

## Принципы разработки и структура универсального классификатора тематических задач, решаемых с использованием данных ДЗЗ

О. В. Кушнырь, О. С. Сизов, П. Р. Цымбарович, В. Д. Славко

АО «Российские космические системы», Москва, 127490, Россия

E-mail: sizov\_os@ntsomz.ru

Актуальность темы статьи обусловлена необходимостью обобщения и систематизации перечня тематических задач, решаемых с использованием данных ДЗЗ, в условиях роста потока информации, поступающей с орбитальных группировок ДЗЗ. В статье описана работа, цель которой заключалась в разработке структуры универсального классификатора тематических задач, который соответствует принципам адаптивности и всеохватности, а также удовлетворяет требованиям максимально широкого круга пользователей и разработчиков в области ДЗЗ. Для достижения цели были проанализированы подходы и методы, применяемые в существующих классификаторах, а также принципиальные требования, выдвигаемые к классификатору конкретными группами пользователей. В результате работы был обоснован выбор объектно-ориентированного подхода к системе классификации, определены основные параметры тематических задач и разработаны системы классификации для каждого из них, описаны базовые требования к функционированию классификатора и его программной реализации в виде клиент-серверного веб-приложения. Полученные результаты будут использованы при разработке программной реализации универсального классификатора тематических задач, решаемых с использованием данных ДЗЗ. Материалы статьи могут быть полезны при разработке универсальных классификаторов тематических задач, решаемых с использованием технологий, не связанных с ДЗЗ.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, классификатор, тематические задачи, требования, отрасли деятельности, элементы поверхности, объектно-ориентированный подход

Одобрена к печати: 07.02.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-3-39-52

### Введение

Несмотря на то что различные типы данных ДЗЗ создаются преимущественно с учётом актуальных и потенциальных потребностей конечных пользователей, существует базовая проблема ограниченности измерительных свойств получаемых информационных продуктов. Поэтому в условиях естественного разнообразия наблюдаемых объектов и явлений на земной поверхности для полноценного решения конкретной тематической задачи зачастую требуется использование результатов разнотипных дистанционных измерений наряду с привлечением дополнительных источников данных. В этом отношении использование классификаторов информационных продуктов, на основе которых функционируют в том числе сервисы распространения продуктов ДЗЗ (например, портал Earthdata EOS DIS, <https://earthdata.nasa.gov>), позволяет потребителю получить лишь ограниченное решение проблемы.

В то же время активное развитие средств ДЗЗ, наблюдаемое в последние годы (в частности, создание спутниковых группировок компаний Planet, DigitalGlobe, UrtheCast и др.), делает возможным реализацию новых технологий тематической обработки с учётом оптимального использования всех доступных алгоритмов, программного обеспечения (ПО) и различных типов съёмочной аппаратуры.

Указанные обстоятельства делают приоритетным проблемно-ориентированный подход к использованию данных ДЗЗ. Таким образом, наряду с систематизацией тематических продуктов ДЗЗ возрастает актуальность разработки классификатора тематических задач, при решении которых использование исходных данных и продуктов ДЗЗ оправдано и эффективно с позиции получения полноценного решения. При этом классификация тематических задач

с акцентом на потребности конечных тематических пользователей должна учитывать разнотипные, мультимасштабные, высокоразмерные, высокопериодичные, изомерные и нелинейные характеристики современных так называемых больших данных ДЗЗ (Liu, 2015).

Существующие примеры классификаторов тематических задач (Классификатор..., 2008; Борисов и др., 2013) не удовлетворяют в полной мере обозначенным выше требованиям. В частности, они основаны на использовании устаревших данных ДЗЗ, ограничены отдельными тематическими областями и разработаны для конкретных заказчиков (т. е. не являются универсальными).

Попытка обобщить и классифицировать задачи, решаемые с помощью ДЗЗ, была предпринята при составлении универсальных классификаций научного знания: УДК (Справочник по УДК, <http://teacode.com/online/udc/index.html>), ББК (Библиотечно-библиографическая классификация, <http://classinform.ru/bbk.html>), МПК (Патентный поиск по категориям, [http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS\\_Ru](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru)), классификатор РФФИ (Классификатор РФФИ для конкурсов 2017 года, [http://www.rfbr.ru/rffi/getimage/Классификатор\\_РФФИ\\_2017\\_г..pdf?objectId=1955813](http://www.rfbr.ru/rffi/getimage/Классификатор_РФФИ_2017_г..pdf?objectId=1955813)). Однако, несмотря на то что универсальные научные классификации систематизируют и обобщают рассматриваемые задачи, использование подобных классификаторов для анализа задач, решаемых в интересах федеральных и региональных органов исполнительной власти и коммерческого рынка, затруднительно.

Довольно подробным и хорошо проработанным является классификатор тематических задач, созданный ФГУП «ВостСибНИИГГиМС» совместно с компанией «СканЭкс» по заказу Минприроды России (Классификатор..., 2008). Текущая 7-я версия классификатора включает 318 задач, разделённых по 10 тематическим направлениям, которые тем не менее не охватывают всего многообразия способов практического использования данных ДЗЗ.

Среди зарубежных реализаций отдельно стоит выделить классификатор тематических задач UN-SPIDER ([un-spider.org/space-application-matrix](http://un-spider.org/space-application-matrix)). Он не описывает всего многообразия тематических задач, так как разработан специально для задач предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных происшествий, однако интерес представляет его организация в виде матрицы. Такой подход позволяет расширить возможности по систематизации и отображению существующего многообразия тематических задач, решаемых с использованием ДЗЗ.

