

## РАЗРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ КАК ЭЛЕМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ СПОРТИВНЫХ СОРЕВНОВАНИЙ

**Юшкин В. Н. ORCID ID 0000-0003-3965-4397,  
Марченко С. С. ORCID ID 0000-0002-2627-6465,  
Стрижакова Е. А. ORCID ID 0000-0002-3149-8425,  
Пенькова Р. И. ORCID ID 0000-0002-9348-4408**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград, Российская Федерация,  
e-mail: aup-volgau@yandex.ru*

Современные спортивные соревнования представляют собой сложные организационные системы, в которых эффективность управления во многом зависит от объективности и точности оценки силы участников. Существующие подходы к построению рейтингов зачастую не обеспечивают достаточной прогностической ценности из-за игнорирования количественных характеристик выступлений команд. Целью исследования является разработка и апробация статистической модели рейтинговой оценки хоккейных команд на основе использования ключевых показателей выступления команд – количества проведенных игр, забитых и пропущенных голов – с последующим сравнением этих метрик для прогнозирования результатов матчей. В работе использованы данные регулярного чемпионата Континентальной хоккейной лиги за сезон 2024–2025 гг., применен метод ретроспективного прогнозирования с расчетом средних показателей атаки и обороны для каждой команды. На основе предложенной модели были рассчитаны индивидуальные рейтинги всех 23 команд лиги, что позволило провести сравнительный анализ их относительной силы и спрогнозировать исходы матчей. Модель продемонстрировала высокую степень соответствия прогнозируемых и фактических результатов, подтвердив значимость учета разницы в счете как ключевого показателя эффективности. Работа соответствует пункту паспорта научной специальности «Управление в организационных системах», а именно разработке математических моделей и критериев эффективности управления. Разработанная модель обеспечивает объективную, воспроизводимую и интерпретируемую оценку силы команд и может быть использована как инструмент поддержки принятия управленческих решений в условиях организационных систем спортивного управления.

**Ключевые слова:** статистическая модель, рейтинговая оценка, прогнозирование результатов, эффективность управления, организационная система, спортивные соревнования, математическая модель, анализ данных, поддержка управленческих решений

## DEVELOPMENT OF A STATISTICAL MODEL FOR RATING AS A CONTROL ELEMENT OF THE ORGANIZATIONAL SYSTEM OF SPORTS COMPETITIONS

**Yushkin V. N. ORCID ID 0000-0003-3965-4397,  
Marchenko S. S. ORCID ID 0000-0002-2627-6465,  
Strizhakova E. A. ORCID ID 0000-0002-3149-8425,  
Penkova R. I. ORCID ID 0000-0002-9348-4408**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Volgograd State Agrarian University”, Volgograd, Russian Federation,  
e-mail: aup-volgau@yandex.ru*

Modern sports competitions are complex organizational systems in which the effectiveness of management largely depends on the objectivity and accuracy of the assessment of the strength of the participants. Existing approaches to building ratings often do not provide sufficient predictive value due to ignoring the quantitative characteristics of team performances. The aim of the study is to develop and test a statistical model for rating hockey teams based on the use of key performance indicators of teams – the number of games played, goals scored and conceded – and then compare these metrics to predict match results. The paper uses data from the Kontinental Hockey League regular season for the 2024–2025 season, and uses a method of retrospective forecasting with the calculation of average offensive and defensive indicators for each team. Based on the proposed model, the individual ratings of all 23 league teams were calculated, which made it possible to conduct a comparative analysis of their relative strength and predict the outcome of matches. The model demonstrated a high degree of consistency between the predicted and actual results, confirming the importance of accounting for the difference in the bill as a key indicator of efficiency. The work corresponds to the point of the passport of the scientific specialty “Management in organizational systems”, namely, the development of mathematical models and criteria for management effectiveness. The developed model provides an objective, reproducible and interpretable assessment of the strength of teams, and can be used as a tool to support managerial decision-making in the context of organizational sports management systems.

**Keywords:** statistical model, rating assessment, forecasting of results, management efficiency, organizational system, sports competitions, mathematical model, data analysis, management decision support

## Введение

На сегодняшний день спортивные соревнования представляют собой сложные организационные системы, в которых эффективность управления зависит от точности анализа данных, объективности оценок и качества прогнозирования результатов. Одним из важных аспектов в этой области является разработка рейтинговых систем, позволяющих количественно оценивать силу участников соревнований и предсказывать исходы матчей. В условиях высокой конкуренции и значимости принимаемых решений (например, стратегического планирования, формирования расписания или трансферной политики), актуально применение математических моделей и статистических методов для повышения прозрачности и обоснованности управленческих действий [1].

