

УДК 7.092+004.8

Методика нейросетевого прогнозирования результатов спортивных состязаний на примере чемпионата мира-2015 по легкой атлетике

Л. Н. Ясницкий, А. В. Кирсова, А. В. Ратегова

Пермский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15
yasn@psu.ru; (342) 271 61 68

Ф. М. Черепанов

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет
Россия, 614990, Пермь, ул. Сибирская, 24

Разработана компьютерная программа, предназначенная для выявления закономерностей и прогнозирования результатов чемпионата мира 2015 года по легкой атлетике на дистанции 100 м у мужчин. В основе программы лежит нейронная сеть, обученная на результатах предыдущих чемпионатов мира и олимпиад. Помимо прогнозов программа позволяет оценивать влияние изменения параметров, характеризующих спортсменов, на их спортивные результаты, а также подбирать оптимальные сочетания этих параметров для каждого спортсмена. Путем исследования нейросетевой математической модели разработаны рекомендации по улучшению результативности спортсменов-легкоатлетов: Усэйна Болта, Тайсона Гэя, Кристофа Леметра, Неста Картера, Йохана Блэйка и Джастина Гэтлина.

Ключевые слова: *искусственный интеллект; нейронная сеть; закономерности; статистическая информация; чемпионат мира – 2015; легкая атлетика; прогноз; рекомендации.*

1. Постановка проблемы

В спортивной науке, как и во всякой другой научной области, перспективно применение методов математического компьютерного моделирования. Однако ввиду плохой формализуемости спортивных знаний, а также большого количества факторов, влияющих на результат спортивных состязаний, качественные математические модели традиционными детерминированными методами в спортивной сфере построить достаточно трудно.

Перспективным инструментом для выявления подобного рода скрытых закономерностей и построения на их основе математических моделей являются методы искусствен-

ного интеллекта, в частности нейросетевые технологии [1, 5–7].

Нейрокомпьютерные и нейросетевые технологии являются одной из наиболее эффективных стратегий искусственного интеллекта. Предложенные в основополагающих работах У. Мак-Каллока, В. Питтса [15] и Ф. Розенблатта [16] нейронные сети реализуются по принципам построения и функционирования человеческого мозга. Они наследуют от своего прототипа – мозга – его полезные свойства: способность извлечения знаний из статистических данных, способность обобщения их в виде закономерностей моделируемых процессов, свойство интуиции [7] как способность делать правильные прогнозы и принимать верные решения в тех случаях, когда обычная логика оказывается бессильной.

Как убедительно показывает опыт пермской научной школы искусственного интел-

лекта [5, 6], хорошо спроектированные и правильно обученные нейронные сети способны самостоятельно выявлять закономерности практически любых предметных областей и строить адекватные математические модели в промышленности, экономике и бизнесе, политологии, криминалистике, медицине, экологии, исторических науках и др. Причем, нами неоднократно фиксировались случаи, когда в процессе моделирования нейросети выявляли и использовали новые, неизвестные ранее знания и закономерности, объяснить которые либо не удавалось, либо удавалось, но после длительных дискуссий со специалистами и по прошествии определенного времени. Результаты нейросетевого моделирования – диагнозы и прогнозы – со временем находили свое подтверждение, несмотря на кажущуюся парадоксальность обнаруживаемых закономерностей.

Так, в результате разработки нейросетевой системы диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы [9] выявлены новые медицинские знания, после обсуждений которых с авторитетными врачами-экспертами сделан вывод о необходимости корректировки существующей практики профилактики и лечения кардиологических заболеваний [17]. В другой работе [10], опубликованной в 2007 г., был дан не поддающийся объяснению прогноз победы Д. Медведева за полтора года до президентских выборов 2008 г., когда его личность как политика еще была малоизвестна. В работах [11, 13], опубликованных в 2008 и в 2010 гг., когда президент Д. Медведев был на вершине своей популярности, нейронные сети прогнозировали ему снижение рейтинга, тогда как другому политику – В. Жириновскому – прогнозные кривые предсказали постепенный рост популярности, что и наблюдалось в последующие годы.

Нейронные сети впервые начинают применяться в области спортивных наук для обработки статистической информации и прогнозирования результатов состязаний [14, 18].

