

УДК 004.78:519.254:656.02:379.8

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ С ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ\*

*Статья поступила в редакцию 26.03.2019, в окончательном варианте – 12.04.2019.*

**Парыгин Данила Сергеевич**, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, кандидат технических наук, доцент, ORCID 0000-0001-8834-5748, e-mail: dparygin@gmail.com, elibrary: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?authorid=842349](https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=842349)

**Стрекалова Анна Сергеевна**, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, магистрант, e-mail: anna.strekalova96@gmail.com

**Гуртыков Александр Сергеевич**, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: agurtyakov@gmail.com, elibrary: [https://elibrary.ru/author\\_items.asp?authorid=1026582](https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=1026582)

**Адания Самуэль Годвин**, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, магистрант, e-mail: adanyasamuel@yahoo.com

**Пивоваров Валентин Васильевич**, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, студент, e-mail: valentine.pivovarov8@gmail.com

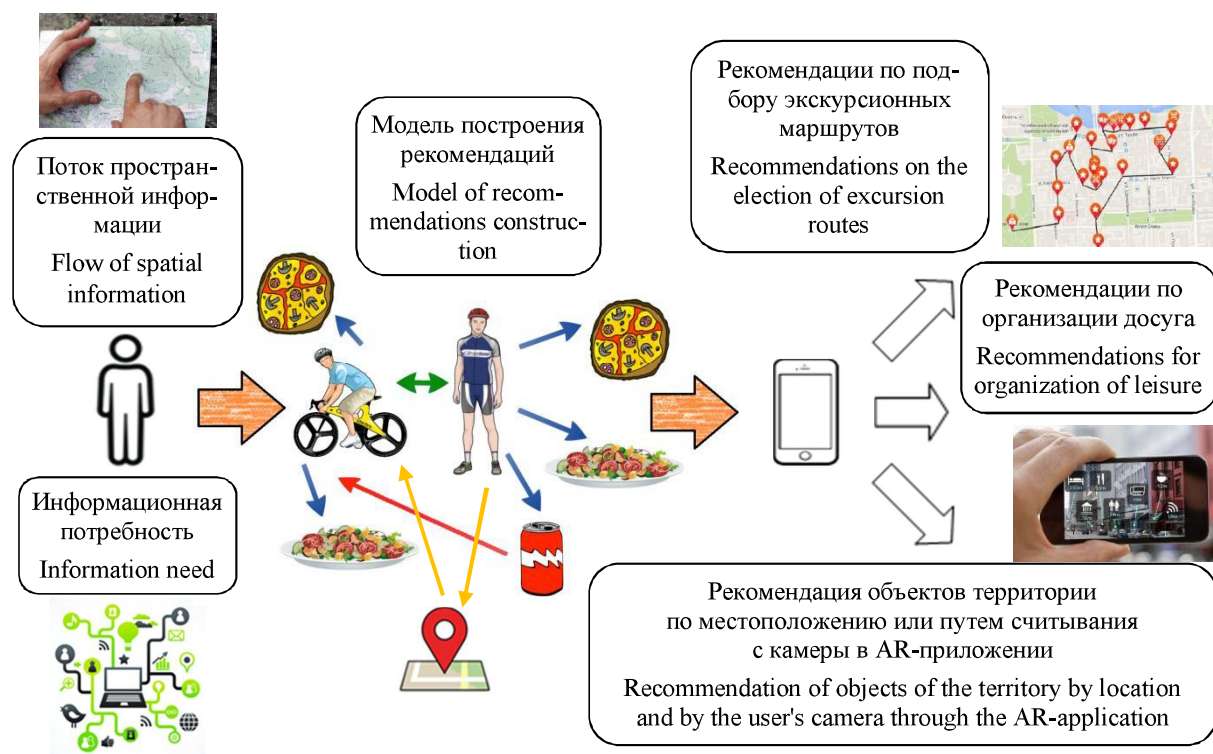
Принятие решений является неотъемлемой частью жизни любого человека. Причем такие решения могут касаться как профессиональной деятельности, так и повседневных жизненных ситуаций. В процессе поддержки принятия решений различных классов задач сегодня активно применяются рекомендательные системы. Они способны сужать спектр возможных вариантов решений посредством оптимизации выдачи их набора с учётом накопленного положительного пользовательского опыта. В данной статье раскрыты теоретические и практические аспекты применения рекомендательных технологий в сервисах, ориентированных на обработку пространственных данных; объясняются существующие проблемы и предлагаются пути их решения. Представлены подходы к разработке мобильных и веб-приложений, включающих компоненты рекомендательных систем и реализующих функции поддержки решений в процессе работы с пространственной информацией. К ним, в частности, относятся такие сервисы: подбор экскурсионных маршрутов; составление рекомендаций по организации досуга; анализ использования территории с применением средств дополненной реальности. Предложены новые методы для подбора персональных рекомендаций с применением мини-тестов профайлинга для анализа психотипа личности и управления выбором вариантов на основе свертки пользовательских ограничений. Описан подход к применению облачной рекомендательной системы для совершенствования технологии представления информации в дополненной реальности (AR). Приведен анализ действий пользователей при работе в режиме AR для улучшения работы рекомендательной системы и ее более эффективного отклика в процессе оценки вариантов использования территории.

**Ключевые слова:** рекомендательная система, фильтрация информации, пространственные данные, подбор данных, предпочтения пользователей, профайлинг, свертка ограничений, дополненная реальность, усовершенствование рекомендаций, мероприятия города, экскурсионный маршрут, информационный обмен, логистические данные

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-20066 “мол\_a\_вед”. Авторы выражают благодарность коллегам по лаборатории UCLab, участвующим в разработке проекта UrbanBasis.com.

Графическая аннотация (Graphical annotation)



APPLICATION OF RECOMMENDER TECHNOLOGIES  
IN SYSTEMS WITH SPATIAL INFORMATION

The article was received by editorial board on 26.03.2019, in the final version – 12.04.2019.

**Parygin Danila S.**, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, e-mail: dparygin@gmail.com

**Strekalova Anna S.**, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

post-graduate student, e-mail: anna.strekalova96@gmail.com

**Gurtyakov Alexander S.**, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher, e-mail: agurtyakov@gmail.com

**Adanya Samuel G.**, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

post-graduate student, e-mail: adanyasamuel@yahoo.com

**Pivovarov Valentin V.**, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

undergraduate student, e-mail: valentine.pivovarov8@gmail.com

Making decisions is an integral part of the life of any person. Moreover, such decisions may concern both professional activities and everyday life situations. Recommender systems today are actively used in the process of supporting solutions to various classes of problems. They are able to narrow the range of possible options by optimizing the issuance of their set, taking into account the positive user experience. This paper reveals the theoretical and practical aspects of the use of recommender technologies in services oriented to the processing of spatial data, explains the existing problems and suggests ways to solve them. It presents approaches to the development of mobile and web applications that include components of recommender systems and implement decision support functions in the process of working with spatial information, such as the service of selecting excursion routes, the service for drawing up recommendations on the organization of leisure, the service based on augmented reality for analysis of territory use. New methods are proposed for the selection of personal recommendations with the use of mini profiling tests for person psycho-type analysis and managing the choice of options based on the convolution of user' limitations. An approach to the use of a cloud recommender system for improving the technology of presenting information in aug-

mented reality (AR) is described. An analysis of user actions when working in AR mode to improve the work of the recommender system and its more effective response in the process of analysis the territory use is given.

**Key words:** recommender system, information filtering, spatial data, data selection, user preferences, convolution of limitations, augmented reality, recommendations improvement, city events, excursion route, information exchange, logistic data

**Введение.** Взаимодействие человека с городской средой является необходимостью и неизбежностью, требующей в современных условиях формирования адекватного подхода, способного предоставить баланс информированности и простоты доступа к услугам и процессам. Рост рынка интернет-сервисов привел к появлению возможностей обмена знаниями между пользователями и о пользователях. Появилась проблема значительного объема доступной информации, расширяющей количество вариантов выбора, но усложняющей принятие решений. Это приводит к сложностям определения, что именно хочет видеть пользователь веб- и мобильных ресурсов при просмотре сетевых каталогов товаров, услуг, музыкальных произведений и т.д. и, соответственно, какой контент нужно ему предоставить. Для решения данной проблемы были созданы рекомендательные системы.

