

## Спорт и туризм в информационном обществе

# УПРАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ УЧАСТНИКОВ СПОРТИВНЫХ КОМАНД ЧЕРЕЗ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РЕЙТИНГИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ВЗВЕШЕННЫХ СООТНОШЕНИЙ

Статья рекомендована к публикации членом редакционного совета Ю. Ю. Петруниным 22.07.2026.

### **Юшкин Владислав Николаевич**

*Кандидат технических наук, доцент*

*Волгоградский государственный аграрный университет, заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии»*

*Волгоград, Российская Федерация*

*aip-volgai@yandex.ru*

### **Марченко Сергей Сергеевич**

*Кандидат технических наук*

*Волгоградский государственный аграрный университет, доцент кафедры «Информационные системы и технологии»*

*Волгоград, Российская Федерация*

*marchenkosergey@mail.ru*

### **Стрижакова Елена Алексеевна**

*Кандидат сельскохозяйственных наук*

*Волгоградский государственный аграрный университет, доцент кафедры «Информационные системы и технологии»*

*Волгоград, Российская Федерация*

*strizhael@gmail.com*

### **Пенькова Раиса Ивановна**

*Кандидат технических наук, доцент*

*Волгоградский государственный аграрный университет, доцент кафедры «Информационные системы и технологии»*

*Волгоград, Российская Федерация*

*raja14-1@mail.ru*

## **Аннотация**

В статье рассматривается актуальная задача управления эффективностью участников спортивных команд в условиях неопределенности и сложной взаимосвязанности индивидуальных и коллективных результатов. Представлена разработка цифровой модели, основанной на методе взвешенных соотношений, позволяющая вычислять объективные индивидуальные рейтинговые оценки спортсменов в командных видах спорта. Модель учитывает как атакующий, так и оборонительный вклад игрока, обеспечивает высокую вычислительную эффективность и позволяет ранжировать спортсменов по их реальному влиянию на исходы матчей. Результаты исследования могут быть использованы в системах спортивного менеджмента и аналитики для повышения прозрачности, объективности и обоснованности управленческих действий в рамках организационных систем спортивных коллективов.

## **Ключевые слова**

*управление в организационных системах, индивидуальный рейтинг, метод взвешенных соотношений, командные виды спорта, информационная система поддержки принятия решений, спортивная аналитика*

© Юшкин В. Н., Марченко С. С., Стрижакова Е. А., Пенькова Р. И., 2026

Производство и хостинг журнала «Информационное общество» осуществляется Институтом развития информационного общества.

Данная статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons «С указанием авторства - С сохранением условий версии 4.0 Международная» (Creative Commons Attribution – ShareAlike 4.0 International; CC BY-SA 4.0). См. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.ru>

[https://doi.org/10.52605/16059921\\_2026\\_03\\_141](https://doi.org/10.52605/16059921_2026_03_141)

## Введение

Актуальность разработки методов управления индивидуальными рейтингами в командных видах спорта обусловлена необходимостью повышения объективности и точности оценки эффективности спортсменов в условиях сложных организационных систем. Индивидуальные рейтинги становятся важным элементом информационной системы поддержки принятия решений, обеспечивая прозрачность, воспроизводимость и сопоставимость оценок, что особенно важно при долгосрочном планировании развития спортивных коллективов.

Традиционные подходы к оценке индивидуальных результатов имеют существенные ограничения, связанные с субъективностью. Это делает актуальным применение математически строгих моделей, способных выявлять реальный вклад спортсменов в командную победу, даже если он не отражается напрямую в табличных показателях. Метод взвешенных соотношений, предложенный в исследовании, повышает объективность рейтинговых оценок и поддерживает цифровизацию управленческих процессов в спорте.

Проблема исследования заключается в отсутствии универсального подхода к вычислению индивидуальных рейтинговых оценок, который бы обеспечивал объективность, воспроизводимость и применимость в управлении спортивными коллективами. Это связано с тем, что известные методы либо ограничены в контексте применения, либо требуют больших объемов данных и значительных вычислительных ресурсов, либо не позволяют получать накопительные рейтинги, отражающие динамику развития спортсменов.

