

Цифровая экономика: теория и практика

Digital economy: theory and practice

Научная статья

УДК 330.46

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16201>



МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ РАЗВИТИЕМ ОТРАСЛЕВЫХ ЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ТУРИСТСКОЙ ИНДУСТРИИ)

Л.А. Гамидуллаева , А.Г. Финогеев 

Пензенский государственный университет,
г. Пенза, Российская Федерация

 gamidullaeva@gmail.com

Аннотация. Современные тенденции развития региональных социально-экономических систем связаны со стремительным ростом популярности использования цифровых технологий практически во всех отраслях и сферах экономики. Существующие технологии позволяют интегрировать бизнес-процессы, происходящие в экономических системах на различных уровнях ее функционирования. В будущем прогнозируется конкуренция непосредственно между отраслевыми цифровыми экосистемами; одними из ключевых конкурентных преимуществ станут комплексность, качество, удобство, индивидуализация и клиентоцентричность при предоставлении интегрированных сервисов и продуктов. При построении индивидуальных туристских маршрутов и формировании туристских продуктов необходим синтез моделей и методов, позволяющих объединять различные сервисы и платформы в рамках единой туристской экосистемы. В качестве одного из таких сервисов следует рассматривать рекомендательную систему для туристской индустрии, являющуюся неотъемлемым элементом цифровой туристской экосистемы. Цель данной статьи – предложить актуальные подходы к повышению конкурентоспособности отраслевых экосистем посредством обеспечения индивидуализации и клиентоцентричности при предоставлении услуг и сервисов (на примере туристской индустрии). Методология системного анализа выполняет роль каркаса, объединяющего все необходимые методы, исследовательские приемы, мероприятия для решения проблемы повышения эффективности функционирования туристской индустрии. Методическую основу исследования составили общенаучные и специальные методы системного анализа, абстрагирования, анализа и синтеза, индукции, моделирования, кластеризации, метод коммивояжера, нейросетевой метод, теория нечетких множеств и нечеткой логики и другие. Информационной базой исследования послужили нормативно-правовые акты, регулирующие деятельность участников индустрии туризма и гостеприимства в РФ; официальные материалы Правительства Российской Федерации; статьи отечественных и зарубежных ученых по вопросам управления туристской индустрией с использованием цифровых технологий; а также предыдущие исследования авторов. В статье приводится обоснование необходимости интеграции различных подходов и методов для разработки универсальной рекомендательной системы при разработке индивидуальных турпродуктов. Авторами разработан методический подход к синтезу и кластеризации туристских продуктов в целях формирования последних согласно предпочтениям пользователей.

Ключевые слова: отраслевая экосистема; цифровая платформа, туристская экосистема; туристский продукт; индивидуальный турпродукт; проектирование туристского продукта; туристский маршрут; кластеризация; теория нечетких множеств

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-20524 «Цифровизация управления жизненным циклом внутреннего регионального туристского продукта на основе технологии блокчейн». <https://rscf.ru/project/22-28-20524>.

Для цитирования: Гамидуллаева Л.А., Финогеев А.Г. (2023) Методические подходы к управлению развитием отраслевых экосистем (на примере туристской индустрии). *П-Эconomy*, 16 (2), 7–23. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16201>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16201>



METHODOLOGICAL APPROACHES TO MANAGING THE DEVELOPMENT OF SECTORAL ECOSYSTEMS (ON THE EXAMPLE OF THE TOURISM INDUSTRY)

L.A. Gamidullaeva  , A.G. Finogeev 

Penza State University, Penza, Russian Federation

 gamidullaeva@gmail.com

Abstract. Modern trends in the development of regional socio-economic systems are associated with the rapid growth in the popularity of digital technologies in almost all industries and sectors of the economy. Modern technologies make it possible to integrate business processes occurring in economic systems at various levels of its functioning. In the future, competition is predicted directly between sectoral digital ecosystems; one of the key competitive advantages will be the complexity, quality, convenience, individualization and customer-centricity in the provision of integrated services and products. When building individual tourist routes and forming tourist products, it is necessary to synthesize models and methods that allow combining various services and platforms within a single digital tourism ecosystem. As one of these services, we should consider a recommendation system for the tourism industry, which is an integral element of the digital tourism ecosystem. The purpose of this article is to develop relevant approaches for increasing the competitiveness of sectoral ecosystems through individualization. The purpose of this article is to develop relevant methods for increasing the competitiveness of sectoral ecosystems through individualization and customer focus in the provision of services (on the example of the tourism industry). The methodology of system analysis plays the role of a framework that combines all the necessary methods, research techniques, activities to solve the problem of improving the efficiency of the tourism industry. The methodological basis of the study was general scientific and special methods of system analysis, abstraction, analysis and synthesis, induction, modeling, clustering, the traveling salesman method, the neural network method, the theory of fuzzy sets and fuzzy logic, and others. The information base of the study was the legal acts regulating the activities of participants in the tourism and hospitality industry in the Russian Federation; official materials of the Government of the Russian Federation; articles by domestic and foreign scientists on the management of the tourism industry; as well as previous research by the authors. The article provides a justification for the need to integrate various approaches and methods for the development of a universal tourism recommendation system in the development of individual tourism products. The authors have developed a methodological approach for the synthesis and clustering of tourist products in order to form them according to user preferences.

Keywords: industry digital ecosystem, digital platform, digital tourism ecosystem, tourism product, individual tourism product, designing a tourist product, tourist route, clustering, fuzzy set theory

Acknowledgements: The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 22-28-20524 “Digitalization of the life cycle management of an internal regional tourism product based on blockchain technology”. <https://rscf.ru/project/22-28-20524>.

Citation: Gamidullaeva L.A., Finogeev A.G. (2023) Methodological approaches to managing the development of sectoral ecosystems (on the example of the tourism industry). *П-Эconomy*, 16 (2), 7–23. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16201>

Введение

Возрастание актуальности темы развития отраслевых экосистем связано со стремительным ростом популярности использования цифровых технологий практически во всех отраслях и сферах экономики (рис. 1). Сейчас уже совершенно очевидно, что успешность принимаемых отраслевых решений находится в тесном сопряжении с качеством и масштабами формируемой цифровой отраслевой экосистемы, что требует применения современного информационно-цифрового инструментария. Крупные компании, функционирующие на базе платформ, наиболее близки к бизнес-модели цифровых экосистем и часто трансформируются в них с течением времени. К числу российских цифровых экосистем относятся: Сбер, Яндекс, X5 Retail Group, Wildberries, Тинькофф, Озон и другие. В свою очередь стоимость российских таких компаний составила всего 0,76% от стоимости 100 крупнейших платформенных компаний мира¹. При этом, во избежание монополизации информационного пространства со стороны глобальных экосистем и реализации проактивной стратегии России по обеспечению технологического суверенитета необходимо преодолеть зависимость российских цифровых отраслевых платформ и экосистем от импорта технологий и оборудования. Для решения данной архиважной задачи требуются отечественные разработки, позволяющие проектировать и повышать конкурентоспособность отечественных цифровых платформ, а также их привлекательность для пользователей.

