

УДК 004.031

Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский

Типовые архитектурные решения геоинформационных систем ведения инженерной инфраструктуры предприятия

Изложены типовые архитектурные решения по созданию геоинформационных систем ведения инженерной инфраструктуры предприятия; рассмотрены подходы начиная от локальных геоинформационных систем и заканчивая распределенными клиент-серверными веб-ориентированными системами.

Ключевые слова: инженерная инфраструктура, геоинформационные системы, трехзвенная архитектура.

На современном этапе комплексной информатизации производства многие российские промышленные предприятия используют такой подход к автоматизации, при котором основными задачами, требующими внедрения компьютерных технологий, являются те, эффект от реализации которых оценивается наиболее явным образом: задачи планирования ресурсов предприятия (материальных, трудовых, финансовых) – уменьшение затрат, связанных с использованием ресурсов; управление отношениями с клиентами – привлечение новых и удержание существующих клиентов; конструкторско-технологические процессы – уменьшение стоимости и повышение качества конструкторско-технологических разработок.

При использовании такого подхода одним из основных автоматизируемых процессов является управление производственной инфраструктурой предприятия. Решение данной задачи позволяет значительно повысить эффективность принимаемых управленческих решений за счет актуализации и повышения достоверности информации об объектах инфраструктуры.

Решение задачи управления производственной инфраструктурой предприятия во многом зависит от эффективности разработки и использования генерального плана. В этом случае применение технологии ГИС – закономерный этап на пути перехода к безбумажной технологии обработки информации. Географическая информационная система (ГИС) – это современная компьютерная технология, предназначенная для картирования и анализа пространственно определенных объектов реального мира и событий. Эта технология объединяет традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и пространственного анализа, которые предоставляет карта. Эти возможности отличают ГИС от других информационных систем и обеспечивают уникальные возможности для ее применения в широком спектре задач, связанных с анализом и прогнозом явлений и событий окружающего мира, с осмыслением и выделением главных факторов и причин, а также их возможных последствий [1].

Типовые архитектурные решения большинства геоинформационных систем, используемых для ведения инженерной инфраструктуры, основываются на работе с электронным генеральным планом предприятия.

Целью создания таких систем является повышение эффективности и безопасности эксплуатации инженерной инфраструктуры промышленного предприятия за счет внедрения в процесс геоинформационных технологий ведения и анализа данных.

В результате внедрения информационных систем сопровождения инженерной инфраструктуры предприятия должны быть обеспечены:

- быстрое получение с помощью электронного сетевого оборудования точной информации об объектах инженерных сетей для выполнения смежных работ;
- распараллеливание одновременной работы с готовыми и точными планами инженерных сетей, позволяющее ускорить выполнение проектно-конструкторских и ремонтно-строительных работ вследствие высокого качества информации;
- высокая скорость поиска информации о сосредоточенных и распределенных объектах;
- предоставление оперативного доступа к электронным данным планов по инженерным сетям в среде корпоративной сети предприятия;
- использование различных форм доступа к коммерческим и служебным данным;
- доступность для пользователей инженерно-технических подразделений, имеющих навыки работы с компьютером и в сети Интернет;

– повышение эффективности управления инженерной инфраструктурой за счет вовлечения в процесс управления новых знаний, полученных в ходе интеллектуального анализа данных электронного генерального плана.

Рассмотрим архитектуру подходов использования ГИС в процессе ведения инженерной инфраструктуры.

Использование локальной ГИС. На предприятиях, занимающихся эксплуатацией инженерных сетей, все еще можно встретить самую архаичную схему доступа, при которой пользователи получают фрагменты плана местности с инженерными сетями только на бумажном носителе.

На предприятии, только вступившем в процесс автоматизации производства, ведение электронного представления планов инженерных сетей может осуществляться с использованием локальных инструментальных ГИС, которые позволяют хранить пространственные данные либо в виде обычных файлов, либо в локальных СУБД.

Этот подход имеет ряд существенных недостатков:

– **неполнота атрибутивных описаний объектов инженерных сетей.** Большинство инструментальных ГИС не предназначено для поддержки полного атрибутивного описания пространственных объектов инженерных сетей. Как правило, объект такого электронного генерального плана может содержать несколько простых свойств. Однако в действительности объекты инженерной инфраструктуры имеют более обширные атрибутивные описания;

– **сложность синхронизации версий планов по инженерным сетям.** Из-за отсутствия единого хранилища пространственных и атрибутивных данных возникает проблема синхронизации изменений в планах по инженерным сетям. На каждом рабочем месте находится копия набора данных. После редактирования необходимо копировать измененные данные на все рабочие места, согласовывать изменения, производимые каждым пользователем.

