

10. Gridin V.N., Solodovnikov V.I., Evdokimov I.A. Neyrosetevoy algoritm simmetrichnogo shifrovaniya [Neural network symmetric encryption algorithm], *Informatsionnye tekhnologii* [Information Technology], 2015, Vol. 21, No. 4, pp. 306-311.
11. Gridin V.N., Solodovnikov V.I., Evdokimov I.A. Primenenie neyrosetevogo podkhoda na osnove LVQ-seti dlya shifrovaniya tekstovoy informatsii [Application of neural network approach based on the LVQ network to encrypt text information], *Sistemy vysokoy dostupnosti* [System High Availability], 2011, Vol. 7, No. 1, pp. 65-68.
12. Evdokimov I.A., Gridin V.N., Solodovnikov V.I., Solodovnikov I.V. Predobrabotka dannykh s uchedom zadannykh znacheniy otдельnykh priznakov [Preprocessing given the values of individual traits], *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy* [Information Technologies and Computing Systems], 2009, No. 1, pp. 14-17.
13. Alferov A.P., Zubov A.Yu., Kuz'min A.S., Cheremushkin A.V. Osnovy kriptografii [The basics of cryptography]. Moscow: Gelios ARV, 2005, 480 p.
14. Bauer F. Rasshifrovannye sekrety. Metody i printsipy kriptologii [Decrypted secrets. Methods and principles of cryptology]. Moscow: Mir, 2007, 550 p.
15. Shnayer B. Prikladnaya kriptografiya. Protokoly, algoritmy, iskhodnye teksty na yazyke Si [Applied cryptography. Protocols, algorithms, and source code in C language]. Moscow: Triumph, 2003, 610 p.
16. Shnayer B., Ferguson N. Prakticheskaya kriptografiya [Practical cryptography]. Moscow: Vil'yams, 2005, 424 p.
17. Panasenko S.P. Sovremennye metody vskrytiya algoritmov shifrovaniya [Modern methods of opening the encryption algorithms]. Part 1. CIO-World. 23.10.2006.
18. Stinson D.R. Cryptography: Theory and Practice. CRC Press, 1995.
19. Agranovskiy A.V., Khadi R.A. Prakticheskaya kriptografiya: algoritmy i ikh programmirovaniye [Practical cryptography: algorithms and their programming]. Moscow: Solon-Press, 2009, 258 p.
20. Smart N. Kriptografiya [Cryptography]. Moscow: Tekhnosfera, 2005, 528 p.
21. Ryabko B.Ya., Fionov A.N. Kriptograficheskie metody zashchity informatsii [Cryptographic methods of information protection]. Moscow: Goryachaya Liniya – Telekom, 2005, 229 p.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Ю.И. Митропольский.

Гридин Владимир Николаевич – Учреждение Российской академии наук Центр информационных технологий в проектировании РАН; e-mail: info@ditc.ras.ru; 143000, Московская область, Одинцово, ул. Маршала Бирюзова, 7а; тел.: 84955960219; д.т.н.; профессор.

Солодовников Владимир Игоревич – тел.: 84955964427; к.т.н.; с.н.с.

Gridin Vladimir Nikolaevich – Design information technologies Center Russian Academy of Sciences (DITC RAS); e-mail: info@ditc.ras.ru; 7a, Marshal Biryuzova street, Odintsovo, Moscow region, Russia; phone: +74955960219; dr. of eng. sc.; professor.

Solodovnikov Vladimir Igorevich – phone: +74955964427; cand. of eng. sc.; senior researcher.

УДК 004.853

DOI 10.18522/2311-3103-2016-7-122136

О.И. Федяев

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Научная работа посвящена разработке нейросетевой модели процесса обучения студентов для агентной системы моделирования рынка труда. Эта модель позволит имитировать процесс передачи профессиональных навыков и знаний по отдельным дисциплинам в зависимости от личностных характеристик студентов. Система моделирования на осно-

ве искусственных агентов позволит анализировать процесс подготовки молодых специалистов и прогнозировать возможность их дальнейшего трудоустройства. Целью данной работы является разработка нейросетевой модели, способной функционально описать зависимость получаемых студентом профессиональных знаний и умений от факторов, влияющих на полноту этих знаний. Основной функцией процесса обучения студентов как системы является передача профессиональных знаний и выработка умений у будущих специалистов решать определённые производственные задачи. Процесс обучения является трудно формализуемым и поэтому не может быть описан известными математическими методами. Кроме того, участники рассматриваемого процесса территориально удалены друг от друга, неоднородны по структуре и их деятельность интеллектуальна по своей природе. Эти особенности обуславливают целесообразность применения теории интеллектуальных агентов к разработке имитационной модели для анализа процесса подготовки кадров. Были разработаны методики определения ментальных и психофизиологических особенностей студента. Эти методики в совокупности образуют систему, которая определяет ментальный портрет студента. Разрабатываемая модель процесса обучения должна формировать на выходе остаточные знания студента по отдельной дисциплине, с которыми он выходит на рынок труда. Остаточные знания зависят от ментальности студента и других факторов. Эта связь трудно формализуема. В таких случаях целесообразно использовать нейронную сеть, которая позволит выявить существующую связь путем её обучения. Прогноз остаточных знаний по одной конкретно взятой дисциплине для одного студента осуществляется в два этапа. На первом этапе прогнозируется экзаменационная оценка на основании ментальности обучаемого. На втором этапе, исходя из прогнозируемой оценки, формируется усреднённый набор остаточных знаний и умений, соответствующий данной оценке. Каждый из этих этапов невозможно формализовать математически, поэтому были использованы две нейросети. Первая нейронная сеть будет обучаться на основании ментальных портретов группы студентов и экзаменационной ведомости. Вторая нейросеть – на основании критериев оценки и учебной программы дисциплины, в которой содержится перечень знаний и умений. В качестве среды моделирования искусственных нейронных сетей использовался пакет Neural Network Toolbox, который входит в стандартную поставку MATLAB. Предварительные результаты исследования на программных моделях показали правильность предложенных идей по решению поставленной задачи. На основе данной модели обучения будут разработаны искусственные программные агенты, которые в комплексе будут моделировать динамику процессов обучения группы студентов и их трудоустройство. Новизна работы заключается в новом подходе к нейросетевому описанию трудно формализуемого процесса профессионального обучения молодых специалистов, основанном на моделировании процесса передачи профессиональных навыков и знаний в зависимости от личностных характеристик студентов. Он включает построение ментального портрета студента и разработку нейронного алгоритма обучения двух каскадов нейронной модели, которая прогнозирует остаточные знания и навыки у студента по отдельным дисциплинам. Прогнозирование компетенций дает возможность в дальнейшем оценивать востребованность каждого студента на рынке труда.

