УДК 004.032.26

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Хасанов Рустем Ильдарович,
аспирант кафедры вычислительной математики и кибернетики,
e-mail: khasanov.rustem.mo@gmail.com,
ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет,
http://ugatu.ac.ru/

Дяминова Элина Ильдаровна,
канд. техн. наук,
доц. каф. экономической информатики,
e-mail: xasel@mail.ru,
ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет,
http://ugatu.ac.ru/

В статье рассматриваются особенности сбора и анализа данных нейрометрии учащихся для поддержки принятия решения об их профориентации. Приведена математическая модель, алгоритм решения задачи с использованием нейронных сетей, описание программного обеспечения, а также результаты вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: нейрометрия, нейроинтерфейс, мозговые волны, профориентация, нейронные сети

DOI 10.21777/2500-2112-2017-4-76-83

Введение

На сегодняшний день преобразования школьной системы образования России и совершенствование технологий и техник имеют разный темп. Реформирование российской школьной системы образования идет в условиях достаточности нормативной правовой базы и использования устаревших инструментов ее реализации.

Наиболее заметной становится проблема профориентации, ведь согласно п. 2. пп. 1.4 «ФГОС ДО» [1] образование ребенка дошкольного возраста должно производиться исходя из индивидуальных особенностей самого ребенка. Не меньше опасений вызывает закон о платном образовании, согласно которому будет составлен перечень профильных платных предметов. В таких условиях, ошибка при выборе профильных предметов скажется не только на успеваемости ребенка и его будущем, но и на финансовом положении семьи. Для функционирования данного закона, на сегодняшний день в России недостаточно развита техническая база. Все методы выявления склонности ребенка основаны на проведении стандартных тестов. Такие методы определения склонностей ребенка не учитывают состояние их мыслительной деятельности на момент решения тестовых задач, что может сказаться на достоверности результатов определения наклонности.

Внедрение современных технологий для оценки и контроля состояния учащегося во время выполнения учебных заданий способно решить данную проблему. Нейрометрия – одна из таких технологий, позволяющая делать выводы о склонности и активности человека. В данном случае, основными параметрами являются данные о типе и силе мозговых волн человека в момент совершения им различных действий.

Учеными давно доказано существование мозговых волн, представляющих собой излучаемые мозгом электромагнитные волны малой интенсивности. Данные волны разделили по частотам на небольшие отрезки, каждый из которых отвечает за определенное состояние человека [2]. Рассмотрим пятерку значений alpha, beta, delta, gamma, tetha, что представляет собой значения мозговых волн в каждый конкретный период времени.

Данные нейрометрии – показатели мыслительной активности человека, выраженные в форме описанных выше ритмов. Они могут быть получены с помощью специального устройства – *нейроинтерфейса.*

Аппаратные средства получения информации об активности мозга

Нейроинтерфейс – это система, созданная для обмена информацией между мозгом и электронным устройством (например, компьютером). В однонаправленных интерфейсах внешние устройства могут либо принимать сигналы от мозга, либо посылать ему сигналы (например, имитируя сетчатку глаза при восстановлении зрения электронным имплантатом). Двунаправленные интерфейсы позволяют мозгу и внешним устройствам обмениваться информацией в обоих направлениях. В основе нейрокомпьютерного интерфейса, часто используется метод биологической обратной связи.

Наиболее доступными устройствами для исследователей являются нейроинтерфейсы без обратной связи, такие как: Mindball от компании Interactive Productline, MindSet от компании NeuroSky, Neural Impulse Actuator от компании OCZ Technology, Emotiv EPOC от компании Emotiv Systems, BrainLink с чипом NeuroSky [4]. В низкой/средней ценовой категории лидером является устройство Brainlink, его плюсами является совместимость со всеми программными продуктами для устройств NeuroSky и повышенная точность за счет использования трех электродов. Для исследования нами были приобретены два прибора BrainLink.

Целью работы является решение проблемы адаптации детей к школьной программе путем выявления их склонностей и особенностей с помощью современных технических и программных средств.

Для получения необходимой информации предполагается снимать показатели мозговой активности у ребенка в момент решения им каких-либо задач. Далее, исходя из результатов решения задачи и показателей мозговой активности, сделать выводы о способностях ребенка.