Необходимость решения данных проблем ведет к поиску иных методов решения задачи ведения электронных планов по инженерным сетям. Наиболее приемлемым становится применение технологии «клиент-сервер».

Использование многопользовательской ГИС. Вместо локальной системы, функционирующей на одном рабочем месте, используется централизованная многопользовательская система, в которой множество пользователей могут одновременно работать в едином информационном пространстве вычислительной сети.

Многопользовательские ГИС позволяют работать с данными нескольких серверов одновременно, причем в одной карте можно объединять данные из разных источников и различных серверов, локальных пространственных баз, а также из файлов на локальном диске. Данный метод повышает эффективность процесса ведения электронных планов, однако остаются нерешенными следующие проблемы:

– **отсутствие оперативности.** Пользователи не имеют оперативного доступа в любой момент времени и в любой точке производственной площадки к данным по инженерным сетям, что затрудняет координацию работ инженерных подразделений предприятия;

– **отсутствие ограничения доступа к данным.** Пространственные и атрибутивные данные доступны всем пользователям для чтения и редактирования. Необходимы временные затраты на предоставление ограниченного варианта электронного плана инженерных сетей;

– **отсутствие у пользователей необходимых навыков работы с ГИС.** Для выполнения простых операций анализа пространственных данных (измерения расстояния, площади, периметра) необходимо иметь опыт работы с ГИС, уметь пользоваться стандартным инструментарием.

Использование многопользовательской ГИС и распределенного веб-доступа. Применение технологии публикации пространственных данных обеспечивает централизованное хранение, анализ и предоставление пространственных данных в корпоративной сети и в сети Интернет для удаленных пользователей.

При данном подходе инженерные службы и подразделения могут пользоваться электронными планами инженерных сетей из любой точки предприятия, где имеется доступ к корпоративной вычислительной сети.

Поставщики геоданных взаимодействуют с единым хранилищем пространственных и атрибутивных данных. За публикацию пространственных данных отвечает веб-ГИС-сервер, который является связующим звеном между пользователями и электронным генеральным планом.

Пользователям, имеющим стандартный браузер, не требуется устанавливать какое-либо геоинформационное программное обеспечение на свой компьютер, так как вся работа с электронными

планами по инженерным сетям осуществляется в окне браузера. Карта может передаваться как в векторном, так и в растровом виде.

В случае использования веб-ГИС-сервера процесс получения электронных данных значительно упрощается.

Первоначально функции веб-ГИС сводились лишь к просмотру фиксированных изображений, представляющих карты в форматах GIF, JPEG. Интерфейс взаимодействия пользователя с веб-сервером был ограничен и сводился к простому выбору требуемого изображения. Преимуществами такого метода публикации данных являются: простота публикации, низкие требования к серверу, канал связи низкой пропускной способности, наличие на клиентском месте только веб-браузера.

Далее появляются системы просмотра картографической информации, использующие механизм тематических запросов. На сервере сети, где функционирует веб-сервер, организуется база данных, представляющая собой набор тематических категорий. Каждая категория содержит определенный набор тематических карт, хранящихся в растровых форматах GIF, JPEG. Пользователь, попадая на такой сервер, должен выбрать по базе данных тему и регион, охватываемые картой, а также набор дополнительных условий. Результатом запроса к БД является отображение того или иного изображения карты на экране компьютера пользователя. По сравнению с предыдущим методом данный вариант предъявляет более высокие требования к серверу, но обеспечивает более структурированный подход к отображению картографических данных [2].

Дальнейшее развитие геоинформационных систем в Интернете сопровождается созданием интерактивных сред взаимодействия клиентских приложений с геоинформационным сервером, суть которых состоит в предоставлении возможности пользователю самостоятельно выбирать на карте участки для отображения на своем компьютере. На сервере размещается набор серверных программ, обеспечивающих взаимодействие с клиентом, анализ действий клиента и создание растровой картинки на область, указанную пользователем. Взаимодействие клиента с сервером можно представить следующей моделью: пользователь видит генерализованный участок карты и, выбирая более мелкие участки, получает все более детальное отображение местности. Такое интерактивное взаимодействие требует более мощных серверов.

Параллельно с растровой технологией развивается **технология передачи векторных данных**, упрощающая работу сервера (не требуется преобразование векторных данных в растровый формат) и, при малой насыщенности карты объектами, уменьшающая объем передаваемых данных. Для отображения данных, полученных от сервера, обычно используется клиентское программное обеспечение – программы просмотра (viewers), которые реализуются как ActiveX-компонент, Plug-in или Java-апплет и способны встраиваться в прикладные программы или веб-браузер.

