

УДК 004.9

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.29.2.021](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.29.2.021)

Разработка рекомендательной системы для планирования туристических маршрутов в оптимизационной постановке

И.Ю. Коцюба, А.Е. Назаренко

*федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»
Санкт-Петербург, Российская Федерация.*

Резюме: В статье рассматривается актуальность использования интеллектуальных информационных технологий в вопросах планирования туристической деятельности как для индивидуального, так и для коллективного использования. В связи с этим, данная статья направлена на раскрытие комплекса проблем применения рекомендательных информационных систем для генерации туристических маршрутов в оптимизационной постановке. Процесс описания сведений о туристической достопримечательности и процесс генерации туристического маршрута представлены в виде формальной модели лингвистического описания для информационной системы и задачи принятия решений, соответственно. Предложенная авторами методика базируется на методах многокритериальной оптимизации целочисленного программирования и методах объектно-ориентированного программирования. В статье представлены функциональная модель процесса разработки туристического маршрута в нотации потоков данных, а также модели системной и программной архитектур с использованием диаграммы последовательностей и диаграммы компонентов, модель данных разработанного программного комплекса с использованием модели «сущность-связь». Представленное методического и программное обеспечение позволяет сокращать трудоемкость проектирования туристических маршрутов, учитывать мнения различных категорий экспертов при его составлении. Приведена специфика и результаты экспериментальной апробации использования разработки для целей образовательного туризма.

Ключевые слова: информационные технологии в туризме, образовательный туризм, многокритериальная оптимизация

Для цитирования: Коцюба И.Ю., Назаренко А.Е. Разработка рекомендательной системы для планирования туристических маршрутов в оптимизационной постановке *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(2). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/KotsyubaNazarenko_2_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.021

Recommendation system's development for planning tourist routes based on optimization models

I.Y. Kotsyuba, A.E. Nazarenko

ITMO University, Russian Federation

Abstract: The article discusses the relevance of intelligent IT' use in planning tourism activities for both individual and collective use. In this regard, this article is aimed at revealing a set of problems in the use of recommendation IT for generation of tourist routes based on optimization models. The process of describing information about tourist attractions and the process of generating a tourist route are presented in form of a formal model of linguistic descriptions for IT system and decision-making model. The methodology proposed by authors is based on methods of multicriteria optimization of discrete programming and methods of object-oriented programming. The article presents a functional model of developing a tourist route' process as well as models of system and software architectures, a data model of developed software package. The presented methodological and software allows to reduce the complexity of tourist

routes' design, analyze expert opinions of various categories of experts. The specificity and results of experimental testing of development's use for educational tourism are given.

Keywords: IT in tourism, educational tourism, multi-criteria optimization

For citation: Kotsyuba I.Y., Nazarenko A.E. Recommendation system's development for planning tourist routes based on optimization models. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2020;8(2). Available from: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/KotsyubaNazarenko_2_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.021 (In Russ).

Введение

Последнее время туризм в России активно развивается ввиду выхода страны на международный туристический рынок и значительного экономического эффекта отрасли. [1] Наряду с крупными городами, туризм развивается и в регионах. [2-6] Многие локальные культурные объекты были заново открыты благодаря популяризации социально-экономического потенциала российских регионов, а также благодаря усилиям регионального научного сообщества, которое создаёт множество разнообразных стратегий для туристической децентрализации и привлечения туристического потока в местные культурные центры [7].

Одним из ключевых направлений развития туризма является максимальная индивидуализация проектирования туристических маршрутов, реализуемая в формализации слабоструктурированных показателей в «профиле» туриста [8], а также способствующая конкурентоспособности российских маршрутов. [1] Среди туристов становятся все более популярными маршруты, удовлетворить которые современные типовые выездные туристические программы не в состоянии. Большие возможности для поддержки организации туризма открывают средства автоматизации, с помощью которых можно строить индивидуальные туристические маршруты с учетом динамически меняющихся пользовательских предпочтений. Таким образом, особую актуальность приобретает разработка гибкой программы формирования туристических программ.

