

УДК 004

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И ИНТЕГРАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ВЕБ-СЕРВИСОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ ПЛАНИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИЙ

<sup>1</sup>Иванов К.А., <sup>1</sup>Кудинов А.В., <sup>1</sup>Марков Н.Г., <sup>2</sup>Кампанья Микеле, <sup>2</sup>Масса Пьеранджело

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Томск, e-mail: Konstantin.Ivn@gmail.com;

<sup>2</sup>Университет г. Кальяри, Кальяри, Италия

Геоинформационные системы (ГИС) являются одним из инструментов, с помощью которых градостроители (специалисты по обустройству и развитию территорий) осуществляют подготовку данных, необходимых для принятия решений. ГИС позволяют хранить и визуализировать пространственные и атрибутивные данные, проводить пространственный анализ, однако функции поддержки принятия решений и моделирования объектов на территориях в них не столь развиты. Чтобы решить эту проблему, авторами была предложена новая концепция систем поддержки пространственного планирования (СППП) территорий. В данной статье показывается, что СППП нового поколения должны строиться с учетом особенностей процесса планирования территорий и предлагается для этого интегрировать систему управления бизнес-процессами и геоинформационные веб-сервисы. При этом разработана архитектура системы, система была создана и апробирована при решении практически важной задачи.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, системы поддержки принятия решений, планирование территорий, системы управления бизнес-процессами, геоинформационные веб-сервисы

## ORCHESTRATION AND INTEGRATION OF SPATIAL WEB SERVICES FOR PLANNING SUPPORT SYSTEM DESIGN

<sup>1</sup>Ivanov K.A., <sup>1</sup>Kudinov A.V., <sup>1</sup>Markov N.G., <sup>2</sup>Campagna M., <sup>2</sup>Massa P.

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: Konstantin.Ivn@gmail.com;

<sup>2</sup>University of Cagliari, Cagliari, Italy

Urban planners are supported by geoinformation systems (GIS) in spatial decision-making process. GIS allows storing spatial and attribute data and performing spatial analysis, but tools for decision-making support and modelling are missed. To address this issue the conception of a Planning Support Systems (PSS) was introduced. The first generation of PSS includes GIS, sketch tools and spatial models. However, planning process should be supported on technological level as well as on theoretical. Special methods and tools for stakeholder collaboration and public participation are required. In this paper authors argue that PSS should be process-driven and suggest integrating Business Process Management Systems and Spatial Web Services into PSS. The architecture of new generation of PSS is proposed and tested on a case study.

**Keywords:** geoinformation systems, planning support systems, spatial planning, business process management systems, spatial web-services

Одной из основных областей применения геоинформационных систем (ГИС) является планирование территорий, в том числе городское планирование. С начала 1980-х годов градостроители начали использовать ГИС как инструмент аналитического моделирования на основе пространственной базы данных (БД) [4]. Необходимые данные в дальнейшем могут быть извлечены через пространственные запросы к БД и импортированы в другие приложения для моделирования и пространственного анализа. Как инструмент аналитического моделирования ГИС позволяют градостроителям проводить пространственный анализ, используя такие инструменты, как наложение карт, анализ связности, построение буферных зон и т.д. [4]. Однако градостроители нуждаются в более совершенных инструментах, таких как инструменты

поддержки принятия решений. Для этой цели могут быть рассмотрены системы поддержки принятия решений (СППР). СППР должны обеспечивать инфраструктуру для интеграции систем управления базами пространственных и атрибутивных данных, аналитических моделей, инструментов визуализации и пространственного анализа с целью улучшения процесса принятия решений [4]. В геоинформатике была предложена концепция СППР на основе пространственных данных, которые помогают специалистам, принимающим решения при планировании территорий, делать выбор из нескольких альтернатив. Первоначально, из-за отсутствия развитых аналитических функций ГИС не рассматривались как основное звено СППР и использовались только для сбора и хранения пространственных данных, которые затем применялись

как входные данные для аналитических моделей. Результат аналитического моделирования затем визуализировался в ГИС [4]. В настоящее время информационное общество достигло определенной зрелости, что сделало доступным огромное количество информационных (в том числе, пространственных) источников данных для поддержки процессов анализа и принятия решений. Однако, в области планирования территорий такие информационные ресурсы должным образом не востребованы из-за отсутствия инструментария [1]. Для анализа таких информационных ресурсов следует использовать современные системы поддержки пространственного планирования (СППП, Planning Support Systems, PSS). Первоначально СППП была определена как «дружественная микрокомпьютерная система планирования территорий, которая интегрирует ГИС, инструменты моделирования объектов и пространственные модели» [1]. ГИС становится важным компонентом СППП благодаря развитым функциям обработки пространственных данных, инструментам визуализации и предоставляемым возможностям моделирования. Однако современные СППП не могут состоять только из ГИС. Такие системы должны включать полный набор традиционных для градостроителей инструментов для проведения анализа и моделирования, а также они могут включать функционал других известных систем и технологий (например, экспертных систем, систем поддержки принятия групповых решений). Архитектура СППП первого поколения включала несколько компонентов, которые уже были реализованы в отдельных системах поддержки пространственного проектирования (Geodesign support system). Отмечается, что очевидные препятствия к внедрению таких СППП могут быть выражены в концепции, которая компрометирует первое поколение СППП как таковое [1]. Решением этой проблемы может стать использование для оптимизации процесса пространственного планирования общих принципов управления бизнес-процессами (Business Process Management, BPM) [1]. Технологии и инструменты управления бизнес-процессами были разработаны с целью улучшить управление процессами и облегчить разработку информационных систем.