Гипотеза исследования состоит в том, что применение метода взвешенных соотношений позволит повысить объективность и точность индивидуальных рейтинговых оценок в командных видах спорта по сравнению с традиционными подходами, обеспечит более высокую вычислительную эффективность.

Целью исследования является разработка и верификация цифровой модели управления индивидуальными рейтингами в командных видах спорта, основанной на методе взвешенных соотношений, которая обеспечивает объективную оценку эффективности спортсменов и поддержку принятия управленческих решений в рамках организационной системы спортивного коллектива.

Объектом исследования являются организационные системы спорта, в частности – спортивные команды в хоккее, где важна координация и взаимодействие игроков при достижении общих целей.

Предметом исследования выступают процессы вычисления и использования индивидуальных рейтинговых оценок как элементов системы управления составом команды, а также методы их формализации, расчета и практической реализации.

Научная новизна исследования заключается в предложении и обосновании нового метода взвешенных соотношений для расчета индивидуальных рейтингов в командных видах спорта, отличающегося от существующих подходов учетом рациональной кратности результатов, высокой вычислительной эффективностью и возможностью получения накопительных рейтинговых оценок.

В современной научной практике разработка рейтинговых систем рассматривается как важный элемент поддержки управленческих решений, особенно в условиях высокой неопределенности и сложных взаимодействий между участниками спортивных коллективов.

Одним из ключевых подходов к построению рейтинговых систем является система Эло [5]. Работа Эло заложила основы динамических рейтинговых систем, которые затем использовались в модифицированных формах для командных видов спорта. Однако при всей своей популярности и широком применении, система Эло имеет ограничения при оценке индивидуального вклада спортсменов в командные соревнования, поскольку оперирует результатами команд в целом.

В контексте командных видов спорта особое значение имеют методы, позволяющие анализировать влияние отдельных игроков на исход матчей. Система WAR (Wins Above Replacement) активно используется в бейсболе и других видах спорта. Исследование Т. Герстенберга [6] демонстрирует теоретические основы такого подхода, где эффективность игрока оценивается через разницу между результатами команды с этим игроком и без него.

Метод «плюс/минус» также широко применяется в хоккее и баскетболе. Он основан на разнице забитых и пропущенных голов (очков) во время участия конкретного игрока в игре. Подробный анализ этого метода представлен в работе Б. Макдональда [8].

С развитием технологий анализа данных всё большее внимание уделяется статистическим и машинно-обучающим моделям. Например, в футболе предлагаются методы оценки невидимого вклада игроков, учитывающие позиционные действия вне мяча. Исследование Т. Харрата [7] представляет один из вариантов такой системы, адаптированный для европейского футбола.

Также стоит отметить работу А.А. Полозова [1], в которой подробно описывается эволюция и развитие рейтинговых систем, а также проблемы их применения в реальной практике.

Проведённый анализ существующих подходов показывает, что ни одна из известных систем не является математически обоснованной с точки зрения вычисления индивидуальных рейтингов в командных видах спорта. Известные подходы не позволяют создать полноценный механизм поддержки управленческих решений в спортивных организациях, соответствующий требованиям современных подходов к управлению в организационных системах.

## 1 Теоретико-методологическое описание исследования

Исследование в области управления индивидуальными рейтингами в командных видах спорта опирается на фундаментальные положения теории управления организационными системами, математического моделирования и анализа данных. Оно базируется на комплексном подходе к разработке методов оценки эффективности участников сложных систем, где ключевым элементом выступает формализация и количественная интерпретация индивидуального вклада спортсменов в коллективный результат.

Теоретической основой исследования являются принципы системного анализа и управления в организационных системах, изложенные в работах отечественных и зарубежных ученых. Эти принципы подчеркивают важность целостного рассмотрения спортивной организации как системы, включающей взаимосвязанные элементы – спортсменов, тренерский состав, управленческий аппарат и внешнюю среду. Особое внимание уделяется роли информационной поддержки при принятии управленческих решений. В качестве одного из ключевых методологических подходов используется теория рейтинговых систем, которая предполагает количественную оценку относительной силы участников соревнований.

