

### **Аңдатпа**

Бульдозердің механикалық кинематикалық жүйесінің динамикасын зерттеу үшін саңылаулары бар үш массалық конструкция схемасы қабылданады.

Мақалада Ньютоның екінші заңы негізінде үш массалық серпімді байланыстарын ескере отырып, бульдозердің механикалық жүйесінің қозғалыс тәңдеулері құрастырылды.

Математикалық есептеулерді интеграциялау арқылы бульдозердің жұмыс органының (ЖО) қозғалыс жылдамдығын, жүктеме дәрежесі мен серпімді байланыстардагы жүктемелердің тербеліс амплитудасы анықталады. Экспериментальды түрде топырақты кесу жұмысының ұзақтығы, ЖО (үйінді) бойынша дірілдің болуы және топырақтың категориясына байланысты дірілдің өшү уақыты анықталды.

**Түйінді сөздер:** бульдозер, жұмыс органды, динамика, динамикалық жүктемелер, қозғалыс тәңдеуі, кинематикалық байланыс.

**SURASHOV N.T. – d.t.s., professor, Academician KazNANS (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

**TOLYMBEK D.N. – PhD, assoc. professor (Nur-Sultan, director of "Aruna-AI")**

### **STUDY OF THE PROCESS OF OPERATION OF THE MECHANICAL SYSTEM OF THE BULLDOZER TAKING INTO ACCOUNT DYNAMIC LOADS**

#### **Abstract**

To study the dynamics of the mechanical kinematic system of the bulldozer, a three-mass calculation scheme with gaps is adopted. The article compiles the equations of motion of the mechanical system of the bulldozer, taking into account the elastic bonds of the three masses on the basis of Newton's second law. Having integrated mathematical calculations, the speed of movement of the bulldozer's with the ground, the degree of loading and the amplitude of load fluctuations in elastic bonds are determined. The duration of the soil cutting operation, the presence of fluctuations on the blade and the time of atteening of the oscillation depending on the category of soil were experimentally established.

**Keywords:** bulldozer, working body, dynamics, dynamic loads, equation of motion, kinematic link.

УДК 656.2

**АХМЕТОВ Б.С. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)**

**АБУОВА А.Х. – доктор PhD (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)**

### **ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ СИТУАЦИИ, СВЯЗАННЫХ С ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМИ ПРОИСШЕСТВИЯМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

## **Аннотация**

В статье рассмотрено развитие базисных структур искусственной нейронной сети, которая обеспечивает наряду с решением прикладной задачи по распределению ресурсов, направленных на ликвидацию чрезвычайных ситуаций, также и прогнозирование для задач оценивания последствий принятых решений на выбор конкретных стратегий ликвидации последствий аварий и чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте в условиях структурной и параметрической неопределенности.

Разработано новое формализованное представление модели для задач распознавания ситуации и принятия первичных решений. Модель отличается от известных тем, что в ней учитываются информационные зависимости параметров ситуации, которые доступны лицам, принимающим решения. Это дает возможность формализовать процесс принятия решений по распознаванию и прогнозированию ситуации.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, чрезвычайные ситуации, ликвидации последствий аварии, интеллектуальные системы, математические модели.

### **Введение.**

Железнодорожный транспорт является сложной рассредоточенной динамической системой, которой присуще свойство сохранения безопасности своего функционирования. Последнее предполагает целенаправленные действия персонала железнодорожного транспорта (ЖДТ) в аварийных и чрезвычайных ситуациях. При этом в условиях повышенной психологической, физической и эмоциональной нагрузки на лиц, принимающих решения в зоне ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС), необходимо шире применять интеллектуальные компьютерные технологии для автоматизации процесса анализа ЧС на ЖДТ с автоматической генерацией рекомендаций руководителям по их ликвидации в целях сокращения времени на выработку и принятие обоснованного решения.

В частности, использовались положения теории игр для синтеза модели, позволяющей автоматизировать получение прогнозных оценок для различных вариантов распределения финансово-материальных ресурсов (ФМР), расходуемых на ликвидацию ЧС и ее последствий. При этом отличительной чертой модели является то, что для определения оптимальных смешанных стратегий предложен конструктивный метод их нахождения. В ходе исследования использовались методы формализации для описания модели соответствующей задачи и правила нечетко логического вывода и нечеткой искусственной нейронной сети (ИНС), которые используют информацию о параметрах, характеризующих ситуацию, для автоматической генерации множества возможных решений. Использовались методы имитационного моделирования для проектирования и последующего обучения искусственной нейронной сети в пакете NeuralNetworksToolbox (NNT).

В процессе разработки программного продукта – системы поддержки принятия решений (DSS Emergency) для выработки рекомендаций в ходе выбора рациональных финансовых стратегий ситуационным центром (СЦ) по ликвидации ЧС и ликвидаторам, работающим в зоне ЧС, использовались современные методы и средства объектно-ориентированного программирования (ООП). Результаты, полученные в работе, основываются на известных апробированных инженерных методах расчета и методах компьютерной обработки данных [1-4].