Исследование рейтинговых систем в спорте и, в частности, в хоккее имеет долгую историю. На протяжении последних десятилетий ученые и практики разрабатывали различные методы оценки силы команд, основанные как на простых турнирных данных, так и на сложных статистических и вероятностных моделях. В работах отечественных и зарубежных авторов рассматриваются вопросы прогнозирования результатов матчей, построения рейтингов, анализа эффективности и применения этих инструментов в управлении организационными системами [2–4].

В классических исследованиях (например, [5]) предлагаются базовые модели, такие как система Эло, которые изначально применялись в шахматах, но затем адаптировались и для спортивных игр, включая хоккей. Позднее появились работы, в которых учитывались дополнительные факторы – домашнее преимущество, разница мячей, сила соперника и другие параметры [6, 7].

Отдельное внимание в литературе уделяется применению статистических методов для анализа хоккейных матчей. В работах [8, 9] рассматриваются регрессионные модели, модели на основе Пуассоновского распределения и байесовские методы. Эти исследования демонстрируют возможности математического моделирования в области прогнозирования спортивных результатов. Большое значение также имеет учет взаимосвязанности исходов матчей, например, через корреляцию забитых голов двух команд [10]. Некоторые авторы предлагают использовать вероятностные графические модели, такие как байесовские сети, для повышения точности прогнозирования результатов матчей [11]. Качественные методы принятия решений также находят приме-

нение в задачах оценки силы команд и выбора стратегии игры. Например, вербальный анализ решений может использоваться при формировании экспертных оценок, дополняющих формальные модели. Методы принятия решений в условиях неопределенности помогают учитывать внешние факторы, влияющие на исходы матчей, особенно при недостатке данных или высокой динамике показателей. В современных исследованиях все чаще используются методы машинного обучения, в том числе нейронные сети, для прогнозирования спортивных событий. Это позволяет выявлять сложные закономерности в больших массивах исторических данных [12, 13].

В рамках управления организационными системами особый интерес представляют работы, связанные с применением рейтинговых систем как элементов управления, которые исследуют использование рейтингов в задачах оптимизации, планирования и поддержки принятия решений [14, 15].

Несмотря на обилие моделей, остается актуальной задача разработки простых, воспроизводимых и при этом достаточно точных алгоритмов, которые могут быть использованы в реальных условиях организационных систем спорта. Представленная в статье модель направлена на решение именно этой задачи.

Рейтинговые системы находят широкое применение в различных областях – от спорта и образования до экономики и политики. В контексте спортивных соревнований, особенно таких массовых и коммерчески значимых, как хоккей, рейтинговая оценка является важным инструментом для анализа выступления участников, прогнозирования результатов и поддержки управленческих решений.

Объектом исследования выступают организационные системы спортивных соревнований, в частности профессиональные хоккейные лиги. Предметом исследования являются методы и модели рейтингования команд, основанные на статистике их выступлений.

В ходе исследования выявлено противоречие между существующими подходами к построению рейтингов, которые зачастую не учитывают специфику взаимных встреч и недостаточно согласованы с реальными результатами игр, и потребностью в объективной, воспроизводимой и управляемой системе оценки эффективности команд.

Гипотеза исследования заключается в том, что использование статистических моделей, основанных на сравнении показателей забитых и пропущенных голов, позволяет повысить точность прогнозирова-

ния результатов матчей и обеспечить более объективную оценку силы команд.

Научная новизна работы состоит в разработке статистической модели рейтинговой оценки хоккейных команд, ориентированной на максимальное соответствие прогнозируемых результатов реальным исходам матчей, а также в его программной реализации и тестировании на данных турнира Континентальной хоккейной лиги (КХЛ) за сезон 2024–2025 гг.

Актуальность темы исследования. Современные спортивные соревнования, в особенности профессиональные хоккейные чемпионаты, представляют собой сложные организационные системы, где от эффективности управления зависит не только результативность участников, но и устойчивость всей лиги. В условиях высокой конкуренции, значительных финансовых интересов и широкого общественного внимания возрастает потребность в объективных, воспроизводимых и научно обоснованных методах анализа выступления команд.

Одним из ключевых инструментов повышения прозрачности и управляемости таких систем являются рейтинговые модели, позволяющие оценивать силу участников, прогнозировать исходы матчей и поддерживать принятие стратегических решений.

