

УДК 519.246

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕЙТИНГОВЫХ СИСТЕМ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В УПРАВЛЕНИИ МАКРОТУРНИРОМ

Юшкин Владислав Николаевич, доцент, заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии», Волгоградский государственный аграрный университет

Аннотация

В работе представлена модель прогнозирования результатов спортивных соревнований, основанная на применении распределения Пуассона и адаптированная для анализа хоккейных матчей. Модель разработана в рамках управления макротурниром и направлена на повышение точности прогнозов исходов спортивных событий за счёт использования статистических данных о прошлых выступлениях команд. Основным инструментом исследования служит вероятностный подход, позволяющий учитывать не только количественные показатели голов, забитых и пропущенных каждой командой, но и такие факторы, как домашнее преимущество, а также относительную силу атаки и обороны участников соревнований. Анализ проводился на основе ретроспективной статистики хоккейных матчей, включающей данные о результатах игр, проведённых как на домашней площадке, так и в гостях. Разработанная модель может быть использована как инструмент поддержки принятия решений в управлении макротурниром, включая планирование турниров, формирование рейтингов, анализ эффективности команд и подготовку стратегических действий для повышения конкурентоспособности. Полученные результаты могут найти применение в автоматизированных системах прогнозирования, а также в аналитических подразделениях профессиональных спортивных клубов и федераций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: модель прогнозирования, организационные системы, управление, принятие решений в условиях неопределённости.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS OF RATING SYSTEMS AND THEIR APPLICATION IN MACRO-TOURNAMENT MANAGEMENT

Yushkin Vladislav Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Information Systems and Technologies, Volgograd State Agrarian University

Abstract

The paper presents a model for predicting the results of sports competitions based on the application of the Poisson distribution and adapted for the analysis of hockey matches. The model was developed as part of the management of organizational systems and is aimed at improving the accuracy of predictions of the outcomes of sporting events by using statistical data on past performances of teams. The main research tool is the probabilistic approach, which allows taking into account not only the quantitative indicators of goals scored and conceded by each team, but also factors such as home advantage, as well as the relative strength of the attack and defense of the competitors. The analysis was carried out on the basis of retrospective statistics of hockey matches, including data on the results of games played both on the home court and away. The developed model can be used as a decision support tool in the management of sports organizations, including tournament planning, rating formation, team performance analysis and preparation of strategic actions to increase competitiveness. The results obtained can be used in automated forecasting systems, as well as in the analytical departments of professional sports clubs and federations.

KEYWORDS: forecasting model, organizational systems, management, decision-making in conditions of uncertainty.

Введение

Актуальность исследования обусловлена возрастающей потребностью в применении научно обоснованных методов прогнозирования результатов спортивных соревнований, особенно в условиях высокой конкуренции и значимости управленческих решений в спортивной индустрии. Современные организационные системы управления спортом требуют точного анализа данных для повышения эффективности планирования, оценки перспектив команд и оптимизации стратегических действий. В этой связи широкое применение находят вероятностные модели, в том числе распределение Пуассона, позволяющие на основе статистики прошлых выступлений делать прогнозы относительно исхода будущих матчей. Применение данного подхода позволяет не только повысить объективность анализа, но и автоматизировать процессы поддержки принятия решений в управлении макротурниром.

Предложенная модель прогнозирования на основе распределения Пуассона разработана для поддержки широкого круга заинтересованных сторон в спортивном менеджменте, включая тренеров команд, генеральных менеджеров, организаторов турниров и аналитиков спортивных федераций. Она помогает справляться с неопределённостью, предоставляя вероятностные прогнозы исходов матчей. Например, тренеры могут использовать модель для предсказания вероятных результатов игр и корректировки тактических подходов, таких как акцент на оборонительную стратегию против результативных соперников. Организаторы турниров могут применять модель для оптимизации расписания, обеспечивая баланс конкурентности и привлекательности для зрителей. За счёт количественной оценки вероятностей различных исходов модель позволяет принимать решения, основанные на данных, снижая зависимость от интуиции и повышая эффективность стратегического планирования в спортивных организациях.