**Задачи распознавания ситуации и автоматизированного принятия первичных решений на основе использования искусственной нейронной сети (ИНС) и технологий имитационного моделирования процесса обучения ИНС в среде Matlab.**

Для решения задачи распознавания ситуации и автоматического принятия первичных решений, связанных с ликвидацией последствий ЧС на ЖДТ, была разработана нечеткая нейросеть, архитектура которой показана на рисунке 1. Нейросеть была выбрана в соответствии с формализованным описанием модели решаемой задачи.

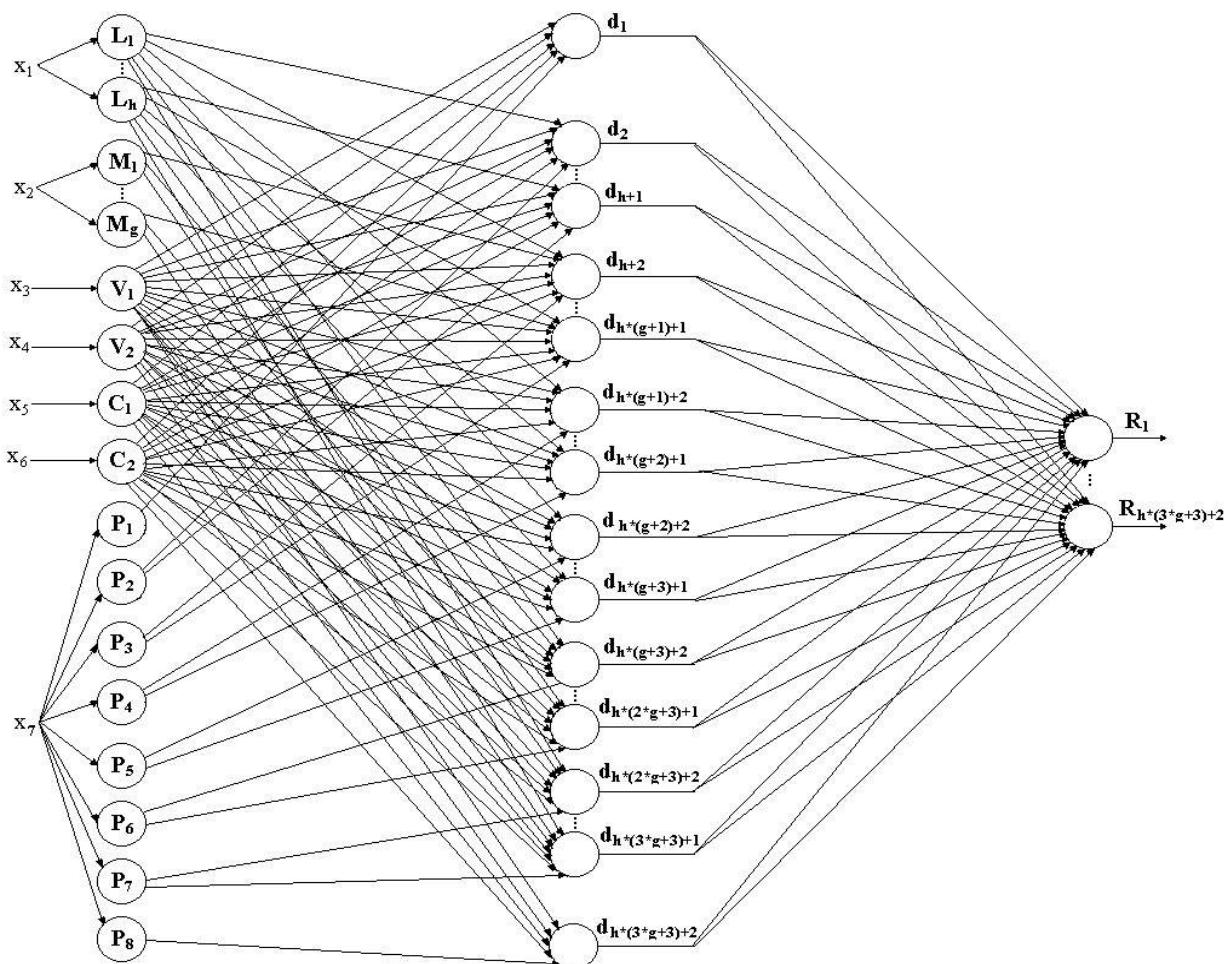


Рисунок 1 – Архитектура нейросети для решения задачи распознавания ситуации, связанной с ЧС на ЖДТ и принятия первичных решений

Нейросеть состоит из трех слоев нейронов.

