

Культура физическая и здоровье. 2023. № 3 (87). С. 227-231.
Physical Culture and Health. 2023, 3 (87), 227-231.

Научная статья
УДК 796.015.865.22
DOI: 1047438-1999-3455_2023_3_227

РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА



Владислав Николаевич Юшкин ¹, Сергей Сергеевич Марченко ²,
Елена Алексеевна Стрижакова ³, Раиса Ивановна Пенькова ⁴

Волгоградский государственный аграрный университет ^{1, 2, 3, 4}
Волгоград, Россия

¹ Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологии
тел.: +7(8442) 41-24-42, e-mail: aup-volgau@yandex.ru
ORCID 0000-0003-3965-4397

² Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологии
тел.: +7(8442) 41-24-42, e-mail: marchenkosergey@mail.ru
ORCID 0000-0002-2627-6465

³ Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры информационных систем и технологии
тел.: +7(8442) 41-24-42, e-mail: strizhael@gmail.com
ORCID 0000-0002-3149-8425

⁴ Старший преподаватель кафедры информационных систем и технологии
тел.: +7(8442) 41-24-42, e-mail: raja14-1@mail.ru
ORCID 0000-0002-9348-4408

Аннотация. В статье исследуется методика рейтинговой оценки участников спортивных соревнований на основе цепей Маркова. Метод можно описать как процесс, в котором рейтинги команд обновляются после каждого сыгранного матча и учитывают их результаты. Рейтинги команд являются взаимозависимыми и обусловлены силой команд соперников. В работе используется набор данных Футбольной национальной лиги за сезон 2022-2023. Цель статьи заключается в исследовании полученных результатов рейтинговой оценки соревновательной деятельности на основе цепей Маркова. Основной проблематикой исследования является то, что не всегда удаётся точно предсказать и спрогнозировать результаты выступления команд на основе результатов предыдущих выступлений. Предметом исследования являются теоретические и методологические аспекты применения цепей Маркова для рейтинговой оценки соревновательной деятельности. Рассмотрен практический пример применения предложенного метода и получены результаты рейтинговой оценки выступлений команд в соревновании. При расчёте рейтингового метода учитывался только счёт в играх. Результаты расчёта должны учитывать основное требование: сходимость вычислительного процесса. Адекватность математической модели, предложенной для расчёта рейтинга, может быть оценена показателем сходимости текущего рейтинга команд, участвующих в матче, с фактически полученным результатом матча. В работе показывается, что применение цепей Маркова для рейтинговой оценки соревновательной деятельности имеет хорошую точность прогнозирования.

Ключевые слова: цепи Маркова, рейтинг, ранжирование, оценка, соревновательная деятельность, модель, методика, ранг, система, прогнозирование.

Для цитирования: Рейтинговая оценка соревновательной деятельности на основе цепей Маркова / В. Н. Юшкин, С. С. Марченко, Е. А. Стрижакова [и др.] // Культура физическая и здоровье. 2023. № 3. С. 227-231. DOI: 1047438-1999-3455_2023_3_227.

Введение

Существует множество методов ранжирования спортивных команд. Каждый из этих методов включает в себя различные компоненты для определения системы ранжирования. Например, метод процентного индекса рейтинга (RPI) учитывает средневзвешенное значение процента побед команды и процента побед ее соперников [10]. Метод Elo присваивает каждой команде рейтинг, и когда две команды играют друг с другом, рейтинги пересчитываются в зависимости от рейтинга соперников и исхода матча [7]. Рейтинг Ходжа определяет рейтинг команд, сводя к минимуму погрешность в подсчете побед и поражений [9].

Модель Брэдли-Терри использует вероятностный подход для определения командного рейтинга [6]. Эти различные методы ранжирования, как правило, позволяют отличить лучшие команды от худших.

В нашем меритократическом обществе понятие ранга имеет первостепенное значение. Потребители ищут лучший продукт, любители спорта хотят знать о лучшей спортивной команде, а поисковым системам необходимо знать, какой веб-сайт лучше всего подходит для конкретной задачи. Потребность в ранжировании в различных областях привела к разработке множества различных алгоритмов для каждой области и конкретной потребности. В нашей статье мы рассматриваем возможность применения метода, основанного на цепях Маркова для ранжирования спортивных команд.

Метод наименьших квадратов [8] использует попарные данные для нахождения минимальной разницы между рейтингом и наблюдаемыми попарными сравнениями для получения ранжирования. Этот метод позволяет быстро получать ранжирование команд.