Весьма перспективной является онтологическая форма представления всей совокупности разнородной информации о сферах применения данных ДЗЗ. Гибкая структура в виде логически связанных между собой классов позволяет выстроить семантическую сеть знаний любой сложности (Загорулько, Загорулько, 2011). В качестве примера практической реализации можно привести онтологию SWEET (Semantic Web for Earth and Environmental Terminology, <https://sweet.jpl.nasa.gov/>) лаборатории реактивного движения NASA

Актуальность создания удобного и полного классификатора тематических задач повышается также в связи с расширением числа пользователей за счёт многочисленных коммерческих и общественных организаций, которые зачастую не имеют достаточных знаний, опыта и ресурсов для самостоятельной обработки данных ДЗЗ.

Целью данной работы является разработка структуры универсального классификатора тематических задач, решаемых с использованием данных ДЗЗ, на основе принципов адаптивности, всеохватности и соответствия требованиям максимально широкого круга пользователей и разработчиков технологических решений, продуктов и услуг в области дистанционного зондирования Земли.

## Общие положения

Классификация тематических задач (детально сформулированных и обоснованных потребностей тематических потребителей), по сути, базируется на классификации технологий получения, верификации и применения информационных продуктов, создаваемых с использованием данных ДЗЗ. Ключевую роль играют анализ и оценка потребительских свойств

существующих и перспективных технологий, включая определение степени достоверности получаемого результата и эффективности их применения на практике. При этом технологии решения тематических задач с использованием ДЗЗ можно разделить на три класса: экспериментальные, научно-обоснованные и готовые для практического применения. Для экспериментальных технологий допустима низкая достоверность и необходимость использования дополнительных источников информации. Для научно-обоснованных технологий обязательным является наличие идентичных результатов, полученных независимыми группами исследователей на примере однотипных исходных данных с разных съёмочных систем. Для технологий, готовых к практическому внедрению, должен быть представлен универсальный алгоритм их реализации, обеспечивающий высокую достоверность итогового результата и минимизирующий необходимость привлечения внешних источников данных.

Поскольку решение любых тематических задач на основе или с использованием технологий ДЗЗ в интересах всех категорий пользователей является одним из видов услуг, классификатор тематических задач должен разрабатываться с учётом принципиальных требований к классификаторам услуг и обеспечивать решение следующих задач:

- формирование комплексного представления о возможностях, ограничениях, достоинствах методов ДЗЗ для решения прикладных и научных задач;
- помощь пользователю при выборе необходимых данных ДЗЗ.

Можно выделить три основные группы потенциальных пользователей классификатора:

1. Конечные тематические потребители, рассматривающие возможность применения дистанционных методов при решении существующих актуальных тематических задач. Использование классификатора целесообразно с этапа оценки реализуемости поставленной задачи до выбора наиболее эффективной технологии применения данных ДЗЗ. При этом одним из средств решения выступают различные типы информационных продуктов: исходные данные, продукты и сервисы ДЗЗ. Пользователи могут оценить существующие прототипы информационных продуктов и в случае необходимости предложить доработку продукта или изменить условия исходной задачи. Кроме того, пользователи могут представить публичный отчёт о качестве предлагаемых продуктов с указанием основных недостатков и преимуществ.
2. Поставщики исходных данных ДЗЗ, для которых классификатор может служить индикатором уровня практического применения эксплуатируемой и разрабатываемой целевой аппаратуры (ЦА). Количественными показателями могут быть число решаемых задач и примеров соответствующих тематических продуктов. Сопоставление с предлагаемыми технологиями и запросами потребителей представляет ценность с позиции уточнения требований к перспективной ЦА.
3. Разработчики технологий (технологических решений), в том числе алгоритмов и инструментов создания тематических продуктов, которые смогут ориентироваться в широком круге актуальных задач и предлагать решения по наиболее востребованным проблемам. Также для разработчиков платформа классификатора является удобной для объединения усилий либо демонстрации своих преимуществ перед конкурентами. Как для коммерческих, так и для научных разработчиков классификатор позволит получить независимую оценку предлагаемых продуктов и услуг, что будет способствовать повышению их качества и широкому распространению в случае выработки наиболее эффективной технологии. С другой стороны, продукты, не прошедшие экспертную оценку пользователей классификатора, могут рассматриваться в качестве потенциально недостоверных.

Платформа классификатора может рассматриваться как информационная площадка для трёх указанных сторон, участвующих в решении тематических задач средствами ДЗЗ. При этом классификатор выполняет функцию проводника обратной связи в виде трансляции всего многообразия требований и пожеланий от потребителей к разработчикам и обеспечивает решение следующих задач:

- изучение рыночного спроса на необходимые услуги;
- усовершенствование и развитие стандартизации в сфере предоставляемых потребителям услуг;
- прогнозирование и учёт объёма реализации необходимых потребителям услуг;
- информационное обеспечение при сертификации предоставляемых услуг.

Принципиальная схема взаимодействия всех категорий пользователей классификатора и его составных частей представлена на рис. 1.