Методологическим фундаментом для разработки цифровой модели стали количественные методы анализа данных, такие как матричные вычисления и численные методы решения систем уравнений. В рамках исследования реализован метод взвешенных соотношений, использующий рациональную кратность результатов. Метод имеет строгое математическое обоснование и позволяет формировать объективные рейтинги, которые могут быть использованы как часть информационной системы поддержки управленческих решений.

Также в основе исследования лежит системный подход, предполагающий рассмотрение спортивной команды как организационной системы, состоящей из взаимосвязанных элементов, каждый из которых вносит свой вклад в достижение общей цели. Учет этого вклада позволяет повысить точность прогнозирования результатов матчей, оптимизировать тренировочный процесс, а также обеспечить более объективное сравнение игроков и команд.

Таким образом, теоретико-методологическая основа исследования представлена синтезом управленческих концепций, математических моделей и алгоритмов, а также принципов построения рейтинговых систем. Это позволило создать объективную модель, ориентированную на применение в условиях высокой неопределенности и сложных взаимосвязей между участниками спортивных коллективов, и обеспечило научную обоснованность и практическую значимость полученных результатов.

## 2 Описание разработанной математической модели и алгоритма

В рамках исследования была разработана математическая модель для вычисления индивидуальных рейтинговых оценок спортсменов в командных видах спорта, основанная на принципе рациональной кратности результатов. Модель позволяет учитывать как атакующий, так и оборонительный вклад игрока, обеспечивает объективность сравнения между участниками разных команд и обладает высокой вычислительной эффективностью.

Модель основана на двух ключевых постулатах: а) результаты матчей зависят от соотношения сил команд, которые, в свою очередь, определяются суммарными рейтингами игроков; б) индивидуальный рейтинг участника выражается через отношение его атакующего и защитного потенциала.

Эти положения легли в основу метода взвешенных соотношений [2, 3, 4], который используется для расчёта индивидуальных рейтингов.

Математическая модель, описанная в данном разделе, разработана для оценки индивидуальных рейтингов игроков, на основе их атакующих и защитных способностей, с учетом результатов матчей. Рассмотрим формализацию модели. Каждый игрок характеризуется атакующим рейтингом, обозначаемым как  $R_i^a$ , и защитным рейтингом, обозначаемым как  $R_i^d$ , где индекс  $i$  соответствует игроку. Общий индивидуальный рейтинг игрока определяется как отношение атакующего рейтинга к защитному рейтингу:

$$R_i = \frac{R_i^a}{R_i^d}. \quad (1)$$

Команды разделены на атакующую команду, состоящую из множества игроков  $A$ , и обороняющуюся, состоящую из множества игроков  $D$ , при этом множества  $A$  и  $D$  не пересекаются. Результат матча характеризуется количеством голов, забитых командой  $A$ , обозначаемым как  $G_A$ , и количеством голов, забитых командой  $D$ , обозначаемым как  $G_D$ . Сила атаки команды  $A$  вычисляется как произведение атакующих рейтингов её игроков:

$$F_A^a = \prod_{i \in A} R_i^a. \quad (2)$$

Сила защиты команды  $D$  определяется как произведение защитных рейтингов её игроков:

$$F_D^d = \prod_{j \in D} R_j^d. \quad (3)$$

Аналогично, сила атаки команды  $D$  выражается как

$$F_D^a = \prod_{j \in D} R_j^a, \quad (4)$$

а сила защиты команды  $A$  – как

$$F_A^d = \prod_{i \in A} R_i^d. \quad (5)$$

Модель предполагает, что соотношение сил команд пропорционально соотношению забитых и пропущенных голов, что выражается уравнением:

$$\frac{F_A^a \cdot F_D^d}{F_D^a \cdot F_A^d} = \frac{G_A}{G_D}. \quad (6)$$

Для упрощения решения применяется логарифмирование обеих частей уравнения. Это преобразует произведение рейтингов в сумму их логарифмов, что приводит к линейному уравнению:

$$\sum_{i \in A} \ln R_i^a + \sum_{j \in D} \ln R_j^d - \sum_{j \in D} \ln R_j^a - \sum_{i \in A} \ln R_i^d = \ln \left( \frac{G_A}{G_D} \right). \quad (7)$$

