

На правах рукописи



Портнов Николай Михайлович

**МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ**

Специальность 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)»

- Научный руководитель: **Карпов Валерий Иванович**
доктор технических наук, профессор
- Официальные оппоненты: **Артемова Елена Николаевна**
доктор технических наук, профессор
(ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»), профессор кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела)
- Мышенков Константин Сергеевич**
доктор технических наук, профессор
(ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), профессор кафедры «Системы обработки информации и управления»)
- Ведущая организация: Научно-исследовательский институт пищекоцентрализованной промышленности и специальной пищевой технологии (Филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», г. Москва).

Защита диссертации состоится «25» ноября 2020г. в 10⁰⁰ ч. на заседании диссертационного совета Д 212.122.07 при ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» по адресу: 109004, г. Москва, ул. Земляной вал, 73, ауд. 309.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» (<http://www.mgutm.ru>).

Автореферат размещен в сети Интернет на сайтах ВАК Минобрнауки России по адресу: (<https://vak.minobrnauki.gov.ru>) и ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» (<http://www.mgutm.ru>).

Автореферат разослан «___» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.т.н., доц.



Никитин И.А.

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования

Рациональное управление питанием как часть обеспечения здоровья индивида при практической реализации технологами питания выражается в разработке меню (с приложением конкретных технологических карт блюд), соответствующего потребностям питающихся, при персонализированном питании – потребностям конкретного индивида. Такая работа трудозатратна и для персонализированного питания реальна только в автоматизированном режиме. Возникающее противоречие между возрастающими требованиями к современному рациону питания и методами и средствами составления этого рациона предлагается разрешить с использованием компьютерной системы, включающей необходимые средства расчета, базу данных по рецептурам, нутриентам и пр. Необходимой частью решения задачи является контроль эффективности питания, средствами мониторинга нутритивного статуса совместно с показателями здоровья.

Степень разработанности темы. Предпосылками решения данной проблемы являются: практика разработки рационов для коллективного питания с численной оценкой объективных показателей качества; официальные нормативы потребления и регламенты контроля пищевой ценности; научные консенсусы по обоснованию энергопотребностей; методики объективной оценки пищи и разработки технологической документации по рационам питания и рецептурам, которые отражены в работах Тутельяна В.А., Могильного М.П., Васюковой А.Т., Елисеевой Л.Г., Славянского А.А., Подгорновой Н.М. и др.

Успехи нутригеномики сформировали в научной среде и обществе уверенность в том, что «-омик»-технологии обеспечивают определение потребностей в питании по генетическим и другим объективно определяемым данным (Шендеров Б.А., OrdovasJM), создавая возможность производства персонализированного питания. Пример генетического обоснования при разработке специализированных продуктов дан в работе Никитина И.А.

Для решения задач автоматизированной разработки рациона значительный задел создан работами в области оптимизации отдельных рецептов и их комплексов Липатова Н.Н., Лисина П.А., Бакуменко О.Е., Зелениной Л.И., Карпова В.И., Красули О.Н., Краснова А.Е., Николаевой С.В., Крутько В.Н., Никитиной М.А., Муратовой Е.И., Музиной О.Н., Надточего Л.А., Позняковского В.М. и других ученых, где наряду со способами решения отмечается проблема многокритериальности, сложность отражения в математических моделях слабо формализованных особенностей меню, проблема реализации математических методов в тиражных компьютерных комплексах, цифровизации работы технологов питания.

На современном этапе накоплены массивы информации для цифровых моделей продуктов, т.к. имеются справочники и базы данных нутриентного состава, насыщенность вычислительными средствами, отечественные платформы разработки и развертывания информационных систем. Все это обеспечивает необходимую инфраструктуру для практической реализации научно-обоснованных компьютерных моделей по управлению персонализированным питанием, условия по накоплению необходимых научных знаний для развития нового научного направления – персонализированного питания и обуславливают актуальность данного направления.

Цель диссертационной работы и задачи исследования

Целью диссертационной работы является повышение эффективности персонализированных рационов питания с учетом их нутриентной полноценности для потребителя, и повышение эффективности процесса формирования рационов на основе использования информационных технологий.

Для осуществления поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

- 1) Провести анализ публикаций о достижениях «-омик»-технологий для применения при составлении индивидуального меню.
- 2) Повести анализ существующих формальных методов описания рациона и его частей (рецептуры, продукта), способов объективной оценки пищевой ценности.
- 3) Разработать информационно-логическую модель данных нутриентного состава продуктов, блюд, рационов, индивидуальных норм потребления (ИНП).
- 4) Разработать математическую постановку задачи составления оптимального рациона.
- 5) Разработать автоматизированную систему, реализующую цифровую модель потребителя и провести ее апробацию.

Научная новизна работы. На основе проведенного комплекса теоретических и практических исследований:

- впервые предложено решение задачи разработки меню на основе цифровых моделей питания, выработки индивидуальных назначений питания в нутриентном выражении, с многокритериальной оптимизацией меню как комплексов блюд;
- обоснована и сформирована номенклатура нутриентов для целей разработки меню;
- показано, что при оценке соответствия фактических показателей меню и норматива потребления необходимо учитывать статистическую природу сведений нутриентного состава;

- разработана общая цифровая технология, модели и методы информационного сопровождения решения задачи при многокритериальной оптимизации рационов питания, включая персонализированные.

Практическая значимость работы

- 1) Созданы компьютерные системы для конструирования рационов, разработки продуктов, мониторинга питающихся, формат данных для технологической документации по рациону.
- 2) Разработана база данных нутриентного состава продуктов.
- 3) Разработана методика допусков при сопоставлении фактических и нормативных значений.
- 4) Получено 10 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Методология и методы исследования

Методы системного анализа и проектирования (методология IDEF), методы математического программирования, методы проектирования баз данных и пользовательских интерфейсов, методы оценки качества кулинарного сырья, методы оценки состояния питающихся, товароведно-технологические методы разработки рационов питания, нормирования расхода продуктов, классификации продуктов и блюд, оценки качества питания потребителями, а также методы изучения фактического питания, оценки потребности в энергии.

Научные положения, выносимые на защиту:

- 1) Математическая постановка задачи многокритериальной оптимизации персонализированного рациона питания.
- 2) Общая цифровая технология, модели и методы решения задачи многокритериальной оптимизации персонализированного рациона питания.
- 3) Модели и методы информационного сопровождения процесса решения поставленной задачи.
- 4) Цифровые модели исходных продуктов, блюд, рациона и потребителя рациона.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов обеспечена использованием справочной научной литературы и баз данных, предоставляющих данные с максимальным уровнем качества; применением официальных нормативов и методик, имеющих научные консенсусы, такие как: рекомендации ФАО/ВОЗ по расчету энергопотребностей, нутриентного состава по рецептуре и др. Все справочные данные (нутриентный состав, номенклатура продуктов, стандарты развития) обеспечены ссылками на источники данных, выполнена стати-

стическая оценка (характеристик разброса) рассчитываемых в моделях нутриентных значений.

Результаты работы прошли **апробацию** в: НИИ детского питания (филиал Федерального исследовательского центра питания и биотехнологий), Академии танца Бориса Эйфмана, Московском государственном университете технологий и управления им. К.Г. Разумовского, Российской экономической академии им. Г.В. Плеханова, Центре профилактической медицины Минздрава России, Российском центре муковисцидоза, сертифицированы фирмой «1С».

Тема диссертации соответствует **паспорту научной специальности** в частях: «разработка теории и практики общественного питания», «знаний о потребительских характеристиках пищевых продуктов, продуктов функционального и специализированного назначения», «разработка проблем современного состояния, формирования перспектив развития и прогнозирования качества и ассортимента потребительских товаров и сырья, теоретических основ инновационного совершенствования пищевых продуктов, разработки стратегий управления ассортиментом товаров, продвижению на потребительский рынок пищевых продуктов функционального и специализированного назначения» и **областям исследований** 1-4, 6, 7, 11.

Публикации результатов работы и личное участие автора: диссертация является обобщением исследований, проведенных автором лично в 2009-2019 годах.

