

Костенко Елена Геннадьевна

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В СПОРТЕ

***Аннотация:** применение математических методов моделирования и прогнозирования в спорте становится все более актуальным. Математические методы моделирования и прогнозирования не только помогают улучшить производительность спортсменов и оптимизировать тренировочный процесс, но и способствуют более эффективному управлению спортивными организациями. В условиях растущей конкуренции на спортивной арене использование научных подходов становится необходимостью для достижения успеха.*

***Ключевые слова:** моделирование, прогнозирование, спорт, анализ, цифровые технологии.*

***Abstract:** the use of mathematical modeling and forecasting methods in sports is becoming increasingly relevant. Mathematical modeling and forecasting methods not only help to improve athletes' performance and optimize the training process, but also contribute to more effective management of sports organizations. In the context of growing competition in the sports arena, the use of scientific approaches is becoming necessary to achieve success.*

***Keywords:** modeling, forecasting, sports, analysis, digital technologies.*

Спорт – это не только физическая активность, но и сложная система, в которой взаимодействуют множество факторов. Математические методы моделирования и прогнозирования играют ключевую роль в анализе спортивных данных, улучшении тренировочных процессов и повышении эффективности команд и спортсменов.

Математические методы моделирования и прогнозирования в спорте

Математические методы моделирования и прогнозирования в спорте представляют собой набор инструментов и техник, используемых для анализа

данных, оценки производительности и оптимизации процессов в спортивной деятельности. Эти методы помогают тренерам, спортсменам и аналитикам принимать обоснованные решения, основанные на количественных данных. Рассмотрим подробнее основные математические методы и их применение в спорте.

Статистический анализ

Описание. Статистический анализ включает в себя сбор, обработку и интерпретацию данных для выявления закономерностей и трендов.

Применение.

Статистический анализ применяется для:

- *анализа результатов:* сравнение результатов различных команд или спортсменов с использованием таких показателей, как среднее значение, медиана, мода, стандартное отклонение и другие статистические метрики;
- *корреляционного анализа:* выявление взаимосвязей между различными переменными, например, между количеством тренировок и результатами соревнований;
- *тестирования гипотез:* оценка значимости различий между группами (например, различия в производительности между игроками разных позиций).

Модели регрессии

Описание. Регрессионный анализ используется для определения зависимости одной переменной от другой. Он может быть линейным или нелинейным.

Применение:

- *прогнозирование результатов:* модели регрессии могут использоваться для прогнозирования результатов матчей на основе исторических данных (например, количество забитых голов в зависимости от числа ударов по воротам) [3];
- *оценка влияния факторов:* анализ влияния различных факторов (физическая форма, опыт, тактика) на результаты соревнований.

Теория игр

Описание. Теория игр исследует стратегические взаимодействия между игроками, где выбор одного игрока влияет на выбор другого.

Применение:

- *оптимизация тактики*: разработка стратегий игры с учетом действий соперника (например, выбор схемы атаки или защиты);
- *анализ поведения соперников*: прогнозирование вероятных действий соперников на основе их предыдущих решений.

Системы динамического моделирования

Описание. Эти модели позволяют изучать изменения во времени и взаимодействие различных факторов в системе.

Применение: этих моделей:

- *моделирование тренировочного процесса*: оценка влияния различных тренировочных нагрузок на производительность спортсменов и предотвращение травм;
- *анализ усталости*: моделирование влияния усталости на результаты соревнований и определение оптимальных периодов отдыха.

Оптимизационные методы

Описание. Оптимизационные методы используются для нахождения наилучших решений в условиях ограничений.

Применение:

- *оптимизация состава команды*: выбор наиболее эффективного состава команды на основе анализа статистики игроков;
- *планирование тренировок*: оптимизация распределения тренировочных нагрузок для достижения максимальной эффективности.

Модели временных рядов

Описание: модели временных рядов используются для анализа данных, собранных во времени, с целью выявления трендов и сезонных колебаний.

Применение:

- *прогнозирование результатов по временным данным*: использование исторических данных о результатах для прогнозирования будущих выступлений (например, результаты команды в течение сезона);

– *анализ сезонных эффектов*: выявление влияния сезонных факторов (например, погода, время года) на результаты

Машинное обучение и искусственный интеллект

Описание. Современные алгоритмы машинного обучения способны обрабатывать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности.

