

УДК 519.95

## МОДЕЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ЛИЧНОСТНЫХ КАЧЕСТВ СТУДЕНТОВ УНИВЕРСИТЕТА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С АДАПТИВНОЙ СТРУКТУРОЙ

© А.А. Арзамасцев, П.А. Азарова, Н.А. Зенкова

Arzamastsev A.A., Azarova P.A., Zenkova N.A. Model of professional and personal qualities of university students on the basis of artificial neural network with adaptive structure. The work presents the results of computer simulation of professional potential and personal qualities of students of the Tambov state university named after G.R. Derzhavin on the basis of the artificial neural network realizing the algorithm of structure modification during training which is developed by the authors.

В любой области человеческой деятельности существуют плохо формализуемые задачи, для решения которых достаточно сложно или невозможно разработать алгоритм. В этом случае необходима либо постоянная работа группы квалифицированных экспертов, либо адаптивные системы, каковыми, например, являются искусственные нейронные сети (ИНС).

Использование аппарата искусственных нейронных сетей дает стандартный способ решения многих задач. Возможности ИНС зависят от их структуры, т. е. от количества слоев и числа нейронов в каждом слое. Так, маленькая сеть с небольшим числом скрытых слоев и нейронов может быть неадекватной для конкретной задачи, а использование большой сети со слишком большим количеством слоев и нейронов в них может привести к плохой генерализации.

В настоящее время не существует общего формального способа создания сетевой структуры, подхо-

дящего для каждой рассматриваемой отдельно задачи, обычно она выбирается методом «проб и ошибок», который зачастую отнимает немало времени.

В настоящей работе рассматривается идея создания общего алгоритма подбора и модификации структуры искусственной нейронной сети, реализация данного алгоритма в среде программирования MATLAB, а также применение его к решению задачи о моделировании личностных и профессиональных качеств студентов Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Дер-жавина.

Суть алгоритма заключается в постепенном наращивании числа нейронов в каждом слое и числа скрытых слоев до тех пор, пока ошибка обучения сети не перестанет уменьшаться.

Блок-схема рассматриваемого алгоритма представлена на рис. 1.

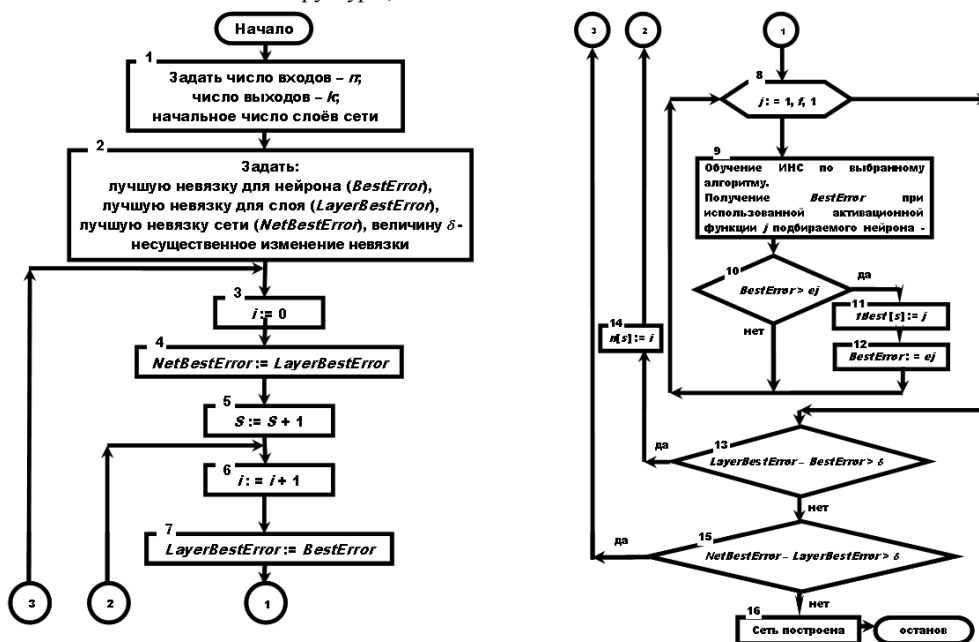


Рис. 1. Блок-схема конструктивного алгоритма подбора структуры искусственной нейронной сети

Поясним блоки данного алгоритма.

