

произвести реалистичную по форме и корректную по содержанию общую динамическую картину процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Вакуленко, С. П. Основы проектирования трехмерных динамических моделей железнодорожных станций : учеб. / С. П. Вакуленко, А. К. Головнич. М. : УМЦ по образованию на ж. д. трансп., 2022. – 384 с.

2 Головнич, А. К. Антропоморфные объекты в 3D-моделях технологических процессов железнодорожных станций / А. К. Головнич // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. – Гомель, БелГУТ, 2021. – Вып. 3. – С. 78–90.

3 Головнич, А. К. Детерминация понятия «цифровой двойник» в 3D-моделях железнодорожных станций / А. К. Головнич // Техник транспорта: образование и практика. – М. : УМЦ по образованию на ж. д. трансп., 2023. – С. 184–192.

S. P. VAKULENKO, A. K. GOLOVNICH

THE OBJECT CONTENT THE FUNCTIONAL A 3D-MODEL OF A RAILWAY STATION

The article defines a set of objects a three-dimensional railway station, classified according to the degree of reproducible detail the external shape and internal structure. All model forms are being investigated for the possibility of reconstructing processes that are correct from the point of view physics.

Получено: 15.10.2023

ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023

УДК 654.6.4

С. П. ВАКУЛЕНКО, Ю. В. ПЕРЕСВЕТОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

post-iuit@bk.ru

ЛОГИЧЕСКАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ПОСТАВЩИКОВ ПРОДУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Рассматривается возможность использования нейронной сети для решения задачи выбора поставщиков продукции железнодорожного транспорта, которые характеризуются определенными качественными параметрами, принимающими значения из шкалы недетерминированных значений.

Логические функции, лежащие в основе выбора поставщиков продукции, преимущественно основаны на конъюнкции логических значений переменных, отображающих изменения следующих показателей поставщиков продукции:

- качество поставляемой продукции;
- цена поставляемой продукции;
- условия поставок продукции;
- репутация поставщика.

Каждый из перечисленных показателей может принимать следующие логические значения переменных x_i :

1 Качество поставляемой продукции:

- x_1 – хорошее (3 балла);
- x_2 – среднее (2 балла);
- x_3 – плохое (1 балл).

2 Цена поставляемой продукции:

- x_4 – низкая (3 балла);
- x_5 – средняя (2 балла);
- x_6 – высокая (1 балл).

3 Условия поставки продукции:

- x_7 – хорошие (3 балла);
- x_8 – средние (2 балла);
- x_9 – плохие (1 балл).

4 Репутация поставщика:

- x_{10} – хорошая (3 балла);
- x_{11} – средняя (2 балла);
- x_{12} – плохая (1 балл).

Множество $\{x_i\}$ образует исчерпывающее множество событий (ИМС). Множество вариантов альтернативных результатов по каждому поставщику $\{y_i\}$ система принятия решений (СПР) включает $3^4 = 81$ элемент, определяющий количество размещений из элементов множества значений каждого показателя (3 элемента) по показателям поставщика (4 показателя). Такой простой вид логической функции при переходе в область действительных переменных подразумевает достаточность использования однослойной нейросети (рисунок 1), содержащей входной слой рецепторов и выходной слой, на котором формируются результаты мониторинга (рейтинги) поставщиков, а также экспертные рекомендации.

