

---

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СТРУКТУРА И АЛГОРИТМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ «ПИТАНИЕ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ И ДОЛГОЛЕТИЯ»**

**О.А. Мамиконова, В.Н. Крутько, Н.С. Потемкина**  
Лаборатория системного анализа и информационных технологий  
Институт системного анализа РАН  
*Проспект 60-летия Октября, 9, Москва, Россия, 117312*

**А.Я. Чижов**  
Экологический факультет  
Российский университет дружбы народов  
*Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093*

В работе рассматриваются алгоритмы и информационная структура компьютерной системы «Питание для здоровья и долголетия», призванной помочь врачам-диетологам и всем интересующимся проблемой здорового питания осуществить объективный анализ качества своего рациона питания (степени его соответствия официальным нормативам) и решить задачу его оптимизации с учетом индивидуальных особенностей конституции, образа жизни, экологической обстановки, предпочтений в питании и др. характеристик индивида или усредненного контингента, для которого осуществляется анализ.

**Введение.** С точки зрения концепции рационального питания каждый человек нуждается в определенных количествах различных пищевых веществ для удовлетворения энергетических, пластических и других потребностей организма.

Однако в связи с особенностями современной действительности — глобальные нарушения экологической обстановки, рост сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний, социальная нестабильность, увеличение среднего возраста населения, резкое снижение физической активности и связанное с этим значительное сокращение энергетических затрат, широкое распространение курения и употребления спиртных напитков — обычный пищевой рацион, даже при условии его соответствия установленным нормам по белкам, жирам и углеводам, не обеспечивает человека необходимыми количествами витаминов и минеральных элементов, потребность в которых существенно повышается в связи с перечисленными выше факторами. Кроме того, для здоровья человека стала чрезвычайно важна не только полноценность питания, но и его профилактическая, оздоравливающая, детоксицирующая и геропротекторная функции. Это в большой степени определяет современные требования к структуре рационального питания. Удовлетворить этим требованиям практически невозможно, используя привычные подходы к формированию пищевых рационов на основе экспертного анализа диетологов, т.к. при решении данной проблемы человек сталкивается с очень сложной комбинаторной задачей многопараметрической и многокритериальной оптимизации рациона, потенциально могущего состоять из многих сотен продуктов питания. В общем случае данная задача часто не имеет решения и поэтому требуется пошаговая итерационная процедура оптимизации в ходе диалога «человек — компьютер».

Помочь в решении этих сложных проблем может компьютерная система «Питание для здоровья и долголетия», теоретическими основами создания которой послужили:

- принцип максимального разнообразия питания;
- сбалансированность рациона, т.е. соблюдение рекомендуемых соотношений между содержанием пищевых веществ;
- индивидуальный подход в выборе состава пищевого рациона;
- максимально возможное удовлетворение потребностей человека или группы людей в пищевых веществах (витамины, минеральные вещества и др.) за счет натуральных продуктов и использование пищевых добавок в случае необходимого дополнения;
- итерационное использование метода линейной оптимизации для подбора и коррекции пищевых рационов, отвечающих заданным свойствам.

Индивидуальный подход в выборе рекомендуемого состава рациона заключается в формировании индивидуальной нормы энергетических затрат и потребления пищевых веществ в составе рациона в зависимости от особенностей человека, образа жизни и окружающей среды.

**Основное назначение, состав и структура системы.** Система «Питание для здоровья и долголетия» предназначена для того, чтобы:

- оценивать фактическое питание;
- планировать питание, рассчитывая индивидуальные оптимальные рационы на основе информации о физиологических параметрах, о физической и психологической нагрузке, об изменении состояния здоровья, экологических условий;
- давать рекомендации по изменению веса, оздоровительному, профилактическому и способствующему долголетию питанию;
- контролировать результаты применения выбранной диеты и программы коррекции веса.

Система может также служить целям образования в области питания и пропаганды здорового питания.

