

УДК 004.89

РАЗРАБОТКА И МОДИФИКАЦИЯ МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПОРТИВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Крутиков А.К., Мельцов В.Ю., Подковырин В.Д.

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: yadrodisk@yandex.ru

В статье описывается целесообразность создания программной системы на основе средств и методов искусственного интеллекта для прогнозирования спортивных результатов в индивидуальных и командных видах спорта. Приведена модульная структура прототипа системы, основанная на применении в каждом модуле различных моделей искусственных нейронных сетей. В качестве моделей используются: каскадная нейронная сеть, обобщенно-регрессионная нейронная сеть, нейронная сеть с радиально-базисными функциями и нейронная сеть векторного квантования сигналов. Приведены варианты модификации модулей. Описана структура нейронной сети векторного квантования и способ её применения при выполнении прогноза. В качестве примера модификации рассмотрена структура системы с конвейеризацией нейронных сетей. Подробно описаны эксперименты с использованием нейронной сети векторного квантования сигналов по прогнозированию исхода поединка в смешанных единоборствах между россиянином Хабибом Нурмагомедовым и американцем Дастином Порье. Приведены рекомендации пользователю по формированию специализированных обучающих выборок и проведению этапа обучения различных модулей. Проанализирован вариант применения специального алгоритма обучения. Рассмотрены перспективы дальнейшей модернизации и программной реализации системы на модульной основе для тестирования и апробации в спортивных клубах, специализированных аналитических центрах и других спортивных организациях.

Ключевые слова: прогнозирование событий, искусственная нейронная сеть, спортивный результат, обучающая выборка, нейронная сеть векторного квантования, LVQ-сеть

DEVELOPMENT AND MODIFICATION OF THE MODULAR STRUCTURE OF THE SPORTS RESULTS FORECASTING SYSTEM

Krutikov A.K., Meltsov V.Yu., Podkovyirin V.D.

Vyatka State University, Kirov, e-mail: yadrodisk@yandex.ru

The article describes the feasibility of creating a software system based on artificial intelligence tools and methods for predicting sports results in individual and team sports. The modular structure of the system prototype based on the use of different models of artificial neural networks in each module is presented. The following models are used: cascade neural network, generalized regression neural network, neural network with radial basis functions and neural network of vector quantization of signals. Variants of modules modification are given. The structure of the neural network of vector quantization and the method of its application in the prediction are described. As an example of modification, the structure of the system with the pipelining of neural networks is considered. Experiments using a neural network of vector quantization of signals to predict the outcome of the fight in mixed martial arts between Russian Habib Nurmagomedov and American Dustin Poirier are described in detail. Recommendations are given to the user on the formation of specialized training samples and the training phase of various modules. The option of applying a special learning algorithm is analyzed. The prospects of further modernization and software implementation of the system on a modular basis for testing and testing in sports clubs, specialized analytical centers and other sports organizations are considered.

Keywords: event forecasting, artificial neural network, sports result, training sample, neural network of vector quantization, LVQ-network

Специалисты в любой предметной области – технической, гуманитарной, экономической или естественнонаучной – определяют способы того, как оптимизировать, сделать более эффективными результаты своей профессиональной деятельности. В настоящий момент в мире наблюдается высокий уровень развития информационных технологий, нейросетевых технологий, технологий глубокого машинного обучения. Всё больше сфер жизнедеятельности человека используют результаты этого развития для получения новых методик и методологий обработки информации, соответствующей данной предметной области. В том числе к таким сферам жизнедеятельности относится область физической культуры и спорта.

Профессиональный спорт предполагает противостояние не только непосредственно между спортсменами, но и конкуренцию их тренеров, промоутеров и менеджеров. В спорте, так или иначе, соревнуются различные тренировочные системы, планы и методики подготовки, системы спортивной медицины [1]. В целом это приводит к соревнованию государственных (национальных) систем обеспечения и поддержки как любительского, так и профессионального спорта [2]. Планирование и прогнозирование в спорте – элемент крайне необходимый специалистам для обработки огромного объема информации, получения предварительных (планируемых) результатов, их анализа и соответствующей корректировки методик подготовки. В качестве

основных показателей выступают: объем выполняемой работы, интенсивность проведения каждого вида занятий, сроки адаптации организма спортсмена к указанным нагрузкам, выделение наиболее слабых элементов подготовки в заданный период времени и т.п.

