

УДК 681.3

ТЕХНОЛОГИЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОБЗОР РАБОТ ПЕРМСКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ясницкий Л.Н., Богданов К.В., Черепанов Ф.М.

*Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет,
Пермь, e-mail: yasn@psu.ru*

Изложена технология и описан опыт применения метода нейросетевого математического моделирования в работах Пермской научной школы искусственного интеллекта. Отмечено, что Пермской научной школой делались попытки освоения пропагандируемых другими научными школами нейросетевых парадигм неклассического типа, однако до сих пор не нашлось практически значимых задач, для решения которых неклассические нейросети оказались бы более эффективны, чем перцептроны с сигмоидными активационными функциями. Отмечается положительный опыт и приводятся примеры применения таких нейросетевых математических моделей в промышленности, экономике, бизнесе, политологии, социологии, криминалистике, спорте, экологии, энергосбережении, педагогике, в исторической науке, медицине, туризме. Отмечается, что результаты нейросетевого математического моделирования имеют практическое и научное значение. Так, при решении задачи диагностики авиационных двигателей зафиксировано свойство, названное «интуицией нейронных сетей». В результате разработки нейросетевой системы диагностики заболеваний сердечнососудистой системы выявлены новые, неисследованные ранее медицинские знания и закономерности, которые рекомендуется учитывать практикующим врачам. Применение нейронных сетей в практике детекции лжи позволило повысить точность заключений полиграфа на 7–10 процентов. При разработке нейронной сети, предназначенной для определения склонности человека к научной и к предпринимательской деятельности, выявлено влияние факторов астрологической природы, учет которых повышает точность прогнозирования. Предложена библейско-философская концепция цели развития цивилизации и искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронная сеть, моделирование, прогнозирование, диагностика

THE METHOD OF NEURAL NETWORK MODELING AND REVIEW OF PERM SCIENTIFIC SCHOOL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Yasnitsky L.N., Bogdanov K.V., Cherepanov F.M.

Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, e-mail: yasn@psu.ru

In this article described the technology and experience in the application of neural network mathematical modeling of the Perm scientific school of artificial intelligence. There was the attempts to develop the other neural network non-classical type paradigm. But until now there was no practically important tasks for which non-classical neural network would have been more effective than perceptrons with sigmoid activation functions. There described a positive experience and examples of the use of such mathematical models of neural networks in the industry, economics, business, political science, co-sociology, criminology, sport, the environment, energy conservation, education, in historical science, medicine and tourism. It is noted that the results of mathematical modeling of neural networks are of practical and scientific importance. So, It was found a property called «intuition of neural networks». With the development of the neural network diagnostic system diseases of the cardiovascular system revealed new, unexplored medical knowledge and laws, which should consider the medical practitioners. Application of neural Networks in the practice of lie detection improved the accuracy of the conclusions by 7–10 percent. In the development of a neural network for determining the propensity of man to the scientific and business activities, revealed the influence of factors of astrological nature, the account of which increases the accuracy of prediction. There was offered a biblical-philosophical concept of development of civilization and artificial intelligence.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, modeling, prediction, diagnostics

Изобретенные в середине XX в. нейрокомпьютеры и нейронные сети прошли путь от ажиотажного восхищения в 50-х гг. через критику, отрицание и забвение в 60-х – 70-х гг. к всеобщему признанию и массовому применению, наблюдаемым в настоящее время. Вместе с тем, несмотря на пик популярности, обращает на себя внимание отсутствие общепринятых унифицированных технологий нейросетевого моделирования, что, по-видимому, объясняется несовершенством теоретической базы. Профессионалы-разработчики нейросетевых интеллектуальных систем, приступая к решению практически каждой новой задачи, применяют весьма внушительный арсенал различных, только им известных хитростей и ноу-хау, зачастую надеясь на интуицию

и даже просто на везение. В России, как и зарубежом, существуют научные школы, которые активно развивают и применяют на практике свои собственные варианты нейросетевых парадигм и технологий, отмечают их преимущества, часто противопоставляя другим подходам, применяемым в других школах.