В процессе работы система позволяет выполнять следующие функции:

- 1) осуществлять текущий и предварительный опрос клиента:
  - вес, рост, возраст, пол;
  - конституциональные параметры;
  - состояние здоровья;
  - физическая, умственная, психическая, экологическая нагрузка;
  - вкусы и привычки в еде;
- 2) поддерживать ведение пищевого дневника;
- 3) оценивать фактическое питание;
- 4) рассчитывать индивидуальный оптимальный рацион;
- 5) протоколировать процесс наблюдения за клиентом, а именно условия и результаты применения выбранной диеты;
- 6) пополнять имеющиеся базы данных, в том числе накапливая опыт ведения клиентов;
- 7) осуществлять сервисный вывод информации для предоставления рекомендаций клиентам.

В состав системы входят следующие базы данных:

- 1) химический состав пищевых продуктов;
- 2) набор нормативных рекомендаций по оптимальному составу пищи в зависимости от индивидуальных особенностей, состояния здоровья, образа жизни, окружающих условий;
- 3) набор рационов и меню для разнообразных диет, включая стандартные, утвержденные Минздравом диеты для типовых нарушений здоровья человека;
- 4) медико-биологическая характеристика пищевых элементов;
- 5) общие рекомендации по питанию;
- 6) рекомендации по питанию в случае отдельных заболеваний и нарушений образа жизни;
- 7) анкеты клиентов.

Все базы данных могут пополняться в процессе использования системы и тем самым постоянно совершенствоваться, накапливая опыт работы с клиентами.

Система имеет широкий спектр возможных применений. К ним относятся:

- образование и просвещение в сфере рационального питания;
- разработка индивидуальных и семейных оптимальных рационов;
- разработка среднестатистических групповых рационов;
- создание лечебных, оздоровительных и профилактических диет, соответствующих заданным заранее требованиям.

Система рекомендуется для индивидуального использования, для использования в учебных заведениях, в санаториях и в лечебных учреждениях, а также в службах санэпидемстанций. Система может использоваться для подбора и контроля лечебного и профилактического питания, она может помочь при оценке питания среднестатистического представителя определенной группы населения. Система может быть полезной для разработки оптимальных рационов питания отдельных групп населения, а также для разработки рекомендаций по оптимальному питанию населения с учетом реальной эпидемиологической ситуации, экологических условий, а также с учетом реальных возможностей по обеспечению продуктами питания.

#### **Основные функции и элементы системы.**

**Сбор и хранение информации о клиенте.** Рассмотрим группу функций, относящихся к сбору и хранению информации о клиенте. Здесь вводятся, хранятся, предоставляются, изменяются и удаляются все данные, идентифицирующие клиента (Ф.И.О., номер, адрес и пр.), его конституция (вес, рост, телосложение), возраст, пол, особенности образа жизни и здоровья, а также окружающей среды. Среда описывается в терминах физической, психической, интеллектуальной и экологической нагрузки. Уровень физической нагрузки используется для определения величины должных энергетических затрат. Уровни психологической, интеллектуальной и экологической нагрузки имеют информационное значение. Известно, что повышенная психологическая и интеллектуальная нагрузка, а также неблагоприятная экологическая обстановка приводят к значительному повышению потребности в отдельных витаминах и минералах. Информация об этих нагрузках может быть использована для формирования индивидуальной нормы потре-

ния пищевых веществ. Стандартные нормативы, а также нормативы, соответствующие ряду заболеваний и состояний, заложены в базе данных исходно. Уровни психологической, интеллектуальной и экологической нагрузок выбираются с использованием следующего вопросника.

*Психологическая нагрузка.*

1. Легкая: преимущественно хорошее настроение, редкие разрешимые конфликты в семье, спокойная, приносящая удовлетворение работа (спокойное, бесконфликтное состояние).

2. Умеренная: переменчивое настроение, периодические конфликты в семье, временами повышенное напряжение и высокая ответственность в трудовой деятельности (переменное напряжение и конфликты).

