



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

О.А. Кузнецова
О.А. Кузнецова

«01» июля 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова»
Российской Академии Наук

Диссертация «Интеграция цифровых технологий в процесс принятия решений при разработке пищевых продуктов заданного состава и свойств» по специальностям 05.13.06 – Автоматизация и управление техническими процессами и производствами (пищевая промышленность), 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» Российской Академии Наук (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН).

В период подготовки диссертации соискатель Никитина Марина Александровна работала в Центре экономико-аналитических исследований и информационных технологий, являющимся научным подразделением ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, в должности ведущего научного сотрудника, руководителя направления «Информационные технологии».

В 1997 г. окончила «Московский государственный университет прикладной биотехнологии» (в 2011 г. присоединен к ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств») по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств», получив квалификацию инженера.

В 2002 г. защитила диссертацию на тему «Структурно-параметрическое моделирование и оптимизация системы адекватного питания», ученую степень кандидата технических наук (утверждение ВАКа от 14.02.2003 г., диплом КТ № 088577) получила в феврале 2003 г.

В 2009 г. ей присвоено ученое звание доцента по кафедре «Компьютерные технологии и системы» (Приказ Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки № 348/224-д от 18 февраля 2009 г).

В 2012 г. награждена Благодарностью Министерства образования и науки Российской Федерации (Приказ № 736/к-н от 11.05.2012 г), а в 2013 г.

– Почетной грамотой Министерства образования и науки РФ (Приказ № 1111/к-н от 30.12.2013 г).

Научные консультанты

– Лисицын Андрей Борисович доктор технических наук, профессор, академик РАН, Научный руководитель ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН;

– Чернуха Ирина Михайловна доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник Экспериментальной клинико-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Актуальность темы исследования.

Состояние питания – один из важнейших факторов, определяющих здоровье и сохранение генофонда нации. В России в 76% случаев причинами смерти оказываются неинфекционные заболевания. Ряд заболеваний связаны с недостаточностью или избытком определенных компонентов в каждодневном рационе питания человека. Одной из главных предпосылок сохранения здоровья человека является его оптимальный рацион питания. Решение вопроса оптимизации питания, соответствующего потребностям и возможностям организма человека и сбалансированного по всем показателям пищевой и биологической ценности, связано с созданием современных систем поддержки принятия решений. В состав систем поддержки принятия решений входят Big Data (большие массивы баз данных и знаний о предметной области). В них содержится информация, отражающая выбор индивидуальных рационов и режимов питания с учетом возрастных факторов, физиологического состояния, медико-биологических требований, региональных условий, особенностей потребления пищи, а также источника нарушения иммунного статуса. Сложность принятия оптимальных решений обуславливается множеством факторов. В первую очередь, вероятностным разбросом характеристик и свойств исходных компонентов биологического сырья. Во-вторых, индивидуальностью физиологических особенностей организма, требующих в каждом конкретном случае выбора и коррекции моделей рационов с учетом структурных соотношений и ограничений на компонентном, элементном и моноструктурном уровнях. В-третьих, сочетаемостью продуктов в одном рационе, и проявлением различных эффектов комбинации, таких, как синергизм и антагонизм.

В пункте 11 Постановления Президиума РАН № 178 от 27 ноября 2018 «Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки» отмечено, что необходимо формирование нового научного направления «цифровая нутрициология», предусматривающего цифровую трансформацию данных о физиологических потребностях человека в пищевых и биологически активных веществах и энергии, химическом составе основных пищевых продуктов, а также создание ЭВМ программ для разработки персонализированных рекомендаций по оптимальному питанию.

Личный вклад автора в получении результатов, изложенных в диссертации.

Личный вклад автора состоит в разработке научной концепции и обосновании и решении поставленных задач путем интегрирования высоких технологий в процессы принятия решений при разработке рецептур, моделировании технологических процессов воздействия на пищевое сырье, повышения объективности в процедуры контроля качества и состава пищевых продуктов.

В ходе работы над диссертацией, выполнявшейся в период 2002-2021 гг. соискатель выполнила большой объем теоретических и практических исследований, а также провела серию вычислительных экспериментов. На основе анализа и структуризации информации ею определены направления цифровой трансформации процессов формирования заданного состава и свойств продуктов и рационов питания, а также возможность цифровизации методов контроля качества пищевого сырья и продуктов с целью снижения риска субъективного решения.