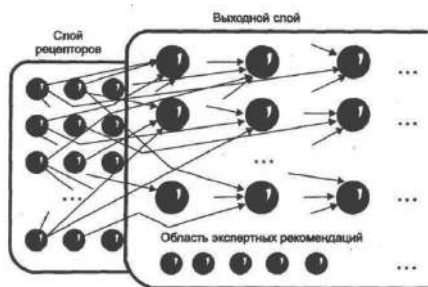


Рисунок 1 – Структура однослойной нейросети выбора поставщиков продукции

Множество логических функций $\{y_i\}$, образующих нейроны выходного слоя, состоит из следующих элементов:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_2 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_3 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10}, \\
 y_4 &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_5 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_6 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10}, \\
 y_7 &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_8 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11}, y_9 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10}, \\
 y_{10} &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{11} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_{12} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10}, \\
 y_{13} &= x_3 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10}, y_{14} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_{15} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11}, \\
 y_{16} &= x_3 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_{17} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{18} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11}, \\
 y_{19} &= x_3 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10}, y_{20} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{10}, y_{21} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{10}, \\
 y_{22} &= x_2 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{11}, y_{23} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_{24} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{12}, \\
 y_{25} &= x_2 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_{26} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10}, y_{27} = x_2 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{11}, \\
 y_{28} &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_{29} = x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{30} = x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11}, \\
 y_{31} &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{32} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_{33} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11}, \\
 y_{34} &= x_1 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_{35} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{36} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{11}, \\
 y_{37} &= x_1 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{10}, y_{38} = x_1 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{39} = x_1 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{10}, \\
 y_{40} &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{41} = x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{11}, y_{42} = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{12}, \\
 y_{43} &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{44} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{45} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{12}, \\
 y_{46} &= x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_{47} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_{48} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{10}, \\
 y_{49} &= x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{50} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_{51} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{12}, \\
 y_{52} &= x_3 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{11}, y_{53} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_{54} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{12}, \\
 y_{55} &= x_3 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_{56} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{57} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{11}, \\
 y_{58} &= x_3 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{59} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{60} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{10}, \\
 y_{61} &= x_2 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{62} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11}, y_{63} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{10}, \\
 y_{64} &= x_2 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{65} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_{66} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12}, \\
 y_{67} &= x_2 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{68} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{69} = x_2 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{12}, \\
 y_{70} &= x_1 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{71} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{72} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12}, \\
 y_{73} &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{74} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{75} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{11},
 \end{aligned}$$

$$y_{76} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_{77} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{78} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11},$$

$$y_{79} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{80} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{81} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12}.$$

Вышеуказанные логические функции позволяют сформировать матрицу связей однослойной логической нейронной сети, где по столбцам располагаются элементы множества – нейроны-рецепторы, а по строкам – элементы множества решений – нейроны выходного слоя (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица связей нейронной сети

	$x_{1(3)}$	$x_{2(2)}$	$x_{3(1)}$	$x_{4(3)}$	$x_{5(2)}$	$x_{6(1)}$	$x_{7(3)}$	$x_{8(2)}$	$x_{9(1)}$	$x_{10(3)}$	$x_{11(2)}$	$x_{12(1)}$
y_1		1		1				1		1		
y_2		1		1			1				1	
y_3		1		1			1			1		
y_4	1				1			1		1		
y_5	1				1		1				1	
y_6	1				1		1			1		
y_7	1			1					1	1		
y_8	1			1				1			1	
y_9	1			1				1		1		
y_{10}	1			1			1					1
...												
y_{77}			1			1		1				1
y_{78}			1			1		1			1	
y_{79}			1			1	1					1
y_{80}			1		1				1			1
y_{81}		1				1			1			1

Далее необходимо обучить нейронную сеть умению различать поставщиков по степени их привлекательности. В качестве критерия степени привлекательности предлагается использовать рейтинг поставщика. Для оценки рейтинга каждого поставщика воспользуемся балльной оценкой элементов множества нейронов-рецепторов:

$$x_1 \Leftrightarrow 3, x_2 \Leftrightarrow 2, x_3 \Leftrightarrow 1, x_4 \Leftrightarrow 3, x_5 \Leftrightarrow 2, x_6 \Leftrightarrow 1, x_7 \Leftrightarrow 3, x_8 \Leftrightarrow 2, x_9 \Leftrightarrow 1,$$

$$x_{10} \Leftrightarrow 3, x_{11} \Leftrightarrow 2, x_{12} \Leftrightarrow 1.$$

Тогда элементы множества СПР возможно представить в виде векторов с заданными координатами:

$$y_1 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_1(2,3,2,3); y_2 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_2(2,3,3,2);$$

$$y_3 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_3(2,3,3,3); y_4 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_4(3,2,2,3);$$

$$y_5 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_5(3,2,3,2); y_6 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_6(3,2,3,3);$$

$$y_7 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_7(3,3,1,3); y_8 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_8(3,3,2,2);$$

$$\begin{aligned}
y_9 &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_9(3,3,2,3); y_{10} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{10}(3,3,3,1); \\
\dots y_{77} &= x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{77}(1,1,2,1); y_{78} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_{78}(1,1,2,2); \\
y_{79} &= x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{79}(1,1,3,1); y_{80} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{80}(1,2,1,1); \\
y_{81} &= x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{81}(2,1,1,1).
\end{aligned}$$

