

УДК 004.75 (004.624)

Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский, П.В. Сенченко, Ю.Б. Гриценко, М.М. Милихин

## Базовые принципы разработки веб-ориентированных информационных систем управления инфраструктурой социально-экономических и технических процессов

Представлены важные аспекты разработки веб-ориентированных информационных систем поддержки управления инфраструктурой социально-экономических и технических процессов. Рассматриваются принципы создания веб-ориентированных геоинформационных систем ведения электронного генерального плана предприятия и систем поддержки инфраструктуры малого предпринимательства региона.

**Ключевые слова:** инфраструктура, веб-ориентированная система, геоданные, генеральный план, архитектура системы.

**doi:** 10.21293/1818-0442-2017-20-2-63-67

Опыт взаимодействия авторского коллектива с рядом ведущих российских промышленных предприятий показывает, что в числе основных подходов к автоматизации базовых бизнес-процессов часто находятся такие, которые во главу угла ставят задачи, решение которых дает быстрый и ощутимый эффект, как, например, планирование ресурсов, дающее быстрое уменьшение затрат, оптимизация технологических процессов, дающая заметное уменьшение стоимости и многие подобные им.

При этом, как показывает практика, одной из важнейших задач, требующих внедрения компьютерных технологий, является поддержка управления инфраструктурой основного бизнес-процесса автоматизируемого производства. Эффективное решение данной задачи в большинстве случаев позволяет устойчиво повысить качество управленческих решений и обеспечить их преемственность. Данный эффект достигается в силу актуализации и, как следствие, повышения достоверности информации об объектах инфраструктуры и процессах их жизненного цикла.

Еще лет десять тому назад задача автоматизации информационной поддержки процесса управления инженерной инфраструктурой промышленных объектов решалась на очень низком уровне. Одним из объяснений такого положения вещей принято считать не сразу ощутимый эффект от решения данной задачи. Рост интереса к повышению эффективности решения подобных задач стал явно проявляться с увеличением интереса к реинжинирингу уже действующих процессов как в промышленной, так и в социально-экономической сферах. Практика показала, что именно устойчивая инфраструктура процесса, подлежащего реинжинирингу любого уровня сложности, во многом определяет его эффективность. Укрепление подобной точки зрения способствовало повышению усилий в плане эффективности управления инфраструктурой территорий, промышленных предприятий, социально-экономических образований [1].

### Особенности информационной поддержки инженерной инфраструктуры предприятия

Опыт работы с крупными предприятиями металлургической и нефтехимической промышленности показывает, что решение задачи управления производственной инфраструктурой промышленного производства решающим образом определяется эффективностью ведения генерального плана. Наибольшую эффективность в плане автоматизации процесса ведения генерального плана дает использование геоинформационных систем (ГИС), что практически является закономерным шагом на пути перехода к безбумажной технологии обработки производственной информации.

Геоинформационная технология объединяет классические операции ведения базы данных с возможностями пространственного (географического) представления (визуализации) и анализа на основе электронной карты. Эти свойства выделяют ГИС в ряду других современных корпоративных информационных систем и обеспечивают уникальные возможности для применения в широком спектре задач, связанных с анализом и прогнозом событий и явлений в окружающем мире, позволяют на новом уровне подходить к выделению и оценке пространственно-определенных факторов, определяющих устойчивость управляемой системы [2].

Развитие технологии Интернет не могло обойти стороной и геоинформационные системы – появился новый класс программного обеспечения, который принято называть «Веб-ГИС». В большинстве случаев такие комбинированные системы используют картографические серверы (Internet Map Server) в качестве поставщиков ГИС-сервиса. Подобные интегрированные технологии, синтезируя разнообразие ГИС-услуг с доступностью и распространенностью технологии Интернет поднимают на новый уровень эффективность решения широкого спектра пользовательских задач [1].

В данном разделе представим некоторые достаточно важные моменты построения веб-ориентированных ГИС, являющиеся частью опыта, полученного авторами в процессе разработки веб-ориенти-

рованных геоинформационных систем ведения инженерной инфраструктуры таких заметных промышленных предприятий, как Кузнецкий металлургический комбинат (ООО «Евразхолдинг») и ООО «Томскнефтехим» (ОАО «Сибур»).