Цифровые отраслевые платформы обеспечивают следующие преимущества: масштабируемость, гибкость, эффективность, маркетинговая рентабельность, развитие бренда.

Развитие цифровых платформ и экосистем может приводить к различным положительным эффектам [2] (рис. 2). Ключевой характеристикой экосистемы как бизнес-модели является ее кросс-отраслевой характер ввиду того, что находящаяся в ее основе цифровая платформа и прочие продукты функционируют в разных отраслевых сегментах и на разных рынках, объединяя разные типы участников одновременно (рис. 3).

Понятие «цифровой экосистемы» пока не сформулировано в законодательствах стран мира [3]. Общеизвестно, что исходные теоретические положения об экосистемах были изложены в 1935 г. А. Тенсли [4]. В дальнейшем это понятие стало широко применяться, в том числе в контексте различных социально-экономических систем. Отрасль туризма в данном смысле не является исключением.



Рис. 1. Индекс цифровизации отраслей экономики РФ

Fig. 1. Index of digitalization of sectors of the economy of the Russian Federation

Источник: составлено авторами на основе [1]

¹ Investing.com

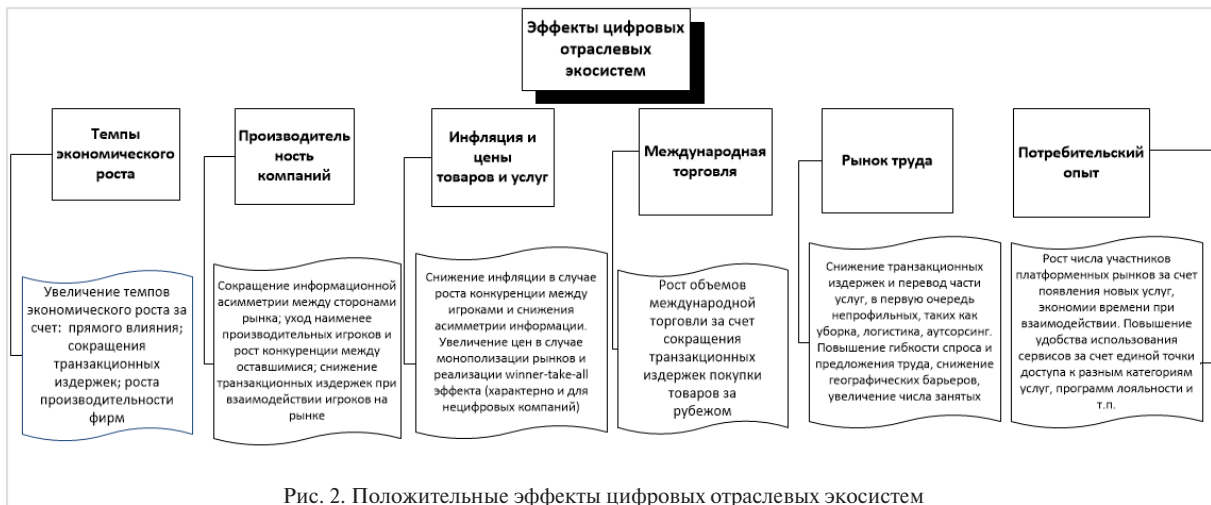


Рис. 2. Положительные эффекты цифровых отраслевых экосистем

Fig. 2. Positive Effects of Digital Industry Ecosystems

Источник: составлено авторами с использованием [2]



Рис. 3. Структурная схема цифровой экосистемы

Fig. 3. Block diagram of the digital ecosystem

Источник: составлено автором на основе [2]

Сопоставляя термин «экосистема» с понятиями кластеров и сетей, можно прийти к выводу, что этот термин является более широким [5–7]. Дальнейшее развитие теории экосистем шло по разным направлениям, одним из которых стало формирование цифровых экосистем, связанное с популярностью цифровых платформ.

Принятие управленческих решений в цифровых экосистемах представляет собой, преимущественно, автоматизированный процесс без человеческого участия, с использованием целого арсенала различных инструментов и технологий, к которым относятся технологии распределенного реестра, анализа больших данных, искусственного интеллекта и т.д.

Цифровая экосистема – это сложноорганизованное взаимодействие большого числа участников, возможно, одновременно участвующих в нескольких проектах, и находящихся под влиянием



янием внутренних и внешних факторов, что делает необходимым автоматизированное принятие управленческих решений [8].

На наш взгляд, цифровая экосистема – это ключевой и определяющий элемент любой социально-экономической экосистемы, без которого соблюдение принципа самоорганизации экосистем, обеспечивающего их отличительные преимущества по сравнению с другими типами горизонтального объединения участников, становится практически невозможным.

Индустрия туризма как одна из высокодоходных и наиболее динамично развивающихся отраслей мировой экономики характеризуется наибольшими мультипликативными эффектами: инвестиции в данную отрасль формируют добавленную стоимость в смежных и сопутствующих отраслях и видах деятельности. В этой связи проблема развития туризма как мультипликатора отраслей экономики требует разработки новых организационно-управленческих моделей и подходов, что позволит обеспечить качественный виток в данной сфере.

Стоит отметить, индустрия туризма претерпела весьма существенные изменения в связи со стремительным проникновением информационно-коммуникационных технологий во все сферы и отрасли экономики. Цифровая трансформация различных отраслей, от линейных цепочек создания стоимости до сильно взаимосвязанных и взаимозависимых экосистем, привела к появлению феномена туристских экосистем как формы сетевого взаимодействия акторов. Перенос понятия «экосистема» на туристическую отрасль оправдан ввиду сложности и взаимосвязанности вовлеченных субъектов, участвующих в интеграции ресурсов и обмене услугами, в процесс создания ценностного предложения в данной сфере. Эта точка зрения позволяет исследователям учитывать растущий уровень совместного создания стоимости участниками туристской экосистемы, когда интегрируются противоположные принципы, конкуренции и коллаборации как высшей формы межорганизационного сотрудничества, при сетевом взаимодействии акторов.

Подход туристских экосистем (ТЭ) предполагает интегрированный взгляд на данные, технологическую инфраструктуру и создание ценности для бизнеса, а также характеризуются интенсивным обменом информацией и совместным созданием ценности разнообразными субъектами в пространстве экосистемы. К наиболее очевидным преимуществам создания ТЭ следует отнести снижение издержек пользователей на поиск необходимых товаров и услуг за счет персонализированных предложений; удобство для потребителя использования ТЭ, объединяющей в себе различные сервисы на разных сегментах рынка с наименьшими транзакционными издержками для пользователей (единая аутентификация, совместимость сервисов и т.д.) [9, с. 3].

В широком смысле ТЭ представляет собой сложную сеть, объединяющую все предприятия и организации, работающие для предоставления определенных продуктов и/или услуг, а также социально-экономическую среду с ее институциональной и нормативной базой, технологической инфраструктурой, формирующей цифровое пространство для взаимодействия субъектов, которая поддерживает сотрудничество, открытые инновации [10], обмен знаниями, разработками, новыми технологиями и эволюционные бизнес-модели.

