

УДК 004.02

**Е. М. Гриценко, П. А. Осавелюк**

**МЕТОД НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОСТРОЕНИЯ  
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ОБУЧЕНИЯ**

В статье особое внимание уделяется построению индивидуальных траекторий для системы довузовской подготовки при подготовке абитуриентов по информатике. Предложен новый способ построения индивидуальных траекторий обучения с использованием методов теории искусственных нейронных сетей.

*Ключевые слова:* индивидуальные траектории, искусственные нейронные сети, открытое образование.

**Katherine M. Hritsenko, Peter A. Osavelyuk**  
**METHOD OF NEURAL NETWORKS OF MODELLING CONSTRUCTION  
OF INDIVIDUAL TRAJECTORIES**

(Siberian State Technological University, Krasnoyarsk)

In the article special attention is given to the problem of construction of individual trajectories of training for university entrants on computer science. The new way of construction of individual trajectories of training is offered. It implies the use of methods of the theory of artificial neural networks.

*Keywords:* individual trajectories, the artificial neural networks, open educational resources.

**METHODS NEURAL NETWORKS OF MODELLING CONSTRUCTION  
OF INDIVIDUAL TRAJECTORIES**

(Siberian State Technological University, Krasnoyarsk)

Качество подготовки студентов во многом определяется качеством учебных пособий, используемых ими при обучении. Для повышения эффективности обучения необходимо создание учебников, настраивающих на уровень знаний студента и выдающих ему материал в заданном объеме и последовательности. При выборе образовательных технологий модульность выступает как принцип работы с содержанием образования и конкретной учебной информацией. В модульном обучении система контроля включает текущий, промежуточный, обобщающий контроль. Цель модульного обучения в создании наиболее благоприятных условий развития личности путем обеспечения гибкости содержания обучения, приспособ-

---

**Гриценко Екатерина Михайловна** — кандидат технических наук, доцент, кафедра Информационных технологий (Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск),  
e-mail: gemfait@gmail.com

**Осавелюк Петр Алексеевич** — кандидат технических наук, кафедра Информационных технологий (Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск),  
e-mail: Tewry.Jasya@yandex.ru

© Гриценко Е. М., Осавелюк П. А., 2013

ления к индивидуальным потребностям личности и уровню ее базовой подготовки посредством организации учебно-познавательной деятельности по индивидуальной учебной программе. В данной работе затрагивается наиболее важный аспект – принцип построения индивидуальной траектории обучения в системе открытого образования. На настоящий момент нет четкого реализованного метода построения, удовлетворяющего одновременно и обучаемого, и преподавателя. Предложенный в данной работе метод находит компромисс поставленной проблемы: он, с одной стороны, не нагружает изнурительными тестами обучаемого, и с другой – не перекладывает всецело проблему построения траекторий на преподавателя.

### **Определение параметров модулей и учеников**

Принцип построения индивидуальной траектории предлагается следующий: на основании спрогнозированного показателя успешности прохождения каждого модуля для конкретного ученика модули выстраиваются в цепочку по убыванию данного показателя, что соответствует переходу от более простых к более сложным модулям для данного ученика. Предложенный в данной работе метод основан на использовании нейросетевых технологий для определения значимых входных параметров, влияющих на показатель успешности.

На первом этапе определения индивидуальной траектории, исходя главным образом из теоретических представлений о диагностируемом множестве, сформирован «черновой» вариант перечня параметров. В этот вариант включаются параметры, которые, по мнению эксперта, должны отражать индивидуально-психологические различия испытуемых. Определение «чернового» варианта исходного множества диагностических признаков является трудно формализуемой задачей.