Создание сайтов, групп в социальных сетях, видео и т.д. увеличение упоминания объектов повышенного интереса хоть и увеличивает рейтинг упоминания мест, но не всегда даёт желаемый результат. Проблемой широкого применения средств автоматизации становится то обстоятельство, что в большинстве случаев идёт либо неверное, либо недостаточно комплексное исследование предметной области и ее формальное описание в модели данных информационной системы.

Данная проблема может быть решена введением типизированного информационного описания достопримечательностей, а также связей между ними, что позволит строить и оптимизировать уникальные туристические маршруты для различных задач воспитательной работы. Для организации многогранного туризма, подходящего для разных категорий пользователей с максимально индивидуализированными предпочтениями, недостаточно предоставлять только список достопримечательностей, но и важно также знать описание культурно-исторической или иной ценности достопримечательности, варианты логистики достижения с сопутствующими показателями цены, времени посещения, определение мест схожей тематической направленности. Подобная стратегия предоставляет возможность туристического охвата достопримечательностей целыми тематическими кластерами. Упрощая систему и перерабатывая уже имеющуюся основу, можно разработать более подходящую под современные реалии базу культурно-исторических объектов, формирующих потенциал туристической привлекательности региона.

Среди большого многообразия туристических направлений особого внимания заслуживает образовательный туризм, зачастую реализуемый в рамках воспитательной работы образовательного учреждения. В этом случае туризм воспринимается дополнительно как средство воспитания гармонично развитой и толерантной личности, психолого-педагогической коррективы поведенческой модели обучающегося, формирование у него мотивации к саморазвитию и дополнительному образованию. Ввиду отсутствия стандартизации описания региональных культурных объектов, пригодных для посещения индивидуальными туристами, туристическими группами, обучающимися образовательных учреждений и т. д. возникают дополнительные проблемы для организации выездов в рамках программы воспитательной работы, базирующейся на концептуальной методической основе [9], предусматривающей развитие личности по тематическим направлениям (патриотическое, общекультурное, спортивное, художественное и т.д.).

Помимо вышеперечисленных проблем, стоит отметить, что многообразие культур, этносов, конфессий затрудняет процесс реализации образовательных программ для посещения достопримечательностей, охватывающих весь их спектр. Таким образом, требуется информационное обеспечение этого процесса, позволяющее учитывать индивидуальные предпочтения различных обучающихся и выстраивать тематические маршруты по ознакомлению с конкретными культурами, этносами, конфессиями с минимальными затратами временных и экономических ресурсов.

Помимо классификации по объектам посещения, существуют виды туристической деятельности с точки зрения воздействия на культурное развитие личности, такие как [10]:

1. Событийный туризм – поездки на конкретные фестивали, спортивные соревнования, музыкальные конкурсы и т.д.
2. Сельский туризм – поездки с длительным погружением путем непосредственного проживания в самобытной культурной среде народа.
3. Культурно-познавательный туризм – посещение различных исторических, культурных памятников и цельных маршрутов; участие в изучении фольклора и прикладного искусства.
4. Экологический туризм – путешествия в природные резервации с целью изучения региональной культуры.
5. Религиозный туризм профессионально-познавательной направленности.

Анализ предметной области [10] также показывает, что привлечение туризма как средства формирования толерантности становится более эффективным в случае решения таких проблем, как:

1. Использование педагогических практик в рамках туристической деятельности с целью воздействия на обучающегося.
2. Необходимость привлечения специалистов различных сфер, в частности, культурологов и работников социально-культурной сферы в качестве экспертов по определению важности туристического объекта.
3. Популяризация туризма с учетом спроса населения.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при использовании средств автоматизации для разработки индивидуальных туристических маршрутов необходимо иметь формальную модель описания достопримечательностей; определить критерии оптимизации маршрута и их соотношение (время, стоимость, приоритет посещения и т.д.); иметь возможность использовать экспертные оценки различных специалистов, способных оценить приоритет туристической привлекательности той или иной достопримечательности. Разработка метода формирования туристических маршрутов,

соединяющих все вышеизложенные требования, и алгоритма, основанного на этом методе, являются прогрессивными шагами для развития всей сферы регионального туризма.