Модель обучения; профессиональные знания; ментальность студента; нейронная сеть.

O.I. Fedyaev

PREDICTION OF RESIDUAL KNOWLEDGE OF STUDENTS IN CERTAIN DISCIPLINES BY NEURAL NETWORKS

The scientific work is devoted to the development of a neural network model of the learning process for students agent system modeling of the labor market. This model simulates the transfer of skills and knowledge, depending on the personal characteristics of students. The system will allow the simulation to analyze the process of training young professionals and to predict their future employment prospects. The aim of this work is to develop a model based on a neural network capable of functionally describe the dependence of students receive professional knowledge and skills of the factors affecting the completeness of this knowledge. The main function of the learning process of students as the system is to transfer knowledge and develop professional skills

of the future experts to solve specific production problems. The learning process is difficult to formalize, and therefore can not be described by conventional mathematical methods. In addition, participants in the learning process geographically distant from each other, are heterogeneous in structure and activity of intelligent by nature. These features cause the feasibility of the theory of intelligent agents to the development of a simulation model for the analysis of the training process. Have been developed methods for determining the mental and psycho-physiological characteristics of the student. These techniques combine to form a system that determines a mental portrait of a student. The developed model of the learning process should form the output residual knowledge of the student on a separate discipline, with whom he comes into the labor market. Residual knowledge depend on the mentality of students and other factors. This relationship is difficult to formalize. In such cases it is advisable to use a neural network that will identify an existing connection through her training. Forecast residual knowledge on one particular discipline taken for one student is carried out in two stages. In the first phase is predicted on the basis of the examination score mentality of the student. In the second stage, based on the projected estimates formed averaged residual set of knowledge and skills corresponding to this assessment. Each of these steps can not be formalized mathematically, so the two will be used by the neural network. The first neural network will be trained on the basis of mental portrait of a group of students and the examination sheet. The second neural network - based on the evaluation criteria and curriculum discipline, which contains a list of knowledge and skills. As a medium of artificial neural networks modeling package was used Neural Network Toolbox, which is included in the standard package MATLAB. Preliminary results of a study on software models showed the correctness of the proposed ideas for solving the problem. On the basis of this model will be developed artificial learning software agents, which together will simulate the dynamics of the processes of training a group of students and their employment. The novelty of the work lies in a new approach to the description of the neural network is difficult to formalize the process of vocational training of young professionals, based on a simulation of the transfer of skills and knowledge, depending on the personal characteristics of students. It includes the construction of a mental portrait of the student and the development of neural learning algorithm of the two stages of the neural model that predicts residual knowledge and skills of student in certain disciplines. Prediction competencies enables to further evaluate the relevance of each student in the labor market.

Training model; professional knowledge; the mentality of the student; neural network.

Введение. Рассматривается задача построения модели процесса профессионального обучения для агентной системы моделирования рынка труда, которая позволит анализировать процесс подготовки молодых специалистов, а также прогнозировать возможность их дальнейшего трудоустройства.

Сам процесс обучения, как объект исследования, является динамическим и характеризуется большой инерционностью. Последствия изменения одного из факторов можно узнать только по окончанию обучения студентов. Поэтому актуальной как в экономическом, так и в социальном плане, является разработка моделей, позволяющих оптимизировать затраты на образование и прогнозировать результаты инновационных преобразований в подготовке кадров [1, 2]. Однако формально (математически) описать процесс обучения не представляется возможным. В этом случае целесообразно разрабатывать имитационные модели на основе нейронных сетей, которые могут обеспечить проведение необходимых исследований по этой проблеме [3, 4].

Целью данной работы является разработка нейросетевой модели, способной функционально описать зависимость получаемых студентом профессиональных знаний и умений от факторов, влияющих на полноту этих знаний. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- ◆ рассмотреть процесс обучения студентов университета как систему с распределённым интеллектом;
- ◆ определить внешние и внутренние факторы, влияющие на качество усвоения знаний и навыков;

- ◆ разработать методику определения ментальных и психофизиологических особенностей преподавателей и студентов;
- ◆ разработать структуру нейросетевой модели и алгоритм её обучения;
- ◆ исследовать трудоёмкость настройки модели и адекватность её процессу обучения.

Система профессионального обучения как объект моделирования. Высшее учебное заведение, как центр подготовки квалифицированных специалистов, представляет собой распределённую систему, субъектами которой являются преподаватели и студенты, взаимодействующие в предоставленной ВУЗом учебной среде, оснащённой соответствующим оборудованием [1, 5, 6]. Качество подготовки в основном зависит от следующих факторов:

- ◆ профессионализма преподавателей;
- ◆ подготовленности абитуриентов и системы их отбора;
- ◆ среды обучения (материально-технической базы ВУЗа);
- ◆ стандартов образования (учебные планы и т. п.);
- ◆ системы повышения квалификации преподавателей;
- ◆ организационной структуры управления образованием и трудоустройством.

Система подготовки специалистов основывается на взаимодействии министерства образования, университетов и студентов (рис. 1).