1. Алгоритм модификации структуры начинается с того, что рассматривается сеть с необходимым количеством входных и выходных нейронов. Число входов –  $n$  на блок-схеме, приведенной выше – определяется постановкой задачи и зависит от того, сколько факторов оказывают влияние на исследуемую систему, насколько значимо это влияние и какие из данных факторов известны пользователю. Число выходов ( $k$ ) также определяется, исходя из постановки задачи – это количество характеристик, поведение которых в зависимости от величин входных параметров исследуется пользователем.

В этой сети на первом этапе ее разработки не существует внутренних слоев ( $S = 0$ ).

2. Во втором блоке схемы задаются начальные условия: начальная лучшая невязка для нейрона (*BestError*) – заведомо большое число (чтобы сделать возможным дальнейшее построение сети); начальная лучшая невязка для слоя (*LayerBestError*) – заведомо большое число; начальная лучшая невязка для всей сети (*NetBestError*). В процессе конструирования сети данные невязки будут изменяться и достигать своего минимального значения.

Также пользователем задается величина  $\delta$  – несущественное изменение невязки. Таким образом, если разница между двумя невязками (полученной в настоящий момент времени и предыдущей) становится меньше величины  $\delta$ , то построение слоя (в случае несущественного изменения *BestError*) или построение всей сети (в случае несущественного изменения *LayerBestError*) будет прекращено.

3. Количество нейронов всякий раз в начале построения нового слоя обнуляется.

4. При переходе к построению нового слоя нейронов невязка сети получает то значение, которое получилось в конце построения предыдущего нейронного слоя.

5. При этом счетчик слоев в сети (значение  $S$ ) увеличивается на единицу.

6. При подборе нового нейрона в текущем слое счетчик нейронов в этом слое (значение  $i$ ) увеличивается на единицу.

7. При этом невязка данного слоя получает то значение, которое получилось в результате подбора предыдущего нейрона в слое.

8. Осуществляется поиск функции активации нейронов, при которой получается наименьшая ошибка обучения.

9. При каждой из перебираемых программой активационных функций происходит обучение сети по заранее выбранному алгоритму и находится значение лучшей текущей невязки ( $ej$ ).

10, 11 и 12. Если произошло уменьшение лучшей текущей невязки ( $ej$ ) по сравнению с лучшей невязкой для подбираемого в данный момент времени нейрона (*BestError*), то номер активационной функции, при которой произошло данное уменьшение ( $j$ ), записывается в массив *FBest* в строку с номером  $S$  (этот номер соответствует номеру слоя). Значение невязки  $ej$  записывается в переменную *BestError* – теперь это значение будет лучшим для следующего подбираемого нейрона.

13. Если произошло существенное уменьшение (на величину, большую, чем  $\delta$ ) величины лучшей невязки последнего нейрона (*BestError*) относительно лучшей невязки для последнего построенного слоя (*LayerBestError*), то можно добавить в текущий слой еще хотя бы один нейрон: происходит возвращение к блоку 6. Перед тем, как переходить к рассмотрению нового нейрона в текущем слое, происходит запись количества уже подобранных нейронов для рассматриваемого слоя (блок 14).

В противном случае (если существенного уменьшения невязки не произошло), добавление нового нейрона в текущий слой, вероятнее всего, не приведет к дальнейшему существенному уменьшению лучшей невязки: происходит переход к блоку 15.

15. Если произошло существенное уменьшение (на величину, большую, чем  $\delta$ ) величины лучшей невязки последнего построенного слоя (*LayerBestError*) относительно лучшей невязки сети (*NetBestError*), то можно добавить в сеть еще хотя бы один нейронный слой: перейти к пункту 3.

В противном случае (если существенного уменьшения невязки не произошло), то добавление нового слоя в сеть, скорее всего, не приведет к дальнейшему уменьшению лучшей невязки сети: перейти к пункту 16.

16. Как только изменение общей невязки сети станет незначительным (т. е. меньше заданной величины  $\delta$ ), процесс модификации искусственной нейронной сети можно считать завершенным.

Рассмотренный выше общий алгоритм модификации структуры искусственной нейронной сети для рассматриваемой задачи был реализован в среде программирования MATLAB 6.

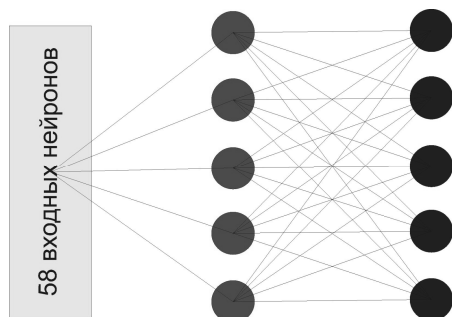
В качестве данных для обучения ИНС были использованы результаты анкетирования, собранные в научном проекте «Социальный портрет студента регионального университета (на примере Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина)», проведенного в 2004–2005 гг. работниками кафедры компьютерного и математического моделирования ИМФИ ТГУ им. Г.Р. Державина [1].