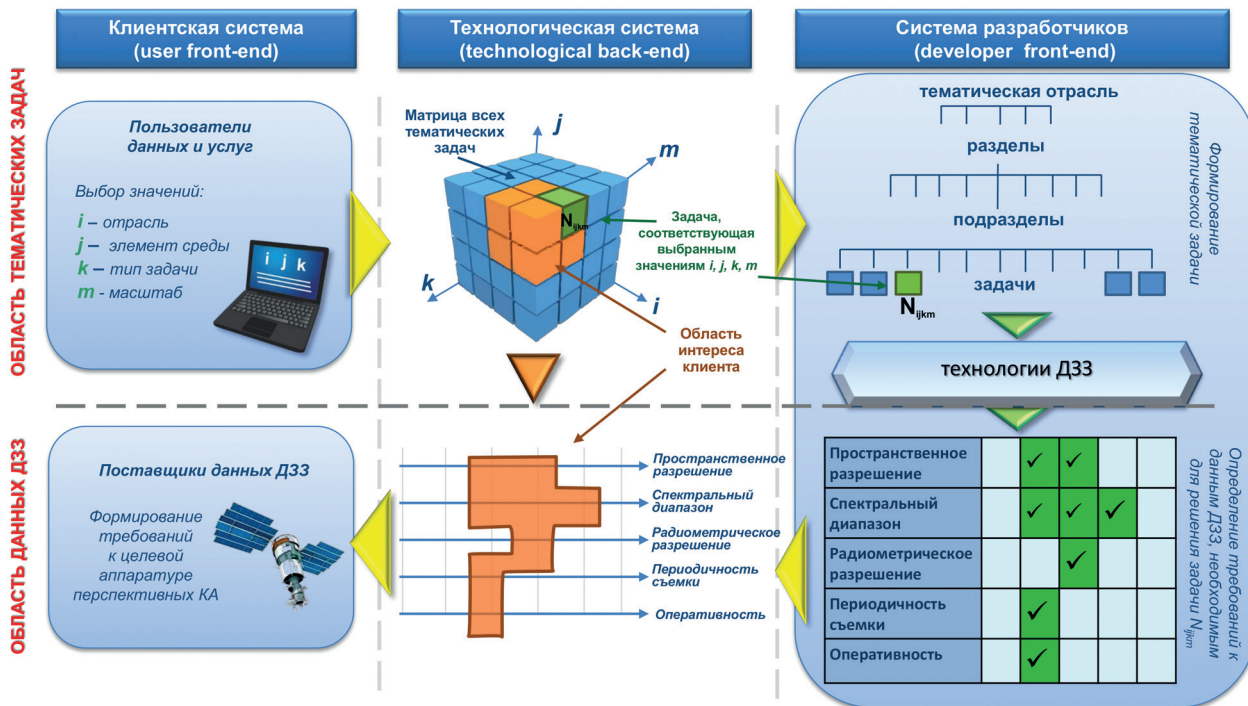


Рис. 1. Система функционирования классификатора тематических задач

Цикл работы, имея замкнутую форму, обеспечивает решение задач всех категорий пользователей классификатора. Потребители данных, продуктов и сервисов ДЗЗ, обращаясь к платформе, выбирают значения обязательных параметров многомерной матрицы, характеризующих задачу или группу задач. Выбор задачи определяет набор технологий обработки и требований к необходимым данным ДЗЗ, установленных разработчиками алгоритмов и инструментов создания тематических продуктов. Запросы тематических задач формируют массив технических характеристик необходимых данных, которые, в свою очередь, выявляют наиболее востребованные типы данных. Неудовлетворённые требования могут являться основой технического облика перспективных космических систем для разработчиков аппаратуры.

### Информационная модель классификатора

Исходя из опыта предыдущих исследований информационная модель классификатора разрабатывается на основе комбинации отраслевого и проблемно-ориентированного подходов и представляет семантическую сеть из связанных объектов определённых классов, каждому из которых соответствует набор атрибутов. Ключевым понятием (классом) в онтологии предлагаемой модели является тематическая задача (далее — класс тематической задачи).

Как уже отмечалось, многообразие и высокая вариативность характеристик объектов природно-техногенной среды и, как следствие, решаемых тематических задач в значительной



степени затрудняют формализацию таксономии тематических задач. По этой причине и в целях обеспечения гибкости модели классификатора не целесообразно выстраивать строгую иерархию классов тематических задач. Экземпляр каждой задачи существует сам по себе, а его положение в матрице тематических задач определяется направленными связями (отношениями) с экземплярами классов других сущностей классификатора.

Основные четыре сущности представлены следующими классами: тип человеческой деятельности, тип элементов природно-техногенной среды, тип задачи и масштаб. Первые два класса формируют соответствующие иерархии по аналогии с онтологиями NASA SWEET (<https://sweet.jpl.nasa.gov>), другие два представлены простыми перечислениями. Каждый экземпляр класса тематической задачи связан не менее чем с одним экземпляром аждого из указанных классов, т.е. такие связи носят обязательный характер, так как являются основой информационной системы классификатора.

Также вводятся другие классы, необходимые для описания и систематизации типов данных и технологий ДЗЗ, множества КА и аппаратуры ДЗЗ, организаций и пользователей и т.д. Эти классы составляют соответствующие таксономии, коллекции и перечисления, характеризуются определёнными наборами атрибутов, а также обязательными и факультативными связями.

Такой подход позволяет осуществлять разнонаправленный поиск элементов классификатора на основе их взаимосвязей и осуществлять параметрические выборки. Другой важной чертой классификатора становится масштабируемость и гибкость в отношении добавления новых тематических задач и других элементов, их изменения и удаления. Данная система также позволяет оперативно изменять структуру классификатора, добавляя, изменяя или удаляя новые классы.

Таким образом, разрабатываемый классификатор тематических задач является динамической системой хранения и накопления знаний. Его информационная модель даёт возможность пользователю оперативно получить наглядную информацию об интересующей его задаче, так как позволяет сформировать перечень узких тематических задач, решаемых для каждого типа объектов человеческой деятельности или для отдельных отраслей, или же увидеть список задач, относящихся к определённой категории. Каждый пользователь сможет получить наиболее удобное ему отображение.

## **Понятия (классы) классификатора**

Все классы объектов классификатора имеют набор служебных полей (идентификатор, дата создания и т.п.) и связей, необходимых для администрирования.