Слой 1. Выходы нейронов данного слоя определяют степень принадлежности входных переменных  $x_1, x_2, \dots, x_7$  в соответствующие множества с трапециoidalной функцией принадлежности.

Слой 2. Выходами нейронов являются степени истинности для каждого из правил формализованного описания модели.

Слой 3. Нейроны этого слоя являются обычными нейронами, которые выполняют взвешенное добавления.

Вектор входных данных  $X$  содержит 7 элементов, то есть, нейросеть имеет 7 входов:

$x_1$  – географическое положение ЧС на ЖДТ для аварийных бригад, принимающих участие в ликвидации ЧС;

$x_2$  – географическое положение ЧС на ЖДТ для других групп, принимающих участие в ликвидации ЧС;

$x_3$  – населенность в месте ЧС на ЖДТ;

$x_4$  – опасность места ЧС на ЖДТ;

$x_5$  – абсолютное время возникновения ЧС на ЖДТ;

$x_6$  – относительное время ЧС на ЖДТ;

$x_7$  – события ЧС на ЖДТ.

Вектор выходных сигналов  $Y$  состоит из количества элементов, которые соответствуют количеству возможных вариантов решений для данного участка:

$$Y = [y_1 \dots y_z], \\ z = h * (3 * g + 3) + 2, \quad (1)$$

где

$z$  – количество возможных решений о привлечении тех или иных сил и средств для данного участка ликвидации ЧС на ЖДТ;

$h$  – максимальное количество аварийных бригад, принимающих участие в ликвидации ЧС на данном участке;

$g$  – максимальное количество других групп, принимающих участие в ликвидации ЧС.

Нечеткая модель подсистемы принятия первичных решений СППР о ЧС была построена с помощью прикладного пакета Fuzzy Logic Toolbox программы Matlab [5-7].

На входы нейросети подаются следующие данные:

$x_1$  – географическое положение ЧС на ЖДТ для аварийных бригад, принимающих участие в ликвидации ЧС,  $x_1 = [x_{1,1}, \dots, x_{1,h}]$ ;

$x_2$  – географическое положение ЧС на ЖДТ для других групп, принимающих участие в ликвидации ЧС,  $x_2 = [x_{2,1}, \dots, x_{2,g}]$ ;

$x_3$  – события на месте ЧС,  $x_3 = [x_{3,1}, \dots, x_{3,8}]$ ;

$x_4$  – населенность в месте ЧС на ЖДТ;

$x_5$  – опасность места, где произошла ЧС ЖДТ;

$x_6$  – абсолютное время возникновения ЧС на ЖДТ;

$x_7$  – относительное время ЧС на ЖДТ;

$x_8$  – первичное решение, для которого определяются последствия,  $x_8 = [x_{8,1}, \dots, x_{8,z}]$

Принято, что  $z = h * (3 * g + 3) + 2$ .

На выходах нейросети считывают два вектора. Первый вектор получают из нейронов второго слоя, второй вектор – из нейронов третьего слоя.

Размерность первого вектора составит  $h + g + 8$  элементов.

Размерность второго вектора составит 9 элементов, что соответствует количеству последствий для каждого решения.

Неполно связанную прямонаправленную нейронную сеть в процессе работы мы реализовали для пакета имитационного моделирования Matlab.

Также для выбора алгоритма обучения, ИНС была обучена с помощью различных классических алгоритмов, описание которых содержится в работе [8].

На рисунке 2 показана архитектура нейросети для решения задачий, связанных с прогнозной оценкой развития ситуации, а также определением последствий первоначальных решений. В качестве обучающей выборки использовалась выборка размерностью 1800 элементов.

Из результатов обучения и тестирования, показанных на рисунке 3, следует, что обучение нейросети по алгоритму обратного распространения ошибки 'trainrp' позволяет достичь одной из лучших точностей за наименьшее время. Поэтому для решения задачи прогнозирования развития ситуации и определения последствий первичных решений была использована неполно связанная прямонаправленная нейронная сеть, обученная именно по такому алгоритму.

Первоначально обучающая выборка подготовлена в MS Excel, а затем импортирована в Matlab, для последующего обучения сети (рисунок 3).

