

## Инструментальные компоненты цифровой платформы экологического мониторинга Байкальской природной территории

И. В. Бычков, Р. К. Федоров, Е. С. Фереферов\*

Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, 664033, Иркутск, Россия

\*Контактный автор: Фереферов Евгений Сергеевич, e-mail: fereferov@icc.ru

Поступила 10 октября 2023 г., принята в печать 17 октября 2023 г.

Статья посвящена проблемам взаимодействия сервисов, создаваемых разными разработчиками при формировании информационно-аналитических систем поддержки научных исследований. Для унификации параметров вычислительных сервисов предложены требования и рекомендации к создаваемым сервисам. Рассмотрены компоненты разработанной авторами цифровой платформы экологического мониторинга Байкальской природной территории, обеспечивающие алгоритмизированное взаимодействие всех участников исследований на основе композиций сервисов.

*Ключевые слова:* цифровая платформа, сервисы, компоненты, метаданные, экологический мониторинг.

*Цитирование:* Бычков И.В., Федоров Р.К., Фереферов Е.С. Инструментальные компоненты цифровой платформы экологического мониторинга Байкальской природной территории. Вычислительные технологии. 2023; 28(6):95–107. DOI:10.25743/ICT.2023.28.6.009.

### Введение

Для реализации цифрового экологического мониторинга Байкальской природной территории (БПТ) в ИДСТУ СО РАН разрабатывается цифровая платформа (ЦП) [1], которая объединяет исследователей научных институтов, сотрудников ведомственных организаций и обеспечивает им поддержку комплексного анализа мониторинговых данных, прогнозирования и выработки рекомендаций по сохранению оз. Байкал и прилегающих территорий. Современные подходы к созданию цифровых платформ [2, 3], как правило, базируются на использовании сервис-ориентированной архитектуры (СОА, англ. service-oriented architecture, SOA) [4]. Данная архитектура позволяет реализовать единую информационную среду, поддерживающую алгоритмизированные взаимовыгодные взаимоотношения значимого количества независимых участников какого-либо процесса (например, экологический мониторинг). В рамках СОА каждый участник предоставляет результаты своей деятельности в виде сервисов, что позволяет мгновенно получать доступ к данным и методам обработки без необходимости согласования. Сервис-ориентированная архитектура значительно ускоряет проведение исследований. Для унификации сервисов в цифровой платформе используется разрабатываемый Open

Geospatial Consortium стандарт Web Processing Service (WPS) [5], регламентирующий протокол вызова сервиса и обмен метаданными. Одной из ключевых сущностей СОА является композиция сервисов [6], задающая вычислительный процесс, в котором участвуют сервисы различных коллективов, с использованием управляющих конструкций, таких как последовательность, ветвление и циклы. Соответственно интеграция работы различных коллективов для решения сложных задач на основе цифровой платформы приводит к созданию разнообразных композиций сервисов. Цифровая платформа обеспечивает разработку и применение композиций сервисов, что повышает уровень автоматизации решения задач, начиная от ввода данных и заканчивая публикацией результатов.

В то же время создание композиций сервисов является нетривиальной задачей [7]. Часто потенциально возможное взаимодействие двух сервисов не реализуемо, например, из-за того, что структуры данных и форматы входных и выходных данных, используемые справочники различаются. Поэтому для формирования композиций сервисов требуется унификация входных и выходных параметров. В СОА любой сервис, который невозможно скомбинировать с другими, становится практически бесполезным. При создании сервиса важно учитывать возможность взаимодействия с другими сервисами. Проблема унификации входных и выходных параметров достаточно сложна и может быть частично решена за счет формирования требований к разрабатываемым сервисам и предоставления в рамках платформы инструментария для их создания.

## 1. Предлагаемый подход к унификации параметров сервисов

Сегодня активно создаются информационные системы, предоставляющие пользователям различные методы анализа данных [8, 9], как правило в браузере. Несмотря на то что эти методы имеют программные интерфейсы, через которые браузер их выполняет, создать композицию сервисов с ними сложно. Для унификации параметров вычислительных сервисов необходимо придерживаться следующих требований и рекомендаций:

- 1) поддержка стандарта WPS (web processing service), который обеспечивает использование пространственных данных и длительное выполнение сервиса;
- 2) предоставление метаданных сервиса. Для этого выполняют регистрацию сервиса в каталоге, где сохраняются все метаданные, необходимые для его применения (адрес, параметры, типы данных, описание и т. д.);
- 3) разбиение сложного сервиса на ряд атомарных (т. е. которые нельзя разделить на более мелкие сервисы), что позволяет использовать их по отдельности, увеличивает количество возможных композиций сервисов и количество решаемых задач;
- 4) разработка сервисов с применением устоявшихся структур данных.