Материалы и методы

На основе анализа предметной области и обзора аналогичных решений [11-14] был установлен факт недостаточной проработки интеллектуальной составляющей при проектировании туристических маршрутов и был определен общий функционал разрабатываемой рекомендательной системы по генерации туристических маршрутов:

1. Регистрация пользователей.
2. Авторизация пользователей.
3. Редактирование профилей пользователей.
4. Внутренний чат сайта.
5. Добавление и заполнение профиля туристических объектов по набору атрибута тематической принадлежности и сопутствующих полей.
6. Просмотр подробной информации о туристических объектах.
7. Генерация индивидуальных гибких маршрутов в оптимизационной постановке.
8. Составление итоговых маршрутных листов маршрутных листов.
9. Оценка маршрута после прохождения.

После сбора статистических данных была разработана методика формирования динамического туристического маршрута, включающая в себя прохождение следующих шагов:

1. Выбор приоритетной группы параметров для формирования маршрута. В них входят классы (патриотическое, общекультурное, спортивное, художественное и т.д), зональности (районный, городской, региональный, федеральный, зарубежный), уникальные теги достопримечательностей, а также универсальные атрибуты любого маршрута (время, стоимость, расстояние, приоритет посещения).
2. Подбор достопримечательностей согласно одному из выбранных классов.
3. Подбор достопримечательностей согласно одной из выбранных зональностей.
4. Построение маршрута согласно одному из универсальных маршрутных атрибутов: время, стоимость, расстояние, а также указание согласованности критериев оптимизации. Для студенческих групп было эмпирически установлена зависимость максимального понижения времени поездки, во вторую очередь её стоимости, жертвую расстоянием между объектами.
5. Ранжирование атрибутов подбора маршрутов по заложенной системе приоритетности, основанной на посещаемости и информативности достопримечательностей, а также на субъективных предпочтениях пользователя и экспертной группы, принимающей участие в проектировании маршрута.
6. Анализ всех выбранных пользователем дополнительных условий формирования маршрута.
7. Предложение всех допустимых маршрутов, удовлетворяющих ограничениям и соответствующих множеству допустимых значений.
8. Вычисление взвешенных финальных оценок полезности сформированных маршрутов и отдельно туристических объектов, предложенных пользователю.
9. Последующая обработка полученных статистических данных и улучшение реализуемой системы.

Математическая модель, положенная в основу алгоритма программы, представлена в виде формул (1) и (2). Данная модель сформулирована как многоцелевая

оптимизационная модель, относящаяся к классу целочисленного программирования. В качестве параметров целевой функции были выбраны «полезность», характеризующая взвешенную оценку приоритетности маршрута, и его стоимость:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m_j} u_{ij} x_{ij} \rightarrow \max; F_2(x) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m_j} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$F_1(x) > F_2(x)$$

$$D = \{x \in R_{mn} | x_{ij} \in \{0,1\} \forall i, j\}$$

$$\sum_i x_i \geq 1 \text{ и } \forall i \in [1, n]; x_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m_j} c_{ij} x_{ij} \leq C; \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m_j} t_{ij} x_{ij} \leq T$$

Формула (2) демонстрирует детализацию процедуры ранжирования целевой функции максимизации полезности:

$$F_1(x) = r_1(k_1(l_1g_1 + l_2g_2 + \dots + l_n g_n) + k_2(l_1g_1 + l_2g_2 \dots + l_n g_n) + \dots + k_n(l_1g_1 + l_2g_2 + \dots + l_n g_n)) + r_2(l_1(k_1g_1 + k_2g_2 + \dots + k_n g_n) + l_2(k_1g_1 + k_2g_2 \dots + k_n g_n) + \dots + l_n(k_1g_1 + k_2g_2 + \dots + k_n g_n)) \rightarrow \max \quad (2)$$

где r – коэффициент режима формирования маршрута (частный/групповой), k – коэффициент важности тематического кластера, l – коэффициент важности зональности.