Гипотеза исследования заключается в том, что использование пуассоновской модели прогнозирования результатов хоккейных матчей позволит повысить точность прогнозирования исходов соревнований и обеспечит более объективную оценку силы участников, по сравнению с традиционными методами. Это предполагает возможность формализации ключевых факторов (сила атаки, сила защиты, домашнее преимущество) и их интеграции в единую математическую модель.

Противоречие состоит в том, что, несмотря на наличие ряда моделей прогнозирования результатов спортивных событий, основанных на распределении Пуассона, большинство из них

разрабатывались применительно к футболу и не адаптированы к специфике других видов спорта, таких как хоккей. В то же время, различия в характере игры, среднем количестве забитых голов и частоте изменения игровой ситуации требуют корректировки существующих подходов и разработки отдельной модели, учитывающей особенности хоккейных соревнований. Таким образом, актуальным является создание и проверка адекватности пуассоновской модели именно для хоккея.

Целью исследования является разработка и верификация модели прогнозирования результатов хоккейных матчей на основе распределения Пуассона в рамках управления макротурниром. Предложенная модель должна позволять рассчитывать наиболее вероятные исходы матчей с учётом силы атаки и обороны команд, а также фактора домашнего поля.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Обосновать применимость распределения Пуассона для моделирования результатов хоккейных матчей.
2. Разработать алгоритм расчёта силы атаки и силы защиты команд на основе ретроспективных данных.
3. Реализовать программный инструментарий для автоматизированного прогнозирования исходов матчей.
4. Построить двумерное вероятностное распределение возможных результатов матчей.
5. Оценить точность прогнозирования и провести сравнительный анализ с реальными результатами матчей и с другими моделями.
6. Выявить возможности применения модели в практике управления макротурниром.

Объектом исследования являются организационные системы управления спортивными соревнованиями, функционирующие в условиях неопределённости и требующие применения аналитических и прогнозных инструментов при принятии управленческих решений.

Предметом исследования выступают процесс прогнозирования результатов хоккейных матчей и его информационно-математическое обеспечение на основе вероятностной модели, основанной на распределении Пуассона.

Анализ научных публикаций показывает, что применение распределения Пуассона в прогнозировании результатов спортивных соревнований имеет длительную историю и активно развивается в рамках управления макротурниром. Впервые идея использования данного

вероятностного подхода была предложена М.Дж. Морони [4] ещё в 1956 году, что стало основой для дальнейшего развития математических моделей в сфере спортивного менеджмента.

В работе Дж.Б. Келлера [5] представлена модель ранжирования на основе распределения Пуассона, которая применялась к данным Британского международного чемпионата по футболу за период с 1883 по 1980 год. Автор продемонстрировал возможность применения статистического анализа для оценки силы команд и прогнозирования исходов матчей. Это исследование сыграло важную роль в обосновании применимости пуассоновской модели не только как инструмента прогнозирования, но и как метода сравнительной оценки спортивных коллективов.

Д. Дайте и С.Р. Кларк [6] расширили модель, включив в неё дополнительные факторы – рейтинговые коэффициенты команд, предоставляемые ФИФА, а также место проведения матча (домашнее или гостевое). Их работа показала, что точность прогнозирования можно повысить за счёт учёта внешних факторов, влияющих на эффективность выступления команд. Такой подход стал важным шагом в сторону более комплексного анализа спортивных событий. Развитием этого направления стало применение байесовских методов в сочетании с моделью Пуассона, предложенное Л.С. Бастос и Дж.М.К. да Роша [7]. Авторы использовали ретроспективную и текущую информацию для построения вероятностных оценок побед, ничьих и поражений в матчах Чемпионата мира по футболу 2010 года. Данный подход позволил учитывать динамику изменений силы команд в течение турнира, что сделало модель более адаптивной к реальным условиям.

С.Дж. Купман и Р. Лит [8] предложили комплексную модель, объединяющую параметры атакующих и защитных характеристик каждой команды, а также влияние домашнего поля. Эта модель демонстрирует высокую степень детализации и позволяет строить прогнозы на основе большого числа переменных, что делает её особенно полезной при управлении спортивными лигами и планировании турниров.