Данный метод уже активно практикуется компанией «Вербатория» [5]. На данный момент главный центр Вербатории расположен в Москве и имеются филиалы в Оренбурге и Астане. Таким образом, основным недостатком для конечного пользователя здесь является территориальная привязанность. Помимо этого индивидуальное обследование ребенка является платной услугой со стоимостью от 7 тысячи рублей.

В рамках данной работы мы предполагаем создать легкий в применении и общедоступный для средних образовательных учреждений продукт.

Процедура оценки склонностей ребенка

Данные о мозговой деятельности, представленные в виде сырых показателей волн, собранных за определенный промежуток времени в момент решения ребенком какой-либо из задач, приводятся к общему виду, удобному для дальнейшей обработки интеллектуальными алгоритмами. Далее обработанные данные анализируются интеллектуальным алгоритмом, обученным на имеющихся статистических данных. На выходе мы получаем предварительную оценку, насколько типична мозговая активность ребенка для данного типа деятельности. На последнем этапе результат оценки мозговой деятельности сопоставляется с оценкой эксперта по результатам решенного задания и выносится окончательная оценка по данному типу деятельности. Процедура является итеративной по отношению к количеству типов заданий, выдаваемых ребенку, т.е. процесс повторяется каждый раз, когда ребенок решает новую задачу.

Математическая постановка задачи

Рассмотрим набор задач $x_1, x_2, \dots x_m$, каждая из которых описывает некоторую область приложения знаний: математическая задача, задача на логику, творческая задача, проверка наблюдательности, способности выразить мысли и т.д.

Дано: $X = \{x_1, \dots, x_m\}$ – множество векторов вида $\{\alpha, \beta, \gamma, \delta, \theta\}$, где $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \theta$ – уровни активности соответствующих ритмов головного мозга, m – количество данных, собранных за время проведения эксперимента; a – тип задания, решаемого в момент сбора данных.

Найти: Y – оценка уровня склонности испытуемого к данному типу заданий. Принимает значения в промежутке [1,10].

Обработка результатов наблюдений с помощью нейронной сети

На выходе нейроинтерфейс выдает колоссальный объем информации – данные снимаются устройством каждую секунду. Если подавать их на вход алгоритму обучения, то необходимо ровно

столько входов, сколько секунд длился процесс получения этих данных с устройства. Следовательно, перед тем как начать обучать алгоритм, данные следует привести к некоторому общему виду и масштабу. Для этих целей было решено использовать коэффициенты некоторой приближающей функции, описывающей характер поведения данных во времени. В качестве такой функции был выбран полином:

$$P_n(x) = \sum_{i=0}^{n} a_i x^i,$$

где a_i – искомые коэффициенты, которые и будут подаваться на вход интеллектуального алгоритма. Для определения коэффициентов был использован метод точечной аппроксимации.

Решение задачи определения склонностей ребенка по данных его мозговой активности практически невозможно при помощи простых строго-заданных алгоритмов из-за непредсказуемого характера поведения мозговых волн. Поведение ритмов головного мозга у каждого человека строго индивидуально, однако, несмотря на это, существует ряд общих признаков, говорящих о характере деятельности человека в данный момент времени. Выраженность тех или иных ритмов, при решении одной и той же задачи, у разных людей разная. Опираясь на эту разность, при помощи интеллектуальных алгоритмов можно научиться определять склонность человека к какому-либо роду деятельности.

Для обработки результатов использовались искусственные нейронные сети – это математическая модель, программное или аппаратное воплощение, построенное по принципу работы естественных биологических нейронных сетей нервных клеток человеческого мозга. Область их использования очень широка, в частности, из-за гибкости в построении нейронных сетей и их обучаемости [3].

В рамках данной работы была построена нейронная сеть на основе архитектуры сети с локальными связями. Структура полученной сети представлена на рисунке 1.