В контексте данной статьи рекомендательные системы (РС) – это набор алгоритмов, с помощью которых анализируются интересы пользователей и выполняется предсказание, какие объекты могут отвечать запросам конкретного пользователя [11]. РС призваны реструктурировать поисковую выдачу в целях фильтрации и первоочередной демонстрации информации, наиболее релевантной пользовательским интересам, сформулированным в явном виде и объективированным по косвенным признакам (истории действий, параметрам профиля, списку друзей и др.).

Современные рекомендательные системы далеко продвинулись в своем развитии. Они способны учитывать контекст употребления определенных речевых оборотов и семантику естественного языка, что приводит к улучшению точности базовых характеристик личности и темпоральных психоэмоциональных состояний пользователя и, как следствие, качества оценок его нынешних интересов в привязке к сфере применения конкретной РС.

В рекомендательные системы закладываются алгоритмы самообучения. Развивающиеся РС становятся востребованными для поддержки принятия решений интернет-пользователями во многих повседневных задачах: подбор новостей, статей, выставок, видео, книг, приложений и т.д.

Несмотря на достигнутый прогресс, продолжается дальнейшее усовершенствование рекомендательных систем, необходимое для более эффективного и широкого их использования применительно к обработке альтернатив, связанных с территориально-распределенными объектами инфраструктуры [22]. Всё более актуальными становятся задачи выработки рекомендаций, касающихся маршрутизации человека в городской среде, оценки объектов недвижимости, досуга и туризма, а также иных сфер деятельности, требующих учёта пространственной привязки анализируемых объектов. В связи с этим необходимы новые методы отслеживания поведения пользователей, улучшенные модели выработки рекомендаций, учитывающие специфику среды и конкретной местности, и более гибкие механизмы передачи рекомендаций конечному потребителю.

**Источники и назначение пространственной информации.** Пространственные данные представляют собой базовый класс характеристик, позволяющих в совокупности описывать местоположение и свойства объектов и процессов реального мира. Они являются основой программных комплексов, строящихся на пространственной информации.

На сегодняшний день наиболее эффективным способом интеграции и отображения разнородной пространственной информации являются геопортальные решения. Картографические сервисы визуализируют пространственную информацию наиболее быстрым и общедоступным способом посредством устоявшихся стандартов представления геоданных, управления процессом одновременной демонстрации ограниченного числа объектов, инструментов фильтрации отображаемого контента и т.д.

Содержимое карты предоставляет такие данные, как отдельные картографические слои произвольных масштабов и любой сложности, графическую и атрибутивную информацию об объектах. Чаще всего используется векторная модель описания объектов, которую предпочитают хранить в KML/KMZ-форматах [17]. Помимо этого, существуют метаданные, в которых могут указываться такие числовые характеристики информации об объектах, как точность, качество, надежность.

Если рассматривать каталог объектов территориальной инфраструктуры, то, в отличие от картографических сервисов, такие хранилища пространственных данных обладают относительно меньшей информационной насыщенностью для конечного пользователя. Это связано с формализацией и обобщениями, необходимыми для структурированного сохранения многокомпонентного пространства в виде строк и столбцов базы данных. Однако каталоги соответствуют требованиям автоматизированной обработки, представляя в машиночитаемом виде информацию о расположении, графическом представлении и иных характеристиках объектов.

Отдельным классом можно считать логистические данные. С их помощью можно в пространстве и времени отслеживать потоки людей, информации, материальных и иных ресурсов [10]. Посредством

интерфейса прикладного программирования онлайн-карт и приложений, которые позволяют использовать маршрутизацию на картографической основе, можно получать данные о треках в пространстве для решения соответствующих транспортных задач. Например, это может относиться к построению оптимальных маршрутов посещения набора заданных адресов при доставке товаров, расчёту маршрута с учетом заданного времени и текущей ситуации на дороге, получению деталей маршрута и многое другое.

Логистическая информация включает такие показатели, как время, точность, верность, гибкость, оптимальность, готовность и т.д. Такие данные успешно используются для планирования, наблюдения и оптимизации маршрутов движения, анализа информации о работе всех транспортных средств и управления ими в онлайн-режиме. Они являются полезными для отдельных участников движения и потребителей услуг, связанных с перемещением в пространстве, водителей личного автотранспорта, пешеходов, общественного транспорта, а также в комбинированном виде для обеспечения функционирования транспортных и иных территориально-распределенных систем в целом [12].

Препятствием для эффективного использования пространственных данных является отсутствие единой системы информационного обмена между существующими системами. Такая ситуация складывается ввиду их коммерческой ориентированности или недостаточной формализации, зачастую не предполагающей обеспечения их полноценной интеграции и совместного использования с ранее созданными данными [7]. Выделим несколько основных проблем, связанных с использованием пространственных данных.

1. Разнородность данных – данные в различных системах (открытых картографических сервисах, государственных автоматизированных информационных системах, навигационных приложениях и т.п.) и полученные от разных источников отличаются форматом, видом, структурой хранения, масштабом отображения и т.д. Указанные различия серьезно затрудняют информационный обмен, сопоставление, восприятие и совместное использование исходных данных, полученных из набора источников.

2. Неактуальность картографических материалов. Обновление данных онлайн-карт наиболее активно реализуется в основном для густонаселенной местности. Причем такое положение дел характерно как для коммерческих сервисов, так и для создаваемых пользователями на базе открытых платформ, что объяснимо в первом случае бизнес-интересами производителей, а во втором – наличием большого числа волонтеров.

3. Разрозненность пространственных данных. Необходимые для комплексного применения данные распределены по различным информационным системам, вследствие чего сопоставляемая информация может быть ограниченно доступной, недостаточной или неполной. Это затрудняет анализ информации, увеличивает время ее сбора и преобразования.

Однако, кроме проблем автоматизированного сбора и использования пространственной информации, в некоторых специфических отраслях возникают задачи, требующие иного подхода. Так задача сбора информации о пространственных объектах, способных привлечь внимание и удовлетворить пользовательские интересы, приобретает особый контекст в условиях не специализированной для обслуживания туристов городской среды. Такая ситуация характерна для тех мест, где целью посещения являются одна-две крупные достопримечательности, разнесенные в пространстве и разделенные массивом инфраструктуры и регулярной застройки города. Однако любой город полон известных жителям и не популярных в СМИ локальных точек притяжения. Ими могут быть небольшие скверы, необычные малые архитектурные формы, мемориальные доски, «дикие» пляжи, уютные маленькие кафе, не рекламирующие себя для широкой аудитории. Их посещение не будет являться самоцелью, но включение в экскурсионный маршрут, предлагаемый с учётом предпочтений и целевых установок туриста, поможет разнообразить путь, избегая пустых переходов между основными объектами показа. И если для значимых объектов аттракции применимы технологии автоматизированного сбора информации, то для локальных достопримечательностей требуются решения на основе ручных инструментов ввода данных. Базы туристической информации, наполненные краеведческим контентом, наиболее эффективно могут пополняться только самими жителями, разработчиками ресурсов-агрегаторов или волонтерами, знающими расположение и ключевые особенности соответствующих мест. При этом реализация ручного ввода также требует средств информатизации процедуры регистрации объектов на основе специализированных мобильных приложений, способных ускорить процесс создания фотоматериалов, позволить оптимальным способом структурировать вводимые сведения, автоматизировать фиксацию географической привязки, отpravку записей на сервер в базу данных и на целевой ресурс.

Работа с таким спектром особенностей, характерных для пространственных данных, требует развития дополнительных свойств рекомендательных систем. Кроме того, важным является выбор базовых методов для работы с данными – согласно существующим концепциям применения рекомендательных технологий.

**Подходы к использованию рекомендательных систем.** На современном этапе развития массовых коммуникационных технологий пользователи сталкиваются с РС практически ежедневно. Существует четыре основных метода фильтрации содержимого, которые применяются в РС (рис. 1):

- «content-based» – рекомендации формируются на основе предыдущих оценок пользователя и схожести объектов;

- «knowledge-based» – рекомендации основаны на выстраивании связей между объектами не по обычным критериям схожести, а исходя из взаимосвязанности тех или иных групп;
- «collaborative filtering» – рекомендации формируются на основе историй как самого пользователя, так и других пользователей;
- «hybrid» – используют сочетание перечисленных выше подходов [16].