Особое внимание вызывает работы [9, 10], в которой авторы предлагают использовать пуассоновскую модель для решения широкого круга задач управления рейтинговыми процессами: от определения наиболее вероятного счёта матча до прогнозирования шансов команд – стать чемпионами или понизиться в классе. Исследование базировалось на данных Английской премьер-лиги (2012-2013) и Бразильской футбольной лиги (2015), что подтверждает

универсальность подхода. Также было отмечено, что модель позволяет учитывать такие ключевые факторы, как домашнее преимущество, сила атаки и защита команд, что существенно повышает её практическую ценность.

Таким образом, современные исследования демонстрируют устойчивую тенденцию к развитию пуассоновских моделей как мощного инструмента управления макротурниром. Они позволяют формировать объективные рейтинги, повышать точность прогнозов и оптимизировать принятие решений в условиях неопределённости. При этом сохраняется актуальной задача совершенствования моделей с целью их адаптации к различным видам спорта, включая хоккей.

1. Теоретико-методологическое описание исследования

1.1 Теоретическая и методологическая основа

Теоретической и методологической основой данного исследования являются современные подходы к управлению макротурниром, а также вероятностные модели прогнозирования исходов спортивных соревнований, в частности – распределение Пуассона. Использование данной математической модели обосновано её широким применением в задачах прогнозирования случайных событий, происходящих за фиксированный период времени, таких как забитые голы в спортивном матче.

Идея применения распределения Пуассона в спортивной аналитике была заложена ещё в середине XX века М. Дж. Морони (1956), который одним из первых указал на возможность использования пуассоновской модели для описания вероятности наступления определённого количества событий в течение ограниченного временного промежутка. Впоследствии эта идея получила развитие в работах Дж.Б. Келлера (1994), Д. Дайта и С.Р. Кларка (2000), Л.С. Бастоса и Дж.М.К. да Роша (2013), С.Дж. Купмана и Р. Лита (2015), Е.Ф. Сарайва и др. (2016), которые показали эффективность модели при решении задач прогнозирования результатов матчей в футболе.

Распределение Пуассона описывается следующей формулой:

$$P(k; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}, \quad (1)$$

где $P(k; \lambda)$ – вероятность того, что произойдёт ровно k событий, λ – среднее число событий за период (в данном случае – ожидаемое количество голов), e – основание натурального логарифма (примерно 2.71828).

Эта формула используется для вычисления вероятности того, что команда забьёт определённое количество голов в матче, на основе ретроспективных данных о её выступлениях.

В рамках управления макротурниром модель Пуассона рассматривается как инструмент поддержки принятия управленческих решений, позволяющий формализовать процесс прогнозирования исходов спортивных мероприятий, повысить объективность оценок и обеспечить статистическую обоснованность стратегий развития спортивных клубов и лиг.

Методология исследования основана на принципах системного анализа, вероятностно-статистического моделирования и информационно-аналитического обеспечения управленческих процессов. Для достижения цели работы использовались следующие научные методы:

Системный анализ – позволил рассмотреть хоккейные соревнования как сложную организационную систему, состоящую из взаимодействующих элементов (команд, матчей, турниров), и определить ключевые параметры, влияющие на её функционирование.

Статистический анализ – применялся для обработки исторических данных о результатах матчей, сбора информации по забитым и пропущенным голам, а также для выявления закономерностей в выступлениях команд дома и на выезде.

Моделирование случайных процессов – реализовано через применение распределения Пуассона для прогнозирования возможного числа голов, забиваемых каждой командой в предстоящих матчах.

Двумерное вероятностное моделирование – использовалось для совместного учёта результатов обеих команд в одном матче. Вероятность каждого возможного исхода (например, 2:1, 3:3 и т. д.) рассчитывалась как произведение двух одномерных пуассоновских вероятностей:

$$P(k_1, k_2; \lambda_1, \lambda_2) = P(k_1; \lambda_1) \cdot P(k_2; \lambda_2), \quad (2)$$

где λ_1 и λ_2 – ожидаемое количество голов первой и второй команд соответственно.

Алгоритмизация и программирование – разработанная программа на языке программирования позволила автоматизировать процесс сбора данных, вычисления

характеристик команд (сила атаки и защиты дома и в гостях), построения вероятностных распределений и ранжирования.

Оценка точности модели – проводилась путём сравнения реальных результатов матчей с наиболее вероятными исходами, предсказанными моделью. Точность рассчитывалась как отношение числа совпадений к общему количеству матчей.