По мнению авторов статьи, туристскую экосистему следует рассматривать как сетевое объединение различных хозяйствующих субъектов с целью разработки, реализации и продвижения туристских продуктов на основе их уникальности, конкурентоспособности и индивидуализации [11], что позволяет создавать не только общественную ценность, но и ценность для каждого участника экосистемы в отдельности. В процессе разработки и реализации туристского продукта участвуют различные участники индустрии туризма и гостеприимства (туроператорские и турагентские компании, средства размещения, предприятия общественного питания, транспортные предприятия, учреждения культуры и другие), отраслевые министерства и ведомства, местные органы власти, Правительство РФ и другие субъекты, каждый из которых преследует свои цели и исполняет свою роль.

При построении индивидуальных туристских маршрутов и формировании туристских продуктов необходим синтез моделей и методов, позволяющих объединять различные сервисы и платформы в рамках единой цифровой туристской экосистемы. Таким образом, акцент на экосистемы, а не на отрасль, предприятие или регион, – это современный тренд, который нельзя игнорировать. Главным эволюционным направлением развития становится создание инновационных интеграционных моделей, позволяющих получать ценность и удовлетворять экономические интересы всех акторов на основе коллаборационного взаимодействия органов власти, бизнеса, науки и общества. А социально-экономические экосистемы постепенно становятся основной единицей экономического анализа [12].

Таким образом, в будущем можно прогнозировать конкуренцию непосредственно между туристскими экосистемами, а одними из ключевых их конкурентных преимуществ станут комплексность, качество, удобство, индивидуализация и клиентоцентричность при предоставлении интегрированных сервисов и продуктов. В качестве одного из таких сервисов следует рассматривать рекомендательную систему для туристской индустрии.

Цель данной статьи – разработать актуальные подходы к повышению конкурентоспособности (индивидуализации и клиентоцентричности) отраслевых цифровых экосистем (на примере туристской индустрии).

Объектом исследования выступают отраслевые экосистемы. В свою очередь предметом исследования являются подходы к повышению конкурентоспособности туристской экосистемы.

Предыдущие исследования авторов были посвящены вопросу проектирования такой системы для индустрии туризма, где была предложена авторская концепция разработки рекомендательной системы для сферы туризма в целях регионального развития [13]. Разработанная концепция данной системы включает в себя процедуру сбора данных и подготовку синтеза туристского продукта, а также методологию формирования туристского продукта в соответствии с предпочтениями пользователей. Для сбора и хранения информации от реальных путешественников авторами было предложено использовать элементы технологии блокчейн с целью обеспечения информационной безопасности.

В данной статье мы сконцентрируемся на одном из ключевых аспектов реализации предложенной ранее методологии формирования туристского продукта [8]. Этот аспект связан с синтезом и подбором туристских продуктов в соответствии с индивидуальными предпочтениями туристов с учетом приобретенного и стороннего опыта путешествий. Схема визуализируется на карте в виде маршрута ключевых точек и участков маршрута, а параметры, описания и ссылки на различную информацию (текстовые данные, графику, фото и видео материалы), отзывы о ключевых точках и участках визуализируются посредством выпадающего меню при выборе. Для реализации данного этапа предложенной методологии необходимо разработать соответствующие методики и модели, которые в конечном итоге будут способствовать повышению эффективности функционирования цифровых экосистем в целом, и цифровых туристских экосистем в частности.

Методы и материалы

Методология системного анализа выполняет роль каркаса, объединяющего все необходимые методы, исследовательские приемы, мероприятия для решения проблемы повышения эффективности функционирования туристской индустрии. Методическую основу исследования составили общенаучные и специальные методы системного анализа, абстрагирования, анализа и синтеза, индукции, моделирования, кластеризации, метод коммивояжера, нейросетевой метод, теория нечетких множеств и нечеткой логики и другие. Информационной базой исследования послужили нормативно-правовые акты, регулирующие деятельность участников индустрии туризма и гостеприимства в РФ, официальные материалы Правительства Российской Федерации,

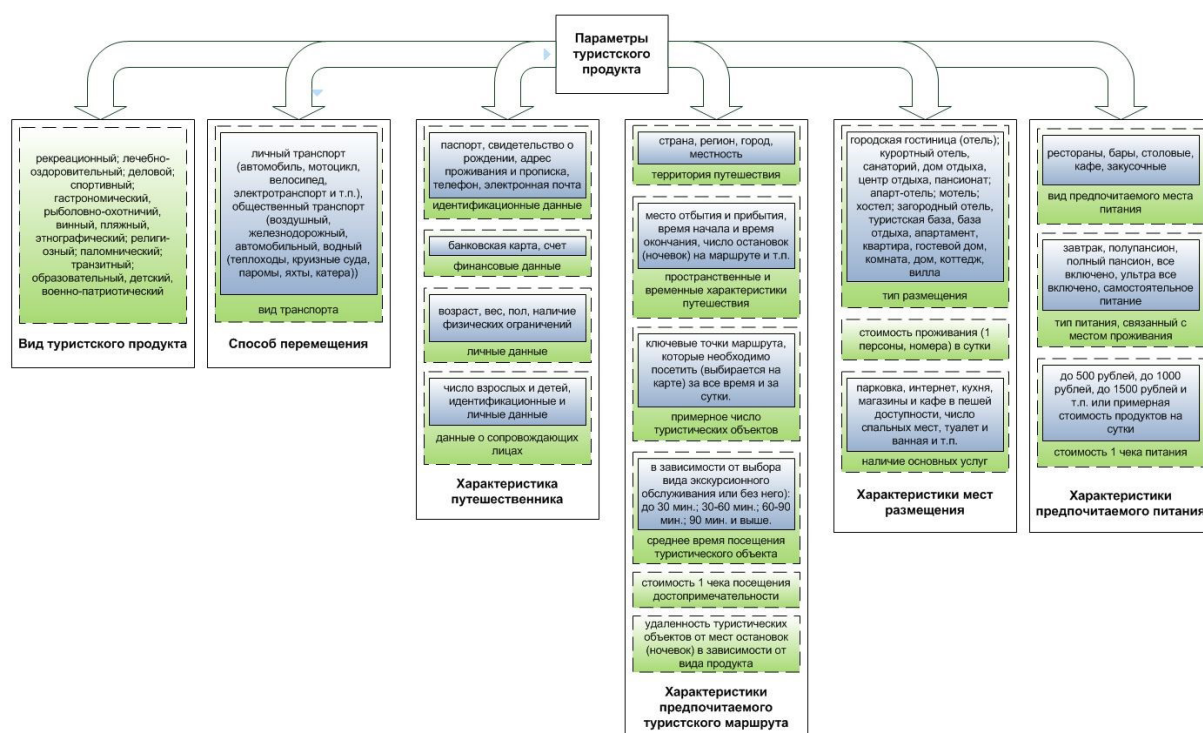


Рис. 4. Основные параметры туристского продукта

Fig. 4. The main parameters of the tourism product

Источник: составлено авторами

статьи отечественных и зарубежных ученых по вопросам управления туристской индустрией с использованием цифровых технологий, а также предыдущие исследования авторов.