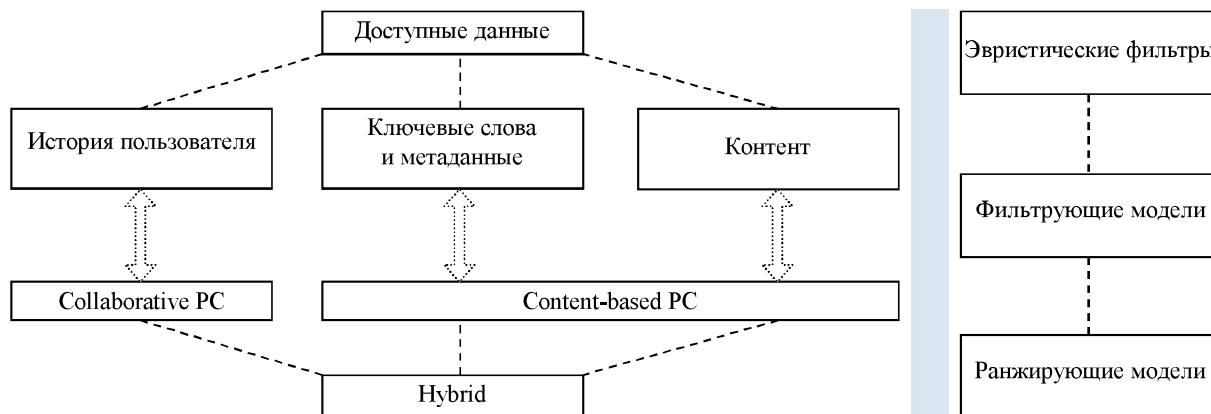


Рисунок 1 – Общая классификация и схема работы рекомендательных систем

Создание РС прежде всего включает в себя выбор способа фильтрации и алгоритмов для анализа данных. Любой алгоритм рекомендации предполагает первоначальный сбор данных.

В РС используется явный или неявный сбор данных. При явном сборе от пользователя требуется заполнять опросные анкеты для выявления предпочтений, а при неявном сборе для выявления предпочтений пользователя и составления рейтингов выполняется протоколирование его действий [22].

РС сравнивают однотипные данные и вычисляют список рекомендаций для конкретного пользователя. Для вычисления рекомендаций может использоваться так называемый «граф интересов».

К РС-сервисам можно отнести Netflix [29], Amazon [23], Last.fm [27], YouTube [32], Bookmate [25] и другие популярные приложения, эффективно решающие задачи поддержки работы пользователей с обширным числом альтернатив в своих целевых отраслях управления информацией. Таким образом, можно сказать, что в общем случае использование рекомендательных технологий приводит к достижению роста удовлетворенности целевой аудитории и эффективности распространения продукции и услуг, предлагаемых сервисами. В связи с этим было принято решение исследовать применение рекомендательных технологий при реализации ряда сервисов, ориентированных на работу с пространственными данными.

**Система подбора экскурсионных маршрутов на основе пользовательских предпочтений.** С недавнего времени РС все чаще используются в области туризма для совершенствования консультаций по услугам организации поездок, либо посещений конкретных мест. Для точного подбора информации о турах или достопримечательностях система предоставляет пользователю набор элементов фильтрации, которые он может оценивать и изменять по своим предпочтениям. Соответственно для каждого измененного фактора рассчитывается коэффициент значимости, с учетом которого строится рейтинг объектов показа и подбирается наиболее адекватный условиям объект или маршрут осмотра объектов. Опирируя таким порядком обработки данных, система быстрее генерирует подходящие решения для пользователя.

Существуют различные подходы к отбору объектов аттракции для составления экскурсионного маршрута. Распространенным является использование параметрического поиска [13], тематических или рейтинговых подборок [21]. Многие РС используют подход, основанный на обобщенных рейтингах, хотя при этом снижается точность соответствия поисковой выдачи пользовательскому запросу [4].

Параметрический поиск [5] позволяет производить оценку в соответствии с предпочтениями пользователей, а также подбирать похожие объекты по критериям схожести. После того как пользователь заявил о своих потребностях, интересах и ограничениях на основе выбранных параметров, система сопоставляет его выбор с соответствующим каталогом и находит подходящие варианты.

В рамках проведенного авторами исследования был выполнен обзор статических и основанных на РС туристических приложений и сервисов. В существующем процессе построения маршрута турист тратит много времени на поиск и анализ информации об объектах [20]. Процесс выбора оптимального по времени пути из заданной точки экскурсионного маршрута становится затруднительным. Здесь и возникает потребность в улучшении системы построения маршрутов посещения достопримечательностей посредством автоматизации наиболее обременительных этапов подбора подходящих пользователю объектов аттракции и формирования последовательности движения между ними.

Для совершенствования выявленных недостатков существующего процесса построения экскурсионных маршрутов было предложено решить задачу оптимизации, описываемую следующей формулой:

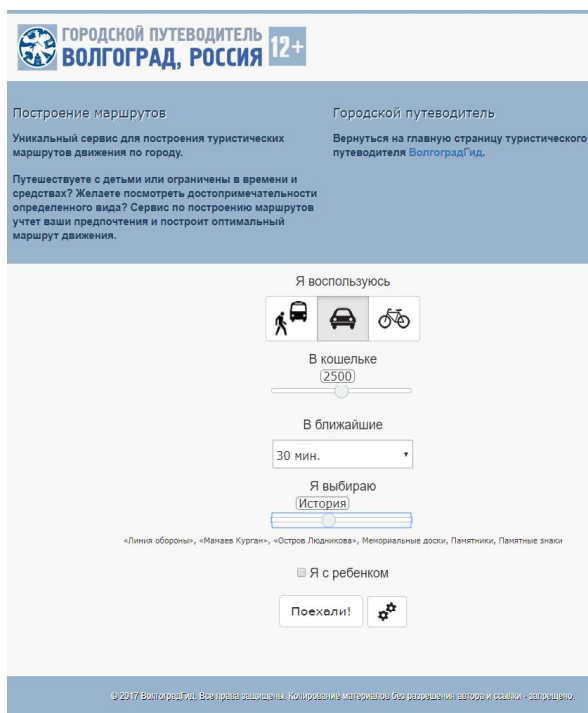
$$\begin{aligned} \min & \sum_{i=1}^N d(t)_i \\ & \sum_{i=1}^N t_i + d(t)_i \leq t' \\ & \sum_{i=1}^N c_i \leq c' \end{aligned}$$

где  $d(t)_i$  – время перемещения до  $i$ -го объекта;  $t_i$  – время посещения  $i$ -го объекта,  $c$ ;  $t'$  – время маршрута, заданное пользователем,  $c$ ;  $c_i$  – стоимость посещения  $i$ -го объекта, руб.;  $c'$  – финансовая обеспеченность пользователя, руб.;  $N$  – количество объектов в маршруте, шт.

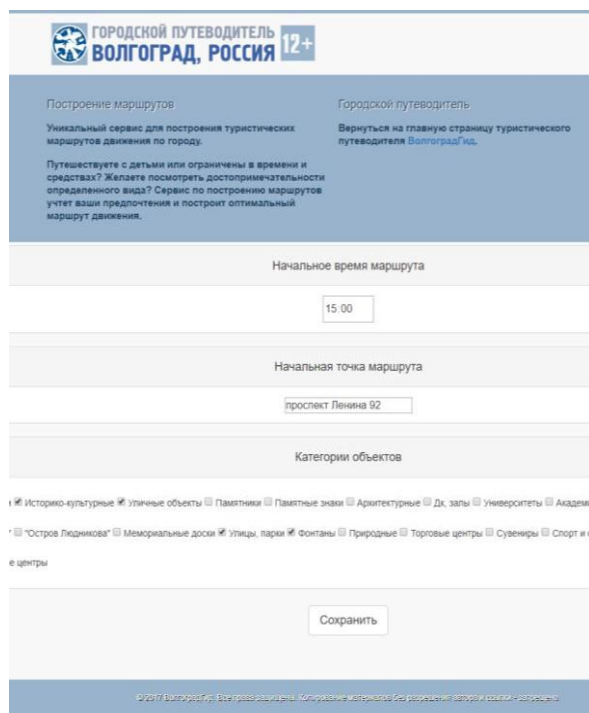
Решения данной задачи выполнялись с использованием выбранного алгоритма «лучший – первый» [30]. Для этого были определены эвристическая функция, являющаяся временем перемещения до следующего объекта, и целевое состояние, выражающееся в достижении хотя бы одного из ограничений (по финансам или времени).

