ). Для реклами відповідних трьох товарів Товар1, Товар2, Товар3;

$Y_{1e1}$ ,  $Y_{2e1}$ ,  $Y_{3e1}$  - вихідні локальні змінні нейрона  $e_1$ . РозподілКоштівРеклами для реклами відповідних трьох товарів Товар1, Товар2, Товар3;

-  $u_{1e2} = x_{1e2} = u_{e2} = 0,4$  - альтернативна локальна змінна виходу  $Y_{1e1} = 0,4$  нейрона  $e_1$ . РозподілКоштівРеклами, яка дорівнює витратам коштів на рекламу всіх товарів  $u_{e2} = 0,4$ ,

значення якої визначається через значущість впливу на ефективність роботи загального прибутку, який приносять всі товари (чим більший загальний прибуток, тим більше значення  $u_{e2} = 0,4$ ). Значення локальної змінної виходу  $Y_{1e1}$  нейрона  $e_1$ . РозподілКоштівРеклами дорівнює одній вхідній глобальній змінній  $x_{1e2} = 0,4$  нейрона  $e_2$ . Прибуток, який призначений

для подальшого розподілу виділених на рекламу і залежних від прибутку коштів серед альтернативних локальних вихідних змінних ( $Y_{1e2}$ ,  $Y_{2e2}$ ,  $Y_{3e2}$ ). Внаслідок отримання змінною подвійного позначення ( $Y_{1e1}$  та  $x_{1e2}$ ), при аналізі НМ локальна змінна  $Y_{1e1}$  використовуються

лише при визначенні оптимального альтернативного рішення на виході нейрона  $e_1$ . РозподілКоштівРеклами, а одна вхідна глобальна змінна  $x_{1e2} = 0,4$  нейрона  $e_2$ . Прибуток

використовується при аналізі всієї НМ;

-  $u_{2e1} = x_{1e3} = u_{e3} = 0,3$  - альтернативна локальна змінна виходу  $Y_{2e1} = 0,3$  нейрона  $e_1$ . РозподілКоштівРеклами, яка дорівнює витратам коштів на рекламу  $u_{e3} = 0,3$  і враховує

вплив збитків, які приносять товари з витраченим терміном зберігання на ефективність роботи (чим більший дозволений термін зберігання товару, тим менше значення  $u_{e3} = 0,3$ ). Значення  $Y_{2e1}$  дорівнює одній вхідній змінній  $x_{1e3} = 0,3$  нейрона  $e_3$ . ТермінЗберігання, який призначений

для подальшого розподілу коштів між наступними альтернативними локальними змінними, які мають оцінки терміну зберігання. Внаслідок отримання подвійного позначення змінної  $Y_{2e1}$  та  $x_{1e3}$  при аналізі НМ, локальна змінна  $Y_{2e1}$  використовуються лише при визначенні

альтернативного рішення на виході нейрона  $e_1$ . РозподілКоштівРеклами, а одна вхідна глобальна змінна  $x_{1e3} = 0,3$  нейрона  $e_3$ . ТермінЗберігання використовується при аналізі всієї НМ;

-  $u_{3e1} = x_{1e4} = u_{e4} = 0,3$  локальна змінна виходу  $Y_{3e1} = 0,3$  нейрона  $e_1$ . РозподілКоштівРеклами, яка дорівнює витратам коштів на рекламу  $u_{e4} = 0,3$ , значення яких

визначається через значущість впливу на ефективність роботи незручності продажу у вигляді підсумку оцінок ряду факторів: умов зберігання та охорони товарів; часу та витрат на транспортування тощо (чим більша оцінка незручності продажу, тим більше значення  $u_{e4} = 0,3$ ).

Значення  $Y_{3e1}$  дорівнює одній вхідній глобальній змінній  $x_{1e4} = 0,3$  нейрона

$e_4$ . НезручністьПродажу, який призначений для подальшого розподілу коштів між наступними локальними альтернативними змінними, які мають оцінки незручності продажу. Внаслідок отримання подвійного позначення змінної  $Y_{3e1}$  та  $x_{1e4}$  при аналізі НМ, локальна змінна  $Y_{3e1}$

використовуються лише при визначенні оптимального альтернативного рішення на виході

- нейрона е1.РозподілКоштівРеклами, а одна вхідна глобальна змінна  $x_{1e4} = 0,3$  нейрона е4.НезручністьПродажу використовується при аналізі всієї НМ;
- $x_{1e2}, x_{1e3}, x_{1e4}$  - вхідні глобальні змінні відповідних нейронів е2.Прибуток, е3.ТермінЗберігання, е4.НезручністьПродажу;
- 5
- $y_{1e2}, y_{2e2}, y_{3e2}$  - вихідні локальні змінні нейрона е2.Прибуток для товарів Товар1, Товар2, Товар3, рівні вхідним змінним нейронів е5.Товар1, е6.Товар2, е7.Товар3;
  - $y_{1e3}, y_{2e3}, y_{3e3}$  - вихідні локальні змінні нейрона е3.ТермінЗберігання для товарів Товар1, Товар2, Товар3, рівні вхідним змінним нейронів е5.Товар1, е6.Товар2, е7.Товар3;
  - $y_{1e4}, y_{2e4}, y_{3e4}$  - вихідні локальні змінні нейрона е4.НезручністьПродажу для товарів
- 10
- Товар1, Товар2, Товар3, рівні вхідним змінним нейронів е5.Товар1, е6.Товар2, е7.Товар3;
  - $x_{1e5}, x_{2e5}, x_{3e5}$  - вхідні глобальні змінні нейрона е5.Товар1 стосовно прибутку, терміну зберігання, незручності продажу;
  - $x_{1e6}, x_{2e6}, x_{3e6}$  - вхідні глобальні змінні нейрона е6.Товар2 стосовно прибутку, терміну зберігання, незручності продажу;
- 15
- $x_{1e7}, x_{2e7}, x_{3e7}$  - вхідні глобальні змінні нейрона е7.Товар3 стосовно прибутку, терміну зберігання, незручності продажу;
  - $y_{1e5} = 0,281, y_{1e6} = 0,389, y_{1e7} = 0,33$  - вихідні локальні змінні відповідних нейронів е5.Товар1, е6.Товар2, е7.Товар3, які є також виходами НМ;
  - $u_{e2} = 0,4$  - потік підтримки альтернативних рішень нейрона е2.Прибуток у вигляді вихідних змінних  $y_{1e2}, y_{2e2}, y_{3e2}$ ;
- 20
- $u_{e3} = 0,3$  - потік підтримки альтернативних рішень нейрона е3.ТермінЗберігання у вигляді вихідних змінних  $y_{1e3}, y_{2e3}, y_{3e3}$ ;
  - $u_{e4} = 0,3$  - потік підтримки альтернативних рішень нейрона е4.НезручністьПродажу у вигляді вихідних змінних  $y_{1e4}, y_{2e4}, y_{3e4}$ ;
- 25
- $u_{e5} = 0,281$  - потік підтримки рішення нейрона е5.Товар1 у вигляді вихідної змінної  $y_{1e5} = 0,281$ .
  - $u_{e6} = 0,389$  - потік підтримки рішення нейрона е6.Товар2 у вигляді вихідної змінної  $y_{1e6} = 0,389$ .
  - $u_{e7} = 0,33$  - потік підтримки рішення нейрона е7.Товар3 у вигляді вихідної змінної  $y_{1e7} = 0,33$ .
- 30
- $y_{1e1} = x_{1e2} = u_{e2} = 0,4; y_{2e1} = x_{1e3} = u_{e3} = 0,3; y_{3e1} = x_{1e4} = u_{e4} = 0,3$  - числові значення суб'єктивно визначених експертом вихідних змінних ( $y_{1e1}, y_{2e1}, y_{3e1}$ ) нейрона е1.РозподілКоштівРеклами, підсумок яких дорівнює вхідному потоку фінансових витрат на рекламу товарів  $Q = 1 = \text{const}$ , а числові значення локальних вихідних змінних ( $y_{1e1}, y_{2e1}, y_{3e1}$ ) дорівнюють відповідним глобальним вхідним змінним ( $x_{1e2}, x_{1e3}, x_{1e4}$ ) наступних нейронів з
- 35
- порядковими номерами (е2, е3, е4);
  - $y_{1e2} = x_{1e5} = 0,123; y_{2e2} = x_{1e6} = 0,184; y_{3e2} = x_{1e7} = 0,093$  - відповідні числові значення розрахованих експертом по формулі (3) локальних вихідних змінних ( $y_{1e2}, y_{2e2}, y_{3e2}$ ) нейрона "е2. Прибуток", підсумок яких дорівнює вхідному потоку фінансових витрат на рекламу товарів по прибутку від продажу товарів  $u_{e2} = 0,4$ , а числові значення дорівнюють відповідним вхідним глобальним змінним ( $x_{1e5}, x_{1e6}, x_{1e7}$ ) наступних нейронів з порядковими номерами (е5, е6, е7). У формулі (3) використовуються значення  $b_{1e2} = a_{1e5} = 10, b_{2e2} = a_{1e6} = 15, b_{3e2} = a_{1e7} = 7,5$ , тому що із збільшенням прибутку товару повинні збільшуватись витрати на рекламу. Внаслідок отримання подвійного позначення змінних ( $y_{1e1}, y_{2e1}, y_{3e1}$ ) та ( $x_{1e5}, x_{1e6}, x_{1e7}$ ) при аналізі НМ
- 40
- локальні змінні ( $y_{1e2}, y_{2e2}, y_{3e2}$ ) використовуються лише при визначенні оптимального альтернативного рішення;
  - $b_{1e2} = 10, b_{2e2} = 15, b_{3e2} = 7,5$  - відповідні числові значення оцінок прибутків  $a_{1e5} = 10, a_{1e6} = 15, a_{1e7} = 7,5$  нейронів за номерами е5-е7, по яким для нейрона е2.Прибуток за формулою (3) визначаються витрати на рекламу;
- 45