Прежде чем перейти к разработке соответствующих методик, необходимо определить и детализировать объект настоящего исследования. Согласно Федеральному закону от 24.11.1996 N 132-ФЗ (ред. от 28.05.2022) "Об основах туристской деятельности в Российской Федерации" «туристский продукт – комплекс услуг по перевозке и размещению, оказываемых за общую цену...по договору о реализации туристского продукта»². В нашем исследовании туристский продукт формируется интеллектуальной системой в интерактивном режиме на основе интеллектуального анализа данных и матрицы предпочтений путешественника, данных для синтеза новых туристских продуктов, данные о ранее сформированных продуктах других туристов [13, 14].

В качестве параметров туристского продукта, в частности, используются следующие критерии, представленные на рис. 4. Эти параметры учитываются в дальнейшем при разработке методики кластеризации туристов туристических профилей (аватаров).

Синтез туристского маршрута может выполняться в автоматизированном и ручном режимах. В автоматизированном режиме выполняется синтез множества альтернативных маршрутов согласно матрицы предпочтений цифрового аватара кластера, в который попал пользователь на предыдущем этапе, с количественными оценками параметров возможного туристского продукта. Туристические предпочтения могут быть представлены не только количественными, но и качественными параметрами. Для представления качественных параметров используются нечеткие лингвистические переменные. Поэтому, в общем случае, полная матрица предпочтений в исходном состоянии имеет нечеткую природу.

² Постановление Правительства РФ от 7 апреля 2022 г. N 616 «О внесении изменений в Положение о классификации гостиниц». <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/000120220411003910>.

В первую очередь для синтеза туристского продукта необходимо решить задачу фuzziфикации для перехода к чисто количественной матрице признаков.

Далее для идентификации матрицы предпочтений вычисляется хэш ее содержимого, который в дальнейшем используется в качестве уникального идентификатора туристского продукта, синтезированного для конкретного пользователя. В качестве геопространственной привязки маршрута используется пространственные координаты мест его начала и окончания. Данная статистика дает возможность пользователям выбирать маршруты по степени популярности или, например, выбирать маршруты, где в данный момент времени находится малое число туристов. Для множества альтернативных маршрутов, которые еще не выбраны конкретными пользователями, устанавливается изображение сгенерированное системой для идентификации цифрового аватара кластера.

Затем синтезируется спектр возможных туристских маршрутов согласно матрице предпочтений аватара центроида кластера, к которому относится пользователь. Автоматический синтез возможных маршрутов реализуется алгоритмом на основе метода коммивояжера с оценкой временных лагов и примерных затрат на проезд, проживание, питание, посещение достопримечательностей, экскурсионное обслуживание и т.п.

Формирование туристского продукта может происходить и в ручном режиме – реализуется пользователем на цифровой карте посредством задания ключевых точек маршрута с выбором интересующих достопримечательностей, мест проживания, питания, остановок, транспорта и т.д. Множество параметров и описания компонент синтезированного туристского продукта записывается в блок туристского продукта и связывается двойным хэшированием с хэшем аватара туриста и аватаром его кластера. Также вычисляется хэш синтезированного маршрута для его уникальной идентификации и привязки к блокам с данными о компонентах маршрута (ключевых точках). Таким образом, в распределенном реестре туристский продукт представляется в виде цепочки блоков с описанием маршрута, его ключевых точек, личных и персональных данных, выбравшего его туриста, набора туристических предпочтений аватара данного туриста и набора предпочтений аватара кластера.

На последнем этапе важно выполнить кластеризацию синтезированных туристских продуктов по степени схожести маршрутов, описаний ключевых точек и участков со схожими характеристиками в соответствии с матрицами предпочтений цифровых туристических аватаров. Результаты кластеризации будут использоваться для выявления связей маршрутов, созданных разными пользователями, сравнительного анализа и оценки альтернативных туристских продуктов с целью выбора оптимальных маршрутов для конкретного туриста и/или группы согласно предпочтениям, особенностям и возможностям, а также вероятной интеграции наиболее схожих из них. Такие туристские продукты будем называть конвергентными, а степень конвергенции определяет оценку их схожести.

Результаты

В целом, методология формирования и рекомендации туристских продуктов конечным пользователям представляется в виде ряда крупных этапов, которые, в свою очередь, представляют собой последовательность алгоритмических шагов, реализуемых в виде клиентских и серверных компонент цифровой туристской экосистемы. Первые два этапа представляют собой сбор данных о ключевых точках возможных туристских продуктов и сбор данных о предпочтениях пользователей, включая их персональные данные. Оба этапа выполняются параллельно посредством разных приложений. При этом полученная ранее информация периодически должна обновляться для актуализации данных как о ключевых точках, так и о пользователе и его меняющихся возможностях и предпочтениях [13].

Общий алгоритм разработки индивидуального туристского продукта представлен на рис. 5.



Рис. 5. Этапы разработки индивидуального туристского продукта

Fig. 5. Stages for developing an individual tourist product

Источник: составлено авторами

В предыдущих исследованиях мы подробно описали содержание первых двух этапов [8]. Данная статья посвящена вопросам реализации последнего этапа, а именно, синтезу и кластеризации туристских продуктов.

Для реализации данного этапа предлагаем использовать методику кластеризации туристических профилей (аватаров), содержание которой будет представлено далее.

После заполнения на первом этапе матрицы предпочтений туриста решается задача фuzziфикации качественных и нечетких переменных для перехода к набору признаков цифрового аватара туриста. Каждый аватар представляется точкой в многомерном пространстве, что позволяет перейти к кластеризации туристов согласно матрицам их предпочтений. В связи с тем, что предпочтения туристов могут изменяться при каждом новом выборе маршрута, при его уточнении, а также при коллективном выборе маршрута несколькими пользователями, когда приходится совместно учитывать их пожелания, то, в общем случае, предпочтения задаются в матрице нечеткими переменными или функциями принадлежности. Это сводит решение задачи группирования цифровых аватаров к решению задачи нечеткой кластеризации.

Для такой кластеризации реализован комбинированный подход на базе нечеткой логики и нейронной сети. Комбинация двух подходов сочетает достоинства нечеткой логики и нейронных сетей. Для обучения нейронной сети используются ранее заполненные матрицы предпочтений цифровых туристических аватаров и результаты кластеризации туриста. Параметры функции принадлежности аватаров к уже существующим кластерам настраиваются посредством алгоритма обучения нейронных сетей, а вывод о принадлежности и степени сходства цифровых аватаров согласно их матрицам предпочтений формируется с помощью аппарата нечеткой логики.

Метод нечеткой кластеризации базируется нечетком алгоритме кластеризации *c-means* [15, 16] и включает этапы:

1. Задается число кластеров аватаров M , которое далее корректируется в процессе обучения, и выбирается степень нечеткости целевой функции $m > 1$.

