

МЕТОДИКА ВЫКЛАДАНИЯ

МЕТОДИКА ВЫКЛАДАНИЯ МАТЕМАТИКИ

Весті БДПУ. Серія 3. 2020. № 2. С. 34–41.

УДК 37.013,37.012.7,51.37

UDC 37.013,37.012.7,51.37

**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОБУЧЕНИЯ
СТУДЕНТОВ МЕТОДАМИ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**BUILDING A STUDENTS' TRAINING
MODEL BY ARTIFICIAL
INTELLIGENCE METHODS**

Н. А. Моисеева,
*старший преподаватель
кафедры общей математики
и информатики Белорусского
государственного университета*

N. Moiseeva,
*Senior Teacher
of the Department
of General Mathematics
and Informatics, BSU*

Поступила в редакцию 19.12.19.

Received on 19.12.19.

Рассмотрены возможности применения нейронных сетей в педагогическом процессе. Предложен новый подход к нейросетевому описанию трудно формализуемого процесса обучения студентов, основанный на построении модели обучения, включающей четыре основных компонента: модель обучаемого, базы знаний предметной области, модель среды обучения и модель концепции обучения. Разработана и исследована нейросетевая модель концепции обучения. Данный подход включает разработку структуры нейронной сети, прогнозирующей модель концепции обучения.

Ключевые слова: модель обучения, модель концепции обучения, нейросетевые технологии.

The possibilities of using neuron networks in pedagogical process are considered. A new approach to neuron network description of with difficulty formalized process of teaching students is offered based on building the model of teaching which includes four main constituents: model of the student, databases of the subject area, model of the teaching environment model of teaching concept. Neuron network model of teaching concept is worked out and researched. The given approach includes working on structure of neuron network that predicts the model of teaching concept..

Keywords: model of teaching, model of teaching concept, neuron network technologies.

Введение. В сфере высшего образования продолжается внедрение новых интеллектуальных и информационных технологий. Такие ключевые задачи теории и методики обучения, как анализ и отбор содержания образования и методов обучения, выдвигаются на первый план. Для дальнейшего совершенствования системы образования необходимо определиться с методами представления информации и методами обучения содержанию образования, то есть с моделью концепции обучения.

С одной стороны, содержание и методы обучения точно определяются в разных нормативных документах (например, в учебных программах), с другой стороны – процесс образования является естественным взаимодействием преподавателя с обучающимися. В таких условиях нам представляется весьма перспективным особое внимание уделить проблеме систематизации знаний и методам

передачи знаний, методам обучения и представления информации, в частности, концепции обучения.

Нейросетевые технологии призваны решать трудноформализуемые задачи, к которым, в частности, сводятся многие проблемы обучения. Публикаций, посвященных полноценному применению нейронных сетей в педагогике, практически нет. Это можно объяснить тем, что отдельные предпринятые попытки создания нейросетевых педагогических моделей оказались неудачными, то есть нейронные сети обладали неприемлемо большими погрешностями тестирования [1].

Пермским отделением Научного совета Российской академии наук по методологии получен ряд положительных результатов в создании интеллектуальных систем, предназначенных для выявления предрасположенно-

стей людей к наркомании, алкоголизму, суициду, насилию, лжи, анорексии, аллергическим и инфекционным заболеваниям, заболеваниям сердечно-сосудистой системы и др. [1]. Проблемам, связанным с построением интеллектуальной системы по выявлению зависимости качества знаний обучающихся от различных факторов (от личностных характеристик обучаемого, от методики построения курса, от методов преподнесения информации преподавателем), нами обнаружено не было.

Цель настоящей работы состоит в создании нейросетевой системы, предназначенной для построения модели концепции обучения. Мы считаем, что оценить степень влияния различных факторов на успех учебной деятельности можно путем применения искусственных нейронных сетей (ИНС). Одна из таких попыток на пути решения указанной проблемы, а именно – вопроса выявления используемых методов обучения и их влияния на процесс, предпринимается в настоящей статье.

1. Модель обучения.

Личностно ориентированное образование представляет собой традиционный целостный учебно-воспитательный процесс с учетом индивидуальной (личностной) траектории. К основным положениям теории личностно ориентированного обучения Н. Ю. Добровольская [2] относит адаптивность и вариативность учебных программ, создание дидактического материала на основе выявления и описания интеллектуальной деятельности обучаемых, моделирование обучающих технологий и проведение мониторинга в процессе обучения. Мы предполагаем, что все эти положения можно реализовать через создание модели обучения, обеспечивающей максимально необходимые и достаточные условия для всестороннего развития личности.