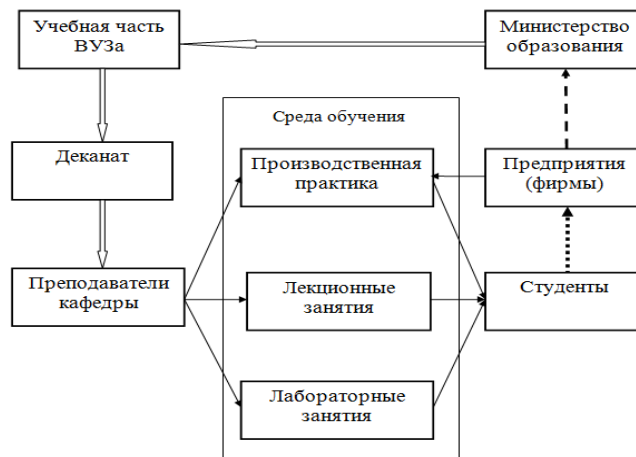


Рис. 1. Схема подготовки специалистов в ВУЗе для предприятий:
 (—▶) – передача знаний и умений; (⇌) – нормативные документы;
 (- -▶) – заказ на подготовку специалистов; (•••▶) – подготовленные специалисты

Объектно-ориентированный анализ процесса подготовки молодых специалистов показал, что его субъекты взаимосвязаны, образуют распределённую, неоднородную и интеллектуальную систему. Поэтому разработка имитационной модели такой системы, которая будет использоваться для анализа и прогнозирования образовательных процессов, может быть успешно выполнена на основе методов агентно-ориентированного моделирования [4, 7, 8].

Основной функцией процесса обучения студентов как системы является передача профессиональных знаний и выработка умений у будущих специалистов решать определённые производственные задачи. Данная функция реализуется определённой совокупностью образовательных процессов: лекционные и практические занятия, производственная практика.

С позиции системного анализа [6] процесс профессиональной подготовки специалистов реализуется сложной распределенной системой, которая состоит из автономных, взаимосвязанных, целенаправленно функционирующих элементов и находится во взаимодействии с внешней средой. Системный анализ предполагает рассмотрение функционирования системы во времени и пространстве с целью выделения основных характеристик и параметров как самой системы, так и составляющих её процессов.

Постановка задачи анализа подготовки студентов. В системе подготовки и трудоустройства молодых специалистов можно выделить следующие элементы: молодые специалисты, учебное заведение, министерство образования и фирмы (предприятия). Перечисленные элементы системы неоднородны по своей структуре, территориально распределены и обладают сложной функциональностью. Все вместе они образуют распределённую систему, в рамках которой можно решить следующие задачи:

- ◆ организация эффективного учебного процесса подготовки кадров по профессиям в соответствии с учебными планами (ВУЗ);
- ◆ определение качественных стандартов и учебных планов подготовки кадров (министерство науки и образования, учебное заведение);
- ◆ подбор необходимых кадров для решения производственных задач (фирмы);
- ◆ поиск специалистами работы на фирме (предприятии), соответствующей полученной квалификации и удовлетворяющей социальным запросам претендентов на работу.

Перечисленные задачи являются трудно формализуемыми и поэтому не могут быть решены традиционными математическими методами [9, 10]. Кроме того, участники рассматриваемого процесса территориально удалены друг от друга, неоднородны по структуре и их деятельность интеллектуальна по своей природе [11]. Эти особенности обуславливают целесообразность применения теории интеллектуальных агентов к разработке имитационной модели для анализа процесса подготовки кадров (рис. 2).

На макроуровне расположены искусственные агенты, моделирующие в рамках ограниченной рациональности функции министерства образования, учебного заведения и предприятий (фирм). Микроуровень содержит сообщества агентов, реализующих диалог студентов с работодателями и учебным заведением.



Рис. 2. Общая структура агентно-ориентированной модели процесса подготовки молодых специалистов

Задача 1. Настройка модели по данным наблюдений. Это обратная задача, связанная с нахождением параметров модели, т. е. с построением функции f по наблюдаемым данным M_c , M_n , C и P_c :

$$P_c = f(M_c, M_n, C), \quad (1)$$

где M_c – ментальность студента; M_n – ментальность преподавателя; C – среда обучения; P_c – профессионализм студента по одной изучаемой дисциплине.

Ментальность студента (M_c) определяется элементами, которые характеризуют его воспитательный аспект и приобретённый жизненный опыт:

$$M_c = (m, i, p, s, \dots), \quad (2)$$

где m – ментальность; i – интеллект; p – психология; s – здоровье.

Ментальность преподавателя (M_n) в данном случае определяется факторами, от которых зависит качество передачи знаний от преподавателя к студенту:

$$M_n = (us, uz, h, v, a, \dots), \quad (3)$$

где us – учёная степень; uz – учёное звание; h – стаж; v – возраст; a – артистизм.

Среда обучения (C) характеризуется состоянием учебно-методического и технического обеспечения учебного процесса, а также уровнем организации обучения студентов.

Профессионализм студента по одной изучаемой дисциплине (P_c) определяется объёмом знаний (z_c) и умений (u_c), которые он получает в процессе изучения данной дисциплины:

$$\begin{aligned} z_c &\subseteq Z_d \subseteq Z, & u_c &\subseteq U_d \subseteq U, \\ P_c &= z_c \cup u_c, & P_d &= Z_d \cup U_d, \\ P_c &\subseteq P_d, \end{aligned} \quad (4)$$

где Z_d – объём знаний, определяемый учебной программой дисциплины, которая читается на кафедре; Z – объём знаний по данному профессиональному направлению, определяемый современным состоянием науки и техники;

Задача 2. Формирование знаний и умений по ментальности участников образовательного процесса. Данная задача состоит в явном нахождении профессионализма студента (P_c), т.е. его знаний и умений, после изучения конкретной дисциплины по замеренным данным о ментальности студента (M_c) и преподавателя (M_n) по построенной модели f :

$$P_c = f(M_c, M_n, C). \quad (5)$$

Эта задача относится к классу прогнозных задач [12, 13]. С её помощью можно исследовать влияние различных параметров (содержание учебной программы, контингента студентов и т.д.) на качество образования в конкретном университете.

Факторы влияния на качество усвоения студентами знаний. Для построения модели агента «Студент» необходимо учесть все факторы, влияющие на студента в той или иной степени, а также определить степень их влияния. Так как каждый отдельный студент является, прежде всего, личностью, то и анализировать необходимо его личностные характеристики.

Были проанализированы все факторы, влияющие на ментальный портрет студента (рис. 3). Были использованы популярные психологические методы их анализа [14]. В результате для всестороннего анализа личности были выделены следующие типы факторов: мотивация студента к учёбе, интеллектуальные способности студента, психологические особенности студента, физические факторы, влияющие на обучение. Каждый из этих типов разбивается на несколько показателей, которые можно определить по результатам тестов, опросов и т.д. [15].