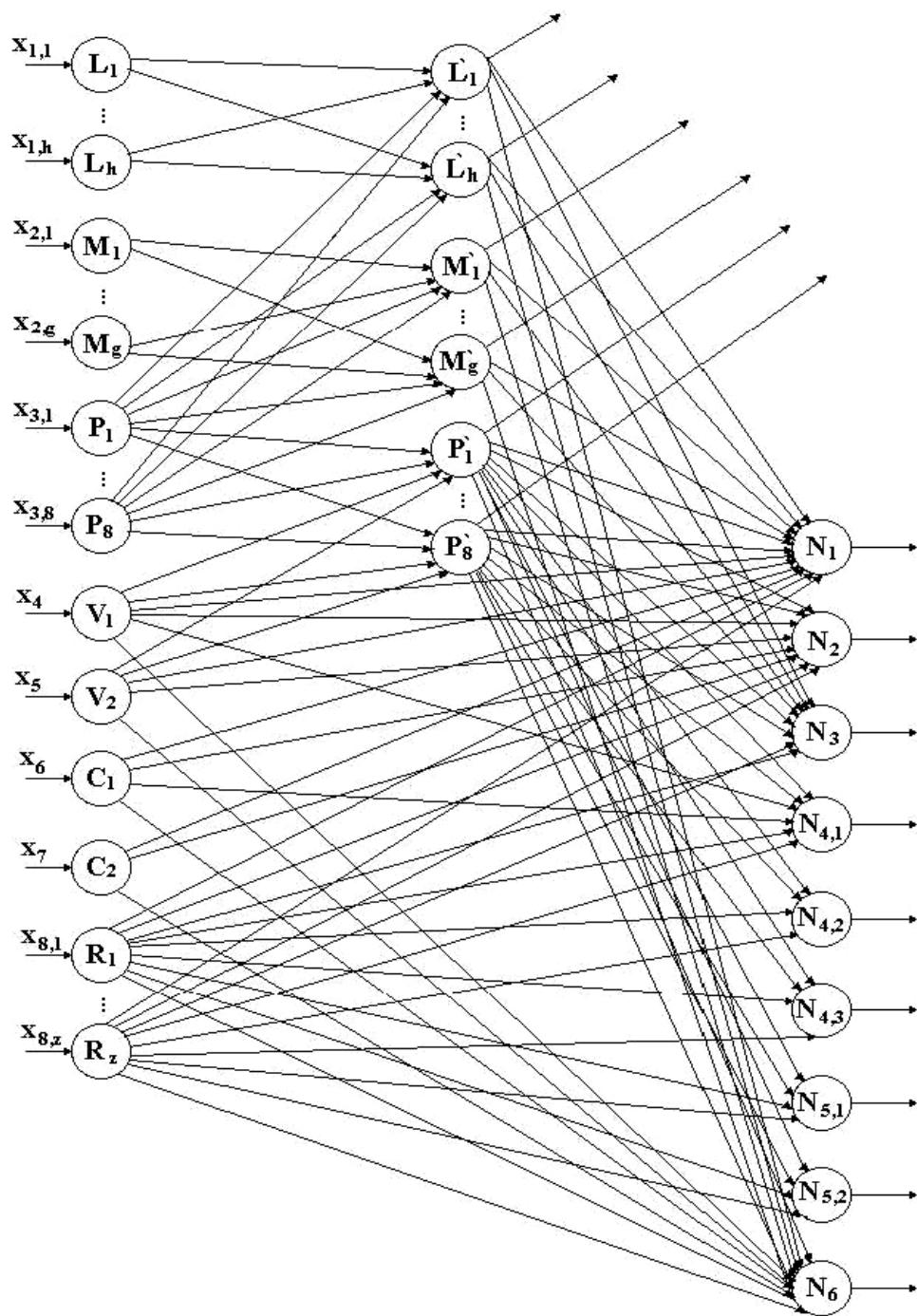


Рисунок 2 – Архитектура нейросети для решения задач, связанных с прогнозной оценкой развития ситуации, а также определением последствий первоначальных решений

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Nº	Географическое положение ЧС на ж.д. транспорте для аварийных бригад, принимающих их участие в ликвидации ЧС	Географическое положение ЧС на ж.д. транспорте для других групп, принимающих их участие в ликвидации ЧС	Населенность в месте ЧС на ж.д. транспорте	Опасность места ЧС на ж.д. транспорте	Абсолютное время возникновения ЧС на ж.д. транспорте	Относительное время ЧС на ж.д. транспорте	События ЧС на ж.д. транспорте
2	1	1	1	80	10	15.00	5	2
3	2	2	2	70	9	14.45	6	2
4	3	2	2	70	8	13.40	7	4
5	4	1	1	80	7	12.00	8	3
6	5	1	1	80	4	14.40	5	1
7	6	1	1	80	5	19.40	4	4
8	7	2	2	70	4	22.00	7	2
9	8	2	2	70	4	14.45	6	3
10	9	2	2	70	6	13.40	7	3
11	10	2	2	70	7	15.20	8	3
12	11	2	2	70	10	14.45	5	3
13	12	3	3	50	2	10	14.4500	6
14	13	3	3	50	8	13.4000	7	5
15	14	3	3	50	7	12	6	3
16	15	3	3	50	4	14.4000	5	4
17	16	3	3	50	6	19.4000	4	5
18	17	3	3	50	8	22	7	3
19	18	3	3	50	6	14.4500	6	4
20	19	3	3	50	4	13.4000	5	5
21	20	3	3	50	6	14.4500	4	3

Рисунок 3 – Исходный файл с данными для обучения ИНС и подготовка данных для Matlab

