© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025

Читать онлайн
Read online

Никитюк Д.Б., Коростелева М.М., Тармаева И.Ю.

Спортивное питание как пример эффективной реализации инновационных трендов в нутрициологии — персонализации и цифровизации (обзор литературы)

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Пищевой статус спортсмена зависит от индивидуальных генетических особенностей организма, уровня физических и психоэмоциональных нагрузок и от сбалансированного рациона питания с включением в него специализированной пищевой продукции и биологически активных добавок. Развитие аналитики больших данных и искусственного интеллекта может способствовать разработке рекомендаций по питанию на индивидуальном или стратифицированном уровне.

Цель обзора — анализ и обобщение научно-исследовательских работ, посвящённых возможностям применения цифровых технологий, методик глубокого машинного обучения, искусственного интеллекта в области спортивной нутрициологии для обеспечения персонализированного подхода к повышению профессиональной успешности. Изучены работы, опубликованные за 2004–2024 гг. в отечественных и зарубежных электронных базах данных: Web of Science, Scopus, eLIBRARY.RU, Российская государственная библиотека, библиотечный фонд ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии».

Возможности применения технологий на основе искусственного интеллекта в области спортивной нутрициологии крайне многоплановы: оценка рациона питания, распознавание и отслеживание разнообразия пищевых продуктов, прогностическое моделирование спортивной успешности и неинфекционных заболеваний, подбор персонализированного рациона питания. Для обеспечения стабильного роста охвата цифровыми продуктами и технологиями дальнейшие направления их применения в спортивной медицине должны быть нацелены на повышение качества и стандартизации данных и снижение алгоритмической предвзятости.

Ключевые слова: *спортивное питание; нутрициология; искусственный интеллект; обзор*

Для цитирования: Никитюк Д.Б., Коростелева М.М., Тармаева И.Ю. Спортивное питание как пример эффективной реализации инновационных трендов в нутрициологии — персонализации и цифровизации (обзор литературы). *Здравоохранение Российской Федерации*. 2025; 69(1): 65–69. https://doi.org/10.47470/0044-197X-2025-69-1-65-69 https://elibrary.ru/cnkprt

Для корреспонденции: *Коростелева Маргарита Михайловна,* e-mail: korostel@bk.ru

Участие авторов: *Никитюк Д.Б.* — концепция и дизайн исследования, редактирование; *Коростелева М.М.* — написание текста, составление списка литературы; *Тармаева И.Ю.* — дизайн исследования, написание текста. *Все соавторы* — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.
Поступила: 14.10.2024 / Принята к печати: 11.12.2024 / Опубликована: 28.02.2025

Dmitriy B. Nikitjuk, Margarita M. Korosteleva, Inna Yu. Tarmaeva

Sports nutrition as an example of effective implementation of innovative trends in nutrition: personalization and digitalization (literature review)

Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, 109240, Russian Federation

ABSTRACT

The nutritional status in an athlete depends on the individual genetic characteristics of the body, the level of physical and psycho-emotional stress, and a balanced diet with the inclusion of specialized food products and dietary supplements. The development of big data analytics and artificial intelligence can contribute to the development of nutritional recommendations at the individual or stratified level.

The **purpose** of the review is to analyze and summarize research papers devoted to the possibilities of using digital technologies, deep machine learning techniques, and artificial intelligence in the field of sports nutrition to ensure a personalized approach to improving professional success. There were studied papers published in 2004–2024 in domestic and foreign electronic databases: Web of Science, Scopus, eLIBRARY.RU, Russian State Library, library collection of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology”.

The potential for AI-based technologies in sports nutrition is extremely diverse: dietary assessment, recognition and tracking of food diversity, predictive modelling of athletic performance and non-communicable diseases, and selection of personalized diets. To ensure sustainable growth in the coverage of digital products and technologies, further directions for their application in sports medicine should be aimed at improving the quality and standardization of data and reducing algorithmic bias.