Полученные результаты были использованы при разработке web-сервиса (рис. 2) для планирования туристических маршрутов на основе предпочтений пользователей и геоданных о городских объектах [31]. Сервис построен на основе единого процесса, включающего подбор эффективной связки объектов аттракции и маршрута перемещения между ними (рис. 3).

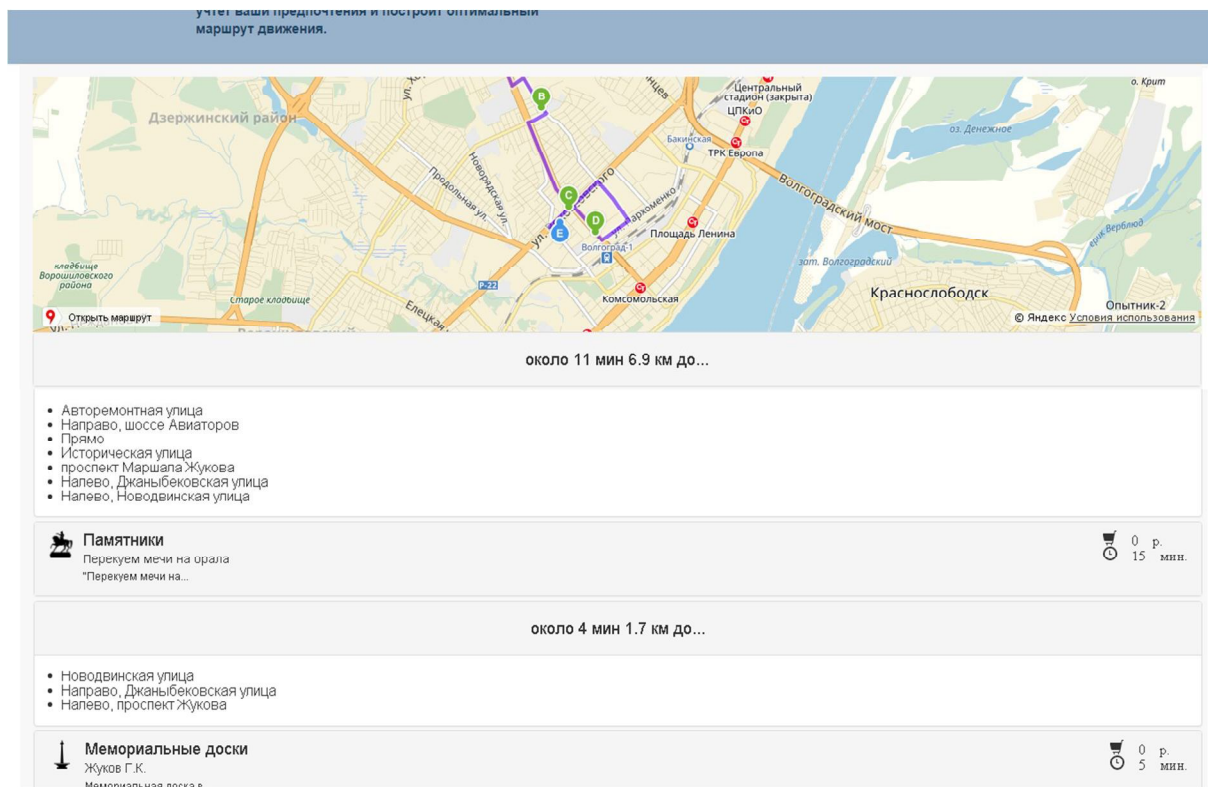
Реализованный подход включает интегрированную систему рекомендаций, обусловленную сверткой пользовательских ограничений на сферу интересов и доступные временные, финансовые, пространственные и логистические условия. В процессе фильтрации удовлетворяющих всем требованиям объектов выполняется взаимное согласование предпочтений пользователей, характеристик объектов аттракции и их взаимной связанности в условиях среды.



а



б



В

Рисунок 2 – Интерфейс веб-сервиса VolgogradGuide [6]: а) главный экран ввода пользовательских предпочтений; б) экран дополнительных настроек; в) экран с построенным рекомендованным маршрутом перемещения

**Мобильное приложение для автоматизации составления рекомендаций по организации досуга.** Развитием идеи подбора туристического маршрута является направление, связанное с углубленным исследованием специализации объектов аттракции на проведение определенных мероприятий. Выбор подходящих для пользователя мероприятий отчасти является классическим кейсом для применения рекомендательных технологий, так как оно сопряжено с перебором вариантов, соответствующих сфере интересов человека, его прошлому выбору или текущему настроению, выявляемому по косвенным признакам. Всё это помогает разобраться с большим количеством доступных предложений и обойти «информационный шум», формируемый рекламным контентом.

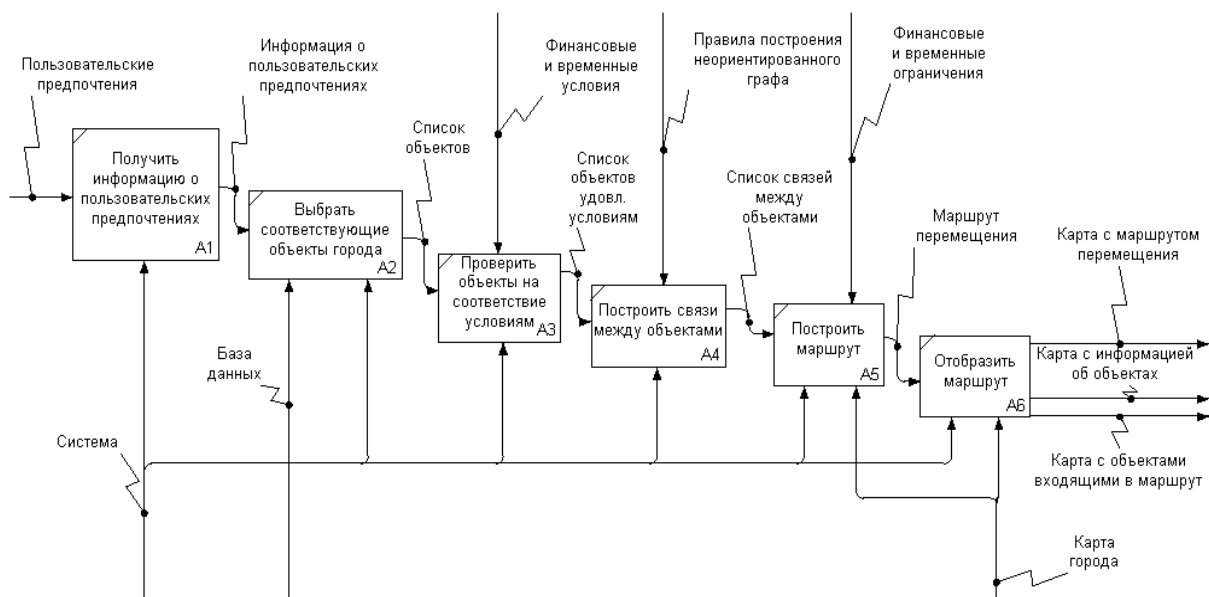


Рисунок 3 – Разработанный единый процесс отбора объектов и построения маршрута в соответствии со сверткой пользовательских ограничений (нотация IDEF0)

В процессе исследования было проанализировано 10 популярных мобильных приложений для подбора развлекательных и досуговых мероприятий интернет-магазина «Google Play Маркет» [26]. Результаты сравнения (табл.) позволяют сделать вывод о сходстве базового функционала, обеспечивающего отбор мероприятий по направлениям и организаторам. Однако только два приложения обладают возможностью подбора событий по запросам пользователей с учётом места их проведения. И только одно приложение реализует сопоставление тематики мероприятий со сферой пользовательских интересов.

В развитие концепции решений, учитывающих пространственные данные, было спроектировано мобильное приложение, сконцентрированное на подборе мероприятий не только по сфере пользовательских интересов, но и с учётом пространственно-временных ограничений на посещение конкретного мероприятия. В процессе анализа ограничений рассматривается логистическое плечо в выбранном пользователем временном горизонте планирования.

