

В диссертационный совет Д 212.148.02
при ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет пищевых производств»
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 33

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Пашенко Федора Федоровича на диссертационную работу Никитиной Марины Александровны «Интеграция цифровых технологий в процесс принятия решений при разработке пищевых продуктов заданного состава и свойств», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям: 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности) и 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств

На отзыв представлены диссертация и автореферат

Актуальность темы выполненной работы

При решении задачи, связанной не только с полноценностью питания, но и его профилактической, оздоравливающей и геропротекторной функциями, исследователь сталкивается с очень сложной комбинаторной задачей: многопараметрической и многокритериальной оптимизации как отдельного пищевого продукта, так и рациона, которая потенциально может состоять из многих сотен ингредиентов или продуктов питания с различным составом и свойствами. При решении этой задачи специалист основывается на использовании доступной информации и собственном опыте, что, во-первых, требует значительных временных затрат, а, во-вторых, привносит в решение долю субъективности. В общем случае данная задача часто не имеет решения и поэтому требуется пошаговая итерационная процедура оптимизации в ходе диалога «человек-компьютер».

Существенный вклад в решение обозначенных проблем может внести использование современных информационных технологий, которые позволят оперативно оценивать психофизиологические особенности человека; подбирать, с учетом этой оценки, индивидуальные полноценные рационы питания на основе оптимизированной процедуры; проводить индивидуальное обучение здоровому питанию и пропагандировать знания в этой области с использованием обобщенных и формализованных в виде баз данных (знаний) сведений о взаимосвязях питания, здоровья, возраста, индивидуальных особенностей человека и экологических условий; осуществлять контроль процесса применения диеты.

В своей диссертационной работе Никитина Марина Александровна и предприняла попытку теоретически обосновать возможность применения человеко-машинных систем в решении задач пищевой технологии и науки, и в этой связи диссертационная работа является актуальной и своевременной, и представляет несомненный научный интерес.

Основное содержание работы

Представленная к защите по двум указанным выше специальностям диссертационная работа имеет традиционную структуру и состоит из введения, аналитического обзора литературы, описания схемы, объектов, методов и методологии исследования, пяти экспериментальных глав, описания основных результатов и выводов, списка литературы, включающего 176 наименований, в том числе 102 иностранных источника. Приложения к диссертации содержат материалы, подтверждающие научную новизну и практическую значимость результатов исследования.

Основное содержание работы составляет 233 страницы печатного текста. Диссертация проиллюстрирована 60 рисунками, содержит 30 таблиц.

Во введении обоснована актуальность работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы проведен обзор научно-технической отечественной и зарубежной литературы, проанализированы публикации, посвященные системам поддержки принятия решений при использовании методов исследований с высоким риском субъективизации результата, формированию рецептур, продуктов и рационов питания заданного состава и свойств. Изложены цель и задачи исследования, сформулирована концепция работы.

Во второй главе на основе анализа, обобщения и систематизации научной информации диссертантом обоснованы возможности применения информационных технологий и цифровых подходов к системной оценке и комплексной поддержке принятия решений при конструировании пищевых продуктов и рационов, и объективизации методов контроля.

В третьей главе представлено изложение методологии и организации проведения научных исследований, определены объекты и методы исследования, указана программная среда разработки.

В четвертой главе приведены результаты автоматизации процесса проектирования многокомпонентных продуктов питания с заданным составом и свойствами. В качестве целевой функции используется критерий минимального отклонения от эталонной структуры. Представлена функциональная схема алгоритма «Расчетного модуля» системы и описан пошаговый алгоритм реализации. Информационной основой программы является разработанная в среде Delphi база данных химического состава сырья, кулинарных блюд и изделий. Показана кластеризация продуктов, кулинарных изделий и блюд методом k-means по различным характеристикам с целью группирования кластеров кулинарных блюд для питания людей с

определенным типом заболевания. Представлены результаты машинного (имитационного) эксперимента составления альтернативных вариантов рациона питания студентов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, и рассчитанные на время пребывания студента в ВУЗе (2/3 от суточной потребности организма).