Применение технологий искусственного интеллекта в спорте – это динамично развивающаяся область [3, 4], позволяющая оптимизировать тренировочный процесс, анализировать и обрабатывать основные параметры, выстраивать командные и индивидуальные стратегии и, в том числе, формировать спортивные прогнозы [5]. Одним из аппаратов искусственного интеллекта, позволяющим осуществлять качественное прогнозирование, являются искусственные нейронные сети [6–8].

Цель исследования: оптимизация, детализация и повышение точности процесса прогнозирования и планирования в области спорта с использованием, в частности искусственных нейронных сетей.

Материалы и методы исследования

Научными сотрудниками лаборатории «Интеллектуальные системы» им. В.А. Байкова Вятского государственного университета ранее был разработан программный прототип, предназначенный для прогнозирования исходов некоторых значимых спортивных событий [9]. Многие модели (каскадная нейронная сеть, RBF-сеть, GRNN-сеть) показали хорошие результаты, в том числе при прогнозировании результатов в легкой атлетике [10], спортивных единоборствах [11], хоккее и баскетболе. Данные модели предназначены для эффективного прогнозирования в тех видах спорта, где предполагаемым результатом является один конкретный числовой параметр. Сети работают схожим образом: имеется обучающая выборка, составленная на основе тестовых и контрольных результатов спортсмена, снимаемых в строго

определенные периоды подготовки. При необходимости возможно включение дополнительных, в том числе внешних факторов, например погодных. Выборка формируется в набор векторов, каждый из которых, в свою очередь, является набором зафиксированных показателей в указанный период. Нейронная сеть настраивается и обучается одним из известных алгоритмов [7], после чего на входы поступает вектор текущих контрольных и тестовых результатов спортсмена (команды), а с выхода сети снимается прогнозируемый результат.

Предлагаемая в данной работе LVQ-сеть обучается схожим образом, однако на выходе нейронной сети в качестве результата снимается вектор n -размерных данных, где n – количество классов. Классом в данном случае является определенное спортивное событие, которое может наступить, как один из вариантов прогноза. Все векторы обучающей выборки коррелируются только с одним заранее определенным классом. Результирующий вектор образуется из сигналов нейронов выходного слоя LVQ-сети, где каждому нейрону соответствует свой класс. На рис. 1 приведён пример нейросети, где четыре нейрона выходного слоя прогнозируют возможное наступление одного из четырёх событий: победа, поражение, ничья, травма. Результирующий вектор (1,0,0,0) информирует о получении сигнала 1 на выходе первого нейрона, что соответствует прогнозируемой победе спортсмена, с учётом достоверности данных, указанных в обучающих выборках.

Кроме LVQ-сети были реализованы и другие современные модели нейросетового подхода. Для каждой нейронной сети составлялась и обрабатывалась специальная обучающая выборка [12]. Выборка содержит определенное количество векторов, каждый из которых, в свою очередь, содержит результаты определенного количества проведённых тестовых и контрольных испытаний (показатели общефизических тестов, специальных упражнений, контрольных стартов и т.п.). Главным отличием архитектуры и организации предлагаемой системы является не только модульность структуры, но и применение принципа конвейеризации разработанных модулей для детализации выполняемых прогнозов.