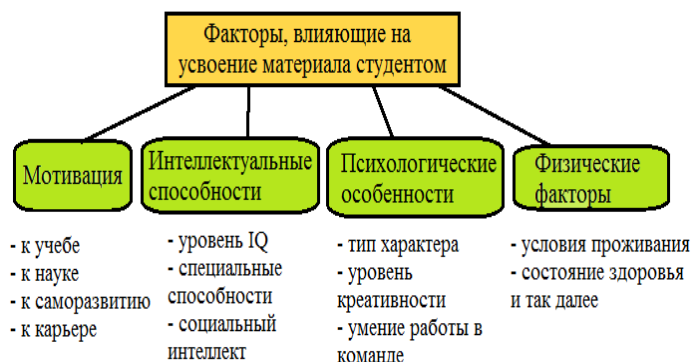


Рис. 3. Факторы, влияющие на усвоение материала студентом

На наш взгляд, факторы, влияющие на усвоение студентом учебного материала, можно систематизировать так, как это показано на рис. 3. Анализ этих факторов позволит изучить личность обучаемого с разных сторон, выявить наиболее важные ментальные особенности, влияющие на успешность обучения [16].

Были разработаны методики определения ментальных и психофизиологических особенностей студента. Результаты по оценке каждого из вышеперечисленных параметров могут быть систематизированы и стандартизованы. Эти методики в совокупности образуют систему, которая определяет ментальный портрет студента. В табл. 1 представлена данная систематизация.

Таблица 1

Систематизация характеристик студента

Характеристика ментальности	Способ определения	Оригинальная градация
Уровень интеллекта	Тест на IQ Айзенка	от 0 до 160 баллов
Тип темперамента	Тест Айзенка «Тип темперамента»	4 вида темпераментов
Социальный интеллект	Тест Гилфорда	от 0 до 57 баллов
Уровень мотивации	Тест Гречикова	5 видов мотивации
Уровень креативности	Тест Торренса	от 0 до 70 и более баллов
Специальные способности	Тест Айзенка по 3 видам специальных способностей	от 0 до 150 баллов за каждый
Умение работать в команде	Самостоятельное определение	от 0 до 100%
Жилищные условия	Самостоятельное определение	от 0 до 100%
Состояние здоровья	Самостоятельное определение	от 0 до 100%
Пол	Самостоятельное определение	женский или мужской

После прохождения всех опросов и тестов будет определен многопрофильный портрет студента, который можно будет использовать при разработке модели передачи знаний.

Нейросетевая модель зависимости остаточных знаний студентов от их ментальности. Процесс обучения студентов заключается в передаче знаний и навыков от преподавателей. Качество обучения фиксируется в экзаменационной ведомости. Разрабатываемая модель процесса обучения должна формировать на выходе остаточные знания студента по отдельной дисциплине, с которыми он выходит на рынок труда. Эта модель реализуется в блоке 2 на рис. 4. По прогнозным данным об остаточных знаниях и умениях работодатели решают вопрос о трудоустройстве студентов на вакантные должности.

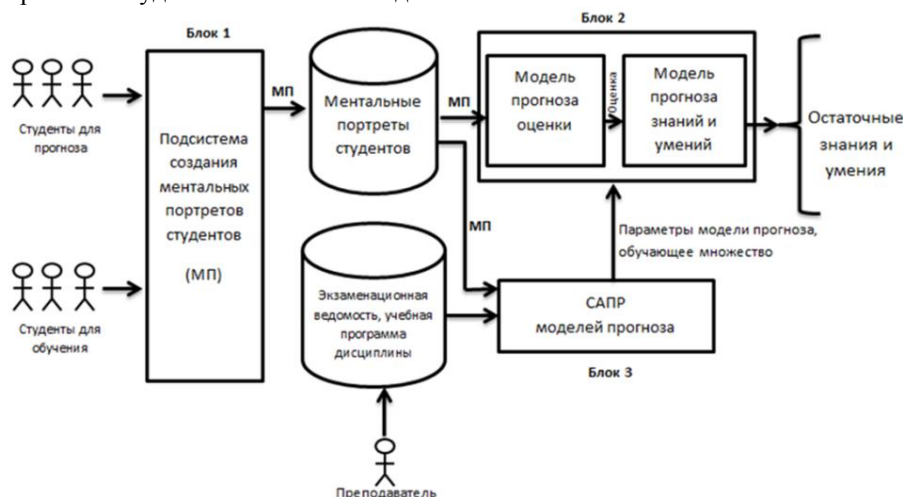


Рис. 4. Поток данных в системе прогнозирования результатов обучения

Остаточные знания зависят от ментальности студента и других факторов, которые описаны в предыдущем разделе. Эта связь трудно формализуема, т. е. математически описать её сложно. В таких случаях, как уже было указано выше, целесообразно использовать нейронную сеть [17–19], которая позволит выявить существующую связь путем её обучения. Для обучения нейросети имеется в распоряжении следующая объективная информация:

- ◆ психологический портрет, характеризующий ментальность студента;
- ◆ учебная программа дисциплины;
- ◆ критерии оценки знаний;
- ◆ экзаменационная ведомость, отображающая успешность обучения студентов.

Прогноз остаточных знаний по одной конкретно взятой дисциплине для одного студента осуществляется в два этапа. На первом этапе прогнозируется экзаменационная оценка на основании ментальности обучаемого. На втором этапе, исходя из прогнозируемой оценки, формируется усреднённый набор остаточных знаний и умений, соответствующий данной оценке.

Каждый из этих этапов невозможно формализовать математически, поэтому были использованы две нейросети. Первая нейронная сеть будет обучаться на основании ментальных портретов группы студентов и экзаменационной ведомости. Вторая нейросеть – на основании критериев оценки и учебной программы дисциплины, в которой содержится перечень знаний и умений. Схема описанной двухкаскадной модели представлена на рис. 5.