В первую очередь отметим, что особое внимание необходимо уделить архитектурным принципам проектирования клиентской части веб-ГИС. Разработка эффективной клиентской части – важный этап реализации средств веб-публикации геоинформационной системы, от результата которого зависит оценка качества и практичности приложения в целом. Сложность данного этапа обусловливается распределением бизнес-логики между клиентом и сервером и требованиями к функциональности: приложение должно предоставлять средства просмотра картографических данных, обеспечивать выполнение пространственных запросов и вывод атрибутивной информации. Таким образом, реализация клиентской части веб-ориентированных ГИС – нетривиальная задача и требует тщательного анализа.

Рост популярности технологий Веб 2.0 привел к совершенствованию подходов к созданию веб-приложений: применение асинхронной модели взаимодействия (AJAX) позволило повысить эффективность пользовательского интерфейса, а использования сервис-ориентированной архитектуры – оптимизировать передачу данных в процессе работы. В качестве средств интеграции различных веб-сервисов (например, Google Maps, Yahoo! Maps, Live Search Maps) разрабатываются специализированные компоненты – виджеты. Получить максимальную выгоду от использования этих подходов позволяет архитектура на основе компонентов. Важное преимущество компонентной архитектуры – повышение уровня абстракции при программировании пользовательских интерфейсов. Использование современных компонентов пользовательского веб-интерфейса и технологий клиент-серверного взаимодействия позволяет реализовать в среде браузера функции, типичные для настольных систем.

Важной составляющей любой веб-ориентированной ГИС являются средства работы с пространственными данными, представленными в виде электронной карты. Под электронными картами в большинстве случаев понимают графические представления на экране компьютера географически ориентированной визуализации данных об объектах и процессах, определенных на земной поверхности. Современные подходы к решению задач визуализации геоданных при проектировании веб-ГИС представлены тремя основными направлениями:

1. Использование средств статической визуализации геоданных.
2. Использование подвижных (плиточных) карт.
3. Использование векторных форматов представления геоданных.

Средства статической визуализации карт служат для визуализации отдельного представления карты в формате единого растрового изображения. Изобра-

жение карты формируется по запросу пользователя в момент такого запроса. Полученное векторное представление карты может быть просмотрено с использованием универсальных программных средств просмотра изображений или специализированного веб-ГИС приложения представленного в виде клиента. Одним из узких мест такого подхода является необходимость регулярного выполнения запроса изображения текущего участка карты, выливающегося как минимум в генерацию на стороне сервера, при выполнении любого действия, например сдвига или изменения масштаба, требующего изменений в визуальное представление данных.

Подвижные или плиточные (тайловые) карты используются большинством современных ГИС-сервисов общего назначения, таких как Google Maps или Яндекс.Карты. В основе данного подхода лежит идея предварительной генерации графического образа электронной карты в виде конечного набора масштабов [3]. При этом электронная карта в пределах каждого масштаба представляется регулярным набором прямоугольных областей, для представления каждой из которых готовится собственное растровое изображение (плитка). В итоге реализуется возможность действительно уменьшить время выполнения пространственных запросов со стороны клиентского приложения за счет регенерации отдельных фрагментов (плиток) электронной карты, нуждающихся во внесении изменений [4].

Современные ГИС-серверы предусматривают возможность генерации как динамических, так и статических карт в зависимости от структуры геоданных карты. Картографические веб-серверы обычно предоставляют данные на основе таких трех стандартов консорциума открытых ГИС: WMS для отображения карт как изображений, WFS для векторных данных и WCS для растровых.

В большинстве существующих картографических веб-приложений используются генераторы тайлов и системы кэширования изображений на серверной стороне. Однако возникающие при работе с геоданными промышленных или торговых объектов потребности представления многослойных данных в различных проекциях и уровнях масштабирования с учетом требования к организации безопасного ролевого доступа к геоданным приводят к тому, что ставшие привычными технологии веб-картографии теряют былую эффективность и становятся недостаточно адаптируемыми [4].

К числу недостатков процесса генерации изображений карты в среде серверной составляющей веб-ГИС можно отнести следующие: необходимость большого трафика при передаче пространственных данных, постоянная нагрузка на веб-сервер и критическая загрузка картографического веб-сервера для реализации процесса регенерации статических карт, кроме того, явная зависимость быстродействия веб-ГИС от производительности сеансового сетевого взаимодействия, что может приводить к падению эффективного использования клиентов на мобиль-

ных устройствах. Одним из путей решения данных проблем может быть использование векторных форматов визуализации геоданных. Кроме того, использование векторных изображений позволяет отказаться от необходимости перерисовывать карту при изменении ее масштаба [3]. Наиболее часто используемыми форматами векторных карт являются Adobe Flash и SVG. Следует отметить, что современные открытые векторные форматы поддерживаются подавляющим числом практически используемых веб-браузеров, что предоставляет реальную основу применения данной технологии в промышленном ПО. Среди недостатков векторных форматов на первый план выходят высокие требования к ресурсам клиентского устройства и высокая сложность интеграции геоинформационной системы со сторонними источниками данных.