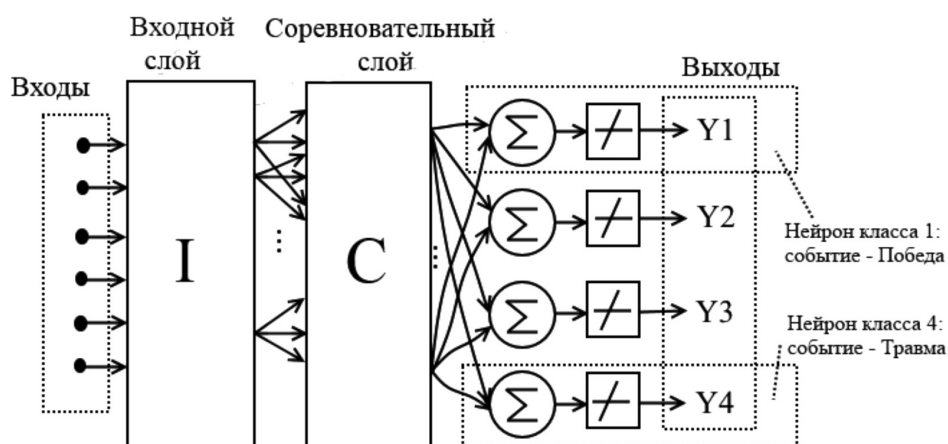


Рис. 1. Соответствие классов сигналам выходного слоя LVQ-сети

Детализация прогноза в данном случае подразумевает прогнозирование еще и ряда контрольных промежуточных параметров, необходимых для значительного повышения качества прогнозирования итогового исхода конечным модулем. Например, прогнозируемый результат поединка в дисциплине смешанные единоборства может, в свою очередь, зависеть от прогнозируемого веса спортсменов на момент боя, прогнозируемого количества ударов, введенных спортсменами до цели, прогнозируемых рецидивов небольших травм у спортсменов и даже прогнозируемых погодных условий при проведении соревнований (турнира) на открытом воздухе. Конвейеризация модулей с различными моделями нейронных сетей для детализации прогноза приведена на рис. 2.

Стоит отметить, что каждая нейронная сеть обучается отдельно от остальных моделей. Обучающие выборки для каждой из них готовятся заранее, с участием профессиональных специалистов по тем спортивным дисциплинам, в рамках которых выполняется прогнозирование. Именно они устанавливают наиболее значимые параметры, дают рекомендацию о том, как стоит разделять параметры на группы и какие прогнозируемые контрольные единицы могут повлиять на прогноз профильного результата.

Для примера системы, приведенного на рис. 2, было подготовлено шесть обучающих выборок. Четыре первые – это выборки на основе контрольных нормативов за указанный период времени, показатели спортсменов на специальных силовых тренировках, результаты анализов применяемой фармакологической программы и имеющиеся данные об основных погодных параметрах на выбранный период и место проведения соревнований. Пятая выборка формируется модулями первого уровня (слоя) и, в некоторых случаях, может быть модифицирована грамотным

специалистом. Эта выборка содержит контрольные единицы, которые имеют существенное влияние на результаты работы LVQ и GRNN-сетей, составляющих второй слой системы. Шестая выборка формируется с учётом контрольных единиц от модулей второго уровня. Конечная LVQ-сеть выдаёт итоговый результат.

Результаты исследования и их обсуждение

Основные эксперименты с использованием предлагаемой сети были проведены при прогнозировании результата боя за титул чемпиона UFC между российским бойцом смешанного стиля Хабибом Нурмагомедовым [13] и американским бойцом Дастином Порье [14]. Эксперименты проводились с учётом различных вариантов структуры этой нейронной сети и при изменении настроек параметров программных модулей.

Обучающая выборка составлена на основе открытых источников [13, 14] в сети Интернет. Векторы обучающих выборок сформированы из основных параметров двух спортсменов (условно разделённых на первого и второго) и включают в себя статистические и антропометрические данные спортсменов, информацию о стиле боя каждого участника, а также количество побед, достигнутых при помощи приемов «удушение» и нокаутов, в том числе технических. Фрагмент обучающей выборки приведен на рис. 3.