После импорта данных было выполнено обучение ИНС средствами Matlab (рисунки 4, 5)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Nº	Географич...	Географич...	Населенно...	Опасност...	Абсолютн...	Относител...	События Ч...
2	1	1	1	80	10	15	5	2
3	2	2	2	70	9	14.4500	6	2
4	3	2	2	70	8	13.4000	7	4
5	4	1	1	80	7	12	8	3
6	5	1	1	80	4	14.4000	5	1
7	6	1	1	80	5	19.4000	4	4
8	7	2	2	70	4	22	7	2
9	8	2	2	70	4	14.4500	6	3
10	9	2	2	70	6	13.4000	7	3
11	10	2	2	70	7	15.2000	8	3
12	11	3	3	50	10	14.4500	5	3
13	12	3	3	50	8	13.4000	7	5
14	13	3	3	50	7	12	6	3
15	14	3	3	50	4	14.4000	5	4
16	15	3	3	50	6	19.4000	4	5
17	16	3	3	50	8	22	7	3
18	17	3	3	50	6	14.4500	6	4
19	18	3	3	50	4	13.4000	5	5
20	19	3	3	50	6	14.4500	4	3
21	20	3	3	50	4	13.4000	4	5

Рисунок 4 – Импорт исходных данных в Matlab

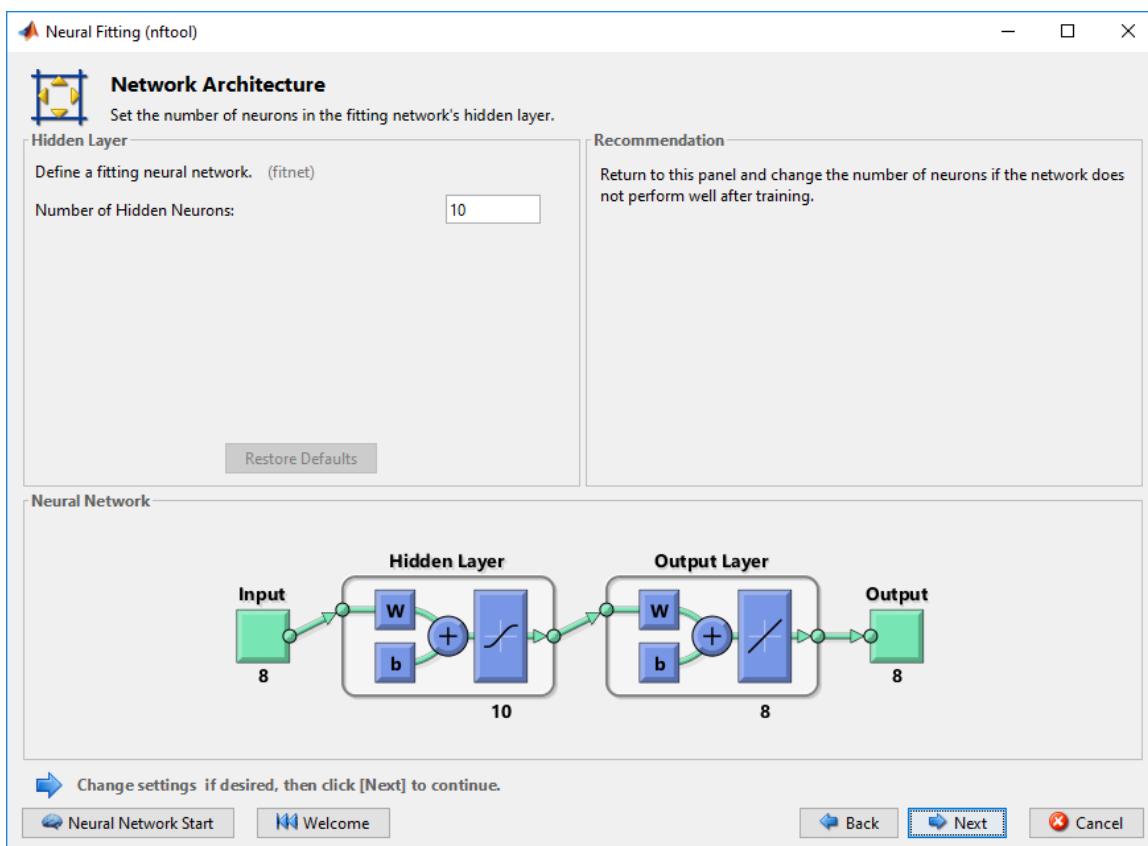


Рисунок 5 – Процесс построения и обучение ИНС в Matlab

Точность и эффективность обучения ИНС зависит от количества итераций в процессе обучения (рисунки 6, 7)

