Исследование опыта создания и применения инфраструктуры пространственных данных

Study of the experience of creating and using spatial data infrastructure

Цветков / Tsvetkov V.
Виктор Яковлевич
(cvj2@mail.ru)
доктор технических наук, профессор,
действительный член РАЕ, РАКЦ, РАО,
лауреат премии Президента РФ в области образования, лауреат премии Правительства РФ,
почетный работник ВПО РФ.
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА),
профессор института информационных технологий и автоматизированного проектирования.
г. Москва

Чехарин / Chekharin E.
Евгений Евгеньевич
(tchekharin@mirea.ru)
РТУ МИРЭА,
старший преподаватель кафедры инструментального и прикладного программного обеспечения.

Ключевые слова: пространственные данные – spatial data; инфраструктура – infrastructure; инфраструктура пространственных данных – spatial data infrastructure; хранилище данных – data warehouse; метаданные – metadata; пространственные объекты – spatial objects.

Статья исследует состояние и развитие инфраструктур пространственных данных на примере зарубежного развития. Дан краткий обзор состояния развития инфраструктур пространственных данных по зарубежным странам. Описано содержание программного обеспечения инфраструктур пространственных данных. Исследован опыт работ по созданию инфраструктуры пространственных данных в Молдавии. Исследован опыт создания инфраструктур пространственных данных на американском континенте. Отмечено, что большое внимание уделяется интероперабельности инфраструктур пространственных данных в то время, как в РФ об этом мало говорят. Описано четыре этапа развития этих комплексов. Описана классификация интероперабельности при создании инфраструктур пространственных данных. Описано содержание показателя «Оценка индекса готовности ИПД». Этот показатель состоит из шести характеристик и факторов, входящих в характеристики.

The article explores the state and development of spatial data infrastructures on the example of foreign development. A brief overview of the state of development of spatial data infrastructures in foreign countries is given. The content of the software for spatial data infrastructures is described. The experience of work on the creation of spatial data infrastructure in Moldova has been studied. The experience of creating spatial data infrastructures on the American continent has been studied. It is noted that much attention is paid to the interoperability of spatial data infrastructures, while in the Russian Federation little is said about this. Four stages of development of these complexes are described. The classification of interoperability in the creation of spatial data infrastructures is described. the content of the indicator "Assessment of the SDI readiness index" is described. This indicator consists of six characteristics and factors included in the characteristics.

Введение

В последние годы значение и применение пространственной информации возросло, включая проблему больших данных [1-3]. Организациям, которые производят пространственную информацию, становится все труднее управлять этой информацией и обмениваться ею. Растет число случаев по дублированию получения пространственной информации. Увеличивается число технических средств и технологий получения пространственной информации. Она поступает из разных источников данных и имеет широкий круг пользователей, что приводит к росту форм ее представления. Одним из радикальных подходов является создание и применение инфраструктуры пространственных данных (ИПД) (Spatial Data Infrastructure - SDI) [4-6], а в масштабе государства – национальных инфраструктур пространственных данных (НИПД). Для улучшения доступа, визуализации и интеграции данных этих комплексов они нуждаются в сотрудничестве между странами для развития региональных SDI. В США к формированию национальной инфра-

структуры пространственных данных (НИПД) приступили с 1994 года. В России в это время разваливали Главное управление геодезии и картографии. К работе над НИПД приступили в 2006 году путем принятия решений о разработке концепций. Разработка концепций продолжается и спустя 16 лет. Поэтому интерес представляет зарубежный опыт создания НИПД как пример для отечественных разработчиков.

Обзор состояния

В таблице 1 приведен выборочный список ИПД по странам или административным зонам, сформированный по официальным сайтам

Одна из особенностей работ в области НИПД состоит в том, что точного канонического общепризнанного определения этого понятия нет. Существует множество трактовок и предложений трактовки. В России это усугубляется двойственным толкованием понятия «инфраструктура».