Таким образом, можно сделать вывод, что представленная математическая модель позволяет решать вопросы проектирования туристических маршрутов в оптимизационной постановке в формате многоцелевой оптимизации с учетом формальных ограничений. Отличительной чертой модели является возможность ранжировать по степени важности как сами туристические объекты, так и уровень их реализации по тематическому кластеру и зональности, а также учитывать приоритет экспертов, принимающих участие в разработке маршрута.

На Рисунке 1 представлена функциональная модель процесса формирования туристического маршрута с использованием диаграммы потоков данных в нотации DFD:



Рисунок 1. Функциональная модель бизнес-процесса
 Figure 1. Functional business process model

На Рисунке 2 представлена программная модель рекомендательной системы для формирования туристических маршрутов с использованием диаграммы последовательностей объектно-ориентированного языка UML:

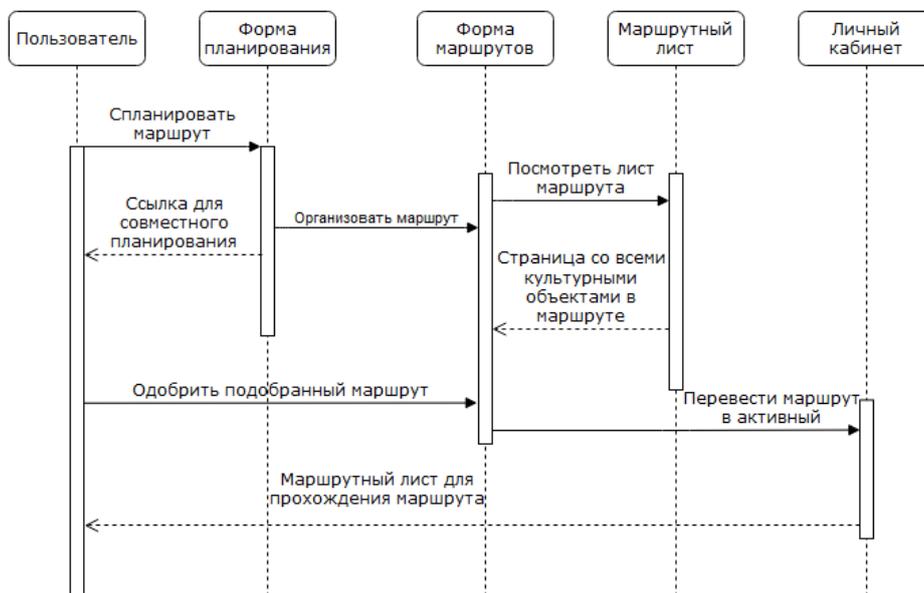


Рисунок 2. Программная архитектура системы
 Figure 2. System's program architecture

На Рисунке 3 представлена модель системной архитектуры рекомендательной системы для формирования туристических маршрутов с использованием диаграммы компонентов объектно-ориентированного языка UML:

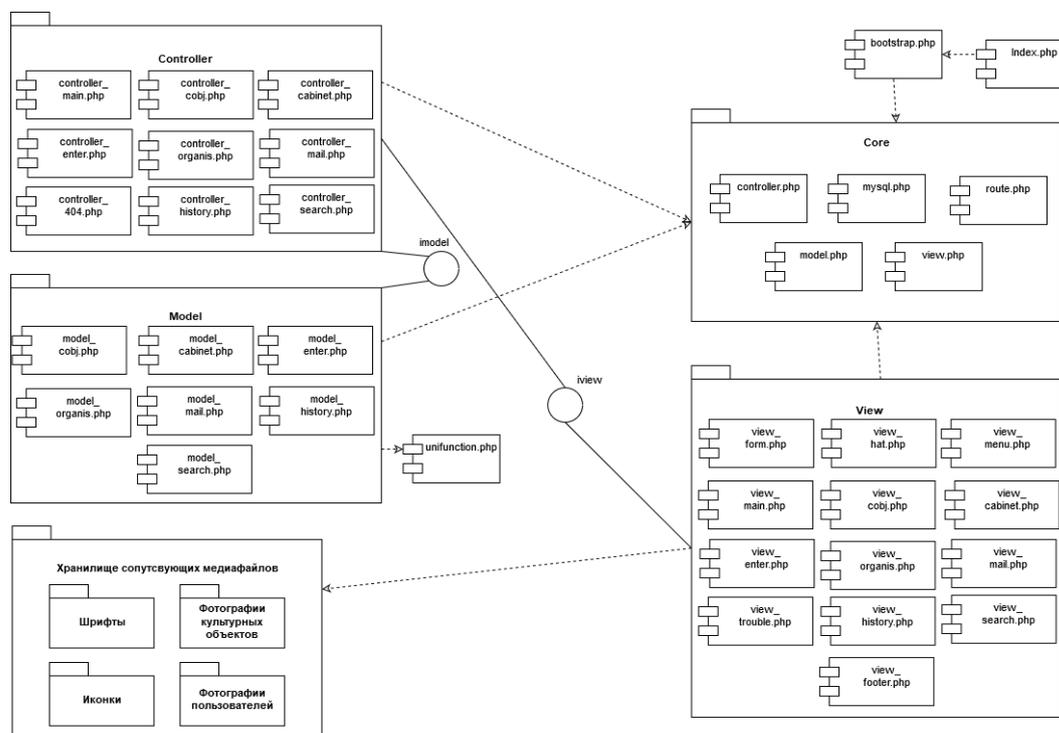


Рисунок 3. Системная архитектура
 Figure 3. System architecture

Представленные диаграммы дают возможность определить требования к информационной системе, детально спроектировать систему и формально представить ее структурные компоненты для этапа реализации.

Результаты

Для реализации системы были использованы следующие стеки технологий:

- язык программирования PHP 7;
- язык программирования Java Script;
- расширение jQuery для языка Java Script;
- язык вёрстки HTML 5;
- каскадные таблицы стилей CSS 3.

На Рисунке 4 представлена модель данных информационной системы с использованием диаграммы «сущность-связь» объектно-ориентированного языка UML, дающая возможность формализованно описывать информацию для поиска туристических объектов и автоматически извлекать атрибуты для построения критериев оптимизации:

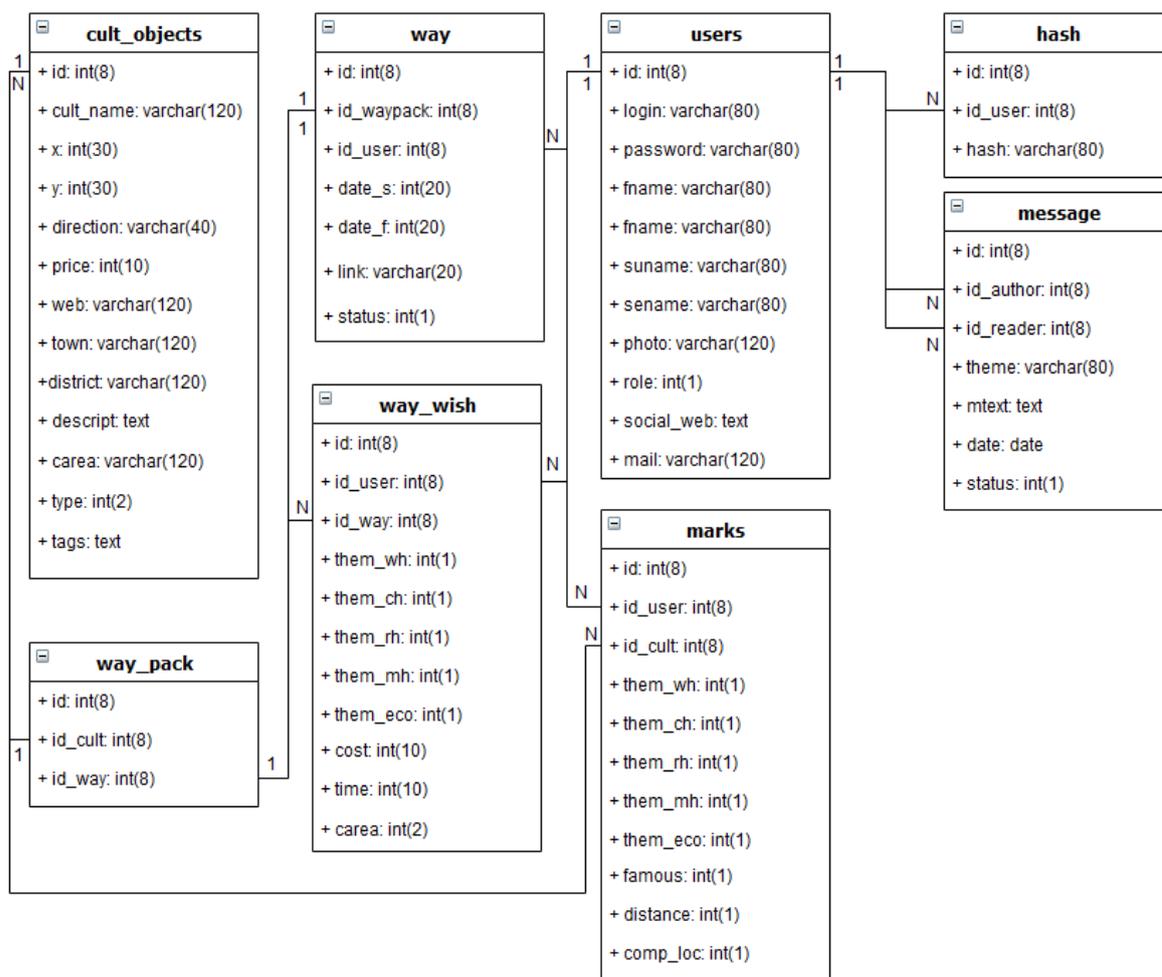


Рисунок 4. Модель данных
 Figure 4. Database model

На Рисунке 5 представлена страница проектирования маршрута на основе ввода личных данных, с которой данные передаются в подсистему анализа данных на основе математических моделей (1), (2):

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО МАРШРУТА

Ответьте на вопросы в форме, чтобы маршрут лучше вам подходил.

1. Для кого вы планируете маршрут?

для себя для группы

Ваши возможности:
Деньги
Время

1.1 Как вы будете планировать маршрут?

В одиночки
 Равноценной группой
 Группой с лидером

Ссылка на форму этого маршрута: unotrip.test/organis/link/l123hsjdf123lsd

2. Что бы вам хотелось увидеть в рамках маршрута?
(Расположите в порядке убавления при добавлении)

3. В масштабах чего вы хотели бы погулять?
(Расположите в порядке убавления при добавлении)

Рисунок 5. Страница проектирования маршрута на основе ввода личных данных
Figure 5. Route's design page