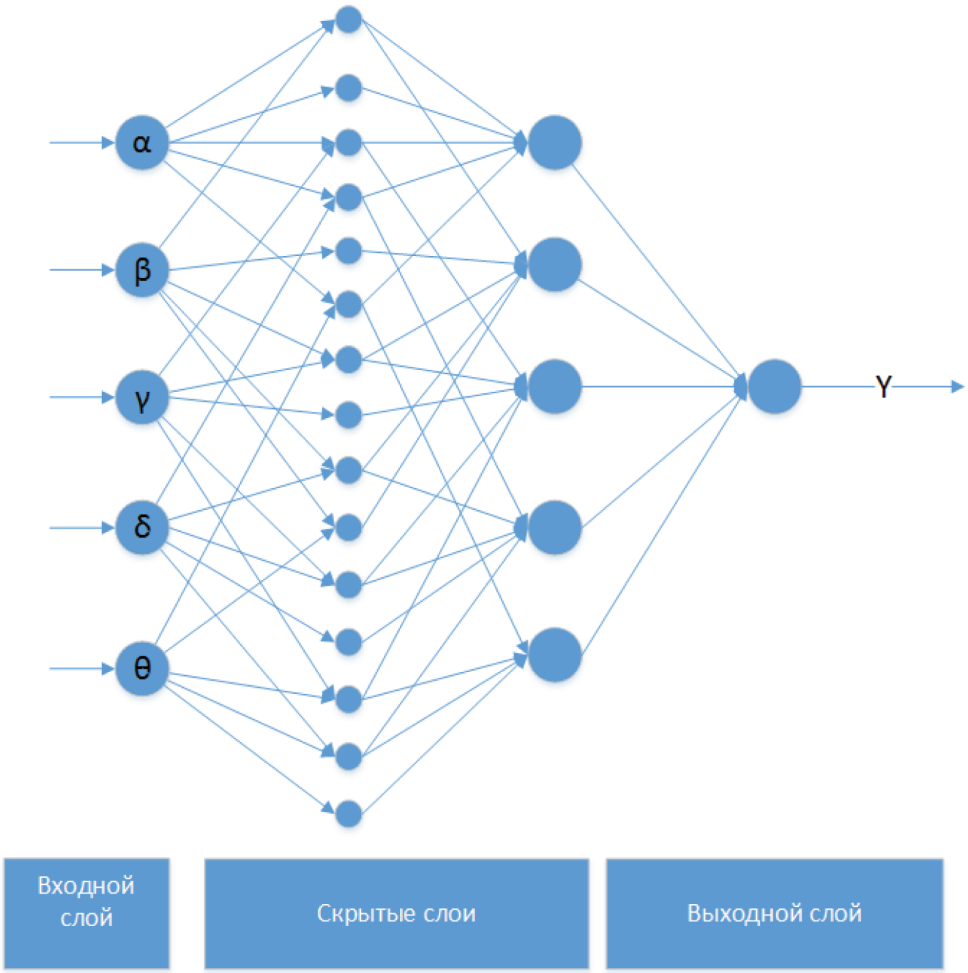

Рисунок 1 – Структура нейронной сети

Нейроны входного слоя принимают информацию по каждой волне. Каждый нейрон первого скрытого слоя отражает взаимосвязь волн друг с другом. Нейроны второго скрытого слоя отражают степень влияние для каждой волны на результат. Выходной слой имеет один нейрон, принимающий значение в диапазоне [0,1], отражающий степень склонности к решению данного типа задач.

Исходя из наличия экспертной оценки, в качестве алгоритма обучения нейронной сети был выбран алгоритм обучения с учителем – метод обратного распространения ошибки.

Укрупненные алгоритмы

Укрупненный алгоритм обучения системы:

1 Получить обучающие выборки (данные мозговой активности, собранные во время решения задачи, тип задачи и оценка эксперта) с сервера.

2 На основе данных мозговой активности рассчитать коэффициенты аппроксимирующей функции методом наименьших квадратов.

3 Используя оценки эксперта и полученные коэффициенты, обучить нейронную сеть.

Укрупненный алгоритм выявления склонностей:

1 Получить данные мозговой активности в момент решения объектом исследования одной из задач.

2 На основе данных мозговой активности рассчитать коэффициенты аппроксимирующей функции методом наименьших квадратов.

3 Используя обученную нейронную сеть и коэффициенты, полученные на шаге 2, рассчитать оценку склонности объекта к данному типу задач.

Детализированные алгоритмы

Детализированный алгоритм обучения системы:

1 Получение обучающей выборки:

1.1 Получить тип задачи (taskType).

1.2 Получить данные мозговой активности (Alpha[], Beta[], Gamma[], Theta[], Delta[]) за период времени решения задачи.

1.3 Получить экспертную оценку (expertMark).

2 Расчет коэффициентов методом наименьших квадратов:

2.1 Для каждой волны Alpha, Beta, Gamma, Theta, Delta найти коэффициенты уравнения $f(x) = a_0 + a_1x_i + a_2x^2_i + ... + a_nx^n_i$ исходя из условия:

$$\sum_{i}^{n}(y_i - f(x_i))^2 > 0,001,$$

где x_i – i-е значения времени;

y_i – значение волны в момент времени x_i;

$a_0,...,a_6$ – искомые коэффициенты;

$n = 6$ – степень полинома.