Для примера рассмотрим два определения ИПД – это «технология, политика, стандарты, человеческие ресурсы и связанные с ними действия, необходимые для получения, обработки, распространения, использования, поддержки и сохранения пространственных данных». [8]

Другое определение дано Кюном: [9] «SDI — это скоординированная серия соглашений о технологических стандартах, институциональных механизмах и политиках, которые позволяют обнаруживать и использовать геопространственную информацию пользователями и для целей, отличных от тех, для которых она была создана».

ИПД это не просто хранилище, а системный комплекс, в котором важную роль играет программное обеспечение как интерфейс с пользователем. При этом надо разделять поставщика услуг ИПД и пользователя. В СССР поставщиком услуг был ГУГК.

Программное обеспечение ИПД должно обеспечивать доставку пространственных данных из хранилища данных через поставщика пространственных услуг пользователю. Важным является возможность обновления пространственных данных, хранящихся в репозитории. Таким образом, основными программными компонентами SDI являются: [10].

· Программный клиент – для отображения, запроса и анализа пространственных данных (это может быть браузер или настольная ГИС).

· Служба каталогов – для обнаружения, просмотра и запроса метаданных или пространственных служб, наборов пространственных данных и других ресурсов.

· Служба пространственных данных – возможность доставки данных через Интернет.

· Услуги обработки, такие как преобразование данных и проекций или преобразование наблюдений кадастровой съемки и запросов владельцев в кадастровую документацию.

· Репозиторий (пространственных) данных – для хранения данных, например пространственная база данных. Программное обеспечение ГИС (клиентское или настольное) – для создания и обновления пространственных данных.

Помимо этих программных компонентов необходим ряд (международных) технических стандартов, которые обеспечивают взаимодействие между различными программными компонентами. Среди них геопространственные стандарты, определенные Open Geospatial Consortium (например, OGC WMS, WFS, GML и т. д.) и ISO (например, ISO 19115) для доставки карт, векторных и растровых данных, но также стандарты формата данных и интернет-передачи консорциумом W3C.

Об опыте разработки ИПД в Молдавии

Рассмотрим для начала развитие ИПД в одной из бывших республик СССР Молдавии. В отличие от РФ в ней принят закон об ИПД [11]. Закон устанавливает правила создания НИПД и механизм применения геопортала как основного сервиса. Он задает связанные с пространственными данными стандарты и определяет правовые нормы использования пространственной информации.

Базисные понятия закона следующие: координирующий орган, пространственные данные, публичный субъект, геопортал национальной инфраструктуры пространственных данных, национальная инфраструктура пространственных данных (НИПД), интероперабельность (взаимосовместимость), метаданные, пространственный объект, сервисы пространственных данных, набор пространственных данных, третье лицо.

Закон устанавливает правовое регулирование НИПД и ответственность за пространственные данные. Закон описывает содержание метаданных. Закон подробно раскрывает содержание интероперабельности, распределения данных и сетевых сервисов. В документах о Российских ИПД интероперабельность и механизм распределения данных обходят стороной. В законе заслуживает внимания описание критериев поиска информации в ИПД.

Закон Молдавии определяет обязанности Правительства Молдавии для обеспечения нормального функционирования НИПД. В документах о Российских ИПД обязанности правительства отсутствуют. Закон Молдавии определяет правила финансирования национальной инфраструктуры пространственных данных.

Закон определяет содержание координирующего органа НИПД: состав и структуру Совета по национальной инфраструктуре пространственных данных. Закон определяет директивные документы Европейского парламента и Совета Европы по созданию ИПД в Европейском сообществе (INSPIRE), которые должны служить основой при создании и обновлении

Таблица 1

Выборочный список ИПД по странам или административным зонам [7]