Keywords: *sports nutrition; nutrition; artificial intelligence; review*

For citation: Nikitjuk D.B., Korosteleva M.M., Tarmaeva I.Yu. Sports nutrition as an example of effective implementation of innovative trends in nutrition: personalization and digitalization (literature review). *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii / Health Care of the Russian Federation, Russian journal.* 2025; 69(1): 65–69. https://doi.org/10.47470/0044-197X-2025-69-1-65-69 https://elibrary.ru/cnkprt (in Russian)

For correspondence: *Margarita M. Korosteleva*, e-mail: korostel@bk.ru

Contribution of the authors: *Nikitjuk D.B.* — research concept and design, editing, approval of the final version of the article; *Korosteleva M.M.* — writing the text, compiling a list of references; *Tarmaeva I.Yu.* — design, writing the text. *The co-authors* approved the final version of the article and take responsibility for the integrity of all its parts.
Acknowledgment. The study had no sponsorship.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.
Received: October 14, 2024 / Accepted: December 11, 2024 / Published: February 28, 2025

Health Care of the Russian Federation · Volume 69 · Issue 1 · 2025
Review article. https://doi.org/10.47470/0044-197X-2025-69-1-65-69

Пищевой статус спортсмена (антропометрические показатели; обеспеченность основными пищевыми веществами, гормональный статус) зависит от индивидуальных генетических особенностей организма, уровня физических и психоэмоциональных нагрузок, рациона питания с включением в него специализированной пищевой продукции (СПП) и биологически активных добавок. Полноценный оптимальный рацион создаёт условия для максимальной физической работоспособности, повышает устойчивость организма к стрессам и воздействию любых неблагоприятных факторов, различные отклонения от принципов сбалансированного питания, напротив, в значительной степени снижают эффективность тренировочных мероприятий, увеличивают риск развития патологических состояний, замедляют восстановление после травм, стрессов и отрицательно влияют на результативность и продолжительность профессиональной деятельности спортсменов [1, 2].

Развитие аналитики больших данных, экспоненциальный рост производительности и мощности облачных вычислений, искусственный интеллект (ИИ) и достижения машинного обучения существенно ускорили и упростили обработку первичных материалов. Таким образом, сложные массивы факторов могут быть интегрированы для предоставления точных рекомендаций по питанию на индивидуальном или стратифицированном уровне, облегчая прогнозирование различных последствий и управление рисками развития неинфекционных заболеваний в медицинской и спортивной практике [3–5].

Цель обзора — анализ и обобщение научно-исследовательских работ, посвящённых возможностям применения цифровых технологий, методик глубокого машинного обучения, искусственного интеллекта в области спортивной нутрициологии для обеспечения персонализированного подхода к повышению профессиональной успешности.

Ключевыми критериями включения научно-исследовательских работ было соответствие литературных источников теме систематического обзора по выбранным целям. Отбор научно-исследовательских работ, опубликованных за 2002–2022 г., проводили в отечественных и зарубежных электронных базах данных: Web of Science, Scopus, eLIBRARY.RU, Российской государственной библиотеке, библиотечном фонде ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Подробный анализ каждой отобранной научно-исследовательской работы осуществляли на основе соответствия цели и задачам обзора, а также по критериям включения. Из каждой публикации были взяты следующие сведения: автор(ы), год публикации, страна, цель и задачи исследования, методология проведённого эксперимента и его результаты.

Благодаря огромному объёму доступных в настоящее время данных, ИИ предоставляет инструменты для синтеза и интерпретации этих данных таким образом, чтобы они способствовали повышению эффективности целевых программ в области общественного здравоохранения и диетологии, в том числе в спортивной нутрициологии [6, 7]. Согласно результатам анализа данных, проведённого с помощью технологии визуализации Citespace, в период с 2019 по 2024 г. стабильно увеличивалось число статей, посвящённых спортивной медицине, нутрициологии, спортивному питанию, что указывает на значительный интерес к публикациям по этой тематике [8, 9]. Принимая первоочередную роль персонализированного подхода в медицине, в нутрициологии остро стоит вопрос о создании унифицированных и валидированных цифровых платформ, направленных на комплексную оценку фактического питания и разработку индивидуальных диет, модульных рационов с возможностью выбора различных вариантов под текущие специфические спортивные задачи (изменение компонентного состава тела, силовые тренировки или тренировки на выносливость, снижение массы тела и др.) или фазы тренировочного цикла.