Авторами настоящей статьи в 2013 г. [12] был выполнен подтвердившийся впоследствии¹ прогноз места в неофициальном

¹ В указанной работе прогнозировалось 4-е место российских спортсменов на Олимпиаде в Сочи, тогда как в медальном зачете они заняли 1-е. Однако если из 13 медалей, завоеванных российской сборной, вычесть пять золотых медалей, принесенных России приглашенными иностранными

командном зачете российских спортсменов на зимней Олимпиаде–2014. Помимо прогнозирования результатов Олимпиады–2014, этими же методами в работе [8] предпринимались попытки выявления закономерностей и разработки на этой базе полезных рекомендаций при подготовке отдельных спортсменов. Насколько нам известно [2], по крайней мере, одна из этих рекомендаций была учтена при подготовке спортсменов и, по-видимому, дала результат на Олимпиаде².

В настоящей работе аналогичные исследования выполняются более углубленно и для другого мероприятия – чемпионата мира 2015 г. по легкой атлетике на дистанции 100 м у мужчин.

2. Методика

При построении нейросетевой математической модели, предназначенной для прогнозирования победителя на дистанции 100 м у мужчин в 2015 г., было сформировано множество примеров, основанных на результатах предыдущих чемпионатов мира и олимпиад. Входные параметры модели, по которым оцениваются претенденты, взяты исходя из доступности информации о спортсменах в Интернете:

x_1 – Возраст: количество лет.

x_2 – Рост: определяется в сантиметрах.

x_3 – Вес: определяется в килограммах.

x_4 – Развитость мускулатуры:

- 1 – слабо развита,
- 2 – средне развита,
- 3 – сильно развита.

x_5 – Страна:

- 1 – США,
- 2 – Ямайка,
- 3 – Сент-Китс и Невис,

спортсменами Виком Уайльдом и Виктором Аном, то как раз и получится 4-е.

² В указанной работе [8] фигуристу Е. Плющенко прогнозировалось 2-е место на Олимпиаде в Сочи. Однако в этой же работе ему было рекомендовано сбавить вес, с чем и согласился его тренер А. Мишин (см. [2]). В результате в командных соревнованиях на Олимпиаде–2014 Е. Плющенко показал блестящий результат, благодаря чему команда получила золотую медаль.

- 4 – Великобритания,
- 5 – другая.
- x_6 – Стартовая (двигательная) реакция:
 - 1 – быстрая,
 - 2 – средняя,
 - 3 – медленная.
- x_7 – Цвет кожи:
 - 1 – черный,
 - 0 – белый.

Выходной параметр модели y кодировал результат выступления спортсмена: 1 означает победу, 0 – поражение.

Примеры из истории проведения чемпионатов мира и олимпиад были разбиты на обучающее множество, использованное для обучения сети, и тестирующее множество, предназначенное для проверки ее прогностических свойств. Объем обучающего множества составил 55 примеров, объем тестирующего – 15. Естественно, что примеры тестирующего множества при обучении сети не использовались.

Проектирование, оптимизация, обучение, тестирование нейронной сети и эксперименты над нейросетевой математической моделью выполнялись с помощью нейропакета [4] по традиционной методике [5]. Оптимальная структура нейронной сети представляла собой персептрон, изображенный на рис. 1, имеющий семь входных нейронов, один скрытый слой с пятью нейронами и один выходной нейрон.

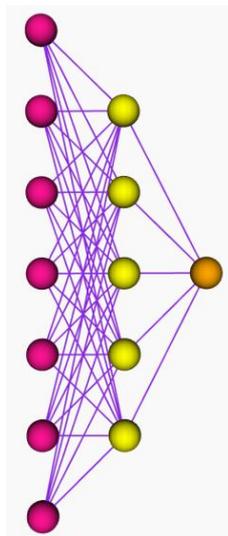


Рис. 1. Нейронная сеть – персептрон с 7 входными нейронами, одним выходным нейроном и одним скрытым слоем из 5 нейронов

В качестве активационных функций нейронов скрытого слоя и выходного нейрона использовались сигмоидные функции (рис. 2), так что каждый i -й нейрон вычислялся с помощью формул

$$S_i = \sum_{j=1}^J w_{ij} x_{ij}, \quad (1)$$

$$y_i = \frac{1}{1 + e^{-S_i}}, \quad (2)$$

в которых J – количество входов i -го нейрона, x_{ij} – сигналы, поступающие на вход i -го нейрона (рис. 3), y_i – его выходной сигнал,

w_{ij} – весовые коэффициенты (они же – силы синаптических связей), вычисляемые в результате обучения нейронной сети на обучающем множестве примеров предметной области (табл. 1).