Разработка и внедрение статистических моделей рейтинговой оценки, учитывающих специфику взаимных встреч и основанных на математически обоснованных принципах, является актуальной научной задачей. Такие модели способствуют не только улучшению аналитической базы спортивного управления, но и развитию методов интеллектуальной поддержки принятия решений в рамках организационных систем.

**Цель исследования** – разработка и апробация статистической модели рейтинговой оценки хоккейных команд на основе использования ключевых показателей выступления команд – количества проведенных игр, забитых и пропущенных голов – с последующим сравнением этих метрик для прогнозирования результатов матчей.

#### **Материалы и методы исследования**

С научной точки зрения задача построения рейтинговой модели относится к области управления в организационных системах, поскольку предполагает формализацию, анализ и оптимизацию процессов принятия решений на основе объективных данных.

В ходе выполнения исследования использовались как теоретические, так и практические методы.

1. Анализ статистических данных. Для построения рейтинговой модели были собраны и обработаны данные о результатах матчей турнира Континентальной хоккейной лиги (КХЛ) за сезон 2024–2025 гг. Обрабатываемые показатели включали: количество проведенных матчей, число забитых и пропущенных голов, результаты личных встреч между командами.

2. Математическое моделирование. Разработана статистическая модель рейтинговой оценки, основанная на сравнении средних значений забитых и пропущенных голов каждой команды. В данной модели сравнение выполнялось с использованием суммирования показателей. Модель учитывает силу соперников и позволяет прогнозировать исходы матчей.

3. Прогностический анализ. На основе полученных рейтингов проводилось прогнозирование исходов матчей. Достоверность прогноза оценивалась путем сравнения предсказанных результатов с фактическими данными. В качестве критерия эффективности модели использовался показатель – процент совпадений между прогнозируемыми и реальными результатами матчей.

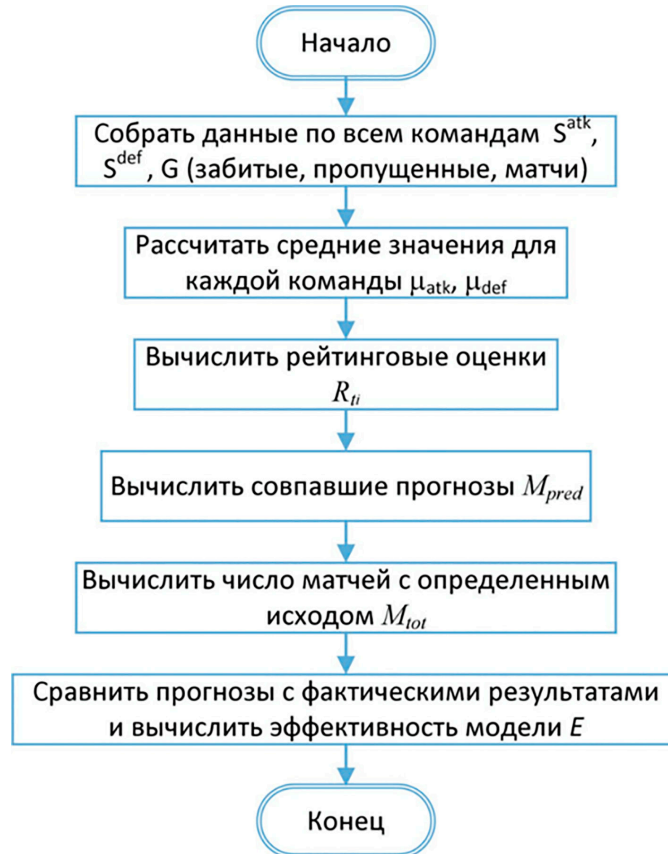
4. Программная реализация. Для автоматизации расчетов и повышения точности анализа был разработан программный модуль. Реализация включала: чтение и обработку входных данных, вычисление рейтинговых показателей, сравнение прогнозируемых и фактических результатов, вывод отчетов и таблиц с результатами анализа.

5. Количественная оценка эффективности. Для оценки качества модели использовался количественный критерий – доля совпадений между предсказанными и фактическими исходами матчей. Это позволило объективно оценить эффективность предложенного подхода и его применимость в практике управления спортивными соревнованиями.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Основой для хранения и обработки исторических данных выступает локальная структурированная база данных с прямым доступом. Каждая запись в базе формализована в виде пользовательского типа данных, содержащего следующие атрибуты матча: дату проведения (год, месяц, день); уникальные идентификаторы участвующих команд; количество заброшенных каждой командой шайб.