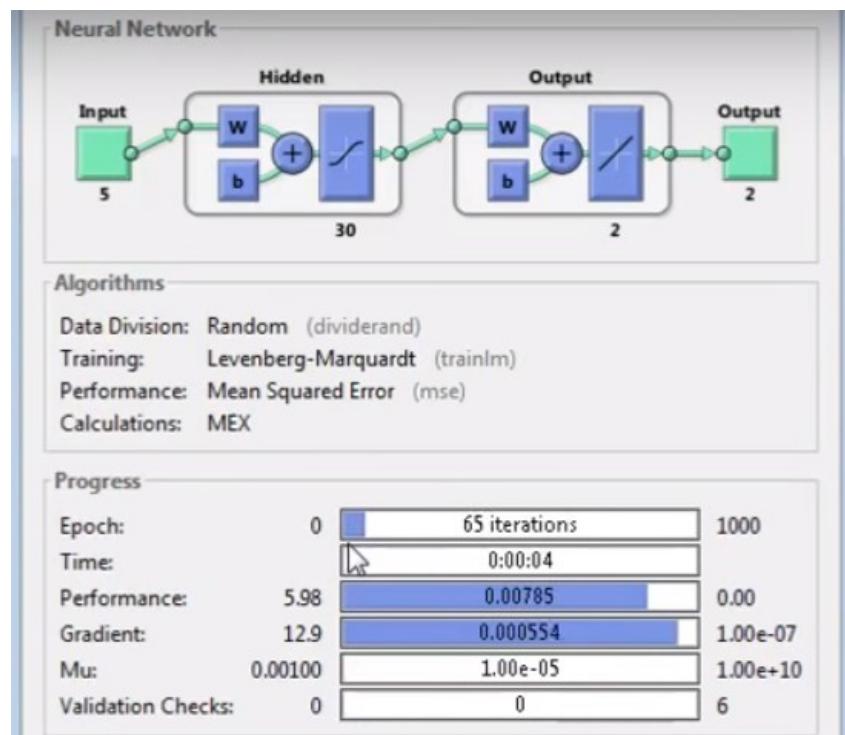


Рисунок 6 – Ход процесса обучения ИНС в Matlab

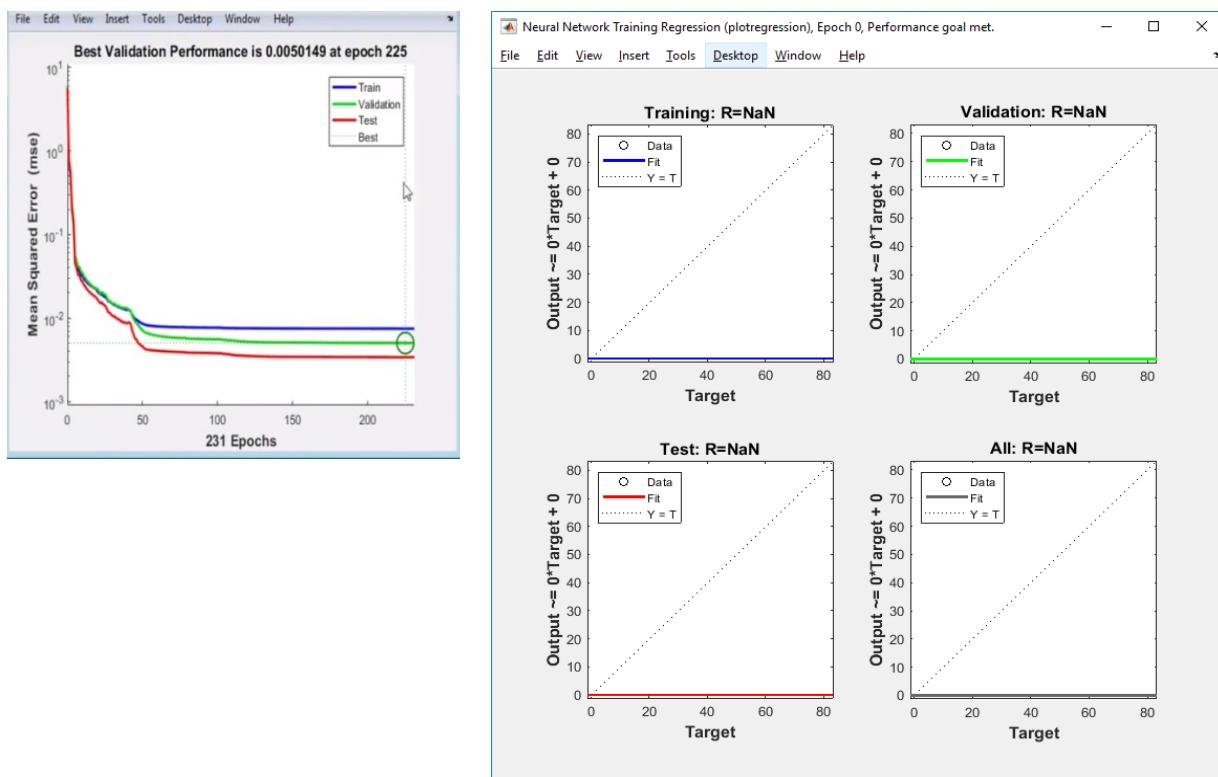


Рисунок 7 – Результаты обучения ИНС и выявление ошибок в работе

Как видно, из рисунка 7, в конце обучения ИНС ошибки становятся практически не заметными. Это подтверждает адекватность предложенной модели, а также возможность принятия разработанной концептуальной модели для последующей программной реализации на языках высокого уровня (например, на C++ или C#).