Указанные решения были интегрированы в рекомендательную систему, призванную усовершенствовать процедуру персональной поддержки пользователей. Созданная система основана на выявлении предпочтений с использованием профайлинга [15]. Для этого организуется мини-тестирование психотипа личности с классификацией пользователей в соответствии с подготовленной упрощенной шкалой [8].

Таблица – Анализ приложений для выбора досуговых мероприятий

Приложение / Функционал	Eventbrite	Nearify	Выбирай	ГородЗовёт	KudaGo	Eventr	Любимый Город	Мой Краснодар	Афиша Волгограда	All Events in City
Категоризация	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+
Выбор раздела	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
Период проведения	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+
Городские события	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
События заведений	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
Собственные события КОГО	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
Сортировка по расстоянию	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-
Сортировка по времени	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+
Охват любого города	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
Сохранение события	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
Напоминание о событии	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+
Написание отзыва/вопросов	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+
Поделиться событием	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
Стабильность и скорость	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Русскоязычный интерфейс	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-
Анализ психотипа личности	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Кроме того, выполняется выявление оценочных суждений пользователей относительно посещенных и запланированных мероприятий. Для этого реализуется обработка пользовательских записей на естественном языке, сделанных в виде вопросов к предстоящим мероприятиям и отзывов о прошедших событиях [24]. В целом работа с комментариями пользователей выглядит перспективной и соответствует базовым методикам рекомендательных технологий [11]. Анализ тональности высказываний, эмоций социального взаимодействия и нечетких ответов позволяет в значительной степени конкретизировать пространство выбора [2]. Однако необходимо учитывать, что в сравнении с приведенными выше элементами формирования рекомендаций компонента, связанная с анализом реакций пользователей, не является самодостаточной ввиду необходимости накопления информационной базы пользовательских комментариев (вопросов и отзывов).

Для обеспечения работы приложения авторами реализован ряд модулей, связанных с выполнением функций ведения расписания мероприятий (рис. 4). В состав рекомендательной системы были включены три модуля, отвечающих за согласование пространственно-временных данных и спектра пользовательских интересов.



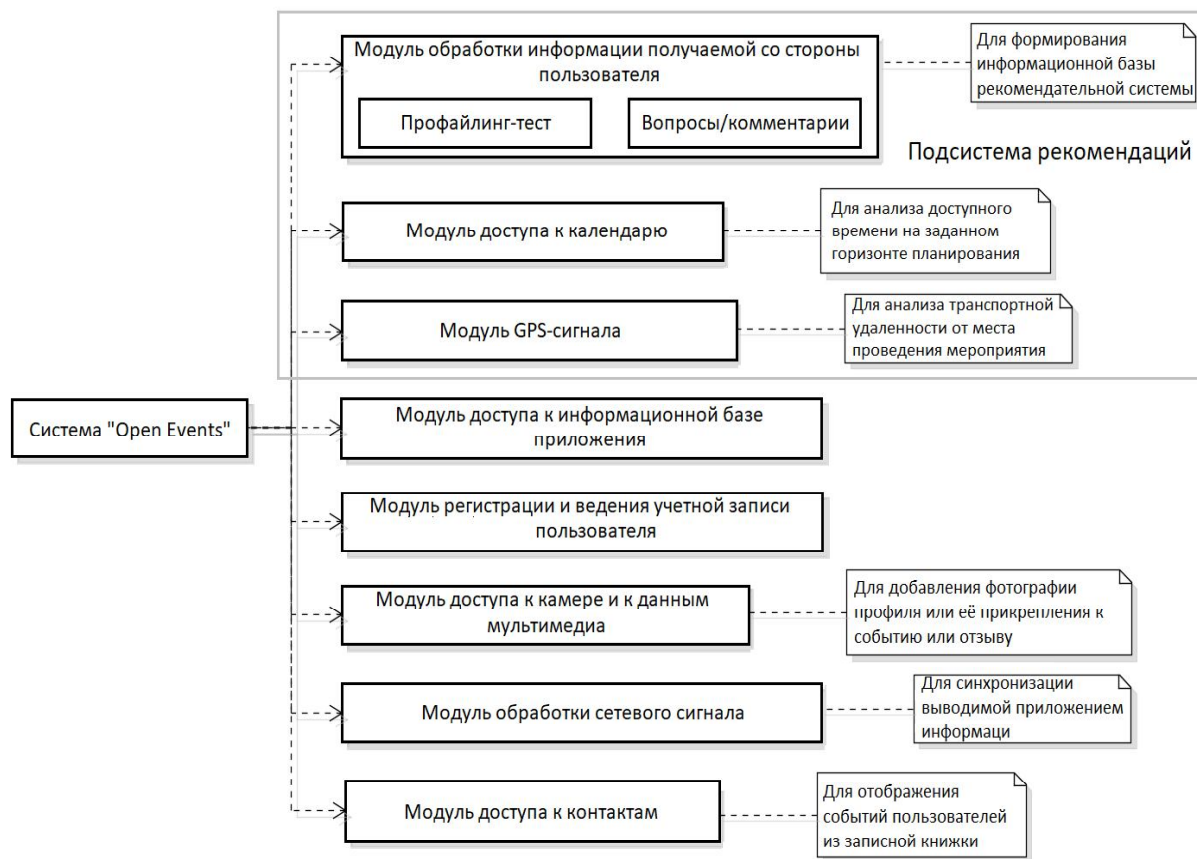


Рисунок 4 – Модули мобильного приложения для ведения перечня объектов досуга и выдачи рекомендаций о целесообразности посещения мероприятий с учётом их пространственно-временных характеристик

Таким образом, созданное приложение (рис. 5) позволит сделать более эффективным фильтрацию доступных мероприятий, предоставив полный выбор имеющихся событий на заданном промежутке времени в условиях конкретной территориальной среды. Распределение мест проведения мероприятий по расстоянию с рассчитанными маршрутами от пользователя демонстрирует объективную картину их доступности для обоснованного принятия решений о посещении выбираемой досуговой площадки.

**Особенности работы рекомендательных систем в дополненной реальности.** Объективная оценка ситуации приобретает особую значимость в вопросах, связанных с решением профессиональных задач. В таком случае важны полнота и однозначность предоставления информации в удобной для восприятия в конкретных условиях форме. Обеспечение этих требований возможно за счёт инструментария, преобразующего каталогизированные данные в образы объектов реальной среды и реализующегося в формате виртуальной или дополненной реальности [3, 9].

С появлением дополненной реальности («augmented reality») открылись новые способы интерпретации данных для пользователей [18]. Статистические данные, текстовые пояснения, комментарии других пользователей, данные с датчиков и другой интерактивный контент прикрепляется к «плоским» поверхностям на изображениях, полученных через камеру мобильного устройства, делая взаимодействие пользователя с информацией более эффективным. Однако важно понимать, что демонстрация имеющихся данных в AR может и ухудшить пользовательское восприятие совокупности объектов реального мира и транслируемой ему информации при одновременном отображении множества графических данных, относящихся к одному и тому же объекту территории. Изображение может оказаться перегруженным контентом, делая визуализацию запутанной и неразборчивой.

