

УДК 004.853

## Нейросетевые модели многоагентной системы прогнозирования остаточных знаний студентов

О.И. Федяев

Донецкий национальный технический университет  
fedyaev@donntu.org

*Федяев О.И. Нейросетевые модели многоагентной системы прогнозирования остаточных знаний студентов. Научная работа посвящена разработке нейросетевой модели процесса обучения студентов для агентной системы моделирования рынка труда. Эта модель имитирует процесс передачи профессиональных навыков и знаний в зависимости от личностных характеристик студентов. Система моделирования на основе искусственных агентов позволит анализировать процесс подготовки молодых специалистов и прогнозировать возможность их дальнейшего трудоустройства.*

*Ключевые слова:* модель обучения, профессиональные знания, ментальность, студент, нейронная сеть

### Введение

В качестве объекта исследования рассматривается университетская система подготовки профессиональных специалистов [1,2]. Эта система, состоящая из студентов, преподавателей и среды обучения, характеризуется большой инерционностью. С позиции теории управления в таких системах период времени от внесения возмущения (инновационные изменения в обучении) до получения отклика (выходных параметров, характеризующих показатели качества подготовки) измеряется 4-6 годами обучения студентов в вузе. Поэтому применить методы как натурального, так и физического моделирования для исследования эффективности используемых на выпускающей кафедре учебно-педагогических средств не представляется возможным. Более того, если учесть, что образовательный процесс невозможно описать математически точно из-за неоднородности, многопараметричности, интеллектуальности и сложности взаимодействия элементов структуры, то остаётся единственный способ, который можно применить для исследования такого объекта – имитационное моделирование [2,3]. Для построения модели объекта целесообразно применить нейросетевую методологию как универсальное средство аппроксимации функции, зависящей как от числовых, так и от качественных данных [2,4].

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 усваивания 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).

Агентно-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 использована для анализа и прогнозирования образовательных процессов, может быть успешно выполнена на основе методов агентно-ориентированного моделирования [4,7,8].



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

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 распределённой 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 прогноза 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 (см. 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.

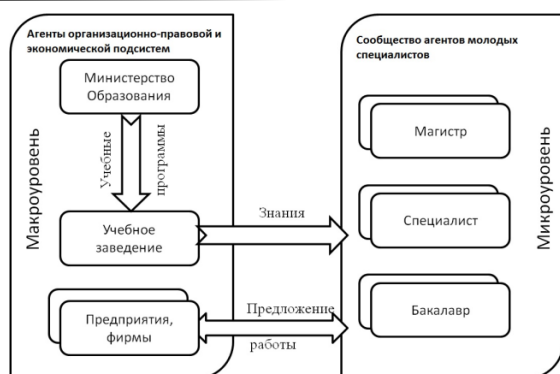


Рисунок 2 - Общая структура агентно-ориентированной модели процесса подготовки молодых специалистов

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:

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

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. 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].

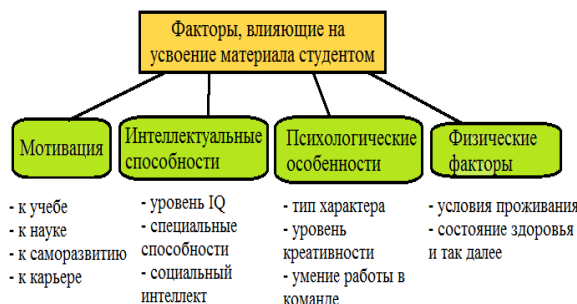


Рисунок 3 - Факторы, влияющие на усвоение материала студентом

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.

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

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

### 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.

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 [17,18,19], которая позволит выявить существующую связь путем её обучения.