Каждый экземпляр класса тематической задачи характеризуется набором полей, содержащих её описание и базовые требования к данным ДЗЗ, а также обязательными и факультативными связями, о чём было сказано выше.

Отдельно стоит отметить связи экземпляров классов тематической задачи с экземплярами классов технологий ДЗЗ и подтверждений. Вносимые в классификатор тематические задачи должны иметь практическое или научное подтверждение применимости ДЗЗ для их решения и, соответственно, описанную технологию ДЗЗ. Экземпляры подтверждения могут быть двух типов: опыт практического решения и научное исследование.

## **Отрасли человеческой деятельности**

Перечень отраслей человеческой деятельности сформирован на основании областей применения космической информации ДЗЗ, выделенных в «Концепции развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года» (Концепция..., 2006), уточнён и актуализирован в соответствии с «Общероссийским классификатором видов экономической деятельности» (ОКВЭД, (Общероссийский классификатор..., 2014)). Данный перечень представляет собой 15 тематических направлений, охватывающих

все отрасли хозяйственной и социальной деятельности: гидрометеорологию, экологию, чрезвычайные ситуации, картографию и кадастр, сельское хозяйство, водное хозяйство, геологию и недропользование, лесное хозяйство, животный мир и водные биологические ресурсы, инфраструктуру, территориальное планирование и городское хозяйство, безопасность, экономическую деятельность, население, фундаментальные исследования Земли.

В рамках каждого тематического направления сформирован перечень задач, решаемых государственными или коммерческими пользователями с использованием данных ДЗЗ, которые послужат начальным пулом для заполнения классификатора.

### ***Элементы природно-техногенной среды***

Комбинирование отраслевого и объектно-ориентированного подходов при создании классификатора тематических задач, решаемых с помощью данных ДЗЗ, позволяет пользователю получать или находить информацию об интересующих задачах как для отдельных отраслей, так и для отдельных элементов природно-техногенной среды. Под элементами в данном случае понимаются объекты материального мира, явления или процессы, на которые направлена или может быть направлена предметно-практическая, управляющая или познавательная деятельность с использованием материалов ДЗЗ. Таким образом, в классификаторе рассматриваются только те элементы, для получения информации о которых используются или могут использоваться данные дистанционного зондирования.

Основные требования, предъявляемые к классификации элементов:

- классификация должна подходить для решения задач любого масштаба;
- классификация должна отображать их особенности с точки зрения решаемых задач;
- классификация должна отображать степень антропогенных изменений объектов;
- в качестве элементов должны учитываться различные природные процессы и явления, не являющиеся компонентами ландшафтов.

С целью удовлетворения указанным требованиям классификацию элементов среды предлагается представить в виде иерархии. Это позволит решать задачи в масштабах от глобального до локального.

Таким образом, первый уровень данной системы включает в себя основные компоненты географической оболочки: техносферу, биосферу, литосферу, гидросферу, атмосферу. Второй уровень отображает степень антропогенных изменений элементов с точки зрения человеческой деятельности. Третий уровень отображает особенности элементов с точки зрения сфер человеческой деятельности. Четвёртый уровень отвечает за конкретные особенности элементов с точки зрения решения тематических задач с использованием данных ДЗЗ.

### ***Типовые задачи***

Анализ перечня тематических задач показывает, что можно выделить несколько крупных типов задач вне зависимости от элементов среды или отрасли деятельности. Определение таких типов с их параметрами позволяет установить связь с характеристиками требуемых данных ДЗЗ.

Таким образом, выделены следующие типы задач:

- фиксирование (картографирование существующего состояния и положения объектов) — данная задача предполагает обозначение границ объектов, их свойств;
- определение (установление факта) — подразумевает детектирование определённого события или параметра на интересующей территории;
- контроль (сопоставление установленного факта с заданными параметрами) — установление наличия факта нарушения или его отсутствия за определённый промежуток времени, а также единовременный анализ обстановки на основе анализа параметров объектов;

- оценка (установление факта на основе экспертного мнения) — оценка ситуации с применением комплексного подхода с целью выявления каких-либо параметров и процессов, часто по косвенным признакам; позволяет осуществить глубокий анализ ситуации, подходит для решения нестандартных задач, в том числе выявления опасных процессов;
- моделирование/прогноз (предсказание событий и вариантов их развития) — оценка ситуации с применением комплексного подхода с целью определения возможного развития ситуации в будущем;
- планирование (проектирование, составление программы действий) — определение специфических характеристик объектов с целью их учёта в хозяйственной деятельности.

### **Масштаб**

При определении тематических задач важную роль играет масштаб рассмотрения, который имеет пространственное и временное измерения.

Для упрощения работы с пространственным масштабом предлагается выделить четыре основных класса:

- глобальный — представлен географическими оболочками Земли, такими как материки, морские льды, атмосфера, гидросфера и т. д. (мельче 1:10 000 000);
- региональный — крупные сложные по структуре территории, например Сибирь, Памир, Африканские саванны, а также государства и т. д. (1:1 000 000—1:10 000 000);
- локальный — небольшие территории, обладающие единой структурой; сюда же попадают небольшие административные единицы территориального деления, например административный район, муниципалитет (1:100 000—1:1 000 000);
- объектовый — масштаб отдельных объектов изучения, например отдельного сельскохозяйственного угодья, нефтяной скважины, стадиона и т. д. (1:5000—1:100 000).

Временной масштаб определяет периодичность дистанционных наблюдений для решения задач, связанных с мониторингом заданного объекта или явления. Можно предложить семь основных интервалов периодичности мониторинга: 1–10 сут, 10–30 сут, 3–6 мес, 1 год, 2–3 года, 5 лет и более 5 лет.