Применение:

– *прогнозирование результатов матчей*: использование алгоритмов для анализа исторических данных и предсказания исходов будущих игр;

– *анализ действий игроков*: определение успешности различных игровых действий (например, бросков в баскетболе) на основе анализа видео или статистических данных;

– *персонализированные тренировочные программы*: разработка индивидуальных программ тренировок на основе анализа данных о физической форме и производительности спортсмена.

Математические методы моделирования и прогнозирования в спорте играют ключевую роль в повышении эффективности тренировок и улучшении результатов спортсменов [7]. Они позволяют анализировать данные, выявлять закономерности и принимать обоснованные решения. В условиях постоянного развития технологий использование этих методов становится все более актуальным, открывая новые возможности для оптимизации спортивной деятельности.

Регрессионный анализ в спорте

Регрессионный анализ – это мощный статистический инструмент, который широко используется в различных областях, включая спорт. Он позволяет исследовать и моделировать взаимосвязи между переменными, что может быть особенно полезно для тренеров, аналитиков и спортсменов. В этой статье мы рассмотрим, как регрессионный анализ применяется в спортивной аналитике, его преимущества и примеры использования.

Регрессионный анализ – это метод статистики, который используется для оценки взаимосвязи между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными. Основная цель регрессионного анализа заключается

в том, чтобы построить модель, которая может предсказать значения зависимой переменной на основе значений независимых переменных [6].

Применение регрессионного анализа в спорте.

1. Оценка производительности спортсменов.

Регрессионный анализ позволяет тренерам и аналитикам оценивать факторы, влияющие на производительность спортсменов. Например, можно исследовать, как такие переменные, как время тренировки, физическая подготовка и диета, влияют на результаты соревнований.

2. Прогнозирование результатов.

С помощью регрессионного анализа можно предсказывать результаты спортивных событий. Например, в командных видах спорта можно использовать данные о предыдущих играх, чтобы спрогнозировать исход будущих матчей.

3. Анализ факторов успеха.

Регрессионный анализ помогает выявить ключевые факторы, способствующие успеху команды или спортсмена. Это может включать анализ таких переменных, как количество тренировок, уровень травматизма и тактические решения.

4. Оптимизация тренировочного процесса.

Тренеры могут использовать регрессионный анализ для оптимизации тренировочных программ. Например, можно проанализировать, какие виды тренировок наиболее эффективно влияют на развитие силы или выносливости.

5. Финансовый анализ.

В профессиональном спорте регрессионный анализ также используется для оценки финансовых показателей команд и спортсменов. Это может включать анализ доходов от билетов, спонсорских контрактов и телевидения.

Преимущества регрессионного анализа в спорте:

– *данные для принятия решений*: регрессионный анализ предоставляет объективные данные, на основе которых можно принимать более обоснованные решения;

– *идентификация трендов*: он помогает выявлять тренды и закономерности в данных, что может быть полезно для долгосрочного планирования;

– *гибкость*: метод можно адаптировать под различные виды спорта и задачи, что делает его универсальным инструментом.

Примеры использования

1. *Футбол*. Анализ данных о результатах матчей, количестве голов, ударах по воротам и других статистических показателях для прогнозирования исходов будущих игр.

2. *Легкая атлетика*. Оценка влияния тренировочных нагрузок на результаты забегов на различные дистанции с использованием данных о времени, погодных условиях и физическом состоянии спортсменов.

3. *Баскетбол*. Исследование влияния индивидуальных показателей игроков (например, процент попаданий в кольцо) на общую результативность команды.

Пример построения прогнозирующего уравнения

Рассчитать и построить график уравнения прямолинейной регрессии для показателей роста и веса 8 исследуемых и сделать вывод о точности расчета уравнений, если данные выборки таковы:

x_i , см ~ 166; 180; 173; 174; 185; 179; 168; 171;

y_i , кг ~ 63; 75; 70; 70; 73; 75; 65; 70.

В табличном редакторе Excel.