Всего в социологическом исследовании приняли участие 1349 студентов преимущественно 4–5 курсов всех институтов и академий Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, в т. ч.: 116 студентов из института математики, физики и информатики, 117 студентов из института естественных наук, 132 студента из института социальной работы, 85 студентов из института социологии и культурологии, 154 студента из института психологии и педагогики, 102 студента из академии искусств, сервиса и рекламы, 78 студентов из института истории и политологии, 126 студентов из института права, 123 студента из института филологии, 141 студент из института физической культуры и спорта, 40 студентов с факультета журналистики и 122 студента из академии экономики и управления.

Основная доля респондентов находилась в возрастном диапазоне от 18 лет до 21 года (и более), в т. ч. 18 лет – 4,4 %; 19 лет – 29,6 %; 20 лет – 34,9 %; 21 год – 22,3 %; более 21 года – 8,4 %. Кроме того, 0,1 % опрошенных имели возраст 17 лет.

Поскольку целью исследования было выявление личностных качеств и профессиональных предпочте-

ний старшекурсников, студенты младших курсов были практически исключены из рассмотрения, а анкетире-



**Рис. 2.** Структура искусственной нейронной сети, подобранная в результате работы программы

мые студенты распределились по курсам следующим образом: 1-й курс – 0,1 %; 2-й курс – 2,0 %; 3-й курс – 39,2 %; 4-й курс – 39,2 %; 5-й курс – 20,5 %.

Среди опрошенных юноши составили 29 %, девушки – 71 %.

Структура ИНС, подобранная в результате выполнения программы, приведена на рис. 2.

Данная сеть состоит из одного входного, одного выходного и одного скрытого слоя нейронов. Входной слой состоит из 58 нейронов, выходной – из 5 нейронов. Скрытый слой содержит 5 нейронов с активаци-

онной функцией  $\text{tansig}(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$  (гиперболической тангенциальной функцией активации).

В качестве входных данных для нейронной сети использовались данные, полученные при выборе респондентами одного из вариантов ответов на вопросы анкеты.

Первоначально вся информация была представлена в бинарном виде (то есть, 1 обозначала, что анкетиреваемый выбрал (отметил в бланке) соответствующий вариант ответа, а 0 – что не выбрал). В дальнейшем эта информация была обработана и представлена в более удобном и компактном виде для составления матрицы обучения искусственной нейронной сети.

Матрица обучения представляла собой ответы респондентов на следующие вопросы.

#### 1. Статистическая информация.

1) Ваш возраст, лет (1-й вход ИНС):

а) менее 17; б) 17; в) 18; г) 19; д) 20; е) 21; ж) более 21.

Информация о возрасте респондента подавалась на вход сети в исходном виде и представляла собой целые числа: 16 (для варианта ответа а)), 17, 18, 19, 20, 21 соответственно для вариантов б), в), г), д), е) и 22 (для варианта ответа ж)).

2) На каком курсе Вы учитесь (2-й вход ИНС):

а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5.

Эти данные также не изменялись и подавались на вход сети целым числом в промежутке от 1 до 5.

3) Пол (3-й вход ИНС):

а) мужской; б) женский.

Мужскому полу было поставлено в соответствие число 0, женскому – 1.

4) Социальный статус родителей.

Отец (4-й вход ИНС):

- а) служащий;
- б) рабочий;
- в) деятель науки и образования;
- г) деятель культуры и искусства;
- д) военный, милиция, ФСБ, МЧС и т. д.;
- е) спортсмен, деятель спорта;
- ж) бизнесмен;
- з) пенсионер;
- и) безработный.

Мать (5-й вход ИНС):

- а) служащая;
- б) рабочая;
- в) деятель науки и образования;
- г) деятель культуры и искусства;
- д) военная, милиция, ФСБ, МЧС и т. д.;
- е) спортсмен, деятель спорта;
- ж) бизнесмен;
- з) безработная;
- и) пенсионерка;
- к) домохозяйка.

Варианты ответа на данный вопрос были пронумерованы числами от 1 до 9 (для выбора профессии отца) и от 1 до 10 (для выбора профессии матери) и в таком виде подавались на вход искусственной нейронной сети.

б) Материальное положение Вашей семьи (6-й вход ИНС):

- а) низкое; б) среднее; в) высокое.