На основе статистики прошлых матчей были вычислены следующие ключевые параметры: среднее количество голов, забитых и пропущенных командами дома и на выезде: сила атаки и сила защиты команд, рассчитываемые как отношение индивидуальных показателей к средним значениям по турниру; ожидаемое количество голов для каждой пары взаимодействующих команд, используемых в качестве параметров λ в распределении Пуассона, двумерное распределение вероятностей всех возможных исходов матча, отражающее вероятность каждого счёта.

Хотя большинство исследований, использующих пуассоновские модели, сосредоточено на футболе, данный подход был адаптирован к хоккейным соревнованиям, где характер игры отличается более высокой результативностью.

Таким образом, теоретико-методологическая основа исследования позволяет утверждать, что применение распределения Пуассона в сочетании с системным подходом к управлению макротурниром способствует повышению точности прогнозирования исходов спортивных соревнований. Предложенная модель может быть использована не только для анализа хоккейных матчей, но и как универсальный инструмент поддержки принятия решений в других видах спорта, где результат зависит от случайных событий, подчиняющихся пуассоновскому распределению.

1.2. Применение модели для управления макротурниром

Модель прогнозирования на основе распределения Пуассона является универсальным инструментом для управления макротурниром, особенно для работы в условиях неопределённости результатов соревнований. Вероятностная основа модели позволяет заинтересованным сторонам принимать обоснованные решения следующим образом:

1. Оптимизация стратегии команды: Тренеры и менеджеры команд могут использовать вероятностные прогнозы забитых голов для разработки игровых планов. Например, если модель предсказывает высокую вероятность низкорезультативной игры, тренеры могут

сосредоточиться на оборонительных составах или отработке игры в меньшинстве. Это снижает неопределённость, предоставляя данные о сильных сторонах соперников.

2. Планирование турниров и расписания: Организаторы турниров могут применять модель для прогнозирования конкурентности матчей, что позволяет создавать сбалансированные расписания, повышающие интерес зрителей. Например, планирование матчей с высокой вероятностью близкого счёта на прайм-тайм может увеличить зрительскую аудиторию, а исключение несбалансированных пар в плей-офф снижает риск неконкурентных игр.
3. Оценка эффективности команд и формирование рейтингов: Спортивные федерации и аналитики могут использовать модель для создания объективных рейтингов команд на основе показателей атаки и защиты.

Предоставляя статистическую основу для прогнозирования, модель превращает неопределённое, субъективное принятие решений в структурированный процесс, основанный на исторических данных и вероятностном анализе.

2. Описание разработанной математической модели и алгоритма

Разработанная модель прогнозирования результатов спортивных соревнований основана на применении распределения Пуассона – одного из ключевых инструментов вероятностного моделирования случайных событий, происходящих за фиксированный период времени. Основываясь на ретроспективных данных, он оценивает силу атаки и защиты каждой команды, рассчитывает ожидаемое количество голов и строит вероятностное распределение возможных исходов матча.

Модель предназначена для использования в системах поддержки принятия управленческих решений в рамках организационных систем спортивной направленности, таких, как управление турнирами, формирование рейтингов команд и планирование стратегических действий спортивных клубов.

Для построения модели используются следующие данные: $t \in \mathbb{N}$ – дата проведения матча; $T_1, T_2 \in \mathcal{T}$ – номера команд-участников (\mathcal{T} – множество всех команд); $G_1, G_2 \in \mathbb{N}_0$ – количество голов, забитых каждой командой; $F \in \{0, 1\}$ – тип поля (домашнее/гостевое).

На основе этих данных рассчитываются следующие показатели для каждой команды:

$N_h(i)$ – общее число домашних игр команды i , $N_a(i)$ – общее число выездных игр команды i ,

$$G_h^o(i) = \sum_{\text{матчей дома}} G_1 \quad - \text{ всего голов, забитых дома,} \quad G_h^d(i) = \sum_{\text{матчей дома}} G_2 \quad - \text{ всего голов, пропущенных}$$

$$\text{дома,} \quad G_a^o(i) = \sum_{\text{матчей в гостях}} G_2 \quad - \text{ всего голов, забитых в гостях,} \quad G_a^d(i) = \sum_{\text{матчей в гостях}} G_1 \quad - \text{ всего голов,}$$