- $Y_{1e3} = X_{2e5} = 0,051$ ;  $Y_{2e3} = X_{2e6} = 0,162$ ;  $Y_{3e3} = X_{2e7} = 0,087$  - відповідні числові значення розрахованих експертом по формулі (3) локальних вихідних змінних ( $Y_{1e3}$ ,  $Y_{2e3}$ ,  $Y_{3e3}$ ) нейрона е3. Термін зберігання, підсумок яких дорівнює вхідному потоку фінансових витрат на рекламу товарів  $U_{e3} = 0,3$ , а числові значення дорівнюють відповідним глобальним вхідним змінним ( $X_{2e5}$ ,  $X_{2e6}$ ,  $X_{2e7}$ ) наступних нейронів з порядковими номерами (е5, е6, е7). У формулі (3) використовуються значення  $b_{1e3} = 1/a_{2e5} = 1/25$ ,  $b_{2e3} = 1/a_{2e6} = 1/8$ ,  $b_{3e3} = 1/a_{2e7} = 1/15$ , тому що зі збільшенням терміну зберігання товару повинні зменшуватись витрати на рекламу (термін зберігання враховує кількість місяців, яка залишилась до заборони продажу товару внаслідок його псування: чим більший термін зберігання, тим менше коштів витрачається на його рекламу). Внаслідок отримання подвійного позначення змінних ( $Y_{1e3}$ ,  $Y_{2e3}$ ,  $Y_{3e3}$ ) та ( $X_{2e5}$ ,  $X_{2e6}$ ,  $X_{2e7}$ ) при аналізі НМ змінні ( $Y_{1e3}$ ,  $Y_{2e3}$ ,  $Y_{3e3}$ ) використовуються лише при визначенні оптимального альтернативного рішення на виході нейрона е3. Термін зберігання, а вхідні змінні ( $X_{2e5}$ ,  $X_{2e6}$ ,  $X_{2e7}$ ) нейронів альтернативних рішень з порядковими номерами (е5, е6, е7) є глобальними і використовуються при аналізі всієї НМ;
- $b_{1e3} = 1/25$ ,  $b_{2e3} = 1/8$ ,  $b_{3e3} = 1/15$  - числові значення оцінок термінів зберігання  $a_{2e5} = 25$ ,  $a_{2e6} = 8$ ,  $a_{2e7} = 15$  нейронів за номерами е5-е7, по яким для нейрона е3. Термін зберігання за формулою (3) визначаються витрати на рекламу;
- $Y_{1e4} = X_{3e5} = 0,107$ ;  $Y_{2e4} = X_{3e6} = 0,043$ ;  $Y_{3e4} = X_{3e7} = 0,150$  - відповідні числові значення розрахованих експертом по формулі (3) вихідних локальних змінних ( $Y_{1e4}$ ,  $Y_{2e4}$ ,  $Y_{3e4}$ ) нейрона "е4. Незручність Продажу", підсумок яких дорівнює вхідному потоку фінансових витрат через незручності зберігання товарів  $U_{e4} = 0,3$ , а числові значення дорівнюють відповідним вхідним глобальним змінним ( $X_{3e5}$ ,  $X_{3e6}$ ,  $X_{3e7}$ ) наступних нейронів із порядковими номерами (е5, е6, е7). У формулі (3) використовуються значення  $b_{1e4} = a_{3e5} = 50$ ,  $b_{2e4} = a_{3e6} = 20$ ,  $b_{3e4} = a_{3e7} = 70$ , тому що зі збільшенням незручності зберігання товару повинні збільшуватись витрати на рекламу. Внаслідок отримання подвійного позначення локальних вихідних змінних ( $Y_{1e4}$ ,  $Y_{2e4}$ ,  $Y_{3e4}$ ) та глобальних вхідних змінних ( $X_{3e5}$ ,  $X_{3e6}$ ,  $X_{3e7}$ ), при аналізі НМ локальні вихідні змінні ( $Y_{1e4}$ ,  $Y_{2e4}$ ,  $Y_{3e4}$ ) використовуються лише при визначенні оптимального альтернативного рішення на виході нейрона е4. Незручність Продажу, а глобальні вхідні змінні ( $X_{3e5}$ ,  $X_{3e6}$ ,  $X_{3e7}$ ) нейронів альтернативних рішень із порядковими номерами (е5, е6, е7) використовуються при аналізі всієї НМ;
- $b_{1e4} = 50$ ,  $b_{2e4} = 20$ ,  $b_{3e4} = 70$  - числові значення оцінок незручності зберігання для нейрона е4. Незручність Продажу, по яких за формулою (3) визначаються локальні змінні витрат на рекламу. Оцінки ( $b_{1e4}$ ,  $b_{2e4}$ ,  $b_{3e4}$ ) дорівнюють вхідним оцінкам незручності зберігання  $a_{3e5} = 50$ ,  $a_{3e6} = 20$ ,  $a_{3e7} = 70$  нейронів за номерами е5-е7;
- $a_{1e5} = 10$ ,  $a_{2e5} = 25$ ,  $a_{3e5} = 50$  - відповідні цифрові оцінки прибутку, терміну зберігання та незручності зберігання для нейрона е5. Товар1;
- $U_{e5} = X_{1e5} + X_{2e5} + X_{3e5} = 0,123 + 0,051 + 0,107 = 0,281$  - підсумок глобальних вхідних змінних нейрона е5. Товар1;
- $Y_{1e5} = 0,281$  - значення локальної вихідної змінної нейрона е5. Товар1;
- $a_{1e6} = 15$ ,  $a_{2e6} = 8$ ,  $a_{3e6} = 20$  - відповідні цифрові оцінки прибутку, терміну зберігання та незручності зберігання для нейрона е6. Товар2;
- $U_{e6} = X_{1e6} + X_{2e6} + X_{3e6} = 0,184 + 0,162 + 0,043 = 0,389$  - підсумок глобальних вхідних змінних нейрона е6. Товар2;
- $Y_{1e6} = 0,389$  - значення вихідної локальної змінної нейрона е6. Товар2;
- $a_{1e7} = 7,5$ ,  $a_{2e7} = 15$ ,  $a_{3e7} = 70$  - відповідні цифрові оцінки прибутку, терміну зберігання та незручності зберігання для нейрона е7. Товар3;
- $U_{e7} = X_{1e7} + X_{2e7} + X_{3e7} = 0,093 + 0,087 + 0,150 = 0,33$  - підсумок глобальних вхідних змінних нейрона е7. Товар3;
- $Y_{1e7} = 0,33$  - значення вихідної локальної змінної нейрона е7. Товар3.
- Розглянемо принцип роботи пропонованого нейрона альтернативних рішень на прикладі фіг. 1.