Достаточно широкое распространение в веб-картографии получила технология Flash. Реализованы промышленные инструменты интеграции *Flash*-приложений с электронными картами в среде Google Maps и ESRI ArcGIS. Кроме того, реализованы возможности интеграции карты, сгенерированной картографическим веб-сервером, с дополнительной информацией [3]. Однако необходимость в дополнительном расширении веб-браузера и последующая некомфортность использования на маломощных платформах являются ощутимым недостатком *Flash*-технологии. Кроме того, разработчики веб-браузеров постепенно отказываются от использования технологий *Flash* в своих продуктах из соображений безопасности.

Одним из наиболее распространенных форматов представления картографических данных веб-ГИС в векторной форме является масштабируемая векторная графика (SVG). К преимуществам использования SVG в веб-картографии можно отнести возможности управления пропорциями распределения возможностей функционала пространственного анализа данных между клиентом и сервером, что, в свою очередь, обеспечивает уменьшение сетевого трафика приложения и нагрузку на веб-сервер, с одной стороны, а с другой стороны, увеличивает отзывчивость и гибкость картографического вьювера.

SVG, по сравнению с технологией Adobe Flash, имеет предустановленную поддержку как в десктопных, так и в мобильных браузерах. Данный аспект реально позволяет обеспечить интеграцию с интерфейсом веб-ГИС клиента за счет поддержки стилей оформления. Возможности послойной группировки объектов стандарта SVG создают предпосылки для организации механизма управления картой и ее стилизации на стороне ГИС-клиента [5].

Необходимо обратить особое внимание, что современные технологии визуализации геоданных позволяют управлять распределением нагрузки между клиентской и серверной частями веб-ГИС. К тому же комбинирование представленных альтернативных методов визуализации с классическими способно дать возможность для разработки высокоэффективных распределенных ГИС.

Особого внимания заслуживает универсальная архитектура веб-ориентированной ГИС, разработанная авторами в ходе процесса создания веб-ориентированных ГИС крупных промышленных предприятий и дающая реальную возможность ведения нескольких проектов на базе одного ядра (рис. 1).

Опыт разработок показал, что данный подход позволяет в минимальные сроки создавать веб-ориентированный ГИС-проект с необходимым составом модулей (подсистем), элементов дизайна, шаблонов на основе формирования конфигурационного файла для конкретного проекта. Кроме того, за счет модульной архитектуры и механизмов управления правами доступа обеспечивается возможность расширения ГИС-проекта собственными подсистемами [6].

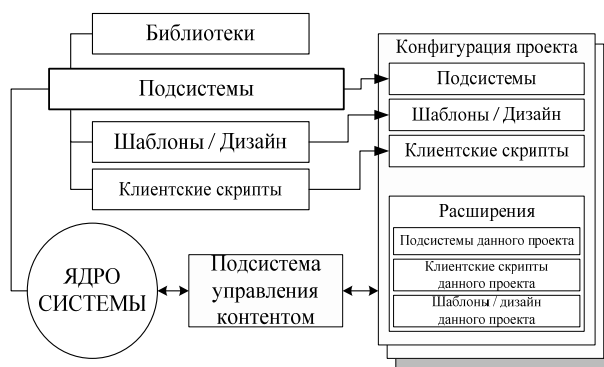


Рис. 1. Основные составляющие универсальной архитектуры веб-ориентированной ГИС промышленного предприятия

В рамках предложенной модели универсальной архитектуры базовый вариант веб-ориентированной ГИС, разработанной авторами для решения задач управления инфраструктурой промышленного предприятия, включает в себя следующие базовые компоненты:

1. «Администрирование» – компонент, поддерживающий управление правами пользователей системы, группами, слоями электронного генерального плана (ЭГП), группами слоев, функциями работы ЭГП и создавать различные формы доступа к данным электронного генплана.