Быстрая эволюция цифровых технологий ИИ определила эффективность их внедрения в медицину для выявления патологических процессов на основе распознавания изображений, особенно в радиологии, кардиологии, онкологии и диетологии [10–12]. В ряде случаев в спортивной практике необходимо знать не только особенности рациона питания в долгосрочной перспективе, но и состав, некоторые характеристики отдельного приёма пищи (распределение приёмов пищи и тренировок в течение дня, наличие продуктов с высоким гликемическим индексом, время, прошедшее с момента предыдущего приёма пищи). В целом процесс анкетирования достаточно ресурсозатратный, не всегда его значимость и диагностическая ценность осознаются спортсменами и тренерским штабом. Внедрение ИИ в спортивную нутрициологию значительно упрощает и ускоряет оценку размера порции, пищевой и энергетической ценности продуктов и блюд, кроме того, программы на основе ИИ способны анализировать информацию по 24-часовому потреблению пищи, при этом нивелируются ошибки, связанные с погрешностями при самостоятельном заполнении [13–16].

Алгоритмы на основе машинного зрения, в том числе методы обнаружения объектов, применяются к крупномасштабным наборам данных изображений пищевых продуктов для идентификации и классификации блюд. Усовершенствованные модели для распознавания продуктов, такие как YOLO и Faster R-CNN, могут использоваться в режиме реального времени [17], позволяя пользователям эффективно контролировать и отслеживать свои диетические привычки. Методы машинного обучения в этой области оценки фактического питания направлены на то, чтобы упростить сбор первичной информации с применением цифровых методик визуализации употребляемой пищи. Для количественной оценки потребления энергии P. Pouladzadeh и соавт. предложили облачный метод классификации пищевых продуктов с использованием «метода опорных векторов» (Support Vector Machine) [18]. В данной модели учитываются параметры: цвет, форма, текстура и размер, при этом точность распознавания высока для монопродуктов и снижается для многокомпонентных блюд. В системе предусмотрен анализ фотографий до и после еды для оценки объёма фактически употреблённой пищи и подсчёта энергетической ценности.

S. Mezgec и соавт. разработали систему распознавания еды и напитков под названием NutriNet на базе архитектуры свёрточных нейронных сетей [19].

Для оценки объёма для расчёта калорий при использовании визуализации для рациона питания можно использовать метод «большого пальца» пользователя в качестве ориентира размера или оценку расстояния от камеры до тарелки. Lo F.P.W. и соавт. предлагают концепцию датчика глубины 3D-камеры для захвата изображения [20]. P.K. Priyaa и соавт. использовали комбинированные изображения пищевых продуктов, полученные с помощью USB-камеры и датчика нагрузки, для оценки энергетической ценности в приложении для телефона [21]. H. Kalantarian и соавт. [22] применяли пьезоэлектрическое ожерелье для обнаружения жевательных движений.

В другом их исследовании представлено распознавание пищевого поведения на основе аудио с использованием умных часов в качестве варианта отслеживания потребления пищи [23]. В ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» создана компьютерная программа «Научный Инструмент Анализа Питания (НИАП)» [Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (НИАП) № 2023680849, дата регистрации 05.10.2023], которая предназначена для автоматической оценки фактического питания, в том числе спортсменов, для последующего создания персонализированных рационов [24].

Таким образом, интеграция ИИ в спортивную нутрициологию предполагает многоуровневый подход к персонализированному управлению питанием. Цикл обратной связи может гарантировать, что модели ИИ будут развиваться на основе отзывов пользователей и дополнительных данных о состоянии здоровья, формируя персонализированный подход к созданию рациона. Конфиденциальное взаимодействие анкетируемого спортсмена и цифровой платформы с последующим соблюдением конкретных инструкций (поддержание водного режима, приём различных видов СПП в зависимости от времени тренировок), вероятно, будет способствовать достижению более высокой эффективности применения ИИ в спортивной нутрициологии [17, 25].

Взаимодействие нейронных сетей и метаболомики с учётом биохимических профилей позволяет прогнозировать идеальную массу тела, классифицировать соматотипы телосложения, тем самым обеспечивая эффективные решения для индивидуальной нутритивной коррекции текущего питания и рационов для повышения адаптационного потенциала и спортивной результативности. Персонализированные рекомендации достигаются с помощью коллаборативных, контентных или гибридных методов и подходов, основанных на глубоком обучении чат-ботов (обработка естественного языка) и обучение с подкреплением [26–29].