На основе результатов Н. Ю. Добровольской [2] нами предлагается следующая модель обучения, дополненная и усовершенствованная моделью концепции обучения. Под *моделью обучения* мы понимаем совокупность 1) модели обучаемого, 2) базы знаний предметной области (БЗПО), 3) модели среды обучения и 4) модели концепции обучения.

1. Модель обучаемого. В начале нынешнего века американскими учеными было доказано, что от 75 % до 85 % успеха учебной деятельности зависит от мягких навыков (soft-skills), которые представляют собой набор личностных характеристик, способствующих эффективному усвоению информа-

ции. Исследователи Высшей школы экономики отмечают, что современная система высшего образования не может оценить личные качества студентов, «мягкие» социальные навыки (soft-skills), такие как навыки общения, умение сотрудничать и работать в команде, лидерство, тип темперамента, уровень креативности, интеллектуальные способности и др. [3].

В процессе исследования свойств и характеристик обучаемого в [4] автором статьи были выделены основные факторы, составляющие ядро модели обучаемого (МО) и содержащие личностные и профессиональные характеристики обучаемого: модель его индивидуальных характеристик (знаний об обучаемом как об индивидууме) и модель знаний обучаемого о предметной области (входные знания по математике и информатике).

Нами в [4] было показано, что, основываясь на данных, составляющих модель индивидуальных характеристик и модель знаний обучаемого о предметной области, нейронная сеть способна решать задачу составления модели обучаемого. Построенная модель обучаемого позволяет систематизировать деятельность педагога по определению методики преподавания материала.

2. База знаний предметной области (БЗПО). Для эффективной реализации процесса обучения база знаний предметной области, в частности, таких областей естественно-научных знаний, как математика и информатика, должна удовлетворять следующим требованиям [5]:

а) построение содержания БЗПО с учетом основных принципов педагогики и психологии;

б) темы представлены в виде укрупненных дидактических единиц, сохраняющих логику и взаимосвязи изучаемого материала;

в) учебная программа имеет блочную или модульную структуру.

Отметим, что логическое структурирование дисциплин «Основы высшей математики» и «Информационные технологии» для специальности «1-23 01 05 Социология» отражено в учебных программах [6, 7].

3. Модель среды обучения. Среда обучения в статье [4] определяется как комплекс организационно-технических, педагогических и программно-информационных сервисов, направленных на предоставление студентам широкого спектра образовательных услуг.