Визначення структурної схеми нейрона альтернативних рішень Фіг. 1 та розрахунки виконуються за методом ієрархічних потоків [4], який є подальшим розвитком методу аналізу ієрархій [5] при скороченні розрахунків.

Нейрон альтернативних рішень (Фіг. 1) має позначення  $e.Kp$  (тут  $e$  - порядковий номер нейрона, відділений точкою від лінгвістичної назви нейрона  $kR$ ), де  $e = 1, 2, \dots, E$  - порядковий номер нейрона,  $E$  - загальна кількість нейронів альтернативних рішень.

Нейрон має блок вхідного оператора  $B1$  та блок активаційної функції  $B2$ , має вхідні глобальні змінні до нейрона та до вхідного оператора  $(x_{1e}, x_{2e}, \dots, x_{je}, \dots, x_{ne})$ , де  $je = 1e, 2e, \dots, ne$  - порядковий номер входу  $e$ -го нейрона альтернативних рішень, з ваговими коефіцієнтами для глобальних вхідних змінних  $w_{je} = 1$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ .

Усі вагові коефіцієнти входів нейрона альтернативних рішень та блока вхідного оператора  $B1$  мають однакове значення  $w_{je} = 1$  і не змінюються. Блок вхідного оператора  $B1$  призначений для складання глобальних вхідних змінних і видачі їх підсумку  $u_e = \sum_{je=1e} x_{je}$

на одному виході блока вхідного оператора  $B1$ , увімкненому до одного входу блока активаційної функції  $B2$ . Числове значення підсумку  $u_e$  входів показано в інформаційній ділянці  $B3$  (Фіг. 1). Його значення дорівнює підсумку глобальних вхідних змінних  $u_e = \sum_{je=1e}^{ne} x_{je}$ , а також дорівнює підсумку локальних вихідних змінних  $u_e = \sum_{ie=1e}^{me} y_{ie}$ . Підсумок  $u_e \leq Q$  є заданою часткою заданого експертом незмінного по величині загального потоку підтримки рішення  $Q = 1 = \text{const}$ .

Нейрон призначений для визначення експертом кількості входів нейрона від 1 до  $ne$  у блоці вхідного оператора  $B1$ , кількості виходів нейрона від 1 до  $me$  у блоці активаційної функції  $B2$ , для визначення експертом у блоці вхідного оператора  $B1$  значення підсумку вхідних змінних  $0 < u_e \leq Q$ .

Глобальні вхідні змінні  $x_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , та локальні вихідні змінні  $y_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ , нейрона альтернативних рішень мають відповідні вхідні  $Kp_{je}^x$  та вихідні  $Kp_{ie}^x$  лінгвістичні критерії, призначені для суб'єктивного визначення експертом глобальних вхідних змінних  $x_{je}$  блока вхідного оператора  $B1$  та локальних вихідних змінних  $y_{ie}$  блока активаційної функції  $B2$ .

У блоці вхідного оператора  $B1$  замість вхідних лінгвістичних критеріїв  $Kp_{je}^x$  або додатково до них нейрон альтернативних рішень має визначені експертом призначені для розрахунку  $x_{je}$  відповідні вхідні оцінки  $a_{je}$ , які мають цифрові значення або  $a_{je}^B$  (збільшення  $a_{je}^B$  призводить до збільшення величини  $x_{je}$ ), або  $a_{je}^C$  (збільшення  $a_{je}^C$  призводить до зменшення величини  $x_{je}$ ).

У блоці активаційної функції  $B2$  замість вихідних лінгвістичних критеріїв  $Kp_{ie}^x$  або додатково до них нейрон альтернативних рішень має визначені експертом для розрахунку  $y_{ie}$  відповідні вихідні оцінки  $b_{ie}$ , які мають цифрові значення або  $b_{ie}^B$  (збільшення  $b_{ie}^B$  призводить до збільшення величини  $y_{ie}$ ), або  $b_{ie}^C$  (збільшення  $b_{ie}^C$  призводить до зменшення величини  $y_{ie}$ ), що є рівними цифровим значенням оцінок вхідних змінних нейронів альтернативних рішень, до входів яких увімкнені відповідні локальні вихідні змінні  $y_{ie}$ .

Вихідні оцінки  $b_{ie}$  призначені для розрахунку у блоці активаційної функції локальних вихідних змінних  $y_{ie}$  за формулою

$$y_{ie} = \lambda_{ie} u_e, \quad b_{ie}$$

$$\text{де } \lambda_{ie} = \frac{b_{ie}}{b_{1e} + b_{2e} + \dots + b_{ie} + \dots + b_{me}}; \quad \sum_{ie=1e}^{me} \lambda_{ie} = 1;$$

$y_{ie}$  - локальна вихідна змінна активаційної функції блока активаційної функції та нейрона альтернативних рішень, яка призначена для зміни локального позначення  $y_{ie}$  на відповідне

глобальне позначення вхідної змінної нейрона (при його наявності), до входу якого увімкнена локальна вихідна змінна  $Y_{ie}$ ;

5  $\lambda_{ie} = 0 \dots 1$  - локальна вихідна змінна активаційної функції у відносних одиницях, яка призначена або для розрахунку за вказаною вище формулою, або призначена для суб'єктивного визначення експертом згідно відповідним лінгвістичним критеріям входу та виходу нейрона;

10  $b_{ie}$  - оцінка величини  $Y_{ie}$  блока активаційної функції, яка має або цифрове значення  $b_{ie}^B$  (збільшення  $b_{ie}^B$  призводить до збільшення величини  $Y_{ie}$ , а  $b_{ie}^B$  призначена для використання у формулі для визначення  $\lambda_{ie}$  як  $b_{ie} = b_{ie}^B$ ), або цифрове значення  $b_{ie}^C$  (збільшення  $b_{ie}^C$  призводить до зменшення величини  $Y_{ie}$ , а  $b_{ie}^C$  призначена для використання у формулі для визначення  $\lambda_{ie}$  як  $b_{ie} = 1/b_{ie}^C$ ) та є рівною цифровій оцінці глобальної вхідної змінної нейрона альтернативних рішень, до входу якого увімкнена відповідна локальна вихідна змінна  $Y_{ie}$  (при наявності такого нейрона);

15  $i_e = 1e, 2e, \dots, me$  - порядкові номери: виходів локальних змінних нейрона; локальних вихідних змінних активаційної функції  $\lambda_{ie}$  у відносних одиницях; вихідних змінних  $Y_{ie}$ , як часток підсумку вхідних змінних  $U_e$ ; оцінок  $b_{ie}$  по даним входу нейронів, до яких увімкнені відповідні локальні вихідні змінні  $Y_{ie}$ .