Справочная информация, включая наименования команд, подгружается из базы данных, что обеспечивает масштабируемость модуля при изменении состава участников лиги.



Блок-схема алгоритма расчета рейтинговой оценки и эффективности модели  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Описание математической модели. Пусть  $T = \{1, 2, \dots, N\}$  – множество команд ( $N$  – общее число команд). Каждый матч характеризуется:  
 –  $t_1, t_2 \in T$  – номера команд – участников матча,  
 –  $b_1, b_2 \in \mathbb{Z} \geq 0$  – количество голов, забитых командами  $t_1$  и  $t_2$  соответственно.

Накопление статистики по каждой команде. Для каждой команды  $i \in T$  накапливаются следующие показатели:

$$S_i^{atk} = \sum_{\text{матчи с участием } i} b_i, \quad (1)$$

$$S_i^{def} = \sum_{\text{матчи с участием } i} b_j \quad j \neq i. \quad (2)$$

Расчет средних показателей выполнялся по следующим зависимостям:

$$\mu_i^{atk} = \frac{S_i^{atk}}{G_i}, \quad (3)$$

$$\mu_i^{def} = \frac{S_i^{def}}{G_i}, \quad (4)$$

где  $G_i$  – количество матчей, сыгранных командой  $i$ .

Рейтинговая оценка команд вычислялась по формулам

$$R_{t_1} = \mu_{t_1}^{atk} + \mu_{t_2}^{def}, \quad (5)$$

$$R_{t_2} = \mu_{t_2}^{atk} + \mu_{t_1}^{def}. \quad (6)$$

Процедура прогнозирования исхода матча выполнялась по следующему алгоритму: если  $R_{t_1} > R_{t_2}$ , то прогнозируем победу  $t_1$ ; если  $R_{t_1} < R_{t_2}$ , то прогнозируем победу  $t_2$ . Оценка эффективности модели вычисляется по формуле

$$E = \frac{\text{Число матчей с совпавшим прогнозом}}{\text{Общее число матчей с определённым исходом}}. \quad (7)$$

## Статистические показатели и оценка эффективности модели

Команда	$G$	$S^{atk}$	$\mu_{atk}$	$S^{def}$	$\mu_{def}$	$M_{pred}$	$M_{tot}$	$E$
Локомотив	68	191	2,8088	122	1,7941	49	68	72,059
Трактор	68	223	3,2794	159	2,3382	47	68	69,118
Салават Юлаев	68	212	3,1176	159	2,3382	41	68	60,294
Металлург Мг	68	197	2,8971	154	2,2647	43	68	63,235
Динамо М	68	204	3,0000	167	2,4559	40	68	58,824
Автомобилист	68	178	2,6176	165	2,4265	43	68	63,235
Ак Барс	68	211	3,1029	162	2,3824	44	68	64,706
Авангард	68	205	3,0147	168	2,4706	43	68	63,235
Спартак	68	221	3,2500	197	2,8971	35	68	51,471
Динамо Мн	68	206	3,0294	161	2,3676	37	68	54,412
ЦСКА	68	194	2,8529	170	2,5000	42	68	61,765
Северсталь	68	200	2,9412	198	2,9118	39	68	57,353
СКА	68	236	3,4706	205	3,0147	48	68	70,588
Торпедо	68	204	3,0000	196	2,8824	47	68	69,118
Сибирь	68	171	2,5147	196	2,8824	46	68	67,647
Адмирал	68	184	2,7059	204	3,0000	46	68	67,647
Нефтехимик	68	159	2,3382	200	2,9412	43	68	63,235
Куньлунь Ред Стар	68	171	2,5147	235	3,4559	44	68	64,706
Витязь	68	163	2,3971	188	2,7647	49	68	72,059
Лада	68	150	2,2059	188	2,7647	44	68	64,706
ХК Сочи	68	153	2,2500	226	3,3235	46	68	67,647
Амур	68	150	2,2059	235	3,4559	54	68	79,412
Барыс	68	99	1,4559	227	3,3382	54	68	79,412
Общее	1564	4282		4282		1024	1564	
Среднее по турниру	68	186,174	2,7379	186,174	2,7379			65,473

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Блок-схема алгоритма статистической модели рейтинговой оценки хоккейных команд приведена на рисунке. Алгоритм включает этапы сбора данных по матчам (забитые и пропущенные голы, количество игр), расчет средних показателей, вычисление рейтинговых оценок и прогнозирование исходов матчей. Эффективность модели определяется как процент совпадений между предсказанными и фактическими результатами. Блок-схема наглядно отражает последовательность действий при реализации модели.

