

Геопорталы в решении задачи управления пространственно-распределенными системами

С. А. Ямашкин, А. А. Ямашкин, С. А. Федосин

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет

г. Саранск, Россия

yamashkinsa@mail.ru

Аннотация. В докладе представлено решение задачи мониторинга и управления природно-социально-производственными системами посредством проектирования, разработки, внедрения и эффективного использования геопорталов как точек доступа к инфраструктурам пространственных данных организаций, проектируемым с целью обеспечения условий устойчивого развития территорий. Геопортальные системы разворачиваются как веб-системы, обеспечивающие доступ к пространственным данным, и представляющие собой важный инструмент анализа пространственной информации в режиме реального времени. В рамках доклада предложено повысить эффективность решения задач управления в территориальных системах посредством внедрения процессов планирования, идентификации, анализа, мониторинга и управления рисками в проектную деятельность по разработке геопорталов. Предложены примеры проектной реализации риск-ориентированных геопортальных систем, систематизирующих знания о региональных природно-социально-производственных системах.

Ключевые слова: геопортал, пространственные данные, природно-социально-производственные системы, управление территориальными системами

I. ВВЕДЕНИЕ

Автоматизированный анализ пространственных данных играет значительную роль в поддержке принятия управленческих решений, направленных на оптимизацию процесса функционирования организационных систем, распределенных на значительном пространстве [3]. С точки зрения верхнего уровня декомпозиции, в рамках таких систем следует выделить природные, социальные и хозяйственные компоненты, формирующие функционирующий как единое целое объект управления – природно-социально-производственные системы (ПСПС). Компоненты ПСПС функционируют в условиях наличия внешних и внутренних связей различной природы, организуясь при этом в иерархические структуры (локального, регионального, межрегионального, национального и международного уровней) [1, 8].

В национальном стандарте Российской Федерации ГОСТ Р 58570-2019 «Инфраструктура пространственных данных. Общие требования» (дата введения – 1 июня 2020 года) закреплена роль больших массивов пространственных данных в управлении территориально-распределенными системами. Инфраструктуры пространственных данных (ИПД) представляют собой инструмент, обеспечивающий функционирование ключевых информационных

процессов (поиск, сбор, хранение, распространение, обработку и анализ), связанных с целевым использованием пространственных данных [6]. Роль точки доступа к ИПД отведена геопортальным системам (геопорталам), выполняющим функцию интерактивной визуализации и обработки тематических и пространственных данных. Геопорталы наделяют консолидированные массивы пространственных данных свойствами доступности и интерпретируемости.

Цель исследования, представленного в статье – формирование принципов разработки практико-ориентированных геопортальных технологий для решения задачи управления природно-социально-производственными системами.

Для достижения поставленной цели целесообразно решить следующие задачи:

1. Определение особенностей ключевых подсистем ИПД, решающих задачи интеграции, распространения, обработки и анализа пространственных данных.
2. Формирование принципов проектирования, разработки и внедрения проблемно-ориентированных геопортальных систем.
3. Проектирование реестра функциональных и качественных требований, предъявляемых к геопорталам, как инструментам управления ПСПС.

Решение поставленных задач определило структуру научной статьи.

II. КЛЮЧЕВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ИПД

В базовом определении ИПД характеризуются как информационно-телекоммуникационные системы, обеспечивающие распространение и обмен данными для обеспечения доступа хозяйствующих субъектов и граждан к распределенным хранилищам пространственно-ассоциированной информации.

В более широком рассмотрении ИПД представляют собой организационные системы, включающие в свой состав не только платформенные программные и аппаратные компоненты, но и нормативно-правовое обеспечение, методологическое обеспечение, а также специалистов, использующих пространственные данные в принятии управленческих решений. С точки зрения верхнего, архитектурного уровня декомпозиции в рамках ИПД можно выделить следующие подсистемы:

- 1) Распространения пространственных данных, реализуемые главным образом в виде геопорталов, решающих задачу динамической визуализации и

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-00651 (<https://rscf.ru/project/22-27-00651/>).