3. Интенсивная: преимущественно плохое настроение, затяжные тяжелые конфликты в семье, постоянно напряженная, связанная с высокой ответственностью, работа (постоянное напряжение, ответственность, конфликты).

*Интеллектуальная нагрузка.*

1. Легкая: деятельность обычно не связана с решением новых проблем и не требует частого переобучения (деятельность основана на освоенных стереотипах).

2. Умеренная: характер деятельности периодически изменяется, требуя новых навыков и знаний (деятельность требует смены стереотипов).

3. Интенсивная: деятельность связана с постоянным поиском новых решений (поиск новых решений в деятельности).

*Экологическая нагрузка.*

1. Легкая: проживание в сельской местности, небольших городах, не подвергавшихся действию техногенных катастроф (отсутствие крупномасштабного производства).

2. Умеренная: проживание в больших городах, крупных промышленных центрах с достаточно высокой культурой производства.

3. Интенсивная: зоны техногенных катастроф, промышленные центры с низкой культурой производства.

Определение должного веса используется на основе данных о типе телосложения, росте, поле и возрасте. Можно просто выбрать тип телосложения из предложенных вариантов. Для более точного определения типа телосложения необходимо провести измерение ширины локтя.

Должный вес и данные о физической нагрузке позволяют определить должные энергетические затраты, которые, в свою очередь, являются основой для построения оптимального рациона. Например, если ваш должный вес ниже фактического, то для того чтобы снизить фактический вес, калорийность оптимального рациона следует выбирать так, чтобы она не превышала должных энергетических затрат.

Данные об имеющихся у клиента нарушениях здоровья, о предрасположенности к заболеваниям, о вредных привычках и употреблении лекарств, об особенностях питания не используются в расчетах, но могут быть задействованы для формирования индивидуальной нормы питания.

Программа позволяет регистрировать сведения об употреблении клиентом лекарств, оказывающих влияние на потребность организма в определенных нутриентах, о курении и употреблении алкогольных напитков, что тоже сильно сказывается на потребности в некоторых нутриентах. Например, слабительные, мочегонные, успокаивающие, противозачаточные препараты, употребление алкоголя, кофе, курение значительно повышают потребность организма в магнии, кальции, цинке, витамине С, витаминах группы В. Курение в 1,5—2 раза повышает потребность в витамине С. В соответствии с этими сведениями, а также с данными о нагрузках необходимо формировать индивидуальную норму потребления нутриентов у клиента.

**Оценка фактического питания.** Следующая группа функций, связанная с оценкой фактического питания, подразделяется на две взаимосвязанные функции — «Ведение пищевого дневника» и собственно «Оценка».

Пищевой дневник предназначен для сбора информации о приеме пищи в течение периода от 1 до 7 дней. Точно так же он может использоваться и для планирования рациона. Сбор информации осуществляется при помощи списков, связанных с днем и названием приема пищи (например — завтрак, обед и ужин), для каждого из дней. В списки заносятся названия и вес продуктов. Для выбора названия продукта предоставляются две возможности — выбор из продуктовой базы данных по алфавиту и по группам, на которые разделены все продукты. Группы соответствуют стандартной классификации, используемой в справочнике о химическом составе пищевых продуктов.

Оценка предназначена для определения и сравнения с нормой средней энергетической ценности и среднего количества употребленных за оцениваемый период пищевых веществ (нутриентов). Для выполнения оценки следует выбрать интервал оценки, от одного до семи дней. Возможно оценивать отдельные приемы пищи, например, получить данные о среднем завтраке за неделю. Важным этапом оценки фактического питания является правильный выбор индивидуального норматива, соответствующего задачам оценки. Норматив может быть выбран из базы данных, в которой представлена группа рекомендованных нормативов, соответствующих усредненной норме, а также отдельным состояниям и заболеваниям. Норматив может быть также сформирован пользователем на базе имеющихся в системе рекомендаций и личного опыта. Результат оценки фактического питания представляется в виде информации о средних величинах потребления нутриентов, о выбранных нормативах и об отклонении полученных оценок от этих нормативов.