Результаты работы опубликованы в 24 научных работах, включая 8 статей в научных журналах, рецензируемых ВАК, 2 монографии, 3 доклада на научных конференциях. По результатам разработки компьютерных моделей получено 10 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложений. Текст диссертации изложен на 158 страницах, содержит 17 таблиц, 45 иллюстраций. Список литературы включает 176 источников российских и зарубежных авторов.

Содержание диссертационной работы

Во **введении** рассмотрено место работы в междисциплинарном объединении (физиология, медицина, генетика, технология питания, информационные технологии), разрабатывающем тему «персонализированное питание», обоснована актуальность темы, поставлена цель работы и сформулированы решаемые задачи.

Глава 1 содержит аналитический обзор современных научных знаний в области персонализированного питания, включая новейшие исследования нутригеномики, при-

менительно к технологической и товароведной задаче разработки рациона питания. Рассмотрена роль информационных технологий как средства практического применения накопленных научных знаний для рационального управления питанием, построения модели потребностей питающегося. Показано принципиальное значение нутриентов, приведены основные научные источники сведений о нутриентном составе продуктов, опыт разработки международных баз данных нутриентного состава продуктов; описано принципиальное преимущество отечественной практики публикации сборников рецептов как нормативно-справочной информации по технологии питания. Рассмотрена важность индивидуальных нормативов потребления при оценке разрабатываемых персонализированных рационов. Проанализированы базы данных для построения цифровых моделей питания. Рассмотрено понятие соответствия фактических показателей и норматива потребления с учетом статистической природы их значений.

В подразделе 1.3 описаны существующие подходы к оптимизации рационов, работы отечественных ученых по математическому моделированию и оптимизации разрабатываемых рецептов функциональных продуктов для различных категорий питающихся, проблема многокритериальности, средства кластеризации категорий потребителей.

Подраздел 1.4 описывает задачу создания цифровой модели питающегося, являющуюся необходимой частью моделирования рациона и оценки его эффективности, существующие методы изучения фактического питания и свойственные им проблемы, требующие для персонализированного питания применения ИКТ, указана необходимость расширения спектра измерений потребления методами по выявлению пищевого поведения.

В заключении по разделу сформулирован вывод о возможности создания системы управления персонализированным питанием и перечислены принципиальные проблемы в этом направлении: необходимость товароведного уровня в междисциплинарной задаче «персонализированное питание»; направленность причинно-следственных связей в исследованиях «-омик»-технологий применительно к технологии разработки меню; необходимость биомаркеров и измерителей здоровья, а также персональных исследований по питанию. Сформулирован вывод о принципиальном значении нутриентного состава для описания нутрициологических рекомендаций, применимых в сфере продуктового товароведения и технологии питания, значении баз данных нутриентного состава.

В главе 2 дано формальное математическое описание постановки задачи, включающее нотацию кортежей данных для описания продукта, блюда, меню и других элементов модели питания.

Продукты P представляют собой конечное множество $\{P\}$, мощность которого на практике составляет: $50 < |\{P\}| < 300$. Каждый P описывается кортежем $\langle N, C, E, NC \rangle$: N

– наименование, С – код, Е – единица измерения, NC – нутриентный состав на 100 г. $NC = \{ \langle NU, K \rangle \}$, где NU – нутриент, К – содержание нутриента на 100 г продукта, при этом для NC установлено требование уникальности NU в наборе. Для номенклатуры нутриентов {NU}, используемых для описания множества продуктов {P}, устанавливается требование гармонизации: для всех P используются нутриенты из множества {NU}; отсутствие содержательного дублирования NU; полнота кортежа $\langle \langle NU, K \rangle \rangle$ для каждого отдельного продукта P; постоянство единицы измерения, используемой для каждого NU.

Блюда В, используемые в рационе, образуют конечное множество {B}, мощность которого на практике составляет $100 < |\{B\}| < 150$. В множестве {B} каждый элемент описывается кортежем атрибутов $\langle N, C, R, O, M, NC, IC, D, T, S \rangle$, где N – наименование, С – код, R – номер рецептуры, О – выход, М – масса, NC – нутриентный состав на порцию, IC – ингредиентный состав, D – описание технологии приготовления, Т – вид кулинарной обработки, S – источник рецептуры блюда. Структура нутриентного состава блюда $NC = \{ \langle NU, K \rangle \}$ аналогичной NCпродукта, отличие состоит в том, что для блюда К указывается на одну порцию.

Ингредиентный состав IC блюда описывается кортежем строк т.н. «раскладки» $\langle IC_i \rangle$, где каждая строка IC_i представляет собой кортеж $\langle P, N, W, G \rangle$, где: P – продукт, N – норма закладки нетто; W – процент отхода при первичной обработке; G – норма расхода продукта брутто. Значения N и G указываются в базовой единице измерения для продукта P. На значения Gi накладываются ограничения: $G \geq N, G > 0, N > 0, 0 < W < 100$. Соотношение G, Ni и Wi определяется формулой:

$$W = \frac{G-N}{G} \times 100. \quad (1)$$

Значения W не являются произвольными, принадлежат кластеру значений, специфическому для продукта. Существует подмножество продуктов, не имеющих потерь: $W = 0, N = G$.

Ингредиентный состав блюда IC используется для расчета его нутриентного состава NC суммированием содержания нутриентов в продуктах, за вычетом потерь при кулинарной обработке. Кулинарная обработка Т описывается кортежем $\langle N, C, W, \langle NU, NW \rangle \rangle$, где: N – наименование вида обработки, С – уникальный код, W – процент потери по массе при данном виде обработки, $\langle NU, NW \rangle$ – процент потери NW по нутриентам NU. Расчет нутриентного состава блюда выполняется по формуле:

$$K_n = \left(\sum_{i=1}^{\text{Число ингредиентов}} KP_{i,n} \times N_i \right) \times (1 - NW_n/100), \quad (2)$$

где K_n – содержание n -го нутриента,
 n – номер нутриента,
 i – номер ингредиента,
 $KP_{i,n}$ – содержание нутриента n в ингредиенте i (на 100 г),
 N_i – количество нетто i -го ингредиента в граммах,
 NW_n – процент потерь нутриента n при данной кулинарной обработке.

Для расчета массы блюда M при условии полного указания ингредиентного состава, включая воду, используется формула:

$$M = \left(\sum_{i=1}^{\text{Число ингредиентов}} N_i \right) \times \left(1 - \frac{W}{100} \right), \quad (3)$$

где i – номер ингредиента (продукта в составе рецептуры блюда),
 N_i – норма закладки i -го ингредиента по нетто в граммах
 W – процент массовых потерь при кулинарной технологической обработке.

Меню описывается кортежем строк блюд $\langle ML_i \rangle$, $ML_i = \langle T, P, B, M \rangle$, где T – прием пищи, P – раздел меню, B – блюдо, M – выход. Прием пищи описывается кортежем $T = \langle N, NM \rangle$, где N – наименование, NM – время начала приема пищи. Выход блюда B в меню может не совпадать со значением массы порции в рецептуре блюда B .

Нутриентный состав меню $\langle NC \rangle = \langle \langle NU, KM \rangle \rangle$ (приема пищи, дня) рассчитывается по составу блюд:

$$KM_n = \left(\sum_{i=1}^{\text{Число блюд}} \frac{KB_{i,n}}{MT_i} \times M_i \right), \quad (4)$$

где KM_n – общее количество нутриента по меню в целом,
 n – номер нутриента,
 i – номер блюда в меню,
 $KB_{i,n}$ – количество нутриента n в блюде i (на типовой выход блюда),
 MT_i – масса типового блюда,
 M_i – масса блюда в меню.

Среднедневной нутриентный состав за цикл дней меню рассчитывается по формуле:

$$KC_n = \left(\sum_{i=1}^{\text{Число дней}} KM_i \right) / D, \quad (5)$$

где KC_n – среднеедневное содержание нутриента по циклу меню,
 i – номер дня в цикле меню,
 KM_i – количество нутриента в меню дня i ,
 D – дней в цикле меню.