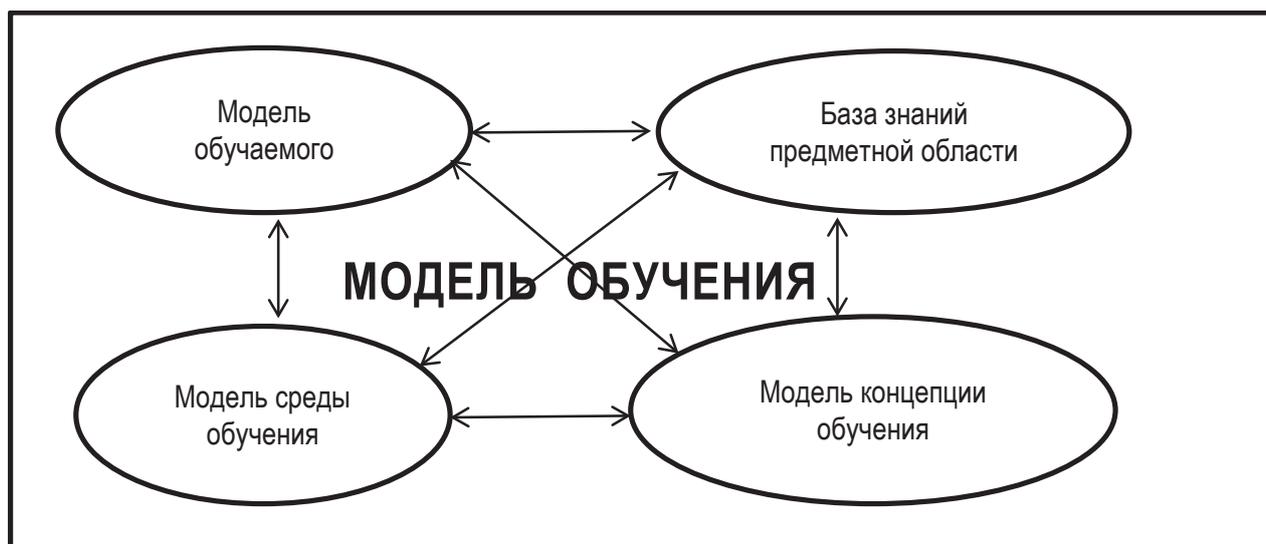


Рисунок 1 – Модель обучения

В статье [4] для построения модели среды обучения нами были отобраны и протестированы основные факторы, влияющие на качество обучения студента. Было доказано, что к основным компонентам среды обучения следует отнести: обеспеченность дисциплины учебно-методическим комплексом, информационно-техническое обеспечение дисциплины, наличие средств контроля знаний, уровень организации обучения студентов (количество посещенных занятий). В исследовании [4] нами определена степень влияния компонентов среды обучения с помощью построения нейронной сети.

Следует отметить, что учебно-методические комплексы, в разработке которых принимал участие автор данной статьи, например [8], и включенные в среду обучения, имеют многоуровневую организацию учебного материала. При разработке учебно-методических комплексов был проведен реинжиниринг онтологий учебных дисциплин [9].

4. *Модель концепции обучения.* Понятийные психические структуры, по мнению психолога М. А. Холодной, это «интегральные когнитивные образования, психическим материалом которых являются три модальности опыта: словесно-речевая, визуальная и чувственно-сенсорная» [10]. Из этого можно заключить, что познавательный процесс невозможен без визуального опыта, без репрезентации опыта через визуализацию [11]. Таким образом, немаловажное значение играет форма представления знаний.

Определим *модель концепции* обучения как совокупность форм представления знаний по каждой теме дисциплины, направ-

ленных на предоставление студентам широкого спектра возможностей учебной деятельности с целью качественного усвоения лекционного материала. Для построения модели концепции обучения необходимо учесть все факторы, влияющие на качество обучения студента в той или иной степени, а также определить степень их влияния.

На сегодняшний день не существует универсальной модели концепции обучения, поэтому преподаватель выбирает наиболее приемлемый способ обучения исходя из собственного опыта, что не всегда бывает оптимально. Мы покажем, что нейросетевые технологии можно использовать для определения выбора учебной стратегии, то есть для построения модели концепции обучения для конкретной дисциплины.

На основе результатов [2] мы выделим основные, на наш взгляд, формы представления знаний: а) аналитическая (аналитические выражения, математические модели, алгоритмы, формализованные описания); б) образная (схемы, рисунки, графики, видеофрагменты); в) эвристическая (эвристические задания, эвристические описания, практические методы и эвристические рекомендации).

Для аналитической, образной, эвристической форм представления знаний введем соответственно обозначения:

$$\bar{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4),$$

где \bar{A} – аналитическая форма представления знаний; a_1 – аналитические выражения; a_2 – математические модели; a_3 – алгоритмы; a_4 – формализованные описания;

$$\bar{O} = (o_1, o_2, o_3, o_4),$$

где \bar{O} – образная форма представления знаний; o_1 – схемы; o_2 – рисунки; o_3 – графики; o_4 – видеофрагменты;

$$\bar{\mathcal{E}} = \{\mathcal{e}_1, \mathcal{e}_2, \mathcal{e}_3, \mathcal{e}_4\},$$

где $\bar{\mathcal{E}}$ – эвристическая форма представления знаний; \mathcal{e}_1 – эвристические задания; \mathcal{e}_2 – эвристические описания; \mathcal{e}_3 – практические методы; \mathcal{e}_4 – эвристические рекомендации.

Параметры модели концепции обучения поступают на вход нейронной сети, которая по аналогии с работой человеческого мозга, может выбрать один из нескольких сотен вариантов подачи учебного материала.

2. Построение модели концепции обучения.

Дисциплину определим как вектор

$$\bar{T} = \{t_1, t_2, t_3, \dots\},$$

где \bar{T} – лекционные темы; например, t_1 – тема 1 (Роль и место математики в гуманитарных науках и социологических исследованиях); t_2 – тема 2 (Основные понятия теории множеств. Операции над множествами); t_3 – тема 3 (Бинарные отношения) и т. д.