**Построение оптимального рациона.** Наиболее сложной функцией программы является оптимизация питания. Для формирования оптимального набора продуктов используется не вся продуктовая база, а заранее заданный набор продуктов. Набор составляется в соответствии с определенными принципами. Всегда следует учитывать, чтобы продукты, включенные в набор, содержали все основные пищевые компоненты. В остальном эти принципы могут быть различными. Например, это могут быть доступные продукты, продукты, соответствующие вкусам и привычному питанию клиента или, наоборот, рекомендованные для него

диетические продукты и др. Наборы продуктов запоминаются с соответствующими названиями, например «Стандартный», «Вегетарианский», «При ожирении», для их последующего использования.

Перед проведением собственно оптимизации необходимо выполнить ряд предварительных шагов. Сначала формируется список нутриентов, по которым будет проводиться оптимизация. Т.е. выбираются те пищевые элементы, для которых отклонение от нормы не должно превышать некоторых заданных ограничений. К формированию списка нутриентов, для которых будут заданы ограничения, следует подходить очень тщательно. Обычно в него вносятся те нутриенты, для которых заданы стандартные нормы. Возможно, туда будут включены те нутриенты, обеспеченность которыми особенно важна для клиента. Но в любом случае следует учитывать, что чем больше этот список, тем труднее будет решить задачу оптимизации.

Далее для элементов списка выбираются желаемые численные значения (т.е. фактически выбирается или формируется индивидуальная норма) и задаются верхние и нижние ограничения. В системе имеется функция, которая позволяет одновременно задать диапазон допустимых изменений для всех нутриентов индивидуальной нормы. Разумным является диапазон отклонения от нормы, равный 20—30%, т.к. примерно такова величина погрешности данных о содержании нутриентов в продуктах питания. (Погрешность эта связана как с погрешностью измерения, так и, в гораздо большей степени, с различиями содержания нутриентов в продуктах питания, выращенных или произведенных в различных местах.)

Как правило, мы можем отказаться от большинства верхних ограничений на содержание витаминов и минералов, т.к. количество и тех и других, полученных за счет продуктов питания (а не пищевых добавок) в рационе с ограниченной калорийностью, учитывающем необходимое разнообразие пищи, не может достигать вредных для здоровья пределов. Кроме того, в зависимости от специфики разрабатываемого рациона мы можем снять верхние ограничения с белков, жиров или углеводов, т.к. при наличии верхних ограничений на калорийность снятие одного или даже двух верхних ограничений на эти нутриенты не приведет к их чрезмерному увеличению в рационе. Например, если мы разрабатываем рацион для клиента с легкой формой диабета, то количество углеводов в рационе должно быть ограничено, т.е. нам необходимо установить верхнее ограничение на углеводы, в то время как количество белка в рационе может быть несколько увеличено и верхнее ограничение на белки мы можем снять.

Важным этапом является задание списка продуктов, обязательных для употребления. С одной стороны, это облегчает решение задачи оптимизации, а с другой — служит для задания приблизительного рациона, что сделает результирующий рацион более реалистичным и разнообразным. Программа дополнит этот приблизительный рацион продуктами, содержащими нутриенты, которых не хватает до оптимального рациона. При формировании списка продуктов, обязательных к употреблению, удобно пользоваться функцией системы, которая позволяет выделить продукты с максимальным содержанием определенного нутриента.

На следующем этапе выбирается критерий оптимизации. Например, можно минимизировать энергетическую ценность рациона при полноценном содержании

основных нутриентов. Можно максимизировать содержание какого-либо витамина или минерала, при этом будут выполняться заданные вами ограничения на калорийность и содержание других веществ. Можно минимизировать отклонение энергетической ценности и содержания нутриентов от нормы и др. При выполнении минимизации отклонения от нормы наилучшее решение будет выводиться в любом случае, даже при невозможности найти решение, удовлетворяющее ограничениям. В других случаях, при невозможности найти нужное решение, необходимо изменить ограничения или дополнить список продуктов, из которых формируется оптимальный рацион.