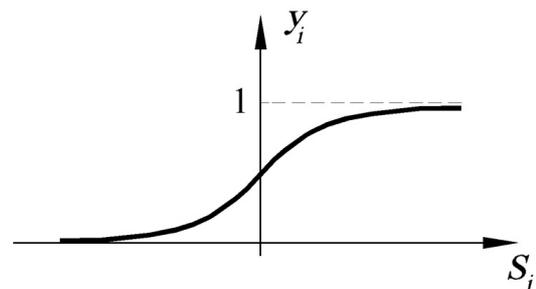


Рис. 2. Вид сигмоидной активационной функции $y_i = \frac{1}{1 + e^{-S_i}}$

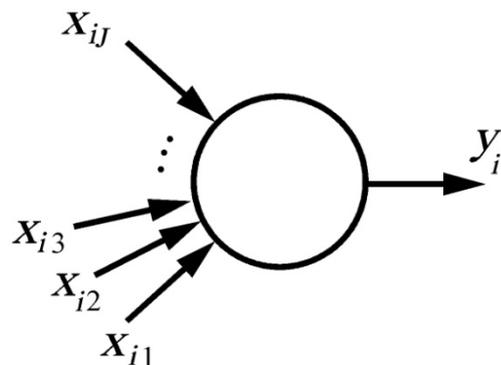


Рис. 3. Нейрон персептрона, выполняющий преобразование входных сигналов x_{ij} в выходной сигнал y_i с помощью формул (1) и (2)

В процессе обучения и тестирования нейросети были обнаружены выбросы, выявленные с помощью методики [3]. Суть этой методики состоит в поочередном исключении примеров из обучающего множества и наблюдении за погрешностью нейросети, обученной на этих урезанных множествах. Если пример обучающего множества является выбросом и выпадает из закономерности, характерной для исследуемой предметной области, то его удаление из обучающего множества приводит к падению погрешности обучения сети и повышению ее обобщающих свойств, тогда как исключение обычных примеров существенного влияния на качество сети, как правило, не оказывает.

После удаления обнаруженных нейросетью двух выбросов среднеквадратичная ошибка тестирования (обобщения) составила

0,79%. Причем дополнительное тестирование нейронных сетей по методу multi-fold cross-validation не показало сколько-нибудь заметного увеличения погрешности тестирования. Таким образом, можно утверждать, что нейронная сеть усвоила закономерности моделируемой предметной области и теперь ее можно использовать для проведения вычислительных экспериментов.

3. Вычислительные эксперименты и обсуждения результатов

Вычислительные эксперименты проводились с шестью потенциальными претендентами на победу в предстоящем чемпионате мира. Это Усэйн Болт, Тайсон Гэй, Кристофф Леметр, Неста Картер, Йохан Блэйк и Джастин Гэтлин. Их данные приведены в табл. 3.

Таблица 3. Параметры претендентов на звание чемпиона мира 2015 г.

Спортсмен	Возраст	Рост	Вес	Мускулатура	Страна	Стартовая реакция	Цвет кожи	Результат
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	y
Д. Гэтлин	33	185	80	2	1	2	1	0,80
У. Болт	29	195	90	3	2	1	1	0,99
Н. Картер	29	178	74	2	2	2	1	0,79
К. Леметр	25	189	77	3	5	2	0	0,99
Й. Блэйк	25	180	78	2	2	2	1	0,36
Т. Гэй	33	178	80	2	1	2	1	0,01

Напомним, что выходной параметр нейронной сети y кодирует результат соревнований: 1 – означает победу и 0 – поражение. Поэтому значение y , которое вычисляет нейронная сеть, можно расценивать как шансы на победу: чем ближе значение y к единице, тем больше шансов, и наоборот – чем ниже значение y , тем меньше шансов выиграть чемпионат. В дальнейшем значение величины y будем называть рейтингом спортсмена.