Заставить независимых участников цифровой платформы разрабатывать свои сервисы по строгим правилам достаточно сложно. Чтобы заинтересовать разработчиков, предлагается ряд преимуществ, которые они получают при соблюдении требований к реализации сервисов:

- использование вычислительных мощностей;
- публикация метаданных в едином реестре, что повышает востребованность сервиса участниками платформы;
- возможность использования сервисов других участников;
- возможность использования накопленных другими участниками ЦП данных, в том числе данных дистанционного зондирования Земли.

Практически любой вычислительный эксперимент начинается со сбора данных. Обычно данные хранятся на локальных компьютерах пользователей и передаются вычислительным сервисам с участием человека, что значительно замедляет решение задач. Для автоматического предоставления данных другими участниками ЦП в рамках СОА должны быть реализованы специальные сервисы. Создание таких сервисов включает определение схемы, разработку API, импорт данных, пользовательский ввод и т. д. Для унификации взаимодействия сервисов предлагаются следующие требования к предоставлению данных:

- 1) постоянный программный доступ к данным в сети Интернет с регламентацией доступа;
- 2) предоставление метаданных, описывающих точку доступа, схему данных, единицы измерения и т. д. Эта информация необходима для поиска сервисов и определения соответствия между входными и выходными параметрами сервисов;
- 3) реализации жизненного цикла данных. Необходимо реализовать возможность создания новых данных и соответствующих сервисов как пользователям, так и программным системам. Промежуточные и конечные результаты работы сервисов часто необходимо сохранять, что может потребовать создания дополнительных сервисов. Требуется также возможность удаления данных и сервисов, реализация редактирования данных пользователями. Создание новых сервисов должно основываться на использовании уже устоявшихся для предметных областей схем данных;
- 4) публичный API для программной модификации данных;
- 5) поддержка пространственных данных.

Сервисы предоставления данных используются для решения многих задач. Поэтому программные интерфейсы и протоколы взаимодействия, используемые структуры данных оказывают значительное влияние на разработку всех остальных сервисов. Особенно важно создавать сервисы предоставления для базовых пространственных данных. В большинстве случаев сервисы предоставления и публикации данных реализуют один и тот же набор функций, в которых различаются только структуры данных. Поэтому разработка инструментальных компонентов ЦП, создающих сервисы предоставления и публикации данных, позволит унифицировать параметры и упростить создание композиций сервисов.

## **2. Компоненты цифровой платформы экологического мониторинга**

В рамках проекта “Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории” разработан ряд компонентов, поддерживающих алгоритмизированное взаимодействие участников платформы и обеспечивающих построение композиций сервисов.

### **2.1. Каталог данных и структурных спецификаций**

При большом количестве сервисов, используемых для решения различных задач, возникает проблема обнаружения и повторного их использования. Одним из способов решения этой проблемы является использование каталога сервисов [10]. Каталог реализует такие функции, как регистрация и поиск сервисов данных, редактирование ключевых слов.

Разработанный в рамках проекта каталог создан с помощью фабрики сервисов ввода и редактирования пространственных данных, предоставляет программный и пользовательский интерфейс. Для каждого сервиса в каталоге хранятся метаданные в соответствии с ядром Dublin Core [11] и модель данных в виде структурной спецификации, необходимые для использования сервисов. Ключевые слова, которые входят в ядро метаданных, используются для поиска сервисов пользователем (рис. 1).

## 2.2. Фабрика сервисов ввода и редактирования реляционных данных

Фабрика сервисов ввода и редактирования реляционных данных предназначена для создания таблиц и сервисов работы с ними. Создаваемые сервисы обеспечивают пользовательский интерфейс для ввода и редактирования разных по структуре пользовательских таблиц (CRUD) с поддержкой сложных типов данных, встречающихся в исследованиях (многоуровневые справочники, древовидные структуры). С помощью реляционных таблиц ведется сбор множества данных цифрового мониторинга БПТ. Они также часто используются в качестве входных данных вычислительных сервисов. Реляционные таблицы характеризуются схемой данных, т. е. набором атрибутов, их типов и связей. Часто разные коллективы исследователей ведут сбор подобных данных, но при этом используют разные схемы. Схемы этих данных могут не соответствовать схемам входных параметров вычислительных сервисов. В результате данные пользователей невозможно передать вычислительному сервису без конвертации. Конвертация — достаточно сложный процесс, часто требующий ручного труда, например, из-за различий в атрибутах, используемых справочников и т. д. Значительно проще изначально собирать данные в рамках определенной схемы, чем проводить потом их конвертацию. Публикация схем данных в каталоге данных и структурных спецификаций позволяет унифицировать создание сервисов ввода данных и сервисов обработки.