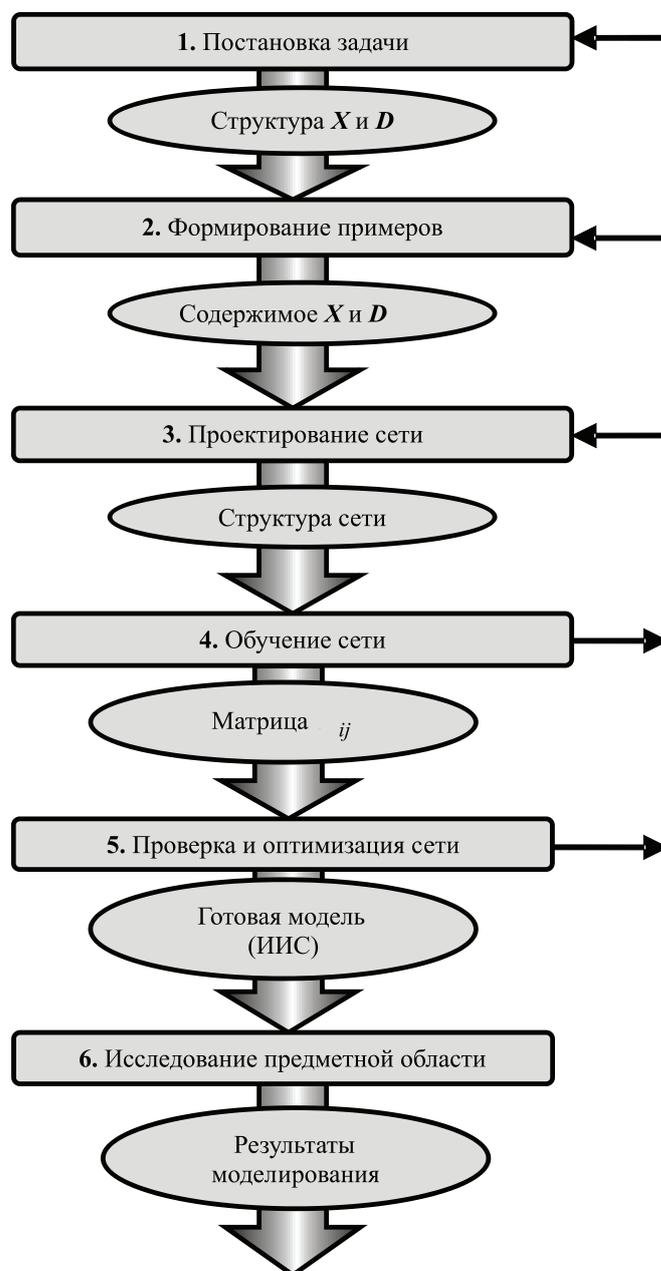
Пермской научной школой искусственного интеллекта (www.PermAi.ru) на протяжении последних пятнадцати лет предпринимались попытки изобретения новых принципов построения и функционирования нейронных сетей. Осваивались пропагандируемые другими научными школами нейросетевые парадигмы неклассического типа. Однако до сих пор не нашлось практически значимых задач, для решения ко-

торых неклассические нейросети оказались бы более эффективны, чем перцептроны с сигмоидными активационными функциями. Нами накоплен обширный опыт применения таких нейросетевых математических моделей в промышленности [6, 14, 16, 19, 22–24], экономике и бизнесе [1, 14, 16, 19, 21, 22, 24, 28], политологии и социологии [14, 19, 22, 24, 25, 33], науковедении [1, 19] криминалистике [5, 9, 14, 16, 19, 22, 24, 26, 27, 30, 31], спорте [29], экологии и энергосбережении [2, 3], педагогике [10, 11, 24, 32], в исторической науке [7], медицине [4, 14, 16, 19, 20, 22, 24], туризме [15] и в других предметных областях. Обобщенный алго-

ритм нейросетевого моделирования, применяемый во всех этих проектах, приведен на рисунке 1, включает следующие этапы.

1. Постановка задачи. На этом этапе определяются цели моделирования, устанавливаются входные и выходные параметры модели, устанавливается структура (состав и длина) входного вектора X и выходного вектора D .

2. Формирование примеров. Формируется содержимое входных и выходных векторов. Создается множество пар $X_q - D_q$ ($q = 1, \dots, Q$). Каждая такая пара составляет пример, характеризующий предметную область.