Для дальнейшего упрощения вводятся обозначения:

$$x_i^a = \ln R_i^a, \quad x_i^d = \ln R_i^d, \quad x_j^a = \ln R_j^a, \quad x_j^d = \ln R_j^d. \quad (8)$$

Тогда уравнение (7) принимает вид:

$$\sum_{i \in A} x_i^a + \sum_{j \in D} x_j^d - \sum_{j \in D} x_j^a - \sum_{i \in A} x_i^d = \ln \left( \frac{G_A}{G_D} \right). \quad (9)$$

Для всех проведённых матчей формируется система линейных уравнений относительно неизвестных  $x_i^a$  и  $x_i^d$ . Решение этой системы позволяет определить значения  $x_i^a$  и  $x_i^d$ , после чего индивидуальный рейтинг игрока вычисляется как

$$R_i = \exp(x_i^a - x_i^d). \quad (10)$$

Таким образом, модель обеспечивает способ оценки рейтингов игроков, основанный на их вкладе в атаку и защиту, с учётом результатов матчей, выраженных через соотношение забитых и пропущенных голов.

Алгоритм вычисления рейтингов игроков основан на математической модели, связывающей индивидуальные атакующие и защитные способности игроков с результатами матчей (рисунок 1). Процесс начинается со сбора данных, включающих составы команд для каждого матча и результаты встреч, выраженные через количество забитых и пропущенных голов. На следующем этапе для каждого матча формируется линейное уравнение, основанное на соотношении сил команд, которое выражается через логарифмы атакующих и защитных рейтингов игроков. Эти уравнения объединяются в общую систему, описывающую все матчи. Для обеспечения единственности решения системы вводится условие нормировки, согласно которому среднее значение индивидуальных рейтингов всех игроков равно единице, что в логарифмической форме эквивалентно нулевой сумме разностей логарифмов атакующих и защитных рейтингов. Система решается численно с использованием методов, таких как метод наименьших квадратов или псевдообращение матрицы, для определения логарифмов атакующих и защитных рейтингов. После этого индивидуальный рейтинг каждого игрока вычисляется как экспонента разности логарифмов его атакующего и защитного рейтингов. На заключительном этапе вычисляется накопительный рейтинг.



Рисунок 1 – Схема алгоритма вычисления индивидуальных рейтингов

Модель обладает рядом преимуществ. Она характеризуется высокой вычислительной эффективностью, позволяя оперативно пересчитывать рейтинги при добавлении новых данных, в отличие от более ресурсоёмких методов машинного обучения. Модель универсальна и может применяться к любым командным видам спорта, где доступны данные о составах команд и результатах матчей. Рейтинги формируются на основе игровых результатов и структуры

взаимодействия игроков, что обеспечивает их объективность. Математическая ясность модели делает её прозрачной и пригодной для использования в информационных системах поддержки принятия управленческих решений.

Однако модель имеет определённые ограничения. Для корректного расчёта рейтингов требуется полнота данных, подразумевающая участие каждого игрока как в атакующих, так и в оборонительных действиях хотя бы в одном матче. Также необходима достаточная связанность графа матчей, то есть наличие пересечений между игроками разных команд, чтобы обеспечить уникальность решения системы уравнений.

### 3 Экспериментальная часть

Разработанная цифровая модель управления индивидуальными рейтингами в командных видах спорта была применена к данным по матчам Национальной хоккейной лиги (НХЛ) за период с 1999 по 2024 год. Данные были получены из официальной статистики Национальной хоккейной лиги (NHL.com) за указанный период [9]. Для расчёта рейтингов использовались данные о составах игроков, находящихся на площадке во время взятия ворот, что позволило реализовать предложенный метод взвешенных соотношений. Результаты вычислений представлены в таблице 1, где в третьей колонке указаны рейтинги игроков ( $R$ ), в четвертой – сила атаки ( $R^a$ ), в пятой – сила обороны ( $R^d$ ), а в шестой – накопительный рейтинг, вычисляемый как разница между силой атаки и силой обороны ( $R^a - R^d$ ).