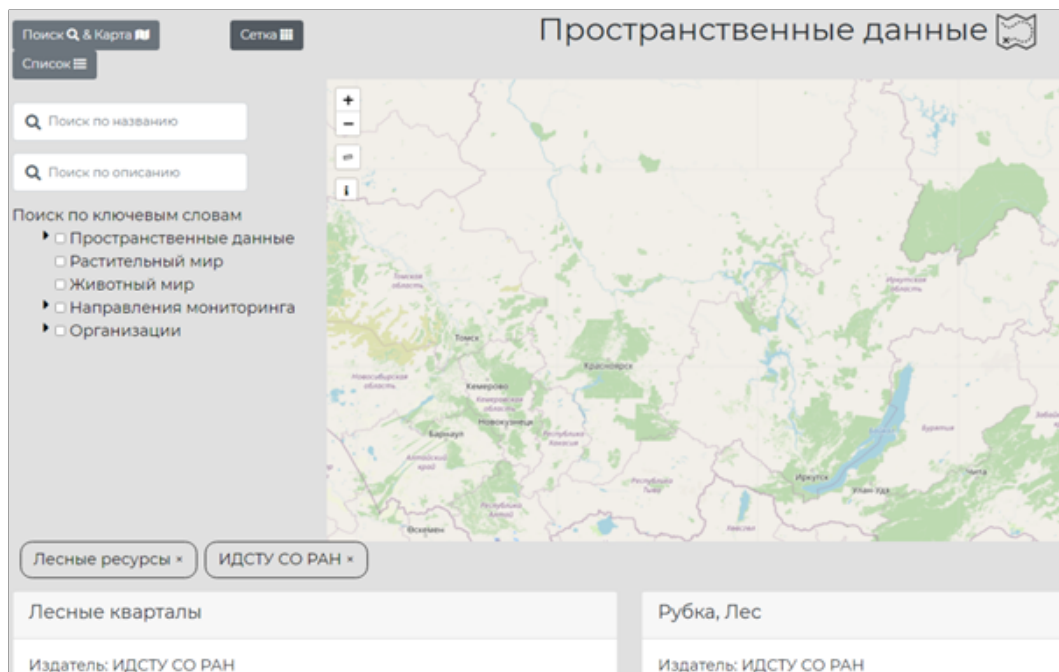


Рис. 1. Пример поиска сервисов данных по двум ключевым словам

Fig. 1. An example of searching for data services using two keywords

Создаваемые с помощью фабрики сервисы предоставляют программный интерфейс для обеспечения композиции с другими сервисами. Это дает возможность интегрировать данные сервисов в информационную среду. Процесс создания сервисов автоматизирован, чтобы программно публиковать результаты вычислений, в том числе в виде таблиц.

Работа сервисов основывается на модели данных. Модели данных определяют структуры реляционных таблиц, связей, способов ввода данных и т. д. Модели данных упорядочены в виде иерархий, на основе которых реализуются механизмы наследования и полиморфизма в терминах объектно-ориентированного подхода. Применение модели данных позволяет:

- 1) создавать таблицы, применяя готовые наборы атрибутов, что унифицирует разные наборы данных по структуре;
- 2) обобщать различные по структуре пользовательские таблицы, содержащие общую модель и унаследованные от нее другие модели;
- 3) создавать WPS-сервисы не к конкретным таблицам, а к моделям, т. е. применять их к любым таблицам, созданным по данной модели;
- 4) проводить анализ и создавать отчеты по пользовательским таблицам, созданным на основе общей модели.

Значительная часть данных, собираемых в рамках ЦП экологического мониторинга, является пространственно привязанной. Создаваемые сервисы позволяют работать с пространственными атрибутами: вводить, отображать на карте, выполнять пространственные операции и т. д. Большинство сервисов обработки пространственных данных поддерживают стандарт WPS. Реализована поддержка этого стандарта создаваемыми сервисами, что значительно повышает их интероперабельность, возможность создания композиций сервисов.

Существующие CRUD-системы, как правило, реализуют работу в один момент времени только с одной записью таблицы. В то же время многие сущности могут быть представлены в реляционной базе данных в нормализованном виде с помощью множества записей, находящихся в разных отношениях. Например, образец гербария представляет дерево записей, где в корне информация о месте, времени находки, а ветками являются виды растений, которые были найдены на этом месте. Информацию о таких сущностях удобнее для пользователя отображать и редактировать на одной форме (рис. 2). Далее такие сущности будем называть документами. Поэтому в создаваемых сервисах CRUD-операции выполняются не на уровне записи, а на уровне документа. На программном уровне редактирование документа проводится в рамках одной транзакции, что позволяет улучшить контроль корректности и непротиворечивости данных.

Сервисы ввода и редактирования данных в качестве справочников могут использовать базовые пространственные данные (БПД). В основе базовых пространственных данных лежат готовые наборы цифровых данных. Основным назначением БПД является пространственная привязка различных тематических данных. Соответственно, обеспечивается их использование для создания новых данных, связывания с существующими данными и проведения анализа. В рамках среды созданы слои БПД, соответствующих уровням управления территориями в Российской Федерации: федеральными округами, регионами, районами.