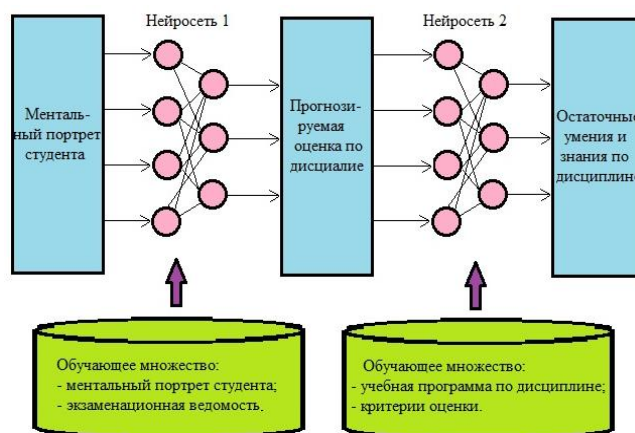


Рис. 5. Схема нейромодели профессионального обучения студентов на примере одной дисциплины

Нейроалгоритм моделирования зависимости экзаменационной оценки от личностных характеристик студента реализуется первой нейросетью. Входными сигналами первой нейросети являются ментальные характеристики студентов, полученные в процессе их тестирования (табл. 1). Входные сигналы образуют вектор $X=(x_1, x_2, \dots, x_{10})$, компоненты которого описаны в табл. 2.

Таблица 2

Входные параметры первой нейросети

Тип ментальной характеристики	Входной сигнал нейросети	Код
Мотивация	Тип мотивации	x_1
Интеллектуальные способности	Уровень IQ	x_2
	Уровень специальных способностей (в данном случае – вычислительных)	x_3
	Уровень социального интеллекта [0..1]	x_4
Психологические особенности	Тип темперамента [0..1]	x_5
	Уровень креативности	x_6
	Умение работать в команде	x_7
Физические факторы	Жилищные условия	x_8
	Состояние здоровья	x_9
	Пол	x_{10}

На выходе нейросеть должна формировать сигналы, определяющие прогнозную экзаменационную оценку, соответствующую студенту с определенной ментальностью, которая подаётся на её вход. Оценка выставляется по пятибалльной шкале.

Нейросетевая модель формирования экзаменационной оценки строится на базе многослойного персептрона с нелинейной функцией активации. Достаточно использовать 2–3 слоя, чтобы обеспечить реализацию любой нелинейной зависимости между выходом и входом.

Вторая нейросеть реализует нейроалгоритм моделирования зависимости остаточных знаний студента по дисциплине от полученной экзаменационной оценки. Входные сигналы второй нейросети представляют собой экзаменационную оценку, полученную с выхода первой нейросети.

Выходные сигналы нейросети образуют вектор, компоненты которого фиксируют наличие или отсутствие соответствующего остаточного знания или умения. Размер вектора определяется суммарным количеством знаний и умений, предусмотренных учебной программой дисциплины. Они обозначены вектором $Y=(y_1, y_2, \dots, y_n)$, где n – количество знаний и умений; $y_i \in [0,1]$. Выходные сигналы показаны в табл. 3.

Таблица 3

Выходные сигналы второй нейросети

№	Знания и умения	Код	
1	Знание 1 (Например, знание методов, алгоритмов)	y_1	Список знаний
2	Знание 2	y_2	
3	Знание 3	y_3	
...	
k	Знание k	y_k	
k+1	Умение 1 (Умение применять методы, алгоритмы)	y_{k+1}	Список умений
...	
n	Умение m	y_n	

Структура у обеих нейросетей относится к классу однородных многослойных перцептронов с полными последовательными связями и с сигмоидальной функцией активации [17]. Обучение нейросетей проводилось по стратегии «обучение с учителем» по алгоритму обратного распространения ошибки. Обучающее множество для второй нейросети составляет преподаватель-профессионал (эксперт) по своей дисциплине, используя утверждённые критерии оценки и учебную программу дисциплины, которая содержит перечень знаний и умений.

Обучение и анализ адекватности нейросетевых моделей. В качестве среды моделирования искусственных нейронных сетей использовался пакет Neural Network Toolbox, который входит в стандартную поставку MATLAB [20]. Пакет Neural Network Toolbox обеспечивает всестороннюю поддержку типовых нейросетевых парадигм и имеет открытую модульную архитектуру.

Таблица 4

Результаты тестирования студентов

Характеристика	Студенты					
	1	2	3	4	5	6
Уровень интеллекта	125	110	115	100	98	105
Тип темперамента	Хол	Флег	Мел	Хол	Санг	Санг
Социальный интеллект	45	50	38	42	23	33
Тип мотивации	Патр	Проф	Инст	Изб	Изб	Инст
Уровень креативности	64	30	62	24	78	49
Специальные способности	123	140	113	94	75	96
Умение работать в команде	6/8	5/8	6/8	3/8	2/8	7/8
Жилищные условия	60 %	75 %	90%	90%	50 %	45 %
Состояние здоровья	90 %	80 %	80%	75%	80 %	75 %
Пол	м	м	ж	м	ж	ж
Полученная оценка	5	5	4	3	2	2

Пакет содержит функции командной строки и графический интерфейс пользователя для быстрого пошагового создания различных программных моделей нейросетей [17].

При построении обучающего множества для первой нейросети были выбраны 6 студентов, прослушавших учебный курс «Системы искусственного интеллекта» и уже получивших экзаменационные оценки. Студенты для тестирования были выбраны таким образом, чтобы в обучающем множестве были представлены все экзаменационные оценки.

Эти студенты были протестированы согласно описанной методики. Результаты их анкетирования и тестирования показаны в табл. 4.

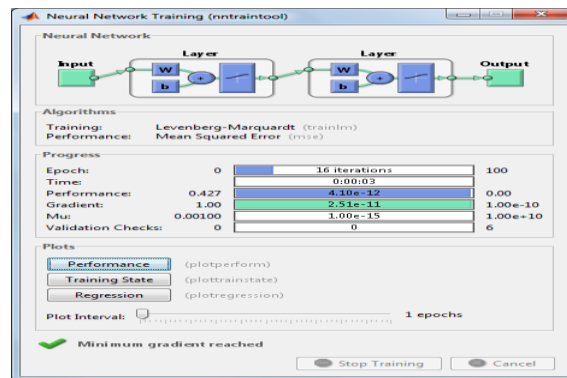


Рис. 6. Результаты обучения нейросети «Ментальность студента – прогноз – оценка»

Для обучающего множества были взяты данные первых пяти студентов. Результаты же студента под номером 6 будут использованы для проверки обученной нейросети. Как видно на рис. 6, для обучения двухслойной нейросети хватило 16 эпох.