D.P. Panagoulias и соавт. сфокусировались на применении машинного обучения на основе персонализированных биомаркеров пищевого статуса в контексте оптимизации состояния здоровья [30]. Авторы представили модель глубокой нейронной сети, которая классифицирует индекс массы тела на основе биохимического профиля для генерации рационов персонализированного питания.

T. Karakan и соавт. у пациентов с синдромом раздражённого кишечника показали клиническую эффективность персонализированной диеты, разработанной с использованием ИИ на основе индивидуальных особенностей кишечного микробиома [31].

Генетическая изменчивость влияет на скорость метаболизма компонентов рациона, в том числе биологически активных веществ, содержащихся в СПП. В свою очередь микро- и макронутриенты регулируют экспрессию генов и передачу сигналов, поэтому при разработке эффективных инструментов по изучению питания и показателей пищевого статуса важно учитывать и генетические аспекты [32]. В ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» значительное внимание уделяется нутригеномике и нутригенетике. Ранее нашими сотрудниками выявлена более высокая частота встречаемости аллелей, ассоциированных с выносливостью. Очевидно, что использование этих данных, а также результатов встречаемости полиморфизмов генов, связанных с высоким риском развития алиментарно-зависимых заболеваний, в последующих версиях цифровых программ существенно улучшит их прогностическую ценность [33]. В связи с этим при создании программ на основе ИИ в материалах для машинного обучения целесообразно предусмотреть внесение результатов генетического тестирования, которые могут определить уровень риска, связанного с развитием неинфекционных заболеваний, спортивную успешность, профессиональный травматизм.

На базе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» ведутся исследования по оценке взаимодействия микробиома с микро- и макронутриентами с учётом её межиндивидуальной вариабельности [34–36]. Научный и практический интерес представляет дальнейшая интеграция характеристик качественного и количественного состава микробиома, функциональных особенностей пищеварительной системы, индивидуальных реакций иммунной системы в комплексную оценку адаптационного потенциала спортсменов с использованием цифровых технологий, что повысит точность результатов оценки текущего пищевого статуса и эффективность разработанных рационов.

Кроме того, технология ИИ может управлять макро- или микроструктурой при проектировании пищевых продуктов, реализовывать инновации в области органолептических характеристик и повышении биологической и пищевой ценности продукции. Цифровые инструменты значительно расширяют технологические возможности пищевых производств и разработки новых видов СПП, способствуя реализации задач глобального устойчивого развития, обеспечению продовольственной безопасности и оптимизации экономической эффективности агропромышленного комплекса и координации совместной деятельности в соответствии с приоритетами государственной научно-технической политики. Алгоритмы ИИ сыграли важную роль в картографировании и анализе продовольственной среды, мониторинге глобальных цепочек поставок продовольствия, обеспечении безопасности пищевых продуктов и прогнозировании потенциальных дефицитов продуктов из-за изменения климата [37–39].

Для анализа противоречивой информации о тенденциях в спортивном питании в сети Интернет и её последующей критической оценки спортсменам необходим достаточный уровень грамотности в вопросах питания. Несомненно, важным аспектом по оптимизации рационов питания является внедрение образовательных программ, касающихся принципов современной нутрициологии, физиологичных методов контроля массы тела и выбора СПП и биологически активных добавок. В рамках реализации основных положений Указа Президента РФ от 25.04.2022 № 231 «Об объявлении в Российской Федерации Десятилетия науки и технологии», национальных проектов «Образование» и «Демография» и обеспечения популяризации новейших научных достижений в области нутрициологии, диетологии и гигиены питания в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» функционирует образовательный кластер «Здоровое питание», объединяющий 5 профильных кафедр ведущих вузов страны. Внедрение образовательных программ для спортсменов, юниоров и их родителей, циклов дополнительного образования для специалистов с привлечением цифровых технологий позволить повысить эффективность подачи материала [40, 41]. Глобальной задачей Консорциума «Здоровьесбережение, питание, демография», созданного на базе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», является промышленное производство инновационных видов пищевой продукции с заданными составами и свойствами, которое базируется на результатах фундаментальных научных исследований

в области современной нутрициологии, химии пищевых веществ, пищевых технологий и биотехнологий, включая инновации в области технологического оборудования [2].