Для связывания нового сервиса данных с таблицей-справочником, содержащим БПД, применяется специально разработанный элемент управления, который позволяет использовать различные ее атрибуты, в том числе пространственные. При использовании

ID	barcode	binom	scientificname	alien	Местонахождение	Местообитание	Дата сбора	Коллектор	Дата опред	Д
48638		Thermopsis lanceolata subsp. sibirica (Czeffr.) Kurbatsky	Thermopsis lanceolata subsp. sibirica (Czeffr.) Kurbatsky		Монголия, правый берег р. Эгийн-гол, в 7 км южнее д. Алаг-Эрдене. Абсолютная высота 1529 м.	Берег реки.	03.07.2017	В.В. Мурашко, А.А. Белимов	24.12.2017	Д
48587		Lupinaster pentaphyllus Moench	Trifolium lupinaster L.		Монголия, правый берег р. Эгийн-гол, в 8 км южнее д. Алаг-Эрдене.	Луговое сообщество на берегу реки.	03.07.2017	В.В. Мурашко, А.А. Белимов	25.12.2017	Д

Рис. 2. Пример редактирования данных на форме и в ячейке таблицы  
 Fig. 2. An example of editing data on a form and in a table cell

пространственных атрибутов на карту автоматически добавляется слой, для которого можно применить различные стили с учетом значений атрибутов. Базовые пространственные данные могут использоваться для анализа данных. В рамках сервисов реализованы фильтрация и группировка данных с использованием административного деления.

### 2.3. Фабрика сервисов отображения пространственных данных

Компонент “Фабрика сервисов отображения пространственных данных” (рис. 3) обеспечивает создание WMS-сервиса (web map service) [12] (рис. 4). На вход компонента можно подать растровый файл в формате GeoTIFF или таблицу, созданную с помощью сервисов ввода и редактирования данных, и стили отображения карты. Выделение стилей отображения в отдельный параметр позволяет использовать один и тот же стиль отображения для разных данных. Mapserver осуществляет на стороне сервера генерацию изображений слоев карт в соответствии со стандартом WMS. Для Mapserver используется отдельный вычислительный узел из-за необходимости использования 80-го порта. Многие организации блокируют доступ к остальным портам. MapCache производит кэширование и обеспечивает скоростной доступ к картам.

Формирование легенды производится в браузере с помощью специального редактора стилей (рис. 5). Легенда формируется для каждого слоя отдельно и хранится в формате JSON. Формат хранения стилей SLD поддерживается только частично в связи с низкой

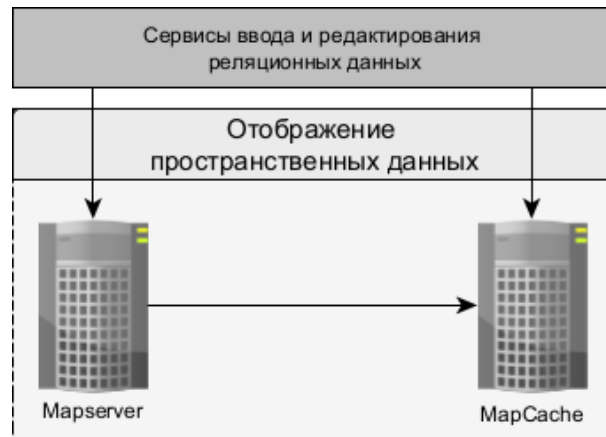


Рис. 3. Структура компонента фабрики отображения пространственных данных  
 Fig. 3. Structure of the spatial data for a component of the displaying content