Admin. Region	NSDI name
Argentina	Spatial Data Infrastructure of Argentinian Republic (IDERA)
Europe	The European INSPIRE initiative
India	National Spatial Data Infrastructure (NSDI)
Basque Country	Spatial Data Infrastructure and Portal of the Basque Country. geoEuskadi
Swiss	Swiss Federal Spatial Data Infrastructure
Colombia	Colombian Spatial Data Infrastructure (ICDE)
Bogota	Bogota Spatial Data Infrastructure
Costa Rica	National Service of Territory Information
Chile	Blog Chilean Spatial Data Infrastructure
United Nations	The United Nations Spatial Data Infrastructure (UNSDI)
United States	US National Spatial Data Infrastructure
Australia	Australian Spatial Data Infrastructure and its centre
Canada	Canadian Geospatial Data Infrastructure
Chile	Chilean Spatial Data Infrastructure
Sweden	Geodata.se
Estonia	Estonian National Spatial Data Infrastructure
Finland	Finnish National Spatial Data Infrastructure
Germany	German National Spatial Data Infrastructure
Netherlands	Dutch Geo register
Lithuania	Lithuanian geographic information infrastructure
Spain	Spanish National Spatial Data Infrastructure (IDEE)
Catalonia	Catalonia Spatial Data Infrastructure
Gipuzkoa	Gipuzkoa Spatial Data Infrastructure
Andalusia	Andalusian Spatial Data Infrastructure
Canary Islands	Canary Islands Spatial Data Infrastructure (IDECanarias)
Andorra	Andorran Spatial Data Infrastructure (IDEAnd)
Brazil	Brazilian Spatial Data Infrastructure (INDE)
Malaysia	Malaysia Geospatial Data Infrastructure (MyGDI)
Bolivia	Bolivia Spatial Data Infraestructure (IDE-EPB)
Abu Dhabi	Abu Dhabi SDI

ИПД. Закон классифицирует и раскрывает содержание трех типов наборов пространственных данных. Закон в значительной мере опирается на европейский опыт и игнорирует опыт Российских разработчиков концепции ИПД. Молдавия маленькая страна. Поэтому основной концепцией применения НИПД для нее является систематизация пространственных данных и управление ими. Проблема больших данных для нее не возникает.

Об опыте создания ИПД на американском континенте

Американский континент – большая территория. Поэтому первой концепцией применения НИПД для нее является проблема больших данных. Отсюда появление инфраструктур пространственных данных связано в том числе с решением задач обработки больших данных, поскольку их реализация позволяет управлять, интегрировать, обнаруживать, визуализировать, получать доступ, обмениваться и эффективно анализировать геопространственную информацию, производимую различными организациями.

В рамках этой концепции для управления большими объемами геопространственных данных в регионе Америки [12] поощряется сотрудничество между странами-членами для создания региональной SDI, которая позволяет странам и широкому кругу пользователей получать доступ, использовать и эффективно распространять геопространственную инфор-

мацию, чтобы принимать решения на разных уровнях таким образом, чтобы это приносило региональную и индивидуальную пользу странам.

В связи с этим Рабочая группа региональных инфраструктур геопространственных данных Регионального комитета Организации Объединенных Наций по управлению глобальной геопространственной информацией для Америки (далее именуемая UN-GGIM: Americas) координирует действия, связанные с внедрением, развитием и усилением Национальной инфраструктуры геопространственных данных государств-членов UN-GGIM Americas, чтобы добиться равного развития SDI интегрированным и совместным образом в регионе Америки. Отсюда вытекает вторая концепция: добится совместимости и эффективного обмена данными для ИПД разных стран континента.

Для этого были предложены четыре этапа развития [13]:

1. Оценить текущее состояние внедрения НИПД в регионе с учетом ее компонентов;

2. Разработать инструмент оценки и мониторинга состояния НИПД в регионе;

3. Распространить инициативы и региональный опыт в области ИПД, создавая базовые руководящие документы;

4. Проводить обучение и модернизацию в регионе по различным компонентам ИПД.

Эти работы призваны сформировать методологию и обобщить результаты разработки региональной ИПД в документе: «Оценка текущего состояния реализации национальной ИПД в Американском регионе с учетом каждого из ее компонентов». Это дает основание перейти от частных региональных ИПД к общей региональной ИПД.