Все показатели поставщика: качество продукции, цена продукции, условие поставок, репутация поставщика имеют разную степень значимости с точки зрения заказчика. Для обучения нейросети необходимо экспертным путем определить эти степени важности, при условии, что они своим долевым участием формируют общую комплексную характеристику, численно равную 1,00. Предполагается, что показатели цены и качества продукции имеют несколько большую степень важности, чем условие поставок и репутация поставщика. Экспертно для обучения нейросети вводятся следующие степени важности:

- качество продукции $w_1 = 0,3$;
- цена продукции $w_2 = 0,3$;
- условие поставки $w_3 = 0,2$;
- репутация поставщика $w_4 = 0,2$.

Степени важности показателей поставщика можно представить в виде координатного вектора $b(0,3; 0,3; 0,2; 0,2)$.

Тогда рейтинг поставщика по элементам множества нейронов выходного слоя определяется как скалярное произведение векторов $a_i, i = 1, \dots, 81$ и b ; т. е. $r_i = a_i b; i = 1, \dots, 81$.

Отсюда следует:

$$\begin{aligned}
y_1 &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_1(2,3,2,3) \Rightarrow r_1 = 2,5. \\
y_2 &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_2(2,3,3,2) \Rightarrow r_2 = 2,5. \\
y_3 &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_3(2,3,3,3) \Rightarrow r_3 = 2,7. \\
y_4 &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_4(3,2,2,3) \Rightarrow r_4 = 2,5. \\
y_5 &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_5(3,2,3,2) \Rightarrow r_5 = 2,5. \\
y_6 &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_6(3,2,3,3) \Rightarrow r_6 = 2,7. \\
y_7 &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_7(3,3,1,3) \Rightarrow r_7 = 2,6. \\
y_8 &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_8(3,3,2,2) \Rightarrow r_8 = 2,6. \\
y_9 &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_9(3,3,2,3) \Rightarrow r_9 = 2,8. \\
y_{10} &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{10}(3,3,3,1) \Rightarrow r_{10} = 2,6. \\
\dots & \\
y_{77} &= x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{77}(1,1,2,1) \Rightarrow r_{77} = 1,2.
\end{aligned}$$

$$y_{78} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_{78}(1,1,2,2) \Rightarrow r_{78} = 1,4.$$

$$y_{79} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{79}(1,1,3,1) \Rightarrow r_{79} = 1,4.$$

$$y_{80} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{80}(1,2,1,1) \Rightarrow r_{80} = 1,3.$$

$$y_{81} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{81}(2,1,1,1) \Rightarrow r_{81} = 1,3.$$

Значение интегрального показателя привлекательности поставщика продукции (рейтинг) лежит в отрезке [1; 3], т. е.

$$\forall r_i \in [1; 3]; i = 1, \dots, 81.$$

Поделим этот отрезок на четыре равных промежутка: [1; 1,5); [1,5; 2); [2; 2,5); [2,5; 3]. Далее определим, что:

– если $r_i \in [1; 1,5]$, то поставщик, соответствующий элементу y_i множества нейронов выходного слоя, *очень плохой*;

– если $r_i \in [1,5; 2]$, то поставщик, соответствующий элементу y_i множества нейронов выходного слоя, *плохой*;

– если $r_i \in [2; 2,5]$, то поставщик, соответствующий элементу y_i множества нейронов выходного слоя, *средний*;

– если $r_i \in [2,5; 3]$, то поставщик, соответствующий элементу y_i множества нейронов выходного слоя, *хороший*.

Следовательно, после обучения нейросети каждому элементу множества СПР возможно сопоставить привлекательность поставщика продукции:

$y_1 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,5;

$y_2 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,5;

$y_3 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,7;

$y_4 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,5;

$y_5 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,5;

$y_6 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,7;

$y_7 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,6;

$y_8 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,6;

$y_9 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,8;

$y_{10} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,6;

$y_{11} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,8;

$y_{12} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Rightarrow$ поставщик хороший, с показателем привлекательности 3,0;

$y_{13} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Rightarrow$ поставщик средний, с показателем привлекательности 2,1;

...