Результаты вычисления рейтинга y для каждого претендента графически представлены на рис. 4, из которого видно, что борьба за первое и второе место развернется между Усэйном Болтом и Кристоффом Леметром, а

за третье и четвертое место будут бороться Джастин Гэтлин и Неста Картер, далее в порядке убывания рейтинга на победу: Йохан Блэйк, Тайсон Гэй.

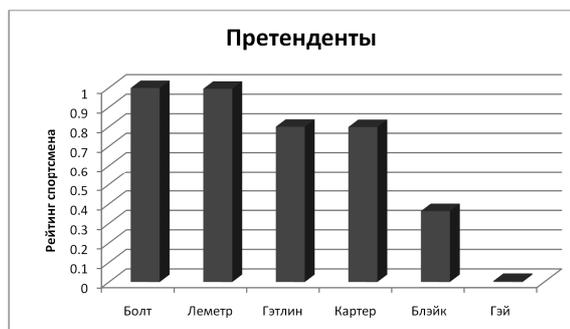


Рис. 4. Рейтинги претендентов на звание чемпиона мира в 2015 г.

Применение методов нейросетевого моделирования позволяет не только прогнозировать будущие события, но и проводить исследования, ставить над моделями виртуальные эксперименты и в конечном счете активно влиять на них, пытаться изменять будущее под свои желания и интересы. Так, изменяя входные параметры обученной нейронной сети и производя вычисления, можно получить ответы на многие вопросы. Например, изменяя возраст спортсмена и производя вычисления с помощью нейросети, можно проследить, как будут меняться его шансы на победу (рейтинг) с возрастом. Анализируя полученные таким образом кривые, изображенные на рис. 5, можно заключить, что рейтинг У. Болта, Т. Гэя и К. Леметра с возрастом почти не изменится (у Болта и Леметра рейтинг незначительно возрастет, а у Гэя незначительно снизится). Рейтинг же Д. Гэтлина, Н. Картера и Й. Блэйка будет падать.

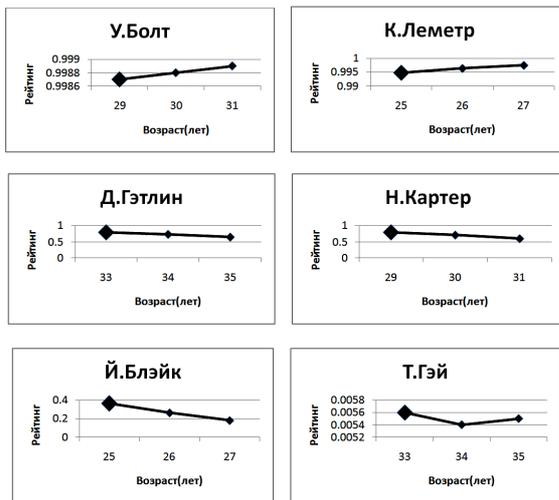


Рис. 5. Зависимость рейтинга спортсменов от их возраста. Маркером увеличенного размера отмечено состояние спортсмена на текущий момент времени

Изменяя вес спортсмена и производя вычисления с помощью нейросети, можно проследить, как будет меняться его рейтинг с изменением этого параметра. Анализируя полученные таким образом кривые, изображенные на рис. 6, можно заключить, что рейтинг У.Болта с изменением веса практически не меняется. Рейтинг же всех остальных спортсменов зависит от веса и понижается с его увеличением. Т.Гэю, Й.Блэйку и Д.Гэтлину лучше свой вес понизить, но Н.Картеру и К.Леметру – остаться в прежнем.

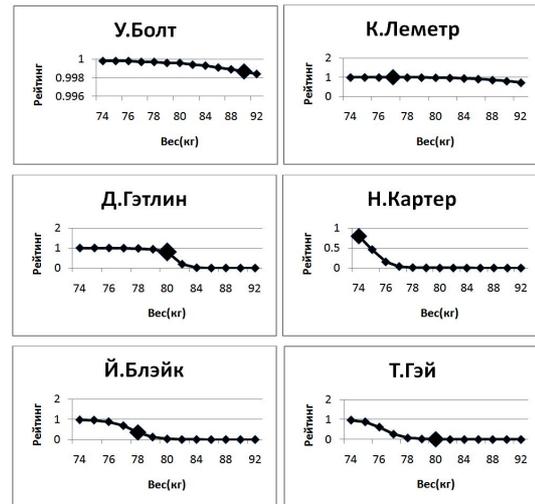


Рис. 6. Зависимость рейтинга спортсменов от их веса. Более крупными маркерами обозначен текущий вес спортсменов