Пятая глава диссертационной работы посвящена научному обоснованию подходов к построению «цифровых двойников». В первой части главы описаны этапы создания «цифрового двойника» мясного пищевого продукта. На первом этапе показано составление параметрической модели пищевого продукта, на основании которой происходит выборка сырьевых ингредиентов из базы данных. Второй этап связан с математическим моделированием и решением задачи структурной и рецептурной оптимизации. На третьем этапе формируются структурные (реологические) характеристики пищевого продукта. «Цифровой двойник» пищевого продукта позволяет в режиме реально времени реагировать на изменения в физико-химическом составе используемого сырья или замене основного, или вспомогательного сырья.

Во второй части главы представлен «цифровой двойник» технологической операции варки вареной колбасы в среде Jupyter Notebook (язык программирования R) на примере расчета термограмм тепловой обработки мясных изделий. Визуализация поля температур позволяет оценить степень прогрева батона в любой точке, что очень важно при выборе нового термического оборудования.

В шестой главе изложены современные интеллектуальные методы анализа видеоизображений. С использованием сверточной нейронной сети (CNN) показана возможность цифровизации качественной и количественной оценки гистологических препаратов. В первой части главы представлена разметка репрезентативной выборки гистологических препаратов, используемой в дальнейшем в качестве обучающего множества (DataSet). Во второй части главы показана структура сверточной нейронной сети (CNN) с двумя слоями свертки и пулинга, представлен график обучения сверточной нейронной сети (CNN) с использованием функции активации ReLu и алгоритма обучения – градиентного метода обратного распространения ошибки. В третьей части главы представлен генетический алгоритм оптимизации аппроксимации полихромного изображения, позволяющий сформировать оптимальную особь (палитру изображения – гистологический препарат).

В седьмой главе показано использование методологии имитационного моделирования для описания процессов биоусвояемости пищевых продуктов и рационов питания в пищеварительной системе организма, которая смоделирована в системе Simplex 3. Адекватность модели подтверждена экспериментальным путем на аппарате искусственного желудка Покровского А.А. и Ертанова И.Д. при установленной погрешности, не превышающей 1,5%.

В восьмой главе показана возможность интероперабельности процедуры органолептической оценки. Представленное программное обеспечение с

архитектурой «клиент-сервер» позволяет автоматизировать процесс проведения оценки органолептических свойств каждого продукта. Каждый отчет создается автоматически в режиме реального времени. Разработанная программа по сбору и статистической обработке данных позволяет выбирать структурированную (5-ти балльная и 9-ти балльная оценочные шкалы) и неструктурированную шкалы. Программа после математической обработки по результатам дегустации профильным методом позволяет визуализировать "портреты" или вкусо-ароматические профили представленных вариантов продукта.

Проведенный анализ материалов диссертации, автореферата, публикаций автора позволяет сделать вывод, что их содержание в целом соответствует цели и поставленным задачам. Автореферат, изложенный на 43 страницах, а также приведенные выводы в достаточной степени отображают содержание диссертационной работы.

Диссертация и автореферат по содержанию, структуре и объему соответствуют требованиям Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Теоретическим базисом, определяющим обоснованность, является проведенный соискателем анализ научных публикаций по тематике исследования, обобщающий современные представления о проблеме, которой посвящена диссертационная работа

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением традиционных и новых (современных) для данной области методов исследования, а также современных программных сред и языков программирования, совокупность которых позволяет минимизировать риски получения недостоверных данных. Анализ представленных в работе таблиц, рисунков и интерфейсов подтверждают высокую достоверность результатов исследования и сформулированных на их основании рекомендаций и выводов.

Результаты работы подтверждаются апробацией в печати (115 печатных работ, из них 1 учебник, 1 учебное пособие, 1 монография, 25 публикаций в изданиях, индексируемых международными базами данных WOS и Scopus, 41 публикация в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 6 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, 2 свидетельства о регистрации базы данных, 1 патент РФ). Материалы диссертационной работы доложены и представлены на международных, региональных и всероссийских конференциях и симпозиумах.

Научная новизна и практическая значимость результатов исследований

К результатам работы, имеющим **научную новизну**, относятся данные, связанные с направлением цифровизации, создания и применения человекомашинных систем с рациональным разделением функций

(вычислительные - машина, принятие решений - человек), цифровой трансформацией «моделей» питания (автоматизация процессов с минимизацией участия человека), созданием новых продуктов и рационов, современных решений в управлении качеством продукции.