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

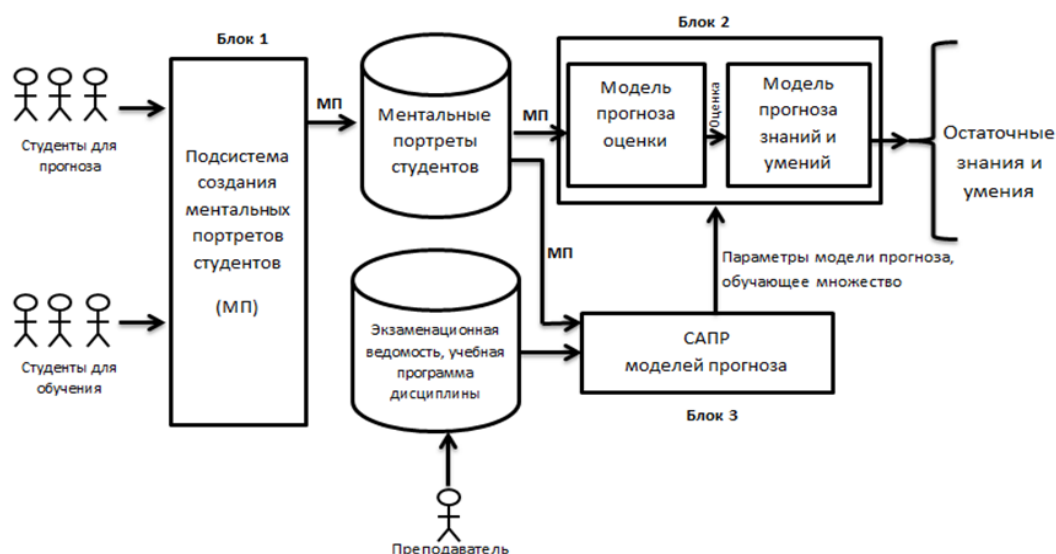


Рисунок 4 - Потоки данных в системе прогнозирования результатов обучения

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. 4.

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.

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

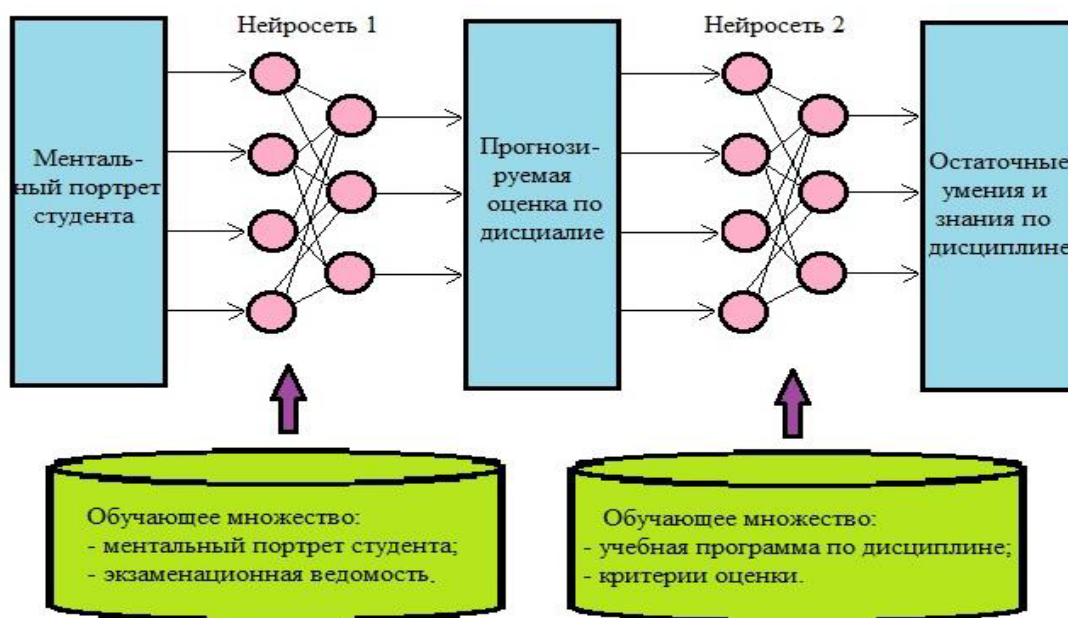


Рисунок 4 - Схема нейромодели профессионального обучения студентов на примере одной дисциплины

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	$x_{10}$

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.