интерактивного анализа тематической пространственно-ассоциированной информации, а также прикладных программных интерфейсов.

2) Обработки и анализа пространственных данных, включающая модули (сервисы) автоматизированной и автоматической аналитики информации о ПСПС, компоненты графического пользовательского интерфейса для редактирования базы пространственных данных.

3) Хранения пространственных данных, основанные на использовании мультимодельных распределенных систем управления базами пространственных данных, и решающих задачи создания, чтения и модификации информационных массивов (CRUD), а также интерактивной аналитической обработки (OLAP).

4) Внешние системы поставки пространственных данных, к которым можно отнести как сторонние ИПД, распространяющие информацию посредством прикладных программных интерфейсов, так и компоненты сбора данных, функционирование которых основано на концепции интернета вещей.

Обозначенные подсистемы представляют собой структурные элементы ИПД, обеспечивающие полноценное функционирование информационно-телекоммуникационных систем данного класса. Однако, внутри себя они должны представлять собой не монолитное программно-аппаратное решение, а конгломерат изолированных сервисов, сильно связанных внутри себя и минимально зацепленных друг за друга. Реализация этого требования позволяет формировать ИПД, характеризующиеся высокой расширяемостью и свойством модифицируемости [2].

III. ГЕОПОРТАЛ КАК ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПСПС

ИПД как информационно-телекоммуникационная система представляет собой практико-ориентированную технологию управления природно-социально-производственными системами (рис. 1), в рамках которой геопорталы реализуют возможность доступа лица, принимающего решение (ЛПР) к сервисам визуализации и анализа тематических пространственных данных.

Посредством геопортальных систем решаются как задачи мониторинга состояния ПСПС, так и дистанционного управления ими. С точки зрения технической реализации, геопорталы представляют собой информационные системы, функционирующие на основе веб-технологий [5]. Это позволяет использовать системы данного класса посредством тонкого клиента (мобильного или десктопного устройства с браузером), имеющего доступ к Интернету или внутренней сети организации.

Центральным элементом геопортала является цифровая карта, с использованием которой реализуется возможность послойного динамического отображения различных тематических слоев пространственных данных различного типа и масштаба с функциями получения мета-данных о визуализируемых объектах и запуска управляющих сценариев.

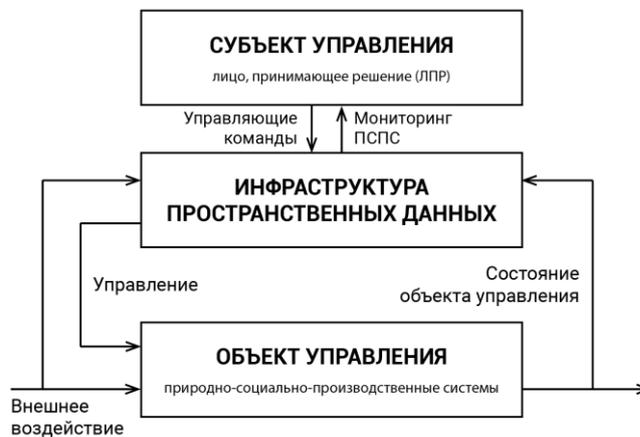


Рис. 1. Инфраструктура пространственных данных как практико-ориентированная технология управления природно-социально-производственными системами

Важно отметить, что в рамках одной ИПД может функционировать несколько экземпляров геопортальных систем, каждый из которых может отличаться целевой направленностью, реестром функций, правами доступа, организацией графических пользовательских интерфейсов.

Эффективность внедрения геопортала может быть обеспечена только при условии проблемной ориентации системы. Разработка информационных систем – процесс, требующий серьезных затрат временных, финансовых, компетентностных ресурсов, поэтому он должен характеризоваться достижением позитивных экономических и социальных эффектов. Обеспечить выполнение данного положения можно при условии вовлечения риск-ориентированного подхода: в том случае, если геопортал является инструментом управления рисками, позволяя минимизировать негативный эффект возникающих угроз (а также максимизировать полезность использования возможностей), внедрение систем данного класса гарантированно становится обоснованным и оправданным. При этом важно, чтобы стоимость внедрения и поддержки нового геопортала окупалась за счет достижения эффектов от результата процесса управления рисками.