Обсуждение

Представленное решение дает возможность методического, математического и программного обеспечения процесса разработки туристических маршрутов. Предложенная математическая модель позволяет организовать работу по анализу экспертных оценок как индивидуальных, так и внутри экспертной группы, а также проектировать туристические маршруты в оптимизационной постановке с возможностью индивидуально настраивать соотношение между критериями оптимизации. Система прошла апробацию на факультете среднего профессионального образования Университета ИТМО в рамках организации воспитательной работы, дав возможность осуществлять студенческий туризм по разнонаправленным направлениям воспитательной работы, учитывая специфику проведения мероприятий на районном, городском, региональном, федеральном и зарубежном уровнях; автоматически генерировать тематические маршруты поездок из формальной базы данных, избегая стихийно-эмпирического планирования по неструктурированным данным.

Заключение

Разработанная рекомендательная система позволяет значительно поддержать процесс разработки туристических маршрутов как для личного, так и для коллективного использования. В рамках развития системы существует возможность введения дополнительных функций оптимизации, таких как функция минимизации расстояния между объектами внутри маршрута или функция упрощения способа перемещения между туристическими объектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семеркова Л.Н., Зинченко С.В. Проектирование туристских маршрутов как направление повышения конкурентоспособности национальной туристской индустрии. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки*. 2016;3(39). Доступно по: <https://izvuz.on.pnzgu.ru/on20316>. DOI: 10.21685/2072-3016-2016-3-20 (дата обращения: 09.06.2020)
2. Кондратьева Н.С., Прокопенко Л.А. Особенности бюджета времени и формы досуга студентов технического вуза. *Успехи современного естествознания*. 2013;10:199-202.
3. Большаков А.Г., Гладышев Ю.Б. Методика формирования туристических маршрутов и градостроительные принципы экспозиции объектов культурного наследия г. Читы. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2014;711.1:19-26.
4. Пидгурская Н.Н. Подходы к формированию туристских кластерных стратегий. *Известия Байкальского государственного университета*. 2006;3(48):7-10.
5. Якунин В.Н. Развитие религиозного туризма как составляющей части историко-культурного наследия на современном этапе. *Вестник Саратовского государственного технического университета*. 2011;4(60):280-287.
6. Комарова М. Е. Методологические подходы к разработке стратегии развития туристского рынка Белгородской области. *Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса*. 2014;338:15-25.
7. Лойко О.Т. Устойчивый туризм как способ формирования толерантного общества. *Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики*. 2012;5-2 (19):106-109.
8. Никулин С.Ю., Краснов С.В. Интеллектуальные технологии в туризме. *Вестник ВУиТ*. 2017;2:109-116.
9. Гриншпун Д.М., Коцюба И.Ю. Концепция воспитательной работы в рамках подготовки технических специалистов в системе среднего профессионального образования на базе вуза. *Инновации в образовании*. 2016;9:138-146.
10. Молчанова Н.В. Туризм как средство формирования толерантности. *Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева*. 2016; 1(35): 81-84
11. W. Zheng, Z. Liao, "Using a heuristic approach to design personalized tour routes for heterogeneous tourist groups", *Tourism Management*. 2019;72:313-325.
12. Cenamor, T. de la Rosa, S. Núñez, D. Borrajo, "Planning for tourism routes using social networks", *Expert Systems with Applications*. 2017;69:1-9.
13. M.A. Uwaisy, Z.K.A. Baizal, M.Y. Reditya, "Recommendation of Scheduling Tourism Routes using Tabu Search Method (Case Study Bandung)", *Procedia Computer Science*. 2019;157:150-159.
14. M. Sumardi, R. Wongso, F.A. Luwinda, ""TripBuddy" Travel Planner with

Recommendation based on User's Browsing Behaviour", *Procedia Computer Science*. 2017;116:326-333.