2. Входные наборы количественных характеристик туристического профиля (цифрового аватара туриста) представляют вектора признаков X_j ($j = 1, \dots, N$). Вектор определяет точку в пространстве, которая может относиться к кластерам с центроидами $C^{(k)}$ ($k = 1, \dots, M$) с вероятностной функцией принадлежности $\mu_{X_j}^{(k)}$, где $0 < \mu_{X_j}^{(k)} < 1$, $\sum_{k=1}^M \mu_{X_j}^{(k)} = 1$, которая выступает в качестве степени близости к центроиду и определяется расстоянием $D_{X_j}^{(k)}$.

3. На первом шаге точки случайно распределяются по кластерам, причем распределение точек определяется матрицей степеней близости к центроидам в пространстве признаков, которыми являются характеристики аватаров (x_{i1}, \dots, x_{iN}) .

4. Вычисляются координаты центроидов кластеров C_k ($k = 1, \dots, M$) посредством вычисления средней близости точек кластера (усредненные координаты становятся характеристиками туристического профиля цифрового аватара всего кластера):

$$C_k = \frac{\sum_{j=1}^M (\mu_{X_j}^{(k)} X_j)}{\sum_{j=1}^M (\mu_{X_j}^{(k)})}. \quad (1)$$

5. Определяются расстояния между точками и центроидами кластеров:

$$D_{X_j}^{(k)} = \sqrt{\|X_j - C^{(k)}\|^2}. \quad (2)$$

6. Пересчитываются степени принадлежности точек к кластерам и обновляется матрица распределения точек:

$$\mu_{X_j}^{(k)} = \frac{1}{\sum_{k=1}^M \left(\frac{D_{X_j}^{(k)}}{D_{X_j}^{(k)}} \right)^{\frac{2}{m-1}}}, \quad (3)$$

где $m > 1$ – коэффициент нечеткости кластеризации.

7. Для остановки итерационного процесса задается параметр $\varepsilon > 0$. Если условие: $\left\{ \left| \mu_{X_j}^{(k)} - \mu_{X_j}^{(k-1)} \right| \right\} < \varepsilon$ не выполняется, то переход к пункту 5.

Алгоритм нечеткой кластеризации позволяет определить вероятностную принадлежность аватара к конкретным кластерам. В связи с возможной нечеткостью определения туристических предпочтений или множественностью предпочтений, что определяется пожеланиями типа «хочу поехать куда-нибудь к морю, все равно куда», то принадлежность может быть определена сразу к нескольким кластерам. Вероятностная принадлежность аватара определяет степень схожести с центроидами конкретных кластеров в данный момент времени и позволяет пользователю принять решение в дальнейшем при выборе туристических продуктов, связанных с данным кластером. Если предложенные продукты не подойдут туристу с нечеткими или множественными предпочтениями, то ему на следующем шаге будут предложены продукты следующего, наиболее схожего с его аватаром кластера.

В ходе кластеризации может получиться результат, когда степень сходства цифрового аватара туриста с всеми существующими центроидами кластеров будет минимальной и не превышать заданного предела, который в нашем проекте равен 0,3. Тогда считается, что данный туристический профиль является центроидом нового туристического кластера, для которого не подходят готовые туристические продукты и необходимо синтезировать новые маршруты и связывать с данным кластером. Число кластеров увеличивается на единицу и снова выполняется алгоритм кластеризации и перераспределение векторов признаков. Подобная операция выполняется в процессе начального заполнения базы туристических предпочтений и продуктов, когда обучения на существующих примерах фактически не происходит, а для каждого туриста, который сразу становится центроидом кластера, формируется новый туристический продукт.

В случае, если новый турист соотносится по степени схожести предпочтений с уже существующими кластерами и центроидами, то реализуется процедура обучения алгоритма кластеризации посредством нечёткой нейронной сети.

Сеть представляет пятислойную структуру без обратных связей с весовыми коэффициентами и функциями активации. В качестве основы выбрана модель адаптивного типа Такаги-Сугено-Канга (TSK) [17]. Выходной сигнал определяется функцией агрегирования для M правил и N переменных:

$$y(x) = \frac{\sum_{k=1}^M (w_k * y_k(x))}{\sum_{k=1}^M (w_k)}, \quad (4)$$

где $(x) = z_{k0} \sum_{j=1}^N (z_{kj} x_j)$ – i -ый полиномиальный компонент аппроксимации, веса w_i представляют степень выполнения условий правила $w_k = \mu_A^{(k)}(x_j)$. Функция принадлежности или фуззификации $\mu_A^{(k)}$ для переменной x_j представляется функцией Гаусса:

$$\mu_A^{(k)}(x_j) = \prod_{j=1}^N \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{x_j - c_j^{(k)}}{\sigma_j^{(k)}} \right)^{2b_j^{(k)}}} \right], \quad (5)$$

где k – количество функций принадлежности ($k = 1 \dots M$), j – количество переменных (N), $c_j^{(k)}$, $\sigma_j^{(k)}$, $b_j^{(k)}$ – параметры функции Гаусса, определяющие ее центр, ширину и форму k -ой функции принадлежности j -ой переменной.

Правила вывода выходных переменных $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ для множества переменных $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, принимающих множество значений $A_j^{(k)}$ представляет матрицу значений функций принадлежности размера $N \times M$:

$$R_1 : \text{если } x_1^{(1)} \in A_1^{(1)} \text{ и } x_2^{(1)} \in A_2^{(1)} \text{ и; } \dots, \text{ и } x_N^{(1)} \in A_N^{(1)}, \text{ то } y_1(x) = z_{10} \sum_{j=1}^N (z_{1j} x_j), \quad (6)$$

$$R_M : \text{если } x_1^{(M)} \in A_1^{(M)} \text{ и } x_2^{(M)} \in A_2^{(M)} \text{ и; } \dots, \text{ и } x_N^{(M)} \in A_N^{(M)}, \text{ то } y_M(x) = z_{M0} \sum_{j=1}^N (z_{Mj} x_j).$$

Для снижения вычислительной сложности в рамках работы допускаем, что количество правил совпадает с количеством функций принадлежности, хотя они могут быть отличаться.

Нечеткая нейронная сеть имеет 5 слоев (рис. 6).

В первом слое осуществляется фуззификация согласно формуле 1 для каждой переменной x_j . При этом для каждого правила R_j , определяются значения функции принадлежности $\mu_A^{(k)}(x_j)$:

$$\mu_A^{(k)}(x_j) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x_j - c_i^{(k)}}{\sigma_i^{(k)}} \right)^{2b_i^{(k)}}}. \quad (7)$$

Второй этап представляет собой расчет $w_k = \mu_A^{(k)}(x)$ на основе агрегирования значений переменных x_j . В свою очередь, параметры w_i передаются в 3-й слой, где умножаются на значения $y_i(x)$, а также в четвертый слой для вычисления суммы весов.