Таким образом, возможности применения технологий на основе ИИ в области спортивной нутрициологии крайне многоплановы: от оценки рациона питания и распознавания и отслеживания разнообразия пищевых продуктов до прогностического моделирования спортивной успешности и неинфекционных заболеваний, а также подбора персонализированного рациона питания [5, 37, 39].

Для обеспечения стабильного роста охвата цифровыми продуктами и технологиями на основе ИИ дальнейшие направления их применения в спортивной медицине должны быть нацелены на повышение качества и стандартизацию данных, снижение алгоритмической предвзятости в моделях ИИ, направленных на оценку рационов питания и разработку персонализированных меню [9, 19, 24]. Стратегии обеспечения разнообразных и репрезентативных наборов обучающих наборов данных и методологии для непрерывного мониторинга и корректировки на наличие предвзятости могут способствовать разработке справедливых и равноправных моделей для спортсменов различных групп видов спорта.

Повышение интерпретируемости и установление оптимальных методов коммуникации для передачи прогнозов моделей конечным пользователям, включая спортивных врачей и спортсменов, имеет решающее значение для успешного внедрения технологий ИИ в практику. Валидация цифровых продуктов проводится среди спортсменов различных видов спорта, различных возрастов, уровня подготовки, пола. Исследовательские усилия должны подчёркивать важность репрезентативных наборов данных, охватывающих разнообразную целевую популяцию, способствуя инклюзивности в процессах разработки и валидации.

Разработка этических рамок и надёжных протоколов конфиденциальности является обязательным условием для этичного развёртывания приложений ИИ в области питания. Должны быть изучены такие этические аспекты, как информированное согласие, владение данными и ответственное использование информации, полученной с помощью ИИ, для защиты прав и неприкосновенности частной жизни.

Важны интеграция в системы медико-биологического сопровождения спорта, обеспечение совместимости и устранения организационных и нормативных барьеров на пути широкого внедрения технологий на основе ИИ. Для оценки эффективности влияния коррекции рациона питания, основанных на ИИ, на показатели пищевого статуса и адаптационный потенциал спортсмена необходимы продольные широкомасштабные исследования. Содействие эффективному междисциплинарному сотрудничеству и коммуникации между специалистами по обработке и анализу данных, диетологами, тренерами, спортивными врачами, педагогами и технологами пищевых производств имеет приоритетное значение для успешной разработки и внедрения приложений ИИ в области спортивной нутрициологии, обеспечивая целостный и контекстно-зависимый подход к решениям, основанным на ИИ.

В исследованиях должны быть изучены ресурсосберегающие подходы для обеспечения более широкой доступности и применимости технологий ИИ в нутрициологии, включая разработку удобных для пользователя инструментов, образовательных ресурсов и концепций, которые расширяют возможности использования ИИ.

ЛИТЕРАТУРА
(п.п. 3–23, 25–32, 36–39 см. References)

1. Никитюк Д.Б., Кобелькова И.В. Спортивное питание как модель максимальной индивидуализации и реализации интегративной медицины. *Вопросы питания*. 2020; 89(4): 203–10. https://elibrary.ru/mavzkr
2. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. Ключевые проблемы в структуре потребления пищевой продукции и прорывные технологии оптимизации питания для здоровьесбережения населения России. *Вопросы питания*. 2024; 93(1): 6–21. https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-6-21 https://elibrary.ru/xcdqzj
24. Тутельян В.А., Тармаева И.Ю., Каде М.А., Никитюк Д.Б. Медицина будущего: роль искусственного интеллекта в оптимизации питания для здоровьесбережения населения России. *Вопросы питания*. 2024; 93(4): 6–13. https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-4-6-13 https://elibrary.ru/kantys
33. Сорокина Е.Ю., Денисова Н.Н., Кешабянц Э.Э. Частота встречаемости генетических полиморфизмов, ассоциированных со спортивной успешностью, у спортсменов игровых видов спорта высших достижений. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021; 11(1): 5–10. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.11 https://elibrary.ru/zkqqsn
34. Шевелева С.А., Куваева И.Б., Ефимочкина Н.Р., Маркова Ю.М., Просянников М.Ю. Микробиом кишечника: от эталона нормы к патологии. *Вопросы питания*. 2020; 89(4): 35–51. https://elibrary.ru/savqcc
35. Кобелькова И.В., Коростелева М.М. Влияние основных пищевых веществ на состав кишечного микробиома и оптимизацию адаптационного потенциала спортсмена. *Наука и спорт: современные тенденции*. 2022; 10(2): 15–26. https://doi.org/10.36028/2308-8826-2022-10-2-15-26 https://elibrary.ru/dsmkuo
40. Погожева А.В., Смирнова Е.А. К здоровью нации через многоуровневые образовательные программы для населения в области оптимального питания. *Вопросы питания*. 2020; 89(4): 262–72. https://elibrary.ru/mpogej
41. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Тармаева И.Ю. Формирование общероссийской системы образования в области здорового питания населения. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(10): 1012–8. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1012-1018 https://elibrary.ru/bfloqs