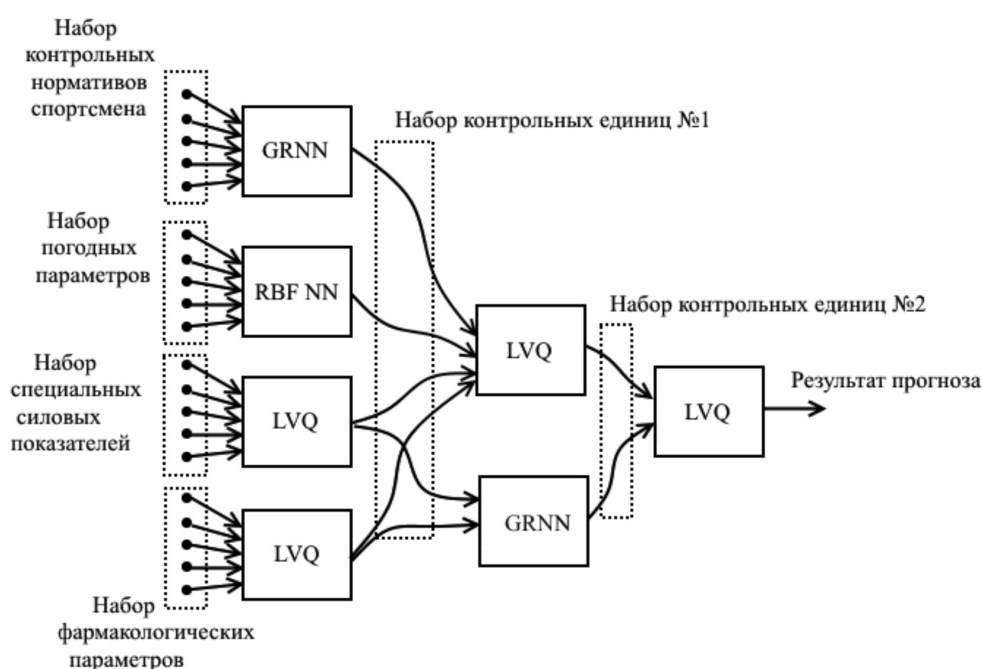


Рис. 2. Конвейеризация модулей нейронных сетей для детализации прогноза

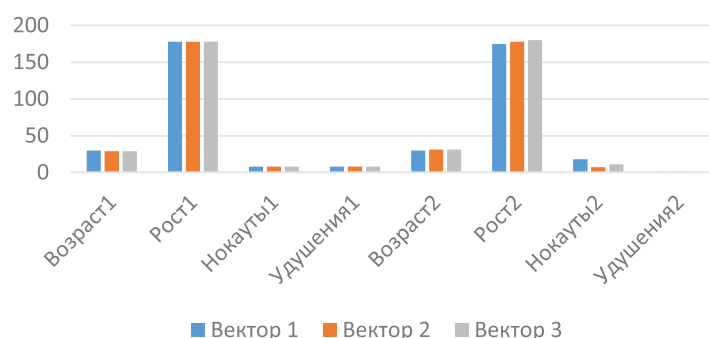


Рис. 3. Фрагмент обучающей выборки

Нейронная сеть векторного квантования обучена и реализована в среде MATLAB. Модуль принимает на входы вектора, состоящие из текущих основных параметров участников поединка, а на выходе снимается результат, который и является наиболее вероятным прогнозом на бой. В данном случае результатом работы системы прогнозирования является вектор, состоящий из двух показателей. Вектор (1,0) соответствует классу № 1 – классу события «победа первого бойца», то есть победе Хабиба Нурмагомедова. Вектор (0,1) соответствует классу № 2 – классу события «победа второго бойца», то есть победе Дастина Порье соответственно.

Для обучения нейронной сети использовался алгоритм LVQ2.1 [12]. Данный алгоритм останавливается после фиксированного числа эпох обучения, которое задается программно. Время обучения, соответственно, зависит от количества заданных эпох обучения. Эксперименты проводились при минимальных значениях начальной скорости обучения нейронной сети. Размерность структур взята в диапазоне от одного нейрона конкурентного слоя до 3328 нейронов конкурентного слоя сети. Результаты некоторых экспериментов с сетью, обученной алгоритмом LVQ2.1, приведены в таблице. В первых столбцах таблицы указывается количество нейронов конкурентного слоя LVQ-сети, в соответствии со структурой данного типа сетей, во втором столбце – количество эпох обучения нейронной сети, в соответствии с алгоритмом обучения [12]. Результат прогноза приведен в виде вектора, описанного ранее.

В 77% случаев LVQ-сеть дала верные прогнозы на исход поединка. При увеличении начальной скорости обучения наблюдалась тенденция к увеличению процента ошибочных прогнозов. При укрупнении структуры нейронной сети и начальной скорости обучения равной 0,0001 процент верных прогнозов исхода поединка увеличивался.

Результаты экспериментов

Количество нейронов	Количество эпох обучения	Время (с)	Результат прогноза
1	200	1 с	(0,1)
13	200	1 с	(1,0)
44	200	8 с	(1,0)
156	200	26	(1,0)
346	200	60 с	(1,0)
669	200	89 с	(0,1)
1179	200	155 с	(1,0)
3328	200	581 с	(1,0)

Эксперименты с GRNN-сетью показали, что последняя так же верно определила победителя в 86% случаев. Стоит отметить, что LVQ-сеть относит вектор к известному классу, то есть фактически решает задачу классификации набора параметров и «отнесения» результата к одному из спортивных исходов. В свою очередь, GRNN-сеть скорее аппроксимирует функцию с некоторым числом аргументов к определенному значению.

Заключение

Эксперименты показали, что применение нейронных сетей для прогнозирования результатов спортивных достижений, как отдельных спортсменов, так и команд весьма эффективно и крайне перспективно. Работа тренерского штаба с подобной системой позволит использовать в обучающей выборке значительно большее число параметров, так или иначе влияющих на результат.