Структура меню по приемам пищи описывается кортежем $MS = \langle MP \rangle$, прием пищи описывается кортежем $MP = \langle R \rangle$ разделов меню R . Состав приемов пищи и структура меню по разделам (шаблон меню) являются исходными данными для разработки рациона.

Для каждого блюда определяется возможность его применения в разделах приемов пищи $\{R\}$. Т. о. для каждого раздела меню имеется множество блюд, которые являются кандидатами (K) для использования в меню, $\{K\} \neq \emptyset$ для любого раздела меню.

Допустимыми меню являются такие элементы множества комплектов блюд, в которых:

1. Структура меню по разделам приемов пищи соответствует заданной $\{MS\} \approx \{MS_{etal}\}$
2. Блюда используются из допустимых блюд-кандидатов для раздела: $\forall B \in \{K\}, \forall \{K_i\} \neq \emptyset$
3. Выходы блюд из допустимых для каждого блюда: $\{M | M \in \{M_1, M_2, \dots, M_N\}\}$
4. Общий вес блюд приема пищи в допустимых пределах: $min \leq \sum_i^{\text{ЧислоБлюд}} M_i \leq max$
5. Среднесуточные значения нутриентного состава меню соответствуют нормам потребления: $\{KC\} \approx \{Norma\}$.
6. Стоимость соответствует норме по стоимости: $min \leq \sum_i^{\text{ЧислоБлюд}} Price_i \leq max$.

Оптимальное меню – элемент множества допустимых меню, который является наилучшим с учетом критериев:

1. **Минимизации отклонения от норм** потребления по нутриентам: калорийности, основным пищевым веществам (белки, жиры, углеводы).
2. **Баланс основных пищевых веществ** (по доле в калорийности либо по массе).
3. **Соответствие структуре суточной калорийности** по приемам пищи заданному нормативу.
4. **Сочетаемость блюд в меню**. Определяется экспертной оценкой совместимости блюд.
5. **Неповторяемость** блюд в смежные дни и приемы пищи.

6. **Минимизация вариативности** калорийности и объема пищи по дням меню
7. **Качество белка**, определяется по аминокислотному скору.
8. **Качество жиров**. Определяется по «формуле идеального жира».
9. **Обогащенность витаминами**.
10. **Обогащенность микроэлементами**.
11. **Минимизации стоимости**, в денежном выражении или в трудоемкости.
12. **Оценка блюд самим питающимся** по результатам рейтингования блюд.

В оптимизации меню требуется учет ряда критериев, конфликтующих между собой, для чего используется целевая функция многокритериальной оптимизации (ЦФМО):

$$f(\langle Q_i, i = 1..12 \rangle) \rightarrow \min, \quad (6)$$

где Q_i – оценка текущего варианта меню по критерию i ,
а сами варианты меню удовлетворяют ограничениям: $M \in \cap \{M_i\}, i = 1..5$

ЦФМО на выходе дает числовое значение: $f(\dots) \in R$, используемое для ранжирования вариантов меню. В рамках данной работы используется сумма взвешенных критериев.

$$f(M) = \sum_i (W_i \times Q_i(M)) \rightarrow \min, \quad (7)$$

где W_i указывают важность критериев Q_i .

Формальное описание модели питающегося представляет собой набор данных (кортеж), используемых для расчета потребности в энергии, оценки фактического питания, расчета индивидуальных назначений питания и контроля эффективности разработанного рациона.

$DMP = \langle ID, M, H, BMI, G, BD, BMR, PAR, EI, FD, PRI \rangle$,

где **ID** = $\langle N, C \rangle$ – имя и код.

- **M** – масса тела, кг,
- **H** – рост, см – используется в некоторых формулах оценки ВОО,
- **BMI** – индекс массы тела (**ИМТ**), $\text{кг}/\text{м}^2$,
- **G** – пол, используется в некоторых формулах оценки ВОО,
- **BMR** (basal metabolism rate) – величина основного обмена, ккал,
- **BD** – дата рождения, используется для расчета возраста, используемого в оценке ВОО и показателей физического развития,
- **PAR** (physical activity ratio) – коэффициент физической активности (**КФА**),
- **EI** – (energy intake) – среднесуточная потребность в энергии (**ПЭ**), ккал.

- $FD = \langle\langle D, T, B, W \rangle\rangle$ – **дневник питания** – записи с атрибутами: дата, прием пищи, блюдо/продукт, вес;
- PRI (person reference intake) – **индивидуальные назначения питания** – совокупность записей нутриент-количество = $\langle\langle NU, K \rangle\rangle$, целевые значения.

Предусмотрена возможность расширения ЦМП показателями состава тела, геномики, микробиомики, физических качеств и др.

Выработку числового массива ИНП (принципиально важного как исходные данные для меню) выполняет специалист-диетолог, являясь, по существу, реализацией **математического оператора** «Выработка ИНП»:

$$Op(\langle\langle M, H, G, BD, PAR, FD \rangle\rangle) \rightarrow PRI, \quad (8)$$

где $PRI \equiv \langle\langle NU, K \rangle\rangle$ представляет совокупность пар нутриент-количество.

Темой исследования является создание автоматически действующей реализации оператора Op , более эффективной по показателям: 1) качества питания, 2) влияния рациона на здоровье, 3) затрат на исполнение оператора Op .

Разработана структурно-функциональная схема разработки персонализированного рациона (Рисунок 1), построения цифрового портрета потребности в питании, проектирования рациона и контроля эффективности питания, а также схема оптимизации меню, в нотации IDEF0.

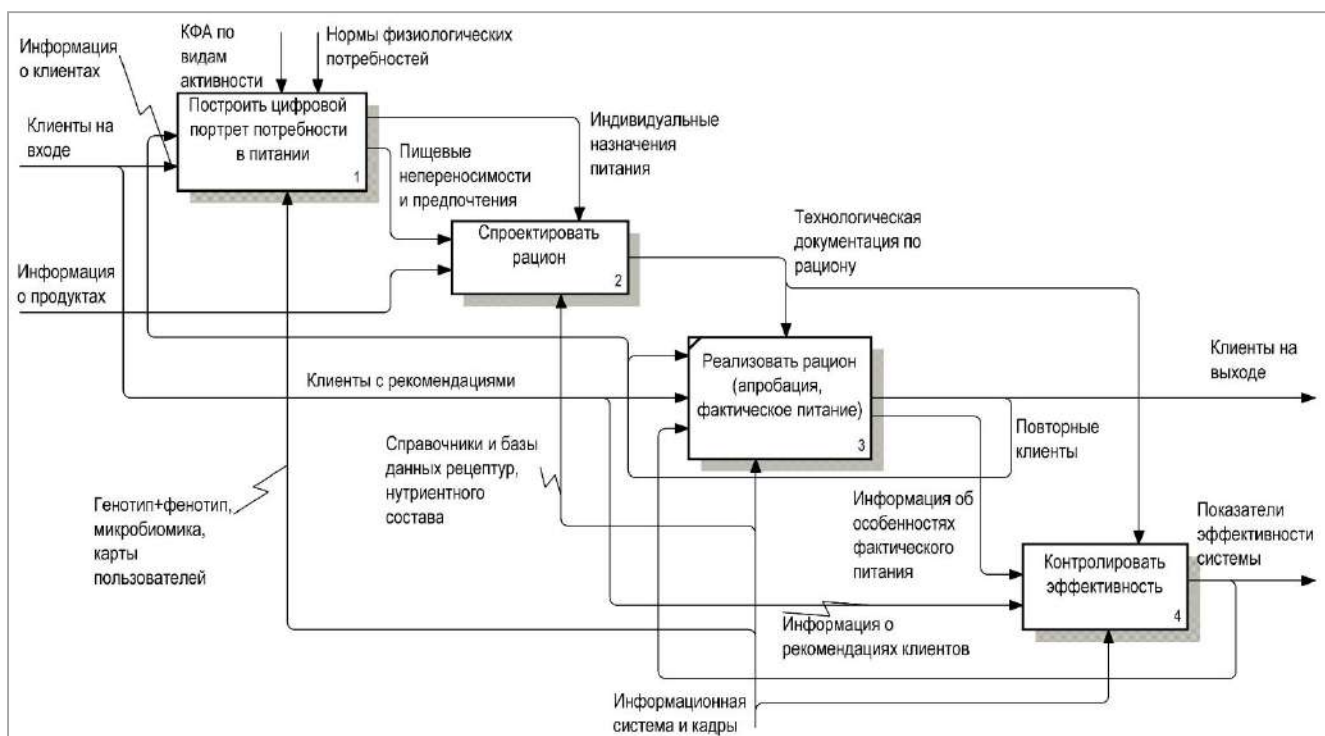


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема проектирования рациона

Номенклатура нутриентов для проектирования рациона была сформирована с учетом существующих официальных регламентов и международной практики (подраздел 2.3). Для базы данных нутриентного состава обосновано разделение номенклатуры продуктов и торговых марок, правила кодификации и группировки, объединение сведений из различных источников, использование ссылок на источники данных, описаны правила, обеспечивающие точность данных (выбор единиц измерения и правила округления).