REFERENCES

1. Nikityuk D.B., Kobelkova I.V. Sports nutrition as a model of maximum individualization and implementation of integrative medicine. *Voprosy pitaniya*. 2020; 89(4): 203–10. https://elibrary.ru/mavzkr (in Russian)
2. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. Key challenges in the dietary intake structure and cutting-edge technologies for optimizing nutrition to protect the health of the Russian population. *Voprosy pitaniya*. 2024; 93(1): 6–21. https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-6-21 https://elibrary.ru/xcdqzj (in Russian)
3. Kirk D., Catal C., Tekinerdogan B. Precision nutrition: A systematic literature review. *Comput. Biol. Med*. 2021; 133: 104365. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.104365
4. Bush C.L., Blumberg J.B., El-Sohemy A., Minich D.M., Ordovás J.M., Reed D.G., et al. Toward the definition of personalized nutrition: a proposal by the american nutrition association. *J. Am. Coll. Nutr*. 2020; 39(1): 5–15. https://doi.org/10.1080/07315724.2019.1685332
5. An R., Wang X. Artificial intelligence applications to public health nutrition. *Nutrients*. 2023; 15(19): 4285. https://doi.org/10.3390/nu15194285
6. Mehrabi Z., Delzeit R., Ignaciuk A., Levers C., Braich G., Bajaj K., et al. Research priorities for global food security under extreme events. *One Earth*. 2022; 5(7): 756–66. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.06.008
7. Kirk D., Kok E., Tufano M., Tekinerdogan B., Feskens E.J.M., Camps G. Machine learning in nutrition research. *Adv. Nutr*. 2022; 13(6): 2573–89. https://doi.org/10.1093/advances/nmac103