Научная новизна.

1. Определены направления цифровизации, создания и применения человекомашинных систем с рациональным разделением функций (вычислительные - машина, принятие решений - человек) связанные с цифровой трансформацией «моделей» питания (автоматизация процессов с минимизацией участия человека), созданием новых продуктов и рационов, современных решений в управлении качеством продукции.

2. Разработаны концептуальные схемы группирования пищевых продуктов и блюд по различным признакам с применением методов и алгоритмов кластерного анализа. Кластеризация продуктов по различным категориям позволяют диетологам формировать взаимозаменяемые списки блюд с размерами порций или списки разрешенных и неразрешенных продуктов с точки зрения различных заболеваний и индивидуальных особенностей метаболизма.

3. Разработан пошаговый алгоритм создания «цифровых двойников» - имитационных моделей пищевого продукта для анализа пищевой, биологической и энергетической ценности и др. характеристик продукта перед запуском его в производство. Применение виртуальной имитационной модели позволит в режиме реально времени реагировать на изменения в физико-химическом составе используемого сырья или замене основного, или вспомогательного сырья, и в соответствии с этим корректировать рецептуру для получения продукта с заданным химическим составом и гарантированным качеством.

4. Предложены структурно-параметрическое описание и агентно-ориентированная модель пищеварительной системы человека, отражающая динамику усваивания элементов пищевой и биологической ценности продуктов. Биохимические процессы в подсистемах желудочно-кишечного тракта описываются субстрат-ферментативными реакциями расщепления

элементов пищевой ценности и позволяют оптимизировать компонентный состав и структуру рациона питания человека с учетом его физиологического состояния.

Значение для теории:

Систематизированы, обобщены, адаптированы к пищевым продуктам и детализированы механизмы физиологического расщепления нутриентов в организме с использованием субстрат-ферментативных реакций Михаэлиса-Ментона. Показана возможность математического описания при оценке совместимости пищевых продуктов с физиологическими возможностями человека.

Доказана интреоперабельность и возможность алгоритмизации этапов технологического процесса производства пищевых продуктов и блюд; подтверждена эффективность предложенных подходов в сравнительных экспериментах с использованием традиционных методов.

Практическая и теоретическая значимость результатов исследования.

1. Систематизированы, обобщены, адаптированы к пищевым продуктам и детализированы механизмы физиологического расщепления нутриентов в организме с использованием субстрат-ферментативных реакций Михаэлиса-Ментона. Показана возможность математического описания при оценке совместимости пищевых продуктов с физиологическими возможностями человека.

2. Разработаны следующие программные обеспечения: «Программа по сбору и статистической обработке сенсорных данных» (Свидетельство Роспатент № 2017663406 от 01.12.2017); «Компьютерная программа по статистической обработке экспериментальных данных» (Свидетельство Роспатент № 2017664268 от 19.12.2017); «Расчет нутриентной адекватности состава поликомпонентных мясных продуктов (Свидетельство Роспатент № 2015660124 от 22.09.2015); «Подсистема статистического обеспечения биологических исследований» SSS BIO (Subsystem Statistical Support for Biological Research) (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2016613478 от 28.03.2016); «Конструктор рецептов» (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2016616925 от 22.06.2016).

3. Разработана база данных «Пищевые продукты» (Свидетельство Роспатент № 2015620557 от 30.03.2015)

4. Разработан электронный учебник «Микроструктура мяса и мясных продуктов» (Свидетельство Роспатент № 2020620238 от 10.02.2020).

5. Разработано автоматизированное рабочее место дегустатора, обеспечивающее поддержку и объективизацию принимаемых им решений, где обработка информации выполняется разработанной «Программой по сбору и статистической обработке сенсорных данных».

6. Получен патент на «Способ производства функционального продукта» (Патент на изобретение RU 2536952 C1, 27.12.2014. Заявка № 2013126936/10 от 13.06.2013).

7. Результаты работы используются при проведении лекционных и практических занятий магистров в рамках учебного процесса по направлению подготовки «Высокотехнологичные производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения» ФГБОУ ВО МГУПП.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов, и рекомендаций.

Диссертация основывается на концепциях и положениях, изложенных в работах отечественных и зарубежных ученых в области теории моделирования продуктов питания, методов системного анализа, моделирования, разработки состава и технологии продуктов детского, школьного, диетического, геродиетического, функционального и специализированных продуктов питания.