2. «Управление данными инженерной инфраструктуры» – обеспечивает ведение атрибутивных данных электронного генерального плана. Позволяет осуществлять как выборку данных, так и «привязку» атрибутивных данных к объектам ЭГП.

3. «Архив» – компонент обеспечения ретроспективного документооборота, предоставляющий возможность пользователям связывать с различными объектами электронного генерального плана, такими как слои и области карты, техническую документацию различного рода и мультимедийную информацию.

4. «Тематическая отчетность» – обеспечивает возможность формировать различные тематические картографические представления как совокупность слоев карты, стилей их отображения и условий фильтрации пространственных данных.

5. «Векторная карта» – компонент, реализующий функции работы с векторным картографическим представлением электронного генерального плана.

6. «Растровая карта» – компонент, отвечающий за поддержку функций работы с растровым картографическим представлением генерального плана.

Следует отметить, что каждый из представленных компонентов соответствует распределенной архитектуре ГИС и содержит клиентскую и серверную части, а подсистемы «Векторная карта» и «Растровая карта» могут быть использованы в качестве основы клиентской части веб-ГИС. Соответствующая названным принципам веб-ГИС универсальна и легко адаптируема к различным задачам указанного профиля, за счет использования модульной архитектуры, оптимизированного обработчика событий и адаптивной подсистемы управления контентом. Безопасность доступа к данным обеспечивается подсистемами авторизации и журналирования. Кроме того, использование предложенной распределенной архитектуры веб-ГИС создает возможность одновременной работы ГИС-сервера с несколькими веб-клиентами. Такой подход позволяет совместить преимущества векторных форматов представления геоанных и классических методов визуализации в рамках разных клиентских приложений для одного проекта.

#### **Сопровождение мониторинга деятельности организаций инфраструктуры поддержки малого и среднего предпринимательства**

Представленные выше положения универсальной архитектуры послужили основополагающим звеном при построении информационной технологии мониторинга деятельности организаций инфраструктуры поддержки малого и среднего предпринимательства (МСП) на территории Томской области [7]. Предпосылки к разработке данной информационной технологии обусловлены необходимостью оценки эффективности распределения и расходования финансовых и иных средств (в том числе и государственных), направленных на формирование благоприятных условий создания и поддержки устойчивого развития предприятий малого и среднего бизнеса. А также обеспечения эффективного взаимодействия субъектов малого и среднего предпринимательства с хозяйствующими субъектами других регионов России и зарубежными партнерами, поддержки условий формирования благоприятного инвестиционного климата в Томской области.

В основе построения информационной технологии мониторинга лежит распределенная модель взаимодействия организаций инфраструктуры поддержки и Фонда развития МСП Томской области, в чьи полномочия входят, в том числе, и функции централизованного сбора и анализа данных мониторинга. Такая модель подразумевает возможность ведения исходных данных как территориально-удаленными специалистами на местах, так и централизованный учет всех необходимых сведений уполномо-

ченными сотрудниками Фонда с последующим предоставлением обработанной аналитической информации контролирующим органам.

На рис. 2 показана обобщенная схема функционирования представленной информационной технологии.

Можно выделить основные функциональные задачи, решаемые с помощью программного обеспечения данной информационной технологии (системы):

- формирование исходных данных информационного поля мониторинга и обеспечение хранения исходных данных;
- формирование перечня организаций инфраструктуры развития предпринимательства;
- формирование перечня видов поддержки с привязкой к организациям инфраструктуры развития предпринимательства;
- учет обращений заявителей (субъектов МСП Томской области);
- извлечение и ведение первичных сведений о заявителях;
- обработка, отображение и предоставление результатов мониторинга;
- получение пользователями информации о первичных сведениях заявителей и обо всех персонализированных обращениях, зарегистрированных в системе;
- определение количества субъектов МСП, получивших господдержку (в целом);
- определение субъектов МСП, получивших господдержку по различным направлениям;
- определение видов поддержки, полученных каждым субъектом МСП;
- учет мероприятий, реализованных организациями инфраструктуры поддержки МСП, в целом, по направлениям и организациям;
- формирование сводной информации о количестве рабочих мест субъектов МСП, получивших поддержку;
- получение различной обобщенной информации, связанной с оказанием пользователями консультационной поддержки субъектам малого и среднего бизнеса Томской области;
- поддержка внутренних задач системы;
- обеспечение регламентного доступа к данным и функциональной составляющей системы;
- регистрация различных групп пользователей в системе;
- создание пользователей с привязкой к одной или нескольким организациям;
- разграничение полномочий пользователей;
- ведение приоритетов организаций пользователя и использование приоритетов организации пользователя в формах добавления заявок;
- обеспечение прав для сбора сводных результатов мониторинга по всем организациям;
- аудит действий пользователей.