По описанной формальной модели построена информационно-логическая модель системы в нотации IDEFX1, фрагмент которой для блока «Продукты» иллюстрирует Рисунок 2, где отражен состав атрибутов таблиц, описывающих продукты, нутриенты, источники сведений а также таблицу ингредиентного состава продуктов, используемую для расчета нутриентного состава в сложных случаях, а также связи между этими таблицами. Подробно логическая структура данных приведена в приложении.

Модель технологического описания блюда в компьютерной системе (подраздел 2.4) включает ингредиентный состав, сведения о пищевой ценности (нутриентный состав), описание технологии приготовления, наименование, выход, нумерацию, источник и другие характеристики блюда (Рисунок 3).

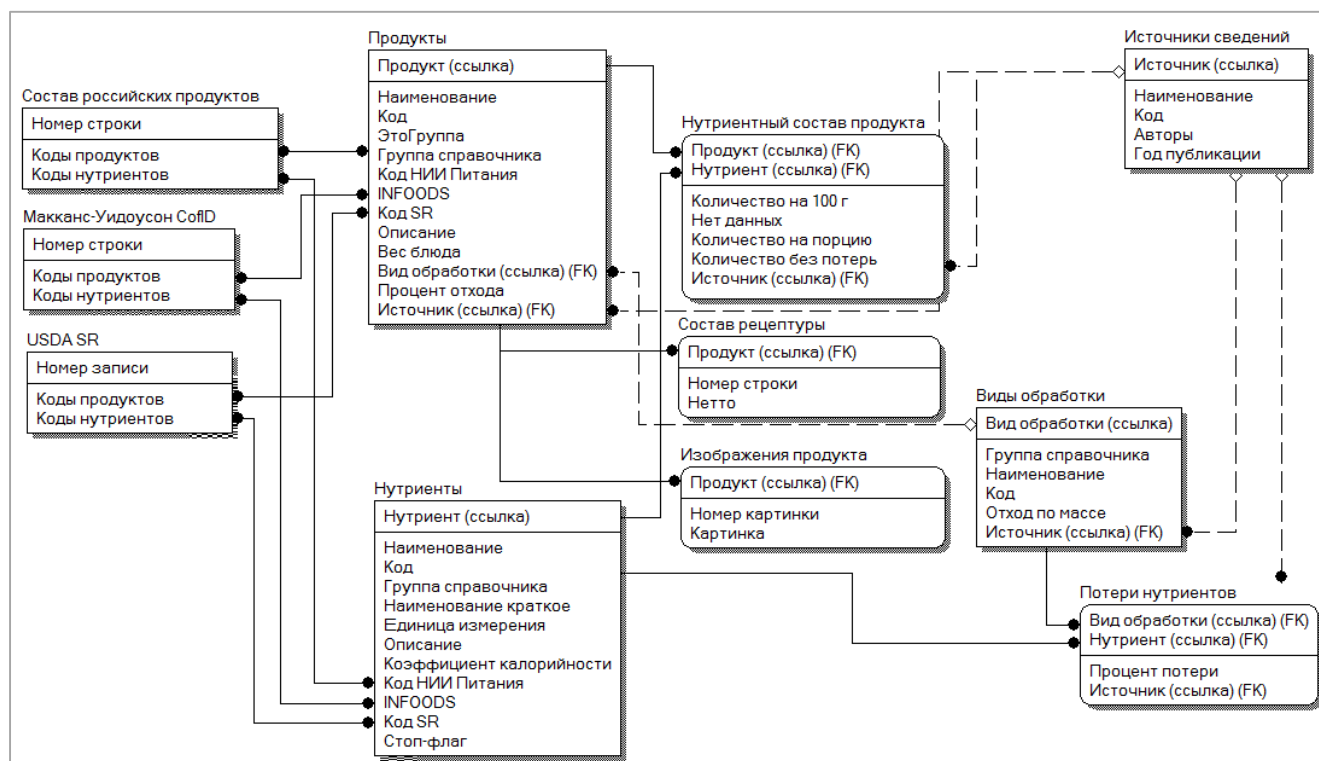


Рисунок 2 – Информационно-логическая модель подсистемы «Продукты»

Усовершенствованная модель блюда применима как в случае многопередельного производства, так и в упрощенном случае, когда не требуется разделение на стадии технологической обработки, а также в частном случае «однострочной» рецептуры (хлеб,

фрукты); учитывает вариативность закладки продуктов (замены); дает возможность автоматического расчета массы и нутриентного состава.

Наименование: Макароны, запеченные с яйцом Рецептура: 19,00 Код: 212

Общее Состав Пищевая ценность Рационы Цены Описание Свойства Проверки

Выход: 140 Пересчет выхода % к.о.: 6,0403 Вес, г: 140 **Макароны отварные**

Добавить Добавить замену Масштаб: 1

Продукт	Ед. изм.	Нетто	Отход х.о. (%)	Брутто	Примечание
<input checked="" type="checkbox"/> Макароны отварные	г	640	<input checked="" type="checkbox"/> X	X	
<input type="checkbox"/> Макароны изделия гр. А	г	35	<input type="checkbox"/>	35	
<input type="checkbox"/> *Вода	г	600	<input type="checkbox"/>	600	
<input type="checkbox"/> Соль йодированная	г	5	<input type="checkbox"/>	5	
<input checked="" type="checkbox"/> Яично-молочная смесь	г	46	<input checked="" type="checkbox"/> X	X	
<input type="checkbox"/> Молоко	г	25	<input type="checkbox"/>	25	
<input type="checkbox"/> Соль йодированная	г	1	<input type="checkbox"/>	1	
<input type="checkbox"/> Яйцо	шту040	0,5	<input type="checkbox"/>	0,5	
<input type="checkbox"/> Масло растительное	г	3	<input type="checkbox"/>	3	для смазки

Не использовать:

Отход к/о (%): 84,3000

Вынимается:

Округление:

Вид кулинарной обработки:

Масса готового: 100

Кондичия:

Не изменять при пересчетах:

Не использовать в "разгонке" при округлении:

Рисунок 3 – Форма описания рецептуры в компьютерной программе

Компьютерную модель меню (рациона в целом), как комплекса блюд по приемам пищи и дням цикличного меню иллюстрирует Рисунок 4. Меню формируют на период по предварительно составленному описанию структуры меню, с разбивкой приемов пищи по разделам, подбором блюд-кандидатов, система assisteирует при подборе блюд. По меню выполняется расчет показателей пищевой ценности и оценка меню на соответствие индивидуальным назначениям питания.