Оценка по выбранным параметрам осуществлялась экспертно, однако на следующем этапе разработки подразумевается использование психодиагностических тестов и результатов итогового контроля в виде тестов, сформированных системой «УМКД-Maker». Система «УМКД-Maker» [1; 2], разработанная авторами, позволяет сократить время создания модулей обучения, вести контроль знаний на различных этапах обучения, обеспечивает хранение материала наиболее распространенной (иерархической) структуры. Особенности разработанной системы заключаются в представлении теоретического материала в виде иерархии разделов, часть из которых может иметь вес (трудоемкость) и закрепляется за определенной дисциплиной (ЭУИ) через тип теории; может иметь практические задания различного типа, результат выполнения которых для каждого пользователя заносится в журнал, где фиксируется не только результат, но и количество попыток, и дата выполнения. Имеются междисциплинарные связи, связь обучаемых с их курсами, состав курсов.

Для определения параметров модулей за основу была взята спецификация на метаданные консорциума IMS, а конкретно словарь LOM

(Learning Object Metadata – обозначение словаря IMS, Метаданные учебных объектов) [3]. Различные международные организации и консорциумы решают вопрос метаописаний, разрабатывая различные стандарты и спецификации. Наиболее широко используемым является международный формат DublinCore, основные положения которого включены в спецификацию на метаданные консорциума IMS (IMS Global Learning Consortium (Instructional Management Systems Global Learning Consortium) – глобальный образовательный консорциум по управлению учебными системами) [4].

В качестве параметров модулей и ученика были выбраны следующие:

*Параметры ученика:*

- ФИО;
- внимательность;
- усидчивость (выносливость);
- самостоятельность;
- скорость восприятия;
- склад ума;
- пол;
- инициативность;
- организованность.

*Параметры модуля:*

- объем курса (час);
- объем лекционного материала (час);
- объем практической работы (час);
- самостоятельная работа (час);
- кол-во иллюстраций;
- кол-во определений;
- сложность (для типичного представителя целевой группы).

#### **Специализированный преобработчик для хранения данных по ученикам и модулям**

Для хранения данных по ученикам и модулям создана отдельная база данных. В настоящий момент она не входит в состав системы УМКД-maker и является самостоятельным продуктом вместе с программным обеспечением для работы с ней и представляет собой специализированный преобработчик. Такой подход в первую очередь обусловлен тем, что изначально успешность нового метода построения индивидуальных траекторий обучения не была известна и его внедрение в уже рабочую систему не целесообразно, параметры учеников определялись экспертно, а следовательно, внесение этих данных в имеющуюся базу данных значительно сложнее, т. к. требует ее реструктуризации, кроме того, нейроимитатор не способен работать с базой данных MySQL и связанными таблицами.

Название таблиц, полей, соответствующих им параметров «вспомогательной» базы данных (рис. 1) приведены в таблицах 1 и 2.

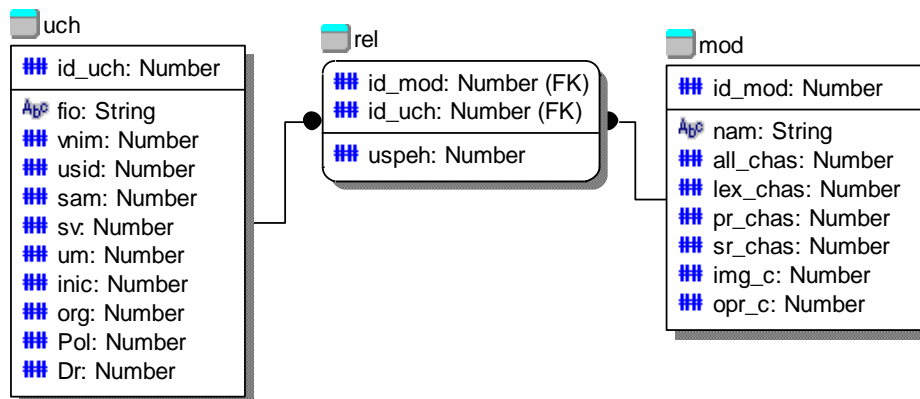


Рис. 1. Структура БД для хранения параметров учеников и модулей

Таблица 1

Параметры обучаемого (таблица uch базы данных)