Задачи, поставленные в рамках исследования, были решены на основе методов математического моделирования, методов анализа данных и машинного обучения, теории принятия решений, методов объектно-ориентированного анализа и программирования, теории баз данных.

Достоверность изложенных в диссертации результатов подтверждается большим объемом экспериментальных исследований, проведенных с использованием современных методов исследования.

Выводы и практические предложения научно обоснованы и соответствуют представленным в диссертации материалам, что подтверждается публикациями в открытой печати.

Полнота изложенных результатов диссертации в работах, опубликованных автором.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 115 научных работах, в том числе 1 учебнике, 1 учебном пособии, 1 монографии, 41 статье, опубликованных в ведущих российских научных периодических изданиях, включенных в Перечень ВАК при Минобрнауки РФ для публикации результатов диссертационных исследований, а также 25 статьях в изданиях, рецензируемых в международных базах данных (Scopus и WOS); получено 6 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, 2 свидетельства о регистрации базы данных, один патент РФ.

Основные публикации Никитиной М.А.:

1. *Nikitina M.A. et al.* Cluster analysis for databases typologization characteristics / M.A. Nikitina, I.M. Chernukha, Ya.M. Uzakov, D.E. Nurmukhanbetova // News of the national academy of Science Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences (Q3). – 2021. – Т. 446. – № 2. – pp. 114-121. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.42>

2. *Nikitina M.A. et al.* Intelligent System for Determining the Presence of Falsification in Meat Products Based on Histological Methods / A. Bolshakov, M. Nikitina, R. Kalimullina // Cyberspace for Advanced Human-Centered Society. Studies in Systems, Decision and Control. – 2021. - Vol. 333. - pp. 179-201. DOI: 10.1007/978-3-030-63563-3_15.

3. *Nikitina M.A. et al.* Agent-Based Situational Modeling and Identification Technological Systems in Conditions of Uncertainty / M. Nikitina, Y. Ivashkin // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2020. – Vol. 1156 AISC. – pp. 109-119. DOI: 10.1007/978-3-030-50097-9_12

4. *Nikitina M.A. et al.* Personalized nutrition and “digital twins” of food / M.A. Nikitina, I.M. Chernukha // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences (Q3)*. – 2020. – Vol. 14. – Pp. 264-270. <https://doi.org/10.5219/1312>

5. *Nikitina M.A.* Identifying States of Complex Technological and Biotechnological Systems under Uncertainty Conditions / M.A. Nikitina // *Codit'2020, Prague, Czech Republic, June 29 - July 2, 2020*. – 2020. – Pp. 825-830. doi: 10.1109/CoDIT49905.2020.9263885

6. *Nikitina M.A. et al.* Studying growth kinetics of microbial populations using information technology. Solving the Cauchy problem / M.A. Nikitina, I.M. Chernukha // *Bio Web Conferences (Plamic-2020)* <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202302004>

7. *Nikitina M.A.* Structural-Parametric Modeling in Human Healthy Nutrition System / M.A. Nikitina // *VI International Conference on Information Technology and Nanotechnology, 2020*. – Vol. 2667. – pp. 219-224

8. *Nikitina M.A. et al.* Agent-oriented modeling and optimization of material flows of multi-assortment production / Y.A. Ivashkin, M.A. Nikitina // *9th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control, MIM 2019; Berlin; Germany; 28 August 2019 до 30 August 2019*. – 2019. Vol. 52. – Is. 13. – pp. 660-664. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.11.109

9. *Nikitina M.A. et al.* Information technology in the mobile application of analysis and correction of the diet of individual healthy nutrition / N.A. Bruevich, Y.A. Ivashkin, M.A. Nikitina // *2019 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2019*. – 2019. – Pp. 8706763. DOI: 10.1109/SOSG.2019.8706763

10. *Nikitina M.A. et al.* Expert system of food sensory evaluation for mobile and tablet / M.A. Nikitina, Y.A. Ivashkin // *CEUR Workshop Proceedings. DS-ITNT 2019 - Proceedings of the Data Science Session at the 5th International Conference on Information Technology and Nanotechnology*. – 2019. – pp. 332-339.