Общие сведения		Шаблон меню	Меню	Итоги	Предупреждения	Ручные проверки	Данные расчетов				
Н.	Прием пищи	Раздел меню	Понедельник		Вторник		Среда		Четверг		Пятница
			блюдо	выход	блюдо	выход	блюдо	выход	блюдо	выход	блюдо
1	Завтрак	гор.блюдо	Каша вязкая на молоке (из хлопьев овсяных)	250	Омлет натуральный бк	170	Запеканка из творога	175	Каша вязкая молочная (из пшена и риса) "Дружба"	250	Каша жидкая на молоке (гречневая)
1	Завтрак	гор.блюдо			Сосиски	140					
1	Завтрак	гор.напи...	Кофе на молоке	140	Чай с лимоном	200	Какао с молоком	200	Чай с молоком	200	Кофе на молоке
1	Обед	закуска	Салат "Петний"	150	Салат витаминный (2-й вариант)	150	Салат из белокочанной капусты	150	Салат картофельный с огурцами или капустой	150	Икра баклажанная
1	Обед	1 блюдо	Щи из свежей капусты с картофелем	250	Борщ с капустой и картофелем	250	Рассольник московский	250	Суп крестьянский с крупой	250	Суп из овощей
1	Обед	2 блюдо	Котлеты натуральные рубленые	225	Биточки рубленые из курицы под ...	325	Бефстроганов	300	Говядина тушеная с черносливом	325	Плов из курицы (2-й вариант)
1	Обед	гарнир	Макаронные изделия отварные	200	Капуста жареная(гарнир)	200	Рис отварной	200	Свекла тушеная	200	
1	Обед	сладкое	Компот из смеси сухофруктов	200	Кисель из кураги	200	Компот из яблук и слив	200	Кисель из клюквы (густой)	200	Компот из апельсинов
1	Обед	хлеб	Хлеб белый	40	Хлеб белый	40	Хлеб белый	40	Хлеб белый	40	Хлеб белый
1	Обед	хлеб	Хлеб черный	60	Хлеб черный	60	Хлеб черный	60	Хлеб черный	60	Хлеб черный
1	Полдник	блюдо	Смесь с молоком	300	Смесь с молоком	300	Смесь с молоком	300	Смесь с молоком	300	Смесь с молоком
1	Полдник	напиток									
1	Ужин	горячее блюдо	Говядина тушеная с черносливом	325	Пудинг из говядины	259	Котлеты рубленые из бройлеров-цыплят с гарниром	300	Зразы из кур с омлетом и овощами	275	Суфле из кур
1	Ужин	гарнир	Рагу овощное (1-й вариант)	100	Сложный гарнир (1-й вариант)	150	Сложный гарнир (3-й вариант)	150	Сложный гарнир (12-й вариант)	150	Сложный гарнир (15-й вариант)

Рисунок 4 – Таблица меню в календарной форме

Такая модель позволяет выполнять проектирование рациона в автоматизированном или в ручном режиме – последний используется технологом при проверке и доводке сложных случаев.

Поскольку при оценке составленных вариантов меню принципиально важной является процедура соответствия фактически полученных нутриентных значений со значениями нормативными, при этом оба значения из пары сравнения «факт-норма» являются величинами статистическими, в подразделе 2.4.3 рассмотрена статистическая природа данных о нутриентном составе и приведены примеры оценки разброса значений, основанной на учете уровня относительной погрешности данных о нутриентном составе. Абсолютная погрешность по рецептуре определяется как сумма абсолютных погрешностей строк.

$$\{\Delta_n\} = \left\{ \sum_{i=1}^{\text{Число ингредиентов}} (\text{КН}_{i,n} \times \delta_{i,n}) \right\}, \quad (9)$$

где $\text{КН}_{i,n}$ – содержание n-го нутриента в i-м ингредиенте рецептуры,
 n – номер нутриента,
 i – номер ингредиента,
 $\delta_{i,n}$ – относительная погрешность содержания нутриента в ингредиенте i,
 Δ_n – абсолютная погрешность содержания нутриента в рецептуре.

Относительная погрешность содержания нутриента в рецептуре определяется делением абсолютной погрешности на количество нутриента в рецептуре.

$$\{\delta_n\} = \left\{ \frac{\Delta_n}{\sum_i \text{Число ингредиентов} \times \text{КН}_{i,n}} \right\}, \quad (10)$$

Методические подходы для построения «цифровой модели» питающегося (ЦМП), включают использование как новационных генетических методов (Таблица 1), так и методов традиционных, т.к. оценка величины основного обмена и энергетических потребностей организма.

Таблица 1 – Коррекция норматива по генетическим данным (по Никитину И.А.)

Нутриент	Норма средняя суточная	Норма на 15% калорийности	Корректирующий коэффициент с учетом влияния гена					Итого с учетом корректирующего коэффициента
			MTHFR	FTO	TCF7L2	APOε4	FADS1	
Насыщенные жиры, г	44,0	6,600	-	-	-		0,75	5,00
Омега-3, г	5,5	0,825	-	-	-	1,50	1,50	2,50
Углеводы, г	484,0	72,600	-	0,8	0,8	-	-	58,08
Витамин В1, мг	1,5	0,230	1,5	-	-	-	-	0,30
Витамин В2, мг	1,8	0,270	1,5	-	-	-	-	0,40
Витамин РР (НЭ), мг	20,0	3,000	1,5	-	-	-	-	4,50
Железо, мг	10,0	1,500	-	-	-	0,75	-	1,10
Медь, мг	1,0	0,150	-	-	-	0,75	-	0,10

По результатам оценки нутритивного статуса индивида вырабатываются индивидуальные назначения питания (ИНП), базирующиеся на среднепопуляционных нормах потребления, с пересчетом нутриентного состава в соответствии с индивидуальной энергопотребностью.

Анализ природы пищевых непереносимостей (подраздел 2.5.4) показывает, что в целях составления меню практическим способом учета непереносимостей (а также и предпочтений) является составление наборов блюд-кандидатов, путем предварительного опроса по питанию, с использования сборников рецептов (каталогов).

Задача оптимизации рациона при составлении меню включает как частные задачи оптимизации (по аминокислотному составу, жирнокислотному составу), так и многокритериальную оптимизацию, выполняемую комбинаторно-целочисленными методами.

Оценка качества белка выполняется по PDCAAS – аминокислотному скору, скорректированному по усвояемости белков (Таблица 2). Усвояемость белка, используемая в PDCAAS, взята из рекомендаций ФАО/ВОЗ. Методика оценки жирнокислотного состава (ЖКС) основана на модели «гипотетический идеальный жир», представляющей собой набор формул-соотношений липидных компонент.

Таблица 2 – Расчет аминокислотного скоры (PDCAAS) рецептуры

Категория питающихся (шаблон АК)	Три	Тре	Изо	Лей	Лиз	САК	ААК	Вал	Гис	Лимитирующая АК	Скор	PDCAAS
до года	179	138	167	151	140	165	207	161	152	Треонин	137,5	125,5
1–2	206	158	172	158	153	178	234	165	169	Лизин	153,2	139,8
3–10	231	171	172	164	166	192	263	173	190	Лейцин	163,7	149,4
11–14	235	171	178	166	166	201	263	173	190	Лизин	166,0	151,5
15–18	242	178	178	166	170	201	269	173	190	Лейцин	166,4	151,9
Взрослые >18 лет	254	185	178	169	177	210	283	178	202	Лейцин	169,2	154,4

Три – триптофан, Тир – тирозин, Тре – треонин, Лиз – лизин, Изо – изолейцин, Вал – валин, Лей – лейцин, Гис – гистидин, Мет – метионин, Фен – фенилаланин, Цис – цистеин, АК – аминокислота, НАК – незаменимые аминокислоты (всего), САК – серосодержащие аминокислоты (метионин + цистеин), ААК – ароматические аминокислоты (фенилаланин + тирозин).

Для многокритериальной оптимизации (подраздел 2.6.4) в качестве целевой функции используется сумма взвешенных критериев, по формуле (7), в которой настройка весов W_i частных критериев Q_i позволяет описать различные практические случаи:

- $W_i = 1, \forall i$ – равноценность критериев или отсутствие информации.
- $W_i = 0$ – игнорирование i -го критерия.
- $W_1 = 1, W_2 = 4$ – критерий Q_1 вчетверо менее важен, чем Q_2 .
- Иерархия критериев: вначале анализируется критерий Q_1 , затем Q_2 и т.д., для одинаковых значений критерия Q_1 рассматриваются лучшие варианты по критерию Q_2 –

коэффициенты используют как числовые разряды. Пример: для трех критериев, каждый из которых оценивается по 10-балльной шкале: $W_1 = 100$, $W_2 = 10$, $W_3 = 1$.