20 У результаті нейрон альтернативних рішень має всі властивості вузла електричної схеми і підкоряється фізичному закону Кірхгофа для вузла електричної схеми ("алгебраїчна сума глобальних вхідних змінних  $X_{je}$  та локальних вихідних змінних  $Y_{ie}$  нейрона дорівнює нулю")

$$\sum_{j_e=1e}^{ne} X_{je} - \sum_{i_e=1e}^{me} Y_{ie} = 0$$

25 Припустимо, що нейрон альтернативних рішень Фіг. 1 призначений для розв'язку проблеми розділу виділених коштів у вигляді вхідного фінансового потоку  $X_{1e} = Q = 1 = \text{const}$  на будівництво одного з трьох альтернативних об'єктів: школи, ліцею, інституту.

У цьому випадку ми маємо одну вхідну змінну  $X_{1e} = Q = 1 = \text{const}$  (загальна кількість вхідних змінних  $ne = 1$ , лінгвістичний критерій  $Kp_{1e}^X$  означає умовний опис задачі) та три локальні вихідні альтернативні змінні (наприклад, кошти на будівництво школи  $Y_{1e}$ , будівництво ліцею  $Y_{2e}$ , будівництво інституту  $Y_{3e}$ . Загальна кількість локальних вихідних змінних дорівнює  $me = 3$ . Лінгвістичні критерії  $Kp_{1e}^Y$ ,  $Kp_{2e}^Y$ ,  $Kp_{3e}^Y$  означають умовний лінгвістичний опис альтернативних локальних змінних  $Y_{1e}$ ,  $Y_{2e}$ ,  $Y_{3e}$ . Експерт суб'єктивно визначає числові значення локальних вихідних змінних ( $Y_{1e} = 0,5$ ;  $Y_{2e} = 0,2$ ;  $Y_{3e} = 0,3$ ), підсумок яких повинен бути рівним підсумку глобальних змінних входів  $Y_{1e} + Y_{2e} + Y_{3e} = X_{1e} = Q = 1 = \text{const}$  (у даному випадку одна глобальна вхідна змінна -  $X_{1e}$ ).

35 Але три локальні вихідні альтернативні змінні ( $Y_{1e}$ ,  $Y_{2e}$ ,  $Y_{3e}$ ) можуть бути і розраховані по формулі (3) по вихідним змінним активаційної функції у відносних одиницях  $\lambda_{ie} = 0 \dots 1$ ,  $i_e = 1, 2, 3$ , які призначені або для суб'єктивного визначення експертом згідно відповідним лінгвістичним критеріям входу та виходу нейрона, або призначені для розрахунку за формулою (3), в якій, наприклад,  $b_{ie}$ ,  $i_e = 1, 2, 3$ , - оцінки вартості будівництва різних об'єктів  $Y_{ie}$  у блоці активаційної функції B2.

40 Після визначення вихідних змінних  $Y_{ie}$ ,  $i_e = 1, 2, 3$ , за формулою (3), обрання оптимального альтернативного рішення приймається, наприклад, по найменшій вартості будівництва об'єктів ( $Y_{1e}$ ,  $Y_{2e}$ ,  $Y_{3e}$ ).

Таким чином, один нейрон Фіг. 1 здатний розв'язати проблему обрання оптимального альтернативного рішення.

45 Якщо обрана, наприклад, оптимальна локальна альтернатива  $Y_{2e}$  (будівництво ліцею), то локальний вихідний потік підтримки рішення  $Y_{2e}$  може бути входом до наступних нейронів альтернативних рішень, призначених для визначення спеціальностей, кількості студентів та викладачів; втрат потоку підтримки рішень; визначення кількості кімнат та поверхів будівлі;

витрат на оснащення тощо. Тобто виникає проблема аналізу лінійної багатозарової НМ, складеної з нейронів альтернативних рішень.

Розглянемо роботу запропонованих нейронів альтернативних рішень у лінійній багатозаровій НМ Фіг. 2, яка призначена для розділу виділених коштів в об'ємі  $Q=1=const$  на рекламу альтернативних класів товарів (Товар1, Товар2, Товар3).

Входи всіх нейронів НМ мають вагові коефіцієнти 1 і не корегуються.

Визначення структурної схеми НМ Фіг. 2 та розрахунки виконуються за методом ієрархічних потоків [4], який є подальшим розвитком методу аналізу ієрархій [5] при скороченні розрахунків.

На Фіг. 2 глобальна вхідна змінна у відносних одиницях  $x_{1e1}=1$  задана експертом і є входом у НМ та входом нейрона е1. Розподіл коштів реклами. Альтернативні локальні вихідні змінні нейрона е1 ( $y_{1e1}=0,4$ ,  $y_{2e1}=0,3$ ,  $y_{3e1}=0,3$ ) суб'єктивно задаються експертом. Кожна вихідна змінна нейрона е1 має два різних позначення ( $y_{1e1}=x_{1e2}=0,4$ ,  $y_{2e1}=x_{1e3}=0,3$ ,  $y_{3e1}=x_{1e4}=0,3$ ): локальні позначення виходів ( $y_{1e1}$ ,  $y_{2e1}$ ,  $y_{3e1}$ ), які використовуються для визначення альтернатив, та глобальні позначення змінних ( $x_{1e2}$ ,  $x_{1e3}$ ,  $x_{1e4}$ ), які використовуються для аналізу НМ у цілому.

Нейрон е2. Прибуток має увімкнену на один вхід одну змінну з двома її позначеннями ( $y_{1e2}=x_{1e2}=0,4$ ), яка є виходом нейрона е1. Розподіл коштів реклами: позначення  $y_{1e2}$  вважаємо локальним (воно використовується для порівняння альтернативних рішень), а позначення  $x_{1e2}$  є глобальним (воно використовується для аналізу всієї НМ). Нейрони е5.Товар1, е6.Товар2, е7.Товар3 характеризують прибуток відповідними величинами цифрових значень вхідних оцінок  $a_{1e5}=10$ ,  $a_{1e6}=15$ ,  $a_{1e7}=7,5$ , збільшення яких збільшує відповідні витрати на рекламу (бо більше рекламувати належить товари, які приносять більший прибуток). Тобто значення оцінки  $b_{ie2}$ ,  $i=1,2,3$ , для нейрона е2. Прибуток, по яким за формулою (3) розраховуються значення  $\lambda_{ie2}$  та  $y_{ie2}$  блока активаційної функції приймаються рівними:  $b_{1e2}=a_{1e5}=10$ ,  $b_{2e2}=a_{1e6}=15$ ,  $b_{3e2}=a_{1e7}=7,5$ . Дані ( $b_{1e2}=10$ ,  $b_{2e2}=15$ ,  $b_{3e2}=7,5$ ) призначені для визначення за формулою (3) значення локальних вихідних змінних ( $y_{1e2}=x_{1e5}=0,123$ ,  $y_{2e2}=x_{1e6}=0,184$ ,  $y_{3e2}=x_{1e7}=0,093$ ) для нейрона е2. Прибуток, які дорівнюють відповідним глобальним змінним входів наступних нейронів, до яких увімкнені локальні вихідні змінні.

Нейрон е3. Термін зберігання має увімкнену на один вхід одну змінну з двома її позначеннями ( $y_{2e1}=x_{1e3}=0,3$ ), яка є виходом нейрона е1. Розподіл коштів реклами: позначення  $y_{2e1}$  вважаємо локальним (воно використовується для порівняння альтернативних рішень), а позначення  $x_{1e3}$  є глобальним (воно використовується для аналізу всієї НМ).