Исходя из определения природно-социально-производственной системы, можно выделить следующие группы управляемых рисков:

- 1) природные – возникновение и распространение стихийных природных и природно-техногенных процессов и чрезвычайных ситуаций: затоплений, пожаров, землетрясений, загрязнения почв и водоемов, деградации лесного и земельного фондов и так далее;
- 2) экономические – появление аварийных ситуаций в производственных системах, изменение внешних (в том числе погодных) условий, влияющих на процессы в сельскохозяйственных и ресурсодобывающих организационных системах, целесообразности эффективного использования туристического и рекреационного потенциала региона;
- 3) социальные – изменение коэффициентов удовлетворенности населения, эксцессы при проведении массовых мероприятий, трансформация миграционных потоков и прочее.

Важно понимать, что возникающие риски не существуют изолированно, приводя к возникновению новых рисков [7]. Так, чрезвычайные природные ситуации (такие как весеннее половодье или пожары) влекут за собой возникновение рисков, связанных с функционированием народного хозяйства (например, разрушение имущества, деструктивные процессы в аграрных системах), а также часто имеют серьезные социальные последствия (в том числе связанные с гибелью людей и ущербом их благосостоянию). В свою очередь старт возникновению угроз разного характера дают также экономические и социальные риски.

Для достижения свойства проблемной ориентации внедряемых ИПД и геопортальных систем, процесс управления рисками должен быть интегрирован в жизненный цикл геоинформационных систем. На этапе анализа предметной области, в рамках которого определяется цель внедрения инфраструктуры пространственных данных важно провести и идентификацию рисков, имеющих значение для конкретной организационной системы в рамках определенного географического региона.

В базовом приближении каждое рисковое событие может быть охарактеризовано такими параметрами как вероятность возникновения и степень влияния (которая может быть измерена как в финансовых показателях, так и метриках другой природы) [4]. Самой простой функцией оценки важности риска при этом является произведение нормированных значений первой и второй характеристики.

Набор рисков важно представить в форме дерева причинно-следственных связей, характеризующего способность одних рисковых событий порождать другие (рис. 2). Вершинами дерева при этом будут являться рисковые события, кластеризованные по разному принципу (например, по временному (этапу возникновения) или семантическому, определяемому природой рискового события). В том случае, если мы анализируем причинно-следственные связи между рисковыми событиями, на показатель важности риска начинает влиять не только его собственная вероятность возникновения и непосредственно определяемая степень влияния, но и важность дочерних рисков, возникающих как его следствие с определенной вероятностью r .

Риски, важностью которых можно пренебречь вследствие низкой вероятности возникновения и степени влияния, не следует включать в совокупность управляемых рисков. Необходимо помнить, что консолидация информации о рисковых событиях, не характерных для конкретной организационной системы в рамках определенного региона – процесс, приводящий к появлению излишних расходов временных и финансовых ресурсов.

Так, для одних географических областей актуально внедрение геопорталов мониторинга сейсмической активности, а в других это не имеет смысла. С другой стороны, туристические геопорталы актуальны, в первую очередь, для регионов с богатым историческим, природным и культурным наследием.

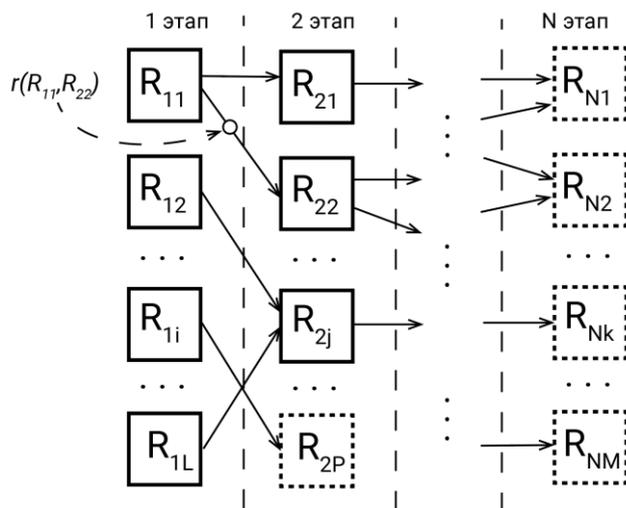


Рис. 2. Дерево причинно-следственных связей между управляемыми рисками в ПСПС

Для решения задачи управления рисками, проблемно-ориентированные геопорталы должны характеризоваться как набором определенных функциональных характеристик, так и качественных свойств.