8. Fu T., Liu H., Shi C., Zhao H., Liu F., Xia Y. Global hotspots and trends of nutritional supplements in sport and exercise from 2000 to 2024: a bibliometric analysis. *J. Health Popul. Nutr*. 2024; 43(1): 146. https://doi.org/10.1186/s41043-024-00638-9
9. Adami P.E., Fitch K. The innovative role of Olympic sports and exercise in the promotion of health, gender equality and sustainability: past achievements and future challenges. *J. Sports Med. Phys. Fit*. 2021; 61(8): 1042–51. https://doi.org/10.23736/s0022-4707.21.12721-5
10. Kelly B.S., Judge C., Bollard S.M., Clifford S.M., Healy G.M., Aziz A., et al. Radiology artificial intelligence: a systematic review and evaluation of methods (RAISE). *Eur. Radiol*. 2022; 32(11): 7998–8007. https://doi.org/10.1007/s00330-022-08784-6
11. Waqas A., Bui M.M., Glassy E.F., El Naqa I., Borkowski P., Borkowski A.A., et al. Revolutionizing digital pathology with the power of generative artificial intelligence and foundation models. *Lab. Invest*. 2023; 103(11): 100255. https://doi.org/10.1016/j.labinv.2023.100255
12. Sahu A., Mishra J., Kushwaha N. Artificial Intelligence (AI) in drugs and pharmaceuticals. *Comb. Chem. High Throughput. Screen*. 2022; 25(11): 1818–37. https://doi.org/10.2174/1386207325666211207153943
13. Kim J., Lin S., Ferrara G., Hua J., Seto E. Identifying people based on machine learning classification of foods consumed in order to offer tailored healthier food options. In: Ahram T., Karwowski W., Vergnano A., Leali F., Taiar R., eds. *Intelligent Human Systems Integration 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer; 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_30
14. Zellerbach K., Ruiz C. Machine learning to predict overeating from macronutrient composition. In: *2019 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)*. San Diego, CA; 2019. https://doi.org/10.1109/BIBM47256.2019.8983166
15. Theodore Armand T.P., Nfor K.A., Kim J.I., Kim H.C. Applications of artificial intelligence, machine learning, and deep learning in nutrition: a systematic review. *Nutrients*. 2024; 16(7): 1073. https://doi.org/10.3390/nu16071073
16. Salinari A., Machì M., Armas Diaz Y., Cianciosi D., Qi Z., Yang B., et al. The application of digital technologies and artificial intelligence in healthcare: an overview on nutrition assessment. *Diseases*. 2023; 11(3): 97. https://doi.org/10.3390/diseases11030097
17. Li T., Wei W., Xing S., Min W., Zhang C., Jiang S. Deep learning-based near-infrared hyperspectral imaging for food nutrition estimation. *Foods*. 2023; 12(17): 3145. https://doi.org/10.3390/foods12173145
18. Pouladzadeh P., Shirmohammadi S., Bakirov A., Bulut A., Yassine A. Cloud-based SVM for food categorization. *Multimed. Tools Appl*. 2015; 74: 5243–60. https://doi.org/10.1007/s11042-014-2116-x
19. Mezgec S., Koroušić Seljak B. NutriNet: A deep learning food and drink image recognition system for dietary assessment. *Nutrients*. 2017; 9(7): 657. https://doi.org/10.3390/nu9070657
20. Lo F.P.W., Sun Y., Qiu J., Lo B. A novel vision-based approach for dietary assessment using deep learning view synthesis. In: *2019 IEEE 16th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*. Chicago, IL; 2019. https://doi.org/10.1109/BSN.2019.8771089
21. Priyaa P.K., Sathyapriya S., Arockiam L. Nutrition monitoring and calorie estimation using internet of things (IoT). *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng*. 2019; 8(11): 2669–72. https://doi.org/10.35940/ijitee.K2072.0981119
22. Kalantarian H., Alshurafa N., Le T., Sarrafzadeh M. Monitoring eating habits using a piezoelectric sensor-based necklace. *Comput. Biol. Med*. 2015; 58: 46–55. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2015.01.005
23. Kalantarian H., Sarrafzadeh M. Audio-based detection and evaluation of eating behavior using the smartwatch platform. *Comput. Biol. Med*. 2015; 65: 1–9. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2015.07.013
24. Tutelyan V.A., Tarmaeva I.Yu., Kade M.A., Nikityuk D.B. Medicine of the future: the role of artificial intelligence in optimizing nutrition for the health of the Russian population. *Voprosy pitaniya*. 2024; 93(4): 6–13. https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-4-6-13 https://elibrary.ru/kantys (in Russian)
25. Singer P., Robinson E., Raphaeli O. The future of artificial intelligence in clinical nutrition. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*. 2024; 27(2): 200–6. https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000977
26. Porras E.M., Fajardo A.C., Medina R.P. Solving dietary planning problem using particle swarm optimization with genetic operators. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Machine Learning and Soft Computing*. Da Lat; 2019.
