

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра математической кибернетики и компьютерных наук

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДБОРА  
ПРОДУКТОВ РАННЕГО ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ С УЧЕТОМ  
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕБЕНКА**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 451 группы  
направления 09.03.04 — Программная инженерия  
факультета КНиИТ  
Зенковой Юлиия Александровны

Научный руководитель

к. ф.-м. н., доцент

\_\_\_\_\_

А. С. Иванов

Заведующий кафедрой

к. ф.-м. н., доцент

\_\_\_\_\_

С. В. Миронов

Саратов 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 Назначение экспертных систем, их структура и основные этапы разработки .....	6
1.1 Предпосылки и условия разработки и использования экспертных систем .....	6
1.2 Структура экспертных систем .....	6
1.3 Этапы разработки экспертных систем .....	6
1.4 Представление знание в экспертных системах .....	6
1.5 Вопросы, решаемые при представлении знаний .....	7
1.6 Уровни представления и уровни детальности .....	7
1.7 Методы поиска решений, используемые в экспертных системах ...	7
2 Разработка и реализация экспертной системы по подбору товаров детского питания .....	8
2.1 Исследование предметной области .....	8
2.2 Составление вопросов для реализации диалогового окна и построения базы знаний .....	8
2.3 Выбор языка реализации и формы приложения .....	8
2.4 Построение списка вопросов и ответов в программе .....	8
2.5 Разработка диалогового окна приложения .....	9
2.5.1 Стартовое окно и окно информации .....	9
2.5.2 Окно для сбора информации о ребенке .....	9
2.6 Поиск решения в пространстве решений .....	9
2.6.1 Реализация для категории смеси .....	10
2.6.2 Реализация для категории каши .....	10
2.6.3 Реализация для категории пюре .....	10
2.6.4 Реализация для категории напитки .....	10
2.6.5 Реализация для категории сладости .....	10
2.7 Вывод результата и просмотр ответов в оконном приложении .....	10
2.7.1 Окно, предоставляющее пользователю результат .....	10
2.7.2 Окно, демонстрирующее ответы .....	11
2.8 Демонстрация работы программы, тестирование и оценка эффективности .....	11
2.8.1 Демонстрация работы экспертной системы .....	11

2.8.2	Тестирование программы .....	11
2.8.3	Оценка эффективности работы программы .....	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....		12
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....		14

## ВВЕДЕНИЕ

Сегодня детское питание становится объектом особого внимания. К качеству того, что употребляют в пищу дети и из чего строится их организм, необходимо присматриваться хотя бы по причине того, что время от времени приходится иметь дело с производителями, которые нарушают все нормы и создают продукты, фактически опасные для ребенка; магазинами, которые не соблюдают условия хранения продуктов питания, и, конечно, просто людьми, которые не знают особенностей здоровья ребенка и не умеют грамотно подбирать товары, подходящие именно ему.

Детский организм имеет завышенные требования к качеству питания, и это вполне объяснимо, ведь ему нужен качественный строительный материал, а его печень и почки не способны еще полноценно выводить токсины и опасные вещества. Обмен веществ в организме ребенка ускорен, и это также становится фактором риска, поэтому так важно серьезно и ответственно относиться к выбору продуктов. Эти особенности, а также отсутствие приложений, решающих проблему грамотного и безопасного подбора детского питания обуславливают актуальность данной бакалаврской работы.

Целью работы являются исследование области питания для детей раннего возраста и разработка экспертной системы с динамическими элементами для подбора готовых продуктов с учетом индивидуальных особенностей ребенка и пожеланий покупателя.

Для достижения цели были выдвинуты следующие задачи:

- исследовать область реализации экспертных систем, их основные компоненты и этапы разработки;
- структурировать предпосылки и условия разработки экспертных систем;
- проанализировать необходимость построения экспертной системы для выбранного направления;
- исследовать различные возможные представления знаний и правил в экспертной системе;
- проанализировать рынок продуктов детского питания;
- оценить структурированность соответствующих товаров в популярных Интернет-магазинах;
- исследовать способность и качество самостоятельного подбора продуктов детского питания (без эксперта или какой-либо системы);

- разработать тестовые задания для оценки рассматриваемой области;
- составить классификацию продуктов детского питания, выстроить иерархию вопросов для разных классов, обеспечивающую получение достаточной информации для подбора товаров;
- составить базу продуктов детского питания на основе ассортимента популярных Интернет-магазинов, структурировать ее согласно полученной иерархии вопросов;
- выбрать метод реализации экспертной системы, позволяющий обеспечить простой, интуитивно понятный интерфейс;
- разработать дизайн приложения, в которое встроена экспертная система;
- реализовать программу, осуществляющую подбор продуктов детского питания с учетом состояния здоровья ребенка и предпочтения родителей;
- протестировать систему с использованием различных техник тестирования;
- проанализировать эффективность работы программы в сравнении ситуации самостоятельного подбора и подбора с помощью консультанта магазина.

Исследования проводились анонимно с использованием *GoogleForms* среди семей военного-спортивного игрового клуба «Гром».

Для реализации практической части используются:

- *VisualStudio2019* — стартовая площадка для написания, отладки и сборки кода, а также последующей публикации приложений;
- *WindowsForm* — интерфейс программирования приложений (API), отвечающий за графический интерфейс пользователя и являющийся частью Microsoft .NET Framework;
- *C#* — объектно-ориентированный язык программирования, разработанный Microsoft.

Бакалаврская работа состоит из введения, двух разделов, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Общий объем работы — 90 страниц, из них 75 страниц — основное содержание, включая 17 рисунков, цифровой носитель в качестве приложения, список использованных источников — 24 наименования.

## **1 Назначение экспертных систем, их структура и основные этапы разработки**

Экспертные системы выделились при исследованиях систем, пытающихся воспроизвести мышление человека [1]. В их основе лежит взаимодействие эксперта и инженера. Отличия экспертных систем от классических программ: применение эвристики, а не алгоритмов, логического вывода, а не повторного прогона, у ЭС происходит обработка больших баз знаний, а у классических систем — баз данных. Экспертные системы применяются в: интерпретации, диагностики, мониторинга, предсказания, планирования, проектирования [2].

### **1.1 Предпосылки и условия разработки и использования экспертных систем**

Создание экспертной системы необходимо, если: есть специалисты в этой сфере; эксперты выдают почти одинаковое решение; можно выразить методы, правила, используемые для решения; задача проста; задача структурирована; для ее решения достаточно рассуждений. Использование экспертных систем нужно, если [3]: работа системы дает преимущества; использование специалиста осложнено; поиск решения проходит в неблагоприятной среде.

### **1.2 Структура экспертных систем**

Экспертные системы — специальные программные комплексы [4], накапливающие знания экспертов в заданных областях и использующие их практический опыт для консультации пользователей-неспециалистов. Основные компоненты экспертных систем: интерфейс пользователя, база знаний, решатель, подсистема объяснений, интеллектуальный редактор [5] базы знаний.

### **1.3 Этапы разработки экспертных систем**

При реализации экспертной системы часто используется принцип «быстрого прототипа» [6]. Технология разработки экспертных систем включает в себя шесть основных этапов: идентификацию, концептуализацию, формализацию, выполнение, тестирование и опытную эксплуатацию [7].

### **1.4 Представление знание в экспертных системах**

Выделяют две группы знаний: интерпретируемые — содержат знания, которые понимаются и выполняются решателем, и нет — все остальные. Вторые

бывают вспомогательными [8] и поддерживающими (технологические и семантические). Среди интерпретируемых знаний выделяются: предметные знания, управляющие и знания о представлениях. Проблема «комбинаторного взрыва» [9] неизбежна для систем с отсутствием средств для выбора необходимых знаний и ограничивает использование экспертных систем.

### **1.5 Вопросы, решаемые при представлении знаний**

При представлении знаний встают вопросы: что представлять и как? Первый о необходимости выделения состава знаний, второй о форме, используемой для их приведения к формальному виду. Задачи при представлении знаний в ЭС: выявление содержания знаний; их структурирование и представление. На состав базы знаний влияют: предметная область; способ построения системы; потребности и цели пользователей; язык общения.

### **1.6 Уровни представления и уровни детальности**

Число степеней детальности обуславливается характером решаемых задач, количеством используемых знаний и тем, как они должны быть представлены. Обычно, выделяются три и более степени детальности, они описывают общую, логическую и физическую структура знаний. Дифференциация детальности на несколько степеней делает систему гибкой и дает возможность осуществлять модернизацию на одном уровне, не касаясь остальных [10].

### **1.7 Методы поиска решений, используемые в экспертных системах**

На способы решения задач влияют проблемная среда и необходимый результат решения. Специфику проблемной среды описывают: размер пространства; изменение проблемной среды в пространстве и времени; полнота описания области моделью [11]; точность и полнота информации. Характеристики результата, полученного с применением поиска: количество решений, свойства результата и способы его [12] получения. Классификация способов решения задач для экспертных систем: способы поиска в одном пространстве; способы поиска в иерархическом пространстве; способ поиска при неполной и неточной информации; способы поиска, использующие несколько моделей.

## **2 Разработка и реализация экспертной системы по подбору товаров детского питания**

Питание играет огромную роль в формировании и сохранении здоровья детей, их гармоничном развитии [13]. Подобрать товары высокого качества, учитывая особенности здоровья ребенка непросто. Фильтры торговых площадок делают эту задачу немного проще, но не решают полностью.

### **2.1 Исследование предметной области**

Работа над экспертной системой начинается с исследования предметной области [14]. Исследование проходило так: были отобрано восемь популярных Интернет-магазинов и 50 независимых человек разного возраста, пола, с детьми и без, сформированы задания по подбору продукции с учетом индивидуальных особенностей ребенка и личных предпочтений родителей. Люди выполняли задания на каждом из восьми сайтов и записывали полученные результаты [15]. Анализ показал, что самостоятельный подбор детского питания занимает много времени и имеет достаточно низкое качество.

### **2.2 Составление вопросов для реализации диалогового окна и построения базы знаний**

Основные требования к вопросам, ответам и результатам обуславливаются задачей, которую экспертная система должна решать. Совместно с экспертом был проанализирован ассортимент товаров детского питания, изучены медицинские материалы и выделен список вопросов и предполагаемых ответов для категорий: общие вопросы, смеси, каши, пюре, напитки и сладости, а также была реализована иерархическая схема вопросов.

### **2.3 Выбор языка реализации и формы приложения**

Для реализации экспертной системы и ее интерфейса был выбран объектно-ориентированный язык [16] программирования *C#* и фреймворк для разработки интерфейса *WindowsForm*, для реализации программы использовалась площадка *VisualStudio2019*.

### **2.4 Построение списка вопросов и ответов в программе**

Две важны составляющие программы: вопросы и ответы [17]. Согласно схеме вопросов, было принято решение для каждой категории товаров со-



здать отдельный список вопросов, также создать отдельный список для общих вопросов, которые задаются покупателю не зависимо от выбранной им категории. Эти списки для удобства работы с ними объединяются в список списков. Также было принято решение выделять ответы на каждый конкретный вопрос в отдельный список, затем такие списки объединяются в списки по категориям, и наконец, эти списки образуют список списков.

## **2.5 Разработка диалогового окна приложения**

### **2.5.1 Стартовое окно и окно информации**

Работа с приложением начинается с открытия стартового окна, которое является «лицом» программы [18], поэтому дизайн приложения очень важен. Стартовое окно содержит единственную кнопку для перехода к окну информации. Окно информации содержит текст о программе и также одну кнопку для начала работы экспертной системы.

### **2.5.2 Окно для сбора информации о ребенке**

Окно для сбора информации содержит два поля, одно используется для записи вопросов, другое — когда клиенту необходимо указать возраст ребенка (вводится с клавиатуры). Кнопки на форме формируются динамически и зависят от работы системы на предыдущих шагах, также динамически задается значение поля с вопросами. Вопросы задаются с опорой на иерархии вопросов. Кнопки, которые больше не нужны удаляются с формы. А для поля возраста выключается видимость [19], если оно дальше не используется. Все это обеспечивает гибкость системы.

## **2.6 Поиск решения в пространстве решений**

Поиск решения в ЭС осуществляется так: выделяется список со всеми товарами данного класса, из этого списка выделяются другие списки по какому-либо признаку с учетом вопросов, описанных ранее. В зависимости от ответа пользователя используется пересечение, разность, объединение списков. На выходе получается результирующий список с продуктами. Здесь выделены переменные, хранящие диалог с пользователем, промежуточные результаты, правила, по которым осуществляется подбор и т.д..

### 2.6.1 Реализация для категории смеси

Для категории смесей были реализованы списки, которые используются для поиска результата. Был реализован алгоритм обрабатывающий диалог с пользователем и подбирающий смеси на основе пожеланий клиента и особенностей ребенка.

### 2.6.2 Реализация для категории каши

Далее рассмотрены списки необходимые для классификации каш. Списки изменяются согласно информации, полученной от клиента, с целью оптимального и безопасного подбора каш, по заложенному в программу алгоритму.

### 2.6.3 Реализация для категории пюре

Поиск решения для категории пюре усложняется тем, что в ней можно выделить четыре подкатегории: овощное, фруктовое, мясное и рыбное. Было принято решение каждую подгруппу рассматривать отдельно. Для каждой из них были выделены списки для поиска решения и описаны алгоритмы обработки диалога с пользователем касательно подбора пюре того или иного вида.

### 2.6.4 Реализация для категории напитки

Также как и для пюре, среди категории напитков выделяется три подкатегории: вода, сокосодержащий напиток и чай. Вопросы для каждого подкласса индивидуальные и не пересекаются, поэтому будем рассматривать их отдельно. Для подкатегорий были реализованы списки и алгоритмы принятия решения на их основе.

### 2.6.5 Реализация для категории сладости

В данной экспертной системе классифицируются сладости: печенье, батончики и снеки. Но для всех этих категорий можно сформулировать одинаковые вопросы, поэтому здесь обработка ответов будет линейной. Для сладостей были реализованы списки и алгоритм обработки диалога с пользователем.

## **2.7 Вывод результата и просмотр ответов в оконном приложении**

### 2.7.1 Окно, предоставляющее пользователю результат

После обработки диалога экспертной системы с пользователем и формирования некоторого результирующего списка, подходящих товаров, необхо-

можно вывести информацию на экран или сохранить в отдельный файл. Также необходимо дать возможность клиенту посмотреть ответы на вопросы, заданные системой, это делает ее более надежной [20]. При сохранении данных появляется еще одна форма с информацией об успешности операции.

### 2.7.2 Окно, демонстрирующее ответы

Для демонстрации ответов, как было сказано ранее, выделено отдельное окно, которое содержит поле для объяснений и кнопку сохранения ответов. Этот компонент объясняет порядок получения и использования данных при принятии решения, облегчает эксперту тестирование системы и повышает доверие пользователя [21] к полученному результату.

## **2.8 Демонстрация работы программы, тестирование и оценка эффективности**

### 2.8.1 Демонстрация работы экспертной системы

Построенная экспертная система помогает покупателю в выборе продуктов детского питания из обширного ассортимента товаров данной категории, основываясь на предпочтениях пользователя и индивидуальных особенностях ребенка. Здесь рассматривается одна из ветвей ЭС для подбора каши.

### 2.8.2 Тестирование программы

Так как экспертная система содержит большое количество правил, то было принято решение тестировать, опираясь на технику *parwise testing*. Суть техники попарного тестирования заключается в минимизации вариативности комбинаций проверок [22], достаточных для обеспечения высокого качества экспертной системы. Так как базы знаний и базы данных достаточно большие, то тестирование системы трудный процесс.

### 2.8.3 Оценка эффективности работы программы

Подбор детского питания с помощью программы занимает намного меньше времени, чем самостоятельный подбор или с экспертом. Самостоятельный подбор продуктов имеет более низкое качество в сравнении с работой консультанта или программы, а качество и безопасность предлагаемых товаров самое высокая в ситуации с использованием программы. При оценке программы пользователями был отмечен удобный интерфейс и интересный дизайн.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспертные системы ориентированы на решение широкого круга задач в неформализованных областях, т.е. на направления, которые до недавнего времени считались малодоступными для вычислительной техники [23]. Они позволяют специалистам, не имеющим навыков программирования, создавать практически значимые приложения, что резко расширяет сферу использования вычислительной техники. Также экспертные системы при решении практических задач позволяют получать результаты, сравнимые, а иногда и превосходящие те, которые может получить эксперт-человек. В данное время они могут объединяться с традиционными программными системами (системами управления базами данных, пакетами прикладных программ и т.д.) в интегрированные приложения.

Учитывая вышесказанное, многие высшие учебные заведения технического направления акцентируют внимание студентов на экспертных системах. А в рамках курсовых, дипломных, исследовательских работ создаются экспертные системы (или их прототипы), направленные на решение социально-значимых проблем, некоторые из работ в дальнейшем развиваются в серьезные проекты. Поэтому изучение теоретического и практического материала по теме экспертных систем очень важно при обучении и развитии IT-специалиста.

В рамках дипломной работы были решены следующие задачи:

- исследован рынок продуктов детского питания;
- проведена оценка структурированности соответствующих товаров в популярных Интернет-магазинах;
- рассмотрена способность и качество самостоятельного подбора продуктов детского питания (без эксперта или какой-либо системы);
- составлена классификация продуктов детского питания, выстроить иерархию вопросов для разных классов, обеспечивающую получение достаточной информации для подбора товаров;
- разработаны тестовые задания для оценки рассматриваемой области;
- составлена база продуктов детского питания на основе ассортимента популярных Интернет-магазинов, структурировать ее согласно полученной иерархии вопросов;
- выбран метод реализации экспертной системы, позволяющий обеспечить простой, интуитивно понятный интерфейс;

- разработан дизайн приложения, в которое встроена экспертная система;
- реализована программа, осуществляющую подбор продуктов детского питания с учетом состояния здоровья ребенка и предпочтения родителей;
- частично протестирована система с использованием различных техник тестирования;
- проведена оценка эффективности работы программы в сравнении ситуации самостоятельного подбора и подбора с помощью консультанта магазина.

Полный код приложения прилагается к бакалаврской работе на дисковом носителе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Остроух, А. В.* Интеллектуальные системы / А. В. Остроух. — Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. — С. 110.
- 2 *Чанышев, О. Г.* Введение в ИИ: от психофизиологической проблемы до экспертных систем. Лекция 8 / О. Г. Чанышев. — Омск, 2004. — С. 9.
- 3 *Попов, Э. В.* Экспертные системы. Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ / Э. В. Попов. — Москва: Наука, 1987. — С. 288.
- 4 Экспертные системы: структура и классификация [Электронный ресурс]. — URL: [http://dit.isuct.ru/IVT/BOOKS/IS/IS1/inform/glaves2/glava16/gl\\_16\\_2.htm](http://dit.isuct.ru/IVT/BOOKS/IS/IS1/inform/glaves2/glava16/gl_16_2.htm) (Дата обращения 06.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.
- 5 *Муромцев, Д. И.* Разработка экспертных систем в Drools Guvnor / Д. И. Муромцев, М. А. Колчин. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. — С. 54.
- 6 *Загоруйко, Ю. А.* Искусственный интеллект. Инженерия знаний / Ю. А. Загоруйко, Г. Б. Загоруйко. — Москва: Юрайт, 2018. — С. 93.
- 7 *Гаврилова, Т. А.* Базы знаний интеллектуальных систем: учебное пособие / Т. А. Гаврилова, С. В. Хорошевский. — Питер: Санкт-Петербург, 2006. — С. 382.
- 8 *Морозова, В. А.* Представление знаний в экспертных системах / В. А. Морозова, В. И. Паутов. — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. — С. 120.
- 9 *Долженко, А. И.* Управление знаниями: учебное пособие / А. И. Долженко. — Ростов-на-Дону, 2015. — С. 103.
- 10 *Сороколетов, П. В.* Анализ, проблемы и состояние моделей представления знаний в системах принятия решений / П. В. Сороколетов // *Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы.* — 2006. — № 4. — С. 16–24.
- 11 *Мендельсон, Э.* Введение в математическую логику / Э. Мендельсон. — Москва: Наука, 1971. — С. 320.
- 12 *Nilson, N. J.* Problem-solving methods in artificial intelligence / N. J. Nilson. — McGraw-Hill: 1st edition, 1971. — P. 256.

- 13 РАЦИОНАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ДЕТЕЙ – ЗАЛОГ КРЕПКОГО ЗДОРОВЬЯ [Электронный ресурс].— URL: <http://86.rospotrebnadzor.ru/news/racionalnoe-pitanie-detej-\T2A\textendash-zalog-krepkogo-zdorovya> (Дата обращения 08.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.
- 14 *Лагоха, А. С.* Формализация предметной области как базовый элемент реализации IT-проектов / А. С. Лагоха. — Барнаул: ФГБОУ ВО «АлтГПУ», 2019. — С. 46.
- 15 Справочник Python [Электронный ресурс].— URL: <https://docs-python.ru/standart-library/modul-random-python/funktsija-random-choices/> (Дата обращения 09.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.
- 16 *Силаенков, А. Н.* Формализация предметной области как базовый элемент реализации IT-проектов / А. Н. Силаенков. — Издательство ОмГту: ФГБОУ ВО «АлтГПУ», 2006. — С. 180.
- 17 *Козлов, А. Н.* Интеллектуальные информационные системы / А. Н. Козлов. — Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. — С. 278.
- 18 Цветовая схема приложения - 14 трендовых вариантов [Электронный ресурс].— URL: <https://webdevnet.ru/14-color-schemes-for-mobile-app/> (Дата обращения 10.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.
- 19 Control.Visible Свойство [Электронный ресурс].— URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.windows.forms.control.visible?view=windowsdesktop-6.0> (Дата обращения 12.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.
- 20 LibTime - Преимущества экспертных систем [Электронный ресурс].— URL: <https://libtime.ru/expertsystems/preimuschestva-ekspertnyh-sistem.html> (Дата обращения 14.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.
- 21 Интеллектуальные задачи в экономике [Электронный ресурс].— URL: [https://intuit.ru/studies/mini\\_mba/18762/courses/977/lecture/14689?page=8](https://intuit.ru/studies/mini_mba/18762/courses/977/lecture/14689?page=8) (Дата обращения 16.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.

- 22 Тест-дизайн. Техника попарного тестирования [Электронный ресурс]. — URL: <https://sedtest-school.ru/test-design/test-dizajn-tehnika-poparnogo-testirovaniya/> (Дата обращения 19.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.
- 23 Экспертные системы в технологии как класс интеллектуальных систем [Электронный ресурс]. — URL: <https://intuit.ru/studies/courses/651/507/lecture/11533> (Дата обращения 24.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.