Уравнение парной линейной регрессии – зависимость веса (y) от роста (x)

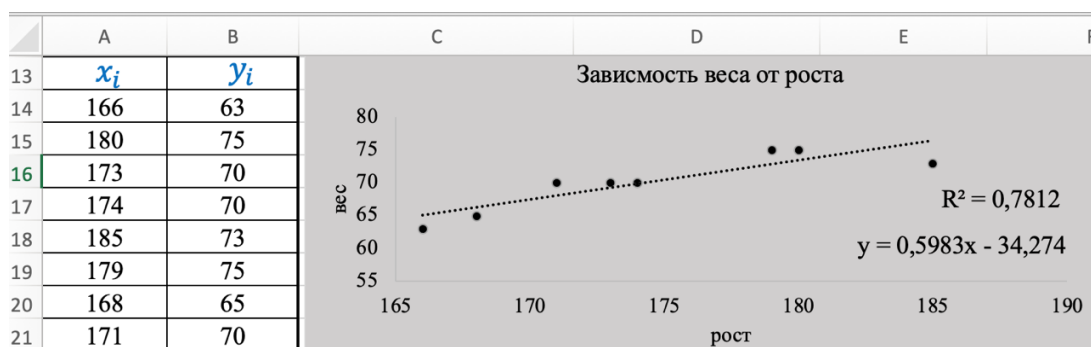


Рис. 1

Построение графика зависимости веса (y) от роста(x): Вставка – Диаграммы – Точечная, добавить Линия тренда – Линейная – Дополнительные

параметры линии тренда и отметить показать уравнение на диаграмме и поместить на диаграмму величину аппроксимации (R^2).

Регрессионный анализ: Данные – Анализ данных – Регрессия

Вывод итогов Регрессии

	A	B	C	D
25	Регрессионная статистика			
26	Множественный коэффициент	0,88385056		
27	R-квадрат	0,781191812		
28	Нормированный коэффициент	0,744723781		
29	Стандартная ошибка	2,201292724		
30	Наблюдения	8		
31				
32	Дисперсионный анализ			
33		df	SS	MS
34	Регрессия	1	103,8008621	103,800862
35	Остаток	6	29,07413793	4,84568965
36	Итого	7	132,875	
37				
38		Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика
39	Y-пересечение	-34,2741379	22,57005322	-1,51856699
40	Переменная	0,598275862	0,12926436	4,62831258

Рис. 2

Проведем расчет теоретического значения y (веса) используя линейное уравнения регрессии $y = 0,5983x - 34,274$.

	A	B	C
13	x_i	y_i	$y_{теор}$
14	166	63	=B\$40*A14
15	180	75	+B\$39
16	173	70	69
17	174	70	70
18	185	73	76
19	179	75	73
20	168	65	66
21	171	70	68

Рис. 3

Уравнение парной линейной регрессии – зависимость роста (x) от веса (y)

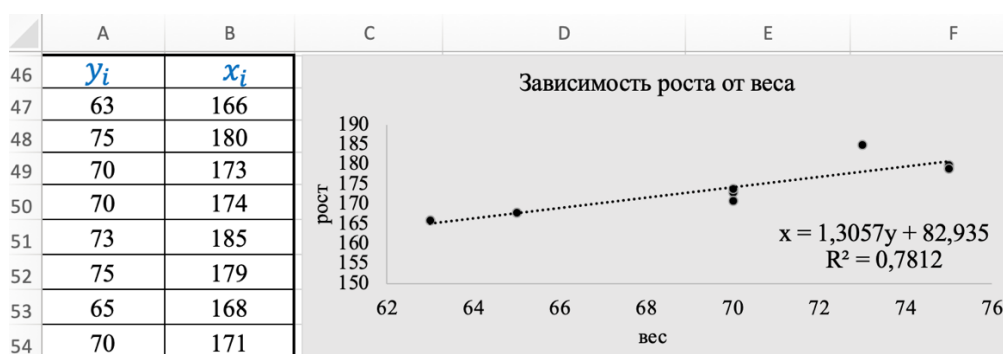


Рис. 4

Важно: при проведении регрессионного анализа зависимости роста (x) от веса (y) используя Анализ данных – Регрессия в поле Входной интервал Y вносить значения роста (x), а поле Входной интервал X – значения веса (y).

	A	B	C	D
59	Регрессионная статистика			
60	Множественный коэффициент	0,88385056		
61	R-квадрат	0,781191812		
62	Нормированный коэффициент	0,744723781		
63	Стандартная ошибка	3,252034604		
64	Наблюдения	8		
65				
66	Дисперсионный анализ			
67		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>
68	Регрессия	1	226,5456256	226,5456256
69	Остаток	6	63,45437441	10,57572907
70	Итого	7	290	
71				
72		<i>Коэффициент стандартная ошибка</i>		<i>t-статистика</i>
73	Y-пересечение	82,93508937	19,81703121	4,185041064
74	Переменная	1,305738476	0,282119769	4,628312582

Рис. 5

Проведем расчет теоретического значения x (роста) используя линейное уравнения регрессии $x = 1,3057y + 82,935$.

