

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-64-71>

Поступила 12.02.2023

Поступила после рецензирования 11.03.2023

Принята в печать 14.03.2023

© Лисицын А. Б., Чернуха И. М., Никитина М. А., 2023

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

# ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО РАЦИОНА ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Лисицын А. Б., Чернуха И. М., Никитина М. А.\*

Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова, Москва, Россия

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

цифровая нутрициология, параметрическое описание, системный анализ, математические методы, база знаний, база данных, структурная матричная модель

## АННОТАЦИЯ

Конструирование персонализированного рациона питания человека с учетом многообразия различных факторов связано с системным анализом и формализацией накопленных данных и знаний, а также с развитием цифровых технологий. В работе представлена методология оптимизации и формирования персонализированных рационов питания на основе структурно-параметрического моделирования. Предлагаемый подход позволяет решать следующие задачи: 1) анализировать суточный рацион или отдельные приемы пищи (завтрак, обед, полдник, ужин, дополнительные приемы пищи (перекус)) с известным количественным набором готовых продуктов по энергетической ценности и химическому составу с целью выявления диетических нарушений; 2) рассчитывать оптимальное для приема пищи количество продуктов из фиксированного перечня, тем самым составляя индивидуальный эталонный рацион с учетом умственной и физической нагрузки, нутритивного статуса потребителя, а также экономических аспектов; 3) оптимизировать рацион в зависимости от поставленной задачи путем подбора группы готовых продуктов из полного или избранного перечня архивных данных, равнозначно учитывая при этом все необходимые параметры; 4) корректировать рацион питания с учетом диетических отклонений по отдельным параметрам химического состава и энергетической ценности за счет дополнительного введения продуктов повышенной биологической ценности специального назначения, поливитаминных и поливитаминно-минеральных препаратов, а также природных биологически активных веществ.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья опубликована в рамках выполнения темы НИР № FNEN-2019–0008 государственного задания ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

Received 12.02.2023

Accepted in revised 11.03.2023

Accepted for publication 14.03.2023

© Lisitsyn A. B., Chernukha I. M., Nikitina M. A., 2023

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

# DEVELOPMENT OF A PERSONALIZED DIET USING STRUCTURAL OPTIMIZATION METHOD

Andrey B. Lisitsyn, Irina M. Chernukha, Marina A. Nikitina\*

V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

## KEY WORDS:

digital Nutrition, parametric description, system analysis, mathematical methods, knowledge base, database, structural matrix model

## ABSTRACT

The design of a human personalized diet considering a variety of different factors is associated with system analysis and formalization of data and knowledge, as well as with the development of digital technologies. The paper presents the methodology of optimization and formation of personalized diets based on structural-parametric modeling. The proposed approach allows solving the following tasks: 1) to analyze the daily diet or individual meals (breakfast, lunch, afternoon snack, dinner, additional meals or snacks) with a known quantitative set of finished products in terms of energy value and chemical composition in order to reveal dietary disorders; 2) to calculate quantity of products optimal for a meal from the fixed list, thereby composing an individual reference diet with regard to the mental and physical activities, nutritive status of a consumer and economic aspects; 3) to optimize a diet depending on the task at hand by selecting a group of finished products from a complete or selected list of archival data, equally taking into account all the necessary parameters; 4) to adjust the diet taking into account dietary deviations in certain parameters of the chemical composition and energy value by additional introduction of special purpose products with the increased biological value, multivitamin and multivitamin-mineral supplements, as well as natural bioactive substances.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. FNEN-2019–0008 of the state assignment of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Лисицын, А. Б., Чернуха, И. М., Никитина, М. А. (2023). Формирование персонализированного рациона питания с использованием структурной оптимизации. *Пищевые системы*, 6(1), 64-71. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-64-71>

FOR CITATION: Lisitsyn, A. B., Chernukha I. M., Nikitina M. A. (2023). Development of a personalized diet using the structural optimization method. *Food Systems*, 6(1), 64-71. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-64-71>

## 1. Введение

Рацион является основным фактором здоровья человека, и правильный выбор продуктов питания может значительно способствовать улучшению качества жизни потребителя [1].

Это обуславливает требования к рациону и режиму питания с учетом ассортимента и количества потребляемых продуктов, что позволяет регулировать поступление в организм калорий и питательных веществ. В исследованиях [2,3] показано, что несбалансированное питание увеличивает риск развития неинфекционных заболеваний, таких как ожирение, сахарный диабет и др.

Подходы к автоматизации процесса планирования рецептуры, производства и подбора рациона в первую очередь связаны с математическими методами: линейной оптимизацией, метаэвристикой, рассуждениям по прецедентам, нечеткой логикой.

В 1945 году американский экономист G. J. Stigler предложил математическую модель для составления рациона потребителя [4]. В рамках его подхода был составлен список неструктурированных пищевых продуктов, отвечающих стандартным требованиям к диете при оптимизации цен на продукты питания.

За последние два десятилетия «модель Stigler» была принята и расширена с использованием различных вариаций парадигмы линейного программирования [5], целочисленного программирования [6], смешанного целочисленно-линейного программирования [7] и целевого программирования [8]. В решении проблем планирования диеты были проведены следующие исследования [9–11]. Foytik J. [10] изучал различные режимы питания в Калифорнийском университете осенью 1975 года. В эксперименте участвовало 60 человек из 36 семей. Все участники исследования в течение двух недель придерживались определенного рациона питания, разработанного на ЭВМ с использованием методов линейного программирования. При составлении диеты вводились четкие рамки: 1) цены на продукты, рассматриваемые для включения в рацион; 2) содержание питательных веществ в продуктах; 3) цели в области питания, которые должны быть достигнуты; 4) дополнительные ограничения, основанные на вкусовых качествах продуктов и на их разнообразии. Полученные в результате исследования данные были необходимы для выявления некоторых проблем, которые могут возникнуть при использовании на практике дешевых диет с низким содержанием питательных веществ. Авторы в работе [11] используют систему обмена для планирования меню. Вариант замены продуктов предлагают из той же группы (например, заменив 1/2 чашки макарон на 1/3 чашки белого риса, поскольку оба продукта находятся в категории крахмалосодержащих). Тем не менее в работе не учитывается совместимость продуктов из разных категорий, а также размеры порций. В работе [12] авторы уделяют внимание пищевым предпочтениям человека при рассмотрении потребностей в питании, но игнорируют совместимость между отдельными компонентами рациона. Данный метод представляет подбор рекомендуемых продуктов в виде неструктурированного списка, но не способствует составлению режима питания на завтрак, обед и ужин. Проблема в применении линейной оптимизации связана в первую очередь с тем, что из-за большого количества ограничений снижается разрешимость задачи [7]. Поэтому рассмотреть множество факторов, таких как потребность в пищевых нутриентах, предпочтения в еде, разнообразие и совместимость, невозможно.