Структура у обеих нейросетей относится к классу однородных многослойных персептронов с полными последовательными связями и с сигмоидальной функцией активации [17]. Обучение нейросетей проводилось по стратегии «обучение с учителем» по алгоритму обратного распространения ошибки.

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	$y_n$	

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 по описанной методике. Результаты их анкетирования и тестирования показаны в табл. 4.

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. 5, для обучения двухслойной нейросети хватило 16 эпох.

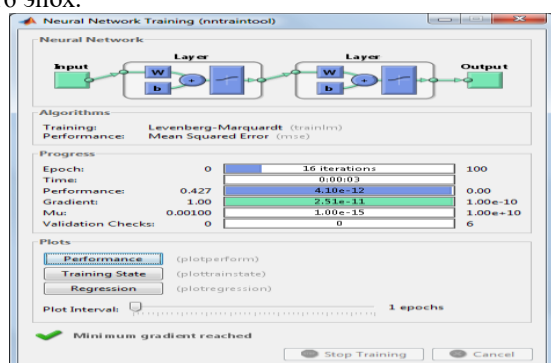


Рисунок 5 - Результаты обучения нейросети «Ментальность студента – прогноз - оценка»

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.

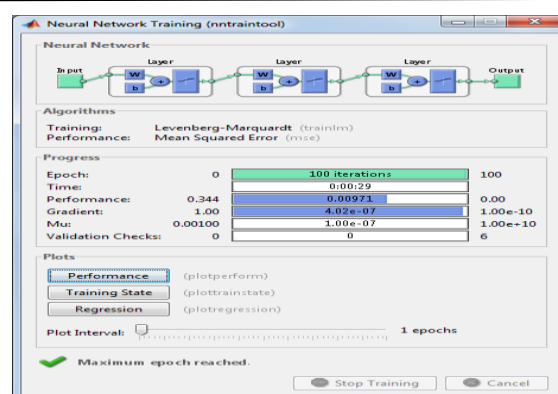


Рисунок 6 - Результаты обучения нейросети «Оценка – прогноз - остаточные знания»

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. 6.

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. 7).

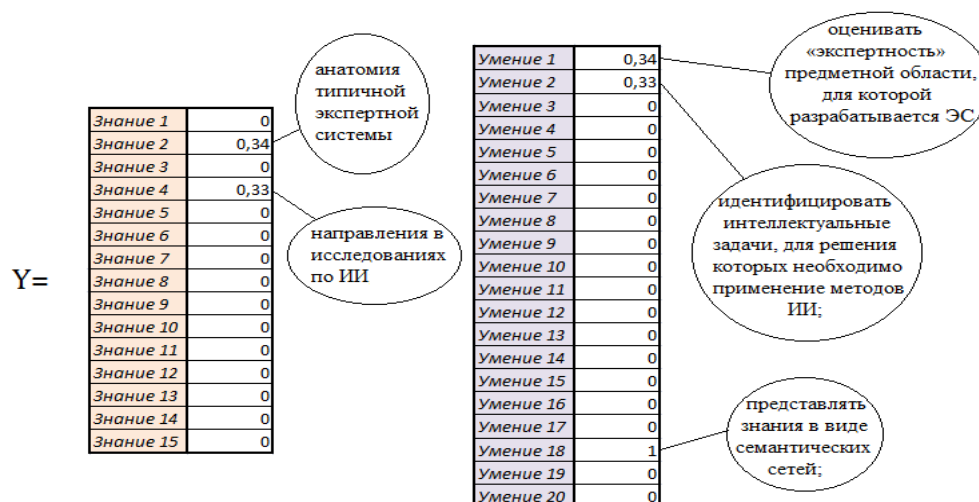


Рисунок 7 - Прогнозные остаточные знания и навыки для шестого студента по рассмотренной учебной дисциплине

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. 7 совокупность спрогнозированных знаний и умений приблизительно 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 спрогнозированных 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 прогнозировать их трудоустройство.