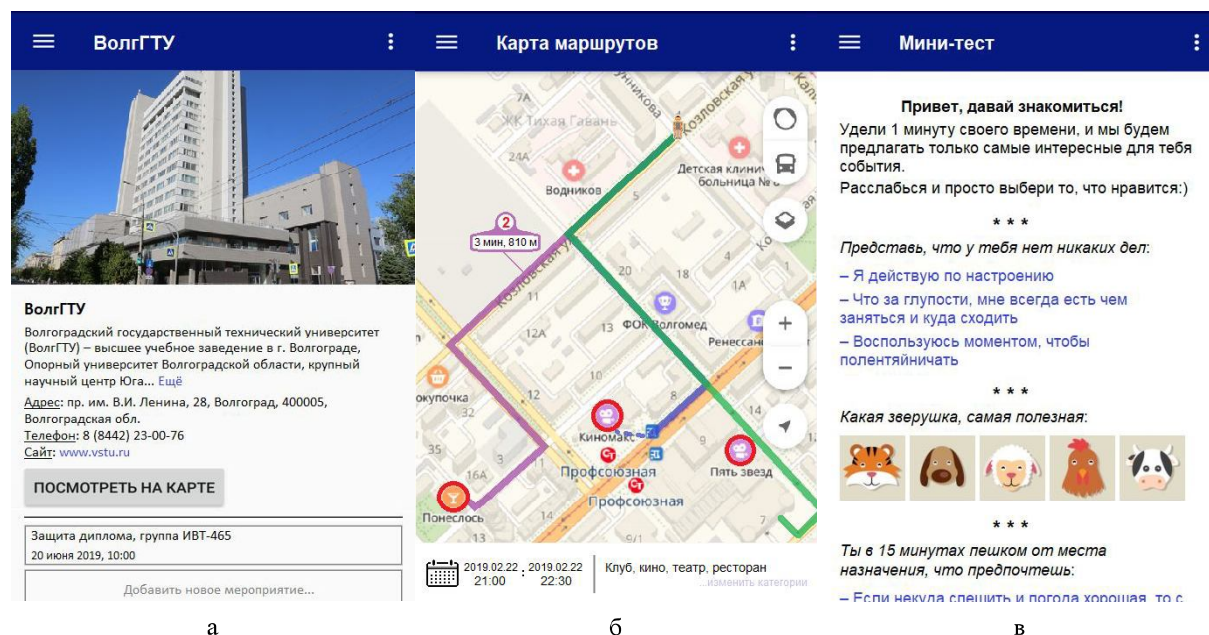


Рисунок 5 – Интерфейс приложения Open Events: а) экран объекта инфраструктуры со списком доступных мероприятий; б) экран карты, отображающий распределение мест проведения мероприятий по расстоянию от пользователя; в) экран мини-теста для выявления психотипа личности

В реализуемом проекте для решения данной проблемы в дополнение к AR были применены рекомендательные технологии. Их использование в части главной функции – фильтрации большой выборки пространственных данных об объектах недвижимости и инфраструктуре – позволяет выявлять наиболее подходящую информацию для пользователя, сокращая количество отображаемых виртуальных объектов (трехмерных моделей, динамических маркеров, всплывающих текстовых комментариев). Причем такая связка AR и РС ориентирована на применение в режиме реального времени, когда требуется проанализировать состав определенной категории объектов или отрисовать кратчайший маршрут до объекта заданного типа.

Создаваемое AR-приложение ориентировано на отображения инфраструктурных данных в городской среде [19]. При этом предполагается, что пользователь в процессе эксплуатации программы не стремится работать со всем доступным пулом информации, а совершает более или менее регулярный набор действия для прояснения интересующих его показателей инфраструктурной обеспеченности для каждой новой локации. Отслеживание таких связанных поисковых запросов позволит выявлять аналитические паттерны, характерные для аналогичных пользовательских профилей, и подходы к эффективному обследованию состава объектов на некоторой территории, например, при подборе недвижимости для целей проживания или инвестирования.

Реализовать такую функциональность, было решено с использованием облачной рекомендательной системы (рис. 6). Все действия, совершаемые пользователем над интерфейсом приложения, отправляются на обработку во внешний модуль РС. Также производится запись служебной и пространственной информации от датчиков и программных модулей мобильного устройства (данные геопозиции, гироскопа, время суток, освещенность и т.д.). При получении согласия на передачу потоковых данных в облачное хранилище передаются видеоданные на всём протяжении использования AR-режима.

Предложенная архитектура позволяет обогатить пространственные данные, используемые в формате «street view» [14]. Применение облачной РС даёт возможность снизить требования к ресурсам мобильного устройства за счёт редуцирования числа отображаемых объектов. При этом повышается эффективность отклика на запросы с учётом пользовательских предпочтений и сформированных паттернов анализа среды.

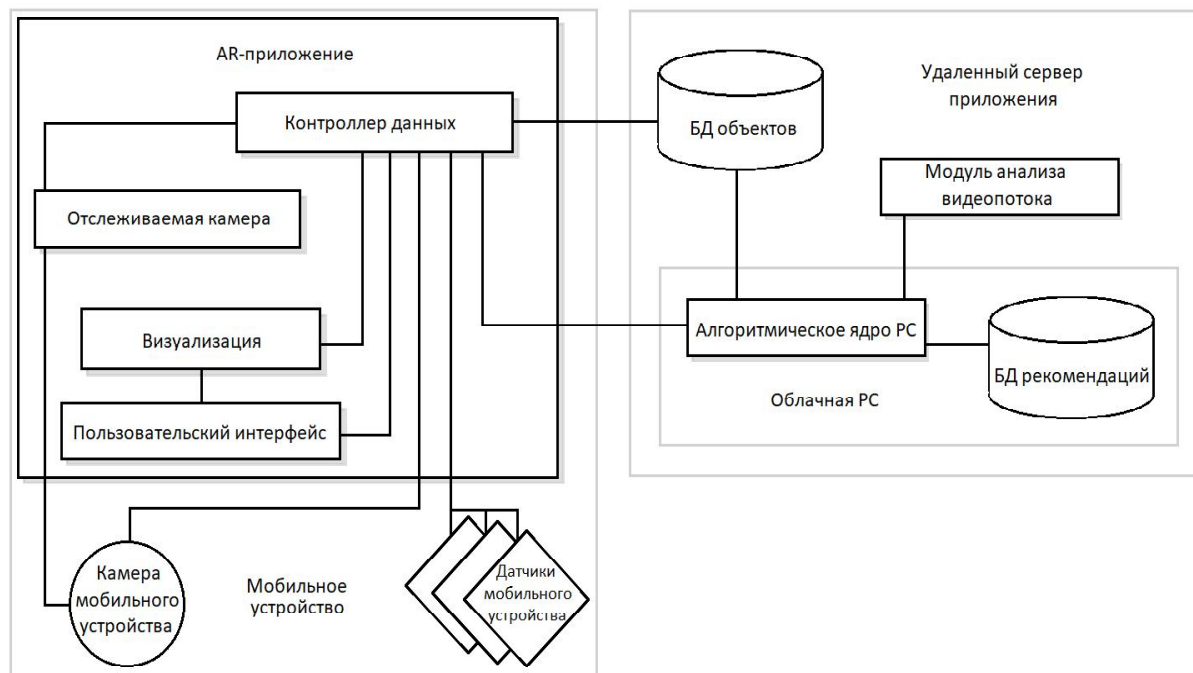


Рисунок 6 – Архитектура AR-приложения с облачной рекомендательной системой

**Заключение.** Специфика работы с пространственными данными, рассмотренная в рамках данного исследования, обязывает уделять особое внимание вопросам их обработки в системах, ориентированных на конечного пользователя. В то же время, как и любые условия, параметры геопривязки объектов и событий должны обрабатываться в едином цикле и не противоречить сложившемуся положительному опыту использования информационных систем. В связи с этим необходимо совершенствовать существующие рекомендательные технологии в направлении интеграции разнородных массивов данных, учёта взаимного расположения компонентов среды, так или иначе оказывающих воздействие на человека, переходящего от работы с информацией к реализации запланированных задач в условиях реального мира.

В представленной работе описан ряд мобильных и веб-решений, ориентированных на работу с пространственными данными и реализующих рекомендательный функционал. Каждое из этих приложений предлагает свой способ усовершенствования рекомендаций.

Для подбора подходящего экскурсионного маршрута предложен подход, основанный на свертке пользовательских ограничений. Решена задача оптимизации по «времени в пути» при построении экскурсионного маршрута из заданной точки с учётом финансовых и временных ограничений пользователя. Полученные результаты применены в реализованном веб-приложении «VolgogradGuide».

Разработана система рекомендаций для того, чтобы определить, какие мероприятия в городе смогут заинтересовать пользователя. В составе созданного мобильного приложения «Open Events» используются мини-тест психотипа личности, а также обработчики вопросов и комментариев пользователей на естественном языке.

Для случая использования инструментов дополненной реальности сформирована концепция облачной рекомендательной системы. Такая РС позволяет комбинировать объемно-пространственную информацию, служебные данные мобильных устройств, анализ видеопотока и действия пользователей для выработки паттернов эффективного анализа использования территории.

Созданные программные решения имеют потенциал собственного развития. Он связан с расширением функциональности для конечного пользователя, а также совершенствованием процедур формирования рекомендаций, например, за счёт учёта таких ситуативных факторов среды, как погодные условия или затраты при использовании различных видов внутригородского транспорта. Кроме того, интересной является возможность обогащения предоставляемого пользователям контента, связанного с уже рекомендованными объектами. Такое дополнение не будет перегружать начальный этап подбора, но может повысить информационную ценность и эффективность восприятия. Для этого, например, можно демонстрировать ретроспективный обзор событий и состояний предлагаемых досуговых, экскурсионных и инфраструктурных объектов в формате «виртуальных исторических экскурсий» [1, 3].