Мы определяем модель концепции обучения как функционал, зависящий от векторов $\bar{A}, \bar{O}, \bar{\mathcal{E}}, \bar{O}, \bar{\mathcal{E}}$ и $\bar{T}: F: R^4 \times R^4 \times R^4 \times R^m \rightarrow R$.

Далее в статье векторы $\bar{A}, \bar{O}, \bar{\mathcal{E}}$ имеют размерность, равную четырем, а размерность вектора \bar{T} зависит от количества тем в курсе дисциплины.

Интерес к изучению применения нейронных сетей в педагогике обусловлен их способностью решать неподдающиеся строгой формализации задачи, выявлять внутренние, скрытые закономерности, проводить глубокий анализ данных.

Поскольку простейшие однослойные ИНС способны решать только линейно разделимые задачи, нами было принято решение для построения модели концепции обучения использовать многослойный персептрон, который обладает способностью к обучению на собственном опыте, что обеспечивает его высокую вычислительную мощность с минимальной ошибкой вычисления. Выбор именно трехслойного персептрона в качестве средства для определения концепции обучения обусловлен еще и тем,

что персептрон является базовой архитектурой, его реализацию которого достаточно легко впоследствии преобразовать к другим типам сетей, обучающихся на основе обратного распространения ошибки. Кроме того, из теорем Колмогорова – Арнольда – Хехт – Нильсона следует, что трех слоев достаточно, чтобы решить практически любую задачу.

Построение нейросетевой системы включает в себя обработку входных данных, разработку архитектуры и обучение сети. Не существует универсального алгоритма реализации для каждого из перечисленных этапов – конфигурирование системы зависит от множества факторов, охватываемых конкретной задачей. Так, для построения модели концепции обучения при разработке нейронной сети необходимо в первую очередь учесть объем входных данных. Поэтому начальная конфигурация нейронной сети была выбрана на основе теоремы Колмогорова, которая служит математической основой для ИНС.

При построении модели концепции обучения нейронная сеть строится следующим образом: входной слой содержит $12 + m$ нейронов, на которые подаются значения, соответствующие двенадцати формам представления знаний и m лекционным темам, а последний слой состоит из одного нейрона, на выходе которого получается модель концепции обучения.

Входные сигналы образует вектор $X = (x_1, x_2, \dots, x_{11}, \dots, x_{12+m})$, где m – количество лекционных тем. Компоненты вектора X могут принимать значения 0 или 1 (для первых двенадцати входных сигналов x_1, x_2, \dots, x_{12} значения могут быть: 1 – данная форма представления знаний использовалась при обучении, 0 – данная форма представления знаний не использовалась при обучении; для входных сигналов $x_{13}, \dots, x_{14} + x_{12+m}$ значения могут быть: 1 – данная лекционная тема рассматривается, 0 – данная лекционная тема не рассматривается).

Входных нейронов у нас 26 (количество форм представления знаний по каждой теме дисциплины равно 12 и лекционных тем в дисциплине равно 14 (таблица 1), выходных нейронов – 1, поэтому количество скрытых нейронов по теореме Колмогорова не должно превышать 53; экспериментально было выбрано 16 скрытых нейронов.

Таблица 1 – Формы представления знаний как факторы, влияющие на усвоение материала студентом

Форма представления знаний	Характеристика	Входной сигнал нейросети
Аналитическая форма представления знаний	аналитические выражения	x_1
	математические модели	x_2
	алгоритмы	x_3
	формализованные описания	x_4
Образная форма представления знаний	схемы	x_5
	рисунки	x_6
	графики	x_7
	видеофрагменты	x_8
Эвристическая форма представления знаний	эвристические задания	x_9
	эвристические описания	x_{10}
	практические методы	x_{11}
	эвристические рекомендации	x_{12}
Лекционная тема	тема 1	x_{13}
	тема 2	x_{14}

	тема 14	x_{26}

В качестве обучающей выборки были выбраны различные совокупности форм представления данных по каждой теме, которые использовались преподавателями кафедры общей математики и информатики БГУ за последние 5 лет. Результаты анкетирования преподавателей и тестирования первой темы показаны в таблице 2.

Для определения модели концепции обучения Mk_j ($j = 1, 2, \dots, m$) по каждой теме был проведен текущий контроль знаний: для каждого студента была выставлена текущая оценка.