Название параметра	Варианты	Кодирование	Поле
Код ученика	-	-	id_uch
ФИО	-	-	fio
Внимательность	высокая/средняя/низкая	1/0/-1	vnim
Усидчивость (выносливость)	высокая/средняя/низкая	1/0/-1	usid
Самостоятельность	высокая/средняя/низкая	1/0/-1	sam
Скорость восприятия	высокая/средняя/низкая	1/0/-1	sv
Склад ума	гум/мат	0/1	um
Инициативность	высокая/средняя/низкая	1/0/-1	inic
Организованность	высокая/средняя/низкая	1/0/-1	org
Пол	М/Ж	1/0	Pol
Дата рождения в днях	-	-	Dr

Таблица 2

Параметры модуля (таблица modul базы данных)

Название параметра	Варианты	Кодирование	Поле
Код модуля	-	-	id_mod
Название модуля	-	-	nam
Объем курса (час)	-	-	all_chas
Лекций (час)	-	-	lex_chas
Практик (час)	-	-	pr_chas
Самостоятельная работа (час)	-	-	sr_chas
Кол-во иллюстраций	-	-	img_c
Кол-во определений	-	-	opr_c
Сложность	Оч. легко/Легко/Средне/ Сложно/Оч. сложно	0/1/2/3/4	hard_m

В качестве генеральной совокупности выступает все множество учеников, изучающих выше перечисленные модули с момента их последней модификации у одного из выбранных экспертов. В ходе работы были собраны статистические данные для обучаемой и тестовой выборки среди учеников 11 класса лицея № 2 физико-математического направления. Для решения задачи из генеральной совокупности были отобраны 89 учеников. Критерием отбора являлись ученики последних двух лет обучения, прошедшие все модули по стандартной программе (те, которые проходили все модули не по альтернативной форме сдачи или получения индивидуального задания).

Для обучения сети случайным образом были отобраны 59 учеников (354 примера), оставшиеся 30 учеников (180 примеров) составили тестовый набор данных. Для обучения сети количество примеров должно удовлетворять одному из правил  $N > 2^{(m+k)}$ ;  $N > (m+k)^2$ ,  $N > 2(m+k)$ ,  $N > m+k$ , где  $N$  – количество примеров для обучения сети,  $m$  – количество параметров обучаемого,  $k$  – количество параметров модуля. Считается, чем выше критерий, которому соответствует набор для обучения сети, тем более глобальной будет сеть (следует однако учесть конфликтные примеры и методы их устранения). В нашем случае  $N=354$ ,  $k=7$   $m=9$ ,  $(7+9)^2=256$ . При распределении примеров на обучающие и тестовые, с учетом критерия и предпочтения обучению сети параметры были распределены в соотношении 1:2. Отбор велся путем выбора каждого третьего ученика, т. е. каждые 6 записей через 12 из результирующей таблицы, отсортированной по коду ученика.

База данных создана в формате Paradox 7, под управлением BDE. Создан программный продукт (специализированный преобразователь) для ее заполнения (редактирования), ее главная форма изображена на рис. 2. Для упрощения ввода данных в ней предусмотрен автоматический переход к новому параметру, «горячие клавиши» и защита от неполноты информации.

Связь таблиц с параметрами обучаемого и параметрами модуля осуществляется по схеме «многие ко многим» по средствам таблицы связи со следующими полями (таблица 3).

### **Определение параметров и ранга значимости входных параметров**

Для создания нейронной сети был использован программный продукт, представляющий собой менеджер обучаемых искусственных нейронных сетей NeuroPro 0.25, работающий в среде MS Windows. От имеющихся в настоящее время нейросетевых программных продуктов данный продукт отличает наличие возможностей целенаправленного упрощения нейронной сети для последующей генерации вербального описания. Именно наличие развитых возможностей по упрощению сети в совокупности с построением ее вербального описания и придает предлагаемому продукту новые потребительские свойства – возможность

порождения знаний из таблицы данных. Под знаниями здесь понимается текст, объясняющий процесс решения нейронной сетью задачи [5].