Нейрони е5.Товар1, е6.Товар2, е7.Товар3 характеризують термін зберігання відповідними величинами цифрових значень вхідних оцінок  $a_{2e5}=25$ ,  $a_{2e6}=8$ ,  $a_{2e7}=15$ , збільшення яких зменшує відповідні витрати на рекламу. Тобто значення оцінки  $b_{ie3}$ ,  $i=1,2,3$ , для нейрона е3. Термін зберігання, по яким за формулою (3) розраховуються значення  $\lambda_{ie3}$  та  $y_{ie3}$  блока активаційної функції приймаються рівними:  $b_{1e3}=1/a_{1e5}=1/25$ ,  $b_{2e3}=1/a_{1e6}=1/8$ ,  $b_{3e3}=1/a_{1e7}=1/15$ . Дані ( $b_{1e3}=1/25$ ,  $b_{2e3}=1/8$ ,  $b_{3e3}=1/15$ ) призначені для визначення за формулою (3) значення локальних вихідних змінних ( $y_{1e3}=x_{2e5}=0,051$ ,  $y_{2e3}=x_{2e6}=0,162$ ,  $y_{3e3}=x_{2e7}=0,087$ ) для нейрона е3. Термін зберігання.

Нейрон е4. Незручність продажу має увімкнену на один вхід одну змінну з двома її позначеннями ( $y_{3e1}=x_{1e4}=0,3$ ), яка є виходом нейрона е1. Розподіл коштів реклами: позначення  $y_{3e1}$  вважаємо локальним (воно використовується для порівняння альтернативних рішень), а позначення  $x_{1e4}$  є глобальним (воно використовується для аналізу всієї НМ).

Нейрони е5.Товар1, е6.Товар2, е7.Товар3 характеризують незручність зберігання відповідними величинами цифрових значень вхідних оцінок  $a_{3e5}=50$ ,  $a_{3e6}=20$ ,  $a_{3e7}=70$ , збільшення яких збільшує відповідні витрати на рекламу. Тобто значення оцінки  $b_{ie4}$ ,  $i=1,2,3$ , для нейрона е4. Незручність продажу по яким за формулою (3) розраховуються значення  $\lambda_{ie4}$  та  $y_{ie4}$  блока активаційної функції приймаються рівними:  $b_{1e4}=a_{3e5}=50$ ,  $b_{2e4}=a_{3e6}=20$ ,  $b_{3e4}=a_{3e7}=70$ . Дані ( $b_{1e4}=50$ ,  $b_{2e4}=20$ ,  $b_{3e4}=70$ ) призначені для визначення за формулою

(3) значення вихідних змінних ( $y_{1e4} = x_{3e5} = 0,107$ ;  $y_{2e4} = x_{3e6} = 0,043$ ,  $y_{3e4} = x_{3e7} = 0,150$ ) для нейрона е4.НезручністьПродажу.

Кожний вихідний нейрон альтернативних рішень (е5.Товар1, е6.Товар2 та е7.Товар3) призначений для отримання підсумку власних витрати на рекламу, пов'язаний із прибутком, терміном зберігання та незручністю зберігання. У результаті для альтернатив (Товар1, Товар2, Товар3) отримуємо підсумкові числові оцінки витрат на рекламу у вигляді підсумків глобальних вхідних змінних при рівності цих підсумків відповідним локальним вихідним змінним НМ:

- для нейрона е5.Товар1:  $y_{1e5} = x_{1e5} + x_{2e5} + x_{3e5} = 0,123 + 0,051 + 0,107 = 0,281$ ;

- для нейрона е6.Товар2:  $y_{1e6} = x_{1e6} + x_{2e6} + x_{3e6} = 0,184 + 0,162 + 0,043 = 0,389$ ;

- для нейрона е7.Товар3:  $y_{1e7} = x_{1e7} + x_{2e7} + x_{3e7} = 0,093 + 0,087 + 0,150 = 0,330$ .

Таким чином, отримуємо наступні вартості рекламних заходів:

- на Товар1 нейрон е1.Товар1 витрачається частка  $y_{1e5} = 0,281$  рекламних коштів;

- на Товар2 нейрон е2.Товар2 витрачається частка  $y_{1e6} = 0,389$  рекламних коштів;

- на Товар3 нейрон е3.Товар3 витрачається частка  $y_{1e7} = 0,330$  рекламних коштів.

З отриманих результатів випливає, що оптимальним рішенням серед альтернатив Товар1, Товар2, Товар3 є Товар2, бо нейрон альтернативних рішень е2.Товар2 потребує найбільших витрат на рекламу  $y_{1e6} = 0,389$ .

Підсумок рекламних коштів на виході НМ ( $y_{1e5} + y_{1e6} + y_{1e7}$ ) = 0,281 + 0,389 + 0,330 = 1 повинен точно відповідати підсумку змінних входу  $x_{1e1} = 1$ . Якщо при округленні цифр глобальних

вхідних та локальних вихідних змінних ця умова не виконується, то експерт суб'єктивно корегує змінні з метою точного дотримання вимоги. Таким чином, кожний нейрон альтернативних рішень має всі властивості вузла електричної схеми і підкоряється фізичному закону Кірхгофа для вузла електричної схеми ("алгебраїчна сума глобальних вхідних змінних  $x_{je}$  та локальних вихідних змінних  $y_{ie}$  нейрона альтернативних рішень дорівнює нулю")  $\sum_{je=1e}^{ne} x_{je} - \sum_{ie=1e}^{me} y_{ie} = 0$

при потоці підтримки рішення у вузлі  $u_e = \sum_{ie=1e}^{me} x_{je}$ .

Внаслідок дотримання всіх умов фізичного закону Кірхгофа, нейрон альтернативних рішень може бути призначений для урахування [6, 7]:

зміни кількості увімкнених гілок у статичному режимі роботи за законом Кірхгофа  $\sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x x_{je} - \sum_{ie=1e}^{me} f_{ie}^y y_{ie} = 0$  при потоці підтримки рішення у вузлі  $u_e = \sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x x_{je}$ , де  $f_{je}^x$ ,  $f_{ie}^y$  -

перемикаючі функції, які мають значення 1, якщо відповідна гілка увімкнена до вузла, та мають значення 0, якщо відповідна гілка не увімкнена до вузла;

зміни кількості увімкнених гілок у динамічному режимі (при умові зміни у часі  $t$  потоку підтримки рішень  $Q$ ) за законом Кірхгофа  $\sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x \frac{dx_{je}}{dt} - \sum_{ie=1e}^{me} f_{ie}^y \frac{dy_{ie}}{dt} = 0$  при потоці

підтримки рішення у вузлі  $u_e^2 = \sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x \frac{dx_{je}}{dt}$ .

- фізичного закону Кірхгофа у вигляді  $\sum_{je=1e}^{ne} w_{je} x_{je} - \sum_{ie=1e}^{me} w_{ie} y_{ie} = 0$  при потоці підтримки

рішення у вузлі  $u_e^3 = \sum_{je=1e}^{ne} w_{je} x_{je}$ , де  $w_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ ;  $w_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ , - відповідні вагові коефіцієнти входу та виходу для глобальних вхідних змінних  $x_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , та локальних вихідних змінних  $y_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ .

- фізичного закону Кірхгофа у вигляді  $\sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x w_{je} x_{je} - \sum_{ie=1e}^{me} f_{ie}^y w_{ie} y_{ie} = 0$  при потоці

підтримки рішення у вузлі  $u_e^4 = \sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x w_{je} x_{je}$ , де  $w_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ ;  $w_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ , -

відповідні вагові коефіцієнти входу та виходу для глобальних вхідних змінних  $x_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , та локальних вихідних змінних  $y_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ ;  $f_{je}^x$ ,  $f_{ie}^y$  - перемикаючі функції, які мають значення 1, якщо відповідна гілка увімкнена до вузла, та мають значення 0, якщо відповідна гілка не увімкнена до вузла;

фізичного закону Кірхгофа (при умові зміни у часі  $t$  потоку  $Q$ ) у вигляді

$$\sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x w_{je} \frac{dx_{je}}{dt} - \sum_{ie=1e}^{ne} f_{ie}^y w_{ie} \frac{dy_{ie}}{dt} = 0$$

при потоці підтримки рішення у вузлі

$$u_e^5 = \sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x w_{je} \frac{dx_{je}}{dt}$$

У фаховій літературі стверджується, що нелінійність активаційних функцій розширює  
 5 можливості багат шарової НМ, а лінійна багат шарова НМ, хоча й "не є зайвою", але може бути  
 замінена еквівалентною одно шаровою лінійною НМ [8, с. 27-28]. Ці висновки не є вірними, бо  
 засновані на аналізі задачі з відсутньою метою класифікації об'єктів:

1. Нелінійність активаційних функцій у дійсності звужує можливості багат шарових  
 нелінійних НМ, тому що вона знижує інформативну базу НМ. Для дво шарової лінійної НМ  
 10 нейрон у 1-му шарі має на виході сигнал  $\pm u_\lambda = \sum_{j\lambda=1\lambda}^{n\lambda} w_{j\lambda} x_{j\lambda}$ , де  $\lambda = 1, 2, \dots, \wedge$  - порядковий  
 номер нейрона 1-го шару лінійної НМ;  $j\lambda = 1\lambda, 2\lambda, \dots, n\lambda$  - порядковий номер входу нейрона за  
 номером  $\lambda$  у 1-му шарі лінійної НМ. Нелінійна активаційна функція нейрона вилучає з аналізу  
 модуль  $|u_\lambda^1|$  сигналу (модуль  $|u_\lambda^1|$  "вимірює відстань" вхідного вектору від вирішальної функції) і

залишає на виході нейрона лише знак величини  $\pm u_\lambda^1$  у вигляді числового значення  $\pm 1$ , тобто  
 15 знижує інформативну базу нейрона. Підтвердженням скорочення можливостей нелінійних  
 багат шарових НМ у порівнянні з лінійними багат шаровими НМ є лінійні нейрони Троянда [9-  
 13]: один лінійний нейрон Троянда спрощує розрахунки і може замінити десятки нелінійних  
 нейронів Маккаллока-Піттса [1] або десятки нелінійних нейронів Адалін [2, 3].

2. Вказані твердження стосовно недоцільності використання лінійних нейронів з відсутніми  
 20 нелійними активаційними функціями виходу [8, с. 27-28] вступають у протиріччя з фактами  
 використання лінійних НМ, наприклад, у стохастичній НМ, запропонованій Д.Ф. Спехтом [8, с.  
 221-224; 14], у радіально-базисних мережах [8, с. 229-230], у нейронах Н-Адаліна [8, с. 74].

3. У публікації [8, с. 27-28] порівнюються нелінійні та лінійні НМ, які мають у своїй основі різні  
 25 методи (алгоритми) аналізу, мають різну мету та використовують різні нейрони. У той час, коли  
 нелінійні НМ використовують нелінійні нейрони Маккаллока-Піттса або Адалін (в основу роботи  
 яких покладені нерівності), у порівнюваних лінійних НМ [8, с. 27-28] використовують рівності.  
 Між тим саме нерівність розділювальної вирішальної функції виконує логічну операцію розділу  
 простору змінних на дві частки (в одній частині простору змінних нерівність  $u_e \geq 0$  виконується,  
 що відповідає +1 на виході нейрона, а в іншій - нерівність не виконується, що відповідає -1 на  
 30 виході нейрона). Рівність не має такої логічної властивості і тому вимагає теоретичного  
 пояснення правомірності її застосування.

4. Рівноправні нелінійні та лінійні НМ розв'язують різні математичні задачі, є неадекватними  
 та мають власні переваги і недоліки. Саме у сенсі сумісного порівняння їх переваг та недоліків  
 належить розглядати ці різні рівноправні методи аналізу, які для конкретних випадків повинні  
 35 бути лінгвістично та математично обґрунтовані.

5. Згідно даних [8, с. 27-28], нейрони 1-го асоціативного шару мають на своїх виходах  
 числові значення власних вирішальних функцій  $\pm u_e$ , які модулем  $|\pm u_e|$  інформують про  
 величину відстані до границі розділу вхідних векторів на класи, а знаками « $\pm$ » вказують, з якого  
 боку від границі знаходиться вхідний вектор. В існуючих нелінійних НМ аналіз спрощується, бо  
 40 модуль відстані до границі  $|\pm u_e|$  вилучається з подальших розрахунків, а на виході, з  
 урахуванням дії вихідної нелінійної активаційної функції, отримується лише вихідне значення  
 $\pm 1$ . Таким чином, в аналізованій лінійній НМ [8, с. 27-28] 2-й асоціативний шар НМ повинен  
 розв'язувати ускладнену задачу класифікації вхідних векторів, бо має на своїх виходах зайву  
 додаткову інформацію (числові значення модулів вирішальних функцій першого асоціативного  
 45 шару  $|\pm u_e|$ ), яка не має математичного підтвердження її корисності при класифікації вхідних  
 векторів.

6. У публікації [8, с. 27-28] наведені абсолютно вірні дані стосовно дво шарової (та  
 багат шарової) лінійної НМ: лінійна дво шарова НМ із вхідним вектором  $X_1$  на виході 1-го шару  
 з ваговою матрицею  $W_1$  має вихід 1-го шару  $W_1 X_1$ , який надходить на входи 2-го шару з  
 50 ваговою матрицею  $W_2$ ; у результаті виходи 2-го шару лінійної дво шарової НМ у вигляді

$W_2(W_1X_1)$  є описом одношарової лінійної НМ; отже "будь-яка багатшарова лінійна мережа може бути замінена еквівалентною одношаровою".

Але разом із тим описана в публікації [8, с. 27-28] задача не має практичного значення:

5 - отримані значення виходів вхідних операторів нейронів 1-го шару  $W_1X_1$  визначають знаки та відстані вхідного вектору до кожної границі класу (вирішальної функції нейрона) і можуть бути корисними для аналізу (хоча модулі виходів  $|W_1X_1|$  є зайвими додатковими даними, призначення яких для аналізу є незрозумілим);

10  $W_2(W_1X_1)$ , але головне - невідомо, для чого розраховуються і що означають виходи 2-го шару  $W_2(W_1X_1)$ , бо вхідний сигнал 2-го шару  $W_1X_1$  отримується для випадкового вектору  $X_1$ , а тому значення виходів 2-го шару  $W_2(W_1X_1)$  є випадковими і мають довільні модулі. Для подібного алгоритму у фаховій літературі невідоме математичне підґрунтя класифікації об'єктів і не наведений алгоритм навчання.

15 Разом із тим слід визнати, що, внаслідок властивостей закону Кірхгофа для потоків у вузлах, лінійна багатшарова НМ Фіг. 2 може бути замінена одним нейроном альтернативних рішень з вхідною змінною  $x_{1e1} = 1$  та вихідними змінними ( $u_{1e5} = 0,281$ ,  $u_{2e5} = 0,389$ ,  $u_{3e5} = 0,33$ ). Але, як наслідок цієї заміни, втрачається інформація проміжних нейронів ( $e_2, e_3, e_4$  Фіг. 2), і однаковий результат виходу може бути отриманим при різних оцінках впливу прибутку, терміну зберігання та незручності продажу. Тому подібна заміна багатшарової НМ Фіг. 2 на одношарову НМ (на один нейрон альтернативних рішень) є нерівноцінною заміною, незважаючи на однаковість виходу та виходів.