Для создания персонализированных программ питания в работах [13–17] задействован метаэвристический подход с использованием генетических алгоритмов. Исследования

[14] связано с применением генетического алгоритма и метода роя частиц для конструирования рациона питания спортсмена с целью повысить его производительность с учетом индивидуального комплекса упражнений. Самоадаптирующийся гибридный генетический алгоритм для составления меню малайзийских школьников в возрасте от 13 до 18 лет описан в работе [15]. Функция цели считается достигнутой, если удовлетворены все рекомендуемые нормы потребления питательных веществ и не превышена установленная экономическая составляющая. В работе отмечается, что составленные рационы питания не были оценены эмпирически экспертами в области питания (нутрициологии). Seljak B. K. [16] применяет многоуровневый генетический алгоритм «разделяй и властвуй» (декомпозиции) для конструирования рациона питания на N дней. В качестве ограничений: 1) экономические затраты; 2) эстетические параметры (вкус, цвет, температура и способ приготовления). Для получения решения требуется не менее 250 итераций, которые занимают от нескольких минут до нескольких часов. Все зависит от количества продуктов и блюд в рационе питания. В работе [17] авторы используют популярный генетический алгоритм сортировки без доминирования (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm III или NSGA-III). В своем исследовании ученые подвергают рассмотрению: 1) стоимость продуктов; 2) предпочтения потребителей; 3) способ приготовления блюда; при этом учитывают ежедневные ограничения питательных веществ для каждого приема пищи (диапазон минимум — максимум). Детальный обзор данных исследований представлен в статье [18]. С другой стороны, Bianchi L. et al. [19] и El-Ghazi T. [20] отмечают, что метаэвристический подход не гарантирует глобального оптимального решения, а скорее обеспечивает «хорошее» решение задачи.

В работах [21–24] использованы методы рассуждений по прецедентам. Ученые и исследователи пытаются рекомендовать программы питания путем определения наилучшей из набора существующих, а затем адаптируют их для удовлетворения потребностей целевого пациента, пересматривая меню. Husain W. с соавторами [21] в своем исследовании предлагают персонализированную систему рекомендаций по диете для больных раком. В ней объединены методы интеллектуального анализа данных, основанные на прецедентном рассуждении, рассуждении на основе продукционных правил «Если..., то...» и на генетическом алгоритме. Продукционные правила необходимы для фильтрации нерелевантных вариантов меню из системы и для выбора наиболее подходящего. Использование генетического алгоритма на конечном этапе составления рациона питания гарантирует, что предлагаемая диета будет адаптирована в соответствии с личным состоянием здоровья конкретного пациента. В работе [22] для создания меню питания сочетают рассуждения с механизмом обратной связи. На основе индивидуальных потребностей в питательных веществах происходит ранжирование шаблона меню с привлечением врача-диетолога или нутрициолога. Для корректной работы системы эксперт добавил в нее 330 изменений, которые базировались на правиле «Если..., то...» [23]. Petot G. J. с соавторами [24] для выбора лучших блюд используют шаблон и ограничения: 1) по нижнему и верхнему пределу в пищевых веществах; 2) предпочтения пользователя по продуктам. Однако авторы в своем исследовании отмечают, что некоторые из сгенерированных меню содержат «странные» комбинации продуктов питания и лишены здравого смысла.

Нечеткая логика при составлении меню с учетом профиля пациента представлена в работах [25–29]. В исследовании

[27] в качестве исходных данных используют результаты семантического анализа о составе диеты, выбранной пользователем. В результате потребитель получает полезную информацию о своей диете и может изменить ее, сделав более полезной для здоровья. В работах [25,26] авторы представляют решение, которое направлено на пациентов, страдающих сахарным диабетом. В качестве входных данных указываются продукты, потребляемые на завтрак и обед. В результате формируется рекомендуемый размер порции и калорийность для ужина. Используя нечеткие онтологии пищевых и личных профилей, авторы в работе [28] представили решение, которое предлагает несколько вариантов блюд из каждой категории продуктов, соответствующих требованиям к порциям на ужин. Данный метод помогает подобрать варианты продуктов, но не способствует приготовлению полноценного ужина.

Существуют различные мобильные и веб-приложения, связанные с питанием и здоровьем. Как правило, это счетчики калорий, например, MyFitnessPal [30], MyPlate [31], MyNetDiary [32] и др. Они помогают пациентам контролировать ежедневное потребление калорий и нутриентов. В качестве входных данных приложения принимают потребляемые пациентом пищевые продукты, а также производят расчет количества калорий и нутриентов.

Инструменты планирования питания, например, Eat-ThisMuch [33], Fitness Meal Planner [34], MakeMyPlate [35], Yu-me [36] помогают создавать ежедневные рационы на основе необходимой калорийности, предоставленной пациентом. Одним из таких инструментов является MakeMyPlate [35], мобильное приложение, которое предоставляет заранее оптимально сбалансированные в соответствии с рекомендациями экспертов ежедневные рационы питания, соответствующие заданным пользователем уровням калорийности. Каждый план питания позволяет находить альтернативные варианты, сохраняя баланс нутриентов в тарелке. Вместе с тем в качестве недостатка можно отметить, что альтернативный вариант питания пациент берет из имеющейся базы данных без проверки калорийности замещающего продукта (что может привести к превышению или снижению рекомендуемого уровня калорийности и количества пищевых нутриентов). Кроме того, мобильное приложение MakeMyPlate не учитывает предпочтения пациента в еде.

Другое решение — EatThisMuch [33] — принимает в качестве входных данных основную информацию о пользователе (пол, возраст, рост, вес и уровень активности) в дополнение к процентному содержанию телесного жира. Наряду с этим заносится текстовая информация: 1) «что вы хотите сделать с весом» — поддержание веса, снижение веса, набор веса и набор мышечной массы); 2) предпочтительный тип диеты — средиземноморская, вегетарианская и др.; 3) есть ли предпочтения в еде и как часто вы хотите «видеть свое предпочтение» в еженедельном рационе питания. В результате приложение выдает пользователю в качестве вывода ежедневные рационы питания. Мобильное приложение EatThisMuch имеет несколько ограничений. Во-первых, пользователь может создавать планы питания только на текущий день. Планирование рациона на два дня и более требует дополнительной подписки, «Премиум». Во-вторых, нет учета предпочтений пользователя в том или ином блюде в виде градиентной оценки, например, от «нежелательно» до «весьма предпочтительно», что было бы более полезно при составлении адаптированных планов питания.

Еще одно онлайн-приложение для фитнеса Fitness Meal Planner [34] повторяет большую часть функций и ограничений приложения EatThisMuch [33].

Во всех исследованиях и мобильных приложениях, как правило, используется критерий энергетической ценности. Сложность принятия оптимальных решений заключается в персонализированном подходе, подборе продуктов и блюд в рационе питания с учетом генетики и медико-биологических требований, структурных соотношений и ограничений на компонентном, элементном и моноструктурном уровнях.