11. *Nikitina M.A. et al.* Artificial neural network technologies as a tool to histological preparation analysis / M.A. Nikitina, I.M. Chernukha, V.A. Pchelkina // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 60. Ser. "60th International Meat Industry Conference, MEATCON 2019" – 2019. – pp. 012087. DOI: 10.1088/1755-1315/333/1/012087

12. *Nikitina M.A. et al.* Principal approaches to design and optimization of a diet for targeted consumer groups / M.A. Nikitina, I.M. Chernukha, D.E. Nurmukhanbetova D.E. // *News of the national academy of Science Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences (Q3)*. – 2019. – T. 1. – № 433. – pp. 231-241. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.28

13. *Nikitina M.A. et al.* Computer-aided multiagent model of chemico-physiological processes in the human gastrointestinal tract as a living

biochemical system / V.P. Meshalkin, Yu.A. Ivashkin, M.A. Nikitina // *Doklady Chemistry (Q3)*. – 2019. – Т. 484. – № 1. – pp. 29-32. DOI: 10.1134/S0012500819010087

14. *Nikitina M.A. et al.* Modeling of the human digestive system in the diet structural optimization / Y.A. Ivashkin, M.A. Nikitina // *RPC 2018 - Proceedings of the 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications*. 3. – 2018. – pp. 8482156. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482156

15. *Nikitina M.A. et al.* Neural network and agent technologies in the structural-parametric modeling of technological systems / Y.A. Ivashkin, I.G. Blagoveschensky, M.A. Nikitina // *CEUR Workshop Proceedings. Сер. "OPTA-SCL 2018 - Proceedings of the School-Seminar on Optimization Problems and their Applications"* 2018. – pp. 169-180.

Апробация работы.

Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на симпозиумах и конференциях различного уровня в период 2008 – 2020 гг, в том числе: Всероссийском конгрессе диетологов и нутрициологов «Питание и здоровье» (Москва, 2008), научно-практических конференциях «Цифровая трансформация пищевой и перерабатывающей промышленности» (Москва, 2019), «Цифровая трансформация АПК: особенности в пищевой и перерабатывающей промышленности, казачьих хозяйствах и сельскохозяйственных кооперативах» (Москва, 2019), Российской конференции «Автоматизация пищевой промышленности» INTEKPROМ IT-FOOD (Челябинск, 2018), Международной специализированной конференции-выставки «Фабрика будущего» (Москва, 2020), «Математические методы в технике и технологии» ММТТ (Минск, Белоруссия, 2017, Санкт-Петербург, 2018, 2019), «Проблемы оптимизации и их приложения» ОРТА (Омск, 2018), «Гибридные и синергетические интеллектуальные системы», ГИСИС (Солнечногорск, Калининградская область, 2018), «Информационные технологии и нанотехнологии» ITNT (Самара, 2019, 2020), IFAC Conference of Manufacturing Modeling, Management, and Control, МІМ (Берлин, Германия, 2019), бюро РАН (2018, Москва), Conference of Open Innovations Association FRUCT (Ярославль, 2020), «Cyber-Physical Systems Design And Modelling» CYBERPHY (Казань, 2020), International Meat Industry Conference MEATCON-2019 (Кораоник, Serbia, 2019), 3rd International Conference on Information Processing and Control Engineering IPSA-19 (Москва, 2019).

Соответствие диссертации научным специальностям.

Представленная Никитиной Мариной Александровной диссертация соответствует требованиям п.п. 9-11 Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертация соответствует пп 2, 4, 6, 9 паспорта специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление техническими процессами и производствами (пищевая промышленность) и пп. 4, 5, паспорта

специальности 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств.

Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.


Диссертация Никитиной Марины Александровны является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов и интеллектуальных технологий. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы. Представленные в работе результаты оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

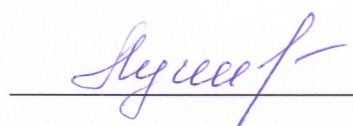
С учетом вышеизложенного научная работа Никитиной Марины Александровны на тему «Интеграция цифровых технологий в процесс принятия решений при разработке пищевых продуктов заданного состава и свойств» рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.13.06 – Автоматизация и управление техническими процессами и производствами (пищевая промышленность) и 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств.

Заключение принято на заседании секции Ученого Совета ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

Принимало в голосовании 20 человек.

Результаты голосования: «За» - 19 чел., «против» - 1 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 5 от 09.04.2021г.

 Председатель секции, д.т.н., проф. Семенова А.А.

 Ученый секретарь, к.т.н. Лунина О.И.