В рамках концепции управления организационными системами модель включает контур обратной связи, который на текущем этапе реализации замыкается организационно – через лицо, принимающее решения. На финальном шаге работы модуля оценивается показатель эффективности модели. В случае, если доля совпавших прогнозов опускается ниже приемлемого для системы

порога, лицо, принимающее решение получает аналитический сигнал о снижении прогностической способности.

Интерфейс взаимодействия с лицом, принимающим решения, построен на базе табличного представления данных и автоматической генерации отчетов. Рабочая область интерфейса визуализирует для лиц, принимающих решения, итоговую матрицу, в которой по каждой команде отображаются: суммарное количество игр, забитые и пропущенные шайбы, рассчитанные средние показатели атаки и обороны, а также количество совпавших прогнозов. Дополнительно на панель управления выводятся глобальные метрики эффективности модели: общее число проанализированных матчей, количество верно спрогнозированных исходов и итоговый процент точности прогноза. Такой подход позволяет ЛПР оперативно оценивать статистическую картину турнира и использовать полученные анали-

тические выкладки для поддержки принятия управленческих решений.

В качестве примера применения статистического метода был рассмотрен турнир Континентальной хоккейной лиги (КХЛ) в сезоне 2024–2025 гг. На первом шаге для каждой команды было вычислено суммарное количество забитых  $S^{atk}$  и пропущенных  $S^{def}$  голов, а также общее число сыгранных матчей  $G$  каждой из команд. На втором шаге для каждой команды рассчитывается среднее количество забитых  $\mu_{atk}$  и пропущенных  $\mu_{def}$  голов за матч. На третьем шаге были вычислены рейтинговые оценки команд  $R_{t_i}$ . На четвертом шаге было вычислено число матчей с совпавшим прогнозом  $M_{pred}$  и общее число матчей с определенным исходом  $M_{tot}$ . На пятом финальном шаге была вычислена оценка эффективности модели  $E$  (таблица).

Всего было сыграно 782 матча, в 512 из них прогноз совпал с реальным результатом. Эффективность модели составила:

$$E = \frac{\text{Число совпадений}}{\text{Общее число матчей}} = \frac{512}{782} = 0,65473 = 65,473\% . \quad (8)$$

Этот пример демонстрирует работу предложенной статистической модели рейтинговой оценки хоккейных команд. На основе накопленной статистики рассчитываются рейтинги, сравниваются показатели и строится прогноз. Эффективность модели оценивается через долю совпадений с фактическими исходами. Такой подход может быть легко автоматизирован и использован для анализа большего числа матчей, а также для поддержки принятия решений в организационных системах спортивных соревнований.

### Заключение

В рамках проведенного исследования была разработана и реализована статистическая модель рейтинговой оценки хоккейных команд, ориентированная на прогнозирование результатов матчей. Модель основана на анализе забитых и пропущенных голов, а также учитывает силу соперников в личных встречах. Предложенный подход позволяет формировать объективные рейтинги команд и использовать их как инструмент поддержки принятия управленческих решений в организационной системе спортивных соревнований.

Практическая реализация модели выполнена в виде программного модуля со структурированной локальной ба-

зой данных и наглядным интерфейсом для лица, принимающего решения. Это позволило автоматизировать сбор данных, обработку статистики, расчет рейтинговых показателей и сравнение прогнозируемых и фактических результатов матчей, представляя результаты в виде готовых аналитических отчетов. Эффективность модели оценивалась по доле совпадений между прогнозами и реальными исходами игр, что обеспечивает объективный критерий качества прогнозирования.

Внедрение разработанной статистической модели в повседневную практику спортивной организации позволяет существенно оптимизировать классические управленческие циклы. В первую очередь автоматизация сбора статистики и расчета рейтингов обеспечивает кратное сокращение времени, затрачиваемого аналитическим и тренерским штабами на рутинный предматчевый анализ предстоящих соперников. Во-вторых, объективная параметризация силы команды формирует надежную доказательную базу для принятия стратегических решений руководством лиги и конкретных клубов. В частности, полученные данные о соотношении атакующего и оборонительного потенциалов позволяют математически обосновывать бюджетные траты на селекционную и трансферную работу, обеспечивая точечное распределение ресурсов для усиления именно тех игровых линий, которые в наибольшей степени ограничивают эффективность выступления команды.