Система предоставляет возможность накапливать опыт разработки оптимальных рационов в виде наборов продуктов для оптимизации, индивидуальных наборов обязательных продуктов, индивидуальных норм, что со временем значительно облегчает работу с самой системой.

Результат оптимизации выдается в виде списка и массы продуктов. Можно удалить какой-нибудь неподходящий продукт из списка или ограничить массу отдельных продуктов, вошедших в меню, и опять пересчитать меню. Повторяя и варьируя эту процедуру, можно получать разнообразные «квазиоптимальные» меню.

Информация о содержании нутриентов в полученном оптимальном меню предоставляется так же, как при оценке фактического питания.

Иллюстрацией возможностей системы является рис. 1.

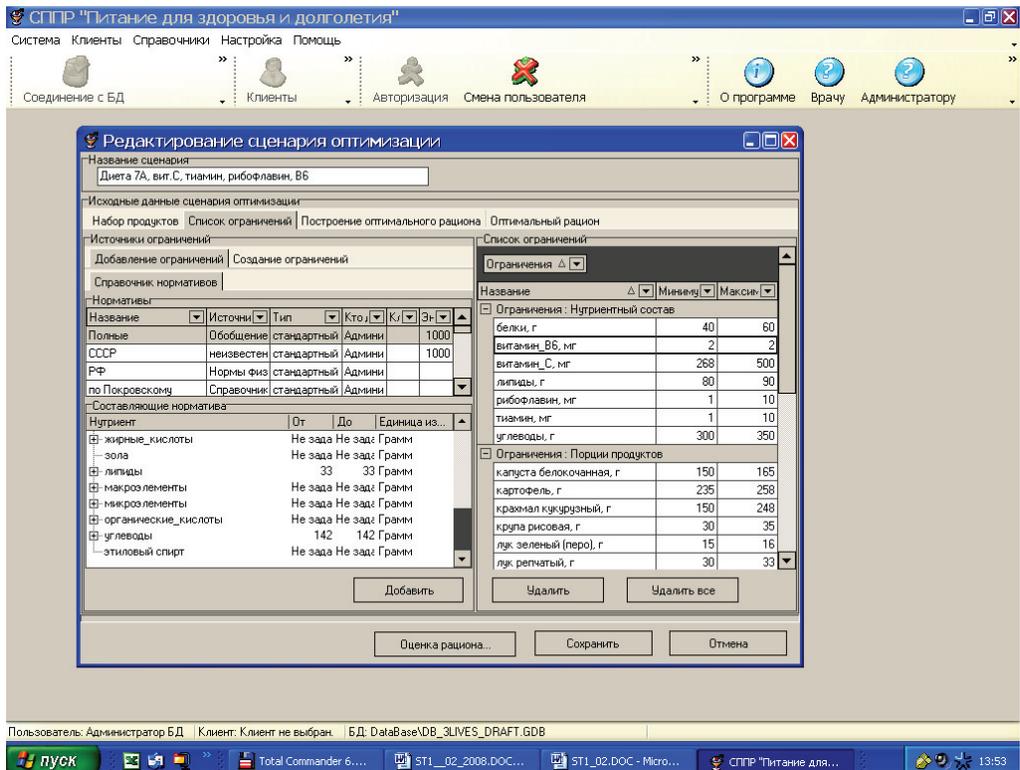


Рис. 1. Пример рабочего окна системы «Питание для здоровья и долголетия» — режим оптимизации

**Базы данных и справочная информация.** В состав системы входит несколько баз данных. К ним относится база данных, содержащая химический состав продуктов питания, база данных, содержащая различные нормативные данные, а также сведения о роли различных нутриентов в питании человека и рекомендации по питанию для профилактики ряда широко распространенных заболеваний, тесно связанных с неправильным питанием.