В целом перспективными направлениями исследований и разработок в этой сфере можно считать интеграцию полученных решений в рамках единой системы обработки пространственных данных.

Комплексный подход в использовании предложенных рекомендательных технологий, с одной стороны, позволит развивать методы сбора информации о предпочтениях пользователей, жителей городов [28], а с другой – повысит эффективность формирования рекомендаций в процессе поддержки принятия решений в задачах развития территориально-распределенных систем.

#### Библиографический список

1. Брумштейн Ю. М. Об идеологиях и технологиях работы виртуальных фитозоопарков / Ю. М. Брумштейн, М. А. Литвинова, А. А. Боркова // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий : материалы X Всероссийской научно-технической конференции. Улан-Удэ, 20–26 июля 2009 г. – Улан-Удэ, 2009. – С. 525–530.
2. Брумштейн Ю. М. Системный анализ вопросов компьютерного тестирования с использованием нечетких ответов. Часть 1. Тестовые задания категорий «выбор из набора ответов» и «ранжирование объектов» / Ю. М. Брумштейн, Д. И. Коновалова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2018. – № 4 (44). – С. 57–71.
3. Виртуальные исторические экскурсии – анализ направлений и особенностей технической реализации / Ю. М. Брумштейн, В. В. Блинов, Е. Е. Думкина, М. А. Литвинова // Инноватика-2010. – Ульяновск : УлГУ, 2010. – Т. 2. – С. 33–34.
4. Волкова Л. Л. О разработке рекомендательной системы, предлагающей книги по предпочтениям пользователей / Л. Л. Волкова, М. М. Токарева, А. А. Ланко // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – М., 2017. – № 20. – С. 239–244.
5. Воробей А. Параметрический поиск / А. Воробей // LiveJournal. – 2010. – Режим доступа: <https://avva.livejournal.com/2191330.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 12.06.18).
6. Городской путеводитель по Волгограду и области «ВолгоградГид». – 2019. – Режим доступа: <http://volgogradguide.urbanbasis.com/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 08.02.19).
7. Дворкин Б. Инфраструктура пространственных данных: региональный аспект / Б. Дворкин // Геоматика. – 2014. – Режим доступа: <http://geomatika.ru/clauses/143/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 27.01.19).
8. Классификация психотипов. – 2013. – Режим доступа: <https://www.psychologos.ru/articles/view/klassifikaciya-psihotipov>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 18.12.18).
9. Кузнецов М. А. Применение компьютерного зрения для распознавания городских памятников архитектуры в мобильном приложении типа «электронный гид» / М. А. Кузнецов, А. С. Воробьев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2018. – № 2 (42). – С. 25–36.
10. Логистика / под ред. Б. А. Аникина, Т. А. Родкиной. – Москва : Проспект, 2010. – 406 с.
11. Николенко С. Рекомендательные системы / С. Николенко. – 2016. – Режим доступа: [https://logic.pdmi.ras.ru/~sergey/teaching/mlbeeline16/N16\\_BeelineRecommender.pdf](https://logic.pdmi.ras.ru/~sergey/teaching/mlbeeline16/N16_BeelineRecommender.pdf), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 20.02.19).
12. Парыгин Д. С. Информационно-аналитическая поддержка задач управления городом : моногр. / Д. С. Парыгин, Н. П. Садовникова, О. А. Шабалина. – Волгоград : ВолгГТУ, 2017. – 116 с.
13. Поиск туров. – 2019. – Режим доступа: <https://express-kirov.ru/search-for-tours/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.04.19).
14. Просмотр улиц. – 2019. – Режим доступа: <https://www.google.com/streetview/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 02.04.19).
15. Профайлинг: психотипы личности. – 2019. – Режим доступа: <https://scarchinform.ru/kontrol-sotrudnikov/profajling/profajling-psihotipy-lichnosti/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 20.12.18).
16. Рекомендательные системы // Блог Вастрик.ру. – 2014. – Режим доступа: <https://vas3k.ru/blog/355/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 24.01.19).
17. Руководство по KML. – 2014. – Режим доступа: [https://developers.google.com/kml/documentation/kml\\_tut?hl=ru](https://developers.google.com/kml/documentation/kml_tut?hl=ru), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 25.12.18).
18. Самородских Е. Дополненная реальность в маркетинге: 15+ примеров использования / Е. Самородских // ТехТerra. – 2018. – Режим доступа: <https://texterra.ru/blog/dopolnennaya-realnost-v-marketinge-primery-ispolzovaniya.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 08.03.19).
19. Стрекалова А. С. AR-инструменты моделирования объектов территории / А. С. Стрекалова, Д. С. Парыгин // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине : сборник научных трудов V Международной научной конференции. Томск, 17–21 декабря 2018 г. / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политех. ун-та, 2018. – Ч. 1. – С. 383–386.
20. Токарева М. М. О рекомендательной маршрутной системе, основанной на оценке предпочтений пользователя / М. М. Токарева, Л. Л. Волкова, А. п. О. Абдуллаев // Новые информационные технологии в автоматизированных системах / МГТУ им. Н. Э. Баумана. – М., 2016. – № 19. – С. 75–80.
21. Турпоиск – поиск туров и отелей. – 2019. – Режим доступа: <https://www.turpoisk.ru/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 04.04.19).
22. Филиппова Е. Системы рекомендаций: задачи, подходы, алгоритмы / Е. Филиппова // DataReview. – 2014. – Режим доступа: <http://datareview.info/article/sistemyi-rekomendatsiy-zadachi-podhodyi-algoritmyi/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 22.01.19).
23. Amazon® Official Site. – 2019. – Режим доступа: <https://www.amazon.com/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 07.02.19).
24. Analysis of Comments of Users of Social Networks to Assess the Level of Social Tension / D. Donchenko,

N. Ovchar, N. Sadovnikova, D. Parygin, O. Shabalina, D. Ather // *Procedia Computer Science : Proceedings of the 6th International Young Scientist Conference on Computational Science (YSC 2017)*, Kotka, Finland, 1–3 November 2017. – Elsevier, 2017. – Vol. 119. – P. 359–367. – Mode of access : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917324055> – DOI: 10.1016/j.procs.2017.11.195

25. Bookmate — удобный способ читать и слушать книги онлайн. – 2019. – Режим доступа: <https://ru.bookmate.com/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 14.02.19).

26. Google Play. – 2019. – Режим доступа: <https://play.google.com/store?hl=ru>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 15.11.18).

27. Last.fm. – 2019. – Режим доступа: <https://www.last.fm/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 18.02.19).

28. Monitoring of social reactions to support decision making on issues of urban territory management / S. Ustugova, D. Parygin, N. Sadovnikova, A. Finogeev, A. Kizim // *Procedia Computer Science : Proceedings of the 5th International Young Scientist Conference on Computational Science, YSC 2016, Krakow, Poland, 26–28 October 2016*. – Elsevier, 2016. – Vol. 101. – P. 243–252. – DOI: 10.1016/j.procs.2016.11.029.

29. Netflix-Watch TV Shows Online, Watch Movies Online. – 2019. – Режим доступа: <https://www.netflix.com/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 10.02.19).

30. Russell S. *Artificial Intelligence: A Modern Approach* / S. Russell, P. Norvig. – Upper Saddle River : Prentice Hall, 2010. – 1152 p.

31. Web-сервис для планирования туристических маршрутов на основе предпочтений пользователей и геоданных о городских объектах / Д. В. Беда, А. С. Гуртяков, Д. С. Парыгин, Т. А. Потапова // *Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах / ВолгГТУ*. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2017. – № 8 (203). – С. 13–17.

32. YouTube. – 2019. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/?gl=RU&hl=ru>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 05.02.19).

#### References

1. Brumshteyn Yu. M., Litvinova M. A., Borkova A. A. Ob ideologiyakh i tekhnologiyakh raboty virtualnykh fitozooparkov [On the ideologies and technologies of virtual phyto-parks]. *Materialy X Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii po Teoreticheskim i prikladnym voprosam sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy* [Proceedings of the X All-Russian Scientific and Technical Conference on Theoretical and Applied Issues of Modern Information Technologies], Ulan-Ude, 20–26 July 2009. Ulan-Ude, 2009, pp. 525–530.