3 Обучение нейронной сети:

3.1 Всем значениям w_{ij} присвоить случайные значения в промежутке [0, 0.25].

3.2 Подать на входы нейронной сети вектор $[a_{0,0},a_{0,1}, \ldots, a_{0,5}, a_{1,0},..., a_{4,0}, \ldots, a_{4,5}]$ где $a_{i,j}$ – j-й коэффициент i-й волны, произвести прямой проход по сети, получив на выходе $\hat{y}$ – расчетный уровень склонности.

3.3 Вычислить ошибку нейронной сети в виде разницы между фактическим и требуемым значениями нейронов выходного слоя $|expertMark - \hat{y}|$.

3.4 Последовательно модифицировать веса всех предыдущих слоев по формуле:

$$E(\{w_{ij}\}) = \frac{1}{2}\sum_{j}(t_j + f(\sum_{i} x_i w_{ij} + b_j))^2 ,$$

где w_{ij} – весовые коэффициенты сети;

t_j – желаемый выход для элемента j;

$f(\sum_{i} x_i w_{ij} + b_j)$ – фактический выход элемента j.

3.5 Вернуться к шагу 3.2.

Детализированный алгоритм выявления склонностей:

1 Получение данных:

1.1 Получить тип задачи (taskType).

1.2 Получить данные мозговой активности (Alpha[], Beta[], Gamma[], Theta[], Delta[]) за период времени решения задачи.

2 Расчет коэффициентов методом наименьших квадратов.

2.1 Для каждой волны Alpha, Beta, Gamma, Theta, Delta найти коэффициенты уравнения $f(x) = a_0 + a_1x_i + a_2x^2_i + ... + a_nx^n_i$ исходя из условия:

$$\sum_{i}^{n}(y_i - f(x_i))^2 > 0,001,$$

где x_i – i-е значения времени;

y_i – значение волны в момент времени x_i;

$a_0,...,a_6$ – искомые коэффициенты;

$n = 6$ – степень полинома.

3 Вычисление уровня склонности. Подать на вход нейронной сети коэффициенты, полученные на шаге 2, и произвести прямой проход. Значение y полученное на выходном нейроне – оценка склонности.

Программное обеспечение системы адаптации детей к учебной среде

Описанные алгоритмы были положены в основу программного обеспечения. Приложение позволяет автоматизировать процесс снятия и анализа данных нейрометрии ребенка в момент выполнения им определенных заданий.

Интерфейс пользователя (рисунок 2) имеет три основные вкладки: ввод информации о пользователе, тестирование, результат. На вкладке «Ввод информации» предлагается ввести информацию о тестируемом: ФИО, год рождения, пол и дополнительную информацию, либо выбрать, изменить или удалить уже существующего пользователя. На вкладке «Тестирование» происходит выбор задания для тестируемого. Описание задания и его параметры выводятся в специально выделенной области справа от списка заданий. Снизу после описания задания расположены кнопки для запуска таймера и начала замеров показателей мозговой активности, завершения задания и паузы. В нижней части окна расположен вывод показателей активности мозга виде графика функции по 5 волнам. На третьей вкладке пользователь системы может посмотреть оценку уровня склонности в процентах по каждой решенной тестируемым задаче.

Интерфейс администратора (рисунок 3) состоит из двух вкладок: «Ввод заданий» и «Обучение нейросети». На первой вкладке можно выбрать одно из заданий из списка, изменить его, удалить, либо создать новое задание. Во второй вкладке пользователь может переобучить нейронную сеть на основе собранных данных.

Вычислительный эксперимент

Для оценки результатов проведенных исследований были проведены эксперименты. Для оценки адекватности данных, получаемых в результате, были приглашены педагоги и учителя начальных классов. Совместно с педагогами был составлен перечень заданий для выявления четырех основных складов ума: гуманитарный, математический, практический и художественный.

Список заданий:

1 Нарисовать любимого персонажа – данное задание предназначено для определения склонности к художественному мышлению.

2 Задача на сложение и вычитание – решить пример, включающий в себя по две операции сложения и вычитания над целыми двухзначными числами. Определение склонности к математическому мышлению.