	A	B	C
46	y_i	x_i	$x_{теор}$
47	63	166	=B\$74*A47
48	75	180	+B\$73
49	70	173	174
50	70	174	174
51	73	185	178
52	75	179	181
53	65	168	168
54	70	171	174

Рис. 6

Для определения абсолютных и относительных погрешностей уравнений регрессии воспользуемся Анализ данных – Описательная статистика и математическими формулами

$$\sigma_{y/x} = \sigma_y \cdot \sqrt{1-R^2} \quad \sigma_{x/y} = \sigma_x \cdot \sqrt{1-R^2}$$

$$\sigma'_{y/x} = \frac{\sigma_{y/x}}{\bar{y}} \cdot 100\% \quad \sigma'_{x/y} = \frac{\sigma_{x/y}}{\bar{y}} \cdot 100\%$$

	A	B	C	D
79	x_i			y_i
80				
81	Среднее	174,5	Среднее	70,125
82	Стандартная	2,275647475	Стандартная от	1,540379128
83	Медиана	173,5	Медиана	70
84	Мода	#Н/Д	Мода	70
85	Стандартное	6,436503043	Стандартное от	4,356850107
86	Дисперсия в	41,42857143	Дисперсия выб	18,98214286
87	Эксцесс	-0,77680856	Эксцесс	-0,6514515
88	Асимметрич	0,342871981	Асимметричнос	-0,55470007
89	Интервал	19	Интервал	12
90	Минимум	166	Минимум	63
91	Максимум	185	Максимум	75
92	Сумма	1396	Сумма	561
93	Счет	8	Счет	8
94				
95				
96	$y =$	$=D85*КОРЕНЬ(1-B61)$		
97	$x =$	3,01	2%	

	A	B	C	D
79	x_i			y_i
80				
81	Среднее	174,5	Среднее	70,125
82	Стандартная	2,275647475	Стандартная от	1,540379128
83	Медиана	173,5	Медиана	70
84	Мода	#Н/Д	Мода	70
85	Стандартное	6,436503043	Стандартное от	4,356850107
86	Дисперсия в	41,42857143	Дисперсия выб	18,98214286
87	Эксцесс	-0,77680856	Эксцесс	-0,6514515
88	Асимметрич	0,342871981	Асимметричнос	-0,55470007
89	Интервал	19	Интервал	12
90	Минимум	166	Минимум	63
91	Максимум	185	Максимум	75
92	Сумма	1396	Сумма	561
93	Счет	8	Счет	8
94				
95		абсолютная по		погрешность
96	$y =$	2,04	$=B96/D81$	
97	$x =$	3,01	2%	

Рис. 7

Вывод: 1) т.к. $rf = 0,88 > 0$, то между данными выборок наблюдается прямая положительная взаимосвязь, т.е. с увеличением показателей роста возрастают и показатели веса;

2) степень взаимосвязи сильная;

3) т.к. $rf = 0,88 > rst = 0,83$ для $n = 6$ при $\alpha = 1\%$, то с уверенностью $\beta = 99\%$ можно говорить о том, что выявленная зависимость достоверна.

3) относительная погрешность $x = 1,3057y + 82,935$ меньше (2%), следовательно, более точно прогнозировать показатель роста исследуемых по данным их веса;

Регрессионный анализ является важным инструментом в спортивной аналитике, который помогает тренерам и спортсменам принимать более обоснованные

решения на основе данных. Его применение может значительно повысить эффективность тренировочного процесса и улучшить результаты на соревнованиях. С учетом растущего объема доступных данных в мире спорта использование регрессионного анализа будет только увеличиваться, открывая новые возможности для достижения успеха.

Интеграция математических методов с цифровыми технологиями

Применение математических методов прогнозирования и моделирования в спорте с использованием цифровых технологий значительно расширяет возможности анализа данных и улучшает принятие решений [1]. Детализируем, как именно эти методы интегрируются с цифровыми технологиями и какие преимущества они предоставляют.