IV. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГЕОПОРТАЛАМ

Целесообразно выделить два типа функциональных требований к внедряемым геопортальным системам: общие (каркасные) и частные, характерные для конкретного внедряемого решения.

Каркасные функциональные требования характерны для 80 % внедряемых геопортальных систем различных тематических направленностей и регионов внедрения. На основе реализации каркасных вариантов использования могут быть созданы геопортальные фреймворки, программное обеспечение, позволяющее облегчить и удешевить процесс внедрения геопорталов в различные организационные системы. Представим варианты использования данной категории:

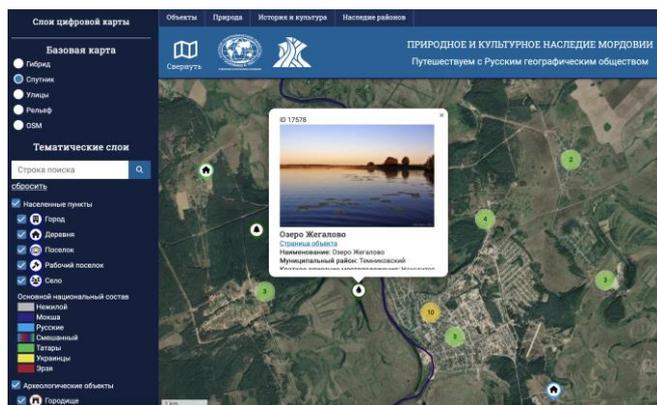
- 1) манипулирование цифровой картой, включая реализацию функций отображения картографической основы, масштабирования, панорамирования, отображения растровых и векторных данных, получение мета-данных об объектах по запросу;
- 2) динамическая визуализация тематических слоев пространственных данных, включающая возможности конфигурирования наборов отображаемой информации для решения конкретных аналитических задач;
- 3) поиск пространственных объектов на цифровой карте в зависимости от набора ключевых слов, системы фильтров и региона местонахождения;
- 4) редактирование базы данных геопортала с возможностью добавления, модификации и удаления пространственных объектов различной геометрии, а также редактирования метаданных;
- 5) интеграция с компонентами интернета вещей и внешними поставщиками пространственных данных для решения задачи мониторинга состояния ПСПС и дистанционного управления распределенными в пространстве объектами.

Частные функциональные требования могут реализовываться в отдельных геопорталах для решения конкретных проектных задач. Их перечень определяется следующими факторами:

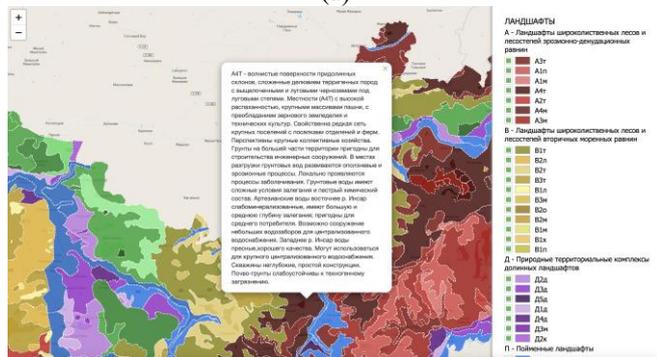
1) цели внедряющей организационной системы: агрохолдинги могут быть заинтересованы в мониторинге состояния посевов, а МЧС в анализе и прогнозе масштабов развития стихийных процессов;

2) особенности региона внедрения: для различной географической локализации (стран, географических провинций) характерны различные особенности хозяйства, природы и общественного поведения.