20 Таким чином, нелінійні та лінійні НМ потребують власного математичного та лінгвістичного пояснення, є рівноправними, розв'язують різні класи задач, мають власні типові переваги та недоліки.

25 Робота нейрона та НМ на нейронах альтернативних рішень є "прозорою" для розуміння людиною. Навчання окремого нейрона альтернативних рішень Фіг. 1 та всієї НМ Фіг. 2 відбувається по заданим експертом умовам і виконується або за розрахунком, або по суб'єктивному рішення експерта без використання дельта-правила та метода зворотного поширення похибки.

30 Використання запропонованої технічного рішення дозволяє зменшити вартість НМ через зменшення кількості нейронів при складному розміщенні класів у просторі ознак та зменшити витрати на проектування, навчання, налагодження та обслуговування НМ внаслідок:

- отримання "прозорості" розрахунків, активної ролі експерта у навчанні нейронів, надання експертом нейронам детермінованих функцій (все це максимально наближує аналіз НМ до умов розмірковування людини і скорочує час навчання);

35 - отримання ранжованих по числових значеннях оцінок альтернативних рішень, що дозволяє аргументовано порівнювати доцільність обрання розв'язку серед різних альтернативних рішень.

40 Крім того, пропонується нейрон альтернативних рішень розв'язує новий клас задач: він не розділяє математичною нерівністю у вигляді підсумку  $U_e$  багатовимірний координатний простір існування об'єктів на дві частки, а розглядає значення  $U_e$  як деякий незмінний потік матеріальної, фінансової, інформаційної підтримки альтернативних рішень, який без зміни його підсумкової величини розподіляється між визначеними експертом альтернативними вихідними змінними нейрона.

Джерела інформації:

45 1. McCulloch W.C., Pitts W.A. A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity // Bulletin of Mathematical Biophysics. - 1943. - № 5. - P. 115-133.

2. Widrow B., Hoff M.E. Jr. Adaptive switching circuits // Western Conference Rec, IRE. - 1960. - № 4. - P. 96-104.

3. Widrow B., Winter R. Neural Nets for Adaptive Filtering and Adaptive Pattern Recognition // IEEE Computer. - 1988. - № 21. - № 3. - P. 35-39.

50 4. Кутковецький В.Я. Метод ієрархічних потоків // Наукові праці: Науково-методичний журнал. - Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2014. - Вип. 225. - Т. 237. Комп'ютерні технології. - С. 49-57.

5. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. - М.: Либроком, 2011. - 360 с.

55 6. Кутковецький В.Я. Обобщенные методы переключающих функций и их применение для расчета электромагнитных процессов в вентильных цепях. Специальности: 05.09.12 - полупроводниковые преобразователи энергии, 05.09.05 - теоретическая электротехника. Автореферат докторской диссертации на соискание ученой степени д.т.н. - Киев: 1992. - 30 с.

7. Кутковецький В.Я. Закони аналізу електротехнічних мереж // Електротехніка і електромеханіка. - 2014. - № 1. - С. 58-61.

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

5 9. Турти М.В. Теорія однозначних нечітких систем та нейронні мережі: Монографія. - Миколаїв: Вид-во Європейський університет, Миколаївська філія, 2007. - Ч. I - 140 с. - Ч. II-114 с.

10. Кутковецький В.Я., Турти М.В. Нейрон "Троянда1". Патент України на корисну модель № 96451, 10.02.2015, Бюл. № 3. 5 с.

10 11. Кутковецький В.Я., Турти М.В. Нейрон "Троянда2". Патент України на корисну модель № 96452, 10.02.2015, Бюл. № 3. 5 с.

12. Кутковецький В.Я., Турти М.В. Нейрон "Троянда3". Патент України на корисну модель № 96453, 10.02.2015, Бюл. № 3. 6 с.

13. Кутковецький В.Я., Турти М.В. Нейрон "Троянда4". Патент України на корисну модель № 96454, 10.02.2015, Бюл. № 3. 6 с.

15 14. Specht D.F. Probabilistic Neural Network for Classification, Mapping and Associative Memory. // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Neural Networks. - SanDiego, 1988. - Vol. 1. - P. 525-532.

### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

20 1. Нейрон альтернативних рішень, який має порядковий номер  $e = 1, 2, \dots, E$ , де  $E$  - загальна кількість нейронів, має блок вхідного оператора та блок активаційної функції, має вхідні змінні до нейрона та до вхідного оператора  $(x_{1e}, x_{2e}, \dots, x_{je}, \dots, x_{ne})$ , де  $je = 1e, 2e, \dots, ne$  - порядковий

25 номер входу  $e$ -го нейрона альтернативних рішень, з ваговими коефіцієнтами для вхідних змінних  $w_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , що призначений для складання вхідних змінних і приєднання

отриманого їх підсумку  $u_e = \sum_{je=1e} x_{je}$

до одного входу блока активаційної функції, має вихідні змінні блока активаційної функції, які є також виходами нейрона,  $(y_{1e}, y_{2e}, \dots, y_{ie}, \dots, y_{me})$ , де  $ie = 1e, 2e, \dots, me$  - порядкові номери

30 вихідних змінних  $y_{ie}$ , який **відрізняється** тим, що нейрон призначений для визначення експертом кількості входів нейрона від 1 до  $ne$  у блоці вхідного оператора, кількості виходів нейрона від 1 до  $me$  у блоці активаційної функції, для визначення експертом у блоці вхідного оператора значення підсумку  $0 < u_e \leq Q$  глобальних вхідних змінних  $(x_{1e}, x_{2e}, \dots, x_{je}, \dots, x_{ne})$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , який є часткою заданого експертом незмінного по величині загального потоку

35 підтримки рішення  $Q = 1 = \text{const}$  (або є потоком, рівним загальному потоку підтримки рішення у вигляді  $u_e = Q = 1 = \text{const}$ ), глобальні вхідні змінні  $x_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , та локальні вихідні

змінні  $y_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ , нейрона альтернативних рішень мають відповідні вхідні  $Kp_{je}^x$  та

вихідні  $Kp_{ie}^y$  лінгвістичні критерії, призначені для суб'єктивного визначення експертом числових значень  $x_{je}$  блока вхідного оператора та  $y_{ie}$  блока активаційної функції, або/та мають

40 визначені експертом у блоці вхідного оператора призначені для розрахунку  $x_{je}$  відповідні вхідні оцінки  $a_{je}$ , які мають цифрові значення або  $a_{je}^B$  (збільшення  $a_{je}^B$  призводить до збільшення

величини  $x_{je}$ ), або  $a_{je}^C$  (збільшення  $a_{je}^C$  призводить до зменшення величини  $x_{je}$ ), а у блоці

активаційної функції мають для розрахунку  $y_{ie}$  визначені експертом відповідні вихідні оцінки  $b_{ie}$ , які мають цифрові значення або  $b_{ie}^B$  (збільшення  $b_{ie}^B$  призводить до збільшення

45 величини  $y_{ie}$ ), або  $b_{ie}^C$  (збільшення  $b_{ie}^C$  призводить до зменшення величини  $y_{ie}$ ), що є рівними цифровим значенням оцінок вхідних глобальних змінних нейронів альтернативних

рішень, до входів яких увімкнені відповідні локальні вихідні змінні  $y_{ie}$ , а вихідні оцінки  $b_{ie}$  призначені для розрахунку у блоці активаційної функції вихідних локальних змінних  $y_{ie}$  за

формулою:

50 
$$y_{ie} = \lambda_{ie} u_e, (3)$$



$$\text{де } \lambda_{ie} = \frac{b_{ie}}{b_{1e} + b_{2e} + \dots + b_{ie} + \dots + b_{me}}; \sum_{ie=1e}^{me} \lambda_{ie} = 1;$$