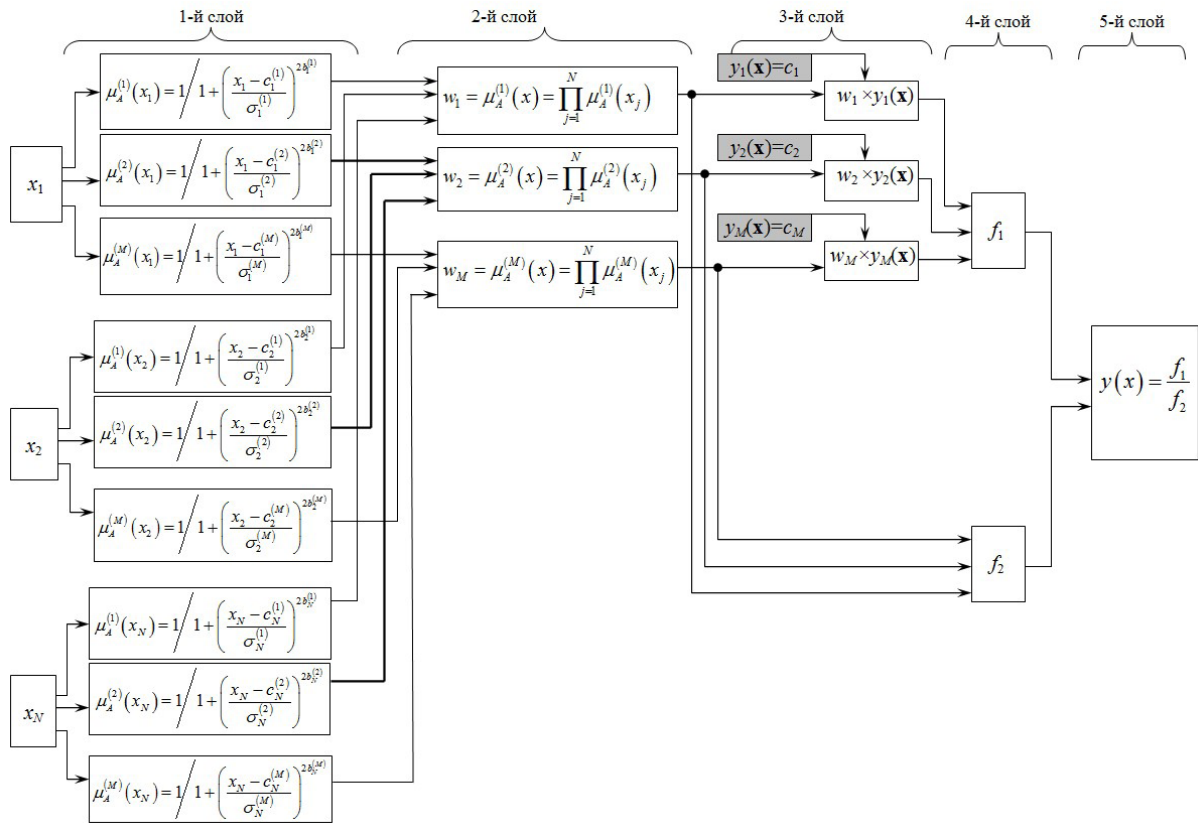


Рис. 6. Нечеткая нейронная сети для кластеризации цифровых аватаров

Fig. 6. Fuzzy neural network for digital avatars clustering

Источник: составлено авторами

На третьем слое рассчитываются значения $y_i(x) = z_{k0} \sum_{j=1}^N (z_{kj} * x_j)$, которые умножаются на весовые коэффициенты w_k . Линейные параметры z_{k0} и z_{kj} являются функциями следствий правил, а z_{k0} рассматривается как центр функции принадлежности.

Четвертый слой представлен двумя нейронами: f_1 и f_2 выполняющими агрегирование результатов:

$$f_1 = \sum_{k=1}^M w_k y_k(x) = \sum_{k=1}^M \left[\left(\prod_{j=1}^N \mu_A^{(k)}(x_j) \right) c_k \right], \quad (8)$$

$$f_2 = \sum_{k=1}^M w_k = \sum_{k=1}^M \left[\prod_{j=1}^N \mu_A^{(k)}(x_j) \right]. \quad (9)$$

Пятый нормализующий слой представлен одним нейроном, где веса подвергаются нормализации и вычисляется выходная функция:

$$y(x) = \frac{f_1}{f_2} = \frac{\sum_{k=1}^M w_k \times y_k(x)}{\sum_{k=1}^M w_k} = \frac{\sum_{k=1}^M \left[\left(\prod_{j=1}^N \mu_A^{(k)}(x_j) \right) \times c_k \right]}{\sum_{k=1}^M \left[\prod_{j=1}^N \mu_A^{(k)}(x_j) \right]}. \quad (10)$$

В нейронной сети имеются первый и третий параметрические слои, значения параметров в которых определяются на основе подбора на этапе обучения. Параметры первого слоя $c_j^{(k)}$, $\sigma_j^{(k)}$, $b_j^{(k)}$ являются нелинейными, а параметры третьего слоя z_{kj} – линейными. Обучение выполняется в два шага. На первом шаге подбираются параметры функций принадлежности третьего слоя посредством фиксации отдельных значений параметров и решения системы линейных уравнений:

$$y(x) = \sum_{k=1}^M w_k \left(z_{k0} + \sum_{j=1}^N (z_{kj} x_j) \right). \quad (11)$$

Выходные переменные заменяются эталонными значениями d_p (P – число обучающих выборок). Систему уравнений можно записать в матричном виде: $DP = W*Z$. Решение системы уравнений находится посредством псевдоинверсной матрицы $W^+ : Z = W + DP$. Далее после фиксации значений линейных параметров z_{kj} рассчитывается вектор Y фактических выходных переменных и определяется вектор ошибки $E = Y - DP$.

На втором шаге ошибки направляются в обратном направлении до первого слоя, где рассчитываются параметры вектора градиента целевой функции принадлежности относительно параметров $c_j^{(k)}$, $\sigma_j^{(k)}$, $b_j^{(k)}$. Затем выполняется корректировка параметров функций принадлежности методом быстрого спуска по градиентному методу:

$$c_j^{(k)}(n+1) = c_j^{(k)}(n) - \eta \frac{\partial E(n)}{\partial c_j^{(k)}}, \quad (12)$$

$$\sigma_j^{(k)}(n+1) = \sigma_j^{(k)}(n) - \eta \frac{\partial E(n)}{\partial \sigma_j^{(k)}}, \quad (13)$$

$$b_j^{(k)}(n+1) = b_j^{(k)}(n) - \eta \frac{\partial E(n)}{\partial b_j^{(k)}}, \quad (14)$$

где n – номер итерации, η – параметр скорости обучения.

Процесс итерации повторяется до тех пор, пока абсолютно все параметры процесса не стабилизируются.