Результаты мониторинга предоставляются в электронном и печатном виде контролирующим органам и учредителю Фонда МСП Томской области –

в областное государственное бюджетное специализированное учреждение «Фонд государственного имущества Томской области». Внедрение информационной технологии мониторинга позволило оптимизировать процесс сбора данных, анализа и контроля предоставления всех видов поддержки субъектов МСП на территории Томской области и как следствие – значительно сократить сроки предоставления результатов мониторинга.



Рис. 2. Обобщенная схема функционирования информационной технологии мониторинга

### Заключение

В предлагаемой работе представлены некоторые ключевые моменты создания распределенных веб-ориентированных информационных систем поддержки управления инфраструктурой социально-экономических и технических процессов. Рассмотрены особенности архитектурных решений, апробированных авторами в процессе создания веб-ориентированных систем, предназначенных как для ведения инженерной инфраструктуры крупных промышленных предприятий, так и для информационной поддержки инфраструктуры социально-экономических процессов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ, проект № 8.8184.2017/8.9 «Методология создания систем энергогенерирующих и энергопреобразующих устройств для наземных и бортовых комплексов наземного, космического и подводного базирования».

### Литература

1. Ехлаков Ю.П. и др. Принципы построения веб-ориентированной ГИС промышленного предприятия / Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский, Н.Б. Рыбалов // Изв. Том. политехн. ун-та. – 2006. – Т. 309, № 7. – С. 146–152.
2. ДеМерс Майкл Н. Географические информационные системы. Основы. – М.: Дата+, 1999. – 490 с.
3. Adnan M., Singleton A., Longley P. Developing efficient web-based GIS applications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eprints.ucl.ac.uk/19247/1/19247.pdf>, свободный (дата обращения: 09.05.2014).

4. Boulos M.N.K. et al. Web GIS in practice VIII: HTML5 and the canvas element for interactive online mapping // International journal of health geographics. – 2010. – Vol. 9, №. 1. – P. 14.

5. Huang H. et al. An SVG-based method to support spatial analysis in XML/GML/SVG-based WebGIS // International Journal of Geographical Information Science. – 2011. – Vol. 25, №. 10. – P. 1561–1574.

6. Гриценко Ю.Б. Информационные технологии формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры предприятия / Ю.Б. Гриценко, Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский, П.В. Сенченко. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 152 с.

7. Сенченко П.В. Информационные технологии в управлении инфраструктурой поддержки малого и среднего предпринимательства региона (на примере Томской области) / П.В. Сенченко, Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский; под ред. Ю.П. Ехлакова. – Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2015. – 130 с.

### Ехлаков Юрий Поликарпович

Д-р техн. наук, профессор зав. каф. автоматизации обработки информации (АОИ) ТУСУРа  
Тел.: +7-913-829-55-42  
Эл. почта: upe@tusur.ru

### Жуковский Олег Игоревич

Канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доцент каф. АОИ ТУСУРа  
Тел.: +7-913-855-47-82  
Эл. почта: joi@muma.tusur.ru

### Сенченко Павел Васильевич

Канд. техн. наук, доцент,  
декан факультета систем управления ТУСУРа  
Тел.: +7-906-947-82-83  
Эл. почта: pvs@tusur.ru

### Гриценко Юрий Борисович

Канд. техн. наук, доцент,  
начальник инновационного управления ТУСУРа  
Тел.: +7-905-990-95-49  
Эл. почта: innovation@tusur.ru

### Милихин Михаил Михайлович

Аспирант каф. АОИ ТУСУРа  
Тел.: +7-999-619-38-90  
Эл. почта: milikhin@gmail.com

Ehklakov Y.P., Gritsenko Y.B., Zhukovskiy O.I.,  
Senchenko P.V., Milikhin M.M.

### Basic principles of developing web-oriented information systems for managing the infrastructure of socio-economic and technical processes

The paper presents important aspects of the development of web-oriented information systems supporting the management of the infrastructure of socio-economic and technical processes. The principles of co-building web-oriented geoinformation systems to maintain the company's electronic master plan and to support systems for small business infrastructure of the region.

**Keywords:** Infrastructure, web-based system, geodata, master plan, system architecture.