$Y_{ie}$  - локальні вихідні змінні блока активаційної функції та нейрона альтернативних рішень, які призначені для заміни позначень  $Y_{ie}$  на відповідні позначення глобальних вхідних змінних нейронів (при їх наявності), до входів яких увімкнені локальні вихідні змінні  $Y_{ie}$ ;

5  $\lambda_{ie} = 0 \dots 1$  - локальні вихідні змінні активаційної функції у відносних одиницях, які призначені або для розрахунку за вказаною вище формулою, або призначені для суб'єктивного визначення експертом згідно з відповідними лінгвістичними критеріями входу та виходу нейрона;

$b_{ie}^B$  - оцінка величини  $Y_{ie}$  блока активаційної функції, яка має або цифрове значення  $b_{ie}^B$  (збільшення  $b_{ie}^B$  призводить до збільшення величини  $Y_{ie}$ , а  $b_{ie}^B$  призначена для використання як  $b_{ie} = b_{ie}^B$  у формулі для визначення  $\lambda_{ie}$ ), або цифрове значення  $b_{ie}^C$  (збільшення  $b_{ie}^C$  призводить до зменшення величини  $Y_{ie}$ , а  $b_{ie}^C$  призначена для використання як  $b_{ie} = 1/b_{ie}^C$  у формулі для визначення  $\lambda_{ie}$ ) та є рівною цифровій оцінці входу нейрона альтернативних рішень, до якого увімкнена відповідна локальна вихідна змінна  $Y_{ie}$  (при наявності такого нейрона);

15  $ie = 1e, 2e, \dots, me$  - порядкові номери: виходів нейрона альтернативних рішень; вихідних локальних змінних активаційної функції у відносних одиницях  $\lambda_{ie}$ ; вихідних локальних змінних  $Y_{ie}$ , як часток підсумку вхідних змінних  $u_e$ ; оцінок  $b_{ie}$ , які призначені для визначення по даним входу нейрона, до якого увімкнена відповідна локальна вихідна змінна  $Y_{ie}$ ,

нейрон альтернативних рішень має всі властивості вузла електричної схеми і підкоряється першому фізичному закону Кірхгофа для вузла електричної схеми ("алгебраїчна сума глобальних вхідних змінних  $X_{je}$  та локальних вихідних змінних  $Y_{ie}$  нейрона дорівнює нулю")  $\sum_{je=1e}^{ne} X_{je} - \sum_{ie=1e}^{me} Y_{ie} = 0$  при потоці підтримки рішення у вузлі  $u_e = \sum_{je=1e}^{ne} X_{je}$ .

2. Нейрон альтернативних рішень за п. 1, який **відрізняється** тим, що має входи та виходи нейрона з увімкненими до них відповідними глобальними вхідними змінними ( $X_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , та локальними вихідними змінними  $Y_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ ), а входи та виходи мають відповідні вимикачі у вигляді перемикаючих функцій ( $f_{je}^x$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , та  $f_{ie}^y$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ ), що призначені для урахування впливу на роботу нейрона зміни кількості увімкнених гілок у статичному режимі роботи за законом Кірхгофа  $\sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x X_{je} - \sum_{ie=1e}^{me} f_{ie}^y Y_{ie} = 0$  при потоці підтримки рішення у вузлі  $u_e^1 = \sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x X_{je}$ , де  $f_{je}^x$ ,  $f_{ie}^y$  - перемикаючі функції, які

30 мають значення 1, якщо відповідна гілка увімкнена до вузла та мають значення 0, якщо відповідна гілка не увімкнена до вузла.

3. Нейрон альтернативних рішень за п. 2, який **відрізняється** тим, що (при умові зміни у часі  $t$  потоку підтримки рішень  $Q$ ) призначений для урахування зміни кількості увімкнених гілок у динамічному режимі за законом Кірхгофа  $\sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x \frac{dx_{je}}{dt} - \sum_{ie=1e}^{me} f_{ie}^y \frac{dy_{ie}}{dt} = 0$  при потоці підтримки

35 рішення у вузлі  $u_e^2 = \sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x \frac{dx_{je}}{dt}$ .

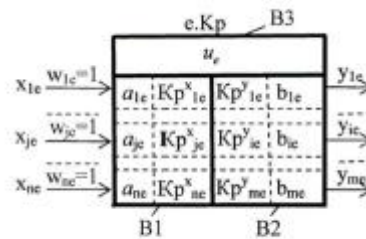
4. Нейрон альтернативних рішень за п. 1, який **відрізняється** тим, що глобальні вхідні змінні  $X_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , та локальні вихідні змінні  $Y_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ , мають відповідні вагові коефіцієнти входу  $w_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , та виходу  $w_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ , і призначені для дотримання фізичного закону Кірхгофа у вигляді  $\sum_{je=1e}^{ne} w_{je} X_{je} - \sum_{ie=1e}^{me} w_{ie} Y_{ie} = 0$  при потоці

40 підтримки рішення у вузлі  $u_e^3 = \sum_{je=1e}^{ne} w_{je} X_{je}$ .

5. Нейрон альтернативних рішень за п. 2, який **відрізняється** тим, що глобальні вхідні змінні  $X_{je}$ ,  $je = 1e, 2e, \dots, ne$ , та локальні вихідні змінні  $Y_{ie}$ ,  $ie = 1e, 2e, \dots, me$ , мають відповідні вагові

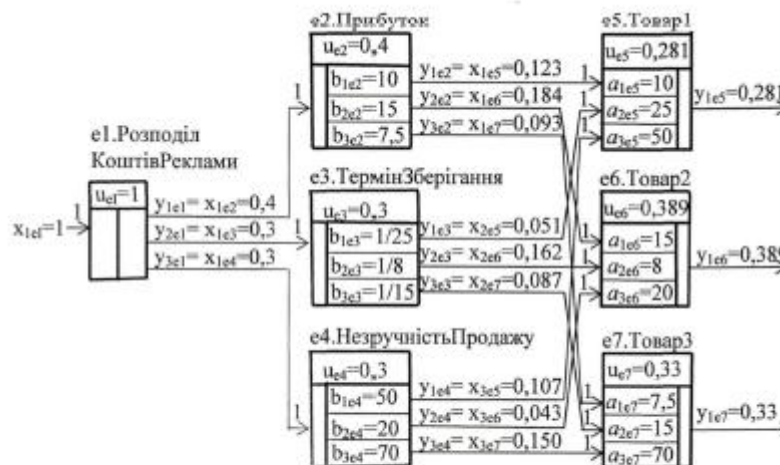
коефіцієнти входу  $w_{je}$ ,  $je=1e,2e,\dots,ne$ , та виходу  $w_{ie}$ ,  $ie=1e,2e,\dots,me$ , і призначені для дотримання фізичного закону Кірхгофа у вигляді  $\sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x w_{je} x_{je} - \sum_{ie=1e}^{me} f_{ie}^y w_{ie} y_{ie} = 0$  при потоці підтримки рішення у вузлі  $u_e^4 = \sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x w_{je} x_{je}$ .

6. Нейрон альтернативних рішень за п. 5, який **відрізняється** тим, що (при умові зміни у часі  $t$  потоку  $Q$ ) призначений для урахування зміни кількості увімкнених гілок у динамічному режимі за законом Кірхгофа  $\sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x w_{je} \frac{dx_{je}}{dt} - \sum_{ie=1e}^{me} f_{ie}^y w_{ie} \frac{dy_{ie}}{dt} = 0$  при потоці підтримки рішення у вузлі  $u_e^5 = \sum_{je=1e}^{ne} f_{je}^x w_{je} \frac{dx_{je}}{dt}$ .



Фіг. 1

10



Фіг. 2

15

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