В рамках проекта SDI определяется набор политик, технологий и стандартов, необходимых для сбора, управления, доступа, обмена, знаний и эффективного использования пространственных данных на глобальном, региональном, национальном и местном уровнях. Его целью является создание общей платформы с организованной геопространственной информацией для принятия обоснованных решений в различных секторах [14]. В этом месте следует отметить сходство применения ГИС и ИПД. ГИС также применяют [15, 16] на глобальном, региональном, национальном и местном уровнях.

Разработка ИПД на национальном и региональном уровнях имеет большое значение, поскольку она обеспечивает возможность взаимодействия геопространственных данных, производимых различными организациями и/или разными странами с использованием различных подходов.

Важную роль в функционировании ИПД играет техническая совместимость (интероперабельность), позволяющая взаимодействовать системам как на аппаратном, так и на программном уровне посредством инфраструктуры связи, протоколов связи и передачи данных, форматов обмена данными и общих или стандартных спецификаций интерфейса. Различают несколько видов интероперабельности.

Синтаксическая интероперабельность позволяет обмениваться информацией между системами с использованием формата или структуры данных, языка, логики, регистров и общих файлов [17].

Семантическая интероперабельность позволяет обмениваться информацией с использованием общего словаря, что позволяет избежать неточностей или путаницы при интерпретации значения терминов [17].

Геосемантическая интероперабельность относится к способности систем обмениваться геопространственными данными с использованием семантики своей геометрии, которая включает два компонента: определение типа геометрии и определение смысла этой геометрии [18].

Организационная функциональная интероперабельность относится к институциональным обязанностям, которые позволяют достигать целей и задач, согласованных между различными организациями – в этом типе функциональной совместимости важно упомянуть аспекты, связанные с ожиданиями, контрактами и культурой [18].

Юридическая интероперабельность относится к юридическим правам, положениям и условиям данных и политикам доступа и использования данных и/или услуг [19].

Человеческое/политическое взаимодействие или интероперабельность относится к сотрудничеству на национальном, региональном и международном уровнях для определения нормативно-правовой базы и политики, которые гарантируют и облегчают эффективный и действенный обмен данными [18].

Использование международных стандартов можно также рассмотреть как форму интероперабельности. Оно играет фундаментальную роль в достижении функциональной совместимости данных. Отсюда Открытый геопространственный консорциум (OGC) и Международная организация по стандартизации (ISO) TC211 сыграли решающую роль в улучшении географических данных и функциональной совместимости системы посредством спецификации объектных моделей и схем XML для хранения и передачи данных, открытых сервисных интерфейсов и стандартов метаданных данных и сервисов [18].

Все рассмотренные типы интероперабельности вместе могут отвечать текущим потребностям в управлении геопространственной информацией, среди которых выделяют такие правила [19]:

· Знать наборы геопространственных данных, созданных различными организациями.

· Избегать дублирования между организациями при генерации данных.

· Знать метаданные (подробное описание данных), которые относятся к информации о содержании и процессе производства геопространственных данных и

услуг, включая информацию о времени сбора данных, сборщиках данных, формах сбора, происхождении данных (источник данных), местоположении, используемых системах координат, проекции, качестве, условиях, ограничениях и процедурах обработки и очистки полученных данных.

· Организовывать доступ и визуализацию данных по возможности простым способом благодаря разработке унифицированных информационных основ [16].

· Организовывать взаимодействие между системами различных организаций, производящих геопространственные данные, с использованием стандартов и нормативов.

· Обеспечивать достоверность и прозрачность данных за счет создания и внедрения общих спецификаций национальной и региональной пространственной информации.

Представляет интерес показатель «Оценка индекса готовности ИПД», которая в российских разработках исключается.

Согласно методике «Оценка индекса готовности SDI» [20, 21] SDI состоит из шести характеристик и факторов, входящих в них, которые описаны ниже.