Алгоритм нейросетевого математического моделирования

Все множество примеров разбивают на обучающее L и тестирующее T . В особо ответственных случаях помимо обучающего множества L и тестирующего множества T формируется еще и подтверждающее множество P из примеров, принадлежащих той же самой предметной области, но не пересекающееся ни с множеством L , ни с множеством P .

3. Первоначальное проектирование сети. Структура перцептрона выбирается из следующих соображений. Число входных нейронов N_x должно быть равно размерности входного вектора X . Число выходных нейронов N_y должно быть равно размерности выходного вектора D . Число скрытых слоев, согласно теореме Арнольда–Колмогорова – Хехт–Нильсена, должно быть не менее одного. На последующих этапах число скрытых слоев может корректироваться, если это позволит улучшить качество работы сети. Число нейронов в скрытых слоях рассчитывается с помощью формул следствия из теоремы Арнольда–Колмогорова – Хехт–Нильсена [16]. На последующих этапах число нейронов в скрытых слоях может корректироваться, если это позволит улучшить качество работы сети.

4. Обучение сети. Цель обучения – подобрать синаптические веса w_{ij} так, чтобы на каждый входной вектор X_q^j множества обучающих примеров сеть выдавала вектор Y_q^j , минимально отличающийся от заданного выходного вектора D_q^j . Эта цель достигается путем использования алгоритмов обучения нейронной сети. С целью повышения качества обучения применяются методы обнаружения и исключения противоречивых примеров, посторонних выбросов и мало значимых входных нейронов по методикам, предложенным в [12, 16, 21].

5. Проверка и оптимизация сети. Проверка обобщающих свойств сети производится на тестирующем множестве примеров, т.е. на тех примерах, которые не были использованы при обучении сети.

Если на тестирующем множестве примеров разница между компонентами желаемого выходного вектора D и действительного выходного вектора Y_q окажется незначительной, то можно переходить к следующему этапу 6, не выполняя оптимизацию сети. Однако, чтобы лишний раз убедиться в адекватности разрабатываемой нейросетевой математической модели, полезно вернуться на этап 2 и те примеры, которые были тестирующими (либо часть тестирующих примеров), включить в обучающее множества, а часть примеров, бывших обучающими, сделать тестирующими. После этого снова повторить этапы 3, 4, 5.

Если же погрешность обобщения сети окажется неприемлемо большой, то надо попытаться оптимизировать сеть. Оптимизация сети состоит в подборе наиболее подходящей для данной задачи структуры сети – количества скрытых слоев, количества скрытых нейронов, количества синаптических связей, вида и параметров активационных функций нейронов. Оптимизация нейронной сети подразумевает многократные возвраты назад – на этапы 4, 3, 2, и даже на этап 1, на котором заново выполняется постановка задачи, включающая переоценку значимости входных параметров с последующим их сокращением или, наоборот, добавлением. После оптимизации сети ее обобщающие свойства проверяются на примерах подтверждающего множества P . Результатом оптимизации и проверки сети является готовая к использованию нейросетевая математическая модель предметной области – интеллектуальная информационная система.

6. Исследование предметной области. Путем проведения вычислительных экспериментов над математической нейросетевой моделью достигаются цели моделирования, находятся ответы на все поставленные вопросы. Например, могут быть решены такие задачи, как оптимизация моделируемого объекта или процесса, прогнозирование его будущих свойств, выявление закономерностей предметной области и др.

Таким образом, в результате выполнения приведенного на рисунке алгоритма метода нейросетевого математического моделирования получают два вида продуктов:

– После выполнения этапа 5 создается готовая к использованию интеллектуальная информационная система, являющаяся математической моделью предметной области.

– После выполнения этапа 6 получают результаты исследования предметной области методом нейросетевого математического моделирования. Эти результаты обычно представляются в виде таблиц, графиков, номограмм, гистограмм, иллюстрирующих обнаруженные закономерности предметной области, результаты оптимизации, прогнозирования и др.