3 Лепка из пластилина – задание для выявления склонности к практическому типу мышления.

4 Прочитать и пересказать отрывок текста – задание предназначено для выявления склонности к гуманитарному типу мышления.

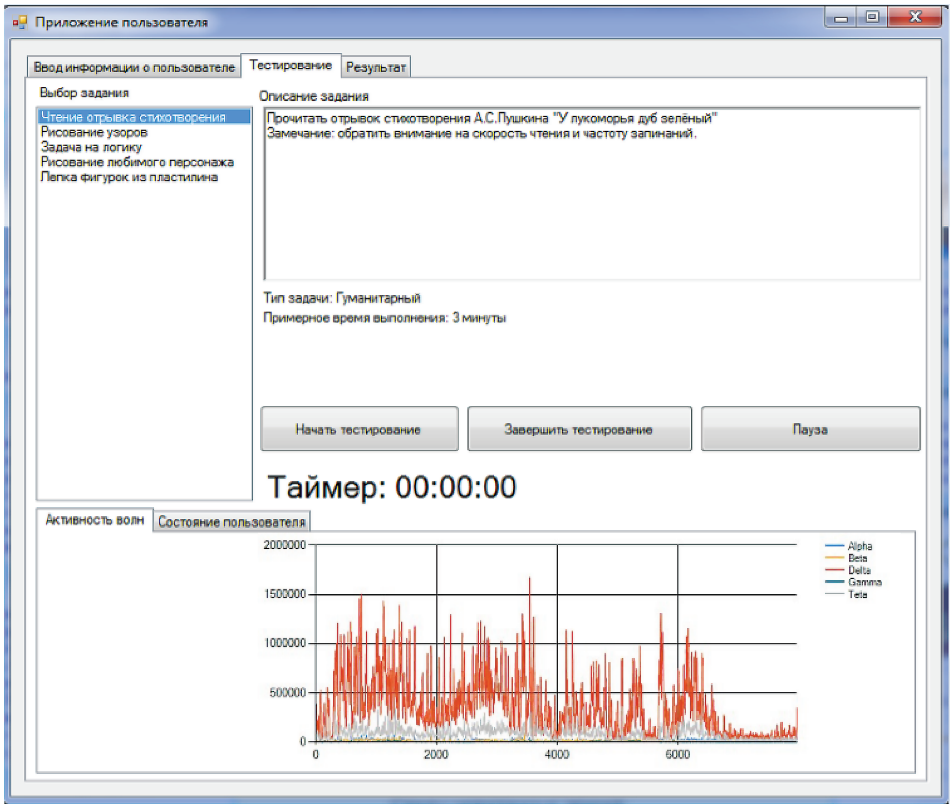

Рисунок 2 – Интерфейс пользователя

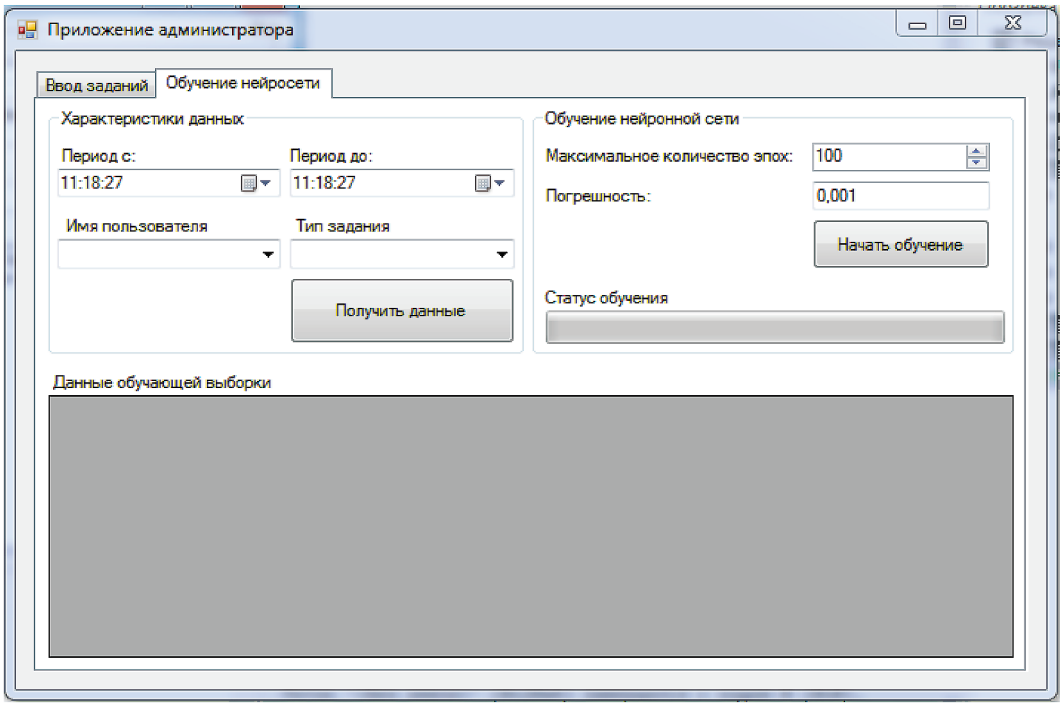

Рисунок 3 – Интерфейс администратора

В качестве испытуемых были приглашены пятеро учеников 1 и 3 классов. Оценку деятельности ребенка эксперт давал исходя из результата выполненного испытуемым задания, а также на основе непосредственного наблюдения за процессом выполнения его выполнения. Результаты, полученные ходе экспериментов, предоставлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты вычислительного эксперимента

Испытуемые	Номер задания	Оценка склонности к данному типу задачи	Оценка эксперта
1	1	0.6758 (~7)	6
	2	0.7251 (~7)	8
	3	0.4302 (~4)	6
	4	0.3501 (~4)	5
2	1	0.3429 (~3)	5
	2	0.7687 (~8)	8
	3	0.6739 (~7)	6
	4	0.4311 (~4)	7
3	1	0.5874 (~6)	8
	2	0.2644 (~3)	5
	3	0.6947 (~7)	7
	4	0.4221 (~4)	6
4	1	0.4275 (~4)	2
	2	0.7819 (~8)	5
	3	0.6997 (~7)	9
	4	0.3566 (~4)	6
5	1	0.1688 (~2)	7
	2	0.5884 (~6)	5
	3	0.7465 (~7)	7
	4	0.5646 (~6)	4

Из таблицы 1 видно, что в целом данные, полученные экспериментальным путем, коррелируют с оценками экспертов. Максимальной допустимой погрешностью в рамках данного исследования была выбрана разность между экспериментальной оценкой и оценкой эксперта не более трех баллов. Таким образом, из 20-ти полученных значений лишь 4 выходят за рамки погрешности, что в целом можно считать неплохим результатом. Для повышения качества определения оценки склонностей следует увеличить объем обучающих выборок, а также попробовать использовать иные, более сложные архитектуры нейронных сетей.