Низкому материальному положению было поставлено в соответствие число 0, среднему – 1 и высокому – 2.

#### 2. Успеваемость.

7) Укажите все Ваши текущие оценки, полученные в последних двух семестрах по различным группам дисциплин (7–12-й входы ИНС):

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| По дисциплинам специальности         |  |
| По дисциплинам математического цикла |  |
| По информатике и компьютерным наукам |  |
| По общим и гуманитарным дисциплинам  |  |
| По иностранному языку                |  |
| По физической культуре               |  |

8) Оцените самостоятельно Ваши реальные знания по этим же предметам (13–18-й входы ИНС):

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| По дисциплинам специальности         |  |
| По дисциплинам математического цикла |  |
| По информатике и компьютерным наукам |  |
| По общим и гуманитарным дисциплинам  |  |
| По иностранному языку                |  |
| По физической культуре               |  |

Ответы на 7-й и 8-й вопросы анкеты не подвергались преобразованиям и были представлены в виде действительных чисел.

9) Вы принимаете участие в университетских, городских, областных и других конкурсах, олимпиадах, конференциях и т. д. по различным предметам? (19-й вход ИНС): а) никогда; б) редко; в) часто.

Варианту «никогда» было поставлено в соответствие число 0, «редко» – 1, «часто» – 2.

10) Вы повышаете свой образовательный и культурный уровень? (20-й вход ИНС):

- а) посещаю кружки, факультативы и семинары;
- б) читаю дополнительную литературу;
- в) посещаю дополнительные курсы;
- г) занимаюсь самостоятельно;
- д) занимаюсь с репетитором;
- е) не занимаюсь дополнительно.

Варианты ответа на 10-й вопрос нумеровались числами от 1 до 6 и в таком виде подавались на вход сети.

11) Участвуете ли Вы в студенческой научной работе? (21-й вход ИНС): а) да; б) нет.

Вариант «да» тождественен числу 1, «нет» – 0.

12) Увлекает ли Вас сам процесс умственного труда? (22-й вход ИНС):

- а) да; б) иногда; в) нет.

Ответ «да» соответствовал числу 2, «иногда» – 1, «нет» – 0.

### 3. Профессиональный потенциал.

13) Считаете ли Вы свою будущую профессию интересной в творческом плане? (23-й вход ИНС):

- а) да; б) нет.

Ответ «да» соответствовал числу 1, «нет» – 0.

14) Считаете ли Вы свою будущую профессию нужной людям? (24-й вход ИНС):

- а) да; б) нет.

Ответ «да» соответствовал числу 1, «нет» – 0.

15) Какую роль сыграл университет в формировании Вашего профессионального потенциала? (25-й вход ИНС):

а) университет мне мало дал в профессиональном плане;

б) основные знания я получил(а), но для работы по специальности предстоит еще приобрести необходимый опыт;

в) окончив университет, я буду полностью готов(а) к работе по выбранной специальности.

Варианты ответа на данный вопрос были пронумерованы целыми числами от 0 до 2 по мере увеличения роли образования в формировании профессионального потенциала анкетированного.

16) Какой фактор в первую очередь влияет на Ваш выбор профессии? (26-й вход ИНС):

- а) давняя мечта;
- б) «за компанию» с друзьями;
- в) возможность в полной мере реализовать свои способности;
- г) возможность хорошо зарабатывать и обеспечить себе и своей семье достойную жизнь;
- д) возможность уклониться от армии;
- е) желание родителей;
- ж) другое.

Варианты ответа на данный вопрос были пронумерованы числами от 1 до 7 и в таком виде подавались на вход искусственной нейронной сети.

17) Как Вы считаете, удастся ли Вам достичь желаемой цели в профессиональном плане? (27-й вход ИНС):

- а) конечно, удастся; б) возможно, удастся; в) скорее не удастся; г) мне вообще ничего не удастся.

Варианту а) ответа на данный вопрос поставлено в соответствие число 4, б) – 3, в) – 2, г) – 1.

18) Какие из перечисленных факторов имеют для Вас первостепенное значение при выборе работы? (28-й и 29-й входы ИНС):

- а) новизна обстановки;
- б) творческий характер работы;
- в) возможность общаться с людьми;
- г) возможность быть полезным людям;
- д) четко расписанный трудовой процесс;
- е) престиж выбранной Вами работы;
- ж) интерес к данной работе;
- з) условия оплаты труда в этой сфере;
- и) другое.

Варианты ответа были пронумерованы целыми числами в промежутке от 1 до 9 и в таком виде подавались на вход сети.