Оптимизация рациона по объективным, численно измеримым показателям дополняется средствами обогащения питания функциональными продуктами (подраздел 2.6.5), выпускаемыми промышленностью и позволяющими обогащать рацион: полноценным белком, витаминами (С, группы В, β -каротином, и др.), минеральными веществами (Fe, Ca, I, Se и др.), ПНЖК, пищевыми волокнами, пробиотическими и пребиотическими компонентами, для обеспечения более полного «прилегания» характеристик рациона к нормативу.

Для оценки эффективности рациона используются средства оценки состояния здоровья, объективные аппаратные и субъективные (подраздел 2.7). Эти измерения используются в циклах усовершенствования рациона, решении задачи выявления главных компонент в питании, оказывающих основное влияние на метаболизм, состав тела и функциональные возможности организма.

Результаты разработки персонифицированного рациона используются для прогнозирования ассортимента продуктов питания (подраздел 2.8), для моделей «идеального питающегося», семейного потребления, и как часть стратегии продвижения на рынок инновационных пищевых продуктов путем включения специализированной пищевой продукции в состав персонализированных меню.

В главе 3 описывается разработанная по результатам исследований компьютерная система «Мониторинг нутритивного статуса (НутриМон)», включающая модели питающегося, рациона и его составных частей (блюд, продуктов, нутриентов), средства мониторинга нутритивного статуса и показателей физического здоровья. Физическое размещение базы данных (Рисунок 5) обеспечивает портирование на различные СУБД, взаимодействие с БД клиентских приложений в различных режимах, с учетом различий работы специалистов и пользователей-потребителей.

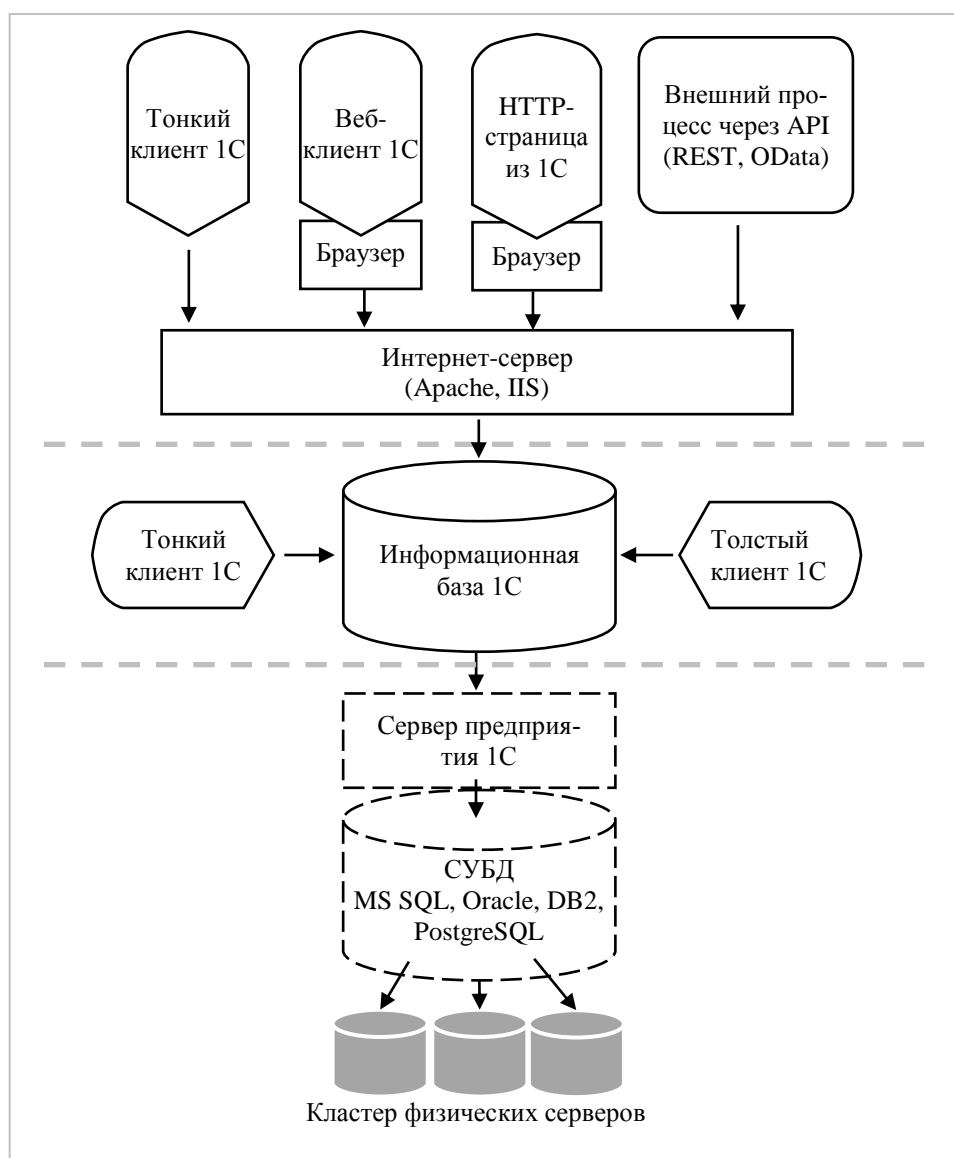


Рисунок 5 – Схема физического размещения базы данных

База данных системы включает 114 таблиц, программная часть системы содержит 149 модулей общим объемом 24 тыс. строк, 57 отчетов, интегрированное в систему информационное обеспечение – 187 тыс. строк справочных данных о нутриентном составе и стандартах физического развития. Апробация системы проводилась в файловой информационной базе 1С, размер которой составил 198 Мбайт.

В системе реализован алгоритм выработки индивидуальных назначений питания, от оценки персонального нутритивного статуса, потребности в энергии и изучения фактического питания до расчета индивидуальных норм потребления (ИНП) в нутриентном выражении и учета персональных предпочтений и непереносимостей (подраздел 3.3), при пересчете среднепопуляционных норм в индивидуальные:

- По калорийности индивидуальная норма определяется расчетом энергопотребности.

- По основным пищевым веществам (белки, жиры, углеводы) применяется коэффициент пересчета, используемый для калорийности, т.к. структура («баланс») питания остается неизменным.
- По минорным нутриентам (витамины, минералы) пересчет применяется по решению эксперта, обосновывающего ИМП. Обоснование эксперта вводится числом (коэффициентом или абсолютным значением), со ссылкой на причину назначения.

В документе «Назначение питания» реализовано средство накопления эмпирических знаний по диетологическим назначениям (базы знаний), необходимое для обоснования персональных нутриентных норм.

Подсистема для создания и оптимизации меню разработана на базе тиражной компьютерной программы «1С:Плановое питание» (автор-разработчик – Портнов Н.М.), состав функций которой иллюстрирует Рисунок 6.

