ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В МЕДИЦИНЕ: ПРАВОВЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

*Скворцова М.А., Вишневская Ю.А., Писарев А.В.**

Ключевые слова: *экспертная информационная система, рекомендательная система, телемедицина, проектирование, Android, мобильное приложение, правовые акты, правовые документы, диагностика, правильное питание, диета, пищеварительная система.*

Аннотация.

Цель: *совершенствование научно-методической базы теории прикладных экспертных информационных систем.*

Методы: *информационный анализ, экспертное оценивание, аналитические методы описания требований к системе.*

Результаты: *исследованы основные подходы к проектированию экспертных и рекомендательных систем в области разработки гибридной экспертной информационной системы (ЭИС) помощи пациентам с заболеваниями желудочно-кишечного тракта и сопутствующих заболеванию кишечника; предложена продуктивная классификация экспертных систем; проанализированы основные алгоритмы проектирования рекомендательных и экспертных систем; рассмотрен алгоритм разработки экспертных систем; проанализированы основные алгоритмы формирования диет для заболеваний пищеварительной системы и разработан обобщенный алгоритм формирования индивидуального плана питания; обоснованы функциональные требования к проектируемой ЭИС; разработана диаграмма использования и взаимодействия пользователя и ЭИС; на основе анализа нормативных правовых актов проверено соответствие проектируемого мобильного приложения действующей правовой системе Российской Федерации; в качестве примера разработан сценарий взаимодействия пользователя и ЭИС.*

DOI: 10.21681/1994-1404-2020-2-71-81

Введение

В настоящее время в связи с активным развитием информационных технологий и непрерывным совершенствованием медицины и телемедицины, в частности, большое распространение получили мобильные приложения, направленные на консультации пользователей в различных медицинских аспектах. В сети Интернет можно найти справочные системы поиска лекарств или врачей, диагностические приложения, справочники для оказания первой помощи и др. Помимо информационных систем, помогающих пользователям в медицинском отношении, существует множество мобильных приложений по формированию диет, счету калорий и планированию спортивного питания и др.

Однако не известно приложение, которое совмещало бы в себе как медицинское направление, так и подбор плана питания. Подобная *экспертная информационная система* (ЭИС) [8], возможно, решила бы ряд проблем жизнедеятельности людей, страдающих хроническими заболеваниями желудочно-кишечного тракта.

По статистике почти 89% населения планеты имеет патологии в желудочно-кишечном тракте[1]. У каждого 30-летнего жителя наблюдается хотя бы одно заболевание пищеварительной системы[2]. В связи с подобной

[1] *См.*: Overview of the Digestive System. [Электронный ресурс]. URL: https://courses.lumenlearning.com /boundless-ap/chapter/ (дата обращения 01.03.2020).

[2] Официальная страница «JKTGURU.ru – информационный портал на тему здоровья желудочно-кишечного тракта» . – URL: https://vrbiz.ru/ (заболевания ЖКТ).

* ***Скворцова Мария Александровна,*** *старший преподаватель Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Российская Федерация.*

Вишневская Юлия Александровна, *магистрант Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Российская Федерация.*

Писарев Александр Владимирович, *студент Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Российская Федерация.*

E-mail: magavrilova@bmstu.ru

статистикой развития заболеваний возникает *задача* формирования плана питания для больных людей. Данную задачу можно решить при помощи соответствующей ЭИС, которая позволила бы пользователям формировать индивидуальный план питания на основе их личных вкусов, рекомендаций врачей, диагноза и предыдущего опыта работы с другими людьми, имеющими похожие предпочтения [6, 11, 20].

Заметим, что ни одно публичное приложение не может проектироваться без учета нормативных правовых актов, регулирующих такие аспекты, как использование персональных данных пользователя, его *информационная безопасность* и защита пертинентной информации. Подобные нормативные правовые акты имеют большое влияние на формирование требований к разрабатываемой ЭИС. В связи с необходимостью обеспечения соответствия разрабатываемого приложения законодательству следует выявить основные нормативные правовые акты Российской Федерации, которые должны быть изучены и приняты во внимание.

Для создания эффективной ЭИС необходимо использование интеллектуальных методов, а также методов машинного обучения. Также в подобную интеллектуальную ЭИС необходимо заложить возможность работы с большими данными, поскольку формирование рекомендаций для пользователей, в первую очередь, основывается на наличии обширной базы данных знаний (БДЗ) [8] с вариантами планов питания и рецептами блюд.

Классификация и методическая последовательность разработки ЭИС

При обосновании требований к проектируемой интеллектуальной ЭИС необходимо учитывать требования, предъявляемые к интеллектуальным и рекомендательным системам в целом. Проектируемая система относится к классу интеллектуальных, поскольку должна обладать возможностями накапливать и получать новые знания и осуществлять рассуждения, характерные для человека. Существует несколько типов интеллектуальных систем: системы с коммутативными способностями; экспертные системы; самообучающиеся системы; адаптивные системы[3] (*рис*. 1) [2, 9, 16].

Проектируемая ЭИС в соответствии с поставленной целью должна совмещать в себе как принципы работы экспертных, так и самообучающихся (рекомендательных) систем. Таким образом, разрабатываемую ЭИС формирования индивидуального плана питания можно отнести к классу *гибридных* ЭИС в силу объединения признаков двух названных типов систем [14, 16, 19, 21].

Для проектирования ЭИС необходимо пройти несколько основных *этапов*, включая: выбор предметной области, извлечение знаний, выбор инструментальных средств проектирования, формализация знаний в виде машинных процедур, построение БДЗ, разработка семантического интерфейса, разработка механизма логического вывода, разработка метода объяснений, разработка модуля накопления знаний и манипулирования со знаниями[4].

На этапе выбора предметной области решается ряд задач, связанных с оценкой предметной области на достоверность и полноту накопления знаний, определяются источники знаний, а также формы представления и преобразования семантической информации, которые будут использованы в разрабатываемой ЭИС. *Предметной областью* текущего исследования является медицина. На данном этапе рассматриваются основные причины патологий и болезней желудочно-кишечного тракта человека, изучается строение пищеварительной системы, описываются основные требования и рекомендации к составлению диеты и правильного питания для человека с проблемами пищеварения.

Также в процессе исследования предметной области разрабатывается классификация основных свойств пищеварительной системы для формирования плана индивидуального питания, описываются основные стадии процесса принятия диагностического решения [10, 12].

После определения и оценки предметной области формируются цели и задачи, которые решаются посредством ЭИС с функциональной точки зрения. На завершающем шаге данного этапа происходит определение структуры и обобщенного алгоритма функционирования ЭИС.

Следующий этап извлечения знаний предназначен для сбора информации, необходимой для обеспечения ЭИС знаниями и данными, а также для определения уровней детализации и способов представления знаний [1, 8].

Далее осуществляется выбор инструментальных средств проектирования на основе решений, принятых на предыдущих этапах, формирование БДЗ и разработка пользовательского интерфейса со сценарием взаимодействия «ЭИС – Пользователь».

Одним из основных и самых трудоёмких этапов является разработка механизма логического вывода, поскольку он обеспечивает реализацию стратегии выбора соответствующего правила или факта. Механизм логического вывода должен содержать четыре основных процесса [5, 12]:

- *выбор активных фактов и правил* – формирование предпочтений пользователя, его диагноза, рекомендаций врача и самой ЭИС;
- *сопоставление* – определение возможных вариантов плана питания на основе полученных фактов;
- *разрешение конфликтов* – выбор оптимальных компонентов для формирования плана питания;

[3] Остроух А. В. Интеллектуальные системы: Учеб. пособие. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. – 110 с.

[4] Пугачев Е. К. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Проектирование интеллектуальных систем». Часть 2. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 55 с.

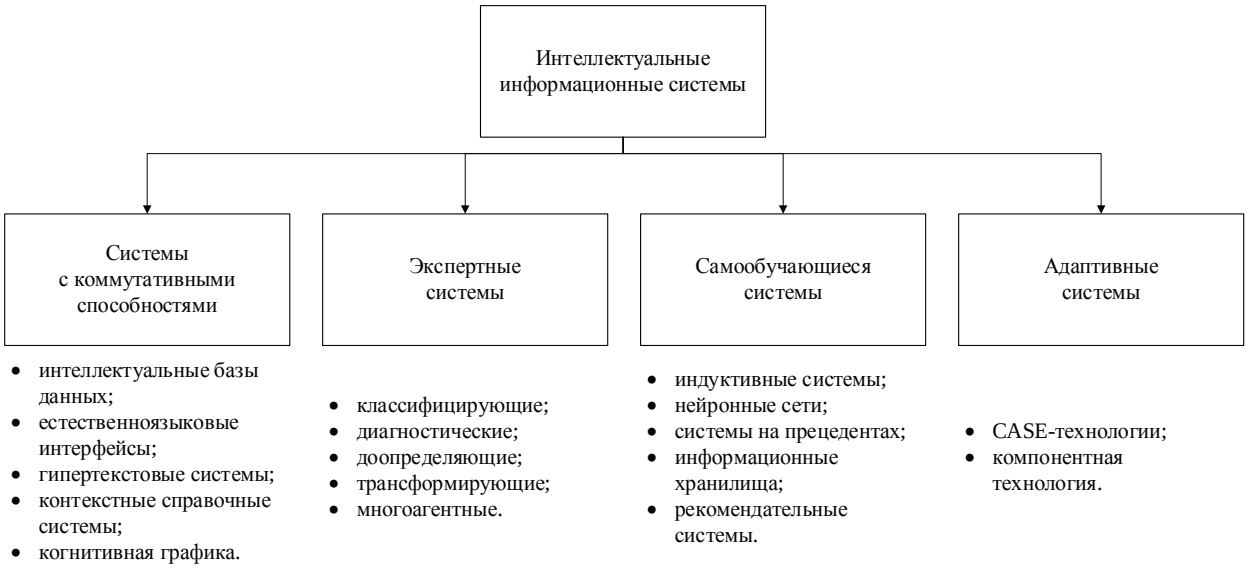

Рис. 1. Классификация интеллектуальных информационных систем

– *выполнение выбранного означенного правила* – формирование непосредственно самого индивидуального плана.

Два заключительных этапа (разработка модулей объяснений и накопления знаний) позволяют сделать ЭИС простой и понятной для пользователя и автоматизировать процесс наполнения и актуализации БД3.

Алгоритмы разработки ЭИС

Среди ЭИС выделяется две основных и самых популярных, реализующих алгоритмы: контентной фильтрации *(content-based filtering)* и коллаборативной фильтрации (*collaborative filtering*)[5].

Контентная фильтрация формирует рекомендацию на основе поведения пользователя, т.е. пользователю рекомендуются объекты, схожие с теми, которые он уже выбирал ранее[6]. Степень «похожести» оценивается по признакам содержимого объектов. Минусом такого вида рекомендательных ЭИС является сильная зависимость от предметной области и низкая степень увеличения числа рекомендаций.

Коллаборативная фильтрация вырабатывает рекомендации, основанные на модели предшествующего поведения пользователя [19]. Такая модель строится либо на основе поведения одного пользователя (аналогично контентной фильтрации), либо учитывает поведение нескольких пользователей системы со сходными характеристиками. Часто для рекомендации используются оценки предыдущих выборов пользователя как им самим, так и другими пользователями. Такой подход к рекомендациям является более эффективным, однако существенным минусом является необходимость сбора большого количества данных и знаний перед началом работы системы.

Для описания алгоритма работы рекомендательной ЭИС необходима предварительная формализация применительно к задаче формирования индивидуального плана питания. Например, пусть существует множество пользователей системы $(u \in U)$, множество объектов $(o \in O)$ – рецептов блюд, которые могут понравиться пользователю, и множество событий $(\{r_{uo}, u, o, d, rd\} \in D)$ – действий, которые пользователи совершают с объектами. Каждое событие формируется непосредственно пользователем, объектом и результатом данного события (r_{uo})[7]. При необходимости событие должно учитывать также диагноз пользователя и замечания врача.

Для формирования рекомендации следует учитывать:

предсказание предпочтения:

$\widehat{r_{uo}} = Predict\ (u,o,...) \approx r_{uo}$;

персональные рекомендации:

$(u \mapsto (o_1,...,o_k) = Recommend\ K(u,...)$;

похожие объекты:

$u \mapsto (o_1,...,\ o_m) = Similar\ M(o)$.

Для осуществления трех выявленных шагов можно использовать следующие три известных алгоритма: кластеризация пользователей, *user-based*, *object-based* [19].

Первый алгоритм основан на принципе того, что похожим пользователям (с одинаковыми предпочтениями и диагнозом) нравятся похожие объекты. Однако данный алгоритм не дает возможности формировать рекомендации для пользователей с нетипичными вкусовыми предпочтениями или уникальным диагнозом.

Второй алгоритм работает по аналогичному принципу, но с учетом оценок предыдущих планов питания

[5] *См.*: Официальная страница «IBM. Open source». – URL: https://www.ibm.com/ru (дата обращения 06.03.2020).

[6] *См.*: Официальная страница «Как работают рекомендательные системы. Лекция в Яндексе». – URL: https://habr.com/ru/company/yandex/blog/241455/ (дата обращения 06.03.2020).

[7] Там же.

для разных типов пользователей. Однако появляется дополнительный минус при подобной реализации – новые объекты, добавленные при актуализации БДЗ, не будут рекомендованы пользователю.

Третий алгоритм использует ориентацию непосредственно на объекты – блюда, которые можно рекомендовать пользователю, т.е. пользователь получает рекомендацию на основе рецептов, которые получили его высокую оценку ранее. Помимо отсутствия в рекомендациях новых объектов, данный алгоритм выдает наиболее тривиальные рецепты и практически не расширяет количество блюд.

Таким образом, данные простейшие алгоритмы имеют ряд общих *недостатков*:

- отсутствие возможности формирования рекомендаций для нетипичных пользователей;
- отсутствие новых рекомендаций при актуализации БДЗ;
- необходимость хранения в БДЗ всех оценок пользователей.

Для устранения выявленных недостатков можно использовать известный алгоритм[8] SVD, основанный на сингулярном разложении матрицы: для любой матрицы A размера $n \times m$ существует разложение в произведение трех матриц: U, Σ, V^T в виде:

$$A_{n \times m} = U_{n \times n} \times \Sigma_{n \times m} \times V^T_{m \times m},$$

где матрицы U и V – ортогональные, а Σ – диагональная неквадратная матрица.

Для предсказания оценки пользователя U для блюда O, необходимо взять вектор набора параметров для текущего пользователя p_u и вектор параметров для данного блюда q_o. Их скалярное произведение и будет требуемым предсказанием[9]:

$$\widehat{r_{uo}} = < p_u, q_o >.$$

Помимо предсказания оценок данный алгоритм позволяет выявлять скрытые признаки объектов и интересы пользователей. Однако он не может быть реализован в полной мере без использования *машинного обучения*.

Среди свойств рекомендаций при реализации ЭИС следует учитывать не только *качество* ранжирования, основанное на оценках пользователей, но и *разнообразие* (различные виды блюд и рецептов), *новизну* (рекомендация не только самых популярных, но и новых блюд), н*еожиданность* (постоянные рекомендации популярных рецептов могут стать для пользователя тривиальными).

С учетом особенностей рассмотренных алгоритмов разработки экспертных и рекомендательных систем обоснованы функциональные требования к проектируемой ЭИС формирования индивидуального плана питания для людей с проблемами пищеварения.

[8] См.: Зорич В. А. Математический анализ. Часть I. – 6-е изд. – М.: МЦНМО, 2012 – 711 с.

[9] Там же.

Требования к функциям и средствам создаваемой ЭИС

Перед формированием требований к функциям создаваемой ЭИС было проведено исследование возможности её разработки, решена задача классификации свойств пищеварительной системы и выявления зависимостей влияния компонентов питания на данные свойства. В соответствии с проведенным исследованием была определена цель создания ЭИС и основные задачи [17].

Целью создания ЭИС для помощи лицам с заболеваниями желудочно-кишечного тракта является формирование индивидуального плана питания для пользователя на основе его диагноза, личных вкусовых предпочтений, рекомендаций врача и накопленного опыта при работе с другими людьми. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач, которые будет решать мобильное приложение и которые позволят спроектировать функционально полную ЭИС:

- спроектировать БДЗ, которая позволит обеспечить формирование плана питания путем поиска рекомендаций и взаимосвязей между компонентами питания, заболеваниями и личными вкусовыми предпочтениями пользователя;
- разработать простой и интуитивно понятный интерфейс, который позволит пользователю работать с ЭИС без обладания специальными профессиональными навыками в области программирования;
- разработать алгоритм формирования индивидуального плана питания на основе алгоритмов, используемых для создания интеллектуальных систем;
- предоставить возможность пользователю оценивать сформированные планы питания и предлагаемые системой рекомендации для обеспечения оптимальной работы алгоритма коллаборативной фильтрации;
- обеспечить накопление и хранение данных, а также предусмотреть возможность работы ЭИС с большими данными;
- учесть особенности законодательства Российской Федерации при разработке и функционировании системы.

В соответствии со спецификой решаемых задач необходимо обеспечить выполнение следующих *требований* к разрабатываемой ЭИС:

1. *Требования к инструментальным средствам проектирования ЭИС*

Разрабатываемая ЭИС предполагает постоянный доступ к индивидуальному плану питания для пользователя с заболеваниями желудочно-кишечного тракта. Поскольку для людей с подобными проблемами пищеварительной системы является нормальным потребление пищи каждые 5 – 6 *час.*, ЭИС должна функционировать на мобильном устройстве и предоставлять

свободный доступ пользователю к сформированному плану, возможностям его корректировки и оценке рекомендаций.

По данным интернет-издания *iXBT.com,* за последнее пятилетие общая доля на рынке мобильных устройств на базе платформы *Android* составила 85,9%[10]. Таким образом, представляется целесообразным реализовать ЭИС на базе данной платформы, поскольку это сможет сделать приложение доступным для большинства пользователей мира.

В качестве средств реализации мобильного приложения можно использовать такие языки разработки, как:

Java – объектно-ориентированный язык для написания нативных (системно-ориентированных) продуктов (для *Android*-систем)[11];

Python – язык разработки, предоставляющий большое количество готовых библиотек для работы с машинным обучением и рекомендательными системами[12];

Elasticsearch – поисковая система, написанная на языке разработки *Java* и хранящая данные в формате *JSON* – как инструмент работы с БДЗ;

PostgreSQL – объектно-реляционная СУБД, позволяющая работать с большими данными и *NoSQL*[13].

2. *Требования к базе данных и знаний*

Одним из основных требований к БДЗ является возможность потенциальной работы с большими данными, поскольку перед ЭИС стоит задача формирования индивидуального плана питания, опираясь на уже сформированные знания о возможных рационах, предпочтения самого пользователя, накопленный ранее опыт и постановление врача. Все перечисленные аспекты предполагают большое количество условий, симптомов и различных компонентов питания, блюд и продуктов, поэтому заложить возможность работы с большими данными является одним из главных требований проектируемой ЭИС.

Также БДЗ должна предусматривать возможность формирования зависимостей между личными предпочтениями пользователя, его диагнозом, комментариями врача и продуктами питания, которые можно будет выделить в качестве допустимых в процессе формирования индивидуального плана питания. Помимо связи предпочтений и продуктов, необходимо предусмотреть возможность поиска зависимостей непосредственно продуктов и рецептов готовых блюд, а также учета рекомендаций, сформированных на основе оценок пользователей.

Для реализации функции накопления знаний необходимо учесть возможность расширения БДЗ и возможности изменения её структуры. Данное требование указывает на необходимость создания наиболее универсальной структуры БДЗ, которая позволит максимально долго расширять и совершенствовать знания об ЭИС без изменения реализации и вмешательства в код приложения.

3. *Требования к интерфейсу пользователя*

Интерфейс данного приложения, как и интерфейс любой системы, должен быть простым и интуитивно понятным для пользователя, содержать графические элементы и возможность сенсорного управления, с учетом специфики мобильного приложения[14].

Для обеспечения конфиденциальности информации и возможности хранения истории работы пользователя с ЭИС необходимо предусмотреть возможность создания учетной записи и авторизации в приложении.

Для удобства использования ЭИС необходимо предусмотреть пошаговый алгоритм работы с приложением: выбор диагноза, ввод личных вкусовых предпочтений и комментариев врача, просмотр сформированного индивидуального плана, возможность просмотра его в любой момент времени, возможность оценки отдельных блюд и плана в целом и другие ключевые функции работы программы [18, 20].

4. *Требования к механизму логического вывода*

Механизм логического вывода должен получать в качестве входных параметров 4 основных элемента: диагноз пользователя; комментарии врача; список личных вкусовых предпочтений; рекомендации, сформированные ЭИС на основе данных пользователя.

На основании входных данных механизм логического вывода должен произвести выбор активных фактов и правил и определить наиболее приоритетные из них. Механизм логического вывода должен управляться при помощи механизма прямого порядка вывода. По окончании работы механизма логического вывода пользователь должен получить сформированный на основе входных данных план индивидуального питания на заданный им срок [3, 4].

5. *Требования к алгоритму рекомендаций*

В качестве базового алгоритма ЭИС можно использовать алгоритм *SVD*, позволяющий избежать ключевых недостатков при формировании рекомендаций блюд для пользователя. Также при реализации алгоритма рекомендаций необходимо учесть дополнительные свойства: новизну, неожиданность и разнообразие.

Результатом работы алгоритма должен быть перечень блюд и возможных планов питания, которые могут быть интересны текущему пользователю.

[10] *См.*: Официальная страница «iXBT» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ixbt.com (дата обращения 06.03.2020).

[11] *См.*: Официальная страница «Build anything on Android». – URL: https://developer.android.com/ (дата обращения 12.02.2020).

[12] *См.*: Официальная страница «Get Started with Elasticsearch». – URL: https://www.elastic.co/ (дата обращения 06.03.2020).

[13] *См.*: Официальная страница «PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database». – URL: https://www.postgresql.org/ (дата обращения 06.03.2020).

[14] Иванова Г. С. Технология программирования: Учебник. – М.: КНОРУС, 2016. – 334 с.

6. Требования к модулям объяснения и накопления знаний

Для обеспечения накопления знаний и более грамотного формирования результата, представляемого пользователю, необходимо предусмотреть сохранение знаний в БДЗ, что позволит в последующей работе приложения опираться на опыт, имеющийся при более раннем использовании.

Для формирования модуля объяснения необходимо наличие раздела с содержанием принципов и алгоритмов работы ЭИС на простом языке, понятном пользователю, не являющемуся экспертом в областях медицины и программирования. Для более корректного формирования плана необходимо предусмотреть возможность его корректировки для случаев, когда некоторый рекомендованный продукт или блюдо не подходят пользователю для питания, а также возможности оценки блюд и планов в целом.

Правовое регулирование отношений на рынке мобильных приложений

Для определения нормативной правовой базы необходимо уточнить, что разрабатываемое мобильное приложение рассматривается именно как программа, а не как средство массовой информации. Разрабатываемое приложение не может классифицироваться как СМИ, так как это следует из следующего правового определения: «под средством массовой информации понимается периодическое печатное издание, сетевое издание, телеканал, радиоканал, телепрограмма, радиопрограмма, видеопрограмма, кинохроникальная программа, иная форма периодического распространения массовой информации под постоянным наименованием (названием)»[15]. Данное разделение имеет ключевое значение, так как приложение, имеющее статус СМИ, подпадало бы под большой перечень нормативных правовых актов, что значительно бы усложнило процесс его разработки.

Особенностью разработки мобильного приложения на территории Российской Федерации является то, что не существует отдельного закона регулирующего именно мобильные предложения. Однако подобные программы подпадают под действие информационного федерального законодательства.

Исходя из легального определения информационной системы: «информационная система – совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств», можно сделать вывод о том, что информация, которая будет использована в ходе функционирования приложения, подпадает под действие Федерального закона от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ[16]. Данный факт означает, что разработчики программы будут вынуждены «принимать меры по защите информации» и «ограничивать доступ к информации, если такая обязанность установлена федеральными законами».

Кроме того, в связи с требованиями Федерального закона «О персональных данных»[17], возникает необходимость получения «согласия субъекта на обработку его персональных данных», что, в свою очередь, влечёт необходимость разработки специального соглашения. Данное соглашение должно быть предоставлено пользователю к ознакомлению в полном виде при регистрации в приложении. Постановка символической отметки в соответствующей графе будет означать согласие получателя на обработку его персональных данных.

В результате проведённого анализа нормативной правовой базы, можно сделать вывод о том, что создание разрабатываемого приложения не будет противоречить действующему информационному законодательству Российской федерации, если будут соблюдены перечисленные правовые предписания.

Описание сценария формирования индивидуального плана питания

В ЭИС предполагается наличие одного типа пользователя – человека, заинтересованного в формировании индивидуального плана питания с учетом его диагноза и личных вкусовых предпочтений. Описание типичного хода событий для формирования индивидуального плана питания представлено в табл. 1.

Варианты альтернативного хода событий для формирования индивидуального плана питания представлены в табл. 2 – 5.

На рис. 2 представлена обобщенная диаграмма вариантов использования ЭИС для формирования индивидуального плана питания пользователя [4].

Обобщенный алгоритм формирования индивидуального плана питания

Ключевым алгоритмом приложений в экспертных системах является механизм логического вывода, поэтому именно он будет отвечать за формирование индивидуального плана питания для пользователей с заболеваниями желудочно-кишечного тракта.

Как уже говорилось, механизм логического вывода должен получить в качестве входных параметров 4 основных элемента: диагноз пользователя, комментарии врача, список личных вкусовых предпочтений, рекомендации, сформированные системой на основе

[15] *См.*: Закон Российской Федерации от 27 декабря 1991 г. № 2124-1 (ред. от 02.12.2019) «О средствах массовой информации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1511/ (дата обращения 04.03.2020).

[16] *См.*: Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ (последняя редакция). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_ doc_LAW_61798/ (дата обращения 04.03.2020).

[17] *См.*: Федеральный закон «О персональных данных» от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ (последняя редакция). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения 04.03.2020).

Таблица 1

Типичный ход событий для формирования индивидуального плана питания

Действия пользователя	Отклик системы
1. Пользователь авторизуется в приложении при помощи своей учетной записи.	2. Система находит текущего пользователя в БДЗ пользователей. 3. Система авторизует пользователя и переводит его в главное окно приложения.
4. Пользователь вводит диагноз и комментарии врача в соответствующих полях ввода и нажимает на кнопку перехода к следующему шагу.	5. Система запоминает введенные пользователем данные и переводит его ко второму шагу введения личных вкусовых предпочтений.
6. Пользователь вводит вкусовые предпочтения: любимые блюда, продукты и возможные ограничения в питании и нажимает кнопку перехода к следующему шагу.	7. Система запоминает данные, введенные пользователем. 8. Система запускает алгоритм формирования рекомендаций. 9. Система выводит рекомендации, полученные в результате обработки данных от пользователя.
10. Пользователь выбирает походящие ему блюда и продукты из выведенных рекомендаций и нажимает кнопку перехода к следующему шагу.	11. Система запоминает данные, выбранные пользователем, и выводит поле выбора срока, на который должен быть сформирован план питания.
12. Пользователь вводит срок и нажимает кнопку формирования плана питания.	13. Система запускает механизм логического вывода, который формирует индивидуальный план питания для пользователя. 14. Система выводит полученный план питания на заданный срок.
15. Пользователь просматривает сформированный план и сохраняет его в разделе своих индивидуальных планов питания.	16. Система сохраняет сформированный план в требуемом разделе.

Таблица 2

Альтернативный ход событий – авторизация

Действия пользователя	Отклик системы
1. Пользователь авторизуется в приложении при помощи своей учетной записи.	2. Система не находит текущего пользователя в БДЗ пользователей. 3. Система выводит сообщение об отсутствии пользователя в БДЗ и предлагает пройти регистрацию.
4. Пользователь переходит в раздел регистрации и регистрируется в системе.	5. Система вносит данные о пользователе в БДЗ и переводит его в режим авторизации.
6. Пользователь авторизуется в системе.	*Система переходит к шагу 3 типичного хода событий.*

Таблица 3

Альтернативный ход событий – корректировка плана

Действия пользователя	Отклик системы
4. Пользователь переходит в раздел своих индивидуальных планов питания.	5. Система выводит пользователю все его планы.
6. Пользователь выбирает один из своих планов и нажимает на кнопку редактирования.	7. Система переходит в режим редактирования плана.
8. Пользователь изменяет входные параметры.	*Система переходит к шагу 7 типичного хода событий.*

Таблица 4

Альтернативный ход событий – отклонение плана

Действия пользователя	Отклик системы
15. Пользователь просматривает сформированный план и при наличии разногласий отклоняет его.	16. Система выводит сообщение о возможности повторного формирования плана. 17. Система переводит пользователя к первому этапу формирования плана *(смотри шаг 3 типичного хода событий)*.

Таблица 5

Альтернативный ход событий – возврат к предыдущему шагу

Действия пользователя	Отклик системы
6-12. На любом этапе формирования плана питания пользователь может нажать кнопку возврата к предыдущему этапу для внесения изменений в веденные данные.	5-12. Система должна вернуть пользователя к предыдущему этапу для возможности корректировки введенных им входных параметров.
4-12. Пользователь изменяет введенные им ранее данные.	5-12. Система удаляет старые, запоминает новые данные и переходит к следующему этапу работы.

Рис. 2. Обобщенная диаграмма вариантов использования ЭИС

данных пользователя. Каждый из параметров должен иметь свой приоритет, например: диагноз пользователя будет иметь больший вес при формировании плана, чем рекомендации, сформированные ЭИС, однако рекомендации и личные вкусовые предпочтения могут в некоторых случаях быть приоритетнее, чем комментарии врача.

На основании полученных данных механизм логического вывода должен сформировать перечень активных фактов и правил, которые будут использоваться им при сопоставлении, т.е. на этапе определения приоритетов каждого правила. В случае возникновения противоречий и спорных ситуаций (например, необходимости, по мнению врача, наличия мясных продуктов в рационе при условии того, что пользователь является вегетарианцем) механизм логического вывода должен разрешить конфликты с учетом приоритетов каждого условия. В ситуации примера приоритет условия «вегетарианец» будет больше, чем комментарий врача «необходимость наличия мясных продуктов», поэтому ЭИС должна найти аналоги таким продуктам, которые подходят людям, не употребляющим мясные изделия [6, 13].

На основании полученного перечня продуктов и рецептов блюд механизм логического вывода должен сформировать индивидуальный план питания для

пользователя на указанный им срок с распределением блюд на завтрак, обед, ужин, а также утренний перекус и полдник (из расчета пятиразового питания). Механизм логического вывода должен управляться при помощи механизма прямого порядка вывода, т.е. заключение о сформированном плане питания должно строиться на основе полученных входных данных, фактов и правил [3, 8].

Помимо прямого порядка вывода необходима стратегия управления выводом, что позволит структурировать процесс вывода и минимизировать время поиска решения. В условиях поставленной задачи в приложении можно использовать стратегию разбиения на подзадачи, а также известный *альфа-бета алгоритмм* [21]. Разбиение на подзадачи позволит в исходной задаче выделить несколько частных задач, результат достижения которых рассматривается как достижение промежуточных целей на пути к общей конечной цели. Данная стратегия широко используется для диагностических систем, к которым можно отнести и проектируемое приложение [15]. Альфа-бета алгоритм позволит уменьшить пространство состояний путем удаления цепочек, не эффективных для поиска успешного решения. Этот алгоритм позволит минимизировать время выявления всех требуемых для работы системы взаимосвязей в базе знаний.

Заключение

Таким образом, проведен анализ основных алгоритмов проектирования двух типов интеллектуальных систем: рекомендательных и экспертных. На основании проведенного анализа определяются основные алгоритмы разработки прикладной ЭИС, формулируются цели и задачи, а также функциональные требования к ней. В процессе формирования требований описываются: инструментальные средства проектирования ЭИС; основной функционал БДЗ и требования к интерфейсу пользователя; требования к алгоритмам рекомендаций и формирования плана питания; основные задачи модулей объяснения и накопления знаний.

Обосновано применение алгоритма *SVD* как оптимального алгоритма формирования рекомендаций при коллаборативной фильтрации, определены входные данные для механизма логического вывода и его основные этапы. А также выявлена необходимость накопления знаний и использования опыта в последующих запросах других пользователей в связи с потенциальной возможностью работы ЭИС на больших объемах данных.

После определения функциональных требований и средств проектирования проведен анализ правового регулирования отношений на рынке мобильных приложений, что позволило определить возможность создания ЭИС в виде мобильного приложения без нарушения российского информационного законодательства.

Разработаны обобщенные алгоритм формирования индивидуального плана питания и сценарий использования ЭИС с описанием некоторых альтернативных действий пользователя и отклика системы на них, а также диаграмма вариантов использования. В результате анализа алгоритмов проектирования интеллектуальных систем определен процесс поэтапного создания мобильного приложения для формирования индивидуального плана питания. Обоснование требований к ЭИС и описание обобщенного алгоритма её работы позволяют завершить первый (теоретико-прикладной) этап разработки мобильного приложения.

Рецензент: ***Федосеев Сергей Васильевич,*** *кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационного права, информатики и математики Российского государственного университета правосудия, г. Москва, Россия. E-mail: fedsergvit@mail.ru*

Литература

1. Авдеенко Т. В., Алетдинова А. А. Цифровизация экономики на основе совершенствования экспертных систем управления знаниями // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10. №. 1. С. 7- 18.
2. Бетанов В. В., Ларин В. К. Построение эффективной экспертной системы баллистико-навигационного обеспечения наземно-космической связи в ГАС РФ «Правосудие» // Правовая информатика. 2017. № 3. С. 50 – 58. DOI: 10.21681/1994-1404-2017-3-50-58.
3. Димитров В. П., Борисова Л. В., Нурутдинова И. Л., Богатырева Е. В. Программная система для ввода экспертных знаний // Вестник Донского ГТУ. 2011. Т. 11. № 1. С. 83 – 90.
4. Зацепин А. С., Ларина Т. А., Зацепина М. А., Асеева Е. В., Качковский М. А. Коморбидная патология органов пищеварения у лиц работоспособного возраста // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. 2019. № 3 (39). С. 84 – 88.
5. Кравченко Т. К. Экспертная система поддержки принятия решений // Открытое образование. 2010. № 6. С. 147 – 156.
6. Крюкова О. А. и др. Использование индивидуально подобранной гипоаллергенной диеты в лечении больных с воспалительными заболеваниями кишечника // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2019. № 2 (162). С. 28 – 35.

7. Крюкова О. А., Матышева Н. Н., Дрыгин А. Н. Применение гипоаллергенных диет в лечении больных с воспалительными заболеваниями кишечника // Медицина: теория и практика. 2019. Т. 4. № 1. С. 205 – 213.
8. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. М.: Наука, 2005. 248 с. ISBN 5-02-033779-X.
9. Ловцов Д. А., Сергеев Н. А. Информационно-математическое обеспечение управления безопасностью эргатических систем. III. Экспертная информационная система // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информ. процессы и системы. 2001. № 11. С. 23 – 30.
10. Назаров К. В., Варламов О. О. Разработка методики создания верифицируемых моделей для миварных экспертных систем // T-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. 2017. Т. 11. № 4. С. 64 – 71.
11. Орлова М. Роль диетического питания в профилактике и лечении гастрита // Актуальные вопросы современной медицины. 2019. – С. 39.
12. Размахнина А. Н., Баженов Р. И. О применении экспертных систем в различных областях // Постулат. 2017. № 1. С. 1 – 8.
13. Семенова Е. А., Орешко Л. С., Шомин А. В. Аглютеновая диета: преимущество и риски // Вестник «Биомедицина и социология». 2019. Т. 4. № 1. С. 70 – 73.
14. Скворцова М. А., Терехов В. И. Разработка системы поддержки принятия решения оценки рисков и угроз национальной безопасности // Правовая информатика. 2018. – № 4. С. 24 – 34. DOI: 10.21681/1994-1404-2018-4-24-34.
15. Сухарева М. А., Виниченко М. В. Построение экспертных систем с применением технологий искусственного интеллекта как системы поддержки принятия управленческих решений // Новое поколение. 2019. № 20. С. 77 – 83.
16. Таран М. О., Гапанюк Ю. Е. Архитектура гибридной интеллектуальной информационной системы анализа судебной арбитражной практики // Правовая информатика. 2020. № 1. С. 15 – 25. DOI: 10.21681/1994-1404-2020-1-15-25.
17. Федосеев С. В. Инфологическая модель комплекса средств автоматизации компьютерных деловых игр в экспертной деятельности // Правовая информатика. 2019. № 4. С. 40 – 49. DOI: 10.21681/1994-1404-2019-4-40-49.
18. Чувиков Д. А. Роль экспертной системы с текстовым естественно-языковым интерфейсом общения в повышении эффективности банковского сектора // I-methods. 2019. Т. 11. № 1. С. 29 – 38.
19. Emmert-Streib F., Dehmer M. A Machine learning perspective on Personalized Medicine: an automized, comprehensive knowledge base with ontology for pattern recognition // Machine Learning and Knowledge Extraction. 2019. Т. 1. No 1. P. 149 – 156.
20. Meshalkin V. P., Ivashkin Y. A., Nikitina M. A. Computer multi-agent model of chemico-physiological processes in the human gastrointestinal tract as a living biochemical system // Doklady Akademii nauk. 2019. Т. 484. No 3. P. 303 – 306.
21. Vishnevskaya J. A., Baykov Y. D., Skvortsova M. Study the Possibility of Creating Self-Diagnosis and First Aid System // 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). IEEE, 2019. P. 1897 – 1901.

DESIGNING MEDICAL EXPERT INFORMATION SYSTEMS: LEGAL AND FUNCTIONAL ASPECTS

Maria Skvortsova, *Senior Lecturer at the Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.*

Julia Vishnevskaya, *master's student at the Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.*

Alexandr Pisarev, *student at the Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.*
E-mail: *magavrilova@bmstu.ru*

Keywords*: expert information system, recommender system, telemedicine, design, Android, mobile application, regulatory legal acts, legal documents, diagnostics, proper nutrition, diet, digestive system.*

Abstract.
Purpose of the work: *improving the scientific and methodical base of the theory of applied expert information systems.*
Methods*: information analysis, expert evaluation, analytical methods for describing system requirements.*
Results: *the main approaches to the design of expert and recommendation systems in the field of developing a hybrid expert information system (EIS) of care for patients with diseases of the gastrointestinal tract and concomitant bowel disease*

are investigated; a productive classification of expert systems was given; the basic design algorithms for recommendation and expert systems are analyzed; an algorithm for developing expert systems is discussed; was analyzed the basic algorithms for the formation of diets for diseases of the digestive system and developed a generalized algorithm for the formation of an individual nutrition plan; the base functional requirements for the designed EIS are substantiated; a diagram of the use and interaction of the user and EIS is developed; on the base of the analysis of the main legislative acts the compliance of the designed program to the current legal system of the Russian Federation is checked; as an example, a developed scenario of user and EIS interaction is developed.

References

1. Avdeenko T. V., Aletdinova A. A. Tcifrovizatciia e`konomiki na osnove sovershenstvovaniia e`kspertny`kh sistem upravleniia znaniiami // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. E`konomicheskie nauki. 2017. T. 10. №. 1. C. 7 18.
2. Betanov V. V., Larin V. K. Postroenie e`ffektivnoi` e`kspertnoi` sistemy` ballistiko-navigatcionnogo obespecheniia nazemno-kosmicheskoi` sviazi v GAS RF «Pravosudie» // Pravovaia informatika. 2017. № 3. S. 50 – 58. DOI: 10.21681/1994-1404-2017-3-50-58.
3. Dimitrov V. P., Borisova L. V., Nurutdinova I. L., Bogaty`reva E. V. Programmnaia sistema dlia vvoda e`kspertny`kh znanii` // Vestneyk Donskogo GTU. 2011. T. 11. № 1. C. 83 – 90.
4. Zatcepin A. S., Larina T. A., Zatcepina M. A., Aseeva E. V., Kachkovskii` M. A. Komorbidnaia patologiia organov pishchevareniia u litc rabotosposobnogo vozrasta // Vestneyk meditcinskogo instituta «REAVIZ»: reabilitatciia, vrach i zdorov`e. 2019. № 3 (39). C. 84 – 88.
5. Kravchenko T. K. E`kspertnaia sistema podderzhki priniatiia reshenii` // Otkry`toe obrazovanie. 2010. № 6. C. 147 – 156.
6. Kriukova O. A. i dr. Ispol`zovanie individual`no podobrannoi` gipoallergennoi` diety` v lechenii bol`ny`kh s vospalitel`ny`mi zabolevaniiami kishechnika // E`ksperimental`naia i clinicheskaia gastroe`nterologiia. 2019. № 2 (162). C. 28 – 35.
7. Kriukova O. A., Maty`sheva N. N., Dry`gin A. N. Primenenie gipoallergenny`kh diet v lechenii bol`ny`kh s vospalitel`ny`mi zabolevaniiami kishechnika // Meditcina: teoriia i praktika. 2019. T. 4. № 1. C. 205 – 213.
8. Lovtcov D. A. Informatcionnaia teoriia e`rgasistem: Tezaurus. M.: Nauka, 2005. 248 c. ISBN 5-02-033779-X.
9. Lovtcov D. A., Sergeev N. A. Informatcionno-matematicheskoe obespechenie upravleniia bezopasnost`iu e`rgaticheskikh sistem. III. E`kspertnaia informatcionnaia sistema // Nauchno-tekhnicheskaia informatciia. Ser. 2. Inform. protcessy` i siste¬my`. 2001. № 11. S. 23 – 30.
10. Nazarov K. V., Varlamov O. O. Razrabotka metodiki sozdaniia verifitciruemy`kh modelei` dlia mivarny`kh e`kspertny`kh sistem // T-Comm-Telekommunikatcii i Transport. 2017. T. 11. № 4. C. 64 – 71.
11. Orlova M. Rol` dieticheskogo pitaniia v profilaktike i lechenii gastrita // Aktual`ny`e voprosy` sovremennoi` meditciny`. 2019. – S. 39.
12. Razmakhnina A. N., Bazhenov R. I. O primenenii e`kspertny`kh sistem v razlichny`kh oblastiakh // Postulat. 2017. № 1. C. 1 – 8.
13. Semenova E. A., Oreshko L. S., Shomin A. V. Agliutenovaia dieta: preimushchestvo i riski // Vestneyk «Biomeditcina i sotciologiia». 2019. T. 4. № 1. S. 70 – 73.
14. Skvortcova M. A., Terehov V. I. Razrabotka sistemy` podderzhki priniatiia resheniia ocenki riskov i ugroz natcional`noi` bezopasnosti // Pravovaia informatika. 2018. –№ 4. S. 24 – 34. DOI: 10.21681/1994-1404-2018-4-24-34.
15. Suhareva M. A., Vinichenko M. V. Postroenie e`kspertny`kh sistem s primeneniem tekhnologii` iskusstvennogo intellekta kak sistemy` podderzhki priniatiia upravlencheskikh reshenii` // Novoe pokolenie. 2019. № 20. S. 77 – 83.
16. Taran M. O., Gapaniuk Iu. E. Arhitektura gibridnoi` intellektual`noi` informatcionnoi` sistemy` analiza sudebnoi` arbitrazhnoi` praktiki // Pravovaia informatika. 2020. № 1. S. 15 – 25. DOI: 10.21681/1994-1404-2020-1-15-25.
17. Fedoseev S. V. Infologicheskaia model` kompleksa sredstv avtomatizatcii komp`iuterny`kh delovy`kh igr v e`kspertnoi` deiatel`nosti // Pravovaia informatika. 2019. № 4. C. 40 – 49. DOI: 10.21681/1994-1404-2019-4-40-49.
18. Chuvikov D. A. Rol` e`kspertnoi` sistemy` s tekstovy`m estestvenno-iazy`kovy`m interfei`som obshcheniia v povy`shenii e`ffektivnosti bankovskogo sektora // I-methods. 2019. T. 11. № 1. S. 29 – 38.
19. Emmert-Streib F., Dehmer M. A Machine learning perspective on Personalized Medicine: an automized, comprehensive knowledge base with ontology for pattern recognition // Machine Learning and Knowledge Extraction. 2019. T. 1. No 1. P. 149 – 156.
20. Meshalkin V. P., Ivashkin Y. A., Nikitina M. A. Computer multi-agent model of chemico-physiological processes in the human gastrointestinal tract as a living biochemical system // Doklady Akademii nauk. 2019. T. 484. No 3. P. 303 – 306.
21. Vishnevskaya J. A., Baykov Y. D., Skvortsova M. Study the Possibility of Creating Self-Diagnosis and First Aid System // 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus). IEEE, 2019. P. 1897 – 1901.