Клас	ФИО	Вним-ть	Усид-ть	Сам-ть	Скор.воспр	Склад ума	Орг-ть	Иниц-ть	Мат.	Физ.
11	НЕПОТУ	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0
11	РУКОСУЕВ	-1	0	0	-1	0	-1	-1	0	0
11	ГУБКИН	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0
11	КРИВЦОВ	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0
11	МИКОВ	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0
11	ЛАЕВСКИЙ	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0
11	БЫКОВА МАРГАРИТА	1	1	0	-1	0	-1	-1	0	0
11	ВИХАРЕВА АЛЛА	0	1	0	-1	0	-1	-1	0	0
11	ГОНЧАРОВ РОМАН	0	0	0	-1	0	-1	-1	0	0
11	ГРИЗАН СЕРГЕЙ	1	1	1	1	1	1	1	0	0
11	ДОНЧЕНКО ЕВГЕНИЯ	0	1	0	-1	0	-1	-1	0	0
11	ЗОЛОТОВ ИГОРЬ	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0
11	ИВОЧКИН АЛЕКСАНДР	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0
11	КАПУСТИН ИЛЬЯ	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0
11	КОШЕЛЕВ АЛЕКСАНДР	0	0	0	-1	0	-1	-1	0	0
11	КРЕЙМЕР ИЛЬЯ	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0
11	КУЗНЕЦОВ МИХАИЛ	0	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0
11	МАТЕЙКИН АЛЕКСЕЙ	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0

Модуль	Оценка
HTML	5
Office	5
Графика	4
Интернет	5
Информатика	3
Программирование	2

Рис. 2. Основная форма специализированного преобразователя

Таблица 3

Связующая таблица rel базы данных

Название параметра	Варианты	Поле
Код модуля	-	id_mod
Код ученика	-	id_uch
Оценка за модуль	2/3/4/5	

Одним из преимуществ нейронных сетей является возможность решения неформализованных задач классификации и прогноза (задач, явный алгоритм решения которых неизвестен) [5]. Данный программный продукт в качестве исходных данных принимает единую таблицу в формате dfb (dBase, FoxBase, FoxPro, Clipper) или db (Paradox), в связи с чем имеющаяся база данных преобразуется в одну таблицу по средствам созданного специализированного преобразователя.

Создано 5 нейронных сетей с одинаковыми параметрами: 3 слоя по 10 нейронов, 16 входов, 1 выход, характеристика нейрона 0,1, точность для выходного поля 0,3. Вид нелинейного преобразователя нейронов данного слоя – сигмоидная нелинейность вида  $f(A)=A/(c+|A|)$ , где  $c$  – характеристика нейрона.

На имеющихся данных (59 учеников = 354 примера) было обучено 5 сетей. При обучении сетей ни в одной из них не было ни одного конфликтного примера. При тестировании сетей правильность прогноза показателя успешности прохождения модуля составила 83,6 %, 82,7 %, 75,1 %, 83 %, 81,9 % соответственно (рис. 3), из чего можно сделать вывод о возможности решения задачи прогнозирования методами нейросетевого моделирования, а также о возможности определения наиболее значимых параметров. Значимость входных параметров определена в таблице 4.

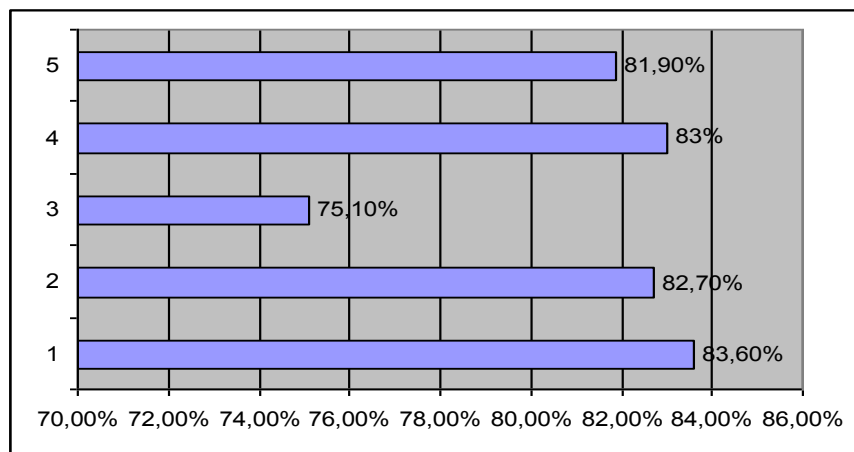


Рис. 3. Доля правильного прогноза показателя успешности прохождения модуля по каждой обученной сети