REFERENCES

1. Semerkova L.N., Zinchenko S.V. Proektirovanie turistskih marshrutov kak napravlenie povyshenija konkurentosposobnosti nacional'noj turistskoj industrii. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Obshhestvennye nauki*. 2016;3(39). Available at: https://izvuz_on.pnzgu.ru/on20316 (In Russ) DOI: 10.21685/2072-3016-2016-3-20 (accessed: 09.06.2020)
2. Kondrat'eva N.S., Prokopenko L.A. Osobennosti bjudzheta vremeni i formy dosuga studentov tehničeskogo vuza. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2013;10:199-202. (In Russ)
3. Bol'shakov A.G., Gladyshev Ju.B. Metodika formirovanija turistichekikh marshrutov i gradostroitel'nye principy jekspozicii ob'ektov kul'turnogo nasledija g. Chity. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. 2014;711.1:19-26. (In Russ)
4. Pidgurskaja N.N. Podhody k formirovaniju turistskih klasternyh strategij. *Izvestija Bajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2006;3(48):7-10. (In Russ)
5. Jakunin V.N. Razvitie religioznogo turizma kak sostavljajushhej chasti istoriko-kul'turnogo nasledija na sovremennom jetape. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. 2011;4(60):280-287. (In Russ)
6. Komarova M. E. Metodologičeskie podhody k razrabotke strategii razvitija turistskogo rynka Belgorodskoj oblasti. *Nauchnyj rezul'tat. Tehnologii biznesa i servisa*. 2014;338:15-25. (In Russ)
7. Lojko O.T. Ustojchivyy turizm kak sposob formirovanija tolerantnogo obshhestva. *Istoricheskie, filosofskie, političeskie i juridicheskie nauki, kul'turologija i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki*. 2012;5-2 (19):106-109. (In Russ)
8. Nikulin S.Ju., Krasnov S.V. Intellektual'nye tehnologii v turizme. *Vestnik VUiT*. 2017; 2: 109-116. (In Russ)
9. Grinshpun D.M., Kocjuba I.Ju. koncepcija vospitatel'noj raboty v ramkah podgotovki tehničeskikh specialistov v sisteme srednego professional'nogo obrazovanija na baze vuza. *Innovacii v obrazovanii*. 2016;9:138-146. (In Russ)
10. Molchanova N.V. Turizm kak sredstvo formirovanija tolerantnosti. *Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo pedagogičeskogo universiteta im. V.P. Astaf'eva*. 2016. 1(35): 81-84. (In Russ)
11. W. Zheng, Z. Liao, "Using a heuristic approach to design personalized tour routes for heterogeneous tourist groups", *Tourism Management*. 2019;72:313-325.
12. Cenamor, T. de la Rosa, S. Núñez, D. Borrajo, "Planning for tourism routes using social networks", *Expert Systems with Applications*. 2017;69:1-9.
13. M.A. Uwaisy, Z.K.A. Baizal, M.Y. Reditya, "Recommendation of Scheduling Tourism Routes using Tabu Search Method (Case Study Bandung)", *Procedia Computer Science*. 2019;157:150-159.
14. M. Sumardi, R. Wongso, F.A. Luwinda, ""TripBuddy" Travel Planner with Recommendation based on User's Browsing Behaviour", *Procedia Computer Science*. 2017;116 326-333.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Коцюба Игорь Юрьевич, к.т.н., факультет среднего профессионального образования, Университет ИТМО, преподаватель, Санкт-Петербург, Российская Федерация.

e-mail: igor.kotciuba@gmail.com

ORCID: [0000-0002-1680-5597](https://orcid.org/0000-0002-1680-5597)

Igor Y. Kotciuba, Phd (Technical Science), Faculty Of Secondary Vocational Education, ITMO University, Saint Petersburg, Russian Federation.

Назаренко Андрей Евгеньевич, студент, факультет среднего профессионального образования, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Российская Федерация.

e-mail: andy_naso@mail.ru

Andrew E. Nazarenko, Faculty Of Secondary Vocational Education, ITMO University, Saint Petersburg, Russian Federation.