Использование специальных компонентов переносит часть функций по обработке данных на сторону клиента, обеспечивая пользователя расширенными функциями. Вместе с тем выявляются и недостатки данного подхода. Программа просмотра требует для первоначальной установки и настройки ее загрузки с сервера. В дополнение к этому накладываются ограничения на тип используемого веб-браузера. Это осложняет быстрый доступ к пространственным данным с любого компьютера, подключенного к сети. При большой насыщенности области карты может передаваться гораздо больший объем информации, чем при использовании растрового варианта. Такой режим работы удобен только при наличии скоростного канала связи и достаточно мощных компьютеров на клиентских местах. Поэтому векторный вариант больше подходит для использования в корпоративных сетях.

При последующем развитии технологий появилась потребность просмотра как географической (графической) информации, так и привязанной к ней атрибутивной информации. Если в векторной технологии этот подход было реализовать довольно просто, то при использовании раstra неизбежно использование на стороне клиента дополнительных средств (скриптов) для отправки запроса на сервер. При этом сервер должен обеспечивать не только высокую скорость растеризации / преобразования исходной графической информации, но и высокоскоростную обработку атрибутивной информации, хранящейся в базе данных.

Использование векторного подхода позволяет получить из программы просмотра идентификатор выбранного объекта и затем запросить атрибутивную информацию с сервера любым из возможных способов. В случае указания объекта на растровом изображении карты существует только лишь один подход – передача ГИС-серверу координат объекта, по которым запрашивается информация (в виде HTTP-запроса). В этом случае сервер своими средствами выделяет нужный объект, учитывая доступность различных слоев карты и прочие ограничения, и возвращает ответ клиенту по протоколу HTTP. Формат взаимодействия клиента и сервера в сетевой ГИС определяется стандартами орга-

низации Open GIS Consortium, Inc (<http://www.opengis.org/>), которых придерживается большинство разработчиков, представляющих свои продукты на рынке сетевых ГИС-технологий. Ответ возвращается в формате GML (Geography Markup Language) и подлежит дополнительной обработке или требует задания схемы интерпретации ответа браузером.

Примером взаимодействия клиента с таким ГИС-сервером может быть следующая технологическая последовательность. Пользователю предлагается обобщенная (генерализованная) карта, по которой он может выбрать участок для последующей детализации. Также на странице сервера предлагается набор функций для поиска информации по атрибутивному признаку. Это может быть как список номеров колодцев, инженерных сооружений, так и полей для ввода критериев поиска.

После набора необходимых данных для атрибутивного поиска пользователю предоставляется либо искомый объект в графической форме, либо список найденных объектов. Выбирая объекты, пользователь получает их картографическое изображение и имеет возможность просмотра атрибутивной информации, присоединенной к графическому объекту. Следует обратить внимание, что при использовании интернет-технологий появляется возможность интеграции нескольких различных проектов с ГИС-модулем, что значительно расширяет базовые возможности геоинформационной системы.

Говоря о разработке интернет-ГИС, нельзя не затронуть вопрос о средствах для обеспечения функциональности клиентских приложений. Анализ архитектуры систем ведущих производителей позволяет сделать вывод о том, что все веб-проекты строятся примерно по одной схеме с применением фирменных технологий. Концепция строится на классической трехзвенной клиент-серверной архитектуре.

Классический анализ этих моделей приводится во многих работах, в рамках данного исследования рассматривается их использование применительно к передаче пространственных данных.

В системе с трехзвенной архитектурой выделяют несколько основных частей [2].

Клиентское приложение предназначено для просмотра карты и представлено веб-браузером («тонкий» клиент), модулем отображения данных, встраиваемым в веб-браузер, или пользовательским приложением («толстый» клиент). Не стоит оставлять в стороне и средства для редактирования, администрирования и сборки карты, которые так же работают с сервером удаленно, а следовательно, относятся к клиентским приложениям. Любое клиентское приложение (кроме растрового варианта) получает от сервера данные по определенному указываемому в запросе шаблону. Файлы шаблона хранятся на сервере и включают информацию о настройках слоев карты, необходимых для ее корректного отображения. Эта информация включает имена слоев, цвета и типы линий, путь к источнику данных и другую информацию о карте.