метка y_{ij} , характеризующая степень усвоения материала по данной j -й теме, где y_{ij} может принимать значения от 0 до 10 с шагом 1. И модель концепции обучения определялась как округленное по правилам математики среднее арифметическое, уменьшенное в 10 раз:

$$Mk_j = \frac{1}{10s} \sum_{i=1}^s y_{ij},$$

где s – количество студентов на потоке.

Таблица 2 – Результаты тестирования первой темы

Характеристика	Номер тестирования									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
аналитические выражения	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
математические модели	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
алгоритмы	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
формализованные описания	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
схемы	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
рисунки	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
графики	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
видеофрагменты	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
эвристические задания	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
эвристические описания	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
практические методы	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
эвристические рекомендации	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
Модели концепции обучения (Mk_j)	0,7	0,55	0,9	0,85	0,8	0,6	0,5	0,75	0,7	0,6

На основе обучающей выборки была обучена нейронная сеть, способная для любой темы определить модель концепции обучения.

3. Влияние модели концепции обучения на качество образования.

Для проверки эффективности применения модели концепции обучения на основе нейронной сети был проведен эксперимент со студентами двух групп (всего 41 студент) первого курса факультета философии и социальных наук БГУ специальности «Социальные коммуникации», изучающими дисциплину «Основы высшей математики» в первом семестре 2019/2020 учебного года. Эксперимент проводился для всех тем дисциплины, по которым были проведены контролируемые мероприятия и выставлены отметки.

В качестве примера приведем данные для первой темы дисциплины. Для данной темы нейронная сеть спрогнозировала модель концепции обучения, которая была использована на лекционных занятиях (рисунок 2) с небольшой модификацией: вместо образной формы представления знаний o_1 (схемы) автор статьи использовал образную форму представления знаний o_2 (рисунки).

Для определения достоверности совпадения моделей концепции обучения, одна из которых построена нейронной сетью, а другая использовалась преподавателем на лекции, целесообразно использование критерия Фишера [12]. Вычисляем эмпирическое значение $\varphi_{эмп}$ по следующей формуле:

$$\varphi_{эмп} = \left| 2 \arcsin \sqrt{p} - 2 \arcsin \sqrt{q} \right| \sqrt{\frac{M \cdot N}{M + N}},$$

где M – количество обучающихся, участвующих в проектировании ИС;

N – количество обучающихся, участвующих в контролирующем мероприятии;

p – модель концепции обучения, выставленная ИС;

q – модель концепции обучения, выставленная преподавателем в рейтинг.

В нашем случае для первой темы $M = 41$, $N = 36$, $p = 0,64$, $q = 0,61$, вычисленное $\varphi_{эмп} \approx 0,2741$. Эмпирическое значение критерия $\varphi_{эмп}$ меньше критического значения $\varphi_{крит} = 1,64$ для уровня значимости $\alpha = 0,05$.

По критерию Фишера можно утверждать, что спрогнозированная нейронной сетью модель концепции обучения совпадает с уровнем значимости $\alpha = 0,05$ с моделью концепции обучения, используемой преподавателем.

Следовательно, разработанная нейросетевая модель может применяться для прогнозирования модели концепции обучения.

Заключение. Результаты рассмотренной модели обучения на основе нейросетевых технологий могут быть использованы в первую очередь для внедрения нейросетевых технологий в вузовскую систему образования, в частности для выбора эффективной модели обучения по конкретной дисциплине.

Представленная модель обучения, учитывающая модель обучаемого, предметную область, среду обучения и модель концепции обучения, может быть использована