Применения метода нейросетевого математического моделирования в указанных выше предметных областях позволило получить новые научные знания, имеющие как научное, так и практическое значение. Так, при решении задачи диагностики авиационных двигателей [14, 16] зафиксировано свойство, названное «интуицией нейронных сетей» – способность делать правильные выводы и заключения на неполной для логического вывода информации. Конкретно это свойство проявилось в том, что нейронная сеть ставила диагнозы

таких неисправностей двигателей, которые традиционными методами диагностики, основанными на явных знаниях, не обнаруживаются. В работе [14] опубликован подтвердившийся впоследствии нейросетевой прогноз результатов выборов Президента России за два года до их начала, когда исход выборов очевидным еще не представлялся. В [14] предложены нейросетевые методики прогнозирования банкротств предприятий, оценки банковских рисков, оценки недвижимости и др. с учетом общеэкономического положения в стране и в мире, что повысило устойчивость моделей по отношению к форс-мажорным явлениям: экономическим кризисам, спадам и подъемам. В результате разработки нейросетевой системы диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы [19] выявлены новые, неисследованные ранее медицинские знания и закономерности, которые рекомендуется учитывать практикующим врачам. Применение нейронных сетей для анализа полиграмм в практике детекции лжи [5, 30] позволило повысить точность заключений полиграфического аппарата на 7–10%, что можно объяснить способностью нейронных сетей извлекать новые неизвестные экспертам закономерности моделируемых предметных областей и использованием этих закономерностей при формировании заключений. При проектировании системы прогнозирования курсов валют [14] зафиксирован эффект увеличения точности прогнозов в случае учета факторов астрологической природы, влияние которых на результаты прогнозирования в рамках классической науки объяснить не представляется возможным. При разработке нейронной сети, предназначенной для определения склонности человека к научной и к предпринимательской деятельности [1] также выявлено влияние астрологических факторов, учет которых повышает точность прогнозирования, что однако не поддается логическому объяснению в рамках известных знаний. В [8] поставлен вопрос о влиянии социального фактора в эволюционной теории Дарвина и предложен способ учета этого фактора в виде социально-генетического алгоритма, эффективного при обучении нейронных сетей. В [13] выполнены теоретические исследования границ возможностей метода нейросетевого моделирования, а в [12] предложена оригинальная методика выявления посторонних выбросов статистической информации с помощью нейронной сети. В работах [18, 23] предложена библейско-философская концепция цели развития цивилизации и искусственного интеллекта.

Список литературы

1. Байдин Д.Ю., Макурина Т.В., Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. Нейросетевая система прогнозирования склонности к предпринимательской и научной деятельности // Специалист XXI века: экономическое образование в обеспечении устойчивого развития человеческого потенциала: материалы российской научно-практической конференции. (20-21 ноября 2012 г., г.Пермь); Перм. гос. гуманитар.-пед. ун-т. – Пермь. – С. 281.
2. Бондарь В.В., Малинин Н.А., Ясницкий Л.Н. Нейросетевой прогноз потребления электроэнергии, анализ значащих факторов и разработка полезных рекомендаций // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2006. – С. 10–17.
3. Бондарь В.В., Малинин Н.А., Ясницкий Л.Н. Нейросетевой прогноз потребления электроэнергии предприятиями бюджетной сферы. Вестник Пермского университета. Математика. Информатика. Механика. – Вып. 2. – Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2005. – С. 23–27.
4. Опыт создания нейросетевой системы для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний / А.А. Думлер, А.Н. Полещук, К.В. Богданов, Ф.М. Черепанов, Л.Н. Ясницкий // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – Вып. 1(5). – Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2011. – С. 95–101.
5. Интеллектуальный полиграф / А.Н. Зибатова, А.М. Петров, З.И. Сичинава, А.П. Сошников, Л.Н. Ясницкий // Российский полиграф. – 2006. – № 1. – С. 76–83.
6. Конев С.В., Сичинава З.И., Ясницкий Л.Н. Применение нейросетевых технологий для диагностики неисправностей авиационных двигателей. Вестник Пермского университета. Математика. Информатика. Механика. – Вып. 2. – Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2005. – С. 43–47.
7. Корниенко С.И., Айдаров Ю.Р., Гагарина Д.А., Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. Программный комплекс для распознавания рукописных и старопечатных текстов // Информационные ресурсы России. – 2011. – № 1. – С. 35–37.
8. Мурашов Д.И., Ясницкий Л.Н. Социальный генетический алгоритм // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2006. – Вып. 4(4). – С. 53–60.
9. Петров А.М., Ясницкий Л.Н. Возможности создания нейросетевого полиграфа // Вестник Пермского университета. Математика. Информатика. Механика. – Вып. 2. – Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2005. – С. 43–47.
10. Семакин И.Г., Ясницкий Л.Н. Искусственный интеллект и школьный курс информатики // Информатика и образование. – 2010. – № 9. – С. 48–54.
11. Черепанов Ф.М. Симулятор нейронных сетей для вузов // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – Вып. 3(11). – Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2012. – С. 98–105.
12. Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. Нейросетевой фильтр для исключения выбросов в статистической информации // Вестник Перм. ун-та. Математика. Механика. Информатика. – Вып. 4 (20). – Пермь, 2008. – С. 151–155.
13. Чечулин В.Л., Ясницкий Л.Н. Ограничения нейронных сетей // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. – 2010. – № 12. – С. 3–11.
14. Пермская научная школа искусственного интеллекта и ее инновационные проекты / Л.Н. Ясницкий, В.В. Бондарь, Ф.М. Черепанов и др. – 2-е изд. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. – 75 с.
15. Ясницкий Л.Н., Бржевская А.С., Черепанов Ф.М. О возможностях применения методов искусственного интеллекта в сфере туризма // Сервис plus. – 2010 – № 4. – С. 111–115.
16. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 176 с.
17. Ясницкий Л.Н., Гусев А.Л., Шур П.З. О возможностях применения нейросетевого математического моделирования для выявления целесообразных действий Роспотребнадзора // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2012. – № 3. – С. 49–53.
18. Ясницкий Л.Н., Данилевич Т.В. Современные проблемы науки. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 294 с.