1. Организация SDI включает три основные фактора: политика SDI Vision относится к политическому осознанию важности и развития национальной SDI; институциональное лидерство относится к координации одного или нескольких национальных учреждений в отношении национальной ИПД; правовая база относится к национальному правовому инструменту для поддержки развития ИПД [21].

2. Человеческие ресурсы состоят из трех основных факторов: человеческого капитала, включающего уровень грамотности взрослого населения; совокупный валовой коэффициент охвата начальным, средним и высшим образованием; культура/образование по ИПД относится к наращиванию потенциала.

3. Влияние пространственных данных на общество, включая индивидуальное лидерство людей, обладающим навыками координации развития и устойчивости ИПД [21].

4. Информация включает три основные фактора: доступность пространственных данных и метаданных; стандарты как технические документы, регулирующие производство информации; информационные процессы применения пространственных данных [20, 21].

5. Сеть доступа включает три основные фактора: возможность подключения к Интернету; технологическая инфраструктура включает наборы технологических элементов, которые интегрируют и поддерживают операции ИПД; доступность программного обеспечения относится к национальной доступности программного обеспечения или собственной разработки программ предпочтительно с открытым исходным кодом [20, 21].

6. Финансовые ресурсы: относятся к источникам финансирования для разработки ИПД; они включают в себя множество заинтересованных сторон, например, государственное финансирование, финансирование частного сектора и национальные геопространственные инициативы [20, 21].

Подводя итог, следует отметить существенное различие между рассмотренными концепциями создания и функционирования SDI и концепциями ИПД, которые уже 16 лет разрабатывают в России.

В качестве недостатка зарубежных работ следует отметить патологическое и не к месту употребление термина «геопространственные» данные. Как известно, геоинформатика имеет пять веток развития: геоинформатика, геоматика, наука о геоданных, геопространственная наука и наука о пространственных данных. Сводить все к «геопространственным» данным неуместно. Тем более, что существует более общее понятие «геоданные», которое включает в себя как подмножество «геопространственные» данные.

В перспективе ИПД применимы и для космических исследований. Поэтому употребление понятия «геопространственные» данные теряет смысл, термин «пространственные» данные сохраняет смысл для земных данных и для космических данных.

Заключение

Уровень развития НИПД является показателем того, насколько развита наука данной страны в области обработки пространственной информации. С другой стороны, отсутствие реализации НИПД свидетельствует об отсутствии организации и координации между учреждениями, генерирующими пространственную информацию. Это приводит к дублированию данных, излишним производственным затратам и неэффективному использованию ресурсов (человеческих и технологических).

Опыт развития ИПД за рубежом показывает опережающее развитие по сравнению с РФ. Даже Молдавия более радикально относится к ИПД как к инструменту управления. В Молдавии принят закон об ИПД, а в РФ 16 лет разрабатывают концепции. Существенное различие между зарубежными и Российскими ИПД в ключевых показателях и принципах построения ИПД. Особенно плачевным выглядит то, что РФ разрабатывают родственные программы независимо друг от друга.

Существует Федеральный проект «Информационная инфраструктура» национальной программы «Цифровая экономика», который реализуют связисты. По существу, это просто обеспечение доступа к интернету. Места для пространственных данных в проекте нет. Единственное, в разделе 5 паспорта программы упоминаются электронные карты без форматов и стандартов, а также источников их получения. В реальности таким источником является ИПД.

Существует Постановление Правительства Российской Федерации от 8 февраля 2018 г. N 127 «Об утверждении правил категорирования объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также перечня показателей критериев значимости объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и их значений». В нем также не нашлось места для ИПД и НИПД.

Существует концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации – РАСПОРЯЖЕНИЕ от 21 августа 2006 года N 1157-р. В этой концепции не нашлось места для информационной инфраструктуры. Все заменяет геопортал. За рубежом информационная инфраструктура является частью ИПД. Коллектив авторов считает меры по созданию ИПД пока недостаточно эффективными. Необходимо согласовать программы по созданию информационной инфраструктуры и ИПД.