В данной статье показывается, что проектирование и использование СППП должно концентрироваться на самих процессах планирования, а не на технологиях и должно включать проектирование и формализацию текущего процесса планирования территорий. Для реализации этого подхода пред-

лагается применять методы и инструменты BPM, что позволит разработать СППП следующего поколения. Предложена архитектура СППП второго поколения. Созданная система апробирована при решении практически важной задачи оценки пригодности земельных участков.

### **Геоинформационные модели и веб-сервисы**

Обычно современные ГИС позволяют через веб-доступ осуществлять пространственные запросы к удаленным БД [2]. Во многих системах пользователи применяют сервисы каталогов (Catalogue Services) для поиска необходимых наборов данных: Web Feature Service (WFS) для получения векторных пространственных данных и Web Map Service (WMS) для визуализации данных и результатов. WFS и WMS определены Open Geospatial Consortium (OGC) как открытые стандарты для геоинформационных веб-сервисов [2]. В последние годы в процессе принятия решений часто требуется обработка пространственных данных, которые поступают пользователю в реальном времени. Такие данные могут быть получены через интеграцию и обработку данных из различных источников. Однако в текущих реализациях систем это требование по-прежнему не удовлетворено [2]. Тем не менее пространственные данные могут быть получены через использование механизмов (инструментов) распределенной обработки пространственных данных, которые реализуются как управление созданием и использованием геоинформационных моделей обработки (geoprocess models). Использование моделей геоинформационной обработки позволяет градостроителям обрабатывать данные из различных источников без необходимости их загрузки на локальные машины и обработки на настольных ГИС. В концепции OGC основным элементом таких геоинформационных моделей обработки являются Web Processing Services (WPS) [5]. Текущая версия спецификации интерфейса WPS определяет стандартный интерфейс, который управляет публикацией и выполнением геоинформационной модели обработки любого типа в вебе [1]. Технически интерфейс WPS позволяет пользователю реализовать любую пространственную операцию.

### **Концепция построения СППП второго поколения**

Рассмотрим основные принципы построения современной СППП. Сложность реальных процессов пространственного планирования ведет к тому, что геоинформационные модели обработки обычно состоят

из нескольких процедурных шагов. Поэтому первый принцип, положенный в основу системы, гласит: реализация комплексной геоинформационной модели обработки включает несколько экземпляров WPS, которые могут быть объединены в цепочку с целью задания геоинформационного потока работ. Геоинформационный поток работ может быть определен как «автоматизация действий с геоинформационными моделями обработки, когда в течение определенного времени в целом или частично передаются данные от одного геоинформационного веб-сервиса к другому в соответствии с набором заданных правил и с использованием стандартизированных интерфейсов» [2]. Другими словами, геоинформационный поток работ обеспечивает функциональную совместимость данных и сервисов, что позволяет каждому участнику планирования действовать как независимому структурному элементу и выполнять только свою определенную задачу. Геоинформационный поток работ может быть реализован, например, в рамках сервис-ориентированной архитектуры (Service-oriented architecture, SOA) той или иной СППП. С точки зрения SOA, композиция веб-сервисов (Web Service Composition) и оркестровка веб-сервисов (Web Service Orchestration) могут быть рассмотрены как подходящие концепции для построения геоинформационных потоков работ. Действительно, Алонсо и др. в своей работе [2] отмечают, что композиция веб-сервисов может быть рассмотрена как комбинация нескольких веб-сервисов, реализующая поток работ в бизнес-процессе. При этом взаимодействием различных веб-сервисов в потоке работ можно управлять через оркестровку веб-сервисов, которая описывает механизм взаимодействия веб-сервисов на уровне сообщений [1]. Итак, механизм компоновки веб-сервисов определяет одновременно бизнес-логику и порядок выполнения работ по планированию территорий. Оркестровка веб-сервисов предполагает управление взаимодействием слабосвязанных сервисов в соответствии с разработанным потоком работ бизнес-процесса [2]. Поэтому второй принцип концепции построения СППП формулируется так: система должна включать инструменты для управления композицией и оркестровкой геоинформационных веб-сервисов. Наш взгляд, в качестве такого инструмента следует использовать систему управления бизнес-процессами (Business Process Management System, BPMS).