Изменяя входной параметр, кодирующий развитость мускулатуры спортсменов, и производя вычисления с помощью нейросети, можно проследить, как будет меняться их рейтинг с изменением мышечной массы. Анализируя полученные таким образом результаты, изображенные на рис. 7, можно заключить, что рейтинг всех спортсменов будет значительно снижен, если их мускулатура будет развитой слабо. У.Болт и К.Леметр имеют все шансы на победу, если их мускулатура средне или сильно развита. В целом с изменением мышечной массы до сильноразвитой рейтинг всех претендентов значительно повышается.

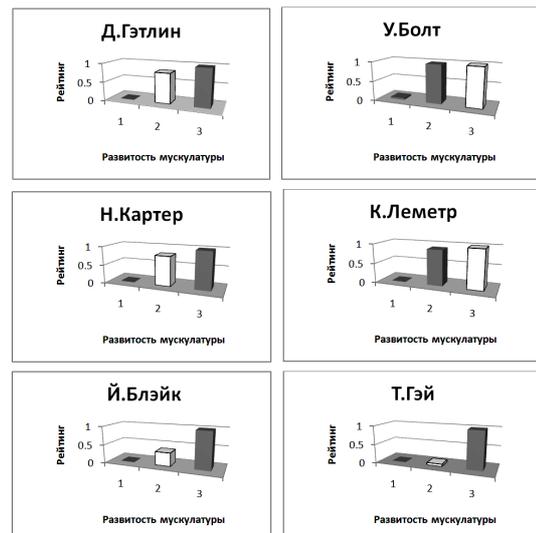


Рис. 7. Зависимость рейтинга спортсменов от развитости их мускулатуры: 1 – мускулатура развита слабо, 2 – развита средне, 3 – развита сильно. Столбец белого цвета соответствует текущему состоянию мускулатуры спортсменов

Анализируя результаты, изображенные на рис. 8, можно заключить, что рейтинг почти всех спортсменов увеличивается при увеличении параметра "стартовая реакция спортсмена". Рейтинг же К.Леметра с изменением стартовой реакции практически не меняется. У.Болт покажет плохие результаты, если его стартовая реакция будет медленной. Рейтинг Т.Гэя, Й.Блэйка, Д.Гэтлина и Н.Картера значительно зависит от стартовой реакции и им для достижения высоких результатов можно рекомендовать поработать над ее улучшением.

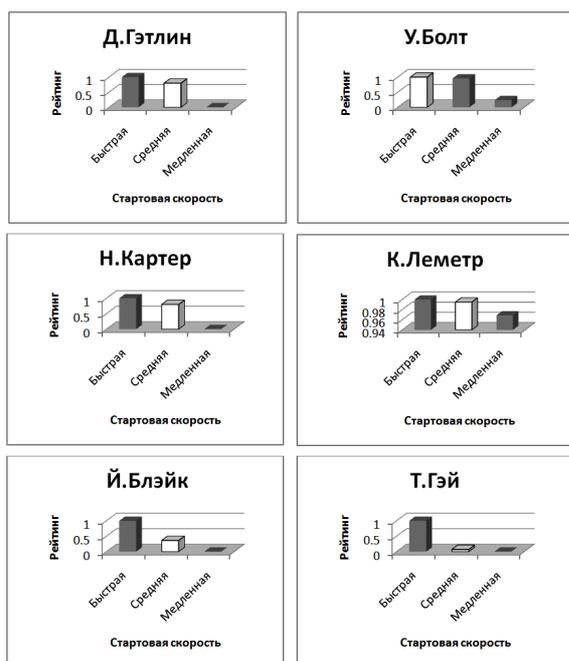


Рис. 8. Зависимость рейтинга спортсменов от их стартовой реакции. Столбец белого цвета соответствует текущей стартовой реакции спортсменов

Проводя целенаправленные исследования нейросетевой математической модели можно разработать рекомендации, каким образом тому или иному спортсмену повысить свой рейтинг. Проанализировав все предыдущие диаграммы, можно заметить, что изменения некоторых параметров практически не улучшают и не ухудшают рейтинг У.Болта. Это означает, что он имеет прекрасные данные для победы на чемпионате мира в 2015 г. и все, что ему необходимо делать, – это поддерживать свою спортивную форму на том же уровне.