В связи со всем вышесказанным цель данной работы заключается в формировании методологии оптимизации персонализированных рационов питания.

## 2. Материалы и методы

При составлении и оценки рациона питания использовалась база данных «Кулинарные изделия и блюда» (Свидетельство Роспатент RU2021621286 от 17.06.2021 г.).

Структурная оптимизация рациона питания, связанная с изменением соотношений и пропорций потребляемых продуктов, осуществляется с применением квадратичных критериев минимального отклонения от эталонной структуры множества показателей нутриентной адекватности [39].

Создание знание-ориентированной компьютерной системы поддержки принятия решений осуществлялась в программной среде Embarcadero Delphi на языке объектно-ориентированного программирования Delphi.

## 3. Результаты и обсуждение

Программная реализация оптимизации персонализированных рационов питания основана на базе знаний в виде структурно-параметрического описания [37] множества факторов генотипа и переменных физиологического состояния живой системы. Генетические и физиологические характеристики организма человека, его углеводного, липидного и белкового обмена практически могут быть определены в процессе генетической экспертизы и медицинского обследования, в частности на основе биохимического анализа крови. Структурно-параметрическая модель (СПМ) персонализированного адекватного питания человека составляется на основе знаний, содержащихся в параметрическом описании человека, и его предпочтений в рационе питания. СПМ представляет собой клеточную матрицу [38,39] (Рисунок 1) и отражает все многообразие существующих известных и неизвестных связей между генотипом человека, переменными физиологического состояния человека и параметрами рациона и режима питания.

В Таблице 1 представлена часть обобщенных данных и знаний о часто встречаемых генотипах, которые ассоциируются с проявлением болезненных состояний [40,41].

Для составления адекватного сбалансированного рациона питания с учетом «паспорта здоровья» человека, риска заболеваний и статуса желудочно-кишечного тракта используется диалоговый алгоритм (Рисунок 2). По описаниям медико-биологического состояния человека, а также по биомаркерам формируется параметрическая модель его адекватного питания в виде конкретных параметров, норм и соотношений требуемых пищевых веществ и компонентов в сутки [42,43].

При построении параметрической модели человека необходимо учитывать следующие группы свойств: 1) анкетные данные (возраст, пол, физическая активность, регион проживания, вид деятельности, психоэмоциональное состояние и т.д.); 2) критические параметры (индекс массы тела, артериальное давление, уровень глюкозы, индекс атерогенности и т.д.); 3) второстепенные показатели (пищевые пред-

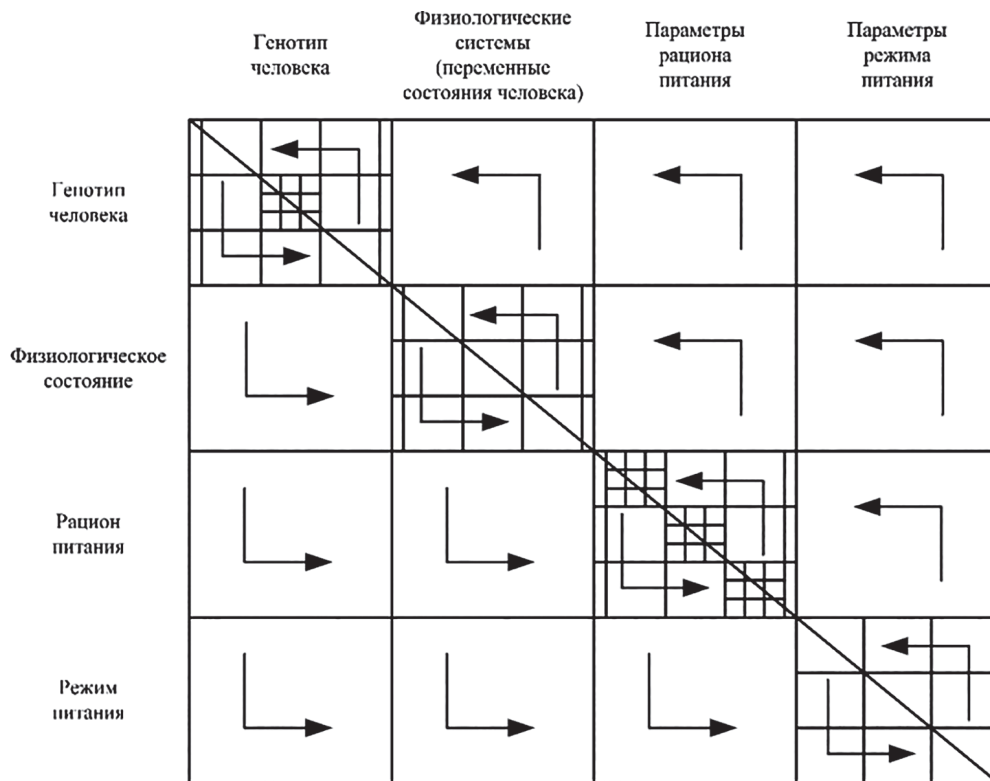


Рисунок 1. Структурная матричная модель персонализированного питания человека  
Figure 1. Structural matrix model of personalized human nutrition

Таблица 1. Характеристики генотипов [40,41]  
Table 1. Characteristics of genotypes [40,41]

| Ген/SNP                                   | Генотип                                                              | Патология                                                                                                                                                                            | Режим питания / предпочтительный тип диеты                                        |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Особенности жирового и углеводного обмена |                                                                      |                                                                                                                                                                                      |                                                                                   |
| PPARG rs180128                            | (Pro/Pro)                                                            | Ожирение<br>Сахарный диабет                                                                                                                                                          | Диета с низким содержанием жиров                                                  |
| ADRB2 rs1042714                           | (Gln/Glu или Glu/Glu)                                                | Ожирение<br>Сахарный диабет                                                                                                                                                          | Диета с низким содержанием углеводов                                              |
| ADRB2 rs1042713                           | (Arg/Gly или Gly/Gly)                                                | Ожирение                                                                                                                                                                             | Диета с низким содержанием углеводов<br>Мобилизация жиров при физической нагрузке |
| ADRB3                                     | Кодирует белок, вырабатывающийся в висцеральном жире и жировых депо. | Ожирение                                                                                                                                                                             | Физические нагрузки.<br>Низкоуглеводная и низкожировая диеты                      |
| SR (HTR2A) rs6313                         | (T/C или C/C)                                                        | Повышенная склонность к импульсивному питанию, повышению аппетита и тенденции «заесть стресс». Увеличение Индекса массы тела («средняя» предрасположенность к избыточной массе тела) | Диета с низким содержанием углеводов                                              |
| KCTD10 rs10850219                         | (G/G)                                                                | Ожирение                                                                                                                                                                             | Диета с низким содержанием углеводов                                              |
| MMAB rs2241201                            | (C/C)                                                                | Ожирение                                                                                                                                                                             | Диета с низким содержанием углеводов                                              |
| LIPC rs1800588                            | (C/C)                                                                | Ожирение                                                                                                                                                                             | Диета с низким содержанием углеводов                                              |
| FTO rs9939609                             | (T/T)                                                                | Ожирение                                                                                                                                                                             | Диета с низким содержанием углеводов                                              |