$$\mu_h^o = \frac{\sum_i G_h^o(i)}{\sum_i N_h(i)} \quad - \text{ среднее число голов за матч, забитых дома по турниру,}$$

$$\mu_a^o = \frac{\sum_i G_a^o(i)}{\sum_i N_a(i)} \quad - \text{ среднее число голов за матч, забитых в гостях по турниру,} \quad \mu_h^d = \frac{\sum_i G_h^d(i)}{\sum_i N_h(i)} \quad -$$

$$\mu_a^d = \frac{\sum_i G_a^d(i)}{\sum_i N_a(i)} \quad - \text{ среднее число голов за матч, пропущенных дома по турниру,} \quad - \text{ среднее число}$$

$$SA_h(i) = \frac{G_h^o(i)/N_h(i)}{\mu_h^o} \quad - \text{ относительная сила}$$

$$\text{голов за матч, пропущенных в гостях по турниру,} \quad SZ_h(i) = \frac{G_h^d(i)/N_h(i)}{\mu_h^d} \quad - \text{ относительная сила защиты дома,} \quad SA_a(i) = \frac{G_a^o(i)/N_a(i)}{\mu_a^o} \quad -$$

$$\text{атаки дома,} \quad SZ_a(i) = \frac{G_a^d(i)/N_a(i)}{\mu_a^d} \quad - \text{ относительная сила защиты в гостях.}$$

Для прогнозирования результата матча между двумя командами (например, домашней командой i и гостевой командой j) рассчитываются параметры интенсивности λ , используемые в распределении Пуассона:

$$\lambda_{ij}^h = SA_h(i) \cdot SZ_a(j) \cdot \mu_h^o, \quad \lambda_{ij}^a = SA_a(j) \cdot SZ_h(i) \cdot \mu_a^o. \quad (3)$$

Эти параметры представляют собой ожидаемое число голов, которые могут быть забиты домашней и гостевой командами соответственно.

Вероятность того, что команда забьёт k голов, с учетом домашнего поля для каждого возможного количества голов ($k = 0, 1, \dots, 5$), вычисляется по формулам:

$$P_h(k; \lambda_{ij}^h) = \frac{e^{-\lambda_{ij}^h} (\lambda_{ij}^h)^k}{k!}, \quad P_a(k; \lambda_{ij}^a) = \frac{e^{-\lambda_{ij}^a} (\lambda_{ij}^a)^k}{k!} \quad (4)$$

Для $k > 5$ используется накопленная вероятность:

$$P(5+; \lambda) = 1 - \sum_{k=0}^4 P(k) \quad (5)$$

С учетом фактора своего/чужого поля вычисляется накопленная вероятность:

$$P_h(5+; \lambda_{ij}^h) = 1 - \sum_{k=0}^4 P_h(k), \quad P_a(5+; \lambda_{ij}^a) = 1 - \sum_{k=0}^4 P_a(k) \quad (6)$$

Затем строится двумерное вероятностное распределение Пуассона всех возможных исходов матча путём перемножения вероятностей голов для каждой команды (2). На основе этого распределения выделяются наиболее вероятные исходы матча.

При оценке эффективности модели ставится задача формально записать точность прогнозирования исходов хоккейных матчей, основываясь на сравнении предсказанных результатов с реальными результатами. Для каждого матча сравнивается реальный результат G_1, G_2 с наиболее вероятным исходом \hat{k}_1, \hat{k}_2 , предсказанным моделью.

Точность модели – это доля матчей, в которых модель правильно предсказала победу одного из участников от общего числа матчей:

$$E = \frac{\#\{i \in M \mid (G_1^i > G_2^i \wedge \hat{k}_1^i > \hat{k}_2^i) \vee (G_2^i > G_1^i \wedge \hat{k}_2^i > \hat{k}_1^i)\}}{\#\{i \in M \mid G_1^i \neq G_2^i\}} \quad (7)$$

где:

M – множество всех матчей в тестовой выборке.

$\#\{i \in M \mid G_1^i \neq G_2^i\}$ – общее количество матчей с выявленным победителем.

G_1^i, G_2^i – реальное количество голов, забитых командами в матче i .

\hat{k}_1^i, \hat{k}_2^i – предсказанное моделью количество голов для матча i .