2. Brumshteyn Yu. M., Konovalova D. I. Sistemnyy analiz voprosov kompyuternogo testirovaniya s ispolzovaniyem nechetkikh otvetov. Chast 1. Testovyye zadaniya kategoriy «vybor iz nabora otvetov» i «ranzhirovaniye ob'yektov» [System analysis of computer testing questions using fuzzy answers. Part 1. Test tasks of the categories «choice from a set of answers» and «ranking of objects»]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2018, no. 4 (44), pp. 57–71.

3. Brumshteyn Yu. M., Blinov V. V., Dumkina E. E., Litvinova M. A. Virtualnyye istoricheskiye ekskursii – analiz napravleniy i osobennostey tekhnicheskoy realizatsii [Virtual historical excursions – analysis of areas and features of technical implementation]. *Innovatika-2010* [Innovation 2010]. Ulyanovsk, UISU Publ., 2010. Vol. 2, pp. 33–34.

4. Volkova L. L., Tokarev M. M., Lanko A. A. O razrabotke rekomendatel'noy sistemy, predlagayushchey knigi po predpochteniyam polzovateley [On the development of a recommendation system that offers books on user preferences]. *Novyye informatsionnyye tekhnologii v avtomatizirovannykh sistemakh* [New Information Technologies in Automated Systems], 2017, no. 20, pp. 239–244.

5. Vorobey A. Parametricheskyy poisk [Parametric search]. *LiveJournal*. Available at: <https://avva.livejournal.com/2191330.html> (accessed 12.06.18).

6. *Gorodskoy putevoditel po Volgogradu i oblasti «VolgogradGid»* [City guide for Volgograd and region «VolgogradGid»]. Available at: <http://volgogradguide.urbanbasis.com/> (accessed 08.02.19).

7. Dvorkin B. Infrastruktura prostranstvennykh dannykh: regionalnyy aspekt [Spatial data infrastructure: Regional aspect]. *Geomatika* [Geomatic], 2014. Available at: <http://geomatika.ru/clauses/143/> (accessed 27.01.19).

8. *Klassifikatsiya psikhotypov* [Classification of psycho-types]. Available at: <https://www.psychologos.ru/articles/view/klassifikatsiya-psihotypov> (accessed 18.12.18).

9. Kuznetsov M. A., Vorobiev A. S. Primeneniye kom'yuternogo zreniya dlya raspoznavaniya gorodskikh pamyatnikov arkhitektury v mobil'nom prilozhenii tipa «elektronnyy gid» [The use of computer vision for the recognition of urban monuments in the mobile application of the type «electronic guide»]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2018, no. 2 (42), pp. 25–36.

10. *Logistika* [Logistics]. Moscow, Prospekt Publ., 2010. 406 p.

11. Nikolenko S. *Rekomendatel'nyye sistemy* [Recommender systems]. Available at: [https://logic.pdmi.ras.ru/~sergey/teaching/mlbeeline16/N16\\_BeelineRecommender.pdf](https://logic.pdmi.ras.ru/~sergey/teaching/mlbeeline16/N16_BeelineRecommender.pdf) (accessed 20.02.19).

12. Parygin D. S., Sadovnikova N. P., Shabalina O.A. *Informatsionno-analiticheskaya podderzhka zadach upravleniya gorodom* [Informational and analytical support of city management tasks]. Volgograd, Volgograd State Technical University Publ., 2017. 116 p.

13. *Poisk turov* [Tour search]. Available at: <https://express-kirov.ru/search-for-tours/> (accessed 04.04.19).

14. *Prosmotr ulits* [Street view]. Available at: <https://www.google.com/streetview/> (accessed 02.04.19).

15. *Profajling: psikhotypy lichnosti* [Profiling: personality psycho]. Available at: <https://searchinform.ru/kontrol-sotrudnikov/profajling/profajling-psihotypy-lichnosti/> (accessed 20.12.18).

16. *Rekomendatel'nyye sistemy* [Recommender systems]. *Blog Vastrik.ru* [Blog Vastrik.ru]. Available at:

<https://vas3k.ru/blog/355/> (accessed 24.01.19).

17. *Rukovodstvo po KML* [KML guide]. Available at: [https://developers.google.com/kml/documentation/kml\\_tut?hl=ru](https://developers.google.com/kml/documentation/kml_tut?hl=ru) (accessed 25.12.18).

18. Samorodskikh E. Dopolnennaya realnost v marketinge: 15+ primerov ispolzovaniya [Marketing augmented reality: 15+ case studies]. *TexTerra*, 2018. Available at: <https://texterra.ru/blog/dopolnennaya-realnost-v-marketinge-primery-ispolzovaniya.html> (accessed 08.03.19).

19. Strelakova A. S., Parygin D. S. AR-instrumenty modelirovaniya ob"yektov territorii [AR-tools for territory objects modeling]. *Sbornik nauchnykh trudov V mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii po Informatsionnyye tekhnologii v nauke, upravlenii, sotsial'noy sfere i meditsine* [Collection of scientific papers of the V International Scientific Conference on Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine], Tomsk, 17–21 December 2018. Tomsk, Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2018. Part 1, pp. 383–386.

20. Tokareva M. M., Volkova L. L., Abdullaev A. p. O rekomendatel'noy marshrutnoy sisteme, osnovannoy na otsenke predpochteniy polzovatelya [About advisory route system based on user preference assessment]. *Novyye informatsionnyye tekhnologii v avtomatizirovannykh sistemakh* [New information technologies in automated systems], 2016, no. 19, pp. 75–80.

21. *Turpoisk – poisk turov i oteley* [Tourpoisk – search for tours and hotels]. Available at: <https://www.turpoisk.ru/> (accessed 04.04.19).

22. Filippova E. Sistemy rekomendatsiy: zadachi, podkhody, algoritmy [Systems of recommendations: tasks, approaches, algorithms]. *DataReview*, 2014. Available at: <http://datareview.info/article/sistemyi-rekomendatsiy-zadachi-podhodyi-algoritmy/> (accessed 22.01.19).

23. *Amazon® Official Site*. Available at: <https://www.amazon.com/> (accessed 07.02.19).

24. Donchenko D., Ovchar N., Sadovnikova N., Parygin D., Shabalina O., Ather D. Analysis of Comments of Users of Social Networks to Assess the Level of Social Tension. *Procedia Computer Science: Proceedings of the 6th International Young Scientist Conference on Computational Science (YSC 2017)*, Kotka, Finland, 1–3 November 2017. Elsevier, 2017, vol. 119, pp. 359–367. DOI: 10.1016/j.procs.2017.11.195.

25. *Bookmate*. Available at: <https://ru.bookmate.com/> (accessed 14.02.19).

26. *Google Play*. Available at: <https://play.google.com/store?hl=ru> (accessed 15.11.18).

27. *Last.fm*. Available at: <https://www.last.fm/> (accessed 18.02.19).

28. Ustugova S., Parygin D., Sadovnikova N., Finogeev A., Kizim A. Monitoring of social reactions to support decision making on issues of urban territory management. *Procedia Computer Science: Proceedings of the 5th International Young Scientist Conference on Computational Science (YSC 2016)*, Krakow, Poland, 26–28 October 2016. Elsevier, 2016, vol. 101, pp. 243–252. DOI: 10.1016/j.procs.2016.11.029.

29. *Netflix-Watch TV Shows Online, Watch Movies Online*. Available at: <https://www.netflix.com/> (accessed 10.02.19).

30. Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Upper Saddle River, Prentice Hall, 2010. 1152 p.

31. Beda D. V., Gurtyakov A. S., Parygin D. S., Potapova T. A. Web-servis dlya planirovaniya turistichekikh marshrutov na osnove predpochteniy polzovatelya i geodannykh o gorodskikh obektakh [Web-service for planning tourist routes based on user preferences and the geodata of urban sites]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Aktualnyye problemy upravleniya, vychislitel'noy tekhniki i informatiki v tekhnicheskikh sistemakh* [Proceedings of the Volgograd State Technical University. Series: Actual problems of control, computing and information technology in technical systems], 2017, no. 8 (203), pp. 13–17.

32. *YouTube*. Available at: <https://www.youtube.com/?gl=RU&hl=ru> (accessed 05.02.19).