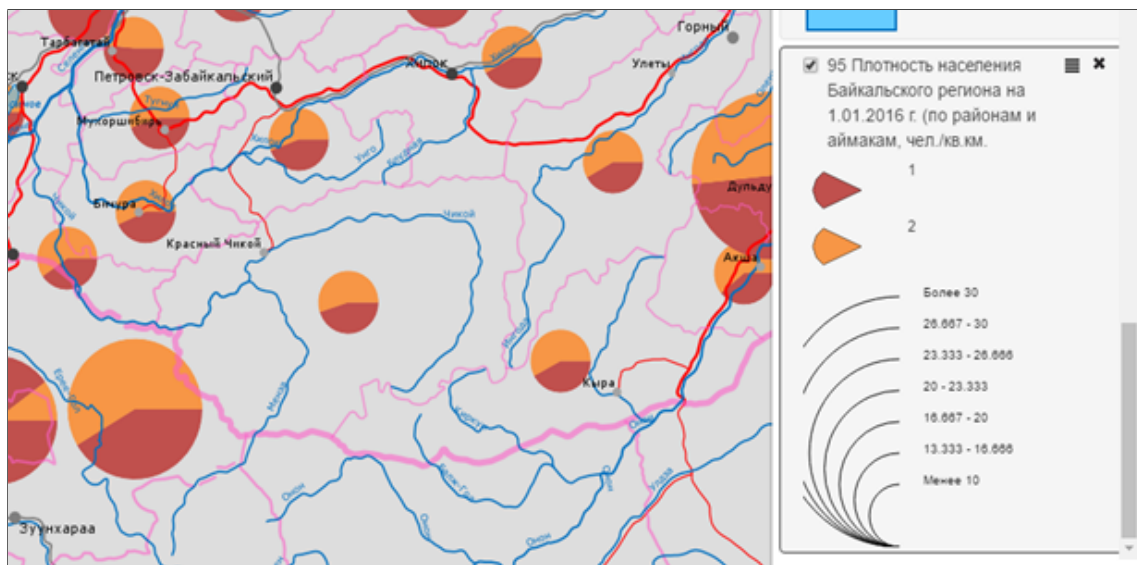


Рис. 4. Создание WMS-сервиса  
 Fig. 4. Creating a WMS service

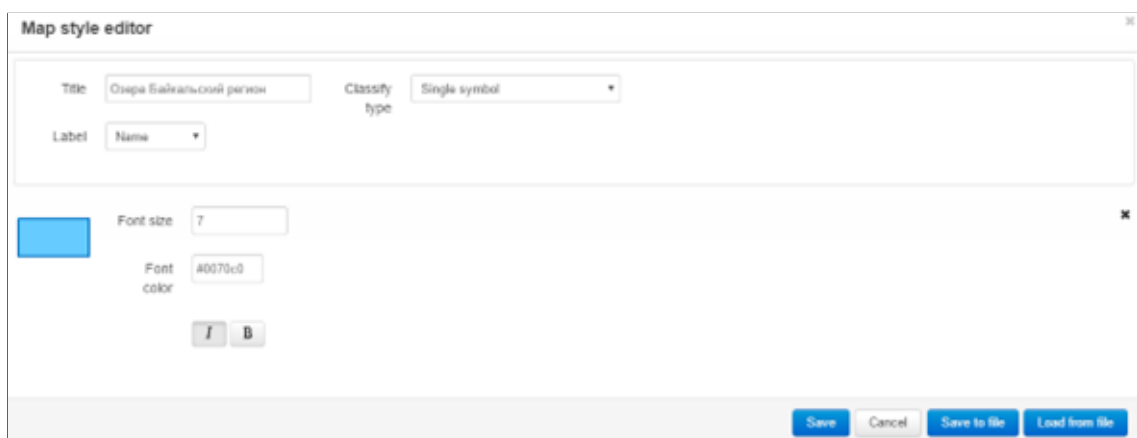


Рис. 5. Редактор стилей отображения слоев  
 Fig. 5. Layer display style editor

скоростью отображения карт при его использовании. В соответствии со стандартом WMS стили указываются в виде ссылки в URL-адресе. Поэтому Mapserver должен для каждого тайла (фрагмента карты) выполнить его загрузку на сервер, что значительно увеличивает время отрисовки слоя. Для отображения слоев с помощью Mapserver стили в формате JSON конвертируются в файл настроек карты (map-файл).

Компонент “Фабрика сервисов отображения пространственных данных” автоматизирует и упрощает создание сервисов, позволяя вывести результаты расчетов на карту.

#### 2.4. Фабрика сервисов отображения диаграмм и графиков

Фабрика предназначена для создания сервисов отображения графиков на основе реляционных данных, предоставляемых сервисами ввода и редактирования. В результате работы сервиса формируется ресурс с графиком, доступный по ссылке. Сервис имеет программный интерфейс, включенный в каталог сервисов. Программный интерфейс разработан таким образом, чтобы можно было создавать однотипные графики для разных данных. Например, диаграмма отображения частоты событий по годам может создаваться для данных регистрации укусов клещей или находок инвазивных растений. Способ отображения данных задается специальной моделью. Данные и модель отображения графика передаются сервису по разным параметрам, что позволяет для одной модели использовать разные данные или для одной таблицы разные способы отображения данных. Для создания модели отображения данных разработан редактор (рис. 6).

Поддерживаются пять видов диаграмм: линейный, столбчатый, временной ряд, круговой, XY-зависимость.