Таблица 4

Результат определения значимости входных параметров

Пар-тр	Сеть (S)					Ранг ®					$S_{cp}$	$\Sigma R$	R
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
all_chas	0,39	0,21	0,2	0,39	0,15	8	16	14	11	16	0,27	65	15
lex_chas	<b>0,42</b>	0,34	0,2	0,41	0,21	7	13	16	9	14	0,31	59	13
pr_chas	0,32	0,3	0,2	0,27	0,17	12	15	15	14	15	0,25	71	16
sr_chas	0,32	<b>0,58</b>	0,27	<b>0,53</b>	0,39	14	<b>4</b>	13	7	12	0,42	50	9
img_c	<b>0,57</b>	0,44	<b>0,52</b>	<b>0,68</b>	0,51	6	8	5	4	8	<b>0,54</b>	31	6
opr_c	0,36	0,42	0,36	0,34	0,45	11	11	8	12	11	0,39	53	10
hard_m	0,32	0,44	0,31	<b>0,63</b>	<b>0,56</b>	13	9	10	5	<b>6</b>	<b>0,45</b>	43	7
vnim	0,3	0,32	0,29	0,26	<b>0,55</b>	15	14	11	15	7	0,35	62	14
usid	0,37	0,42	0,29	0,29	0,35	10	10	12	13	13	0,34	58	12
sam	0,27	0,36	0,32	0,4	0,45	16	12	9	10	10	0,36	57	11
sv	0,37	<b>0,57</b>	<b>0,4</b>	0,23	0,46	9	<b>6</b>	7	16	9	0,41	47	8
um	<b>0,75</b>	<b>0,54</b>	<b>0,55</b>	0,46	<b>1</b>	<b>4</b>	7	4	8	<b>1</b>	<b>0,66</b>	24	5
inic	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,74</b>	<b>0,85</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0,92</b>	8	1
org	<b>0,92</b>	<b>0,97</b>	<b>0,7</b>	<b>0,75</b>	<b>0,8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>0,83</b>	13	2
Pol	<b>0,78</b>	<b>0,58</b>	<b>0,79</b>	<b>1</b>	<b>0,74</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>0,78</b>	16	3
Dr	<b>0,6</b>	<b>0,64</b>	<b>0,48</b>	<b>0,57</b>	<b>0,83</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>0,62</b>	23	4

Определен ранг значимости входных параметров для каждой сети, что позволит более адекватно провести анализ влияния параметров на выходное поле. В большинстве случаев ранги значимости совпадают со средними значениями значимости параметров, но иногда отличаются. Среднее значение может быть небольшим (усредняется по всем сетям), тем не менее ранг показывает большую значимость данного параметра. Ранг точнее определяет порядок следования параметров по степени их влияния на выходное поле.

Из приведенной таблицы видно, что наиболее значимыми параметрами являются:

- инициативность;
- организованность;
- пол;
- дата рождения в днях;
- склад ума;
- кол-во иллюстраций;
- сложность.

Минимально значимыми параметрами являются:

- объем практических занятий (час);
- объем курса (час);
- внимательность;
- объем лекционных занятий (час);
- усидчивость.

Из полученных результатов очевидно, что в случае применения элементов открытого образования понятия «объем курса», «усидчивость» (способность к непрерывному усвоению большего количества информации) и «внимательность» (способность усваивать детали и основные аспекты «на лету») стираются, что, прежде всего, связано с особенностями открытого образования – индивидуальное дозирование информации и отсутствие жестких временных рамок (обучаемый сам определяет, когда и сколько информации он желает изучить, руководствуясь лишь максимально отведенным временем на модуль, которое, как правило, значительно превышает среднее необходимое).