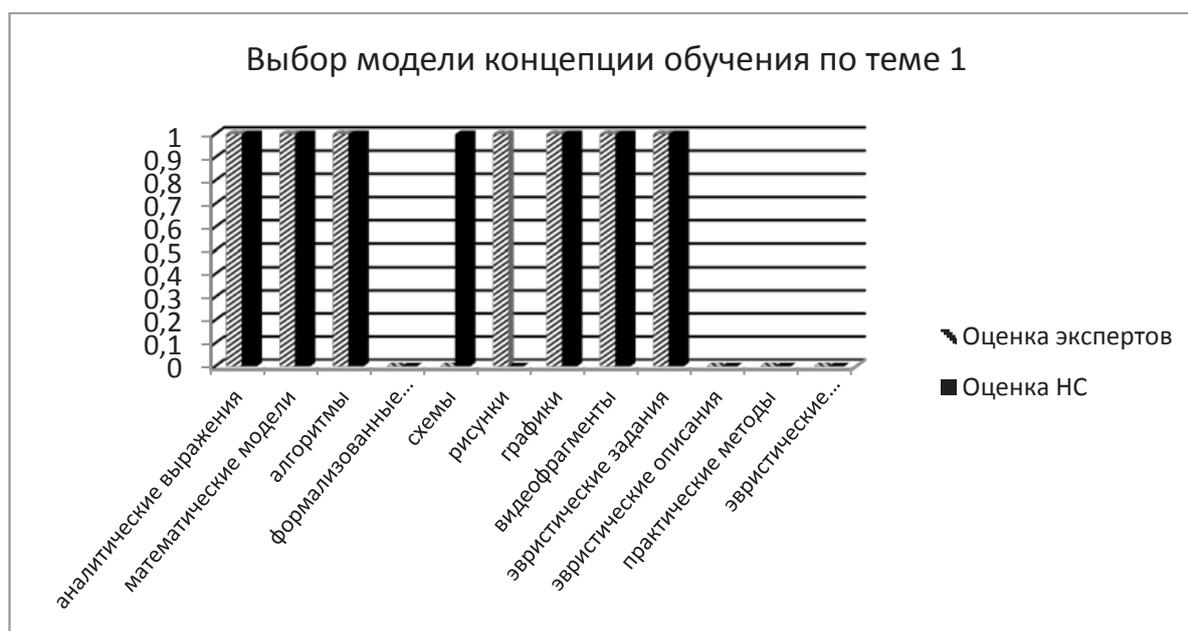


Рисунок 2 – Выбор модели концепции обучения по теме 1

в любой дисциплине вуза, тем самым предоставляя возможность повысить качество обучения путем внедрения новых форм представления знаний, что позволит автоматизировать обучение и внести соответствующие коррективы в сам процесс.

В данной работе была спроектирована нейронная сеть, предназначенная для построения модели концепции обучения и со-

ЛИТЕРАТУРА

1. Ясницкий, Л. Н. Искусственный интеллект в Перми и Пермском университете: история, успехи, проблемы, перспективы (пленарный доклад) / Л. Н. Ясницкий // Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. (г. Пермь, 17–19 мая 2016 г.) / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2016. – С. 4–11.
2. Добровольская, Н. Ю. Компьютерные нейросетевые технологии как средство индивидуализированного обучения студентов физико-математических специальностей : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Н. Ю. Добровольская. – Краснодар, 2009. – 263 с.
3. Казакова, Е. И. Об измерении сформированности универсальных компетенций студентов вузов / Е. И. Казакова, И. Ю. Тарханова // Педагогика. – 2018. – № 9. – С. 79–84.
4. Моисеева, Н. А. Методика прогнозирования результатов обучения на основе нейронных сетей / Н. А. Моисеева // Педагогическая наука и образование. – 2020. – № 1. – С. 30–35.
5. Юсупов, Ф. Повышение эффективности изучения курса информатики на основе структурно-логической граф схемы дисциплины / Ф. Юсупов, Д. Ф. Юсупов, Б. Раззаков // Высшее образование сегодня. – 2011. – № 11. – С. 46–49.
6. Основы высшей математики. Учебная программа УВО для специальности 1-23 01 05 Социология [Электронный ресурс] / Белорусский государственный университет. – Минск, 2019. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/233274>. – Дата доступа: 12.07.2019.
7. Основы информационных технологий. Учебная программа УВО для специальности 1-23 01 05 Социология [Электронный ресурс] / Белорусский государственный университет. – Минск, 2019. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/233275>. – Дата доступа: 25.10.2019.
8. Информационные технологии в юридической деятельности : электронный учебно-методический комплекс для специальности 1-24 01 02 «Правоведение» / Н. А. Моисеева, О. А. Велько ; БГУ, Механико-математический фак., Каф. общей математики и информатики. – Минск : БГУ, 2019. – 153 с. : ил. – Библиогр.: с. 152–153. [Электронный ресурс] / Белорусский государственный университет. – Минск, 2019. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/217862>. – Дата доступа: 01.04.2019.

стоящая из нейронов, соответствующих формам представления знаний и задействованных на входном слое нейронной сети. Результат обучения и проверки работоспособности спроектированной нейронной сети показывает возможность их успешного применения для построения оптимальной модели концепции обучения.