$\#\{i \in M \mid (G_1^i > G_2^i \wedge \hat{k}_1^i > \hat{k}_2^i) \vee (G_2^i > G_1^i \wedge \hat{k}_2^i > \hat{k}_1^i)\}$ – количество матчей, где модель

точно предсказала победителя.

Алгоритм прогнозирования реализуется следующим образом:

1. Загрузка входных данных: список команд, история матчей, коэффициенты корректировки модели.
2. Обработка статистики: расчёт количества матчей, забитых и пропущенных голов для каждой команды, вычисление средних значений по турниру, расчёт сил атаки и защиты для каждой команды.
3. Прогнозирование: для каждой пары взаимодействующих команд вычисляются параметры λ , рассчитываются вероятности всех возможных исходов матча, вероятности ранжируются, и выбираются наиболее вероятные варианты.
4. Оценка точности модели: реальные результаты матчей сравниваются с наиболее вероятными исходами, рассчитывается доля совпадений – метрика, характеризующая эффективность прогнозирования.
5. Вывод результатов: формирование отчета с информацией о силах атаки и защиты команд, прогнозы результатов матчей, точность модели и другие аналитические показатели.

3. Эксперимент

Целью эксперимента являлась апробация разработанной пуассоновской модели управления рейтингами на реальных данных соревновательных процессов для оценки её точности и применимости в практике анализа организационных систем. В качестве объекта исследования использовались данные турнира Континентальной хоккейной лиги (КХЛ) за сезон 2024-2025 гг.

Было выполнено сравнение трех моделей прогнозирования исходов хоккейных матчей: модели на основе распределения Пуассона, модели на основе метода взвешенных соотношений [1] и модели машинного обучения, построенной с использованием метода случайного леса [2, 3]. Все модели тестировались на одинаковой выборке из 782 матчей. Результаты вычислений оценки эффективности моделей представлены в таблице 1.

Таблица 1. Оценка эффективности моделей

Команда	Игры	Модель взвешенных соотношений		Модель случайного леса		Модель распределения Пуассона	
		Правильные прогнозы	Процент совпадений прогноза	Правильные прогнозы	Процент совпадений прогноза	Правильные прогнозы	Процент совпадений прогноза
Локомотив	68	49	72,059	49	72,059	50	73,529
Трактор	68	47	69,118	47	69,118	51	75,000
Салават Юлаев	68	43	63,235	41	60,294	50	73,529
Металлург Мг	68	45	66,176	46	67,647	44	64,706
Динамо М	68	42	61,765	43	63,235	42	61,765
Автомобилист	68	45	66,176	45	66,176	40	58,824
Ак Барс	68	42	61,765	44	64,706	49	72,059
Авангард	68	45	66,176	45	66,176	48	70,588
Спартак	68	38	55,882	40	58,824	42	61,765
Динамо Мн	68	39	57,353	43	63,235	38	55,882
ЦСКА	68	47	69,118	47	69,118	47	69,118
Северсталь	68	40	58,824	45	66,176	43	63,235
СКА	68	46	67,647	46	67,647	46	67,647
Торпедо	68	48	70,588	49	72,059	46	67,647
Сибирь	68	47	69,118	47	69,118	46	67,647
Адмирал	68	44	64,706	46	67,647	47	69,118
Нефтехимик	68	44	64,706	43	63,235	46	67,647
Куньлунь Ред Стар	68	44	64,706	44	64,706	45	66,176
Витязь	68	48	70,588	50	73,529	49	72,059
Лада	68	45	66,176	44	64,706	47	69,118
ХК Сочи	68	46	67,647	46	67,647	47	69,118
Амур	68	54	79,412	54	79,412	53	77,941
Барыс	68	54	79,412	54	79,412	54	79,412
Итого:	1564	1042	66,624	1058	67,647	1070	68,414

Сводные результаты оценки эффективности моделей представлены в таблице 2.