19. Нейросетевая система экспресс-диагностики сердечно-сосудистых заболеваний / Л.Н. Ясницкий, А.А. Думлер, А.Н. Полецук, К.В. Богданов, Ф.М. Черепанов // Пермский медицинский журнал. – 2011. – № 4. – С. 77–86.
20. Нейросетевая модель региона для выбора управляющих воздействий в области обеспечения гигиенической безопасности / Л.Н. Ясницкий, Н.В. Зайцева, А.Л. Гусев, П.З. Шур // Информатика и системы управления. – 2011. – № 3(29). – С. 51–59.
21. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные информационные технологии и системы: учеб.-метод. пособие. – Пермь: Перм.ун-т., 2007. – 271 с.
22. Ясницкий Л.Н. Искусственный интеллект и новые возможности компьютерного моделирования // Вестник Пермского университета. Информационные системы и технологии. – Вып. 4. – Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2005. – С. 81–86.
23. Ясницкий Л.Н. Искусственный интеллект. Электронный курс: учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 240 с.
24. Ясницкий Л.Н. О возможностях применения методов искусственного интеллекта в политологии // Вестник Пермского университета. Политология. – Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2008. – Вып. 2 (4). – С. 147–155.
25. Ясницкий Л.Н., Петров А.М., Сичинава З.И. Сравнительный анализ алгоритмов нейросетевого детектирования лжи // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2010. – № 1(13). – С. 64–72.
26. Ясницкий Л.Н., Петров А.М., Сичинава З.И. Технологии построения детектора лжи на основе аппарата искусственных нейронных сетей // Информационные технологии. – 2010. – № 11. – С. 66–70.
27. Ясницкий Л.Н., Порошина А.М., Тавафиев А.Ф. Нейросетевые технологии как инструмент для прогнозирования успешности предпринимательской деятельности // Российское предпринимательство. – 2010. – № 4(2). – С. 8–13.
28. Ясницкий Л.Н., Кировова А.В., Черепанов Ф.М. О возможностях применения методов искусственного интеллекта в спорте // Вестник спортивной науки. – 2012. – № 5.
29. Ясницкий Л.Н., Сичинава З.И. Нейросетевые алгоритмы анализа поведения респондентов // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. – 2011. – № 10. – С. 59–64.
30. Ясницкий Л.Н., Сичинава З.И., Черепанов Ф.М. Нейросетевой детектор лжи: принципы построения и опыт разработки. – Saarbrücken (Germany): LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG., 2012. – 115 p.
31. Ясницкий Л.Н., Черепанов Ф.М. Искусственный интеллект. Электронный курс: Методическое пособие по преподаванию. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 216 с.
32. Ясницкий Л.Н., Черепанов Ф.М. О возможностях применения нейросетевых технологий в политологии // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. – 2010. – № 8. – Вып. 4. – С. 47–53.
8. Murashov D.I. Yasnitsky L.N. *Bulletin of the University of the Perm. Mathematics. Mechanics. Informatics*. 2006, № 4(4), pp. 53–60.
9. Petrov A.M., Yasnitsky L.N. *Bulletin of the University of Perm. Mathematics. Informatics. Mechanics*. Issue 2, 2005, pp. 43–47.
10. Semakin I.G., Yasnitsky L.N. *Computer Science and Education*, 2010, № 9, pp. 48–54.