REFERENCES

1. Yasnitskiy, L. N. Iskusstvennyj intellekt v Permi i Permskom universitete: istoriya, uspekhi, problemy, perspektivy (plenarnyj doklad) / L. N. Yasnitskiy // Iskusstvennyj intellekt v reshenii aktual'nyh social'nyh i ekonomicheskikh problem XXI veka: sb. st. po materialam Vseros. nauch.-prakt. konf. (g. Perm', 17–19 maya 2016 g.) / Perm. gos. nac. issled. un-t. – Perm', 2016. – S. 4–11.
2. Dobrovolskaya, N. Yu. Komp'yuternye nejrosetevye tekhnologii kak sredstvo individualizirovannogo obucheniya studentov fiziko-matematicheskikh special'nostej : dis. ... kand. ped. nauk : 13.00.08 / N. Yu. Dobrovolskaya. – Krasnodar, 2009. – 263 s.
3. Kazakova, E. I. Ob izmerenii sformirovannosti universal'nyh kompetencij studentov vuzov / E. I. Kazakova, I. Yu. Tarhanova // Pedagogika. – 2018. – № 9. – S. 79–84.
4. Moiseeva, N. A. Metodika prognozirovaniya rezul'tatov obucheniya na osnove nejronnyh setej / N. A. Moiseeva // Pedagogicheskaya nauka i obrazovanie. – 2020. – № 1. – S. 30–35.
5. Yusupov, F. Povyshenie effektivnosti izucheniya kursa informatiki na osnove strukturno-logicheskoy graf skhemy discipliny / F. Yusupov, D. F. Yusupov, B. Razzakov // Vysshee obrazovanie segodnya. – 2011. – № 11. – S. 46–49.
6. Osnovy vysshej matematiki. Uchebnaya programma UVO dlya special'nosti 1-23 01 05 Sociologiya [Elektronnyj resurs] / Belorusskij gosudarstvennyj universitet. – Minsk, 2019. – Rezhim dostupa: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/233274>. – Data dostupa: 12.07.2019.
7. Osnovy informacionnyh tekhnologij. Uchebnaya programma UVO dlya special'nosti 1-23 01 05 Sociologiya [Elektronnyj resurs] / Belorusskij gosudarstvennyj universitet. – Minsk, 2019. – Rezhim dostupa: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/233275>. – Data dostupa: 25.10.2019.
8. Informacionnye tekhnologii v yuridicheskoy deyatelnosti : elektronnyj uchebno-metodicheskij kompleks dlya special'nosti 1-24 01 02 «Pravovedenie» / N. A. Moiseeva, O. A. Vel'ko ; BGU, Mekhaniko-matematicheskij fak., Kaf. obshchej matematiki i informatiki. – Minsk : BGU, 2019. – 153 s. : il. – Bibliogr.: s. 152–153. [Elektronnyj resurs] / Belorusskij gosudarstvennyj universitet. – Minsk, 2019. – Rezhim dostupa: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/217862>. – Data dostupa: 01.04.2019.

-
9. Разработка онтологий при обучении информатике в учреждениях общего среднего образования / Е. Л. Миняйлова [и др.] // Педагогическая информатика. – 2019. – № 4. – С. 20–27.
 10. *Холодная, М. А.* Психология интеллекта : парадоксы исследования / М. А. Холодная. – СПб. : Питер, 2002. – 272 с.
 11. *Моисеева, Н. А.* Наглядное моделирование как способ развития визуального мышления / Н. А. Моисеева // Весті БДПУ. Сер. 3. – 2019. – № 2. – С. 38–44.
 12. *Новиков, Д. А.* Статистические методы в педагогических исследованиях (типичные случаи) / Д. А. Новиков. – М. : МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.
9. Razrobotka ontologij pri obuchenii informatike v uchrezhdeniyah obshchego srednego obrazovaniya / E. L. Minyajlova [i dr.] // Pedagogicheskaya informatika. – 2019. – № 4. – S. 20–27.
 10. *Holodnaya, M. A.* Psihologiya intellekta : paradoksy issledovaniya / M. A. Holodnaya. – SPb. : Piter, 2002. – 272 s.
 11. *Moiseeva, N. A.* Naglyadnoe modelirovanie kak sposob razvitiya vizual'nogo myshleniya / N. A. Moiseeva // Vesci BDPU. Ser. 3. – 2019. – № 2. – S. 38–44.
 12. *Novikov, D. A.* Statisticheskie metody v pedagogicheskikh issledovaniyah (tipovye sluchai) / D. A. Novikov. – M. : MZ-Press, 2004. – 67 s.