Таблица 1 – Рейтинги игроков

№	Игрок	Рейтинг, $R$	Сила атаки, $(R^a)$	Сила обороны, $(R^d)$ ,	Накопительный рейтинг, $(R^a - R^d)$ .
1	2	3	4	5	6
1	Сидни Кросби	1,609	2251,674	1399,137	852,537
2	Александр Овечкин	1,571	2287,625	1455,847	831,778
3	Джо Торнтон	1,542	2097,943	1360,341	737,602
4	Евгений Малкин	1,543	1841,124	1193,532	647,592
5	Джо Павелски	1,490	1769,888	1188,079	581,809
6	Яромир Ягр	1,638	1435,883	876,454	559,429
7	Павел Дацюк	1,700	1335,430	785,603	549,827
8	Даниэль Седин	1,616	1389,729	859,837	529,892
9	Никита Кучеров	1,684	1304,072	774,228	529,844
10	Хенрик Седин	1,562	1469,899	940,985	528,914
11	Мариан Госса	1,480	1597,157	1079,033	518,124
12	Патрис Бергерон	1,414	1761,430	1246,010	515,420
13	Патрик Кейн	1,405	1767,769	1258,069	509,700
14	Коннор Макдэвид	1,644	1287,887	783,453	504,434
15	Стивен Стэмкос	1,438	1646,304	1144,504	501,800

Цифровая модель управления индивидуальными рейтингами, основанная на методе взвешенных соотношений, показала высокую точность и вычислительную эффективность при анализе данных НХЛ за период 1999-2024 гг. Реализация модели позволила получить объективные рейтинги игроков. Рейтинги могут быть использованы не только для анализа текущих результатов, но и для прогнозирования, планирования тренировок и стратегического управления спортивными коллективами. Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения модели в информационные системы поддержки принятия управленческих решений в спорте.

## Заключение

В ходе выполнения научного исследования были получены следующие ключевые результаты, подтверждающие актуальность и практическую значимость разработанной цифровой модели управления индивидуальными рейтингами в командных видах спорта:

1. Разработан метод вычисления индивидуальных рейтинговых оценок – метод взвешенных соотношений, использующий принцип рациональной кратности. Метод обеспечивает объективную оценку вклада игроков в общий успех команды. При этом метод взвешенных соотношений позволяет получать накопительные рейтинговые оценки.
2. Построена система линейных уравнений, позволяющая численно решать задачу расчёта рейтингов на основе игровых данных. Для обеспечения единственности решения добавлено малое возмущение, что дало возможность вычислять обратную матрицу для сформированного линейного уравнения.
3. Создан алгоритм вычисления рейтингов, реализующий предложенные методы. Алгоритм включает этапы сбора и подготовки данных, построения системы уравнений, численного решения и формирования как текущих, так и накопительных рейтингов.
4. Выполнена программная реализация модели, ориентированная на автоматизированный расчет рейтинговых оценок игроков. Программа была протестирована на реальных данных НХЛ за период 1999-2024 гг., включающих информацию о составах игроков, находящихся на площадке во время игры.
5. Определены ограничения применения модели: необходимость участия каждого игрока как в атакующих, так и в оборонительных действиях хотя бы один раз; достаточно плотная связанность графа матчей между игроками для обеспечения единственности решения.

Таким образом, в результате исследования была разработана модель управления индивидуальными рейтингами в командных видах спорта, отличающаяся объективностью, вычислительной эффективностью и практической применимостью в условиях организационных систем спорта. Полученная модель может быть использована не только в хоккее, но и в других командных видах спорта, таких как футбол, баскетбол, бейсбол и другие, где важна координация и взаимодействие игроков в достижении общих целей.