11. Cherepanov F.M. *Bulletin of the Perm University. Mathematics. Mechanics. Informatics*. Issue 3 (11). Perm: Ed. Perm State University, 2012, pp. 98–105.
12. Cherepanov F.M., Yasnitsky L.N. *Bulletin of the Perm University. Mathematics. Mechanics. Informatics*. no. 4 (20), Perm, 2008, pp. 151–155.
13. Chechulin V.L., Yasnitsky L.N. *Neurocomputers: development and application*, 2010, № 12, pp. 3–11.
14. Yasnitsky L.N., Cherepanov F.M. etc. *Perm school of artificial intelligence and innovative projects*. 2nd ed. Moscow-Izhevsk: SIC «Regular and Chaotic Dynamics», 2008, p. 75.
15. Yasnitsky L.N., Brzhevskaya A.S., Cherepanov F.M. *Service plus*, 2010, no. 4, pp. 111–115.
16. Yasnitsky L.N. *Introduction to Artificial Intelligence*. Moscow: Publishing Center «Academy», 2005, 176 p.
17. Yasnitsky L.N., Gusev A.L., Schur P.Z. *Bulletin of the University of Perm. Series: Biology*, 2012, no. 3, pp. 49–53.
18. Yasnitsky L.N. Danilevich T.V. Modern problems of science. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory, 2011, 294 p.
19. Yasnitsky L.N., Dumler A.A., Polishchuk A.N., Bogdanov K.V., Cherepanov F.M. *Perm Medical Journal*, 2011, no. 4, pp. 77–86.
20. Yasnitsky L.N., Zaitseva N.V., Gusev A.L., Shur P.Z. *Computer and control systems*, 2011, no. 3 (29), pp. 51–59.
21. Yasnitsky L.N. *Intelligent Information Technologies and Systems*. Perm University. Perm, 2007, 271 p.
22. Yasnitsky L.N. *Bulletin of the University of Perm. Information systems and technology*. Issue 4. Perm: Ed. Perm State University, 2005, pp. 81–86.
23. Yasnitsky L.N. *Artificial intelligence*. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory, 2011, 240 p.
24. Yasnitsky L.N. *Bulletin of the University of Perm. Political science*. Perm: Ed. Perm State University, 2008, Issue 2 (4), pp. 147–155.
25. Yasnitsky L.N., Petrov A.M., Sichinava Z.I. *News of higher educational institutions. Volga region Engineering*, 2010, no. 1 (13), pp. 64–72.
26. Yasnitsky L.N., Petrov A.M., Sichinava Z.I. *Information Technology*, 2010, no. 11, pp. 66–70.
27. Yasnitsky L.N., Poroshina A.M., Tawafiev A.F. *Russian business*, 2010, no. 4 (2), pp. 8–13.
28. Yasnitsky L.N., Kirosova A.V., Cherepanov F.M. *Journal of Sports Science*, 2012, no. 5.
29. Yasnitsky L.N., Sichinava Z.I. *Neurocomputers: development and application*, 2011, no. 10, pp. 59–64.
30. Yasnitsky L.N., Sichinava Z.I., Cherepanov F.M. *Neural network lie detector: principles of construction and development experience*. Saarbrücken (Germany): LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG., 2012, 115 p.
31. Yasnitsky L.N., Cherepanov F.M. *Artificial intelligence*. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory, 2011, 216 p.
32. Yasnitsky L.N., Cherepanov F.M. *Neurocomputers: development and application*, 2010, no. 8, Issue. 4, pp. 47–53.

References

Рецензенты:

Русаков С.В., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь;

Пенский О.Г., д.т.н., доцент, профессор кафедры процессов управления и компьютерной безопасности, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 11.01.2013.