Что касается параметров инициативность, организованность, склад ума, пол и дата рождения, то их значимость объясняется понятием профпригодности. Доказано, что для работы в определенных профессиях человек должен обладать рядом качеств (наиболее широко это понятие применяется при подборе кадров в силовых структурах). Такой параметр, как количество иллюстраций, является критерием, прежде всего, наглядности, а следовательно, доступности материала, что способствует лучшему и значительно более быстрому усвоению.



### **Построение индивидуальной траектории**

Принцип построения индивидуальной траектории предполагается следующий: на основании спрогнозированного показателя успешности прохождения каждого модуля для конкретного ученика, модули выстраиваются в цепочку по убыванию данного показателя, что соответствует переходу от более простых к более сложным модулям для данного ученика.

Результативность метода позволяет осуществить переход на следующий виток разработки системы:

- реструктуризация базы данных обучающей системы «УМКД-maker» с учетом параметров обучаемых и модулей (а также с учетом того, что для различных курсов такой набор будет различным);

- создание шлюза для экспорта данных для создания новых нейронных сетей;

- создание инструмента импорта вербальных описаний нейронной сети в обучающую систему с последующим использованием ее как модели для построения траекторий;

Предложенный метод определения индивидуальной траектории позволит определять:

- тесты для определения параметров обучаемых и внедрение их в систему с тем, чтобы автоматизировать процесс сбора данных параметров;

- механизм построения индивидуальной траектории на основании прогноза показателя успешности прохождения модуля;

- высокий процент правильно определенных примеров (от 75,1 % до 83,6 % по пяти сетям) позволяет утверждать возможность применения данного метода для прогнозирования;

- наиболее значимые входные параметры, влияющие на показатель успешности, большая часть из которых показывает достаточно стабильное влияние (входят в пятерку наиболее значащих параметров в каждой из обученной нейронной сети).

### **Заключение**

Система обучения использовалась абитуриентами, поступающими в Сибирский государственный технологический университет (СибГТУ) при изучении курсов «Информатика», «Программирование», «HTML», «Офис», «Графика», «Интернет». На основе тестирующей программы, входящей в состав системы обучения, было проведено комплексное тестирование учащихся. Разработанная система внедрена в образовательный процесс до вузовской подготовки школьников лицея № 2 физико-математического направления.

Кроме непосредственного использования системы компьютеризированного обучения в образовательных учреждениях, она может использоваться на промышленных предприятиях для аттестации персонала, при подборе кадров. Отдельные компоненты системы могут применяться

ся для изготовления презентаций, технической документации, описания технологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудакова Г. М., Осавелюк П. А., Гриценко Е. М., Клименок С. Н. Конструктор электронных учебников (ET-constructor) : Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003611512.
2. Рудакова Г. М., Осавелюк П. А., Гриценко Е. М., Клименок С. Н. Программа для обеспечения автоматизированного создания учебно-методического комплекса дисциплины УМКД-maker : Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005611117.
3. Гриценко Е. М., Инюшева Н. В., Осавелюк П. А. Критерии оценки и степени защиты электронных учебников на основе стандарта IMS // Развитие системы образования в России XXI века: материалы международной научно-методической конференции. Красноярск: КГУ, 2003. С. 77 – 79.
4. Спецификация IMS «Метаданные учебных объектов. Информационная модель» (IMS Learning Resource Meta-Data Information Model Version 1.2.1 Final Specification) [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.imsglobal.org/metadata/imsmdv1p2p1/imsmd\\_infov1p2p1.html](http://www.imsglobal.org/metadata/imsmdv1p2p1/imsmd_infov1p2p1.html)
5. Царегородцев В. Г. Взгляд на архитектуру и требования к нейроимитатору для решения современных индустриальных задач // Научная сессия МИФИ-2004: сб. науч. тр. Ч. 2. М.: МИФИ, 2004. с. 160 – 167.

\* \* \*