$y_{77} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12} \Rightarrow$ поставщик очень плохой, с показателем привлекательности 1,2;

$y_{78} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Rightarrow$ поставщик очень плохой, с показателем привлекательности 1,4;

$y_{79} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Rightarrow$ поставщик очень плохой, с показателем привлекательности 1,4;

$y_{80} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Rightarrow$ поставщик очень плохой, с показателем привлекательности 1,3;

$y_{81} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Rightarrow$ поставщик очень плохой, с показателем привлекательности 1,3.

Добавив столбец значений рейтинга поставщика по элементам множества нейронов выходного слоя и столбец привлекательности поставщика продукции к матрице связей, получим базу знаний нейросети (таблица 2).

Таблица 2 – База знаний нейросети

	x_{13}	x_{22}	x_{31}	x_{43}	x_{52}	x_{61}	x_{73}	x_{82}	x_{91}	x_{103}	x_{112}	x_{121}	Рейтинг поставщика по элементам множества	Привлекательность поставщика (R)
y_1		1		1				1		1			2,5	Хороший
y_2		1		1			1				1		2,5	Хороший
y_3		1		1			1			1			2,7	Хороший
y_4	1				1			1		1			2,5	Хороший
y_5	1				1		1				1		2,5	Хороший
y_6	1				1		1			1			2,7	Хороший
y_7	1			1					1	1			2,6	Хороший
y_8	1			1				1			1		2,6	Хороший
y_9	1			1				1		1			2,8	Хороший
y_{10}	1			1			1					1	2,6	Хороший
...														
y_{77}			1			1		1				1	1,2	Очень плохой
y_{78}			1			1		1			1		1,4	Очень плохой
y_{79}			1			1	1					1	1,4	Очень плохой
y_{80}			1		1				1			1	1,3	Очень плохой
y_{81}		1				1			1			1	1,3	Очень плохой

Нейроны выходного слоя нейросети взаимоднозначно отображают элементы множества нейронов выходного слоя. Функция активации нейронов выходного слоя определяется по формуле

$$V_i = V_{ki} \cdot 0,3 + V_{wi} \cdot 0,3 + 0,2 \cdot V_{ni} + 0,2 \cdot V_{pi}; \quad i = 1, \dots, 81,$$

где V_i – величина возбуждения i -го нейрона выходного слоя; V_{ki} – балльная оценка поставщика по показателю «Качество поставляемой продукции», определяется согласно матрице связи из базы данных; V_{wi} – балльная оценка поставщика по показателю «Цена поставляемой продукции», определяется согласно матрицы связи из базы данных; V_{ni} – балльная оценка поставщика по показателю «Условие поставок продукции», определяется согласно матрице связи из базы данных; V_{pi} – балльная оценка поставщика по показателю «Репутация поставщика», определяется согласно матрице связи из базы данных.

При этом, если $V_i = r_i$, то i -й нейрон активируется. На рисунке 2 показан активированный i -й нейрон выходного слоя.

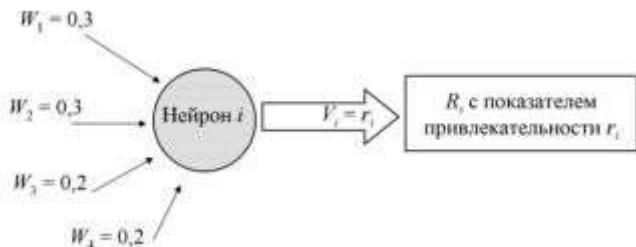


Рисунок 2 – Активный нейрон выходного слоя

Интерфейс нейронной сети включает экран рецепторов и экран выходного слоя. Экран рецепторов показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Экран рецепторов

Основную его часть составляет окно прокрутки, в котором можно просматривать кодовый номер поставщика и его реквизиты, которые считываются из конкурсных заявок или из других источников.

Экран выходного слоя представляет собой систему концентрических плоских фигур, отражающих распространение привлекательности поставщиков по убыванию (рисунок 4).

