

А.В. МАКАРОВ, К.В. МАКАРОВ

**Подходы к проектированию метода
числовой оценки степени
взаимозависимости учебных
элементов на основе модели
персептрона**

УДК 004.04:004.822

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г.Муром

В статье рассматривается вопрос автоматизации процедур определения ряда числовых параметров семантико-логических взаимосвязей учебных элементов. Выдвигается и обосновывается гипотеза о возможности количественного определения степени взаимозависимости смежных учебных элементов на основе анализа соответствующих им результатов обучения. Приводится описание и результаты выполнения соответствующего метода, построенного на базе модели персептрона.

Сегодня от выбора методов и моделей, применяемых для накопления и анализа результатов и содержания обучения в рамках информационно-образовательных систем, во многом зависит эффективность управления процессом познавательной деятельности учащегося. В этой связи возможность анализа накопленных данных о результатах обучения всех учащихся совместно с содержанием обучения позволяет получить информацию, выступающей основой для выполнения процедур оптимизации структуры учебного материала, адаптивного формирования контрольно-измерительного материала, построения и корректировки индивидуальной образовательной траектории и так далее.

В общем случае содержание, равно как и результаты обучения, есть некоторая связанная совокупность информационных учебных элементов, математически представляемые в виде взве-

шенного ориентированного графа, где информационные учебные элементы — вершины графа, а направленные взаимосвязи между ними — дуги. Одна из возможных реализаций рассматриваемого подхода представлена в работе [1] и отличается объединением моделей учебного материала (содержания обучения) и модели учащегося (результаты обучения), обеспечивая тем самым возможность целостных интегративных представления и обработки массива информационно-образовательной информации.

Структура содержания обучения образована семантико-логическими взаимосвязями, устанавливаемыми между учебными элементами. Согласно предлагаемой в работе [1] модели интегративного семантико-логического представления содержания и результатов обучения, каждая из устанавливаемых взаимосвязей учебных элементов взвешена списком пар «ключ-значение». В ходе практической реализации информационно-образовательной системы экспертами согласно информационной модели проводится проектирование инвариантных структурных и содержательных составляющих — определяются основополагающие, узловые учебные элементы, устанавливаются семантико-логические взаимосвязи между ними. После того как экспертами создана базовая структура содержания обучения, образованная направленными типизированными взаимосвязями между учебными элементами, им необходимо установить ряд числовых параметров семантико-логических взаимосвязей. Состав параметров является произвольным и варьируется в зависимости от поставленных педагогических целей — семантической тип взаимосвязи («необходим для изучения», «является частью», «состоит из» и т.д.), числовая оценка силы взаимосвязи и т.п. Очевидным является тот факт, что в ходе эксплуатации информационно-образовательной системы, особенно в ее начале, происходит постоянный рост количества учебных элементов и соответствующим им семантико-логических взаимосвязей.

С ростом сложности структуры взаимосвязей учебных элементов силами экспертов все затруднительнее становится решать задачи параметризации и проверки адекватности уже установленных параметров семантико-логических взаимосвязей. В этой связи становится актуальной задача автоматизации процедур определения

ряда числовых параметров семантико-логических взаимосвязей учебных элементов.

Основываясь на том, что содержание обучения образовано учебными элементами, между которыми устанавливаются семантико-логические взаимосвязи, возможным является предположить — результаты обучения отражают характеристики семантико-логических взаимосвязей соответствующих им учебных элементов. Далее закономерным является предположение о том, что, в общем смысле этого слова, корреляция между результатами обучения, соответствующих смежным учебным элементам, степени взаимозависимости рассматриваемы учебных элементов. В рамках настоящей статьи уточним понятие взаимозависимости учебных элементов — под степенью взаимозависимости учебного элемента **A** от учебного элемента **B**, равно как **B** от **A**, понимается числовая оценка силы семантической связи **B** — («необходимо для изучения») → **A**. Исходя из этого, выдвигается следующая гипотеза — количественное определение степени взаимозависимости смежных учебных элементов возможно на основе анализа соответствующих им результатов обучения.

На основе выдвинутой гипотезы определим базовые подходы к решению поставленной в работе задачи. Очевидно, что для числовой оценки степени взаимозависимости учебных элементов, необходимо анализировать статистические результаты обучения. Существующие на сегодняшний день методы обработки массивов статистических данных можно разделить на две группы: непосредственно статистические методы и анализ данных с помощью нейросетевых технологий. Статистические методы обладают рядом особенностей затрудняющих их непосредственное использование их в рассматриваемой задаче. К ним следует отнести: необходимость подчинения закона распределения эмпирической случайно величины определенному закону распределения и недостаточную устойчивость к шумам в информационном массиве. В свою очередь анализ данных о результатах обучения при помощи нейронных сетей позволит миновать описанные выше недостатки.

Ядро предлагаемого метода числовой оценки степени взаимозависимости учебных элементов основано на том, что по завершению обучения персептрона является возможным проведения чис-

ленного анализа важности независимых переменных (входов персептрона). Рассмотрим на следующем примере предлагаемое использование описанной особенности обученного персептрона. На рисунке 1 изображен фрагмент модели интегративного семантического представления содержания и результатов обучения, где:

- **A** — узловой учебный элемент;
- **1, 2, 3** — смежные узлового учебные элементы;
- **a, b, c** — числовые значения силы направленной взаимосвязи учебных элементов (семантический тип взаимосвязи — «необходим для изучения»).