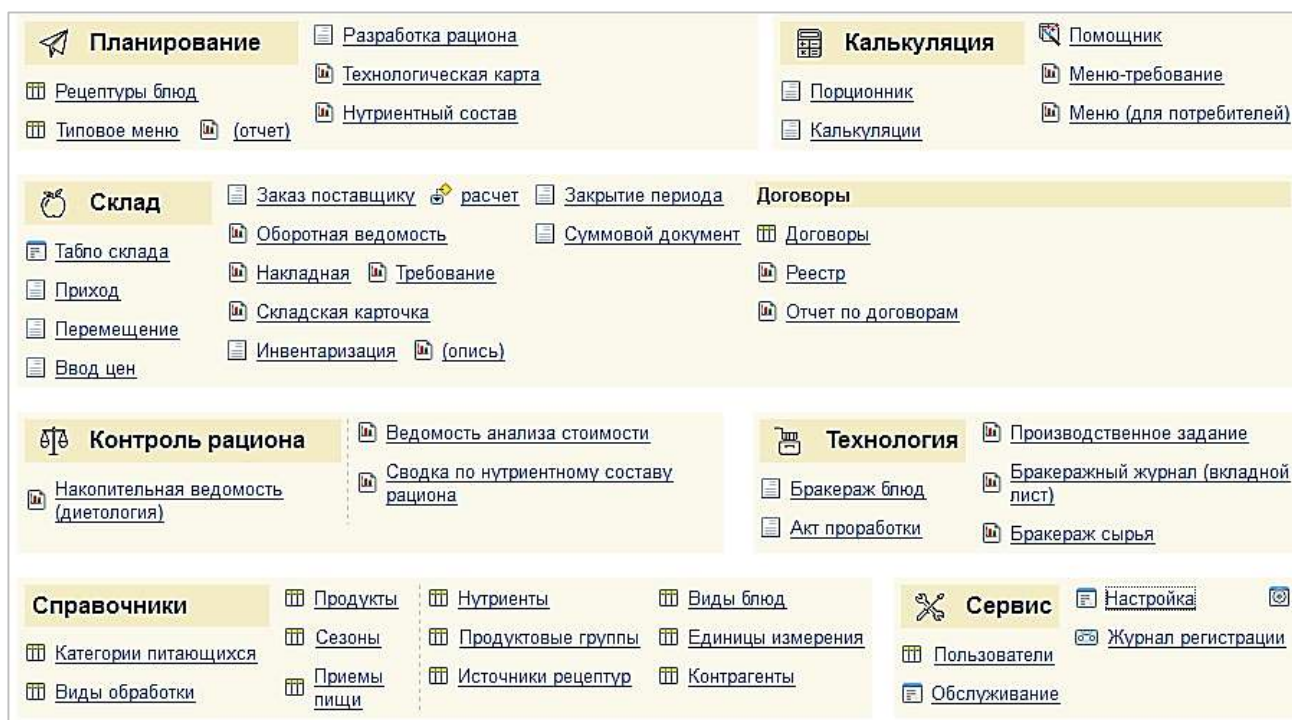


Рисунок 6 – Структура компьютерной системы разработки меню и управления питанием

Общий порядок разработки рациона для индивида с использованием разработанной компьютерной системы (подраздел 3.4) включает: подбор исходных данных и нормативно-справочной информации (рецептур блюд, шаблона приемов пищи по калорийности и по разделам меню), определение индивидуальных предпочтений и непереносимостей с составлением множеств блюд-кандидатов, ввод в систему уникальных рецептов, свойственных данному питающемуся; разметку и заполнение календарной таблицы меню; расчет численных показателей текущего варианта меню и сопоставление их с целевыми значениями. Данная работа может быть выполнена в ручном и автоматизированном режиме. В связи со слабой формализацией задачи оценки меню по сочетаемости блюд/продуктов, повторяемости, качеству комплектов блюд, допустимым размерам

порций для оценки эффективности автомата оптимизации необходима внешняя экспертная оценка качества комплексов блюд в одном приеме пищи, сочетаемости и разнообразия.

По завершении разработки меню формируется набор технологической документации на меню (рецептуры, продукты и пр.), для электронного представления разработан специальный формат «Рецептурник», схема данных для него описана в приложении к диссертации.

Для контроля эффективности разработанного меню (подраздел 3.5) организуется мониторинг нутритивного статуса, с использованием разработанной карты наблюдения питающегося. Массовая работа по персонализированному питанию обеспечивается через «личные кабинеты» с доступом через веб-браузер для ведения дневников питания, а также мобильное приложение на Android. В качестве дополнительного средства повышения совокупной производительности системы исследования питания за счет режима самообслуживания использованы интернет-анкеты, которые заполняют (в браузере) сами питающиеся.

В главе 4 диссертации приведены результаты анализа разработанных компьютерных моделей для управления персонализированным питанием, дана оценка достоверности данных и приведены средства ее обеспечения. Обоснована принципиальная важность нормативно-справочной информации, для которой сформулирована потребность ее описания с учетом полной статистики распределения (а не только средними значениями).

Для использованной в работе модели многофакторной оптимизации изложена потребность расширения состава критериев, необходимость гармонизации измерительных шкал, используемых для различных критериев, введения в состав средств оптимизации механизма выработки весов критериев на основе метода анализа иерархий, а также средств экспертной оценки качества вырабатываемых комплексов блюд, с накоплением таких оценок в базе знаний. Приведено обоснование необходимости расширения номенклатуры нутриентов за счет введения в него незаменимых аминокислот и жирных кислот для возможности получения объективной оценки качества белка и жиров вырабатываемых рационов. Обосновано расширение состава показателей, используемых для «цифровой модели» питающегося дополнительными метриками, позволяющими строить предиктивные модели физического состояния, т.к. соматотип, мониторинг микробиоты, носимые средства регистрации показателей сердечно-сосудистой системы для оценки восстановительных способностей организма, а также измерений психофизиологических показателей (чувства голода, удовольствия от еды), когнитивных способностей.

Использованные в исследовании методические приемы и модели используют опыт и знания, накопленные для управления коллективным организованным питанием. В подразделе 4.3 приведены сходства и различия персонифицированного и коллективного питания.

Использование разрабатываемых персонифицированных рационов в логистике, маркетинге, продвижении специализированной пищевой продукции обсуждается в подразделе 4.4, где приведены рекомендации по применению технологической документации, получаемой при разработке рациона в электронном виде, для организации канала целевого спроса и как элемента логистических расчетов.

В подразделе 4.5 сопоставляются использованные методы изучения фактического питания: традиционный (частотный) и «дневник питания», реализованный в разработанной компьютерной модели, анализируются существующие проблемы и необходимые технические решения.

В главе 5 описываются практические примеры применения разработанных компьютерных моделей для управления питанием, мониторинга физического развития и нутритивного статуса в Санкт-Петербургской Академии танца, в работе со студентами ВУЗов, разработке индивидуальных меню, массовых интернет-опросов по изучению фактического питания, исследований фактического питания традиционным методом частотного опроса в Центре профилактической медицины Минздрава РФ, мобильного приложения в Российском Центре муковисцидоза, сквозной пример нутрициологического обследования и разработки персонифицированного меню.

Заключение

На основе анализа публикаций по достижениям современных «-омик»-технологий, применимых при составлении индивидуального меню, существующих формальных методов описания рациона и его частей, способов объективной оценки пищевой ценности и по итогам проведенной работы:

1. Разработаны информационно-логическая и структурно-функциональная модели нутриентного состава рационов, блюд, продуктов и индивидуальных норм потребления.

2. Разработана методика многокритериальной оптимизации рациона питания на базе полученной математической постановки задачи, которая реализована в комплексе компьютерных моделей для технологического проектирования персонализированных рационов питания, обеспечивающая повышение эффективности как самих рационов, так и процесса их формирования.

3. Показано, что для контроля эффективности рационов следует применять разработанную систему мониторинга нутритивного статуса индивидуального потребителя.

4. Разработана математическая постановка задачи оптимизации рациона, номенклатура нутриентов и база данных нутриентного состава продуктов.
5. Созданы компьютерные системы для конструирования рационов, разработки продуктов, мониторинга питающихся, формат данных для разработки технологической документации по рациону.