Реализация метода оценивания эффективности решений, принимаемых с помощью СППР (ИСППР), основывается на организации поиска решения по выбранным критериям.

Все данные распределены по трем матрицам. В первую матрицу ( $A$ ) заносятся данные отношений критериев, которые образованы на основе парных сравнений. Во вторую матрицу ( $B$ ) и третью матрицу ( $C$ ) заносятся значения последствий возможных решений по каждому из выбранных критериев.

Далее выполняется нормирование матриц. Нормирование реализуют таким образом, чтобы сумма значений в каждом столбце равнялась единице, а данные матрицы  $C$  делятся на нормирующий делитель, который образован максимальным/минимальным значением в соответствующем столбце.

После формирования всех матриц для каждого решения рассчитывается его эффективность принятия по следующей зависимости:

$$r_j = \sum_{i=1}^9 k_i * n_{ji} * n_{ji}^o , \quad (2)$$

где  $k_i$  – весовой коэффициент критерия, ( $A$ );

$n_{ji}$  – нормированное значение последствий для каждого решения  $r_j$  по каждому из критериев  $k_i$ , ( $B$ );

$n_{ji}^o$  – отношение значения последствий принятого решения по каждому из критериев к нормирующему делителю,  $(C)$ ;

$j$  – количество решений, для которых проводится оценивание,  $j = \overline{1, h*(3*g+3)+2}$

Более эффективным считается решение, для которого параметр  $r_j$  будет максимальным.

Таким образом, предложенная искусственная нейронная сеть является развитием базисных структур ИНС и обеспечивает наряду с решением прикладной задачи по распределению ресурсов, направленных на ликвидацию ЧС, также и прогнозирование для задач оценивания последствий принятых решений на выбор конкретных стратегий ликвидации последствий аварий и ЧС на ЖДТ в условиях структурной и параметрической неопределенности.

Разработано новое формализованное представление модели для задач распознавания ситуации и принятия первичных решений. Модель отличается от известных тем, что в ней учитываются информационные зависимости параметров ситуации, которые доступны лицам, принимающим решения (ЛПР) при принятии решения. Это дает возможность формализовать процесс принятия решений по распознаванию и прогнозированию ситуации.

### **Выводы.**

Предложен метод для решения задач распознавания ЧС и прогнозирования ее развития, а также принятия первичных решений. Метод отличается от известных тем, что он базируется на формализации описания модели соответствующей задачи и правилах нечетко логического вывода и нечеткой искусственной нейронной сети, которая использует информацию о параметрах, характеризующих ситуацию, для автоматической генерации множества возможных решений.

Выполнено проектирование и последующее обучение искусственной нейронной сети в пакете Neural Networks Toolbox. Нечеткая модель подсистемы принятия первичных решений СППР была построена с помощью прикладного пакета Fuzzy Logic Toolbox программы Matlab. В ходе имитационного моделирования в пакете Matlab показано, что предложенная ИНС является развитием базисных структур ИНС, которая обеспечила не только решение прикладной задачи по распределению ресурсов, направленных на ликвидацию ЧС, но также дала возможность выполнять прогнозную оценку последствий принятых решений по выбору конкретных стратегий ликвидации последствий аварий и ЧС ЖДТ в условиях структурной и параметрической неопределенности.

### **Литература**

1. Lakhno V., Akhmetov B., Korchenko A., Alimseitova Z., Grebenuk V. Development of a decision support system based on expert evaluation for the situation center of transport cybersecurity // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. –2018. – Vol. 96, Iss. 14. – P. 4530-4540.
2. Malyukov V.P. Conflict interaction of economic models // Cybernetics. – 1979. – Vol. 15, Iss. 6. – P. 867-875. – DOI: 10.1007/BF01069398.
3. Karacı A. Performance Comparison of Managed C# and Delphi Prism in Visual Studio and Unmanaged Delphi 2009 and C++ Builder 2009 Languages. // International Journal of Computer Applications. – 2011. – №. 26(1). – P. 9-15.
4. Осипов Д. Delphi. Профессиональное программирование. – СПб.: Символ-Плюс, 2006. – 1056 с.