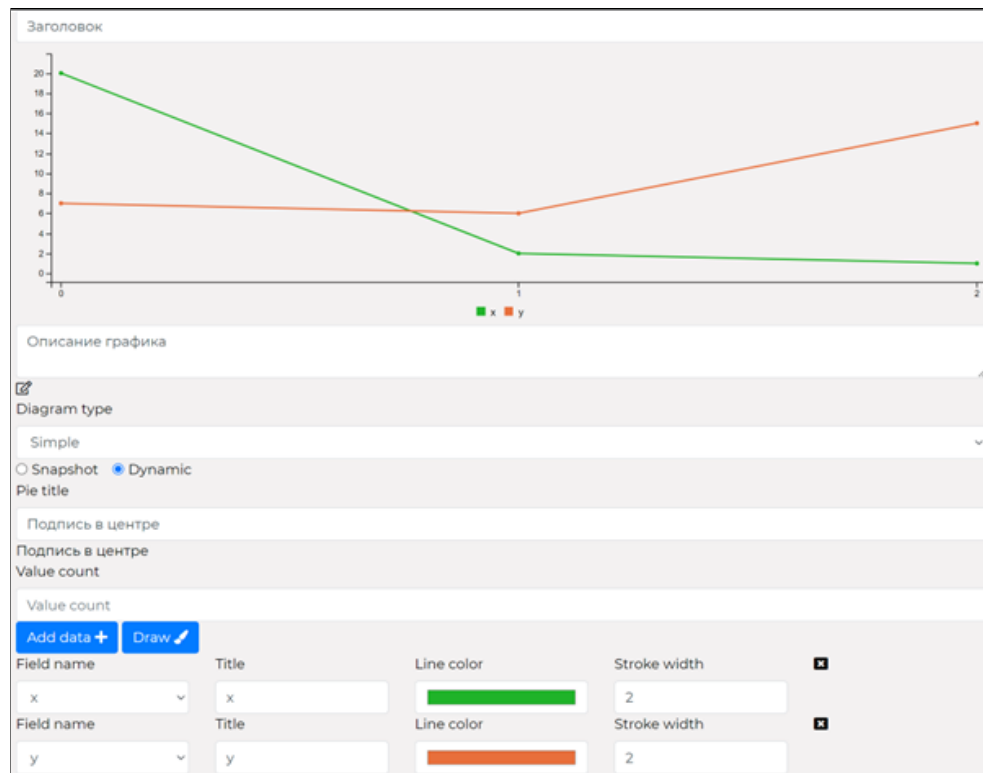


Рис. 6. Редактор модели графика

Fig. 6. Chart model editor





Рис. 7. Круговая диаграмма распределения регистрации укусов клещей по годам  
Fig. 7. Pie chart of the distribution of registrations of tick bites by year

В модели указываются вид графика, стили отображения, способ загрузки данных. Данные могут загружаться динамически в момент отрисовки графика, либо данные являются статичными и сохраняются в момент создания графика. Для динамически загружаемых данных в момент отображения пользователь должен иметь доступ к данным таблицы.

В качестве примера использования фабрики можно привести таблицу регистрации укусов иксодовых клещей. Для представленных данных создана диаграмма (рис. 7), отображающая распределение регистрации укусов клещей по годам. Первоначально данные в таблице сгруппированы, отфильтрованы и переданы в редактор модели.

## 2.5. Сервис импорта реляционных данных

Сервис предназначен для импорта реляционных данных из файлов различных форматов, поддерживаемых библиотекой GDAL/OGR [13]. Кроме того, поддерживаются данные в широко распространенном формате CSV. Данные приводятся к определенной модели, и выполняется их нормализация к существующим справочникам. В случае формата CSV модуль производит разбор текстового файла в формате CSV, извлекает названия атрибутов и данные. Можно указать кодировку импортируемых данных и используемый разделитель. Далее необходимо сопоставить атрибуты результирующей и импортируемой таблиц. В процессе загрузки можно обработать импортируемые значения. Для этого пользователь должен выбрать функцию конвертации данных для каждого атрибута. На текущий момент реализованы следующие функции:

- Copy — производит копирование без обработки значения из указанного атрибута импортируемой таблицы в атрибут результирующей таблицы. Если атрибут результирующей таблицы является ссылкой на таблицу-справочник, то производится поиск соответствующего значения и берется значение первичного ключа;
- CopyDate — выполняет конвертацию даты из текстового формата в формат базы данных. Производится распознавание используемого формата даты импортируемого атрибута. Если формат не распознался, то пользователь может указать его вручную;
- CopyValue — используется для того, чтобы при загрузке указанному атрибуту всех импортируемых записей было присвоено значение “константа”;
- CopyPoint — используется для определения атрибута типа “точка” (геокодирование). На входе метода указывается два атрибута, содержащие широту и долготу точки;
- Geocoding — производит геокодирование адреса, т.е. определение координат точечного объекта по адресу на основе сервиса OSM [14].

Для всех значений производится удаление пробелов в начале и конце строки. Числовые значения проверяются на разделитель целой и дробной части. В запросах геокодирования и к базам данных производится кэширование значений для ускорения работы модуля. Сервис позволяет перестроить структуру таблицы, провести нормализацию данных под требования другого сервиса.