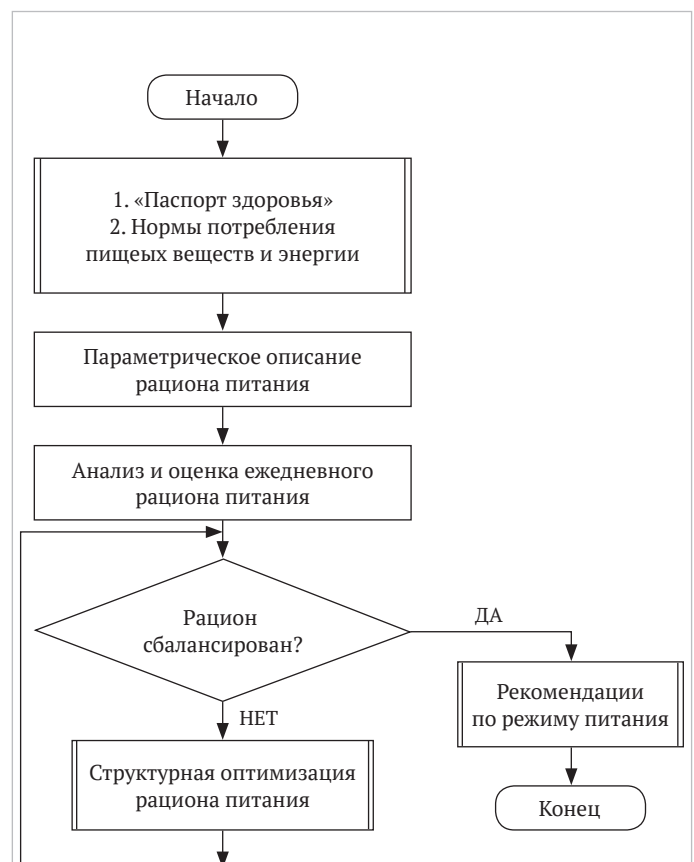


Рисунок 2. Блок-схема диалогового алгоритма анализа, оценки и оптимизации рациона питания  
Figure 2. Block diagram of the dialogue algorithm for the analysis, evaluation and optimization of a diet



почтения, углеводный обмен, обмен белков, обмен липидов и т.д.). Шаблон параметрической модели человека представлен в Таблице 2.

Таблица 2. Параметрическая модель человека

Table 2. Parametric model of a person

| Группа свойств          | Наименование параметра                 |                                                                                 |                              |
|-------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Анкетные данные         | Возраст                                | Регион проживания (географическое, климатическое, социально-культурные условия) |                              |
|                         | Пол                                    | Вид деятельности                                                                | Психоэмоциональное состояние |
| Критические параметры   | Масса тела (антропометрические данные) | Рост                                                                            | Физическое развитие          |
| Второстепенные свойства | Пищевые предпочтения                   | Углеводный обмен                                                                | Минеральный обмен            |
|                         | ...                                    | ...                                                                             | ...                          |
|                         | Обмен белков                           | Обмен аминокислот                                                               | Обмен жиров                  |

Структурная оптимизация рациона питания осуществляется с использованием квадратичного критерия минимального отклонения от эталонной структуры нутриентных показателей пищевой и энергетической ценности для конкретной детерминированной группы людей. Эталонные показатели существуют в усредненном виде для различных детерминированных групп людей. Персонализированных рекомендаций нет.

Работа алгоритма заключается в последовательном определении дисбаланса по  $k$ -му элементу при ограничениях по общему объему суточного рациона и по допустимым пределам изменения массовой доли (объема)  $j$ -го продукта в рационе питания. В случае дефицита  $k$ -элемента происходит минимизация путем увеличения до верхнего предела массовой доли одного продукта  $y_i$  с максимальным удельным содержанием  $b_{kl}^{max}$  дефицитного элемента. Сокращение массовой доли возникает также за счет соответствующего уменьшения до минимума массовой доли другого продукта

$y_r$  с минимальным удельным содержанием  $b_{kr}^{min}$   $k$ -го элемента. В случае избытка структурный сдвиг следует в противоположном направлении. В результате перераспределения массовых долей выбранной пары продуктов до  $y_l^{max}$  и  $y_r^{min}$  получаем новое улучшенное значение критерия оптимизации. Величина перераспределения массовых долей компонентов выбирается, исходя из ограничения по заданным пределам  $y_l^{max}$  и  $y_r^{min}$ , а также из ограничения по общему объему рациона:

$$\delta = \min \{ \Delta y_k, \Delta y_{kmax}, \Delta y_{kmin} \},$$

где  $\Delta y_{kmax} = y_l^{max} - y_l$  — допустимое увеличение массовой доли  $l$ -го продукта;

$\Delta y_{kmin} = y_p - y_p^{min}$  — допустимое уменьшение массовой доли  $p$ -го продукта.

Новые значения массовых долей определяются как  $y_l' = y_l + \delta$ ;  $y_p' = y_p - \delta$ .

Процедура повторяется со следующей парой продуктов для перераспределения их массовых долей до локального минимума по  $k$ -му элементу. Процесс продолжается до исчерпания всех возможностей перераспределения массовых долей компонентов с получением в итоге альтернативного варианта рациона с минимальным отклонением  $k$ -го элемента от заданного нормативного значения в структуре асортимента адекватного питания.

При практическом апробировании алгоритма осуществлено конструирование рациона питания для студентов с проблемами желудочно-кишечного тракта на основе конкретизированных медико-биологических требований. С учетом этой информации проведена кластеризация в базе данных «Пищевые продукты» и получен список продуктов и блюд по категориям (салаты, первые, вторые блюда, гарнир и др.), которые были использованы при составлении рациона питания.