19) Какие личностные качества присущи Вам в первую очередь (можно выбрать до трех качеств)? (30, 31 и 32-й входы ИНС):

- а) дисциплинированность;
- б) общительность;
- в) организаторские способности;
- г) принципиальность;
- д) ответственность;
- е) самостоятельность;
- ж) предприимчивость;
- з) аккуратность;
- и) упрямство;
- к) милосердие;
- л) умение решать нестандартные проблемы;
- м) амбициозность;
- н) человеколюбие.

Поскольку при ответе на этот вопрос респондент мог выбрать до трех вариантов, то все варианты были пронумерованы целыми числами от 1 до 13, и на вход искусственной нейронной сети подавались тройки чисел. Если респондент выбирал менее трех вариантов, то отсутствующие элементы тройки замещались нулями.

20) Кто в наибольшей степени является для Вас авторитетом в профессиональном плане? (33-й вход ИНС):

- а) родители; б) друзья и знакомые; в) преподаватели; г) у меня нет такого примера.

Варианты ответа на данный вопрос были пронумерованы целыми числами от 3 до 0 по мере близости авторитета в профессиональном плане для тестируемого.

### 4. Общественная активность.

21) Интересует ли Вас общественная и политическая жизнь страны, региона, города, университета? (34-й вход ИНС):

- а) не интересует;
- б) интересует в малой степени;
- в) интересует в значительной степени.

22) Занимаетесь ли Вы какой-либо общественной деятельностью в университете? (35-й вход ИНС):

- а) не занимаюсь;
- б) занимаюсь редко;
- в) занимаюсь достаточно часто.

23) Занимаетесь ли Вы какой-либо общественной деятельностью вне университета? (36-й вход ИНС):

- а) не занимаюсь;
- б) занимаюсь редко;
- в) занимаюсь достаточно часто.

При ответе на 21-й, 22-й и 23-й вопросы варианту ответа а) было поставлено в соответствие число 0, б) – 1, в) – 2.

24) Предполагаете ли Вы заниматься общественной деятельностью в дальнейшем? (37-й вход ИНС):

а) да; б) нет; в) не знаю.

Варианту ответа а) было поставлено в соответствие число 2, б) – 0, в) – 1.

25) Можете ли Вы свободно общаться с людьми, имеющими более высокий социальный или профессиональный статус (например, с преподавателями, более опытными коллегами, начальниками)? (38-й вход ИНС):

а) испытываю существенные затруднения;

б) испытываю некоторые затруднения;

в) общаюсь свободно;

г) не желаю общаться совсем.

Варианту ответа а) было поставлено в соответствие число 1, б) – 2, в) – 3, г) – 0.

### 5. Творчество.

26) В ситуации, в которой необходимо принять решение, какое решение Вы предпочтете? (39-й вход ИНС):

а) проверенное традиционное;

б) новое и нестандартное;

в) в зависимости от ситуации.

Варианты ответа были пронумерованы целыми числами от 1 до 3 и в таком виде подавались на вход искусственной нейронной сети.

27) Имеете ли Вы склонность к различным видам искусств (изобразительное искусство, музыка, поэзия и т. д.)? (40-й вход ИНС):

а) имею; б) возможно, имею; в) не имею.

28) Часто ли Вас посещают интересные идеи? (41-й вход ИНС):

а) часто; б) иногда; в) никогда.

29) Любите ли Вы мечтать? (42-й вход ИНС):

а) да; б) иногда; в) нет.

При ответе на 27-й, 28-й и 29-й вопросы варианту а) ставилось в соответствие число 2, б) – 1, в) – 0.

### 6. Досуг.

30) Как Вы предпочтете провести свое свободное время? (43-й вход ИНС):

а) пойду в туристический поход, на природу, отправлюсь в путешествие;

б) схожу на дискотеку, в кафе, на концерт, в кино и т. д.;

в) пойду на спортивную секцию, стадион, кружок и т. д.;

г) проведу время дома, с книгой, компьютером, у телевизора;

д) вдвоем с любимым человеком;

е) посвящу время хобби.

При рассмотрении этого вопроса анкеты все варианты ответа на него нумеровались целыми числами от 1 до 6.

31) В какой обстановке Вы чувствуете себя наиболее комфортно? (44-й вход ИНС):

а) ни в какой;

б) в компании друзей;

в) вдвоем с любимым человеком;

г) в одиночестве;

д) в любой.

Все варианты ответа на данный вопрос нумеровались целыми числами от 1 до 5 и в таком виде подавались на входы сети при обучении.