Согласно рис. 9 снижение веса спортсмена Д.Гэтлина на 1 кг повысит его шанс на победу на 13%. Если Гэтлин повысит свою развитость мускулатуры, то его рейтинг на победу возрастет на 19,5%. Если же ему по-

пробовать одновременно снизить вес на 1 кг и повысить мышечную массу, то его шансы на победу повысятся на 19,9%, т. е. его рейтинг достигнет уровня 0,99.



Рис. 9. Результаты моделирования влияния возможных изменений в физических данных Д. Гэтлина на его рейтинг. Столбец белого цвета соответствует текущему состоянию параметров спортсмена

Согласно рис. 10 снижение веса Н.Картера на 1 кг приведет к повышению его шансов на победу в предстоящем чемпионате мира на 15%. При повышении стартовой реакции рейтинг Картера увеличится на 19%. Если же Картер поработает над развитием своей мускулатуры, то его рейтинг повысится на 20% и достигнет единицы.



Рис. 10. Результаты моделирования влияния возможных изменений в физических данных Н. Картера на его рейтинг. Столбец белого цвета соответствует текущему состоянию параметров спортсмена

К. Леметру (рис. 11) можно порекомендовать снизить вес на 1 кг, что увеличит его шансы на победу на 0,16%. Если Леметр повысит свою стартовую реакцию, то его рейтинг возрастет на 0,49%. Чтобы повысить свой рейтинг до 1, Леметру нужно снизить вес на 1 кг при одновременном развитии стартовой реакции.

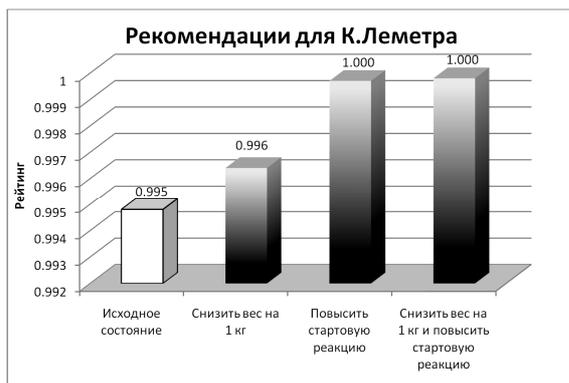


Рис. 11. Результаты моделирования влияния возможных изменений в физических данных К.Леметра на его рейтинг. Столбец белого цвета соответствует текущему состоянию параметров спортсмена



Рис. 13. Результаты моделирования влияния возможных изменений в физических данных Т.Гэя на его рейтинг. Столбец белого цвета соответствует текущему состоянию параметров спортсмена

Согласно рис. 12 снижение веса Й.Блэйка на 2 кг при одновременном развитии стартовой реакции приведет к увеличению его шансов на победу более чем в два раза.



Рис. 12. Результаты моделирования влияния возможных изменений в физических данных Й.Блэйка на его рейтинг. Столбец белого цвета соответствует текущему состоянию параметров спортсмена

Согласно рис. 13 снижение веса Т. Гэя на 3 кг незначительно увеличит его шансы на победу. Если же Гэй поработает над стартовой реакцией, то его рейтинг будет близок к единице. Гэю можно порекомендовать также снизить вес на 1 кг при одновременном развитии стартовой реакции, что в общем приведет к значительному изменению шансов на победу этого спортсмена на чемпионате мира 2015 г.

Заключение

Разработана нейросетевая математическая модель, с помощью которой выполнен прогноз результатов чемпионата мира 2015 г. в беге на 100 м среди мужчин. Исследовано влияние на рейтинг некоторых параметров спортсменов и сделана попытка разработки рекомендаций по улучшению их спортивных результатов.

Список литературы

1. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. М.: Горячая линия Телеком, 2012. 496 с.
2. Семченко О. Пермские ученые занялись спортивными прогнозами // Поиск. 2014. №7. URL: <http://www.poisknews.ru/theme/infosphere/8916/> (дата обращения: 16.02.2014).
3. Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. Нейросетевой фильтр для исключения выбросов в статистической информации // Вестник Пермского университета. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2008. № 4. С. 151–155.
4. Черепанов Ф. М., Ясницкий Л. Н. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки №8756. Симулятор нейронных сетей "Нейросимулятор 1.0" // Зарегистрировано в Отраслевом фонде алгоритмов и программ 12.07.2007.
5. Ясницкий Л.Н., Богданов К.В., Черепанов Ф.М. Технология нейросетевого моделирования и обзор работ пермской научной школы искусственного интеллекта // Фундаментальные исследования. 2013. № 1–3. С. 736–740.