В результате структурной оптимизации были получены варианты рационов для профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта у молодежи. На Рисунке 3 представлена одна из программ питания.

| Завтрак                       | Выход,<br>г. | Белки,<br>г. | Жиры,<br>г.  | Углеводы,<br>г. | Эн.цен.,<br>ккал | Витамины    |             |             |             |             | Минеральные вещества |             |               |              |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|-------------|---------------|--------------|
|                               |              |              |              |                 |                  | С<br>мг.    | В2<br>мг.   | В1<br>мг.   | РР<br>мг.   | Е<br>мг.    | Са<br>мг.            | Fe<br>мг.   | Р<br>мг.      | Mg<br>мг.    |
| 1. Каша из хлопьев "Геркулес" | 125          | 3,00         | 5,00         | 18,50           | 131,25           | 0,00        | 0,03        | 0,09        | 0,25        | 1,38        | 23,75                | 1,00        | 87,50         | 36,25        |
| с маслом сливочным            | 5            | 0,03         | 4,13         | 0,47            | 37,40            | 0,00        | 0,01        | 0,00        | 0,01        | 0,01        | 1,10                 | 0,01        | 0,95          | 0,15         |
| 2. Булочка "Студенческая"     | 1/30         | 2,20         | 1,50         | 16,10           | 86,70            | 0,00        | 0,06        | 0,09        | 1,62        | 0,00        | 24,42                | 0,99        | 0,00          | 0,00         |
| витаминизированная            |              |              |              |                 |                  |             |             |             |             |             |                      |             |               |              |
| 3. Сырок плавленый "Родничок" | 1/20         | 4,60         | 3,80         | 0,00            | 52,60            | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 152,00               | 0,16        | 90,00         | 8,00         |
| 4. Какао с молоком            | 200          | 3,92         | 0,65         | 68,74           | 129,22           | 0,52        | 0,17        | 0,04        | 0,13        | 0,07        | 140,00               | 0,61        | 117,29        | 29,05        |
| <b>Итого:</b>                 |              | <b>13,75</b> | <b>15,08</b> | <b>103,81</b>   | <b>437,17</b>    | <b>0,52</b> | <b>0,27</b> | <b>0,22</b> | <b>2,01</b> | <b>1,46</b> | <b>341,27</b>        | <b>2,77</b> | <b>295,74</b> | <b>73,45</b> |

| Обед                                                     | Выход,<br>г. | Белки,<br>г. | Жиры,<br>г.  | Углеводы,<br>г. | Эн.цен.,<br>ккал | Витамины     |             |             |              |              | Минеральные вещества |              |                |               |
|----------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|----------------|---------------|
|                                                          |              |              |              |                 |                  | С<br>мг.     | В2<br>мг.   | В1<br>мг.   | РР<br>мг.    | Е<br>мг.     | Са<br>мг.            | Fe<br>мг.    | Р<br>мг.       | Mg<br>мг.     |
| 1. Салат мясной                                          | 100          | 5,30         | 15,80        | 7,90            | 219,00           | 7,70         | 0,10        | 0,07        | 0,00         | 7,10         | 28,00                | 1,10         | 78,00          | 21,00         |
| 2. Суп рисовый на отваре овощном с фрикадельками мясными | 300          | 6,6          | 6,6          | 17,1            | 153              | 16,40        | 0,10        | 0,10        | 1,97         | 1,38         | 24,06                | 1,35         | 100,75         | 31,55         |
| 3. Рыба, запеченная с картофелем, по-русски              | 250          | 17,25        | 10,25        | 12              | 230              | 12,42        | 0,19        | 0,17        | 2,63         | 1,91         | 127,14               | 1,32         | 264,71         | 43,99         |
| 4. Хлебобулочное изделие "Тонус"                         | 60           | 7,20         | 0,54         | 25,20           | 129,60           | 0,00         | 0,30        | 0,50        | 4,30         | 0,00         | 26,40                | 7,02         | 342,00         | 87,60         |
| 5. Компот из вишни                                       | 200          | 1,20         | 0,60         | 47,40           | 202,00           | 4,00         | 0,04        | 0,04        | 0,40         | 0,40         | 20,00                | 0,80         | 34,00          | 16,00         |
| <b>Итого:</b>                                            |              | <b>37,55</b> | <b>33,79</b> | <b>109,60</b>   | <b>933,60</b>    | <b>40,52</b> | <b>0,73</b> | <b>0,88</b> | <b>9,30</b>  | <b>10,79</b> | <b>225,60</b>        | <b>11,59</b> | <b>819,46</b>  | <b>200,14</b> |
| <b>ВСЕГО:</b>                                            |              | <b>51,30</b> | <b>48,87</b> | <b>213,41</b>   | <b>1370,77</b>   | <b>41,04</b> | <b>1,00</b> | <b>1,10</b> | <b>11,31</b> | <b>12,25</b> | <b>566,87</b>        | <b>14,36</b> | <b>1115,20</b> | <b>273,59</b> |

| белок | жир  | углеводы |
|-------|------|----------|
| 1,05  | 1,00 | 4,37     |

Рисунок 3. Рацион питания для профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта, рекомендуемый для школьной или студенческой столовой

Figure 3. Diet to prevent gastrointestinal tract diseases, recommended for a school or student canteen

#### 4. Выводы

Возможность составления персонализированного рациона питания человека напрямую связана с развитием цифровых технологий. Только они позволяют учесть все необходимое разнообразие факторов: индивидуальные физиологические характеристики (группа крови, уровень глюкозы в крови, микробиота, среда ЖКТ и т.д.), морфометрические параметры человека, анкетные данные (возраст, пол, рост, вес, индекс массы тела и т.д.), уровень

и характер трансформации нутриентов под действием ферментной системы ЖКТ и их усвояемость.