Сбор и обработка данных

Цифровые технологии:

- *сенсоры и носимые устройства:* использование фитнес-браслетов, GPS-трекеров и других носимых устройств для сбора данных о физических показателях спортсменов (пульс, скорость, расстояние, уровень кислорода в крови и т. д.);
- *анализ видео:* программное обеспечение для анализа видеозаписей матчей позволяет извлекать данные о действиях игроков, таких как позиции на поле, количество ударов, передачи и другие показатели.

Применение математических методов.

Математическими методами проводят:

- *статистический анализ:* обработка собранных данных для выявления ключевых показателей производительности;
- *очистка данных:* устранение ошибок и аномалий в данных перед их анализом.

Прогнозирование результатов

Цифровые технологии:

- *платформы для анализа данных:* Использование специализированных программных решений (например, R, Python с библиотеками для анализа данных) для обработки больших объемов информации;

– *машинное обучение*: алгоритмы машинного обучения (например, регрессионные модели, деревья решений) для создания предсказательных моделей на основе исторических данных.

Применение математических методов:

– *регрессионный анализ*: моделирование зависимости результатов от различных факторов (например, физическая форма, тактика, состояние соперника).

– *модели временных рядов*: прогнозирование будущих результатов на основе исторических данных о матчах.

Оптимизация тренировочного процесса

Цифровые технологии:

– *тренировочные приложения*: программное обеспечение для планирования и отслеживания тренировок, которое может автоматически адаптироваться к изменениям в состоянии спортсмена;

– *системы мониторинга*: платформы для анализа данных о нагрузках и восстановлении (например, использование данных о пульсе и уровне усталости).

Применение математических методов:

– *модели оптимизации*: определение оптимальных тренировочных нагрузок с учетом индивидуальных особенностей спортсмена;

– *системы динамического моделирования*: моделирование влияния различных тренировочных программ на производительность и здоровье спортсменов.

Тактическое планирование

Цифровые технологии:

– *аналитические платформы*: использование программ для анализа действий соперников и оценки их слабых мест (например, Sportscode, Hudl);

– *визуализация данных*: инструменты для представления данных в виде графиков и диаграмм, что облегчает понимание информации.

Применение математических методов:

– *теория игр*: моделирование стратегий команды в зависимости от действий соперника;

– *симуляции*: проведение симуляций матчей с использованием различных тактических схем для определения наилучшего подхода.

Анализ производительности

Цифровые технологии:

– *BI-платформы* (Business Intelligence): инструменты для визуализации и анализа больших объемов данных (например, Tableau, Power BI);

– *интеграция с облачными сервисами*: хранение и обработка данных в облаке для обеспечения доступа к ним в любое время и из любого места.

Применение математических методов:

– *кластерный анализ*: группировка спортсменов по схожим характеристикам для выявления сильных и слабых сторон;

факторный анализ: определение ключевых факторов, влияющих на результаты команды или отдельных спортсменов.

Предотвращение травм

Цифровые технологии:

– *анализ биомеханики*: использование специализированных программ для анализа движений спортсменов с целью выявления потенциально опасных паттернов;

– *мониторинг состояния здоровья*: платформы для отслеживания состояния здоровья спортсменов и их физической формы.

Применение математических методов:

– *модели предсказания травм*: использование статистических методов и алгоритмов машинного обучения для прогнозирования вероятности травм на основе собранных данных.

– *анализ нагрузки*: оценка уровня физической нагрузки с целью предотвращения переутомления и травм.

Интеграция математических методов прогнозирования и моделирования с цифровыми технологиями в спорте открывает новые горизонты для анализа и оптимизации спортивной деятельности [4]. Это позволяет не только повышать эффективность тренировок и улучшать результаты соревнований, но и

заботиться о здоровье спортсменов, что является важным аспектом современного спорта. В условиях быстро развивающихся технологий использование этих методов становится необходимым для достижения конкурентных преимуществ.

Значимость математических методов в спорте

В последние десятилетия спорт стал не только ареной для соревнований, но и объектом глубокого научного анализа. Математические методы моделирования и прогнозирования играют ключевую роль в развитии спортивной науки, позволяя тренерам, спортсменам и аналитикам принимать более обоснованные решения [2]. Проанализируем, почему применение этих методов становится необходимым в современном спорте.