Преимущество использования нечеткой нейронной сети для обучения и кластеризации заключается в высокой скорости обработки и учете параметров аватаров. Подход позволяет обнаружить типичные аватары, для которых уже есть готовые туристические продукты и предложить их в виде решений для выбора или редактирования. Также можно распознать нетипичные аватары, для которых сразу предложить спроектировать новый туристический продукт. В дальнейшем кластер с нетипичным аватаром и связанный с ним синтезированный туристический маршрут становится типовым и может предлагаться другим пользователям.

Заключение

Рекомендательные системы как основной элемент цифровых отраслевых экосистем часто «страдают» от нехватки данных о предпочтениях пользователей для создания эффективных и персонализированных рекомендаций [18–21]. В данной статье в предлагаемой авторами рекомендательной экосистеме эта проблема решается с помощью создания цифрового аватара туриста, информация о действиях которого будет собираться на протяжении реализации всего туристского маршрута и накапливаться. На основе данной информации будет происходить построение и последующее обучение многослойной нечеткой нейросети. Это позволит не только

рекомендовать туристу объекты, которые ему понравились в прошлом, но и на основе кластеризации цифровых аватаров туристских профилей и туристских продуктов указывать на новые точки туристского маршрута, о которых пользователь еще не знает, но которые могут ему понравиться. Важность подобных аспектов при построении персонализированных туристских маршрутов отмечается многими авторами [22–25].

В результате проведенных исследований авторами предложены методические подходы к синтезу и кластеризации туристских продуктов с применением комбинированного подхода на основе интеграции нечеткой логики и нейронных сетей. Это вносит определенный вклад в решение проблемы повышения конкурентоспособности отраслевых экосистем в условиях стремительного роста использования цифровых технологий.

В целях дальнейшей реализации алгоритма разработки оптимального туристского продукта в будущих исследованиях авторы планируют разработать и представить многокритериальный метод синтеза туристских маршрутов, а также метод сравнительного анализа (бенчмаркинга) туристских продуктов.

Данная статья может также служить справочной информацией и базой знаний для аналитиков цифровых экосистем, системных проектировщиков и специалистов по внедрению цифрового туристического бизнеса в целях улучшения проектирования и внедрения цифровых бизнес-систем в туристическом секторе.

В будущих исследованиях перспективными являются теоретико-методологические разработки и системные исследования в области проектирования цифровой кросс-отраслевой экосистемы туризма на условиях государственно-частного партнерства с учетом цифровизации и интеграции отдельных информационных систем федеральных ведомств, региональных органов власти и государственных сервисов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдрахманова Г.И., Вишневецкий К.О., Гохберг Л.М. и др. (2021) *Индикаторы цифровой экономики: статистический сборник*. М.: НИУ ВШЭ, 380 с.
2. *Цифровые экосистемы в России: эволюция, типология, подходы к регулированию*. (2022) https://www.iep.ru/files/news/Issledovanie_jekosistem_Otchet.pdf
3. *Резюме исследования об актуальных проблемах регулирования экосистем*. (2021). Фонд «Центр стратегических разработок» (ЦСР). <https://www.csr.ru/upload/iblock/cb1/ghds1y1rnejvy2zzeo2dow249v9932uc.pdf>
4. Tansley A.G. (2007) *The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms*. Sage Publications: Thousand Oaks, CA, USA, 517–522.
5. Андросик Ю.Н. (2016) Бизнес-экосистемы как форма развития кластеров. *Труды БГТУ. Экономика и управление*, 7 (189), 38–43.
6. Клейнер Г.Б. (2019) Экономика экосистем: шаг в будущее. *Экономическое Возрождение России*, 1 (59), 40–45.
7. Гамидуллаева Л.А. (2023) Промышленный кластер региона как локализованная экосистема: роль факторов самоорганизации и коллаборации. *π-Economy*. 16 (1), 62–82. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16105>
8. Barykin S.Y., Kapustina I.V., Kirillova T.V., Yadykin V.K., Konnikov Y.A. (2020). *Economics of Digital Ecosystems. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6 (4), 124. DOI: <https://doi.org/10.3390/joitmc6040124>
9. Zott C., Amit R., Massa L. (2011). The business model: recent developments and future research. *Journal of management*, 37 (4), 1019–1042.
10. Gamidullaeva L. Vasin S., Tolstykh T., Zinchenko S. (2022) Approach to Regional Tourism Potential Assessment in View of Cross-Sectoral Ecosystem Development. *Sustainability*, 14, 15476. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142215476>



11. Гамидуллаева Л.А., Толстых Т.О., Шмелева Н.В. (2022) *Промышленные и территориальные экосистемы в контексте устойчивого развития*, монография, Пенза: Пензенский государственный университет, 160 с.
12. Lucas J.P., Luz N., Moreno M.N., Anacleto R., Figueiredo A.A., Martins, C. (2013) A hybrid recommendation approach for a tourism system. *Expert Syst. Appl.*, 40, 3532–3550.
13. Gamidullaeva L., Finogeev A., Kataev M., Bulysheva L. (2023) A Design Concept for a Tourism Recommender System for Regional Development. *Algorithms*, 16 (1), 58. DOI: <https://doi.org/10.3390/a16010058>
14. Lipnack J., Stamps J. (1994) *The Age of the Network*, Wiley, 264 p.
15. Khang T.D., Vuong N.D., Tran M-K., Fowler M. (2020) Fuzzy C-Means Clustering Algorithm with Multiple Fuzzification Coefficients. *Algorithms*, 13 (7), 158. DOI: <https://doi.org/10.3390/a13070158>
16. Bezdek J., Ehrlich R., Full W. (1984). FCM – the Fuzzy C-Means clustering-algorithm. *Computers & Geosciences*, 10, 191–203. DOI: [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(84\)90020-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(84)90020-7)
17. Olej V. (2005) Design of the Models of Neural Networks and the Takagi–Sugeno Fuzzy Inference System for Prediction of the Gross Domestic Product Development. *WSEAS Transactions on Systems*, 4 (4), 314–319.
18. Choe Y., Fesenmaier D.R., Vogt C. (2017) Twenty-Five Years Past Vogt: Assessing the Changing Information Needs of American Travellers. In: *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies in Tourism (ENTER 2017), Rome, Italy, 24–26 January 2017*, 489–502.
19. Marchiori E., Cantoni L., Fesenmaier D.R. (2013) What Did They Say About Us? Message Cues and Destination Reputation in Social Media. In: *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies in Tourism (ENTER 2013), Innsbruck, Austria, 22–25 January 2013*, pp. 170–182.
20. Krishnamurthy B., Wills C. (2009) Privacy Diffusion on the Web: A Longitudinal Perspective. In: *Proceedings of the 18th International Conference on World Wide Web (WWW'09), New York, NY, USA, 20–24 April 2009*, 541–550.
21. Elahi M., Braunhofer M., Gurbanov T., Ricci F. (2018) User preference elicitation, rating sparsity and cold start. In *Collaborative Recommendations: Algorithms, Practical Challenges and Applications*, Singapore, 253–294.
22. Гамидуллаева Л.А., Зинченко С.В. (2022) Аспекты управления жизненным циклом туристского продукта как инструмента развития туризма территории. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*, 4, 5–26. DOI: <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2022-4-1>
23. Werthner H., Alzua-Sorzabal A., Cantoni L., Dickinger A. et al. (2015) Future research issues in IT and tourism. *J. Inf. Technol. Tour.*, 15, 1–15.
24. Gretzel, U., Werthner H., Koo C., Lamsfus C. (2015) Conceptual foundations for understanding smart tourism ecosystems. *Comput. Hum. Behav.*, 50, 558–563.
25. Deldjoo, Y., Anelli V.W., Zamani H., Bellogin A., Di Noia T. (2021) A flexible framework for evaluating user and item fairness in recommender systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 31, 457–511. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11257-020-09285-1>