Алгоритм формирования персонализированного пищевого рациона разработан и апробирован с применением метода структурной оптимизации комплекса параметров, включающих социокультурный и физиологический статус потенциального потребителя, результаты семантического анализа предпочтений и другие показатели.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Lichtenstein, A. H., Appel, L. J., Vadiveloo, M., Hu, F. B., Kris-Etherton, P. M., Rebholz, C. M. et al (2021). Dietary guidance to improve cardiovascular health: a scientific statement from the American heart association. *Circulation*, 144(23), e472–e477. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001031>
- Ayoub, J. J., Samra, M. J. A., Hlais, S. A., Bassil, M. S., Obeid, O. A. (2015). Effect of phosphorus supplementation on weight gain and waist circumference of overweight/obese adults: a randomized clinical trial. *Nutrition and Diabetes*, 5(12), Article e189. <https://doi.org/10.1038/nutd.2015.38>
- Mattar, L., Zeeni, N., Bassil, M. (2015). Effect of movie violence on mood, stress, appetite perception and food preferences in a random population. *European Journal of Clinical Nutrition*, 69(8), 972–973. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2014.262>
- Stigler, G. (1945). The cost of subsistence. *Journal of Farm Economics*, 27(2), 303–314. <http://doi.org/10.2307/1231810>
- Lancaster, L. M. (1992). The history of the application of mathematical programming to menu planning. *European Journal of Operational Research*, 57(3), 339–347. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90345-A](https://doi.org/10.1016/0377-2217(92)90345-A)
- Lenstra, H. W. (1983). Integer programming with a fixed number of variables. *Mathematics of Operations Research*, 8(4), 538–548.
- Schniederjans, M. (1995). Goal programming: methodology and applications. 1st edn. New York: Springer, 1995. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2229-4>
- McCann-Rugg, M., White, G. P., Endres, J. M. (1983). Using goal programming to improve the calculation of diabetic diets. *Computers and Operations Research*, 10(4), 365–373. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(83\)90011-4](https://doi.org/10.1016/0305-0548(83)90011-4)
- Bassi, L. J. (1976). The diet problem revisited. *The American Economist*, 20(2), 35–39. <https://doi.org/10.1177/056943457602000206>
- Foytik, J. (1981). Devising and using a computerized diet: An exploratory study. *The Journal of Consumer Affairs*, 15(1), 158–169. <https://doi.org/10.1111/J.1745-6606.1981.TB00699.X>
- Valdez-Pena, H., Martinez-Alfaro, H. (2003, 08 October). Menu planning using the exchange diet system. Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC'03). Washington, DC, USA, 3, 3044–3049. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2003.1244355>
- McCann-Rugg, M., White, G. P., Endres, J. M. (1983). Using goal programming to improve the calculation of diabetic diets. *Computers and Operations Research*, 10(4), 365–373. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(83\)90011-4](https://doi.org/10.1016/0305-0548(83)90011-4)
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes, N., Bassett, D. R. Jr., Tudor-Locke, C., Greer, G. R. et al. (2011). 2011 compendium of physical activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(8), 1575–1581. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821e12e2>
- Fister, D., Fister, R. S. I. (2016, 17–19 November). Generating eating plans for athletes using the particle swarm optimization. Proceedings of the 2016 IEEE17th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI'2016). Budapest, Hungary. 193–198. <https://doi.org/10.1109/CINTI.2016.7846402>
- Razali, A. N. A. M., Bakar, E. M. N. E. A., Mahamud, K. R. K., Arbin, N., Rusiman, M. R. (2018). Self-adaptive hybrid genetic algorithm (SHGA). *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 103(1), 171–190. <http://doi.org/10.17654/MS103010171>
- Seljak, B. K. (2009). Computer-based dietary menu planning. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(5), 414–420. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2009.02.006>
- Türkmenoglu, C., Uyar, A. S. E., Kiraz, B. (2021). Recommending healthy meal plans by optimising nature-inspired many-objective diet problem. *Health Informatics Journal*, 27(1), Article 1460458220976719. <https://doi.org/10.1177/1460458220976719>
- Salloum, G., Tekli, J. (2022). Automated and personalized meal plan generation and relevance scoring using a multi-factor adaptation of the transportation problem. *Soft Computing*, 26, 2561–2585. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-06400-1>
- Bianchi, L., Dorigo, M., Gambardella, L. M., Gutjahr, W. J. (2009). A Survey on metaheuristics for stochastic combinatorial optimization. *Natural Computing*, 8, 239–287. <https://doi.org/10.1007/s11047-008-9098-4>
- El-Ghazi, T. (2009). Metaheuristics: from design to implementation. New Jersey: Wiley, 2009.
- Husain, W., Wei, L. J., Cheng, S. L., Zakaria, N. (2011, 05–06 December). Application of data mining techniques in a personalized diet recommendation system for cancer patients. Proceedings of the 2011 IEEE colloquium on humanities, science and engineering, Penang, Malaysia. 239–244. <https://doi.org/10.1109/CHUSER.2011.6163724>
- Khan, A. S., Hoffmann, A. (2003). An advanced artificial intelligence tool for menu design. *Nutrition and Health*, 17(1), 43–53. <https://doi.org/10.1177/026010600301700105>
- Khan, A. S., Hoffmann, A. (2003). Building a case-based diet recommendation system without a knowledge engineer. *Artificial Intelligence in Medicine*, 27(2), 155–179. [https://doi.org/10.1016/s0933-3657\(02\)00113-6](https://doi.org/10.1016/s0933-3657(02)00113-6)
- Petot, G. J., Marling, C., Sterling, L. (1998). An artificial intelligence system for computer-assisted menu planning. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 98(9), 1009–1014. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(98\)00231-4](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(98)00231-4)
- Lee, C.-S., Wang, M.-H., Hsu, C.-Y., Hagra, H. (2009, 15–18 September). A novel type-2 fuzzy ontology and its application to diet assessment. Proceedings of the 2009 IEEE/WIC/ACM International joint conference on web intelligence and intelligent agent technology, Milan, Italy. 3, 417–420. <https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2009.315>
- Lee, C.-S., Wang, M.-H., Acampora, G., Hsu, C.-Y., Hagra, H. (2010). Diet assessment based on type-2 fuzzy ontology and fuzzy markup language. *International Journal of Intelligent Systems*, 25(12), 1187–1216. <https://doi.org/10.1002/int.20449>
- Wang, M.-H., Lee, C.-S., Hsieh, K.-L., Hsu, C.-Y., Chang, C.-C. (2009, 20–24 August). Intelligent ontological multi-agent for healthy diet planning. Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Jeju, Korea (South). Article 10905832. <https://doi.org/10.1109/FUZZY.2009.5277049>
- Lee, C.-S., Wang, M.-H., Habras, H., Chen, Z.-W., Lan, S.-T., Hsu, C.-Y. et al. (2012). A novel genetic fuzzy markup language and its application to healthy diet assessment. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 20(suppl02), 247–278. <https://doi.org/10.1142/S0218488512400235>
- Lee, C.-S., Wang, M.-H., Lan, S. T. (2015, October). Adaptive personalized diet linguistics recommendation mechanism based on type-2 fuzzy sets and genetic fuzzy markup language. Proceedings of the 2015 IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 23(5), 1777–1802. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2014.2379256>
- Evans, D. (2017). MyFitnessPal. *British Journal of Sports Medicine*, 51(14), 1101–1102. <http://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095538>
- Livestrong Foundation. MyPlate Calorie Counter. Retrieved from: <https://www.livestrong.com/myplate/> Accessed May 25, 2022.
- MyNetDiary, Retrieved from: <https://www.mynetdiary.com/>. Accessed May 25, 2022.
- EatThisMuch Inc. Eat this much. Retrieved from: <https://www.eatthismuch.com/>. Accessed May 25, 2022.
- Fitness Meal Planner. Retrieved from: <http://www.fitnessmealplanner.com/>. Accessed May 25, 2022.
- MakeMyPlate Inc. Make my plate. Retrieved from: <http://www.makemyplate.co/>. Accessed May 25, 2022.
- Yang, L., Hsieh, C.-K., Yang, H., Dell, N., Belongie, S., Cole, C. et al. (2018). Yum-Me: A personalized nutrient-based meal recommender system. *ACM Transactions on Information Systems*, 36(1), Article 7. <https://doi.org/10.1145/3072614>
- Ивашкин, Ю. А., Никитина, М. А. (2018). Концепция биологической совместимости в оптимизации рациона питания человека. *Научно-технические технологии*, 19(3), 33–44.
- Nikitina, M. (2020, 26–29 May). Structural-parametric modeling in human healthy nutrition system. Proceedings of the 6th International Conference Information Technology and Nanotechnology. Session Data Science, Samara, Russia. 219–224.
- Ивашкин, Ю. А. (2004). Структурно-параметрическое моделирование и идентификация аномальных ситуаций в сложных технологических системах. *Проблемы управления*, 3, 39–45.
- Лисицын А. Б., Иванова В. Н. (2018). Современные технологии функциональных пищевых продуктов. Москва: ДеЛи плюс, 2018.
- Диета и метаболизм (2011). UA, San Diego: Genex, 50 p. Электронный ресурс [https://www.lifemedical.ru/netcat\\_files/File/5678%20FIT%20russian.pdf](https://www.lifemedical.ru/netcat_files/File/5678%20FIT%20russian.pdf). Дата доступа 2.01.2023.