Результаты работы прошли апробацию в НИИ детского питания (филиал Федерального исследовательского центра питания и биотехнологий), Академии танца Бориса Эйфмана, Московском государственном университете технологий и управления им. К.Г. Разумовского, Российской экономической академии им. Г.В. Плеханова, Центре профилактической медицины Минздрава России, Российском центре муковисцидоза, сертифицированы фирмой 1С.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

Статьи в журналах, рецензируемых ВАК:

1. Елисеева Л.Г., **Портнов Н.М.** Оценка рациона питания с учетом статистического характера данных состава продуктов // **Вопросы питания.** -2020. - № 2.- С.82-94.
2. Васюкова А.Т., Мираков И.Р., **Портнов Н.М.**, Махмадалиев Э.Ш. Проектирование рецептур мясорастительных кулинарных изделий // **Пищевая промышленность.** -2019. - № 9.-С. 29-33.
3. Иванова В.Н., Никитин И.А., **Портнов Н.М.**, Клоконос М.В., Фальков В.В. Разработка комплексного рациона с применением пищевой смеси быстрого приготовления для целевой группы потребителей с предрасположенностью к сердечно-сосудистым и эндокринным заболеваниям // **Пищевая промышленность.** - 2019. - № 3.- С.62-67.
4. **Портнов Н.М.**, Преображенская Э.Н. Разработка рациона и система мониторинга нутритивного статуса // **Информатика и образование.** - 2019. - № 5.- С.63-67.
5. **Портнов Н.М.**, Розанов В.Б. Практическое использование базы данных гликемических индексов для расчёта гликемической нагрузки продуктов в компьютерной программе оценки фактического питания // **Врач и информационные технологии.** -2019. - № 2.- С.19-28.
6. Иванова В.Н., Никитин И.А., **Портнов Н.М.**, Жученко Н.А., Штерман С.В. Проектирование персонализированных рационов с применением функциональных пищевых продуктов // **Пищевая промышленность.** - 2018. - № 11.- С.10-16.
7. Кондратьева Е.И., Максимычева Т.Ю., **Портнов Н.М.**, Ильенкова Н.А., Пырьева Е.А., Чикунов В.В., Назаренко Л.П., Смирнова И.И. Первые результаты применения компьютерной программы «Мониторинг нутритивного статуса, рациона

питания и ферментной терапии при муковисцидозе» // **Вопросы детской диетологии.** - 2016. - № 6.-С.5-12.

8. Лебедева У.М., **Портнов Н.М.** и др. Концепция организации системы мониторинга питания обучающихся и воспитанников на региональном уровне // **Вопросы питания.** - 2015. - т. 84, № S3.

Изданы в монографиях:

1. Мосов А.В., **Портнов Н.М.** Методика разработки рационов коллективного питания -М.:Эйдос, 2015.
2. Теоретические основы персонализированного питания: коллективная монография / под редакцией д-ра экон. наук, проф., ректора ФГБОУ ВО МГУТУ К. Г. Разумовского (ПКУ) В.Н. Ивановой, д-ра биол. наук, проф., директора ФГБУН ИТЭБ РАН И.П. Белецкого, - М.: МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ), 2019, 124 с.

Публикации в других изданиях и материалах конференций:

1. **Портнов Н.М.**, Карпов В.И. Задача оптимизации меню в системе персонализированного питания // Системный анализ в проектировании и управлении. XXIII международной научно-практической конференции. - СПб., 2019.
2. Карпов В.И., **Портнов Н.М.** Методология создания «цифрового портрета» продуктов питания // Церевитиновские чтения - 2019. Материалы VI международной научно-практической конференции. - М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова.
3. **Портнов Н.М.** Методические подходы формирования и ведения национального регистра данных о нутриентном составе пищевых продуктов // Церевитиновские чтения - 2019. Материалы VI международной научно-практической конференции. - М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова.
4. Никитин И.А., **Портнов Н.М.**, Иванова Н.Г., Клоконос М.В. Проектирование персонализированных пищевых продуктов для людей с нарушенным синтезом α -токоферола / Хлебопекарное производство в России - 2018, материалы докладов XIV Международной конференции.
5. Мосов А.В., **Портнов Н.М.** Как отразить в меню религиозные, национальные и региональные особенности // Медицинское обслуживание и организация питания в ДОУ. - 2016. - № 9.
6. Кычкина А.Е., Лебедева У.М., Мударисов В.С., Степанов К.М., **Портнов Н.М.**, Симоненко С.В., Димитриева С.Е., Мосов А.В. Создание единой автоматизированной системы мониторинга питания в Республике Саха (Якутия) // Якутский медицинский журнал. - 2015. - № 3.
7. **Портнов Н.М.**, Мосов А.В. Ключевые продукты в организованном детском питании // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. - 2015. - № 4.- С.22-27.

8. **Портнов Н.М.** Современные методы организации коллективного питания детей в образовательных организациях // Информатика и образование. - 2015. - № 3.
9. **Портнов Н.М.** Как подобрать программное обеспечение для формирования меню и учета питания в детском саду // Медицинское обслуживание и организация питания в ДОУ. - 2015. - № 4.
10. **Портнов Н.М.,** Горелова Ж.Ю. Компьютеризированные системы управления питанием // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. - 2014. - № 2. - С.28-34.
11. **Портнов Н.М.** Электронный доктор. Обзор программ оценки фактического питания // Практическая диетология. - 2013. - № 2(6).
12. **Портнов Н.М.** Управление питанием в образовательном учреждении // Информатика и образование. - 2012. - № 6.
13. **Портнов Н.М.** Номенклатура пищевых продуктов для питания детей в ДОУ // Медицинское обслуживание и организация питания в ДОУ. - 2010. - № 4.
14. Karpov VI, **Portnov NM**, Nikitin IA, Sidorenko YI, Zavalishin IV, Petrov SM, Podgornova NM, Sidorenko MY, Shterman SV, Automated Methodology for Optimizing Menus in Personalized Nutrition // International Journal of Advanced Computer Science and Applications.- 2019. - № 11.

По результатам разработки компьютерных моделей получены свидетельства Роспатент о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1. СГР № 2019663017 Елисеева Л.Г., Кокорина Д.С., Портнов Н.М., Жиркова Е.В. Компьютерная программа для проектирования пищевых продуктов с заданным химическим составом. Дата регистрации 08.10.2019.
2. СГР № 2019663100 Портнов Н.М., Елисеева Л.Г., Белкин Ю.Д., Жиркова Е.В. Компьютерная система для ведения дневников питания, оценки нутритивного статуса. Дата регистрации 10.10.2019.
3. СГР № 2019663018 Портнов Н.М., Елисеева Л.Г., Белкин Ю.Д., Жиркова Е.В. Мобильное приложение «Дневник питания» для Android. Дата регистрации 08.10.2019.
4. СГР № 2018660899 Кондратьева Е.И., Портнов Н.М., Воронова А.Ю., Аветисян Л.Р., Поликарпова С.В., Чернуха М.Ю., Шерман В.Д. Лукин И.Н. Программа для контроля микробиологического пейзажа дыхательных путей больных муковисцидозом РФ и чувствительности к антибактериальным препаратам. Дата регистрации 29.08.2018.

5. СГР № 2018612751 Портнов Н.М., Розанов В.Б., Смирнова С.Г. Модернизированный способ оценки питания методом суточного воспроизведения. Дата регистрации 26.02.2018.
6. СГР № 2017616675 Карамнова Н.С., Портнов Н.М., Измайлова О.В., Калинина А.М. Оценка характера питания методом суточного воспроизведения при проведении индивидуального консультирования. Дата регистрации 09.06.2017.
7. СГР № 2017615674 Карамнова Н.С., Портнов Н.М., Измайлова О.В., Калинина А.М. Оценка состава, пищевой и энергетической ценности рецептурных блюд при проведении индивидуального консультирования. Дата регистрации 19.05.2017.
8. СГР № 2017661283 Кондратьева Е.И., Максимычева Т.Ю., Портнов Н.М. Мониторинг нутритивного статуса, рациона питания и ферментной терапии при муковисцидозе. Мобильная версия. Дата регистрации 09.08.2017.
9. СГР № 2016660762 Кондратьева Е.И., Максимычева Т.Ю., Портнов Н.М., Сорвачева Т.Н., Пырьева Е.А. Мониторинг нутритивного статуса, рациона питания и ферментной терапии при муковисцидозе. Дата регистрации 21.09.2016.
10. СГР № 2009613502 Портнов Н.М. «Рецептурник», компьютерная программа для электронных сборников рецептов. Дата регистрации 19.05.2009.

SUMMARY

This paper describes the study of nutritional needs, a digital portrait of the diet and the person, and a set of computer models for the development of a personalized diet as a result of the study.

The created database and computer programs allow you to evaluate the nutritional status of a person, the state of their physical health, develop individual nutrition appointments, develop a personalized diet in the form of a menu with the application of technological maps of dishes and nutrient calculations, as well as conduct subsequent monitoring of nutrition.

The computer programs described in this paper have been approved in medical and technological research organizations, have been tested by expert specialists and in self-service mode, are used with access via the Internet, a mobile app, when teaching University students.