### Литература

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. Бессонов А.А. Интеллектуальные обучающие системы: учебное пособие / А.А. Бессонов, В.Я. Мамаев, П.П. Парамонов. – СПб.: ГУАП, 2016. – 172 с.
3. Трёмбач 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. Анализ и прогнозирование



процесса трудоустройства молодых специалистов с помощью мультиагентной имитационной модели / Федяев О.И., Лукина Ю.Ю., Стропалов А.С. // Труды конференции ИАИ-2013, КПИ, Киев, 2013. - С. 47-53.

5. Мутовкина 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): Труды конференции. Т.3.- Смоленск: Изд-во Универсум, 2016. – С. 123-130.

6. Федяев О.И. Проектирование виртуальной кафедры университета на основе многомодельного агентно-ориентированного подхода / Федяев О.И., Жабская Т.Е. // Искусственный интеллект. - 2010, №3. - С. 679-686.

7. Tetiana Zhabska, Oleg Fedyaev. 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/ Pages 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., Шурыгин Ю.А., Ямшанов 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). - Мн.: 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). - Мн.: БГУИР, 2015. - С. 351-356.

11. Власов А.А., Нехаев И.Н. Интеллектуальная система адаптивного тестирования уровня усвоения знаний / А.А. Власов, И.Н. Нехаев // КИИ-2010. Двенадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (20 - 24 сентября 2010 г., г. Тверь, Россия). Труды конференции.- М.: Физматлит, 2010, Т.3. - 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. Психология творчества, креативности, одарённости / Ильин Е.П. ; - СПб.: Питер, 2004. - 537 с.

15. Новые тесты IQ / Айзенк Г. ; - М.: Изд-во "ЭСКМО", 2003. - 189 с.

16. Современные тенденции в управлении персоналом. Учебное пособие / Дейнека А.В. [и др.]; - М.: Изд-во "Академия естествознания", 2009. - 294 с.

17. Нечётка логика и искусственные нейронные сети / Круглов В.В. [и др.]; - М.: Физматлит, 2001. - 224 с.

18. Кольцов Ю.В. Нейросетевые модели в адаптивном компьютерном обучении / Ю.В. Кольцов, Н.Ю. Добровольская // Educational Technology & Society, 2002, № 5(2).

([http://ifets.ieee.org/russian/periodical/V\\_52\\_2002EE.html](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. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник / Дьяконов В. [и др.]; - СПб.: Питер, 2001. - 268 с.

21. Агентные технологии и мультиагентное моделирование: учебное пособие / Ивашкин Ю.А. - М.: МФТИ, 2013. - 268 с.

**Федяев О.И. Нейросетевые модели многоагентной системы прогнозирования остаточных знаний студентов.** Научная работа посвящена разработке нейросетевой модели процесса обучения студентов для агентной системы моделирования рынка труда. Эта модель имитирует процесс передачи профессиональных навыков и знаний в зависимости от личностных характеристик студентов. Система моделирования на основе искусственных агентов позволит анализировать процесс подготовки молодых специалистов и прогнозировать возможность их дальнейшего трудоустройства.

**Ключевые слова:** модель обучения, профессиональные знания, ментальность, студент, нейронная сеть

**Fedyayev O.I. Neural network models of a multi-agent system for forecasting students' residual knowledge.** 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.

**Keywords:** model of training, professional knowledge, mentality, student, neural network

Статья поступила в редакцию 20.5.2017

Рекомендована к публикации д-ром физ.-мат. наук А.С. Миненко