## 2.6. Сравнение программного обеспечения, используемого для сбора научных данных

Проведено качественное сравнение возможностей разработанных компонентов ЦП с 19 программными системами, которые активно используются исследователями для сбора научных данных в реляционном виде. Результаты сравнения программного обеспечения представлены в таблице. Отметим, что ни одно программное обеспечение, кроме раз-

Возможности программного обеспечения сбора научных данных  
Capabilities of the scientific data collection software

Программное обеспечение	Критерии оценки				
	Поддержка метаданных	Редактирование пользователями	Предоставление API	Поддержка пространственных данных	Автоматизированное создание сервисов
Википедия	+	+	+	+	–
eBird	+	+	+	+	–
OpenStreetMap	+	+	+	+	–
Плантариум	–	+	–	+	–
GBIF	+	–	–	+	–
Species2000	+	+	+	+	–
ИС Зоологического института	–	–	–	–	–
ИС “Особо охраняемые природные территории России”	–	+	–	–	–
ИС “Биоразнообразие животного и растительного мира Сибири”	+	+	+	–	–
БД “Флора Байкальской Сибири”	–	–	Частичная поддержка	–	–
meteoservice.ru	–	–	« «	+	–
openweathermap.org	–	–	« «	+	–
worldweatheronline.com	–	–	« «	+	–
accuweather.org	–	–	« «	+	–
Rows	+	+	–	–	–
Таблицы Google	–	+	–	–	–
NextGIS	+	+	+	+	–
Geoserver	+	+	+	+	–
Dina	+	+	+	+	–
Инструментальные компоненты	+	+	+	+	+

работанного авторами, не удовлетворяет сформулированным требованиям реализации композиции сервисов.

## Заключение

Разработанные инфраструктурные компоненты цифровой платформы позволили создать ряд сервисов, обеспечивающих алгоритмизированное взаимодействие участников цифровой платформы на основе композиций сервисов. Предложенный подход позволил частично решить проблему унификации сервисов по типам и форматам входных и выходных данных и используемым справочникам.

Комплекс программных компонентов активно используется на практике. Созданы более 200 сервисов данных, более 40 сервисов обработки данных. Развернуты пять различных геопорталов, ориентированных на различные предметные области и коллективы. На основе созданных сервисов сформированы композиции сервисов, объединяющие сервисы данных, сервисы обработки и публикации.

Созданная цифровая платформа экологического мониторинга БПТ является средой для накопления, обмена и управления данными в структурированном виде, а также она обеспечивает вызов аналитических функций с подключенными к ней через технологические интерфейсы сервисами участников цифровой экосистемы (участников мониторинга).

**Благодарности.** Исследование проведено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, грант № 075-15-2020-787 на выполнение крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технологического развития (проект “Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории”).

## Список литературы

- [1] **Бычков И.В., Гладкочуб Д.П., Ружников Г.М.** Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории. Новосибирск: Издательство СО РАН; 2022: 345. DOI:10.53954/9785604788943.
- [2] **De Reuver M., Sørensen C., Basole R.C.** The digital platform: a research agenda. *Journal of Information Technology*. 2018; 33(2):124–135. DOI:10.1057/s41265-016-0033-3.
- [3] **Osipov Yu.M., Yudina T.N., Geliskhanov I.Z.** Digital platform as an institution of the era of technological breakthrough. *Economic Strategies*. 2018; 5(155):22–29.
- [4] **Bih J.** Service oriented architecture (SOA) a new paradigm to implement dynamic e-business solutions. *Ubiquity*. 2006; (4):1–17.
- [5] **Schut P.** OpenGIS® Web Processing Service. Open Geospatial Consortium. 2007; (4):1–3.
- [6] **Edmond D., ter Hofstede A.** Service composition for electronic commerce. *Proceedings of the Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS-2000)*. Hong Kong; 2000: 20.
- [7] **Zhi-Wei H., Cheng-Zhi Q., A-Xing Z., Peng L., Yi-Jie W., Yun-Qiang Z.** From manual to intelligent: a review of input data preparation methods for geographic modeling. *International Journal of Geo-Information*. 2019; 8(9):376. DOI:10.3390/ijgi8090376.
- [8] **Malimonov M.I., Yakubailik O.E.** Cloud-based software tools for the rapid development of web GIS. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021; (3006):172–179.

- [9] **Braginskaya L., Grigoruk A., Kovalevsky V., Latyntseva T.** Scientific internet resource for the geophysical research support. Proceedings 17th International Asian School-Seminar “Optimization Problems of Complex Systems” (OPCS 2021). 2021: 13–17.
- [10] **Garofalakis J., Panagis Y., Sakkopoulos E., Tsakalidis A.** Contemporary web service discovery mechanisms. Journal of Web Engineering. 2006; 5(3):265–290.
- [11] DCMI: DCMI metadata terms. Available at: <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmi-terms> (accessed 02.10.2023).
- [12] Web Map Service — Open Geospatial Consortium. Available at: <https://www.ogc.org/standard/wms> (accessed 02.10.2023).
- [13] GDAL — GDAL documentation. Available at: <https://gdal.org/index.html> (accessed 02.10.2023).
- [14] Overview — Nominatim manual. Available at: <https://nominatim.org/release-docs/develop/api/Overview> (accessed 02.10.2023).