Современная BPMS включает концепции, методы и техники как для поддержки процессов проектирования и анализа, так

и для администрирования, конфигурации и исполнения бизнес-процессов [1]. Бизнес-процесс описывается на основе подробного представления его модели. Модель бизнес-процесса – это набор действий и ограничивающих условий на выполнение между ними. С этой точки зрения процессы городского и регионального планирования могут быть рассмотрены как бизнес-процессы, а модели процессов планирования могут быть спроектированы в BPMS. Кроме того, на этапах конфигурации и исполнения BPMS должна облегчать интеграцию СППП с другими информационными системами (в том числе геоинформационными веб-сервисами) через механизм, выполняющий оркестровку интегрированного выполнения задач с использованием внешних сервисов

### Обобщенная архитектура СППП

СППП была разработана как геоинформационная веб-платформа с ориентиром на использование рассмотренных выше стандартов геоинформационных веб-сервисов. Основной целью разработки является интеграция на одной платформе BPMS и WMS. WPS, в свою очередь, должен обрабатывать данные, полученные через WFS и WMS. Обобщенная архитектура системы представлена на рис. 1.

Для реализации концепции системы была предложена идея использовать BPMS для моделирования процессов планирования и основной механизм BPMS для оркестровки геоинформационных веб-сервисов и интеграции внешних систем. В качестве BPMS используется Bonita BPM Community Edition v6.3.1 suite (далее Bonita BPMS), так как эта система является бесплатным программным продуктом с открытым исходным кодом, поддерживающим широкие функциональные возможности BPM и обладающим дружественным интерфейсом. Конфигурация Bonita BPMS поддерживается через коннекторы, которые расширяют функциональные возможности действий (то есть задач моделей) через интеграцию приложений, данных и сервисов.

В текущей версии Bonita BPMS поддерживаются встроенные коннекторы для широкого круга информационных систем и сервисов, включая системы обмена сообщениями, базы данных, корпоративные информационные системы (включая CRM, ERP, CMS), веб-сервисы (через протокол SOAP). Однако доступ к пространственным данным (к сервисам WCS, WFS) и к пространственной обработке данных (WPS) требует отдельного коннектора, который отсутствует в текущей версии системы. Тем не менее Bonita BPMS позволяет

разрабатывать пользовательские коннекторы, используя Bonita BPM Engine APIs. Таким образом, первой задачей на пути реализации следующего поколения СППП стало создание коннекторов к геоинформационным веб-сервисам в BPMS.

### Практический пример

Пример использования разработанной СППП основан на практическом эксперименте по реализации алгоритма анализа пригодности земельного участка (land

suitability analysis, LSA) [3]. LSA включает несколько задач, которые должны быть выполнены согласовано различными участниками процесса в организации (администрации): специалистом по планированию территории (градостроителем) и лицом, принимающим решение (ЛПР). Действия и последовательность их выполнения между лицами, задействованными в процессе, могут быть смоделированы в Bonita BPMS в диаграммах бизнес-процессов (рис. 2).