Все модули системы продолжают тестироваться с различными наборами исходных датасетов на базе новых актуальных событий в мире спорта. Составлены и продолжают дополняться методические рекомендации по разработке и структуризации обучающих выборок, а также использованию программных моделей нейронных сетей в качестве инструмента прогнозирования.

Для повышения эффективности работы системы имеется возможность каскадирования модулей, со специализацией каждого модуля для решения отдельной, промежуточной задачи. Для модификации структуры и обучения подобных модулей требуется привлечение специалистов узких спортивных профилей, имеющих большой опыт в своей области.

Ведется работа по переходу от прототипа системы к коммерческой программной реализации с упрощенным интерфейсом [15], позволяющим начать подготовку к апробации системы в спортивных клубах и аналитических центрах и дальнейшему массовому внедрению. Более точное и качественное спортивное прогнозирование дает возможность специалистам определенного профиля принимать важные решения по изменению методики подготовки атлетов и команд, с целью достижения более высоких спортивных результатов.

Список литературы

1. The Olympic Textbook of Science in Sport (The Encyclopedia of Sports Medicine) / Editor R. Maughan. Oxford: Wiley-Blackwell, 2009. 440 p.
2. Дагаев Д.А. Анализ данных в спорте: взаимодействие учёных, клубов и федераций. Лекция в Яндекс. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/3519> (дата обращения: 01.09.2019).
3. Бурева В.К., Стоянов Е.И. Применение методов искусственного интеллекта в спорте // Актуальные вопросы технических наук: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2015 г.). Пермь: Зебра, 2015. С. 1–12. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/125/7831/> (дата обращения: 01.09.2019).
4. Machine Learning and Data Mining for Sports Analytics ECML/PKDD 2013 workshop, (27 September 2013). Prague, Czech Republic. [Electronic resource]. URL: <https://dtai.cs.kuleuven.be/events/MLSA13/> (date of access: 01.09.2019).
5. Acikkar M., Akay M. Support vector machines for predicting the admission decision of a candidate to the School of Physical Education and Sports at Cukurova University. Expert Systems with Applications. 2009. vol. 36 (3). Part 2. P. 7228–7233.
6. Жуков С.В., Зеленский А.В. Использование нейронных сетей в построении оптимальной тренировочной траектории в биатлоне // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2017. № 5(147). С. 81–88.
7. Perl J. Neural network-based process analysis in sport. In J.R.R. Dopico, J. Dorado de la Calle & A.P. Sierra (Eds.). Encyclopedia of artificial intelligence. III. 2008. P. 1212–1218.
8. Касюк С.Т., Вахтомова Е.М. Использование нейронных сетей для анализа и прогнозирования данных в физической культуре и спорте // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2013. № 12 (106). С. 72–79.
9. Крутиков А.К., Клюкин В.Л., Подковырин В.Д. Нейронная сеть радиально-базисных функций в системе прогнозирования спортивных результатов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018): сборник статей XVIII Всероссийской научно-практической конференции. Киров: ВятГУ, 2018. С. 438–444.
10. Мельцов В.Ю., Подковырин В.Д., Клюкин В.Л., Крутиков А.К. Использование каскадной нейронной сети прямой передачи для прогнозирования спортивных достижений в толкании ядра // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 4. С. 136–139.
11. Мельцов В.Ю., Крутиков А.К., Долженкова М.Л., Чистяков Г.А., Подковырин В.Д. Применение нейросетевых алгоритмов кластерного анализа при решении задач прогнозирования спортивных событий // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 12. С. 250–252.
12. Крутиков А.К. Особенности обучения нейронной сети векторного квантования при разработке специализированного программного модуля // Южно-Сибирский научный вестник. 2019. № 2 (26). С. 150–154.
13. Fight Time. Информационный портал о смешанных единоборствах, рейтинги: Хабиб Нурмагомедов. [Электронный ресурс]. URL: <https://fighttime.ru/fighters/56035/Khabib-Nurmagomedov.html> (дата обращения: 01.09.2019).
14. Fight Time. Информационный портал о смешанных единоборствах, рейтинги: Дастин Порье. URL: <https://fighttime.ru/fighters/50529/Dustin-Poirier.html> (дата обращения: 01.09.2019).
15. Meltsov V.Y., Lesnikov V.A., Dolzhenkova M.L. Intelligent system of knowledge control with the natural language user interface. Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies: Proceedings of the 2017 International Conference. 2017. P. 671–675.