На рис. 3 представлены графические интерфейсы двух геопорталов для тестового полигона «Мордовия» (расположен между 53°38' и 55°11' с.ш., 42°11' и 46°45' в.д.). Цифровая карта «Природное и культурное наследие Мордовии», содержит тематические слои («Реки», «Особо охраняемые природные территории», «Археология», «Населенные пункты», «Соборы и храмы», «Музеи», «Этно-культурные центры», «Туристские маршруты»), направленные на решение задачи управления рисками, связанными с использованием туристического потенциала региона. Геопортал «Метагеосистемы Мордовии» раскрывает особенности взаимодействия лесостепных и лесных геосистем Приволжской возвышенности и Окско-Донской низменности в серии тематических карт слоев, формирующих знания о метагеосистемах и ландшафтах, геологии, подземных водах, рельефе, почвах, растительности и системах землепользования.



(а)



(б)

Рис. 3. Графические интерфейсы проблемно-ориентированных геопорталов: а) цифровая карта «Природное и культурное наследие Мордовии. Путешествуем с Русским географическим обществом», б) геопортал «Метагеосистемы Мордовии»

Среди множества важных качественных требований к геопортальным системам выделены: адаптивность под различные устройства и интуитивная понятность графических интерфейсов, модифицируемость и расширяемость, надежность и безопасность, защищенность хранилища пространственных данных.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье дана характеристика принципов разработки практико-ориентированных геопортальных технологий для решения задачи управления ПСПС.

ИПД целесообразно декомпозировать на подсистемы обработки и анализа, хранения и распространения пространственных данных, представляющие собой не монолитное программно-аппаратное решение, а систему изолированных сервисов, выполняющих конкретные задачи и минимально зацепленные друг за друга.

Геопорталы представляет собой практико-ориентированную технологию управления ПСПС, в рамках которой реализуется возможность доступа ЛПР к сервисам визуализации и анализа тематических пространственных данных. Эффективность внедрения геопортала может быть обеспечена только при условии проблемной ориентации системы, что может быть достигнуто при условии вовлечения риск-ориентированного подхода, делающего внедрение систем данного класса обоснованным и оправданным.

Необходимо выделить два типа функциональных требований к внедряемым геопортальным системам: каркасные (свойственные для большинства внедряемых геопорталов) и частные (востребованные в решении конкретных проектных задач).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Николаев В.А. Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. 62 с.
- [2] Al-Saqqa S., Sawalha S., AbdelNabi H. Agile software development: Methodologies and trends. International Journal of Interactive Mobile Technologies, 2020. V. 14, № 11. DOI: 10.3991/ijim.v14i11.13269
- [3] Aniche M., Yoder J., Kon F. Current challenges in practical object-oriented software design. 2019 IEEE ACM 41st International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results (ICSE-NIER), 2019. P. 113-116.
- [4] Faraji A., Rashidi M., Perera S., Samali B. Applicability-Compatibility Analysis of PMBOK Seventh Edition from the Perspective of the Construction Industry Distinctive Peculiarities. Buildings, 2022. V. 12. № 2. 210.
- [5] Gkonos C., Iosifescu Enescu I., Hurni L. Spinning the wheel of design: evaluating geoportals Graphical User Interface adaptations in terms of human-centred design. International Journal of Cartography, 2019. V. 5. № 1. P. 23–43. DOI: 10.1080/23729333.2018.1468726.
- [6] Lee J., Kang M. Geospatial Big Data: Challenges and Opportunities, Big Data Research, 2017. V. 2. № 2. P. 74–81. DOI: 10.1016/j.bdr.2015.01.003.
- [7] Räsänen A., Lein H., Bird D., Setten G. Conceptualizing community in disaster risk management, International journal of disaster risk reduction, 2020, V. 45. 101485.
- [8] Yamashkin S.A., Yamashkin A.A., Zanozin V.V., Radovanovic M.M., Barmin A.N. Improving the efficiency of deep learning methods in remote sensing data analysis: geosystem approach. IEEE Access, 2020. V. 8. P. 179516–179529.