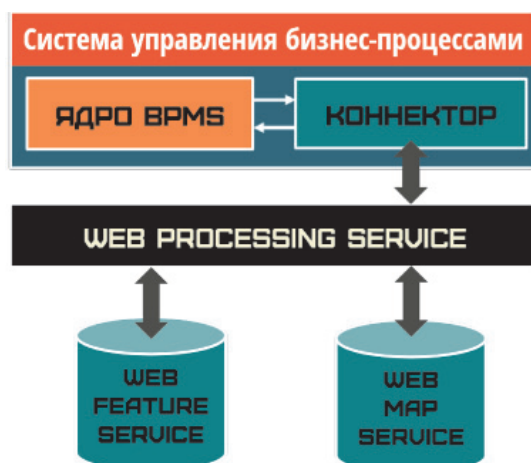


Рис. 1. Обобщенная архитектура СППП

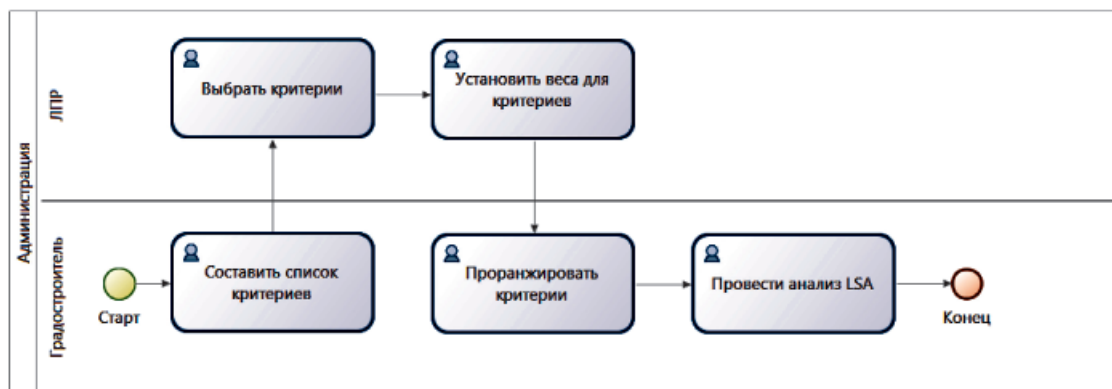


Рис. 2. Модель анализа пригодности земельного участка в Bonita BPMS



Рис. 3. Модель анализа пригодности участка, учитывающая коннектор для веб-сервисов

Во время выполнения процесса пользователи взаимодействуют с веб-интерфейсом системы Bonita BPM Portal, посредством которого они могут управлять назначенными им задачами. Градостроитель составляет список всех критериев оценки, которые могут быть применены для оценки пригодности текущего земельного участка, и передает его ЛПР. ЛПР выбирает критерии, которые будут использованы в алгоритме LSA, назначает каждому критерию определенный вес. Градостроитель получает список критериев с их весами, ранжирует их и проводит анализ пригодности земельного участка в настольной ГИС. Полученный результат оформляется в виде карты пригодности участка. Наш подход основан на оркестровке стандартизированных геоинформационных веб-сервисов с BPMS. Для этого на языке Java был разработан специальный коннектор, позволяющий взаимодействовать с геоинформационными веб-сервисами, с целью сделать возможным построение цепочек геоинформационных веб-сервисов внутри BPMS. Таким образом, градостроитель проводит анализ пригодности земельного участка с использованием геоинформационных веб-сервисов, а не в настольной ГИС. Для этого практического примера разработан коннектор, позволяющий создавать и выполнять запросы к WPS, обращаться к хранимым в бизнес-процессе входным данным, получать входные данные через WFS и задавать параметры для выполнения WPS. На конечном этапе коннектор передает результат выполнения следующему заданию, которое выполняет требуемые операции средствами WPS. Результат LSA окончательно публикуется как слой WFS на GeoServer после исполнения последнего задания процесса (рис. 3). В этом эксперименте использовались 52°North WPS с расширением 220+ SEXTANTE Processes, запущенные на Apache Tomcat 7.0.

Предложенный подход демонстрирует возможность оркестровки геоинформационных веб-сервисов и BPMS. Однако для реализации такого подхода требуется привлечение дополнительного труда программистов. Однако именно этот подход может стать следующим шагом в разработке второго поколения СППП для обеспечения нового уровня поддержки пользователей этих систем через оркестровку сервисов.

## Заключение

Последние достижения в пространственном планировании территорий, реализация концепции информационного правительства требуют от специалистов по планированию территорий и разработчиков систем принятия решений при планировании новых подходов к управлению и оценке процесса планирования. Нами предложена концепция планирования и построения собственных систем, позволяющих улучшить текущий процесс планирования с точки зрения взаимодействия исполнителей и повысить прозрачность процесса. Основу концепции составляет принцип управления процессами планирования с использованием BPM.

В данной статье показывается, что СППП нового поколения должны строиться с учетом особенностей процесса планирования территорий и предлагается для этого интегрировать систему управления бизнес-процессами и геоинформационные веб-сервисы. При этом разработана архитектура системы, система была создана и апробирована при решении практически важной задачи.

## Список литературы/References

1. Campagna M., Ivanov K., Massa P. Implementing Meta-planning with Business Process Management // *Procedia Environmental Sciences*. Elsevier. – 2014. – Vol. 22. – P. 199–209.
2. Foerster T., Schäffer B., Baranski B., Brauner J. Geospatial Web Services for Distributed Processing: Applications and Scenarios // *Geospatial Web Services: Advances in Information Interoperability*. IGI Global. – 2011. – P. 245–286.
3. Hopkins L. Methods for generating land suitability maps: a comparative evaluation // *Journal for American Institute of Planners*. – 1977. – Vol. 34, № 1. – P. 19–29.
4. Longley P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*. – Danvers, MA: Wiley, 1999. – Vol. 2.
5. OGC. OpenGIS Web Processing Service // OGC implementation specification No. OGC 05-007r7, Open Geospatial Consortium, 2007.

## Рецензенты:

Ким В.Л., д.т.н., профессор кафедры вычислительной техники, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск;

Замятин А.В., д.т.н., профессор кафедры прикладной информатики, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск.

Работа поступила в редакцию 10.04.2015.