При определении временного масштаба мониторинга и при решении одномоментных задач для большинства территорий должна также учитываться сезонность (смена времён года, периоды муссонов и др.), что позволит при необходимости более точно установить требования к используемым материалам ДЗЗ и определить временной период решения задачи.

### **Технология ДЗЗ**

Технология ДЗЗ может быть как простой операцией, так и последовательностью операций (простых технологий), применяемых при решении тематических задач.

Простые технологии — это, например, уточнение географической привязки, синтез изображений, изменение проекции. В качестве сложной технологии можно рассмотреть формирование мультивременного композита как действие из последовательности простых операций: приведение пары разновременных изображений в единую проекцию → совмещение изображений (уточнение привязки) → синтез композита.

Целесообразно выделить общие и специальные технологии ДЗЗ. Под общими технологиями понимаются общеизвестные методы и алгоритмы, свободные для любого использования, реализованные в различном ПО. В разряд специальных технологий попадают проприетарные и закрытые алгоритмы и ПО, использование которых ограничено авторскими правами и патентами.

Технологии ДЗЗ подтверждаются соответствующими практиками или исследованиями.

## Аппаратура ДЗЗ

Данный класс служит для описания сенсоров, устанавливаемых на КА ДЗЗ, и характеристик получаемых данных. При рассмотрении определённой тематической задачи аппаратура ДЗЗ может предлагаться как рекомендованная на основе соответствующих практик и исследований или автоматически на основе требований к данным ДЗЗ. Таким образом, для примеров практических реализаций и научных исследований в обязательном порядке должна быть указана используемая аппаратура ДЗЗ.

Разные экземпляры аппаратуры ДЗЗ объединяются связями с соответствующими экземплярами класса КА, которые, кроме того, обладают набором дополнительных характеристик (атрибутов).

## Примеры описания тематических задач

В рамках классификатора каждая тематическая задача должна быть описана в сущностях семантической сети классификатора. Описание можно показать на двух примерах.

Первый пример тематической задачи связан с инвентаризацией земель сельскохозяйственного назначения. Тематические работы выполнялись в период с января по февраль 2017 г. на двух тестовых полигонах Родионово-Несветаевского и Егорлыкского районов Ростовской области. Суть работ заключалась в уточнении границ сельскохозяйственных угодий и выявлении состояния и типа землепользования. Под состоянием землепользования понимается текущее состояние использования данных земельных участков: лицензионное или нелицензионное использование, забрасывание. Под типом землепользования понимается тип агрохимических, мелиорационных и организационных мероприятий, применяемых на данном участке.

Второй тематический пример связан с разработкой инженерно-топографического плана территории аэропорта «Богашево» (г. Томск).

Описания данных примеров, сформированные на основе реализованных проектов в той форме, которая необходима для их внесения в информационную систему классификатора, приведены в *табл. 1* (см. с. 25), а их возможное положение в семантической сети классификатора представлено на *рис. 2* (см. с. 26).

## Программная реализация классификатора

Поскольку разрабатываемый классификатор является динамически развиваемой системой, то с учётом современного развития так называемых мобильных и сетевых технологий лучшим решением видится разработка веб-приложения с клиент-серверной архитектурой (Web application, [https://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_application](https://en.wikipedia.org/wiki/Web_application)). Веб-приложение должно обладать следующими функциями и характеристиками:

- управление информацией — добавление, редактирование и удаление тематических задач, отраслей хозяйственной деятельности, элементов природно-техногенной среды и т. д.;
- программный доступ к информации и её представление в доступном для понимания человеком виде;
- авторизованный доступ к функциям управления информацией и его журналирование для последующего анализа;
- доступность и распространённость технологий, применяемых при реализации классификатора, для обеспечения его функционирования и дальнейшего развития.

Клиент-серверная архитектура подразумевает разделение логики и программного кода на серверное и клиентское приложения (*рис. 3*, см. с. 26).



Таблица 1. Примеры внесения тематических задач в классификатор

Название тематической задачи	Описание	Тематический объект (элемент природно-технологической среды)	Коды ОКВЭД и другие отрасли	Тип задачи	Масштаб	Требования к данным ДЗЗ	Технологии обработки данных ДЗЗ	Подтверждение
Инвентаризация земель с.-х. назначения	<ol style="list-style-type: none"> <li>Уточнение границ с.-х. угодий</li> <li>Определение состояния земельпользования</li> <li>Определение типов землепользования</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ур. Антропогенные объекты</li> <li>ур. Антропогенно-биотические объекты</li> <li>ур. Сельское хозяйство</li> <li>ур. Сельскохозяйственные земли</li> </ol>	<p>01.1, 01.2, 01.4, 01.5, 71.12.7, 84.11, 84.13</p>	Определение	Локальный (1:10000), разовое наблюдение	<ol style="list-style-type: none"> <li>Пространственное разрешение (м): 1</li> <li>Тип аппаратуры: оптическая</li> <li>Спектральный диапазон (мкм): 0,43–0,9; 0,43–0,51; 0,51–0,58; 0,6–0,7</li> <li>Радиометрическое разрешение (бит): 8</li> <li>Точность привязки (м): 1</li> <li>Периодичность съёмки: однократно</li> <li>Сезон съёмки: весна, лето</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Привязка</li> <li>Ортогеографическое мирование</li> <li>Паншарпенинг</li> <li>Ручная векторизация объектов</li> <li>Экспертное дешифрирование</li> <li>Добавление атрибутивной информации</li> </ol>	Научно-технический отчет по инвентаризации земель с.-х. назначений
Создание и обновление инженерно-топографических материалов	<p>Обновление топографического плана на территории аэропорта, создание инженерно-топографического плана в масштабе 1:5000</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ур. Антропогенные объекты</li> <li>ур. Антропогенно-абiotические объекты</li> <li>ур. Коммуникационная сеть</li> <li>ур. Транспортная сеть</li> <li>ур. Объекты воздушного транспорта</li> </ol>	<p>52.23.11, 71.12.7, 71.12.14</p>	Определение	Локальный (1:5000), разовое наблюдение	<ol style="list-style-type: none"> <li>Пространственное разрешение (м): 0,5–1</li> <li>Тип аппаратуры: оптическая</li> <li>Спектральный диапазон (мкм): 0,43–0,9; 0,43–0,51; 0,51–0,58; 0,6–0,7</li> <li>Радиометрическое разрешение (бит): 16</li> <li>Точность привязки (м): 0,5–1</li> <li>Периодичность съёмки: однократно</li> <li>Сезон съёмки: весна, лето</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Уточнение географической привязки</li> <li>Ортогеографическое мирование ЦМР по стереопарам</li> <li>Экспертное дешифрирование</li> </ol>	Технический отчет по работе над инженерно-топографическим планом территории аэропорта «Богашёво», г. Томск

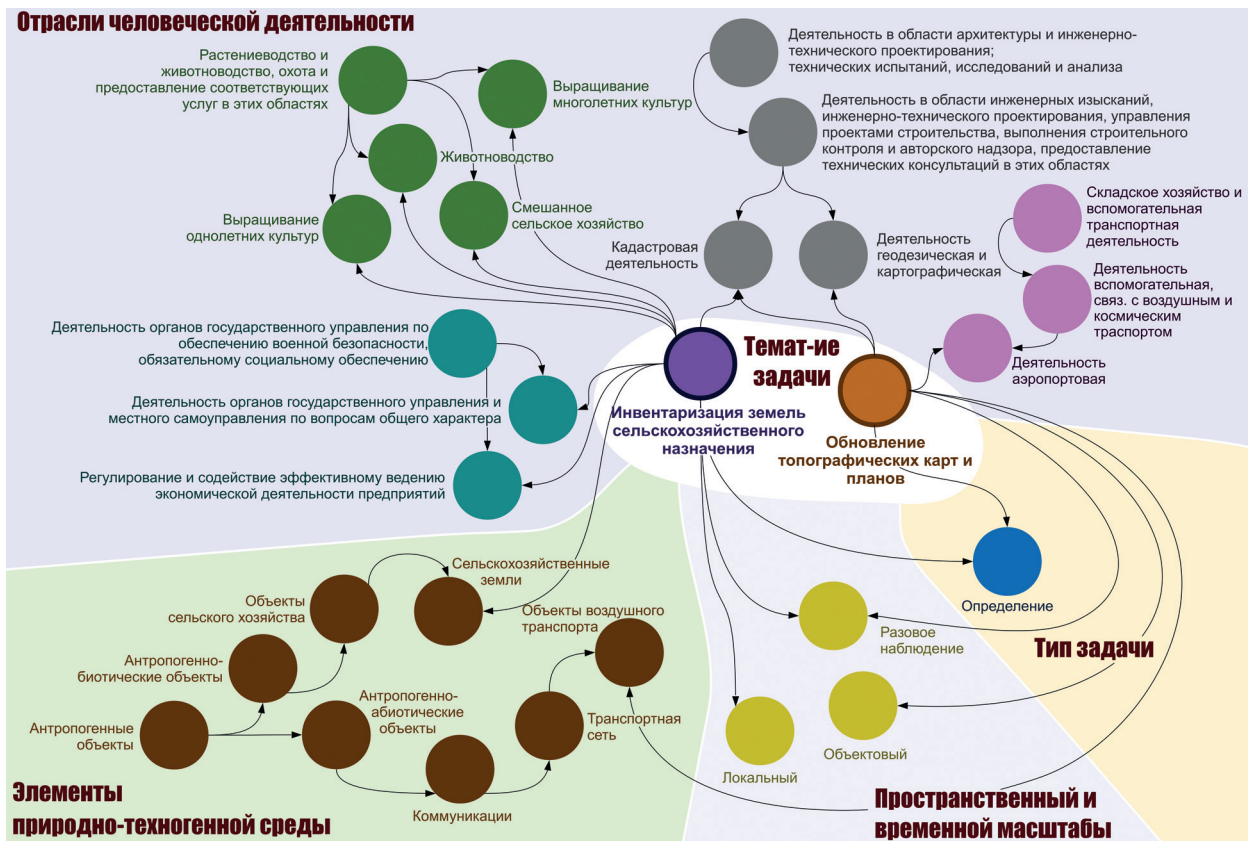


Рис. 2. Положение тематических задач «Инвентаризация земель сельскохозяйственного назначения» и «Обновление топографических карт и планов» в семантической сети классификатора тематических задач

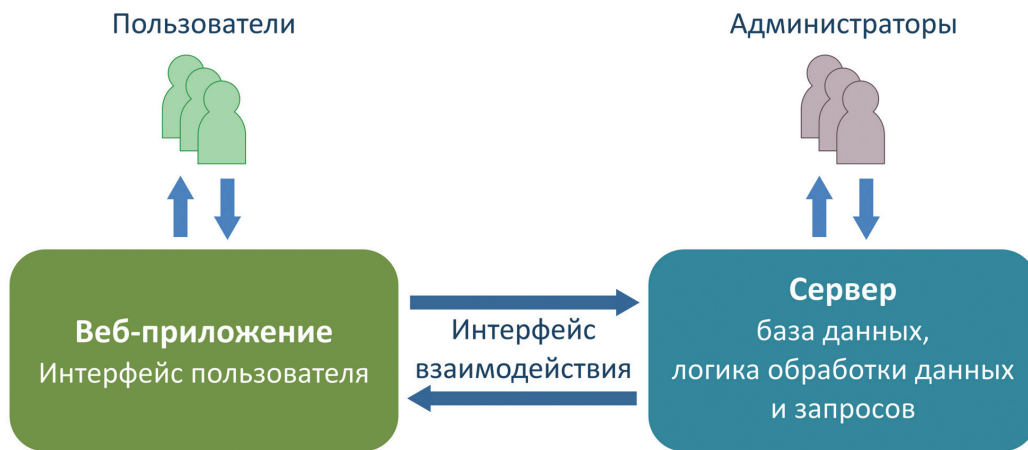


Рис. 3. Структура клиент-серверной сетевой архитектуры

Клиентская часть (front-end) запускается в веб-браузере пользователя и реализуется с использованием стандартных веб-технологий. Веб-клиент обеспечивает взаимодействие с пользователем, включая отображение информации в понятном виде и приём вводимых пользователем данных, т. е. исполняет роль интерфейса. Кроме того, веб-клиент может производить некоторую часть обработки данных.

Серверная часть (back-end) работает на веб-сервере или кластере серверов и может быть реализована с использованием любого из языков программирования соответствующего назначения. Серверное приложение обеспечивает выполнение ключевых функций: хранение и обработка данных, обработка клиентских запросов с учётом разграничения доступа.

Разработка веб-приложения с клиент-серверной архитектурой обладает рядом положительных характеристик:

- независимость от операционной системы пользователя — клиентское приложение работает в веб-браузере, что значительно упрощает разработку под разные платформы;
- единая точка хранения информации — вносимые в классификатор изменения моментально становятся доступными всем пользователям;
- возможность интеграции — разработка публичного программного интерфейса позволит взаимодействовать с классификатором из сторонних приложений и сервисов;
- удобство администрирования и контроля прав доступа пользователей.

База данных — основа классификатора тематических задач. Используемая система управления базами данных (СУБД) должна наилучшим образом обеспечивать хранение данных классификатора, учитывая их специфику. Выбор неправильной СУБД может привести к чрезмерному усложнению структуры базы данных и логики работы с ней, нерациональному расходованию вычислительных ресурсов. Кроме того, выбранная СУБД должна поддерживаться языком программирования, используемым для разработки классификатора.

Учитывая структуру данных классификатора тематических задач, лучшим вариантом СУБД представляется мультимодельная NoSQL система, способная обеспечить хранение объектов классификатора в виде документов с нефиксированным набором атрибутов (документо-ориентированный подход), связанных различными типами связей (хранилище на основе графов).

## Разработчик классификатора

Важным вопросом, который неизбежно возникает при практической реализации классификатора тематических задач, является детализация функционала структуры, в зону ответственности которой входит поддержание разрабатываемой информационной системы в рабочем состоянии. Условно такую структуру можно определить как «межведомственный системный модератор» (МСМ), к основным функциям которого относятся:

- разработка логической структуры классификатора, включая разработку и согласование регламента и основных положений его функционирования;
- разработка и реализация программно-аппаратного обеспечения для функционирования системы классификатора, включая размещение интерфейса в Интернете в открытом доступе;
- проведение организационной и методической работы со всеми заинтересованными пользователями системы — представителями конечных потребителей, разработчиками технологий и операторами КА;
- обеспечение экспертной оценки предлагаемых тематических продуктов, технологий и результатов их практической апробации;
- обеспечение обновления классификатора по мере появления новых видов ЦА, новых технологий и расширения круга пользователей;
- проведение аналитики результатов работы классификатора с выработкой рекомендаций по улучшению его работы.

Организационная структура и ведомственная принадлежность подобного МСМ являются предметом дальнейших обсуждений, но не играют решающей роли при условии обеспечения открытости архитектуры классификатора — равного и недискриминационного доступа всех категорий пользователей к функциональным возможностям и информационному наполнению базы данных о существующих технологиях и информационных продуктах ДЗЗ.

## Выводы

1. В результате исследования предложен новый подход к созданию классификатора тематических задач в виде многомерной матрицы, основными параметрами которой являются: отрасли человеческой деятельности; элементы природно-техногенной среды; тип задачи и её масштаб (пространственный и временной). Данная структура позволяет комбинированно использовать преимущества объектно-ориентированного и отраслевого подходов, применявшихся ранее.
2. Организация классификатора в виде матрицы тематических задач имеет ряд преимуществ:
  - универсальная систематизация существующего разнообразия тематических задач, решаемых с использованием данных ДЗЗ;
  - полный перечень тематических задач по всем видам деятельности;
  - возможность масштабирования и расширения классификатора по всем направлениям;
  - устранение неоднозначности при попадании задачи в несколько разделов;
  - удобная и интуитивно понятная система поиска интересующих пользователя задач и определения требований к необходимым данным ДЗЗ.
3. В рамках разрабатываемого классификатора на основе анализа нормативных документов (Концепция..., 2006; Общероссийский классификатор..., 2014) предложено использовать ограниченный перечень из 15 основных тематических направлений, для каждого из которых может быть сформирован расширенный состав задач, решаемых с использованием данных ДЗЗ.
4. Система элементов природно-техногенной среды данного классификатора представляет собой иерархическую четырёхуровневую структуру, где первый уровень отображает основные компоненты географической оболочки Земли; второй — степень антропогенных изменений объектов; третий — тип использования объектов человеком; четвёртый — конкретные особенности объектов с точки зрения решения тематических задач с использованием материалов ДЗЗ.
5. Всё множество тематических задач, решаемых с использованием данных ДЗЗ, можно описать с использованием трёх основных параметров: тип задачи (фиксирование, определение, контроль, оценка, моделирование/прогноз, планирование); территориальный уровень; периодичность. Дополнительными параметрами являются временные рамки и сезонность.
6. Платформа классификатора, благодаря открытой и гибкой архитектуре, может использоваться как информационная площадка для поставщиков исходных данных ДЗЗ, разработчиков технологических решений (в том числе, информационных продуктов с использованием данных ДЗЗ) и тематических конечных потребителей. В данном аспекте классификатор способен выполнять важную функцию проводника обратной связи в виде трансляции всего многообразия требований и пожеланий от потребителей к разработчикам и операторам КА. Обратная связь может быть выражена как в результатах практической проверки имеющихся данных и технологий их обработки, так и в формате требований к исходным данным на основе имеющегося опыта использования наилучших аналогов.

## Литература

1. Борисов А. В., Емельянов А. А., Емельянова В. Г. Матрица целевых задач как информационная основа для определения перспективных направлений развития индустрии дистанционного зондирования Земли // Космонавтика и ракетостроение. 2013. № 4(73). С. 61–68.
2. Загоруйко А. Ю., Загоруйко Г. Б. Онтологии и их практическое применение в системах, основанных на знаниях // Материалы Всерос. конф. с международным участием «Знания – Онтологии –



- Теории» (ЗОНТ-11). Новосибирск: Ин-т математики им. С. Л. Соболева СО РАН, 2011. Т. 1. С. 132–141.
3. Классификатор тематических задач оценки природных ресурсов и окружающей среды, решаемых с использованием материалов дистанционного зондирования земли. Редакция 7. Иркутск: ООО «Байкальский центр», Группа компаний «СКАНЭКС», 2008. 80 с.
  4. Концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года. М.: Федеральное космическое агентство, 2006. С. 72.
  5. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2) (ОКВЭД 2). Приказ Росстандарта N 14-ст от 31.01.2014 (ред. от 21.12.2017).
  6. Liu P. A survey of remote-sensing big data // *Frontiers in Environmental Science*. 2015. V. 3. P. 45.

## Principles of development and structure of a multi-purpose classifier for thematic applications of remote sensing data

O. V. Kushnyr, O. S. Sizov, P. R. Tsymbarovich, V. D. Slavko

*JSC “Russian space systems”, Moscow 127490, Russia*  
*E-mail: sizov\_os@ntsomz.ru*

The relevance of the topic is determined by the necessity to generalize and systematize the list of thematic applications of remote sensing data in the conditions of the growing information flow from the Earth remote sensing constellations. The article describes the work aimed at the development of the structure of *multi-purpose* classifier of thematic applications that corresponds to the principles of adaptability, inclusiveness, and meets the requirements of the widest possible range of users and developers in the field of remote sensing. To achieve the goal, approaches and methods used in existing classifiers were analyzed, as well as the principal requirements put forward to the classifier by specific groups of users. As a result of the work, the choice of the object-oriented approach to the classification system was substantiated, the main parameters of the thematic applications were defined and classification systems for each of them were developed, basic requirements to the classifier functioning and its software implementation in the form of a client-server web application are described. The results of the work will be used in the development of a software implementation of the *multi-purpose* classifier for thematic applications of remote sensing data. The materials of the article can be useful in the development of *multi-purpose* classifiers for technologies that are not related to remote sensing.

**Keywords:** remote sensing, classifier, thematic applications, requirements, human activity branch, elements of environment, object-oriented approach

Accepted: 07.02.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-3-39-52

## References

1. Borisov A. V., Emel'yanov A. A., Emel'yanova V. G., *Matritsa tselevykh zadach kak informatsionnaya osnova dlya opredeleniya perspektivnykh napravlenii razvitiya industrii distantsionnogo zondirovaniya Zemli (Matrix of Target Tasks as an Information Basis for the Determination of the Promising Trends of Remote Earth Sensing Industry Development)*, *Kosmonavtika i raketostroenie*, 2013, No. 4 (73), pp. 61–68.
2. Zagorul'ko A. Yu., Zagorul'ko G. B., *Ontologii i ikh prakticheskoe primeneniye v sistemakh, osnovannykh na znaniyakh (Ontologies and their practical application in systems based on knowledge)*, *Znaniya – Ontologii – Teorii (ZONT-11) (Knowledges – Ontologies – Theories)*, Proc. All-Russian Conference with International Participation, Novosibirsk: Sobolev Institute of Mathematics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2011, Vol. 1, pp. 132–141.
3. *Klassifikator tematicheskikh zadach otsenki prirodnnykh resursov i okruzhayushchei sredy, reshaemykh s ispol'zovaniem materialov distantsionnogo zondirovaniya zemli. Redaktsiya 7 (Classifier of Thematic Objectives*

- of Assessing the Environment and its Resources Solved Using the Earth Remote Sensing. Revision 7), Irkutsk: Ltd "Baikal Center", Company Group "SCANEX", 2008, 80 p.
4. *Kontsepsiya razvitiya rossiiskoi kosmicheskoi sistemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli na period do 2025 goda* (The concept of development of the Russian space system for the Earth remote sensing for the period up to 2025), Moscow: Roscosmos, 2006, p. 72.
  5. *Russian Federal Agency on Technical Regulating and Metrology: Order No. 14-st*, Date 31.01.2014 (Rev. 21.12.2017).
  6. Liu P., A survey of remote-sensing big data, *Front. Environ. Sci.*, 2015, Vol. 3, p. 45.