### 7. Здоровье.

32) Ваше отношение

к курению (45-й вход ИНС): а) да; б) нет;

к спиртному (46-й вход ИНС): а) да; б) нет;

наркотикам (47-й вход ИНС): а) да; б) нет.

Варианту «да» было поставлено в соответствие число 1, «нет» – 0.

33) Есть ли у Вас эти вредные привычки?

курю (48-й вход ИНС):

а) да; б) нет; в) иногда.

употребляю алкоголь (49-й вход ИНС):

а) да; б) нет; в) иногда.

употребляю наркотики (50-й вход ИНС):

а) да; б) нет; в) иногда.

Здесь вариант ответа «да» соответствовал 1, «нет» – 0, «иногда» – 1.

34) Занимаетесь ли вы спортом? (51-й вход ИНС):

а) да; б) скорее да, чем нет; в) скорее нет, чем да; г) нет.

35) Считаете ли Вы себя полностью здоровым человеком? (52-й вход ИНС):

а) да; б) скорее да, чем нет; в) скорее нет, чем да; г) нет.

В вопросах 34 и 35 варианту а) ставилось в соответствие число 3, б) – 2, в) – 1, г) – 0.

### 8. Семья.

36) Вы женаты (замужем)? (53-й вход ИНС):

а) да; б) нет.

37) Есть ли у Вас дети? (54-й вход ИНС):

а) да; б) нет.

В вопросах 36 и 37 «да» – 1, «нет» – 0.

38) Если «Да», то сколько у Вас детей? (55-й вход ИНС):

а) 1; б) 2; в) больше 2.

На вход сети подавалось число 1, 2 или 3 в зависимости от ответа анкетированного.

39) Какой возраст Вы считаете наиболее подходящим для рождения ребенка? (56-й вход ИНС):

а) менее 17 лет; б) 17–19 лет; в) 20–22 года; г) 23–25 лет; д) более 25 лет.

Все 5 временных периодов получили свой номер (от 1 до 5) – именно он и использовался в качестве входной информации для искусственной нейронной сети.

40) Находите ли Вы взаимопонимание в своей семье? (57-й вход ИНС):

а) да; б) не всегда; в) никогда.

41) Участвуете ли Вы в различных семейных делах (помощь по дому, ремонт, работа на огороде и т. д.)? (58-й вход ИНС):

а) да; б) не всегда; в) никогда.

При рассмотрении 40-го и 41-го вопросов ответу «да» ставилось в соответствие число 2, «не всегда» – 1, «никогда» – 0.

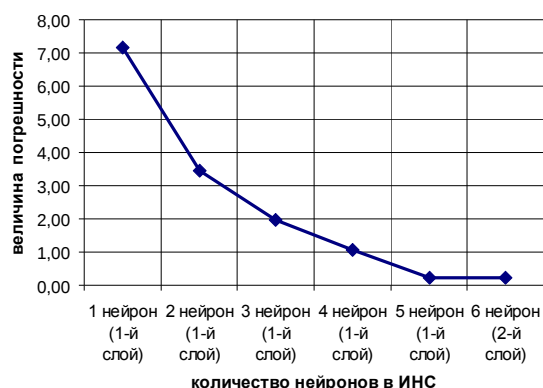


Рис. 3. Изменение среднеквадратичной погрешности в процессе подбора архитектуры искусственной нейронной сети.