42. Nikitina, M. A. (2022). Digital Technology in the Development of Healthy Diet Decision Support System. Chapter in a book: Society 5.0: Human-Centered Society Challenges and Solutions. Heidelberg: Springer, 2022. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-95112-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-95112-2_6)

43. Никитина, М. А. (2022). Персонализация в структурной оптимизации рациона индивидуального питания человека. Математические методы в технологиях и технике, 1, 85–88. [https://doi.org/10.52348/2712-8873\\_MMTT\\_2022\\_1\\_85](https://doi.org/10.52348/2712-8873_MMTT_2022_1_85)

## REFERENCES

- Lichtenstein, A. H., Appel, L. J., Vadiveloo, M., Hu, F. B., Kris-Etherton, P. M., Rebholz, C. M. et al (2021). Dietary guidance to improve cardiovascular health: a scientific statement from the American heart association. *Circulation*, 144(23), e472–e477. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001031>
- Ayoub, J. J., Samra, M. J. A., Hlais, S. A., Bassil, M. S., Obeid, O. A. (2015). Effect of phosphorus supplementation on weight gain and waist circumference of overweight/obese adults: a randomized clinical trial. *Nutrition and Diabetes*, 5(12), Article e189. <https://doi.org/10.1038/nutd.2015.38>
- Mattar, L., Zeeni, N., Bassil, M. (2015). Effect of movie violence on mood, stress, appetite perception and food preferences in a random population. *European Journal of Clinical Nutrition*, 69(8), 972–973. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2014.262>
- Stigler, G. (1945). The cost of subsistence. *Journal of Farm Economics*, 27(2), 303–314. <http://doi.org/10.2307/1231810>
- Lancaster, L. M. (1992). The history of the application of mathematical programming to menu planning. *European Journal of Operational Research*, 57(3), 339–347. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90345-A](https://doi.org/10.1016/0377-2217(92)90345-A)
- Lenstra, H. W. (1983). Integer programming with a fixed number of variables. *Mathematics of Operations Research*, 8(4), 538–548.
- Schniederjans, M. (1995). Goal programming: methodology and applications. 1st edn. New York: Springer, 1995. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2229-4>
- McCann-Rugg, M., White, G. P., Endres, J. M. (1983). Using goal programming to improve the calculation of diabetic diets. *Computers and Operations Research*, 10(4), 365–373. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(83\)90011-4](https://doi.org/10.1016/0305-0548(83)90011-4)
- Bassi, L. J. (1976). The diet problem revisited. *The American Economist*, 20(2), 35–39. <https://doi.org/10.1177/056943457602000206>
- Foytik, J. (1981). Devising and using a computerized diet: An exploratory study. *The Journal of Consumer Affairs*, 15(1), 158–169. <https://doi.org/10.1111/J.1745-6606.1981.TB00699.X>
- Valdez-Pena, H., Martinez-Alfaro, H. (2003, 08 October). *Menu planning using the exchange diet system*. Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC'03). Washington, DC, USA. 3, 3044–3049. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2003.1244355>
- McCann-Rugg, M., White, G. P., Endres, J. M. (1983). Using goal programming to improve the calculation of diabetic diets. *Computers and Operations Research*, 10(4), 365–373. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(83\)90011-4](https://doi.org/10.1016/0305-0548(83)90011-4)
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes, N., Bassett, D. R. Jr., Tudor-Locke, C., Greer, G.R. et al. (2011). 2011 compendium of physical activities: a second up-date of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(8), 1575–1581. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821e12>
- Fister, D., Fister, R. S. I. (2016, 17–19 November). *Generating eating plans for athletes using the particle swarm optimization*. Proceedings of the 2016 IEEE 17th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI'2016). Budapest, Hungary. 193–198. <https://doi.org/10.1109/CINTI.2016.7846402>
- Razali, A. N. A. M., Bakar, E. M. N. E. A., Mahamud, K. R. K., Arbin, N., Rusiman, M. R. (2018). Self-adaptive hybrid genetic algorithm (SHGA). *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 103(1), 171–190. <http://doi.org/10.17654/MS103010171>
- Seljak, B. K. (2009). Computer-based dietary menu planning. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(5), 414–420. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.02.006>
- Türkmenoglu, C., Uyar, A. S. E., Kiraz, B. (2021). Recommending healthy meal plans by optimising nature-inspired many-objective diet problem. *Health Informatics Journal*, 27(1), Article 1460458220976719. <https://doi.org/10.1177/1460458220976719>
- Salloum, G., Tekli, J. (2022). Automated and personalized meal plan generation and relevance scoring using a multi-factor adaptation of the transportation problem. *Soft Computing*, 26, 2561–2585. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-06400-1>
- Bianchi, L., Dorigo, M., Gambardella, L. M., Gutjahr, W. J. (2009). A Survey on metaheuristics for stochastic combinatorial optimization. *Natural Computing*, 8, 239–287. <https://doi.org/10.1007/s11047-008-9098-4>
- El-Ghazi, T. (2009). Metaheuristics: from design to implementation. New Jersey: Wiley, 2009.
- Husain, W., Wei, L. J., Cheng, S. L., Zakaria, N. (2011, 05–06 December). *Application of data mining techniques in a personalized diet recommendation system for cancer patients*. Proceedings of the 2011 IEEE colloquium on humanities, science and engineering, Penang, Malaysia. 239–244. <https://doi.org/10.1109/CHUSER.2011.6163724>
- Khan, A. S., Hoffmann, A. (2003). An advanced artificial intelligence tool for menu design. *Nutrition and Health*, 17(1), 43–53. <https://doi.org/10.1177/026010600301700105>
- Khan, A. S., Hoffmann, A. (2003). Building a case-based diet recommendation system without a knowledge engineer. *Artificial Intelligence in Medicine*, 27(2), 155–179. [https://doi.org/10.1016/s0933-3657\(02\)00113-6](https://doi.org/10.1016/s0933-3657(02)00113-6)
- Petot, G. J., Marling, C., Sterling, L. (1998). An artificial intelligence system for computer-assisted menu planning. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 98(9), 1009–1014. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(98\)00231-4](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(98)00231-4)
- Lee, C.-S., Wang, M.-H., Hsu, C.-Y., Hagra, H. (2009, 15–18 September). *A novel type-2 fuzzy ontology and its application to diet assessment*. Proceedings of the 2009 IEEE/WIC/ACM International joint conference on web intelligence and intelligent agent technology, Milan, Italy. 3, 417–420. <https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2009.315>
- Lee, C.-S., Wang, M.-H., Acampora, G., Hsu, C.-Y., Hagra, H. (2010). Diet assessment based on type-2 fuzzy ontology and fuzzy markup language. *International Journal of Intelligent Systems*, 25(12), 1187–1216. <https://doi.org/10.1002/int.20449>
- Wang, M.-H., Lee, C.-S., Hsieh, K.-L., Hsu, C.-Y., Chang, C.-C. (2009, 20–24 August). *Intelligent ontological multi-agent for healthy diet planning*. Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Jeju, Korea (South). Article 10905832. <https://doi.org/10.1109/FUZZY.2009.5277049>
- Lee, C.-S., Wang, M.-H., Habras, H., Chen, Z.-W., Lan, S.-T., Hsu, C.-Y. et al. (2012). A novel genetic fuzzy markup language and its application to healthy diet assessment. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 20(suppl02), 247–278. <https://doi.org/10.1142/S0218488512400235>
- Lee, C.-S., Wang, M.-H., Lan, S. T. (2015, October). *Adaptive personalized diet linguistics recommendation mechanism based on type-2 fuzzy sets and genetic fuzzy markup language*. Proceedings of the 2015 IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 23(5), 1777–1802. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2014.2379256>
- Evans, D. (2017). MyFitnessPal. *British Journal of Sports Medicine*, 51(14), 1101–1102. <http://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095558>
- Livingstrong Foundation. MyPlate Calorie Counter. Retrieved from: <https://www.livestrong.com/myplate/> Accessed May 25, 2022.
- MyNetDiary, Retrieved from: <https://www.mynetdiary.com/>. Accessed May 25, 2022.
- EatThisMuch Inc. Eat this much. Retrieved from: <https://www.eatthismuch.com/>. Accessed May 25, 2022.
- Fitness Meal Planner. Retrieved from: <http://www.fitnessmealplanner.com/>. Accessed May 25, 2022.
- MakeMyPlate Inc. Make my plate. Retrieved from: <http://www.makemyplate.co/>. Accessed May 25, 2022.
- Yang, L., Hsieh, C.-K., Yang, H., Dell, N., Belongie, S., Cole, C. et al. (2018). Yum-Me: A personalized nutrient-based meal recommender system. *ACM Transactions on Information Systems*, 36(1), Article 7. <https://doi.org/10.1145/3072614>
- Ivashkin, Yu. A., Nikitina, M. A. (2018). The concept of biological compatibility in optimization of a human diet. *Science Intensive Technologies*, 19(3), 33–45. (In Russian)
- Nikitina, M. (2020, 26–29 May). *Structural-parametric modeling in human healthy nutrition system*. Proceedings of the 6th International Conference Information Technology and Nanotechnology. Session Data Science, Samara, Russia. 219–224.
- Ivashkin Yu. A. (2004). Structural and parametric identification of abnormal situations in complex process systems. *Problemy Upravleniya*, 3, 39–43. (In Russian)
- Lisitsyn, A.B., Ivanova, V.N. (2018). Modern technologies of functional food products. Moscow: ДеЛи плюс DeLi plus, 2018. (In Russian)
- Diet and metabolism (2011). UA, San Diego: Genex, 50p. Retrieved from [https://www.lifemedical.ru/netcat\\_files/File/5678%20FIT%20russian.pdf](https://www.lifemedical.ru/netcat_files/File/5678%20FIT%20russian.pdf). Accessed January 02, 2023 (In Russian)
- Nikitina, M. A. (2022). Digital Technology in the Development of Healthy Diet Decision Support System. Chapter in a book: Society 5.0: Human-Centered Society Challenges and Solutions. Heidelberg: Springer, 2022. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-95112-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-95112-2_6)
- Nikitina, M. A. (2022). Personalization in the structural optimization of the individual human nutrition diet. *Mathematical Methods in Technologies and Technics*, 1, 85–88. [https://doi.org/10.52348/2712-8873\\_MMTT\\_2022\\_1\\_85](https://doi.org/10.52348/2712-8873_MMTT_2022_1_85) (In Russian)

| СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | AUTHOR INFORMATION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Принадлежность к организации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Affiliation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>Лисицын Андрей Борисович</b> — доктор технических наук, профессор, академик РАН, Научный руководитель, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова<br/>109316, Москва, ул. Талалихина, 26<br/>Тел.: +7-495-676-95-11<br/>E-mail: info@fncps.ru<br/>ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-4079-6950">https://orcid.org/0000-0002-4079-6950</a></p>                                                                                                                                     | <p><b>Andrey B. Lisitsyn</b>, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems,<br/>26, Talalikhina, 109316, Moscow, Russia<br/>Tel: +7-495-676-95-11.<br/>E-mail: info@fncps.ru<br/>ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-4079-6950">https://orcid.org/0000-0002-4079-6950</a></p>                                                                                                                          |
| <p><b>Чернуха Ирина Михайловна</b> — доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, Руководитель Отдела координации инициативных и международных проектов, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова<br/>109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26<br/>Тел.: +7-495-676-95-11 (109)<br/>E-mail: imcher@inbox.ru<br/>ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-4298-0927">https://orcid.org/0000-0003-4298-0927</a></p>                                              | <p><b>Irina M. Chernukha</b>, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Principal Researcher, Head of the Department for Coordination of Initiative and International Projects, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems.<br/>26, Talalikhina, 109316, Moscow, Russia<br/>Тел.: +7-495-676-95-11 (109)<br/>E-mail: imcher@inbox.ru<br/>ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-4298-0927">https://orcid.org/0000-0003-4298-0927</a></p>                                 |
| <p><b>Никитина Марина Александровна</b> — доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, руководитель направления Центра экономико-аналитических исследований и информационных технологий, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова<br/>109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26<br/>Тел.: +7-495-676-95-11 (297)<br/>E-mail: m.nikitina@fncps.ru<br/>ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-8313-4105">https://orcid.org/0000-0002-8313-4105</a><br/>* автор для контактов</p> | <p><b>Marina A. Nikitina</b>, Doctor of Technical Sciences, Docent, Leading Scientific Worker, Head of the Direction of Information Technologies of the Center of Economic and Analytical Research and Information Technologies, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems<br/>26, Talalikhina, 109316, Moscow, Russia.<br/>Tel: +7-495-676-95-11 (297)<br/>E-mail: m.nikitina@fncps.ru<br/>ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-8313-4105">https://orcid.org/0000-0002-8313-4105</a><br/>* corresponding author</p> |
| Критерии авторства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Contribution                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Конфликт интересов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Conflict of interest                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | The authors declare no conflict of interest.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |