

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.056.53

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ СОВРЕМЕННЫХ ЭКСПЕРТНЫХ И РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В СФЕРЕ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ

Вишневская Юлия Александровна, магистрант;

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Писарев Александр Владимирович, студент;

МГЮА (Университет имени О.Е. Кутафина), Москва, Российская Федерация

Аннотация: В настоящее время невозможно представить жизнь без вспомогательных приложений, рекомендательных систем и сайтов, которые позволяют способствовать облегчению повседневных трудностей пользователей. Возможности, предоставляемые такими системами, позволяют человеку грамотно организовать свое время. Целью данной работы является описание методов представления знаний современных экспертных систем, описание методов разработки современных рекомендательных систем, а также описание правового регулирования мобильных приложений в сфере телемедицины. В данной работе проведен анализ основных технологий и методов для рекомендательных и экспертных систем. Рассмотрены алгоритм и основные модели представления знаний экспертных систем. Также рассмотрено три основных метода создания современных рекомендательных систем, уделено внимание правовым аспектам при разработке информационных систем в области телемедицины и рассмотрен аспект причастности проектируемого приложения в дипломной работе к ряду медицинских приложений.

Ключевые слова: диагностика; пищеварительная система; правильное питание; диета; медицина; телемедицина; классификация; желудочно-кишечный тракт; кишечник; печень; желудок.

METHODS AND TECHNOLOGIES OF MODERN EXPERT AND RECOMMENDATION SYSTEMS IN THE FIELD OF TELEMEDICINE

Vishnevskaya Julia Aleksandrovna, master's student;

BMSTU, Moscow, Russia

Pisarev Alexandr Vladimirovich, student;

MSAL, Moscow, Russia

Abstract: Nowadays, it is impossible to imagine life without helper applications, recommendation systems and sites that can help to alleviate the daily difficulties of users. The opportunities provided by such systems allow a person to competently organize their time. The purpose of this work is to describe the methods for representing knowledge of modern expert systems, describe methods for developing modern recommender systems, and also describe the legal regulation of mobile applications in the field of telemedicine. This work analyzes the main technologies and methods for recommendation and expert systems. The algorithm and basic models of knowledge representation of expert systems are considered. Also, 3 main methods of creating modern recommender systems are considered and attention is paid to legal aspects in the development of information systems in the field of telemedicine and the aspect of the involvement of the designed application in the thesis in a number of medical applications is considered.

Keywords: diagnostics; digestive system; proper nutrition; diet; medicine; telemedicine; classification; gastrointestinal tract; intestines; liver; stomach.

Для цитирования: Вишневецкая, Ю. А. Методы и технологии современных экспертных и рекомендательных систем в сфере телемедицины / Ю. А. Вишневецкая, А. В. Писарев. – Текст : электронный // Наука без границ. – 2020. – № 10 (50). – С. 17-26. – URL: <https://nauka-bez-granic.ru/№-10-50-2020/10-50-2020/>

For citation: Vishnevskaya Yu.A., Pisarev A.V. Methods and technologies of modern expert and recommendation systems in the field of telemedicine // Science without borders, 2020, no. 10 (50), pp. 17-26.

Введение

В рамках проектирования гибридной системы по формированию индивидуального плана питания для пользователя, имеющего патологии желудочно-кишечного тракта, возникает необходимость проведения анализа существующих методов создания гибридных систем.

Для создания гибридной системы необходимо использование интеллектуальных методов и методов машинного обучения. Поскольку выбор метода работы с данными и формирования плана питания является наиболее важным решением в процессе проектирования, необходимо рассмотреть возможные методы и технологии создания подобных систем.

Также стоит учесть, что подобное приложение может быть отнесено к сфере оказания медицинских услуг, что непосредственно накладывает на интеллектуальную систему ряд юридических ограничений. В таком случае нормативные правовые акты, связанные с телемедициной, будут иметь большое

влияние на формирование требований. В связи с необходимостью соответствия разрабатываемого приложения правовой системе также учитываются основные нормативные правовые акты Российской Федерации в сфере оказания телемедицинских услуг.

Алгоритмы создания интеллектуальных (экспертных) систем

Экспертная система – это информационная система, которая формально может заменить специалиста в выбранной предметной области. Основное направление деятельности экспертных систем – предсказание результата или решения в рамках конкретного аспекта в некоторой предметной области. Такие интеллектуальные системы часто применяются в различных областях: логистика, диагностика, прогнозирование.

Согласно обобщенной методологии построения экспертных систем, рассмотренных в сборнике научных работ Поспелова Д.А. «Экспертные системы: состояние и перспективы», в общем виде структуру системы можно ото-

бразить в виде схемы, представленной на рис. [1]. Безусловно, экспертные системы могут иметь и более сложную структуру, однако любая экспертная система должна включать в себя 4 обязательных элемента:

1. данные;
2. модель представления данных;
3. база знаний;
4. механизм логического вывода данных (или подсистема вывода).

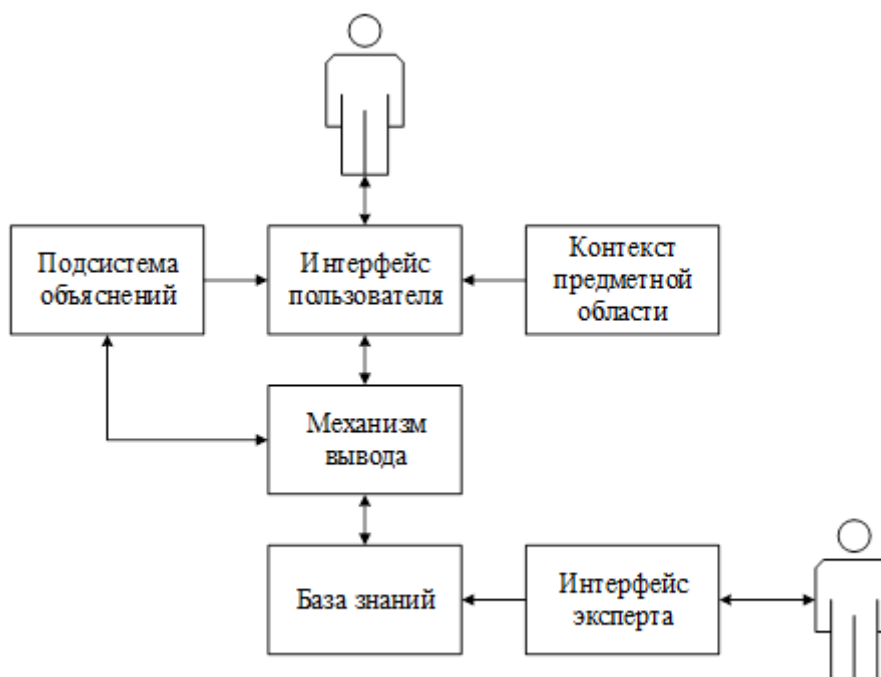


Рисунок – Структура экспертной системы

Данные элементы предоставляют полноценный функционал для создания экспертной системы.

База знаний – это особая база данных, содержащая в себе правила формирования результата и опыт человека, его знания в конкретной области, в рамках которой создается система. Знания являются правилами (законами и закономерностями), которые были приобретены в процессе деятельности множества различных экспертов в рамках некоторой предметной области [2]. Таким образом, база знаний является простым хранилищем взаимосвязей, которые создают факты между поступающими и результирующими данными.

Непосредственно на данные опираются взаимосвязи для предсказания

итогового результата. Группы исходной информации формируют совокупность фактов и идей. Отличие совокупности факторов от классического понятия «данные» в том, что они преподносятся в формальном виде. Одни из сложнейших в реализации – системы, обладающие свойством самообучения, то есть накапливающие новую информацию на основе исходных данных и при этом вносящие новые данные в базу знаний.

Один из элементов экспертной системы – механизм логического вывода. Этот механизм анализирует и предоставляет новые знания при помощи сравнения данных, полученных в процессе исследования предметной области, и правил из базы знаний [3].

Механизм логического вывода дан-

ных формализовано можно представить в виде:

$$\langle F, P, R, D \rangle$$

где:

- F — функционал извлечения фактов и закономерностей из базы знаний;
- P — функционал осуществления проверки правил, результат которой определяет совокупность закономерностей из базы знаний, к которым могут быть применены правила;
- R — функционал, определяющий последовательность применения правил, в случае, когда результатом правила являются одинаковые факты;
- D — функционал, который осуществляет действие [4].

Одна из самых главных частей интеллектуальной системы – модель представления знаний. Данная модель позволяет формировать знания для хранения, простого доступа и работы с ними.

Подготовка изначально широкой и обширной базы знаний, а также формирование наиболее подходящего механизма логического вывода дают возможность использовать экспертные системы в работе с большими данными. Правильно выбранная модель представления знаний и спроектированная структура системы могут обеспечить оптимальную работу с большими объемами данных [5].

Современные модели представления знаний

В современном мире наибольшее распространение получили 3 основные модели представления знаний: продукционная, семантическая сеть и фреймовая.

Продукционная модель представления знаний

Главной частью продукционной мо-

дели представления знаний является конструктивная часть или продукция (правило). Факты в данной модели могут быть объединены в группы с помощью правил вида:

*ЕСЛИ <Цепочка связанных фактов>,
ТО <Факт-заключение> [4]*

Количество правил может быть довольно большим, что автоматически поднимает вопрос эффективности работы системы. Решая данную проблему, происходит усложнение структуры базы знаний, а именно добавляется вспомогательная управляющая информация (знания), связывающая систему со стратегией работы правил.

Таким образом, продукционная система получает возможность обладать большим количеством групп фактов и правил разных уровней, что порождает следующие трудности. Появляется необходимость в определении стратегии управления фактами и правилами и определения управляющих знаний – метазнаний [5].

В продукционной базе данных хранятся правила, для которых заранее установлено, истинны они или ложны. Правило считается сработавшим, если при сравнении фактов, которые содержатся в базе данных с антецедентом правила, для которых осуществляется проверка, результат работы правила заносится в базу данных.

Семантическая сеть

Если механизм реализации системы сложный, то могут использоваться иерархические семантические сети, включающие узлы с собственной внутренней структурой и позволяющие формировать иерархии групп взаимосвязанных фактов. Построенные сети легко разделяются на подсети, т.е. на несколько уровней (пространств).

Семантическая сеть – это модель

представления знаний, в основе которой находится понятие сети, образованной с помощью узлов, точек или вершин и дуг. Вершины представляют собой некоторые сущности, в качестве которых зачастую выступают: явления, процессы, события и объекты. Связи описывают отношения между вершинами [4].

Следовательно, можно утверждать, что основой семантической сети является ориентированный граф. Вершины графа отражают понятия, а дуги – отношения между ними.

Особенность семантических сетей – наличие трех типов взаимосвязей:

- свойство & значение;
- класс & подкласс;
- пример элемента класса [2].

Множество типов взаимосвязей (или отношений) определяет, является ли сеть однородной или неоднородной. Однородные семантические сети включают в себя один тип взаимосвязей для всех понятий, а не однородные – множество типов отношений.

У семантических сетей присутствует весомый недостаток: представление данных является сложным процессом по извлечению знаний. Наиболее часто данный недостаток появляется при реализации объемной сети, так как для извлечения требуемых знаний требуется производить обход графа, что может занять большое количество времени и ресурсов машины [5].

Фреймовая модель представления знаний

Еще одним методом объединения фактов в связанные группы является использование фреймов. Фрейм – это специальные информационные структуры для представления стереотипных знаний об объектах окружающего мира. У любого фрейма есть имя,

которое осуществляет представление факта [4].

Фреймы дают возможность формировать связанные группы утверждений различных уровней и создавать особые фреймы верхнего уровня, которые позволяют управлять фреймами нижнего уровня.

В процессе создания фреймовой модели используются декларативные фреймы, представляющие собой структуру, которая объединяет связанную группу утверждений, заложенных в базе знаний на этапе проектирования. Помимо декларативных, в модели могут быть использованы процедурные фреймы, основным отличием которых является определение значения слотов во время работы механизма логического вывода.

При проектировании фреймов разных уровней и видов необходимо учитывать:

- имена слотов фрейма и значения должны быть семантически проработаны и способствовать достижению цели (подцели), которую представляет имя фрейма;
- при проектировании процедурных и управляющих фреймов необходимо обеспечить, чтобы количество слотов во фрейме не зависело от количества фактов конкретной ситуации [4].

Значениями слотов в сложных экспертных системах могут быть: числа, математические соотношения, тексты на естественном языке; программы, правила вывода или ссылки на другие слоты данного фрейма или других фреймов [4].

Методы разработки рекомендательных систем

При проектировании проекта с большими необработанными данными

ми наиболее вероятным выбором реализации станет именно экспертная система. Но, как и любые другие, экспертные системы имеют ряд недостатков, которые не позволяют полноценно реализовать работу спроектированной системы. Одна из регулярных проблем – отсутствие большого количества времени для привлечения специалиста в предметной области в процессе наполнения базы знаний, классификации данных и последующем определении верного результата. Для решения данной проблемы могут использоваться гибридные системы с элементами рекомендательных систем.

Большинство рекомендательных систем, в основе которых лежит машинное обучение, стали наиболее популярными в настоящее время. Существует большое количество типов таких систем:

1. Формирование рекомендаций для фильмов, книг или иного контента – предложение новой информации, которая повысила бы интерес пользователя. Целью подобных систем является рассказ пользователю о наличии нового контента, который может быть им интересен, а также в перспективе вынудит использовать именно требуемую платформу как наиболее клиентоориентированную.

2. Рекомендации акций и распродаж – информирование пользователя о системе скидок или выгодных предложениях, которые наиболее прибыльны для покупателей. В качестве предложений могут выступать не только новые скидки или акции, но и предложения, которыми пользователи уже пользовались ранее. Новизна в рекомендациях такого типа не имеет большого значения, только рентабельность самого предложения.

3. Рекомендации какой-либо продукции – предложение пользователю совокупности новой продукции и продукции, предпочтение которой уже было отдано ранее. Покупаемая ранее продукция, информация о которой есть в предыдущих транзакциях пользователей, является перечнем избранной и часто приобретаемой продукции. Не менее важным является предложение новой продукции, которая может быть интересна клиенту.

Перечисленные выше задачи имеют общую черту: они сконцентрированы на удовлетворении потенциальных потребностей покупателей. Вне зависимости от типа системы данные будут формироваться по следующему формату:

<идентификатор клиента,
идентификатор продукта, рейтинг,
дата транзакции> [6]

В качестве признаков может выступать любой подходящий для решаемой задачи параметр: информация о продукции или личные предпочтения клиента.

В настоящее время наиболее распространены два метода создания рекомендательных систем: контент-ориентированная и коллаборативная фильтрация.

Контент-ориентированные модели

Контент-ориентированный подход подразумевает выполнение сопоставления пользователей с контентом, который был отмечен им как понравившийся. Для реализации системы данным методом важно учитывать параметры и признаки пользователей и контента. Примером контент-ориентированной рекомендательной системы может служить система подборки фильмов индивидуально для каждого пользователя. В такой системе при-

меняется использование признаков фильма, которые позволяют сформировать ассоциативное сходство между двумя или более фильмами: режиссер, актеры, длительность, тип фильма. Дополнительными признаками могут выступать характеристики оценки настроений и TF-IDF из описаний фильмов и обзоров. Оценка TF-IDF отражает, насколько важно слово для документа в наборе документов [6].

Целью контент-ориентированных методов является создание индивидуального профиля для каждого клиента и каждой единицы контента.

В случае если у разработчика есть некоторый изначальный контент (порядка 200 текстовых статей) и некоторый сформированный словарь фиксированного размера, то для каждой единицы контента может быть сформирован индивидуальный профиль. Первым шагом является выполнение вычисления оценки TF-IDF для каждого слова в каждой статье. После производится построение двух векторов:

1. вектор предмета длиной N , содержащий «1» для всех слов, получивших высокую оценку TF-IDF в рассматриваемой статье, иначе «0»;

2. вектор пользователя размерностью $1 \times N$, для каждого слова содержащий вероятность встречи слова в той или иной статье, которые были прочитаны пользователем [7].

После того, как два вектора сформированы, вычисляется сходство между клиентом и продукцией. Контент считается интересным пользователю, если:

1. имеется максимально возможное сходство с пользователем;

2. имеется большое сходство с элементами, которые были прочитаны пользователем.

Коллаборативная фильтрация

Основным положением в подходе коллаборативной фильтрации является условие: если пользователь 1 (П1) и пользователь 2 (П2) покупают похожую продукцию, то П1, с большой вероятностью, будет интересна продукция, которую приобрел П2, чем какая-либо продукция, которая была куплена некоторым случайным клиентом. Главным отличием от контентно-ориентированного метода является отсутствие признаков, которые основаны на пользователях или контенте. Все отношения и признаки формируют в совокупности Матрицу полезности (или матрицу оценок), пример которой приведен в табл. [8].

Для лучшего понимания проблематики задачи необходимо однозначно определить термин «полезность»: удовлетворение, получаемое клиентом от потребления контента. Тогда матрица оценок рассматривается, как матрица оценок пользователей разного потребляемого ими контента.

Если посмотреть на матрицу, то можно определить, что 4 пользователя (строки) посмотрели некоторые из 7 фильмов (столбцы). На пересечении пользователей и фильмов расположены оценки (1–5), которые в зависимости от предпочтений выставил каждый клиент.

Наиболее распространено разделение коллаборативной фильтрации на две широких категории: основанная на памяти и основанная на модели.

1. Основанная на памяти фильтрация работает по принципу поиска похожих пользователей на основе взвешенного среднего рейтинга от косинусной похожести или корреляции Пирсона. Преимуществом такого подхода является простота реализации и

легкая интерпретируемость, однако данный алгоритм плохо масштабируется и имеет относительно малую производительность [8].

2. Основанная на модели фильтрация работает по принципу применения машинного обучения для поиска

рейтинга контента у клиента. Преимуществом такого алгоритма является снижение размерности, что позволяет решить проблему недостатка данных, однако такой подход имеет низкую интерпретируемость в связи со скрытыми факторами в машинном обучении [8].

Таблица

Матрица полезности

	Фильм1	Фильм2	Фильм3	Фильм4	Фильм5	Фильм6	Фильм7
П1	3			5	1		
П2	4	4	5				
П3		3		1	3	5	
П4							2

Правовое регулирование мобильных приложений в сфере телемедицины

Для определения правового статуса разрабатываемой системы необходимо определить, относится ли она к ряду систем из категории телемедицины, оказывающих медицинские услуги или медицинскую помощь. В статье 2 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ (далее ФЗ «Об основах охраны здоровья») описаны основные понятия, которые могут определять принадлежность проектируемого приложения к разделу телемедицины:

«Для целей настоящего Федерального закона используются следующие основные понятия:

1. здоровье – состояние физического, психического и социального благополучия человека, при котором отсутствуют заболевания, а также расстройства функций органов и систем организма; <...>

3. медицинская помощь – комплекс мероприятий, направленных на поддержание и (или) восстановление здоровья и включающих в себя предоставление медицинских услуг;

4. медицинская услуга – медицинское вмешательство или комплекс медицинских вмешательств, направленных на профилактику, диагностику и лечение заболеваний, медицинскую реабилитацию и имеющих самостоятельное законченное значение; <...>

22. телемедицинские технологии – информационные технологии, обеспечивающие дистанционное взаимодействие медицинских работников между собой, с пациентами и (или) их законными представителями, идентификацию и аутентификацию указанных лиц, документирование совершаемых ими действий при проведении консилиумов, консультаций, дистанционного медицинского наблюдения за состоянием здоровья пациента; <...>» [9].

Таким образом, на основании статьи 2 ФЗ «Об основах охраны здоровья» можно утверждать, что проектируемое приложение относится к системам, направленным на оказание медицинской помощи для поддержания здоровья людей с заболеваниями желудочно-кишечного тракта. Однако система не предоставляет никаких медицинских услуг, поскольку не осуществляет медицинского вме-

шательства, лечения заболевания или реабилитации пациента. Кроме того, система не является телемедицинской технологией в связи с тем, что не осуществляет взаимодействия медицинских работников и пациентов, а лишь выполняет вспомогательную функцию для оказания помощи в формировании индивидуального плана питания.

В связи с вышесказанным, статья 36.2 ФЗ «Об основах охраны здоровья», регулирующая особенности медицинской помощи, оказываемой с применением телемедицинских технологий, не накладывает никакие ограничения на функционал проектируемой системы для формирования индивидуального плана питания.

Заключение

В данной работе производится анализ основных методов проектирования двух типов интеллектуальных систем: рекомендательных и экспертных.

Для проектирования экспертной части системы наилучшей моделью представления данных на текущем этапе проектирования является фреймовая модель, как наиболее современная и эффективная модель для работы с большими объемами данных, однако стоит более подробно рассмотреть также и продукционную модель в случае необходимости формирования жестких правил для работы системы.

На основании проведенного ана-

лиза можно сделать вывод о том, что наиболее подходящим методом при проектировании рекомендательной части системы является метод коллаборативной фильтрации. Однако стоит также более подробно рассмотреть метод кластеризации в случае, если не будет возможности организации методики обучения системы на большом количестве данных.

Также принимается решение о невозможности отнесения проектируемого приложения к системам, предоставляющим медицинские услуги. Поскольку приложение нацелено непосредственно на формирование индивидуального плана питания, даже для людей с заболеваниями желудочно-кишечного тракта. Однако питание, даже здоровое, на данный момент не относится к термину «медицинская услуга».

В результате анализа методов и технологий проектирования интеллектуальных систем определяются наиболее подходящие методы создания мобильного приложения для формирования индивидуального плана питания. Проведенный анализ позволяет внести корректировки в функциональные требования к рекомендательной системе, а также потенциально улучшить её производительность и работоспособность за счет наиболее продуктивных методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поспелов, Д. А. Экспертные системы: состояние и перспективы / Д. А. Поспелов. – Текст : непосредственный // Институт проблем передачи информации АН СССР. – Москва, 1989. – 154 с.
2. Представления знаний в интеллектуальных системах, экспертные системы. – Текст: электронный // Хабр. : [сайт]. – 2020. – URL: <https://habr.com/ru/post/346236/> (дата обращения: 03.05.2020).
3. Остроух, А. В. Интеллектуальные системы: учебное пособие / А. В. Остроух. – Текст: непосредственный // Научно-инновационный центр. – Красноярск, 2015. – 110 с.
4. Пугачев, Е. К. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дис-

- циплине «Проектирование интеллектуальных систем»: часть 2 / Е. К. Пугачев. – Текст: непосредственный // МГТУ имени Н.Э. Баумана. – Москва, 2018. – 55 с.
5. Лех, В. И. История и перспективы развития экспертных систем / В. И. Лех, О. И. Чуйко. – Текст: непосредственный // Хабаровский государственный университет экономики и права. Хабаровск. – 2013. – № 4-5. – С. 67-72.
 6. Recommendation Systems – Models and Evaluation. – Текст: электронный // Medium. : [сайт]. – 2020. – URL: <https://towardsdatascience.com/recommendation-systems-models-and-evaluation-84944a84fb8e> (дата обращения: 03.05.2020).
 7. Bishop, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning / C. M. Bishop. – Текст: непосредственный // Springer. – 2006. – 358 с.
 8. Collaborative Filtering and Embeddings – Part 1 – Текст: электронный // Medium. : [сайт]. – 2020. – URL: <https://towardsdatascience.com/collaborative-filtering-and-embeddings-part-1-63b00b9739ce> (дата обращения: 03.05.2020).
 9. Российская Федерация. Законы. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации [ратифицирован федеральным законом N 323-ФЗ от 21 ноября 2011 года (ред. от 01.09.2020)]. Москва, 2011. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (дата обращения: 03.05.2020). – Текст: электронный.

REFERENCES

1. Pospelov D.A. Ekspertnye sistemy: sostoyanie i perspektivy [Expert systems: state and prospects]. Institut problem peredachi informacii AN SSSR, 1989, 154 pp.
2. Predstavleniya znaniy v intellektual'nyh sistemah, ekspertnye sistemy [Knowledge representations in intelligent systems, expert systems]. Available at: <https://habr.com/ru/post/346236/> (accessed 03 May 2020).
3. Ostrouh A.V. Intellektual'nye sistemy: uchebnoe posobie [Intelligent Systems: A Study Guide]. Nauchno-innovacionnyj centr, 2015, 110 pp.
4. Pugachev E.K. Metodicheskie ukazaniya po vypolneniyu laboratornyh rabot po discipline «Proektirovanie intellektual'nyh sistem»: chast' 2 [Methodical instructions for laboratory work in the discipline «Design of intelligent systems»: part 2]. MGTU imeni N.E. Baumana, 2018, 55 pp.
5. Lekh V.I., Chujko O.I. Istoriya i perspektivy razvitiya ekspertnyh system [History and development prospects of expert systems]. Habarovskij gosudarstvennyj universitet ekonomiki i prava, 2013, no. 4-5, 67-72 pp.
6. Recommendation Systems – Models and Evaluation [Recommendation Systems – Models and Evaluation]. Available at: <https://towardsdatascience.com/recommendation-systems-models-and-evaluation-84944a84fb8e> (accessed 03 May 2020).
7. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning [Pattern Recognition and Machine Learning]. Springer, 2006, 358 pp.
8. Collaborative Filtering and Embeddings – Part 1 [Collaborative Filtering and Embeddings – Part 1]. Available at: <https://towardsdatascience.com/collaborative-filtering-and-embeddings-part-1-63b00b9739ce> (accessed 03 May 2020).
9. Federal'nyj zakon "Ob osnovah ohrany zdorov'ya grazhdan v Rossijskoj Federacii" [Federal Law «On the Fundamentals of Health Protection of Citizens in the Russian Federation»]. [Approved by federal law No. 323-FZ of November 21, 2011 (as amended on 01/09/2020)]. Moscow, 2011. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (accessed: 03 May 2020).

Материал поступил в редакцию 30.09.2020

© Вишневецкая Ю.А., Писарев А.В., 2020