Таблица 1

Коэффициенты синаптических связей входного и скрытого слоев ИНС

| Нейроны входного слоя | Нейроны скрытого слоя |         |         |         |         |
|-----------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|
|                       | 1                     | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 1                     | -0,8587               | -0,6282 | 0,3726  | -0,2093 | 0,3989  |
| 2                     | -0,2737               | -0,2148 | -0,1361 | 0,7271  | 0,3367  |
| 3                     | 0,2361                | -0,9144 | 0,9909  | 0,2293  | -0,8814 |
| 4                     | 0,0168                | 0,4970  | -0,0203 | 0,1966  | 0,7821  |
| 5                     | 0,6936                | 0,5940  | 0,6130  | 0,1707  | -0,6146 |
| 6                     | -0,7170               | -0,0560 | 0,1015  | -0,3527 | 0,4844  |
| 7                     | 0,4427                | -0,4542 | -0,0699 | -0,5698 | 0,2056  |
| 8                     | -0,2185               | -0,7839 | -0,7156 | -0,4820 | 0,0755  |
| 9                     | 0,4704                | 0,9155  | 0,0852  | 0,5439  | 0,1987  |
| 10                    | -0,7419               | 0,3669  | 0,0883  | 0,3449  | 0,0625  |
| 11                    | -0,2548               | 0,7077  | 0,0922  | -0,4098 | -0,6054 |
| 12                    | 0,8390                | -0,8485 | 0,3219  | -0,7182 | -0,3169 |
| 13                    | -0,4581               | 0,3181  | -0,9094 | 0,8559  | -0,4206 |
| 14                    | -0,9079               | 0,9026  | 0,7412  | -0,4087 | 0,2290  |
| 15                    | -0,4021               | 0,6130  | -0,7333 | 0,9419  | -0,2083 |
| 16                    | 0,4092                | -0,7722 | 0,1071  | 0,9444  | -0,8081 |
| 17                    | -0,9347               | 0,8018  | 0,0191  | 0,8126  | 0,2386  |
| 18                    | 0,4170                | 0,3249  | -0,2487 | 0,8235  | 0,3753  |
| 19                    | -0,3568               | 0,8216  | -0,9744 | -0,8540 | -0,8090 |
| 20                    | -0,5333               | 0,0796  | -0,3220 | -0,3666 | -0,3363 |
| 21                    | 0,1031                | -0,3698 | 0,5903  | -0,4512 | -0,2447 |
| 22                    | -0,6956               | -0,7628 | -0,6855 | -0,8473 | 0,8452  |
| 23                    | 0,2751                | 0,7904  | 0,6775  | -0,4312 | -0,9224 |
| 24                    | 0,2443                | 0,3821  | 0,6702  | -0,2704 | -0,5040 |
| 25                    | -0,9782               | 0,7406  | -0,0964 | -0,9578 | 0,1161  |
| 26                    | -0,7847               | 0,2254  | -0,5889 | -0,0517 | -0,4127 |
| 27                    | -0,8426               | 0,0447  | 1,0062  | -0,3986 | 0,0294  |
| 28                    | 0,2955                | 0,6827  | -0,2334 | 0,8822  | -0,1084 |
| 29                    | -0,7899               | -0,0506 | -0,5191 | -0,8825 | -0,8945 |
| 30                    | 0,9236                | -0,6793 | 0,2755  | -0,2964 | 0,1631  |
| 31                    | 0,5366                | 0,8200  | -0,9911 | 0,4757  | -0,8688 |
| 32                    | 0,5103                | 0,9843  | 0,3870  | -0,1119 | -0,7942 |
| 33                    | -0,9885               | 0,7023  | -0,9668 | 0,3092  | 0,4715  |
| 34                    | 0,8858                | 0,9668  | -0,2731 | -0,1727 | 0,3691  |
| 35                    | -0,2321               | -0,7587 | -0,8499 | 0,6025  | -0,8463 |
| 36                    | -0,0147               | 0,0514  | 0,5039  | 0,7944  | -0,4067 |
| 37                    | 0,0855                | 0,6847  | 0,3820  | -0,4551 | -0,6187 |
| 38                    | -0,1257               | -1,0111 | -0,1778 | 0,5073  | 0,0593  |
| 39                    | -0,5869               | 0,3616  | -0,0783 | 0,6224  | -0,4822 |
| 40                    | 0,5226                | 0,6045  | -1,0009 | 0,1828  | -0,1277 |
| 41                    | -0,3597               | 0,0843  | 0,9151  | -0,2216 | 0,8719  |
| 42                    | 0,5579                | 0,1932  | -0,9425 | 0,8896  | -0,1364 |
| 43                    | 0,5272                | -0,8502 | -0,9698 | 0,1302  | -0,1794 |

|    |         |         |         |         |         |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| 44 | -0,1512 | 0,5245  | 0,4865  | 0,1456  | 0,6786  |
| 45 | -0,9531 | -0,6156 | 0,9292  | 0,5506  | -0,8847 |
| 46 | 0,1864  | -0,8306 | -0,6066 | -0,4959 | -0,8801 |
| 47 | 0,8322  | -0,4970 | -0,9054 | -0,0797 | 0,5469  |
| 48 | 0,0710  | 0,9262  | -0,9043 | 0,8524  | -0,5078 |
| 49 | 0,2103  | 0,4119  | -0,9082 | -0,7021 | -0,6650 |
| 50 | 0,2189  | 0,0843  | 0,6035  | 0,0480  | -0,3585 |
| 51 | -0,4347 | -0,7745 | -0,7162 | 0,6407  | 0,3441  |
| 52 | 0,1079  | -0,6348 | -0,7484 | 0,3658  | 0,0482  |
| 53 | -0,6194 | 0,3324  | 0,5663  | -0,3394 | -0,6371 |
| 54 | 0,7369  | 0,8323  | 0,5777  | -0,2554 | -0,9250 |
| 55 | 0,6741  | -0,4162 | 0,7352  | 0,4487  | -0,4705 |
| 56 | 0,2004  | 0,7204  | -0,5649 | 0,4421  | 0,1655  |
| 57 | 0,2454  | -0,8840 | 0,5113  | -0,7776 | 0,9584  |
| 58 | -0,9001 | 0,7516  | 0,8259  | -0,7560 | -0,1741 |