## Литература

1. Полозов А.А. Рейтинг в спорте: вчера, сегодня, завтра. М.: Советский спорт, 2007. 316 с.
2. Юшкин В.Н., Марченко С.С., Пенькова Р.И. Апробация универсальной математической модели для определения рейтинга на примере футбола // Вестник спортивной науки. 022. № 4. С. 59-64.
3. Юшкин В.Н. Система определения рейтинга // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. 2020. № 1. С. 122-126.
4. 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.
5. Elo A. The Rating of Chess Players – Past and Present. IshiPressInternational, 2008. 208 p.
6. Gerstenberg T., Ullman T., Kleiman-Weiner M., Lagnado D., Tenenbaum J. Wins above replacement: Responsibility attributions as counterfactual replacements // Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society. 2014. Vol. 36. pp. 2263-2268.
7. Kharrat T., Pena .L., McHale I. Plus-minus player ratings for soccer // European Journal of Operational Research. 2020. 283(2). pp. 726-736.
8. Macdonald B. A regression-based adjusted plus-minus statistic for NHL players // Journal of Quantitative Analysis in Sports. 2011. 7(3). pp. 1-29.
9. National Hockey League. Official NHL Statistics Database. URL: <https://www.nhl.com/>

# MANAGING THE PERFORMANCE OF SPORTS TEAM MEMBERS THROUGH INDIVIDUAL RATINGS BASED ON THE WEIGHTED RATIO METHOD

**Yushkin, Vladislav Nikolaevich**

*Candidate of technical sciences, associate professor  
Volgograd State Agrarian University, head of the Department of information systems and technologies  
Volgograd, Russian Federation  
aup-volgau@yandex.ru*

**Marchenko, Sergey Sergeevich**

*Candidate of technical sciences  
Volgograd State Agrarian University, Department of information systems and technologies, associate professor  
Volgograd, Russian Federation  
marchenkosergey@mail.ru*

**Strizhakova, Elena Alekseevna**

*Candidate of agricultural sciences  
Volgograd State Agrarian University, Department of information systems and technologies, associate professor  
Volgograd, Russian Federation  
strizhael@gmail.com*

**Penkova, Raisa Ivanovna**

*Candidate of agricultural sciences  
Volgograd State Agrarian University, Department of information systems and technologies, associate professor  
Volgograd, Russian Federation  
raja14-1@mail.ru*

## Abstract

*The article considers the urgent task of managing the effectiveness of sports team members in conditions of uncertainty and complex interconnectedness of individual and collective results. The developed digital model allows calculating objective individual ratings of athletes in team sports.*

## Keywords

*management in organizational systems, individual rating, weighted ratio method, team sports, decision support information system, sports analytics*

## References

1. Polozov, A.A. Reiting v sporte: vchera, segodnya, zavtra. M.: Sovetskii sport, 2007. 316 p.
2. Yushkin, V.N., Marchenko S.S., Pen'kova R.I. Aprobatsiya universal'noi matematicheskoi modeli dlya opredeleniya reitinga na primere futbola // Vestnik sportivnoi nauki. 2022. No. 4. pp. 59-64.
3. Yushkin, V.N. Sistema opredeleniya reitinga // Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Gumanitarnye nauki. 2020. No. 1. pp. 122-126.
4. Yushkin, V.N., Marchenko S.S., Strizhakova E.A., Pen'kova R.I. Sravnitel'nyi analiz metodov prognozirovaniya rezul'tatov sorevnovatel'noi deyatel'nosti // Vestnik sportivnoi nauki. 2023. No. 6. pp. 25-31.
5. Elo, A. The Rating of Chess Players – Past and Present. IshiPressInternational, 2008. 208 p.
6. Gerstenberg T., Ullman T., Kleiman-Weiner M., Lagnado D., Tenenbaum J. Wins above replacement: Responsibility attributions as counterfactual replacements // Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society. 2014. Vol. 36. pp. 2263-2268.
7. Kharrat T., Pena .L., McHale I. Plus-minus player ratings for soccer // European Journal of Operational Research. 2020. 283(2). pp. 726-736.
8. Macdonald B. A regression-based adjusted plus-minus statistic for NHL players // Journal of Quantitative Analysis in Sports. 2011. 7(3). pp. 1-29.
9. National Hockey League // Official NHL Statistics Database. URL: <https://www.nhl.com/>