Результаты исследования демонстрируют возможность применения математических моделей и методов анализа данных в управлении спортивными соревнованиями. Разработанная модель может быть использована не только в спортивной аналитике, но и в других областях, где требуется объективная оценка эффективности участников сложных систем.

Перспективы дальнейших исследований связаны с усложнением модели за счет учета дополнительных факторов (например, домашнее преимущество), а также с автоматизацией контура обратной связи путем внедрения более продвинутых методов машинного обучения для динамической корректировки параметров и повышения точности прогноза.

### Список литературы

1. Guo Y. Athlete performance prediction based on time series analysis and implications for physical education and training strategies // *Combinatorial Mathematics and Combinatorial Computing*. 2025. Vol. 127a. P. 5655–5672. DOI: 10.61091/jcmcc127a-315.

2. Li Y., Wang L., Li F. A data-driven prediction approach for sports team performance and its application to National Basketball Association // *Omega*. 2021. Vol. 98. P. 102123. DOI: 10.1016/j.omega.2019.102123.
3. Аннасапаров Г. Г., Сахетлиев Т. Моделирование и прогнозирование спортивных результатов с помощью информационных технологий // *Наука и мировоззрение*. 2025. № 39. С. 99–104.
4. Романиченко Д. И., Хить Я. В. Прогнозирование результатов матчей // *Научный потенциал*. 2025. № 2–1 (49). С. 52–55. EDN: CPGPPY.
5. Elo A. *The Rating of Chess Players – Past and Present*. Ishi Press International, 2008. 208 p. ISBN 978-0-923891-27-5.
6. Юшкин В. Н., Марченко С. С., Стрижакова Е. А., Пенькова Р. И. Информационная модель оценки фактора влияния зрителей // *Физическое воспитание и спортивная тренировка*. 2023. № 4 (46). С. 70–78. EDN: VNGGDU.
7. Афанасьев Ю. В. Объективные и субъективные факторы, влияющие на спортивный результат во время выездных соревнований // *Народное образование Якутии*. 2024. № 2 (131). С. 66–67. EDN: PSGSTI.
8. Крутиков А. К. Прогнозирование результата футбольного матча с использованием программных модулей на основе искусственных нейронных сетей // *Интернаука*. 2019. № 40–1 (122). С. 18–20. EDN: FFUMEY.
9. Ермаков А. В., Мьякинченко П. Е. Прогнозирование с использованием методов математического моделирования в спорте высших достижений на примере зимних видов спорта // *Теория и практика физической культуры*. 2021. № 2. С. 52–54. EDN: EXFWXQ.
10. McHale I., Scarf P. Modelling the dependence of goals scored by opposing teams in international soccer matches // *Statistical Modelling: An International Journal*. 2011. Vol. 11. Is. 3. P. 219–236.
11. Constantinou A. C., Fenton N. E., Neil M. pi-football: A Bayesian network model for forecasting Association Football match outcomes // *Knowledge-Based Systems*. 2012. Vol. 36. P. 322–339.
12. Портнов М. С., Речнов А. В., Филиппов В. П., Егорова Г. Н., Мулгачев Н. Н. Особенности прогнозирования спортивных событий на основе использования аппарата нейронных сетей // *Вестник Российского университета кооперации*. 2019. № 2 (36). С. 76–79. EDN: KIZOXH.
13. Полозов А. А., Берг Д. Б., Мальцева Н. А., Альмомани Б. Б. А. Система динамического управления игрой профессиональной команды в режиме реального времени («Компьютерный тренер») // *Теория и практика физической культуры*. 2025. № 3. С. 79–81. EDN: NQYUMQ.
14. Юшкин В. Н., Марченко С. С., Стрижакова Е. А., Пенькова Р. И. Сравнительный анализ методов прогнозирования результатов соревновательной деятельности // *Вестник спортивной науки*. 2023. № 6. С. 25–31. EDN: YJPAWH.
15. Юшкин В. Н., Марченко С. С., Стрижаков Е. А., Пенькова Р. И. Собственный вектор как показатель рейтинговой оценки соревновательной деятельности // *Спортивно-педагогическое образование*. 2023. № 4. С. 69–81. DOI: 10.52563/2618-7604\_2023\_4\_69. EDN: TRFKYN.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.