6. Ясницкий Л.Н., Бондарь В.В., Бурдин С.Н. и др. Пермская научная школа искусственного интеллекта и ее инновационные проекты. 2-е изд. / НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". М.; Ижевск, 2008. 75 с.
7. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект. М.: Изд. центр "Академия", 2010. 176 с.
8. Ясницкий Л.Н., Внукова О.В., Черепанов Ф.М. Прогноз результатов Олимпиады-2014 в мужском одиночном фигурном катании методами искусственного интеллекта // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/115-11339> (дата обращения: 25.12.2013).
9. Ясницкий Л.Н., Думлер А.А., Полещук А.Н., Богданов К.В., Черепанов Ф.М. Нейросетевая система экспресс-диагностики сердечно-сосудистых заболеваний // Пермский медицинский журнал. 2011. Т. 28, № 4. С. 77–86.
10. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные информационные технологии и системы / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2007. 271 с.
11. Ясницкий Л.Н. О возможностях применения методов искусственного интеллекта в политологии // Вестник Пермского университета. Сер. Политология. 2008. № 2. С. 147–155.
12. Ясницкий Л.Н., Павлов И.В., Черепанов Ф.М. Прогнозирование результатов олимпийских игр 2014 года в неофициальном командном зачете методами искусственного интеллекта // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/113-11206> (дата обращения: 25.12.2013).
13. Ясницкий Л.Н., Черепанов Ф.М. О возможностях применения нейросетевых технологий в политологии // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2010. № 8. С. 47–53.
14. Blaikie A.D., Abud G.J., David J.A., and Pasteur R.D. NFL and NCAA Football Prediction using Artificial Neural Networks / Proceedings of the Midstates Conference for Undergraduate Research in Computer Science and Mathematics, Denison University, Granville, OH, 2011.
15. McCulloch W. S., Pitts W. A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity // Bull. Mathematical Biophysics. 1943. Vol. 5.
16. Rosenblatt F. Principles of Neurodynamics. New York: Spartan Books, 1962.
17. Yasnitsky L.N., Bogdanov K.V., Cherepanov F.M., Makurina T.V., Dumler A.A., Chugaynov S.V., Poleschuk A.N. Diagnosis and Prognosis of Cardiovascular Diseases on the Basis of Neural Networks // Biomedical Engineering. 2013. Т. 47, № 3. С. 160–163.
18. Young II W.A., Holland W.S., Wekman G.R. Determining Hall of Fame Status for Major League Baseball Using an Artificial Neural Network // Journal of Analysis in Sports. 2008. Vol. 4. Is. 4.

Technique of neuronetwork forecasting of the results of sports meets on the example of the world cup-2015 in athletics

L. N. Yasnitsky, A. V. Kirosova, A. V. Rategova

Perm State University, Russia, 614990, Perm, Bukirev st., 15; yasn@psu.ru; (342) 271 61 68

F. M. Cherepanov

Perm State Humanitarian Pedagogical University, Russia, 614990, Perm, Sibirskaya st., 24

A computer program intended for detecting regularities and forecasting the results of men's 100 m of the World Cup -2015 in track and field athletics is developed. The neural network based on the results of the previous World Cups and the Olympic Games lies in the heart of the program. Besides forecasts the program allows to estimate the influence of the parameters' change characterizing athletes on their sports results, and also to select optimum combinations of these parameters for each athlete. By research of neuronetwork mathematical model recommendations about improvement of productivity of well-known athletes are developed: Useyn Bolte, Tyson Gay, Christoff Lemetr, Nessa Carter, Johan Blake and Justin Getlin.

Key words: artificial intelligence; a neural network; regularities; statistical information; the World Cup – 2015; track and field athletics; the forecast; recommendations Useyn Bolte; Tyson Gay; Christoff Lemetr; Nessa Carter; Johan Blake; Justin Getlin.