Данную методику оценки склонности детей и разработанное на ее основе программное приложение целесообразно использовать для поддержки принятия решения при выборе профильных предметов, дополнительных образовательных курсов, а также общего направления развития талантов ребенка.

Список литературы

1. *Ливанов Д.В.* Приказ «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта дошкольного образования». – 2013.

2. *Иванов Л.Б.* Прикладная компьютерная электроэнцефалография. – М.: Антидор, 2000.

3. *Еремин Д.М., Гарцеев И.Б.* Искусственные нейронные сети в интеллектуальных системах управления. – М.: МИРЭА, 2004.

4. *Статут В.* Нейроинтерфейсы потребительского класса. Особенности и области применения // Сайт компании ООО «Нейроматкс». – 2015. – 30 марта [Электронный ресурс]. URL: http://neuromatix.pro/2015/04/30/potreb-neuro/#03 (дата обращения: 23.10.2017).

5. Диагностика способностей Вербатория: сайт ООО «Вербатория». – 2014 [Электронный ресурс]. URL: http://verbatoria.ru/ (дата обращения: 23.10.2017).

DATA PROCESSING WITH NEURAL NETWORKS FOR DECISION SUPPORT IN EDUCATION

Khasanov R.I.,
post-graduate student, Department of Computational Mathematics and Cybernetics,
Ufa State Aviation Technical University,
e-mail: khasanov.rustem.mo@gmail.com,

Dyaminova E.I.,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Economic Informatics,
Ufa State Aviation Technical University,
e-mail: xasel@mail.ru

The article describes the features of collection and analysis of primary school pupils neurometry data for decision support in their career guidanec. A mathematical model, the algorithm based on neural networks, the description of the software and the results of the computational experiment are presented.
Keywords: neurometry, neurointerface, brain activity, vocational guidance, neural networks