---

Вычислительные технологии, 2023, том 28, № 6, с. 95–107. © ФИЦ ИВТ, 2023  
Computational Technologies, 2023, vol. 28, no. 6, pp. 95–107. © FRC ICT, 2023

ISSN 1560-7534  
eISSN 2313-691X

---

INFORMATION TECHNOLOGIES

---

DOI:10.25743/ICT.2023.28.6.009

**Instrumental components of the digital platform for environmental monitoring of the Baikal natural territory**

I. V. BYCHKOV, R. K. FEDOROV, E. S. FEREFEROV\*

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS, 664033, Ikrutsk, Russia

\*Corresponding author: Evgeniy S. Fereferov, e-mail: [fereferov@icc.ru](mailto:fereferov@icc.ru)

Received October 10, 2023, accepted October 17, 2023.

**Abstract**

To implement digital environmental monitoring of the Baikal natural territory, a digital platform has been developed at IDSTU SB RAS. Researchers from 16 scientific institutes, as well as employees of departmental organizations are collaborators of the project that provides support for a comprehensive analysis of monitoring data, forecasting and development of recommendations for the conservation of Lake Baikal and surrounding areas. The CPU is implemented on the basis of a service-oriented architecture that provides the ability to create services for collecting, presenting and processing data to all research participants. New services can be formed, among other things, based on a composition of services previously created by various platform participants. The article discusses the problems of interaction between services created by different developers. To unify the parameters of computing services, requirements and recommendations for the services being created are proposed. The components of the digital platform for environmental monitoring of the Baikal Natural Territory, developed by the authors, are considered, providing algorithmic interaction of all research participants based on service architecture. The approach proposed by the authors allows partially solving the problem of unifying services according to the types and formats of input and output data and the appropriate sources. The developed set of software components is actively used in practice. More than 200 data services and more than 40 data processing services have been created.

*Keywords:* digital platform, service, component, metadata, environmental monitoring.

*Citation:* Bychkov I.V., Fedorov R.K., Fereferov E.S. Instrumental components of the digital platform for environmental monitoring of the Baikal natural territory. 2023; 28(6):95–107. DOI:10.25743/ICT.2023.28.6.009. (In Russ.)

**Acknowledgements.** The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the grant No. 075-15-2020-787 for implementation of Major scientific projects on priority areas of scientific and technological development (the project “Fundamentals, methods and technologies for digital monitoring and forecasting of the environmental situation on the Baikal natural territory”).

#### References

1. **Bychkov I.V., Gladkochub D.P., Ruzhnikov G.M.** Fundamental'nye osnovy, metody i tekhnologii tsifrovogo monitoringa i prognozirovaniya ekologicheskoy obstanovki Baykal'skoy prirodnoy territorii [Fundamentals, methods and technologies for digital monitoring and forecasting of the environmental situation of the Baikal natural territory]. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN; 2022: 345. DOI:10.53954/9785604788943.
2. **De Reuver M., Sørensen C., Basole R.C.** The digital platform: a research agenda. *Journal of Information Technology*. 2018; 33(2):124–135. DOI:10.1057/s41265-016-0033-3.
3. **Osipov Yu.M., Yudina T.N., Geliskhanov I.Z.** Digital platform as an institution of the era of technological breakthrough. *Economic Strategies*. 2018; 5(155):22–29.
4. **Bih J.** Service oriented architecture (SOA) a new paradigm to implement dynamic e-business solutions. *Ubiquity*. 2006; (4):1–17.
5. **Schut P.** OpenGIS®Web Processing Service. *Open Geospatial Consortium*. 2007; (4):1–3.
6. **Edmond D., ter Hofstede A.** Service composition for electronic commerce. *Proceedings of the Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS-2000)*. Hong Kong; 2000: 20.
7. **Zhi-Wei H., Cheng-Zhi Q., A-Xing Z., Peng L., Yi-Jie W., Yun-Qiang Z.** From manual to intelligent: a review of input data preparation methods for geographic modeling. *International Journal of Geo-Information*. 2019; 8(9):376. DOI:10.3390/ijgi8090376.
8. **Malimonov M.I., Yakubailik O.E.** Cloud-based software tools for the rapid development of web GIS. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021; (3006):172–179.
9. **Braginskaya L., Grigoruk A., Kovalevsky V., Latyntseva T.** Scientific internet resource for the geophysical research support. *Proceedings 17th International Asian School-Seminar “Optimization Problems of Complex Systems” (OPCS 2021)*. 2021: 13–17.
10. **Garofalakis J., Panagis Y., Sakkopoulos E., Tsakalidis A.** Contemporary web service discovery mechanisms. *Journal of Web Engineering*. 2006; 5(3):265–290.
11. DCMI: DCMI metadata terms. Available at: <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmi-terms> (accessed 02.10.2023).
12. Web Map Service — Open Geospatial Consortium. Available at: <https://www.ogc.org/standard/wms> (accessed 02.10.2023).
13. GDAL — GDAL documentation. Available at: <https://gdal.org/index.html> (accessed 02.10.2023).
14. Overview — Nominatim manual. Available at: <https://nominatim.org/release-docs/development/Overview> (accessed 02.10.2023).