5. Дарахвелидзе П., Марков Е. Программирование в Delphi 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 784 с.
6. Романов И.А. Применение теории предпочтений при анализе инновационных проектов // Перспективы науки и образования. – 2013. – №. 6. – С. 210-214.
7. Верескун В.Д., Цуриков А.Н. Информационно-управляющие системы в научных исследованиях и на производстве: Учебное пособие. – Scientific magazine" Kontsep, 2016.
8. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации: пер. с польск. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

### References

1. Lakhno V., Akhmetov B., Korchenko A., Alimseitova Z., Grebenuk V. Development of a decision support system based on expert evaluation for the situation center of transport cybersecurity // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. –2018. – Vol. 96, Iss. 14. – P. 4530-4540.
2. Malyukov V.P. Conflict interaction of economic models // Cybernetics. – 1979. – Vol. 15, Iss. 6. – P. 867-875. – DOI: 10.1007/BF01069398.
3. Karaci A. Performance Comparison of Managed C# and Delphi Prism in Visual Studio and Unmanaged Delphi 2009 and C++ Builder 2009 Languages. // International Journal of Computer Applications. – 2011. – №. 26(1). – P. 9-15.
4. Osipov D. Delphi. Professional programming. – St. Petersburg: Symbol-Plus, 2006. – 1056 p.
5. Darakhvelidze P., Markov E. Programming in Delphi 7. – St. Petersburg: BHv-Petersburg, 2003 – 784 p.
6. Romanov I.A. Application of the theory of preferences in the analysis of innovative projects // Prospects of science and education. – 2013. – No. 6. – pp. 210-214.
7. Vereskun V.D., Tsurikov A.N. Information and control systems in scientific research and production: Training manual. – Scientific magazine" Kontsep, 2016.
8. Osowski S. Neural networks for information processing: per. s Pol. – M.: Finance and statistics, 2002. – 344 p.

**АХМЕТОВ Б.С. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

**АБУОВА А.Х. – PhD докторы (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

## **ЖАСАНДЫ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІНІ ПАЙДАЛАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ТЕМІР ЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ТӨТЕҢШІ ЖАҒДАЙЛАРФА БАЙЛАНЫСТЫ ЖАҒДАЙДЫ ТАНУ МІНДЕТТЕРІН ШЕШУ ҮШІН**

### **Аңдатпа**

Мақалада жасанды нейрондық желінің негізгі құрылымдарын дамыту қарастырылған, ол төтение жағдайларды жоюға бағытталған ресурстарды белудің қолданбалы мәселесін шешумен қатар, құрылымдық және параметрлік белгісіздік жағдайында теміржол көлігіндеңі апарттар мен төтение жағдайлардың салдарын жоюдың нақты стратегияларын таңдау үшін қабылданған шешімдердің салдарын бағалау міндеттерін болжасуды қамтамасыз етеді.

Жағдайды тану және бастапқы шешімдер қабылдау үшін модельдің жаңа формалды көрінісі жасалды. Модель белгілі болғаннан ерекшеленеді, өйткені ол шешім қабылдаушыларга қол жетімді жағдай параметрлерінің ақпараттық тәуелділіктерін

ескереді. Бұл жағдайлар тану және болжау туралы шешім қабылдау процесін рәсімдеуге мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** теміржол көлігі, төтение жағдайлар, апарттың салдарын жою, зияткерлік жүйелер, математикалық модельдер.

**АКХМЕТОВ B.S. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

**ABUOVA A.Kh. – PhD (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

## **QUESTIONS OF USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TO SOLVE THE PROBLEMS OF RECOGNIZING THE SITUATION ASSOCIATED WITH EMERGENCIES ON RAILWAY TRANSPORT**

### ***Abstract***

*The article considers the development of the basic structures of an artificial neural network, which provides, along with solving the applied problem of allocating resources aimed at eliminating emergencies, also forecasting for the tasks of assessing the consequences of decisions taken on the choice of specific strategies for eliminating the consequences of accidents and emergencies in railway transport in conditions of structural and parametric uncertainty.*

*A new formalized representation of the model has been developed for the tasks of recognizing the situation and making primary decisions. The model differs from the known ones in that it takes into account the information dependencies of the situation parameters that are available to decision makers. This makes it possible to formalize the decision-making process for recognizing and predicting the situation.*

**Keywords:** railway transport, emergency situations, emergency response, intelligent systems, mathematical models.

УДК 621.391. 837:621.397.13

**ПАВЛОВА Т.А. – ст. преподаватель (г. Алматы, Алматинский университет энергетики и связи)**

**САФИН Р.Т. – ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)**

**ГАРМАШОВА Ю.М. – к.т.н., доцент (г. Алматы, Алматинский университет энергетики и связи)**

**АКАНОВА Ж.Ж. – к.т.н., ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)**

## **ЦИФРОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

### ***Аннотация***

*В данной статье рассмотрены принципы функционирования оптической системы беспилотных летательных аппаратов и сделан вывод о преимуществах применения цифровых камер при аэрофотосъемке.*