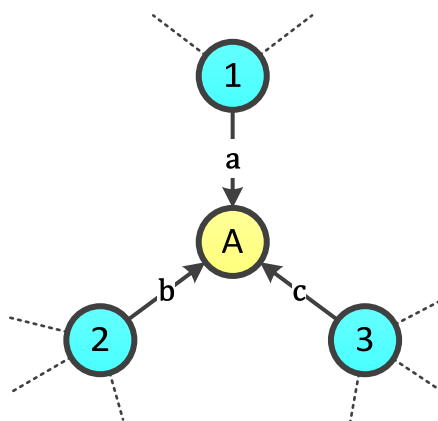


Рис. 1. Фрагмент модели представления содержания и результатов обучения

Результаты обучения соответствующим учебным элементам, в нашем примере мы возьмем простейший их вариант — нормализованные значения средних арифметических сумм баллов за решенные в ходе обучения контрольные задания, представляются в виде таблицы:

Таблица 1.

Результаты обучения соответствующим учебным элементам

Учащиеся	Ср. балл — УЭ 1	Ср. балл — УЭ 2	Ср. балл — УЭ 3	Ср. балл — УЭ A
...
<i>i-1</i>	0,63443	0,60082	0,64950	0,61803
<i>i</i>	0,87956	0,18444	0,31440	0,32119
<i>i+1</i>	0,41501	0,36454	0,11979	0,31092
...

Ключевым моментом в предлагаемом методе является настройка структуры персептрона и в соответствии с характеристиками анализируемых результатов обучения. Исходными данными для этого является количество смежных узлового учебных элементов N , степень взаимозависимости которых необходимо определить. Количество элементов входного слоя персептрона равно N , выходной слой содержит один элемент. Вариант структуры персептрона для рассматриваемого примера приведен на рисунке 2.

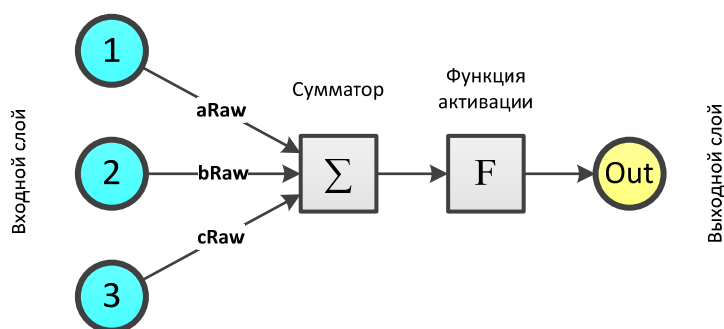


Рис. 2. Вариант структуры персептрона для одного узлового и трех смежных учебных элементов

Не останавливаясь подробно на разборе параметров обучения персептрона, выделим ключевые моменты, основополагающие для предлагаемого метода:

- функция активации — гиперболический тангенс;
- при обучении персептрона распределение величин, характеризующих степень изученности учебных элементов, имеет вид — на входной слой подаются значения соответствующие смежным учебным элементам, а на выходной слой — узлового учебному элементу;
- обучение персептрона производится по алгоритму обратного распространения ошибки [2, 3].

По окончании обучения будут получены значения весов синапсов $aRaw$, $bRaw$ и $cRaw$, в соответствии с рассматриваемым примером. Далее необходимо провести нормализацию всех полученных значений следующим образом:

$$a = \frac{aRaw}{aRaw + bRaw + cRaw}$$

$$b = \frac{bRaw}{aRaw + bRaw + cRaw}$$

$$c = \frac{cRaw}{aRaw + bRaw + cRaw}$$

Полученные значения a , b и c — есть искомая числовая оценка степени взаимозависимости выбранного узлового учебного элемента и смежных ему элементов. В нашем случае эти значения равны: $a = 0,153$, $b = 0,597$ и $c = 0,25$.

Итак, рассмотрев подробно ядро предлагаемого метода, сформулируем полную последовательность шагов составляющих настоящий метод:

1. Выбор узлового учебного элемента;
2. Определение на основе структурного анализа учебных элементов смежных выбранному узловому элементу;
3. Агрегирование данных о результатах обучения соответствующим узловому и смежных ему учебным элементам;
4. Формирование структуры персептрона в зависимости от структуры учебных элементов;
5. Обучение многослойного персептрона по алгоритму обратного распространения ошибки, где в качестве обучающей выборки выступают агрегированные данные о результатах обучения учащихся соответствующим учебным элементам;
5. Анализ и нормализация весов синапсов обученного персептрона.
6. Вывод результатов числовой оценки степени взаимозависимости учебных элементов.

Предлагаемый в работе метод позволяет автоматизировать решения задачи определения числовых параметров семантико-логических взаимосвязей учебных элементов, а именно количественно оценивать степень взаимозависимости учебных элементов. Результаты выполнения метода подтверждает выдвинутую гипотезу и возможности определения ряда параметров семантико-логических взаимосвязей учебных элементов на основе анализа результатов обучения. Построение метода на основе нейросетевых технологий позволило решать поставленную задачу в условиях неизвестных закономерностей распределения величин результатов обучения уча-

щихся, что является критичным для информационно-образовательных систем.

Литература

1. *Макаров А.В., Ан А.Ф.* Концептуальные основы проектирования информационно-образовательной среды непрерывного физического образования // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: www.science-education.ru/100-5211 (дата обращения: 06.02.2012).

2. *S.Rajasekaran, G.A. Vijayalaksmi Pai* Neural Network, Fuzzy Logic and Genetic Algorithms — Synthesis and Application. — 2005, Chapter 3, page 34-86.

3. *Asanovic, K., and N. Morgan* Experimental Determination of Precision Requirements for Back-Propagation Training of Artificial Neural Networks — 1991, International Computer Science Institute, Technical Report TR-91-036, Berkeley, CA.