Совокупность новых научных результатов включает: предложенные соискателем концептуальные схемы группирования пищевых продуктов и блюд по различным признакам с применением методов и алгоритмов кластерного анализа; разработанный пошаговый алгоритм создания «цифровых двойников» - имитационных моделей пищевого продукта; предложенные структурно-параметрическое описание и агентно-ориентированная модель пищеварительной системы человека, отражающая динамику усваивания элементов пищевой и биологической ценности продуктов

Практическая значимость диссертационной работы Никитиной М.А. определяется, в первую очередь, совокупностью результатов, связанных с разработкой программного 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); база данных «Пищевые продукты» (Свидетельство Роспатент № 2015620557 от 30.03.2015); электронный учебник «Микроструктура мяса и мясных продуктов» (Свидетельство Роспатент № 2020620238 от 10.02.2020); автоматизированное рабочее место дегустатора, обеспечивающее поддержку и объективизацию принимаемых им решений, где обработка информации выполняется разработанной «Программой по сбору и статистической обработке сенсорных данных».

Цель и задачи, поставленные автором в диссертации, следует признать реализованными.

Замечания и пожелания по диссертационной работе и автореферату

1. Соискатель в главе 4 описывает базу данных «Пищевые продукты», однако не указывает ее размерность: количество записей, и количество признаков в каждой записи. Желательно также было бы провести аналогию с существующими базами данных, если таковые имеются.

2. Рис. 9 (с. 16 автореферата) или Рис. 26 (с. 113 диссертации) не совсем корректно назван «Функциональной схемой обобщенного алгоритма расчетного модуля».

3. При описании сверточной нейронной сети (CNN) (глава 6, раздел 6.1) автором отмечается, что в качестве функции активации выбрана функция «линейного выпрямления» ReLu, а в качестве алгоритма обучения – градиентный метод обратного распространения ошибки, однако желательно пояснить, чем обоснован данный выбор?

4. При описании входного изображения гистологического среза отмечается, что изображение должно быть в формате RGB (глава 6 раздел 6.2). Это является обязательным условием? Или предусмотрена перекодировка изображения в программном коде, если изображение изначально представлено в другом формате, например, BGR?

5. Необходимо пояснить какой алгоритм использовался для идентификации структурно-параметрической модели (рис. 21, с. 33 автореферата; рис. 43 с. 180 диссертации).

6. Несомненный интерес представляет предложенная автором мультиагентная модель (рис. 22, с. 35 автореферата; рис. 45 с. 187) желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), однако стоит пояснить в чем заключается мультиагентность модели? Можно ли данную модель назвать «цифровым двойником» ЖКТ? И были ли рассмотрены различные кислотности ЖКТ?

Указанные недостатки не являются критичными, не носят принципиального характера и не снижают общей ценности представленной работы.

Заключение по диссертации

На основании экспертизы диссертации, автореферата и публикаций автора считаю, что диссертационная работа Никитиной Марины Александровны «Интеграция цифровых технологий в процесс принятия решений при разработке пищевых продуктов заданного состава и свойств» является законченным научным трудом, имеющим важное практическое значение, вносящим вклад в развитие научных специальностей 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности)» и 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств»

Представленная на оппонирование диссертационная работа по актуальности, объему проведенных исследований, научно-методическому уровню и полученным результатам соответствует паспортам научной специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности)» и 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств», требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), предъявленным к диссертациям на соискание ученой степени доктора

технических наук по специальностям 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности)» и 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук,
(05.13.18 – Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ
05.13.01 – Системный анализ, управление
и обработка информации),
профессор,
главный научный сотрудник,
лаборатории № 40 «Интеллектуальных
систем управления и моделирования»

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова»
Российской академии наук

117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65
тел.: +7 495 198-17-20 доб. 1483
E-mail: pif-70@yandex.ru

Пашченко Федор Федорович

19.11.2021

Подпись

ЗАВЕРЯЮ

Зав. общим отделом
Дысенко А.Н.