Арпад Эло разработал метод ранжирования Elo [7] для шахмат, который оценивает игроков на основе силы их противника путем вычисления изменений рейтинга в зависимости от разницы в рейтинге между двумя игроками. Процентный индекс рейтинга (RPI) [10] – это метод ранжирования в спорте, основанный на проценте побед; рейтинг RPI представляет собой взвешенную функцию процента побед команды, которая зависит от процента побед команд соперников.

А.А. Полозов с соавторами разработал свой метод ранжирования, в котором рейтинг – это результат участника гипотетического глобального хаотичного макротурнира, который определяется через явное решение системы линейных уравнений, где участнику компенсируют все факторы, создающие неравенство условий [1, 2, 3].

В работе [4, 5] в качестве метода для рейтинговой оценки соревновательной деятельности предлагается метод взвешенных соотношений.

Актуальность исследования заключается в необходимости разработки рейтинговой системы оценки соревновательной деятельности, показывающей максимальное соответствие полученных на основе моделирования результатов с реальными результатами проведенных соревнований.

Целью исследования является разработка методики рейтинговой оценки соревновательной деятельности на основе цепей Маркова.

Материалы и методы исследования

Принимая во внимание отсутствие эффективной системы расчета рейтингов в спорте, авторами данного исследования была разработана математическая модель, направленная на определение соответствия прогнозирования исходов спортивных соревнований полученным результатам.

В этой статье рассмотрим использование модели, основанной на цепях Маркова, для определения рейтинга команд и последующего их ранжирования. При применении цепей Маркова каждое изменение состояния подразумевало гипотетического избирателя, который отдавал голос за то, какая команда является лучшей. Соотношение отданных голосов должно сходиться к ожидаемой вероятности того, что команда обыгрывает своего соперника.

При анализе с помощью цепей Маркова мы можем рассматривать результаты игры, такие как соотношение побед и поражений, разница в забитых и пропущенных голах.

Важной особенностью применения цепей Маркова заключается в том, что мы можем смоделировать турнир, чтобы предсказать попарные взаимоотношения между командами на основе рейтинговой оценки. Необходимо провести достаточно большое количество игр между каждой парой команд, чтобы определить вероятность того, что команда i победит команду j , которая обозначается как p_{ij} . При достаточном количестве сыгранных игр это значение p_{ij} будет сходиться.

Описание метода рейтинговой оценки соревновательной деятельности на основе цепей Маркова.

На первом этапе формируется матрица результатов игр

$$[M_{ij}] = \begin{cases} g_{1k}, & \text{если } i = n_{2k}, j = n_{1k}; \\ g_{2k}, & \text{если } i = n_{1k}, j = n_{2k}, \end{cases}$$

где g_{1k} количество голов, забитых первой из соперничающих команд в k игре; g_{2k} количество голов, забитых второй из соперничающих команд в k игре; n_{1k} номер первой команды в рассматриваемой игре; n_{2k} номер второй команды в рассматриваемой игре; k количество игр.

На втором этапе преобразуем полученную матрицу $[M_{ij}]$ и получаем стохастическую матрицу $[S_{ij}]$, в которой сумма всех строк равна единице.

На третьем этапе вычисляем доминирующий собственный вектор $\{r_i\}$ для матрицы $[S_{ij}]$. Обязательным условием является то, чтобы матрица $[S_{ij}]$ была неприводимой.

При решении системы линейных уравнений зададимся дополнительным условием, что суммарный рейтинг всех команд равен единице.

С использованием полученного вектора рейтингов $\{r_i\}$ производится ранжирование команд.

Результаты и их обсуждение

В качестве анализируемого турнира выбираем результаты выступления команд в Футбольной национальной лиге за сезон 2022-23.

Рассчитав систему уравнений с применением предложенной рейтинговой системы, получим следующие результаты (табл. 1). В таблице используются следующие

обозначения: ПМ – это количество исходов, сошедшихся с результатом рейтинговой оценки соперников, РМ – количество матчей с выявленным победителем.