Анализ производительности спортсменов

Математическое моделирование позволяет глубже понять производительность спортсменов. С помощью статистических методов можно анализировать результаты соревнований, выявлять закономерности и тенденции. Например, регрессионный анализ помогает определить факторы, влияющие на успех спортсмена, такие как физическая подготовка, техника выполнения упражнений и психологическое состояние. Это позволяет тренерам разрабатывать индивидуализированные программы подготовки [5].

Оптимизация тренировочного процесса

Моделирование также помогает оптимизировать тренировочный процесс. Существуют различные математические модели, которые позволяют предсказывать, как изменения в тренировочном режиме повлияют на физическую форму спортсмена. Например, методы временного анализа могут помочь определить оптимальные периоды нагрузки и отдыха, что снижает риск травм и повышает эффективность тренировок.

Прогнозирование результатов соревнований

Прогнозирование результатов спортивных событий – еще одна важная область применения математических методов. Статистические модели, такие как модели машинного обучения, могут анализировать большие объемы данных о прошлых соревнованиях и текущей форме спортсменов для создания прогнозов.

Это особенно актуально в командных видах спорта, где множество факторов может влиять на исход игры.

Тактическое планирование

В командных видах спорта математическое моделирование помогает в тактическом планировании. Модели могут анализировать действия противника и предлагать оптимальные стратегии на основе вероятностных расчетов, что способствует командам адаптироваться к стилю игры соперника и повышать свои шансы на победу.

Экономические аспекты спорта

Математические методы также находят применение в экономике спорта. Анализ финансовых данных помогает клубам и организациям принимать решения о трансферах, инвестициях в инфраструктуру и маркетинговых стратегиях. Модели могут прогнозировать доходы от продаж билетов, телевизионных прав и спонсорских контрактов, что позволяет более эффективно планировать бюджет.

Улучшение зрелищности и безопасности

Наконец, математическое моделирование может быть использовано для повышения безопасности спортсменов и зрителей. Анализ данных о травмах и инцидентах на соревнованиях позволяет выявить опасные моменты и разработать меры по их предотвращению. Кроме того, использование моделей для оценки зрелищности событий может помочь организаторам улучшить опыт зрителей.

Применение математических методов моделирования и прогнозирования в спорте становится все более актуальным. Эти методы не только помогают улучшить производительность спортсменов и оптимизировать тренировочный процесс, но и способствуют более эффективному управлению спортивными организациями. В условиях растущей конкуренции на спортивной арене использование научных подходов становится необходимостью для достижения успеха.

Список литературы

1. Аннасапаров Г.Г. Моделирование и прогнозирование спортивных результатов с помощью информационных технологий / Г.Г. Аннасапаров, Т.

Сахетлиев // Наука и мировоззрение. – 2025. – №39 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-i-prognozirovanie-sportivnyh-rezultatov-s-pomoschyu-informatsionnyh-tehnologiy> (дата обращения: 16.04.2025).

2. Ермаков А.В. Прогнозирование с использованием методов математического моделирования в спорте высших достижений на примере зимних видов спорта / А.В. Ермаков, П.Е. Мякинченко // ТиПФК. – 2021. – №2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-s-ispolzovaniem-metodov-matematicheskogo-modelirovaniya-v-sporte-vyshshih-dostizheniy-na-primere-zimnih-vidov-sporta> (дата обращения: 10.04.2025). – EDN EXFWXQ

3. Как использовать математические модели для прогнозирования футбольных матчей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://startpap.ru/novosti-sporta/kak-ispolzovat-matematicheskie-modeli-dlja-prognozirovanija-futbolnyh-matchej/> (дата обращения: 30.04.2025).

4. Костенко Е.Г. Математическое моделирование в спортивных исследованиях / Е.Г. Костенко // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары, 2023. – С. 226–229. – EDN RTSGSE

5. Костенко Е.Г. Математическое моделирование в физической реабилитации / Е.Г. Костенко // Развитие современного образования в контексте педагогической (образовательной) компетенциологии: материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием. – Чебоксары, 2024. – С. 178–180. – EDN ORHLID

6. Костенко Е.Г. Методы моделирования и прогнозирования в физической культуре и спорте / Е.Г. Костенко. – Краснодар: Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2021. – 108 с. EDN IHXHUD

7. Математическое моделирование в спорте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sportmedicine.ru/math-mod.php> (дата обращения: 30.04.2025).

Костенко Елена Геннадьевна – канд. пед. наук, доцент ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Краснодар, Россия.