Обучающее множество для второй нейросети должен готовить преподаватель, который читает студентам учебную дисциплину. Из учебной программы (а это утверждённый нормативный документ) был взят список знаний и умений, которыми должен овладеть студент по данной дисциплине, и для него преподавателем сформирована таблица, показывающая, за какие знания и навыки ставится определённая оценка.

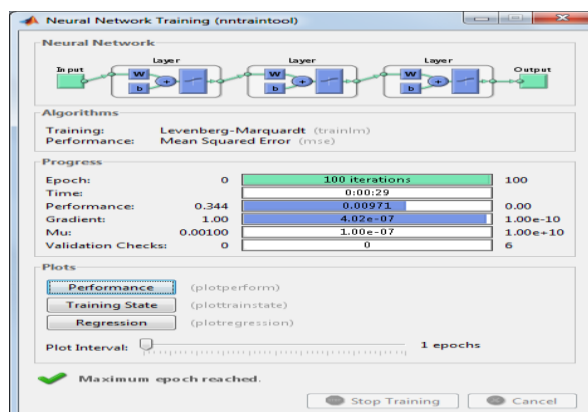


Рис. 7. Результаты обучения нейромодели «Оценка – прогноз – остаточные знания»

По аналогии с предыдущей нейромоделью была построена модель второй трёхслойной нейросети с количеством нейронов в слоях: 4-20-35. Входные сигналы нейросети – это вектор оценок, а выходные – вектор усреднённых знаний и навыков. Процесс обучения модели представлен на рис. 7.

Совместная работа двух обученных нейронных сетей оценивалась на характеристиках ментальности студента с номером 6 (табл. 4), который не участвовал в обучении. Моделирование проводилось в соответствии с двухкаскадной схемой на рис. 4. Анализ результата работы первого каскада показал, что значения компонент выходного вектора близки к коду (1,0,0,0). Эта кодировка соответствует экзаменационной оценке «неудовлетворительно», которую в действительности получил этот студент на экзамене (табл. 4).

Спрогнозированная оценка с выхода первой нейросети подавалась на вход второй нейросети, которая формировала результирующий вектор Y остаточных знаний и умений этого студента (рис. 8).

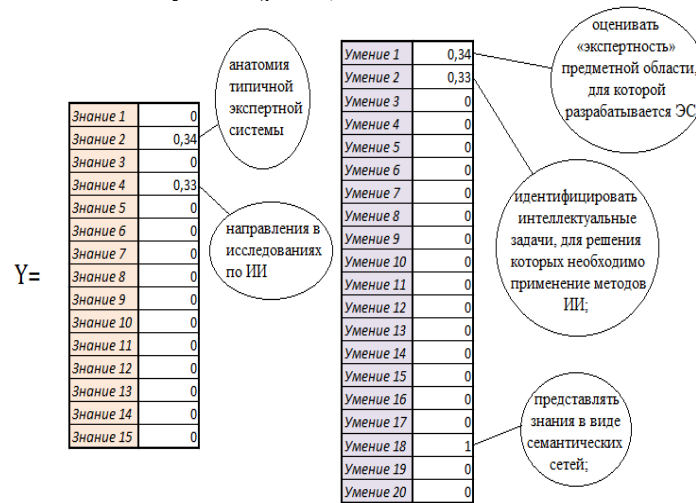


Рис. 8. Прогнозные остаточные знания и навыки для шестого студента по рассмотренной учебной дисциплине

Значения компонент вектора Y можно трактовать как степени уверенности в том, что у данного студента сохраняются в его памяти соответствующие знания и умения (конечно, относительно используемых обучающих множеств). Если сопоставить полученный результат с критериями оценки по учебной дисциплине «Системы искусственного интеллекта», то представленная на рис. 8 совокупность спрогнозированных знаний и умений соответствует оценке «неудовлетворительно».

Заключение. Предложен новый подход к описанию трудно формализуемого процесса обучения студентов, позволяющий для каждой изучаемой дисциплины строить соответствующую нейромодель, которая даёт возможность прогнозировать остаточные знания и навыки у студента в зависимости от его личностных характеристик.

Установлены внешние и внутренние факторы, влияющие на успеваемость студентов и качество усваивания знаний и навыков. Особое внимание было уделено студенту как личности и его месту в процессе обучения. Исходя из этого, была разработана специальная методика, позволяющая анализировать психологические, эмоциональные, природные и физические особенности студента. Методика была основана на классических психологических подходах, обладающих универсальностью и достаточной легкостью в применении.

После получения ментального портрета студента был разработан нейроалгоритм построения двухкаскадной нейромодели, имитирующей процесс профессионального обучения студента путём передачи ему выявленных остаточных знаний и навыков, которые будут использованы на рынке труда.

Предварительные результаты исследования на программных моделях показали правильность предложенных идей по решению поставленной задачи.