Таблица 1 – Результаты рейтинговой оценки
в Футбольной национальной лиге в сезоне 2022-23 на основе цепей Маркова

	Команда	Рейтинг	ПМ	РМ	Степень соответствия модели, %
	Балтика (Калининград)	0,0783	18	21	85,71
	Алания (Владикавказ)	0,0776	17	23	73,91
	Рубин (Казань)	0,0743	18	22	81,82
	СКА-Хабаровск (Хабаровск)	0,0674	15	23	65,22
	Енисей (Красноярск)	0,0642	12	19	63,16
	Родина (Москва)	0,0584	15	23	65,22
	Акрон (Тольятти)	0,0560	12	18	66,67
	Велес (Москва)	0,0531	15	28	53,57
	Волгарь (Астрахань)	0,0529	14	23	60,87
	Шинник (Ярославль)	0,0511	15	27	55,56
	КАМАЗ (Набережные Челны)	0,0509	12	23	52,17
	ФК Уфа (Уфа)	0,0508	15	26	57,69
	Арсенал (Тула)	0,0507	16	26	61,54
	Нефтехимик (Нижнекамск)	0,0484	13	23	56,52
	Краснодар-2 (Краснодар)	0,0473	15	27	55,56
	Кубань (Краснодар)	0,0452	15	24	62,50
	Волга (Ульяновск)	0,0379	17	22	77,27
	Динамо (Махачкала)	0,0354	12	24	50,00
	Итого:	0,9999	266	422	63,03

Как видно из полученных результатов степень соответствия модели у различных команд варьируется в пределах от 50 % у команды Динамо (Махачкала) до 85,71 % у команды Балтика (Калининград). Средняя степень соответствия для всего турнира составила 63.03 % (266/422).

Выводы

Используя сводную статистику Футбольной национальной лиги за сезон 2022-23 для оценки рейтинговой системы на основе цепей Маркова, была получена модель, позволяющая сравнивать между собой различные команды. Модель использовалась для получения прогнозов результатов. Из-за своей однородности модель по-прежнему ограничена в отношении того, что она может моделировать, и для решения проблем требуется неоднородная модель.

Предложенная модель оценивает вероятность того, что команда-победитель окажется лучше проигравшей команды, основываясь на перевесе в счете, и поэтому является способной более точно оценить исход предстоящей игры.

Результаты, полученные с помощью предложенной модели в прогнозировании исходов игр Футбольной национальной лиги, предполагают, что на основе рейтинговой системы получаются достоверные рейтинги команд и, следовательно, эти рейтинги могут быть применимы и для прогнозирования исходов игр других соревнований.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Библиографический список

1. Полозов А.А. Информационная модель футбола на примере участия сборной России на ЧМ-2018 / А.А. Полозов, С.В. Михряков, Е.С. Набойченко [и др.] // Теория и практика физической культуры. 2018. № 1. С. 75-77.
2. Полозов А.А. Прогнозирование результатов ЧМ-2018 на основе нового алгоритма консолидации данных / А.А. Полозов, Е.А. Суворова, А.В. Мельникова [и др.] // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2018. № 4. С. 263-269.
3. Полозов А.А. Информационная модель футбола на примере участия сборной России на ЧМ 2018 / А.А. Полозов, З.Ф. Газимова, М.В. Краев // Человек. Спорт. Медицина. 2018. Т. 18. № 1. С. 138-148.
4. Юшкин В.Н. Цифровая модель рейтинговой оценки соревновательной деятельности // Учёные записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2021. № 10 (200). С. 428-431.
5. Юшкин В.Н. Апробация универсальной математической модели для определения рейтинга на примере футбола / В.Н. Юшкин, С.С. Марченко, Р.И. Пенькова // Вестник спортивной науки. 2022. № 4. С. 59-64.
6. Bradley R.A. Rank analysis of incomplete block designs: I. the method of paired comparisons / R.A. Bradley, M.E. Terry // Biometrika. 1952. 39. P. 324-345.
7. Elo A. The Rating of Chess Players, Past and Present. Ishi Press International. 2008. 208 p.
8. Hirani A.N. Least Squares Ranking on Graphs / A.N. Hirani, K. Kalyanaraman, S. Watts // Arxiv preprint arXiv:1011.1716. 2010. P. 1-43.
9. Jiang X. Statistical ranking and combinatorial Hodge theory / Jiang X., Lim L.-H., Yao Y., Ye Y. // Mathematical Programming, 127. 2011. P. 203-244.
10. Pickle D. Computer to aid in basketball championship selection / Pickle D., Howard B. // NCAA News. 1981. February 1981. P. 4.