Продуктовая база данных системы включает в себя около 1000 продуктов и содержит данные по более чем 60 нутриентам [1; 2; 3].

В базу нормативов включены современные нормативы Российской Федерации, нормативы, которые использовались в СССР, нормативы, соответствующие концепции сбалансированного питания А.А. Покровского, нормативы RDA, используемые в США, и ряд рекомендательных нормативов, соответствующих определенным состояниям или заболеваниям — беременность, лактация, сердечно-сосудистые заболевания, повышенная психологическая, интеллектуальная экологическая нагрузка, алкоголизм, курение и др. Данные нормированы на энергетическую ценность пищи в 1000 ккал, что удобно для расчетов. Как правило, сильно увеличенные дозировки отдельных нутриентов, заданные в специальных нормативах, рекомендуемых при заболеваниях, тяжелых нагрузках, неблагоприятных экологических условиях, не могут быть обеспечены за счет питания, а являются ориентировочными безопасными дозами применения витаминно-минеральных препаратов [4; 5; 6].

База данных рационов и меню преимущественно рассчитана на заполнение пользователем. В настоящее время в нее включено около 20 рационов для различных диет, включая стандартные, утвержденные Минздравом диеты для типовых нарушений здоровья человека [6; 7].

В системе имеется блок справочной информации о некоторых нутриентах и их роли в организме, а также о некоторых заболеваниях, в профилактике и лечении которых большое значение играет питание [4; 5; 6].

**Заключение.** В настоящее время система «Питание для здоровья и долголетия» находится в стадии опытной эксплуатации. Опыт использования системы для решения ряда задач оценки и оптимизации рационов питания на индивидуальном и групповом (рационы санаториев) уровнях практически подтвердил априорно ожидаемые заключения о том, что:

— на уровне интуиции врача сформировать бездефицитный рацион, удовлетворяющий официальным нормативам, практически невозможно;

— применение компьютерной системы может существенно улучшить качество питания при тех же самых финансовых затратах и достижимых наборах используемых продуктов.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Справочник. Химический состав пищевых продуктов. — М., 1986. — Т. 1.
- [2] Справочник. Химический состав пищевых продуктов. — М., 1986. — Т. 2.
- [3] Химический состав Российских продуктов питания. — М.: ДеЛи принт, 2002.

- [4] Изд Мери Ден. Витамины и минеральные вещества. Полный медицинский справочник. — СПб: ИК «Комплект», 1996.
- [5] Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование РФ. Методические рекомендации МР 2.3.1. 1915-04. — Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004.
- [6] Справочник по диетологии. — М.: Медицина, 2002.
- [7] Инструкция по организации лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях // Клиническая диетология. — 2003. — Т. 1. — № 9. — С. 7—29.

**THE INFORMATION STRUCTURE  
AND THE ALGORITHMS OF THE COMPUTER SYSTEM  
«NUTRITION FOR HEALTH AND LONGEVITY»**

**O.A. Mamikonova, V.N. Krutko, N.S. Potyomkina**

The laboratory of the systems analysis and information  
technologies in medicine and ecology  
The Institute for Systems Analysis of the Russian Academy of Sciences  
*Prospect 60-letya Otyabrya, 9, Moscow, Russia, 117312*

**A.Ya. Chizhov**

Department of Ecology  
Peoples' Friendship University of Russia  
*Podolskoye Shosse str., 8/5, Moscow, Russia, 113093*

The work examines the algorithms and the information structure of the computer systems «Nutrition for health and longevity» aimed for help the dietician doctors and everybody interested in the problem of the healthy diet to objectively analyze one's own ration quality (the extent of its correspondence to the official regulations) and to solve the problem of its optimization considering the individual features of the constitution, the way of life, the ecological situation, the preferences in food and other peculiarities of an individual or the averaged contingent for which the analysis is made.