Литература

1. Big data analytics: a survey / C.W. Tsai [et al.] // Journal of Big data. – 2015. – Vol. 2, No. 1. – P. 1–32.

2. Лёвин, Б. А. Информационные процессы в пространстве «больших данных» / Б.А. Лёвин, В.Я. Цветков // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, № 6 (73). – С. 20–30.

3. Цветков, В. Я. Облачные вычисления для больших геопространственных данных / В.Я. Цветков, А.В. Буравцев // Информация и Космос. – 2019. – № 3. – С. 110–115.

4. Ali, A. National Spatial Data Infrastructure vs. Cadastre System for Economic Development: Evidence from Pakistan / A. Ali, M. Imran // Land. – 2021. – Vol. 10, No. 2. – P. 188.

5. Rahman, M. M. National spatial data infrastructure (NSDI) of Bangladesh–Development, progress and way forward / M.M. Rahman, G. Szaby // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2020. – Vol. 4. – P. 131–138.

6. The Governance of INSPIRE: Evaluating and Exploring Governance Scenarios for the European Spatial Data Infrastructure / J.W. Sjoukema [et al.] // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2022. – Vol. 11, No. 2. – P. 141.

7. Spatial data infrastructure [Электронный ресурс] : Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/ Spatial_data_infrastructure/ [дата обращения 26.03.2022], свободный. – Загл. с экрана.

8. The White House, Office of Management and Budget (2002) Circular No. A-16 Revised. – 2002. – August, 19.

9. Kuhn, W. Introduction to spatial data infrastructures / W. Kuhn // Presentation held on March. – 2005. – Vol. 14. – P. 2005.

10. Steiniger, S. Free and open source GIS software for building a spatial data infrastructure / S. Steiniger, A. J. S. Hunter // Geospatial free and open source software in the 21st century. – Berlin: Springer, 2012. – P. 247–261.

11. Республика Молдова. Парламент. Закон № 254 от 17.11.2016 «О национальной инфраструктуре пространственных данных» // Monitorul Oficial № 441-451 статья № 887, 16.12.2016, изменен 02.02.2020. Вступил в силу с 14.04.20.

12. McLeod, P. Spatial Data Infrastructure (SDI) Manual for the Americas / P. McLeod, A. Martin, J. Crompvoets // Global Spatial Data Infrastructures Association. – 2013.

13. UN-GGIM: Americas. Available online: http://www.un-ggim-americas.org/ (accessed on 6.02.2022).

14. Approach to Spatial Data Infrastructure Development for Spatial Planning in Serbia / L. Zivkovic [et al.] // Proceedings REAL CORP. – 2013. – P. 85–93.

15. Цветков, В. Я. Геоинформационные системы и технологии / В.Я. Цветков. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.

16. Цветков, В. Я. Создание интегрированной информационной основы ГИС / В.Я. Цветков // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2000. – № 4. – С. 150–154.

17. Manso, M. Towards an Integrated Model of Interoperability for Spatial Data Infrastructures / M. Manso, M. Wachowicz, M. Bernabй // Transactions in GIS. – 2009. – Vol. 13 (1). – P. 43–67.

18. Natural Resources Canada. Geosemantic Interoperability Backgrounder / GeoConnections Hickling Arthurs Low Corporation: Ottawa, ON, Canada. – 2015. – P. 1–6.

19. Arctic SDI. Spatial Data Infrastructure (SDI) Manual for the Arctic / Arctic Council: Ottawa, ON, Canada. – 2016. – P. 5–24.

20. Assessing an SDI Readiness Index / T. Delgado // Proceedings of the FIG Working Week 2005 and 8th International Conference on the Global Spatial Data Infrastructure (GSDI-8), Cairo, Egypt, 16–21 April 2005. – P. 1–10.

21. Delgado, T. The Spatial Data Infrastructure Readiness model and its worldwide application / T. Delgado, M. Delgado, R. Espнn // A Multi-View Framework to Assess SDIs. – The Melbourne University Press: Melbourne, Australia, 2008. – Chapter 6. – P. 117–134.