Таблица 2. Итоговые метрики эффективности моделей

Показатель	Модель взвешенных соотношений	Модель случайного леса	Модель распределения Пуассона
Общее число матчей	782	782	782
Число матчей с совпавшим прогнозом	521	529	535
Процент совпадения прогноза	66,624%	67,647%	68,414%

Анализ показал, что модель, основанная на распределении Пуассона, обеспечивает наивысшую точность прогнозирования исходов хоккейных матчей среди рассмотренных подходов, точность модели составила 68,414 %. Это свидетельствует о её эффективности и применимости в спортивном менеджменте. Второе место по точности заняла модель машинного обучения, построенная с использованием метода случайного леса с результатом 67,647 %. Данный подход продемонстрировал сравнимую эффективность, но показал меньшую устойчивость при прогнозировании для команд с нестабильными результатами. Наименьшую точность показала модель на основе метода взвешенных соотношений, точность которой составила 66,624%.

Заключение

Разработанная математическая модель представляет собой комплексную систему прогнозирования результатов хоккейных матчей, основанную на применении распределения Пуассона и статистическом анализе ретроспективных данных. Эта модель представляет собой реализацию классической пуассоновской модели прогнозирования исходов матчей, дополненную статистическим анализом силы атаки и защиты команд. Она позволяет не только давать вероятностные оценки исходам матчей, но и служит основой для построения рейтингов, управления спортивными турнирами и принятия обоснованных управленческих решений в условиях неопределённости. Разработанный алгоритм позволяет эффективно ранжировать команды и давать вероятностную оценку исходам матчей, что делает его полезным инструментом в управлении макротурниром. Модель демонстрирует лучшую сходимость с реальными данными в сравнении с другими моделями, и может быть легко адаптирована под различные виды спорта и форматы соревнований.

Модель поддерживает различные заинтересованные стороны при принятии обоснованных решений:

- 1) Тренеры и менеджеры используют вероятностные прогнозы для корректировки игровых стратегий, например, усиления оборонительной игры в прогнозируемых низкорезультативных матчах, снижая неопределённость решений.
- 2) Организаторы турниров оптимизируют расписания и структуру плей-офф, прогнозируя конкурентные матчи, что повышает привлекательность турниров.

- 3) Спортивные федерации формируют объективные рейтинги команд и оценивают тенденции эффективности, поддерживая решения по политике федерации.
- 4) Аналитики генерируют точные прогнозы для болельщиков и букмекерских платформ, повышая вовлечённость и доверие к аналитическим данным.

Литература

1. Юшкин, В.Н. Сравнительный анализ методов прогнозирования результатов соревновательной деятельности / В.Н. Юшкин, С.С. Марченко, Е.А. Стрижакова, Р.И. Пенькова // Вестник спортивной науки. 2023. № 6. С. 25-31.
2. Грудцына, Л.Ю. Прогнозирование результатов спортивных соревнований на основе методов машинного обучения / Л.Ю. Грудцына, Р.Ф. Ахметзянов // Научно-технический вестник Поволжья. 2024. № 5. С. 92-95.
3. Журавлев, А.Д. Методы анализа данных в задаче прогнозирования спортивных результатов // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. 2022. Т. 26, № 2. С. 26-32.
4. Moroney, M.J. Facts From Figures [3rd edition]. – Penguin Books, London, 1965. 472 p.
5. Keller, J.B. A characterization of the Poisson distribution and the probability of winning a game // The American Statistician. 1994. Vol. 48(4). – pp. 294-298.
6. Dyte, D. A ratings based Poisson model for World Cup soccer simulation / D. Dyte, S.R. Clarke // Journal of the Operational Research Society. 2000. Vol. 51(8). pp. 993-998.
7. Bastos, L.S. Predicting probabilities for the 2010 FIFA world cup games using a Poisson-Gamma model / L.S. Bastos, J.M.C. da Rosa // Journal of Applied Statistics. 2013. Vol. 40(7). PP. 1533-1544.
8. Koopman, S.J. A dynamic bivariate poisson model for analysing and forecasting match results in the English Premier League // Tinbergen Institute Discussion Paper. 2012. PP. 1-30.
9. Saray, M., et al. (2016). Application of Poisson distribution to football match prediction. *International Journal of Applied Management Science*, 8(2), С. 121–135.
10. Saraiva, E.F. Predicting football scores via Poisson regression model: applications to the National Football League / E.F. Saraiva, A.K. Suzuki, C.A.O. Filho, F. Louzada // Communications for Statistical Applications and Methods. 2016; Vol. 23(4).PP. 297-319.