На основе данной модели обучения будут разработаны искусственные программные агенты [21], которые в комплексе будут моделировать динамику процессов обучения группы студентов и их трудоустройство.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тельнов Ю.Ф., Данилов А.В., Казаков В.А.* Применение многоагентной технологии для решения образовательных задач в информационно-образовательном пространстве // Инжиниринг предприятий и управление знаниями: Сб. науч. тр. 18-й научно-практической конференции (ИПи УЗ-2015, 21-24 апреля 2015 г., Москва, МЭСИ). – М.: МЭСИ, 2015. – С. 451-457.
2. *Федяев О.И.* Многоагентная модель процесса обучения студентов на кафедральном уровне // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія "Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем". Вип. 5 (116). – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – С. 105-116.
3. *Трембач В.М.* Интеллектуальная обучающая система с адаптацией индивидуальной траектории обучения // Труды 15-й Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2016) (3-9 октября 2016 г., Смоленск, Россия): Труды конференции. Т. 3. – Смоленск: Изд-во Универсум, 2016. – С. 203-211.
4. *Федяев О.И., Лукина Ю.Ю., Стрпалов А.С.* Анализ и прогнозирование процесса трудоустройства молодых специалистов с помощью мультиагентной имитационной модели // Труды конференции ИАИ-2013, КПИ. – Киев, 2013. – С. 47-53.
5. *Мухомкина Н.Ю., Палюх Б.В., Ключин А.Ю.* Нечеткая оценка конкурентоспособности выпускников высших учебных заведений // Труды 15-й Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2016) (3-9 октября 2016 г., Смоленск, Россия). Т. 3. – Смоленск: Изд-во Универсум, 2016. – С. 123-130.
6. *Федяев О.И., Жабская Т.Е.* Проектирование виртуальной кафедры университета на основе многоагентного агентно-ориентированного подхода // Искусственный интеллект. – 2010. – № 3. – С. 679-686.
7. *Zhabska Tetiana, Fedyaev Oleg.* The development of agent-based intellectual e-learning environment // Proceedings of the IADIS International conference Intelligent systems and agents 2011 Rome, Italy July 24-26, 2011. – P. 143-147.
8. *Закирова Э.И.* Управление образовательными системами с использованием мультиагентных технологий // Наука и образование. Научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – № 9. – С. 373-390.
9. *Янковская А.Е., Шурьгин Ю.А., Ямианов А.В., Кривдюк Н.М.* Определение уровня усвоенных знаний по обучающему курсу, представленному семантической сетью // Труды 5-й конференции "Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем" (OSTIS-2015) (19-21 февраля 2015, Минск). – Минск.: БГУИР, 2015. – С. 331-338.
10. *Шеркунов В.В.* Онтологический подход к анализу компетенций выпускников вузов // Труды 5-й конференции "Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем" (OSTIS-2015) (19-21 февраля 2015, Минск). – Минск: БГУИР, 2015. – С. 351-356.
11. *Власов А.А., Нехаев И.Н.* Интеллектуальная система адаптивного тестирования уровня усвоения знаний // Двенадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием «КИИ-2010» (20–24 сентября 2010 г., г. Тверь, Россия): Труды конференции. Т. 3. – М.: Физматлит, 2010. – С. 257-263.
12. *Данилов А.Н., Лобов Н.В., Столбов В.Ю., Столбова И.Д.* Компетентностная модель выпускника: опыт проектирования // Высшее образование сегодня. – 2013. – № 6. – С. 25-33.
13. *Гитман М.Б., Данилов А.Н., Столбов В.Ю.* Об одном подходе к контролю уровня сформированности базовых компетенций выпускников вуза // Высшее образование в России. – 2012. – № 4. – С. 13-18.
14. *Ильин Е.П.* Психология творчества, креативности, одарённости. – СПб.: Питер, 2004. – 537 с.

15. Айзенк Г. Новые тесты IQ. – М.: Изд-во "ЭСКМО", 2003. – 189 с.
16. Дейнека А.В. и др. Современные тенденции в управлении персоналом: учеб. пособие. – М.: Изд-во "Академия естествознания", 2009. – 294 с.
17. Круглов В.В. и др. Нечётка логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
18. Кольцов Ю.В., Добровольская Н.Ю. Нейросетевые модели в адаптивном компьютерном обучении // *Educational Technology & Society*. – 2002. – № 5 (2). http://ifets.ieee.org/russian/periodical/V_52_2002EE.html.
19. Дьяченко С.А. Использование нейронных сетей при изучении процесса приспособляемости студенчества к вузовскому обучению // *Нейросетевые технологии и их применение: Сборник трудов международной научной конференции «Нейросетевые технологии и их применение 2002-2003»*. – Краматорск: ДГМА, 2003. – С. 67-70.
20. Дьяконов В. и др. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001. – 268 с.
21. Ивашкин Ю.А. Агентные технологии и мультиагентное моделирование: учеб. пособие. – М.: МФТИ, 2013. – 268 с.

REFERENCES

1. *Tel'nov Yu.F., Danilov A.V., Kazakov V.A.* Primenenie mnogoagentnoy tekhnologii dlya resheniya obrazovatel'nykh zadach v informatsionno-obrazovatel'nom prostranstve [The application of multi-agent technology for solving educational challenges in the information educational environment], *Inzhiniring predpriyatiy i upravlenie znaniyami: Sb. nauch. tr. 18-y nauchno-prakticheskoy konferentsii (IPI UZ-2015, 21-24 aprelya 2015 g., Moskva, MESI)* [Engineering enterprises and knowledge management: SB. scientific. Tr. 18-th scientific-practical conference (IAS UZ-2015 21-24 April 2015, Moscow, MESI)]. Moscow: MESI, 2015, pp. 451-457.
2. *Fedyayev O.I.* Mnogoagentnaya model' protsessy obucheniya studentov na kafedral'nom urovne [A multi-agent model of the learning process of students at Cathedral level], *Naukovi pratsi Donets'kogo natsional'nogo tekhnichnogo universitetu. Seriya "Problemi modelyuvannya ta avtomatizatsii proektuvannya dinamichnikh sistem"* [Scientific works of Donetsk national technical University. Series "Problems of modeling and design automation of dynamic systems". Issue 5 (116). Donets'k: DonNTU, 2006, pp. 105-116.
3. *Trembach V.M.* Intel'ktual'naya obuchayushchaya sistema s adaptatsiyei individual'noy trektorii obucheniya [Intelligent tutoring system adaptation individual learning paths], *Trudy 15-y Natsional'noy konferentsii po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem (KII-2016) (3-9 oktyabrya 2016 g., Smolensk, Rossiya): Trudy konferentsii* [Proceedings of the 15th National conference on artificial intelligence with international participation (KII-2016) (3-9 July, 2016, Smolensk, Russia): Proceedings of the conference]. Vol. 3. Smolensk: Izd-vo Universum, 2016, pp. 203-211.
4. *Fedyayev O.I., Lukina Yu.Yu., Stropalov A.S.* Analiz i prognozirovanie protsessy trudoustroystva molodykh spetsialistov s pomoshch'yu mul'tiagentnoy imitatsionnoy modeli [Analysis and forecasting of the process of employment of young specialists with multi-agent simulation model], *Trudy konferentsii IAI-2013, KPI* [The conference proceedings of IAS-2013, CRPD]. Kiev, 2013, pp. 47-53.
5. *Mutovkina N.Yu., Palyukh B.V., Klyushin A.Yu.* Nechetkaya otsenka konkurentosposobnosti vypusknikov vysshikh uchebnykh zavedeniy [Fuzzy evaluation of the competitiveness of graduates of higher education institutions], *Trudy 15-y Natsional'noy konferentsii po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem (KII-2016) (3-9 oktyabrya 2016 g., Smolensk, Rossiya)* [Proceedings of the 15th National conference on artificial intelligence with international participation (KII-2016) (3-9 July, 2016, Smolensk, Russia)]. Vol. 3. Smolensk: Izd-vo Universum, 2016, pp. 123-130.
6. *Fedyayev O.I., Zhabskaya T.E.* Proektirovanie virtual'noy kafedry universiteta na osnove mnogomodel'nogo agentno-orientirovannogo podkhoda [The virtual design Department of the University on the basis of the multi-model agent-oriented approach], *Iskusstvennyy intellekt* [Artificial intelligence], 2010, No. 3, pp. 679-686.
7. *Zhabska Tetiana, Fedyayev Oleg.* The development of agent-based intellectual e-learning environment, *Proceedings of the IADIS International conference Intelligent systems and agents 2011 Rome, Italy July 24-26, 2011*, pp. 143-147.