27. Zitouni H., Meshoul S., Mezioud C. New contextual collaborative filtering system with application to personalized healthy nutrition education. *J. King Saud Univ. Comput. Inf. Sci*. 2022; 34(4): 1124–37. https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.04.012
28. Taye M.M. Understanding of machine learning with deep learning: Architectures, workflow, applications and future directions. *Computers*. 2023; 12(5): 91. https://doi.org/10.3390/computers12050091
29. Pray L., ed. *Nutrigenomics and the Future of Nutrition: Proceedings of a Workshop*. Washington, DC: National Academies Press; 2018.
30. Panagoulias D.P., Sotiropoulos D.N., Tsihrintzis G.A. Nutritional biomarkers and machine learning for personalized nutrition applications and health optimization. *Intell. Decis. Technol.* 2021; 15(4): 645–53.
31. Karakan T., Gundogdu A., Alagözlü H., Ekmen N., Ozgul S., Tunali V., et al. Artificial intelligence-based personalized diet: A pilot clinical study for irritable bowel syndrome. *Gut. Microbes*. 2022; 14(1): 2138672. https://doi.org/10.1080/19490976.2022.2138672
32. Lagoumintzis G., Patrinos G.P. Triangulating nutrigenomics, metabolomics and microbiomics toward personalized nutrition and healthy living. *Hum. Genomics*. 2023; 17(1): 109. https://doi.org/10.1186/s40246-023-00561-w
33. Sorokina E.Yu., Denisova N.N., Keshabyants E.E. Frequency of occurrence of genetic polymorphisms associated with sports success in elite athletes in team sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika*. 2021; 11(1): 5–10. https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.11 https://elibrary.ru/zkqqsn (in Russian)
34. Sheveleva S.A., Kuvaeva I.B., Efimochkina N.R., Markova Yu.M., Prosyannikov M.Yu. Gut microbiome: from the reference of the norm to pathology. *Voprosy pitaniya*. 2020; 89(4): 35–51. https://elibrary.ru/savqcc (in Russian)
35. Kobelkova I.V., Korosteleva M.M. Influence of basic nutrients on the composition of the intestinal microbiome and optimization of the athletes' adaptive potential. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii*. 2022; 10(2): 15–26. https://doi.org/10.36028/2308-8826-2022-10-2-15-26 https://elibrary.ru/dsmkuo (in Russian)
36. Rivera-Pinto J., Egozcue J.J., Pawlowsky-Glahn V., Paredes R., Noguera-Julian M., Calle M.L. Balances: a new perspective for microbiome analysis. *mSystems*. 2018; 3(4): e00053–18. https://doi.org/10.1128/mSystems.00053-18
37. Dora M., Kumar A., Mangla S.K., Pant A., Kamal M.M. Critical success factors influencing artificial intelligence adoption in food supply chains. *Int. J. Prod. Res*. 2022; 60(14): 4621–40. https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1959665
38. Vrinten J., Van Royen K., Pabian S., De Backer C., Matthys C. Development and validation of a short nutrition literacy scale for young adults. *Front. Nutr*. 2023; 10: 1008971. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1008971
39. Woschank M., Rauch E., Zsifkovits H. A review of further directions for artificial intelligence, machine learning, and deep learning in smart logistics. *Sustainability*. 2020; 12(9): 3760. https://doi.org/10.3390/su12093760
40. Pogozheva A.V., Smirnova E.A. To the health of the nation through multi-level educational programs for the population in the field of optimal nutrition. *Voprosy pitaniya*. 2020; 89(4): 262–72. https://elibrary.ru/mpogej (in Russian)
41. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Tarmaeva I.Yu. Formation of the all-Russian education system in the field of healthy food of the population. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(10): 1012–8. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1012-1018 https://elibrary.ru/bfloqs (in Russian)

Информация об авторах

Никитюк Дмитрий Борисович, академик РАН, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», 109240, Москва, Россия. E-mail: nikitjuk@ion.ru

Коростелева Маргарита Михайловна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. спортивной антропологии и нутрициологии, ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», 109240, Москва, Россия. E-mail: korostel@bk.ru

Тармаева Инна Юрьевна, доктор мед. наук, профессор, учёный секретарь, ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», 109240, Москва, Россия. E-mail: tarmaeva@ion.ru

Information about the authors

Dmitriy B. Nikitjuk, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology, Moscow, 109240, Russian Federation, https://orcid.org/0000-0002-4968-4517 E-mail: nikitjuk@ion.ru

Margarita M. Korosteleva, PhD (Medicine), senior researcher, Laboratories of Sports Anthropology and Nutrition, Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology, Moscow, 109240, Russian Federation, https://orcid.org/0000-0002-2279-648X E-mail: korostel@bk.ru

Inna Yu. Tarmaeva, DSc (Medicine), Professor, Academic Secretary, Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology, Moscow, 109240, Russian Federation, https://orcid.org/0000-0001-7791-1222 E-mail: tarmaeva@ion.ru