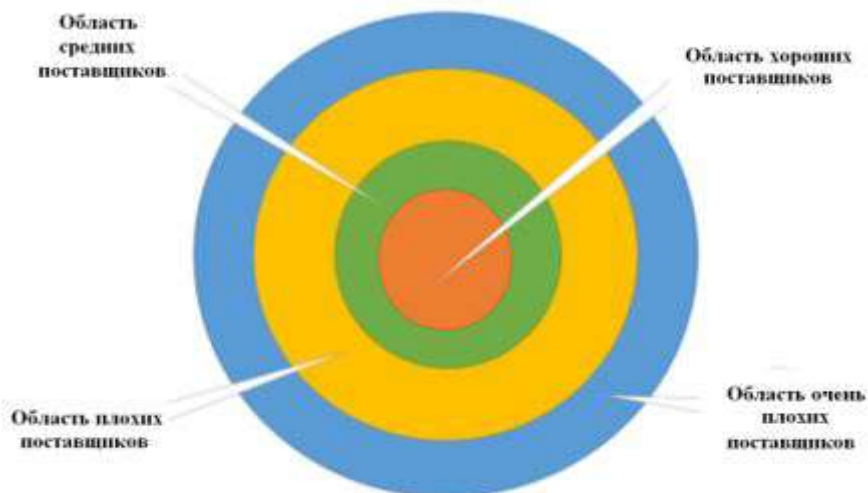


Рисунок 4 – Экран выходного слоя

Каждому элементу экрана жестко соответствует нейрон выходного слоя, что позволяет получать положения активированных нейронов с указанием показателя привлекательности и кодового номера поставщика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Барский, А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / А. Б. Барский. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 176 с.
- 2 Барский, А. Б. Логические нейронные сети в интеллектуальных системах управления : учеб. пособие / А. Б. Барский. – М. : МФТИ, 2021. – 200 с.
- 3 Барский, А. Б. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления : [монография] / А. Б. Барский. – М. : РУСАЙНС, 2023. – 186 с.
- 4 Вакуленко, С. П. Структурно-композиционный подход к управлению цепью поставок : [монография] / С. П. Вакуленко, Ю. В. Пересветов. – М. : ИНФРА-М, 2020. – 60 с.
- 5 Пересветов, Ю. В. Моделирование управленческих решений при организации процесса снабжения производства материально-техническими ресурсами : [монография] / Ю. В. Пересветов. – М. : РУСАЙНС, 2020. – 116 с.

S. P. VAKULENKO, JU. V. PERESVETOV

**LOGIC NEURAL NETWORK
THE DECISIONS A TASK OF CHOICE SUPPLIERS PRODUCTION
RAILWAY TRANSPORTATION**

The opportunity of use neural network for the decision a task of choice suppliers of production of railway transportation is considered which are characterized in the certain qualitative parameters accepting importance from a scale of not determined meanings.

Получено 10.11.2023

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

УДК 51-7:656.2

Т. А. ВЛАСЮК

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
vlasiuk.ta@gmail.com*

**ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ УРБАНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
И РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СООБЩЕНИЯ
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В XIX–XX вв.**

Исследуется исторический аспект формирования урбанизации на территории современной Республики Беларусь, неразрывно связанный с развитием железнодорожного сообщения и его влиянием на миграцию населения, основанную на межселенных трудовых связях, формированию которых способствовали транспортные коммуникации (главные дороги и губернский тракт). Именно наличие железных дорог и последующее формирование железнодорожной инфраструктуры явилось основным фактором урбанизации и получения городского статуса для многих местечек и небольших населенных пунктов.

Исследования урбанизационных процессов на территории Республики Беларусь показали, что железная дорога явилась осью урбанизации и создала благоприятные условия для развития городов и поселков [9]. Именно строительство железных дорог, которых к началу XX века насчитывалось четыре (Либаво-Роменская, Риго-Орловская, Московско-Брестская, Полеская) и промышленное производство способствовали интенсивному развитию экономики страны и, как следствие, увеличению численности городского населения.

Для развития промышленного производства необходимо перемещение значительного количества населения из сельской местности в города, кото-