8. Zakirova E.I. Upravlenie obrazovatel'nymi sistemami s ispol'zovaniem mul'tiagentnykh tekhnologiy [Management of educational systems using multi-agent technology], *Nauka i obrazovanie* [Science and education], 2013, No. 9, pp. 373-390.
9. Yankovskaya A.E., Shurygin Yu.A., Yamshanov A.V., Krivdyuk N.M. Opredelenie urovnya usvoennykh znaniy po obuchayushchemu kursu, predstavlenному semanticheskoy set'yu [Determination of the level of acquired knowledge on the learning rate represented by semantic network], *Trudy 5-y konferentsii "Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nykh sistem" (OSTIS-2015) (19-21 fevralya 2015, Minsk)* [Proceedings of 5th conference "Open semantic technology of intelligent systems" (OSTIS-2015) (19-21 Feb 2015)]. Minsk.: BGUIR, 2015, pp. 331-338.
10. Sherkunov V.V. Ontologicheskii podkhod k analizu kompetentsiy vypusnikov vuzov [Ontological approach to the analysis of competencies of graduates of universities], *Trudy 5-y konferentsii "Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nykh sistem" (OSTIS-2015) (19-21 fevralya 2015, Minsk)* [Ontological approach to the analysis of competencies of graduates of universities]. Minsk.: BGUIR, 2015, pp. 351-356.
11. Vlasov A.A., Nekhaev I.N. Intellektual'naya sistema adaptivnogo testirovaniya urovnya usvoeniya znaniy [The intellectual system of adaptive testing level of learning], *Dvenadtsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem «KII-2010» (20-24 sentyabrya 2010 g., g. Tver', Rossiya): Trudy konferentsii* [Twelfth national conference on artificial intelligence with international participation "KII-2010" (20-24 September 2010, Tver, Russia): Proceedings of the conference]. Vol. 3. Moscow: Fizmatlit, 2010, pp. 257-263.
12. Danilov A.N., Lobov N.V., Stolbov V.Yu., Stolbova I.D. Kompetentnostnaya model' vypusnika: opyt proektirovaniya [Competence model of a graduate: the design experience], *Vysshee obrazovanie segodnya* [Higher Education Today], 2013, No. 6, pp. 25-33.
13. Gitman M.B., Danilov A.N., Stolbov V.Yu. Ob odnom podkhode k kontrolyu urovnya sformirovannosti bazovykh kompetentsiy vypusnikov vuza [About one approach to monitoring the level of formation of basic competences of the graduates of the University], *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia], 2012, No. 4, pp. 13-18.
14. Il'in E.P. Psikhologiya tvorchestva, kreativnosti, odarennosti [The psychology of creativity, creativity, talent]. St. Petersburg: Piter, 2004, 537 p.
15. Ayzenk G. Nove testy IQ [New IQ tests]. Moscow: Izd-vo "ESKMO", 2003, 189 p.
16. Deyneka A.V. i dr. Sovremennye tendentsii v upravlenii personalom: ucheb. Posobie [Modern trends in personnel management: textbook]. Moscow: Izd-vo "Akademiya estestvoznaniya", 2009, 294 p.
17. Kruglov V.V. i dr. Nechetka logika i iskusstvennye neyronnye seti [Fuzzy logic and artificial neural networks]. Moscow: Fizmatlit, 2001, 224 p.
18. Kol'tsov Yu.V. Dobrovol'skaya N.Yu. Neurosetevye modeli v adaptivnom komp'yuternom obuchenii [Neural network model in adaptive computer training], *Educational Technology & Society* [Educational Technology & Society], 2002, No. 5 (2). Available at: http://ifets.ieee.org/russian/periodical/V_52_2002EE.html.
19. D'yachenko S.A. Ispol'zovanie neyronnykh setey pri izuchenii protsessa prisposoblyaemosti studenchestva k vuzovskomu obucheniyu [The use of neural networks in the study of the process of adaptation of students to University learning], *Neurosetevye tekhnologii i ikh primeneniye: Sbornik trudov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Neurosetevye tekhnologii i ikh primeneniye 2002-2003»* [Neural network technology and their application: proceedings of the international scientific conference "Neural network technology and their application 2002-2003"]. Kramatorsk: DGMA, 2003, pp. 67-70.
20. D'yakonov V. i dr. Matematicheskie pakety rasshireniya MATLAB. Spetsial'nyy spravochnik [Mathematical expansion packs MATLAB. A special Handbook]. St. Petersburg: Piter, 2001, 268 p.
21. Ivashkin Yu.A. Agentnye tekhnologii i mul'tiagentnoe modelirovaniye: ucheb. Posobie [Agent technologies and multi-agent modeling: a tutorial]. Moscow: MFTI, 2013, 268 p.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.Г. Коробейников.

Федяев Олег Иванович – Донецкий национальный технический университет; e-mail: fedyayev@donntu.org; ДНР, г. Донецк, ул. Артема, 58; тел.: +380505590005; кафедра программной инженерии; зав. кафедрой; к.т.н.; доцент.

Fedyayev Oleg Ivanovich – Donetsk National Technical University; e-mail: fedyayev@donntu.org; 58, Artem street, Donetsk, Donetsk People's Republic; phone: +380505590005; the department software engineering; associate professor.