Веб-сервер выполняет функции посредника между клиентскими и серверными приложениями, используется для передачи запросов и данных по протоколу HTTP. Любой современный веб-сервер, использующийся для задач сетевой ГИС, позволяет выполнять создаваемые специально приложения, которые служат для формирования и обработки запросов, работы с дополнительными атрибутивными данными, решения прикладных задач, расширения функциональности ГИС и др.

В случае сетевой ГИС на уровне веб-сервера располагается также диспетчер запросов. Этот функциональный модуль служит для поддержания связи клиента с ГИС-серверами. Он принимает запросы на картографические данные, приходящие на веб-сервер от различных клиентских приложений, затем их выстраивает, распределяет и передает для обработки на ГИС-сервер. Многоуровневая архитектура и наличие такого звена, как «диспетчер», позволяют создать систему с несколькими распределенными ГИС-серверами.

Сервер приложений в концепции сетевой ГИС представляет собой веб-GIS-сервер. Данный компонент состоит из нескольких взаимодействующих частей. В технологиях, предлагаемых разными фирмами, его структура различна, но имеется несколько общих блоков. Основным блоком является «Исполнительная служба». Этот блок получает и обрабатывает запросы от диспетчера, оперируя пространственными и атрибутивными данными, полученными из некоторых источников данных. Затем данные форматируются и посылаются через веб-сервер запросившему их клиенту по протоколу HTTP. При этом есть различия при передаче растровых и векторных данных от сервера на сторону клиента.

При передаче растровых данных атрибутивная информация по объектам карты остается недоступной для пользователя, и ее необходимо либо загружать, используя дополнительные средства, либо запрашивать отдельно в процессе работы с картой. Для этого в состав веб-GIS-сервера включается дополнительный модуль по обработке картографических данных для растрового варианта карты «Служба растрового преобразования». Этот модуль, как правило, реализуется в виде приложения какого-либо сервера приложений JRun (Sun), Apache TomCat (свободно распространяемое ПО) и

служит для формирования растрового варианта карты и возвращения атрибутивной информации. При поступлении запроса от диспетчера это приложение загружает с веб-сервера файл сборки (шаблон карты), а затем производит запрос данных по тому же механизму, что и клиентские приложения (т.е. посредством HTTP-запроса).

После получения данных модулем они обрабатываются и извлеченная атрибутивная информация в формате GML передается в запросившее ее приложение. Аналогичная схема используется и при работе с мобильными клиентскими приложениями, где требуется адаптация данных под конкретное используемое устройство. Для получения данных обычно используется механизм ODBC или OLEDB.

Сервер баз данных. Этот компонент вносит еще большую вариативность в технологию, так как «Исполнительная служба» может запрашивать данные с удаленных серверов БД, используя механизмы поставщиков данных. Модуль обработки пространственных данных может быть частью ГИС-сервера, тогда он ответствен за загрузку всей пространственной информации, в том числе и хранящейся в файловом виде. Но наиболее правильным является пространственный компонент как часть системы управления БД (СУБД).

Архитектурные решения по созданию информационных систем для ведения инженерной инфраструктуры должны опираться на пространственно-временные данные об анализируемых объектах и базироваться на современных клиент-серверных, геоинформационных и веб-технологиях, что позволит на качественно новом уровне удовлетворить потребности оперативного управления, а также повысит эффективность принятия управленческих решений.

Выполнение данной работы проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия 2.4 Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы», проект «Разработка Web-ориентированных геоинформационных технологий формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры».

Литература

1. Ехлаков Ю.П. Принципы построения Web-ориентированной ГИС промышленного предприятия / Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский, Н.Б. Рыбалов // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309, № 7. – С.146–152.
2. Гриценко Ю.Б. Геоинформационные технологии мониторинга инженерных сетей / Ю.Б. Гриценко, Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2010. – 148 с.

Гриценко Юрий Борисович

Канд. техн. наук, доцент каф. АОИ ТУСУР
Тел.: (382-2) 41-44-70
Эл. почта: ubg@muma.tusur.ru

Жуковский Олег Игоревич

Канд. техн. наук, доцент каф. АОИ ТУСУР
Тел.: (382-2) 41-44-70
Эл. почта: ol@muma.tusur.ru

Gritsenko Yu.B., Zhukovskiy O.I.

Typical architectural decisions of geoinformation systems for supporting engineering infrastructure of an enterprise

The article states typical architectural decisions for creation of information systems of supporting an engineering infrastructure of an enterprise; different approaches are considered - from local information systems to the distributed client-server web-focused systems.

Keywords: engineering infrastructure, geoinformation systems, three-tier architecture.