References

1. Polozov A.A., Mikhryakov S.V., Naboichenko E.S., Bozhko E.M. (2018) Football data processing model in context of Russian national team participation in 2018 World Cup. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*, 2018, no. 1. 75-77. (In Russian)
2. Polozov A.A., Suvarova E.A., Melnikova A.V., Korelina A.V., Mikhryakov S.V. (2018) Forecasting of results of the 2018 World Cup on the basis of a new algorithm of consolidation of data. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 2018, no. 4, 263-269. (In Russian)
3. Polozov A.A., Gazimova Z.F., Kraev M.V. Football Information Model on the Example of Russian Participation in 2018 World Cup. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 1, 138-148. (In Russian)
4. Yushkin V.N. (2021) Digital model of rating evaluation of competitive activity. Scientific Notes of the P. F. Lesgaft University. Vol. 10 (200), 428-431. (In Russian)
5. Yushkin V.N., Marchenko S.S., Penkova R.I. (2022) Approbation of a universal mathematical model for determining the rating on the example of football. *Vestnik sportivnoy nauki*, no. 4, 59-64. (In Russian)
6. Bradley R.A. and Terry M.E. (1952) Rank analysis of incomplete block designs: I. the method of paired comparisons. *Biometrika*, 39, 324-345.
7. Elo A. (2008) The Rating of Chess Players, Past and Present. Ishi Press International, 208 p.
8. Hirani A.N., Kalyanaraman K. and Watts S. (2010) Least squares ranking on graphs. Arxiv preprint arXiv:1011.1716. 1-43.
9. Jiang X., Lim L.-H., Yao Y. and Ye Y. (2011) Statistical ranking and combinatorial Hodge theory. *Mathematical Programming*, 127, 203-244.
10. Pickle D. and Howard B. (1981) Computer to aid in basketball championship selection. *NCAA News*, February 1981. 4.

Поступила в редакцию 10.07.2023
Подписана в печать 28.09.2023

Original article
UDC 796.015.865.22
DOI: 1047438-1999-3455_2023_3_227

RATING EVALUATION OF COMPETITIVE ACTIVITY BASED ON MARKOV CHAINS

Vladislav N. Yushkin ¹, Sergey S. Marchenko ², Elena A. Strizhakova ³, Raisa I. Penkova ⁴

*Volgograd State Agricultural University ^{1, 2, 3, 4}
Volgograd, Russia*

¹ *PhD of Engineering, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies
ph.: +7(8442) 41-24-42, e-mail: aup-volgau@yandex.ru
ORCID 0000-0003-3965-4397*

² *PhD of Engineering, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies,
ph.: +7(8442) 41-24-42, e-mail: marchenkosergey@mail.ru
ORCID 0000-0002-2627-6465*

³ *PhD in Agriculture, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies
ph.: +7(8442) 41-24-42, e-mail: strizhael@gmail.com
ORCID 0000-0002-3149-8425*

⁴ *Senior Lecturer of the Department of Information Systems and Technologies,
tel.: +7(8442) 41-24-42, e-mail: raja14-1@mail.ru
ORCID 0000-0002-9348-4408*

Abstract. The article examines the methodology of rating evaluation of participants in sports competitions based on Markov chains. The method can be described as a process in which the ratings of teams are updated after each match played and their results are taken into account. The ratings of the teams are interdependent, and depend on the strength of the opposing teams. The work uses a data set of the Football National League for the 2022-23 season. The purpose of the study is to study the results of the rating evaluation of competitive activity based on Markov chains. The main problem of the study is that it is not always possible to accurately predict and predict the results of the performance of teams based on the results of previous performances. The subject of the study is the theoretical and methodological aspects of the use of Markov chains for rating evaluation of competitive activity. A practical example of the application of the proposed method is considered and the results of the rating evaluation of the teams' performances in the competition are obtained. When calculating the rating, only the score in the games was taken into account. The calculation results should take into account the main requirement: convergence of the computational process. The adequacy of the mathematical model proposed for calculating the rating can be assessed by the indicator of convergence of the current rating of the teams participating in the match with the actual result of the match. The paper shows that the use of Markov chains for rating evaluation of competitive activity has good forecasting accuracy.

Keywords: Markov chains, rating, ranking, evaluation, competitive activity, model, methodology, rank, system, forecasting.

Cite as: Yushkin, V. N., Marchenko, S. S., Strizhakova, E. A., Penkova, R. I. (2023) Rating evaluation of competitive activity based on Markov's chains. *Physical Culture and Health*. (3), 227-231. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.47438/1999-3455_2023_3_227.

Received 10.07.2023

Accepted 28.09.2023