Таблица 2

Коэффициенты синаптических связей скрытого и выходного слоев ИНС

| Нейроны скрытого слоя | Нейроны выходного слоя |        |        |        |        |
|-----------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                       | 1                      | 2      | 3      | 4      | 5      |
| 1                     | 0,9236                 | -0,679 | 0,2755 | -0,296 | 0,1631 |
| 2                     | 0,1031                 | -0,37  | 0,5903 | 0,613  | -0,208 |
| 3                     | -0,219                 | -0,784 | -0,716 | -0,482 | 0,0755 |
| 4                     | -0,322                 | -0,367 | -0,336 | 0,8235 | 0,3753 |
| 5                     | 0,9472                 | 0,2143 | 0,0065 | 0,2293 | 0,931  |

В качестве выходных данных для нейронной сети были взяты ответы анкетированных на следующие 5 вопросов:

1. Знаете ли Вы, где будете работать после окончания вуза? (1-й выход ИНС):

а) да; б) нет.

Варианту «да» было поставлено в соответствие число 1, «нет» – 0,

2. Считаете ли Вы себя хорошим специалистом в этой профессии? (2-й выход ИНС):

а) да; б) нет; в) не знаю.

Варианту ответа а) было поставлено в соответствие число 2, б) – 0, в) – 1.

3. Будущая профессия может обеспечить достойную жизнь для Вас и Вашей семьи? (3-й выход ИНС):

а) да; б) нет.

Варианту «да» было поставлено в соответствие число 1, «нет» – 0.

4. Собираетесь ли Вы продолжать образование в аспирантуре или по второй специальности после окончания вуза? (4-й выход ИНС):

а) не собираюсь; б) собираюсь в аспирантуре; в) собираюсь по второй специальности.

Варианту ответа а) было поставлено в соответствие число 0, б) – 1, в) – 2.

5. Каковы Ваши мотивы продолжения образования (Вопрос только для тех, кто собирается продолжать образование после окончания университета)? (5-й выход ИНС):

а) желание уклониться от армии;  
б) желание продолжить обучение, а не работать;  
в) выбор первой специальности неудачен;

г) от этого зависит возможность получения желаемой работы, должности, степени;

д) желание расширить сферу моей профессиональной пригодности;

е) желание повысить квалификацию и углубить свои знания;

ж) другое.

В этом вопросе все мотивы получили целочисленные номера от 1 до 7 и в таком виде использовались в качестве данных для обучения ИНС. Также следует отметить, что мотивы продолжения обучения проранжированы в порядке возрастания относительно увеличения уровня амбиций респондента.

Все данные, охарактеризованные выше, составили обучающую матрицу для искусственной нейронной сети.

В процессе подбора структуры и обучения сети среднеквадратичная погрешность, выбранная как показатель успешности обучения, изменялась так, как показано на рис. 3.

Таким образом, в итоге среднеквадратичная ошибка обучения составила  $0,2313 \approx 0,2$ . Такая погрешность вполне адекватно описывает все пять выходных параметров данной задачи.

Коэффициенты синаптических связей построенной ИНС приведены в табл. 1, 2.

Таким образом, в настоящей работе разработан общий алгоритм модификации структуры искусственной нейронной сети во время обучения, реализованный в среде программирования MATLAB. Успешность данной реализации была подтверждена применением рассмотренной программной реализации алгоритма к решению задачи о моделировании личностных и профессиональных качеств студента регионального университета.

Данная разработка может быть использована не только при компьютерной обработке результатов психологических тестов и социологических опросов, но также при решении многих других задач, которые трудно формализовать традиционными приемами и методами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арзамасцев А.А., Гостилов Т.А. Социальный портрет студента регионального университета (на примере Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина). М.: Институт содержания и методов обучения РАО, 2005. 65 с.

Поступила в редакцию 5 сентября 2007 г.