REFERENCES

1. Abdrahmanova G.I., Vishnevskij K.O., Gohberg L.M. i dr. (2021) *Indikatory cifrovoj ekonomiki: statisticheskij sbornik*. M.: NIU VSHE, 380 s.
2. *Cifrovye ekosistemy v Rossii: evolyuciya, tipologiya, podhody k regulirovaniyu*. (2022) https://www.iep.ru/files/news/Issledovanie_jekosistem_Otchet.pdf
3. *Rezyume issledovaniya ob aktual'nyh problemah regulirovaniya ekosistem*. (2021). Fond «Centr strategicheskikh razrabotok» (CSR). <https://www.csr.ru/upload/iblock/cb1/ghds1y1rnejvy2zseo-2dow249v9932uc.pdf>
4. Tansley A.G. (2007) *The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms*. Sage Publications: Thousand Oaks, CA, USA, 517–522.
5. Androsik YU.N. (2016) Biznes-ekosistemy kak forma razvitiya klasterov. *Trudy BGTU. Ekonomika i upravlenie*, 7 (189), 38–43.

6. Klejner G.B. (2019) Ekonomika ekosistem: shag v budushchee. *Ekonomicheskoe Vozrozhdenie Rossii*, 1 (59), 40–45
7. Gamidullaeva L.A. (2023) Promyshlennyj klaster regiona kak lokalizovannaya eko-sistema: rol' faktorov samoorganizacii i kollaboracii. *π -Economy*. 16 (1), 62–82. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16105>
8. Barykin S.Y., Kapustina I.V., Kirillova T.V., Yadykin V.K., Konnikov Y.A. (2020). Economics of Digital Ecosystems. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6 (4), 124. DOI: <https://doi.org/10.3390/joitmc6040124>
9. Zott C., Amit R., Massa L. (2011). The business model: recent developments and future research. *Journal of management*, 37 (4), 1019–1042.
10. Gamidullaeva L., Vasin S., Tolstykh T., Zinchenko S. (2022) Approach to Regional Tourism Potential Assessment in View of Cross-Sectoral Ecosystem Development. *Sustainability*, 14, 15476. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142215476>
11. Gamidullaeva L.A., Tolstykh T.O., Shmeleva N.V. (2022) *Promyshlennye i territorial'nye ekosistemy v kontekste ustojchivogo razvitiya*, monografiya, Penza: Penzenskij gosudarstvennyj universitet, 160 s.
12. Lucas J.P., Luz N., Moreno M.N., Anacleto R., Figueiredo A.A., Martins, C. (2013) A hybrid recommendation approach for a tourism system. *Expert Syst. Appl.*, 40, 3532–3550.
13. Gamidullaeva L., Finogeev A, Kataev M, Bulysheva L. (2023) A Design Concept for a Tourism Recommender System for Regional Development. *Algorithms*, 16 (1), 58. DOI: <https://doi.org/10.3390/a16010058>
14. Lipnack J., Stamps J. (1994) *The Age of the Network*, Wiley, 264 p.
15. Khang T.D., Vuong N.D., Tran M-K., Fowler M. (2020) Fuzzy C-Means Clustering Algorithm with Multiple Fuzzification Coefficients. *Algorithms*, 13 (7), 158. DOI: <https://doi.org/10.3390/a13070158>
16. Bezdek J., Ehrlich R., Full W. (1984). FCM – the Fuzzy C-Means clustering-algorithm. *Computers & Geosciences*, 10, 191–203. DOI: [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(84\)90020-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(84)90020-7)
17. Olej V. (2005) Design of the Models of Neural Networks and the Takagi–Sugeno Fuzzy Inference System for Prediction of the Gross Domestic Product Development. *WSEAS Transactions on Systems*, 4 (4), 314–319.
18. Choe Y., Fesenmaier D.R., Vogt C. (2017) Twenty-Five Years Past Vogt: Assessing the Changing Information Needs of American Travellers. In: *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies in Tourism (ENTER 2017), Rome, Italy, 24–26 January 2017*, 489–502.
19. Marchiori E., Cantoni L., Fesenmaier D.R. (2013) What Did They Say About Us? Message Cues and Destination Reputation in Social Media. In: *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies in Tourism (ENTER 2013), Innsbruck, Austria, 22–25 January 2013*, pp. 170–182.
20. Krishnamurthy B., Wills C. (2009) Privacy Diffusion on the Web: A Longitudinal Perspective. In: *Proceedings of the 18th International Conference on World Wide Web (WWW'09), New York, NY, USA, 20–24 April 2009*, 541–550.
21. Elahi M., Braunhofer M., Gurbanov T., Ricci F. (2018) User preference elicitation, rating sparsity and cold start. In *Collaborative Recommendations: Algorithms, Practical Challenges and Applications, Singapore*, 253–294.
22. Gamidullaeva L. A., Zinchenko S. V. (2022) Aspekty upravleniya zhiznennym ciklom turistskogo produkta kak instrumenta razvitiya turizma territorii. Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve, 4, 5–26. DOI: <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2022-4-1>
23. Werthner H., Alzua-Sorzabal A., Cantoni L., Dickinger A. et al. (2015) Future research issues in IT and tourism. *J. Inf. Technol. Tour.*, 15, 1–15.
24. Gretzel, U., Werthner H., Koo C., Lamsfus C. (2015) Conceptual foundations for understanding smart tourism ecosystems. *Comput. Hum. Behav.*, 50, 558–563.
25. Deldjoo, Y., Anelli V.W., Zamani H., Bellogin A., Di Noia T. (2021) A flexible framework for evaluating user and item fairness in recommender systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 31, 457–511. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11257-020-09285-1>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ГАМИДУЛЛАЕВА Лейла Айваровна

E-mail: gamidullaeva@gmail.com

Leyla A. GAMIDULLAEVA

E-mail: gamidullaeva@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3042-7550>

ФИНОГЕЕВ Алексей Германович

E-mail: alexeyfinogeev@gmail.com

Alexey G. FINOGEEV

E-mail: alexeyfinogeev@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-3364>

Поступила: 13.03.2023; Одобрена: 22.04.2023; Принята: 23.04.2023.

Submitted: 13.03.2023; Approved: 22.04.2023; Accepted: 23.04.2023.