

УДК 004.7; 004.8; 007.85

**А. Я. Кузёмин, И. Н. Климов, И. А. Бухтиярова**

Харьковский университет  
пр. Ленина, 14, 61166 Харьков, Украина

## **Разработка распределенной геоинформационной системы для управления чрезвычайными ситуациями**

*Рассмотрены основные принципы построения распределенной геоинформационной системы для управления чрезвычайными ситуациями. Исследованы вопросы детальной реализации, функционирования, операций чтения и записи в подобных решениях.*

**Ключевые слова:** чрезвычайные ситуации, ГИС, распределенные системы, хранение данных, кластеры.

### **Введение**

Данные, накапливаемые человечеством о реальных объектах и событиях нашего мира, в той или иной мере содержат так называемую «пространственную» составляющую. Так, существующий институт регистрации гарантирует «привязку» каждого гражданина к определенному почтовому адресу, который, как известно, связан с жилым домом, имеющим точное положение на территории города. Пространственный аспект в информации имеют здания и сооружения, земельные участки, водные, лесные и другие природные ресурсы, транспортные магистрали и инженерные коммуникации. Аварии на коммуникациях, сходы лавин, селей также связаны с определенной точкой в пространстве. Движущийся или покоящийся на дороге автомобиль, движущийся поезд, летящий самолет и плывущий пароход, перемещаемая деталь на территории заводского цеха имеют координаты на земной поверхности. Следовательно, и вся информация по этим и другим ранее названным объектам имеет постоянные или переменные пространственные координаты. Зачастую эффективное принятие решений относительно тех или иных действий над объектами невозможно без информации об их пространственном положении, взаимоположении с другими объектами и корреляции данных между различными источниками. Информационные системы, призванные обеспечить эффективную обработку подобной информации о территории, объектах и протекающих процессах называются геоинформационными системами (ГИС). Таким образом, ГИС — это информационная система, предназначенная для сбора, хранения, поиска и манипулирования данными о территориальных объектах. Важной особенностью ГИС может являться то, что появляется возмож-

© А. Я. Кузёмин, И. Н. Климов, И. А. Бухтиярова

ность в реальном времени осуществлять моделирование тех или иных ситуаций (включая чрезвычайные) с отображением в реальном времени объектов, попадающих под эту чрезвычайную ситуацию, расчетом зоны рисков и т.п. ГИС-система фактически обеспечивает эффективную и своевременную визуализацию данных, которые поступают с разнообразных сенсоров, информационных источников (метеорологические центры, новостные агентства и т.д.). Эффективная визуализация данных — сложная задача. В комплексных ГИС количество объектов на единицу площади может достигать сотен, и перед системой отображения становится ключевой задача отбора необходимых объектов по критерию важности, учет критичных и некритичных параметров в обработке информации, так как при линейном росте количества объектов на единицу площади время принятия решения экспертом растет экспоненциально. Также при достижении определенной плотности размещения объектов на карте многократно возрастает ошибка в принятых экспертом решениях [1].

### **Постановка задачи**

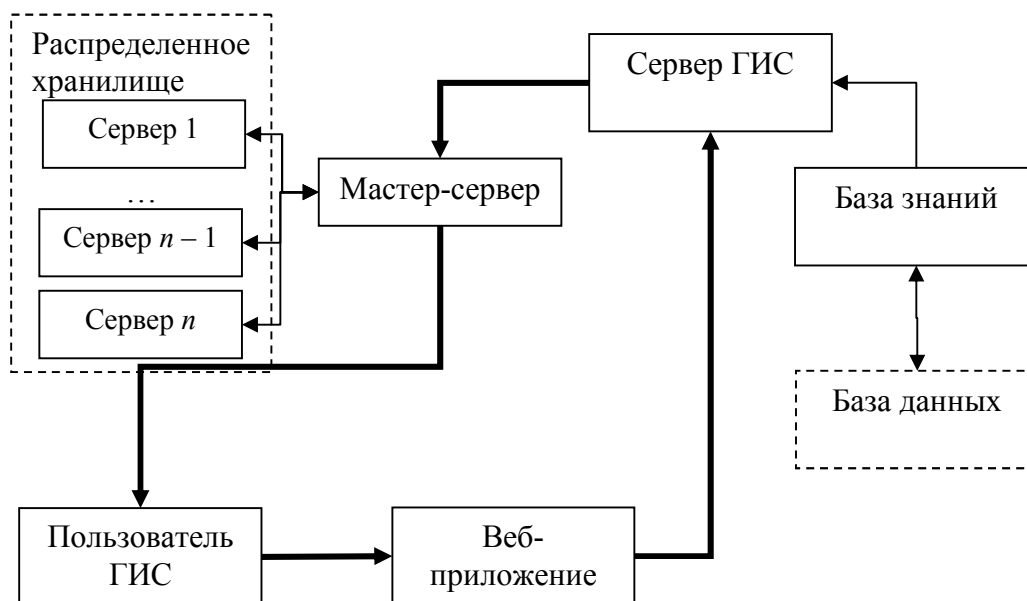
Учитывая вышеизложенное, актуальной становится задача разработки геоинформационной системы по управлению чрезвычайными ситуациями, способной к решению следующих задач:

- мониторинга и обработки в реальном времени большого количества источников информации различных типов;
- хранения информации в базе знаний, обеспечения произвольного доступа к информации о предыдущих состояниях среды, возможности повторного анализа данных за произвольный промежуток («машина времени»);
- возможности масштабирования ГИС на произвольное количество рабочих серверов;
- работы с большим количеством маркеров различных типов;
- интеллектуального контекстно-зависимого вывода информации

Целью работы является исследование вопросов разработки подобной масштабируемой ГИС, разработка общей архитектуры и основных принципов функционирования системы.

### **Масштабирование геоинформационной системы**

Под масштабированием системы будем подразумевать способность ГИС предельно хранить растровые данные (фотографии со спутника, фото объектов), векторную информацию (транспортные маршруты, развязки, границы территориальных субъектов и т.д.) и сериализованные объекты (информация об объекте, контактная информация, план эвакуации и др.). Формально схема подобной системы представлена на рисунке, где жирными стрелками обозначен основной жизненный цикл работы с ГИС. Основная задача по масштабированию возложена на мастер-сервер, который хранит в себе таблицу соответствий всех структурных элементов карты с сервером, на котором она расположена. Подобное решение позволяет обеспечить также резервирование информации и балансировку нагрузки между серверами с одинаковыми хранилищами.



Общая структура разрабатываемой ГИС

Затраты времени  $t(X)$  на извлечение необходимой информации описываются формулой

$$t(X) = t_{mc} + \frac{s(x_1, y_1, w, h)}{v \cdot \min\left(n, \left[\frac{s(x_1, y_1, w, h)}{s_{\min}} + 0,5\right]\right)}, \quad (1)$$

где  $t_{mc}$  — время на выборку информации о том, какие узлы распределенной системы содержат информацию о требуемом участке;

$s(x_1, y_1, w, h)$  — функция объема текущего участка карты. Численное значение этой функции описывает количество объектов карты, расположенных на участке с координатами верхнего левого угла  $(x_1, y_1)$ , шириной  $w$  и высотой  $h$ ;

$v$  — скорость передачи данных между мастер-сервером и узлом системы;

$s_{\min}$  — максимальное количество данных, передаваемых в одном пакете.

Введение данного параметра связано с тем, что связь между узлами осуществляется пакетным образом. В каждый пакет может быть упаковано от 1 до  $s_{\min}$  объектов. Таким образом,  $s_{\min} + 1$  — предел фрагментации пакета. В нижней части функции (1) описывается параметр, определяющий количество серверов, задействованных при данной операции чтения

$$n_c = \min\left(n, \left[\frac{s(x_1, y_1, w, h)}{s_{\min}} + 0,5\right]\right), \quad (2)$$

где  $n$  — количество серверов, содержащих необходимую информацию. Этот параметр вычислен на первом проходе за время  $t_{mc}$  и на данном этапе принимается за константу. Применение данной оценки позволяет получать величины задержек при извлечении данных и своевременно масштабировать систему.

Второй важной проблемой масштабирования является синхронизация данных на серверах и клиентах при редактировании. Повсеместно распространенные технологии репликации, так или иначе, связаны с организацией блокировок на уровне таблиц хранения данных либо отдельных строк. Также очевидно, для работы с удаленными клиентами при перемещении по информационному слою передается информация не о слое целиком, а лишь об объектах, попавших в поле видимости и покинувших его. В таких условиях при удалении объектов может возникнуть ситуация, когда у ряда клиентов не существующие объекты все еще доступны в интерфейсе, что, в свою очередь, может привести к неправильной оценке экспертами текущей ситуации. В связи с этим в систему вводится понятие «активность слоя», которая определяет, насколько часто изменяется информация в нем. Наименее активными являются слои рельефа, расположения зданий, дорог, наиболее активными — информация о метеорологических параметрах, сейсмическая обстановка, перемещение транспортных средств. Период активности передается клиенту для каждого слоя. По истечении срока активности клиент выполняет полный сброс информации данного слоя и запрашивает авторитарную копию с сервера. Таким образом, если период активности слоя «рельеф» установлен в 24 часа, а слоя «погода» в 5 минут, то каждые 5 минут будет выполняться обновление погодных данных. В момент синхронизации слоя «рельеф» синхронизация слоя «погода» будет отложена для более быстрой синхронизации большого по объему данных слоя.

### Контекстно-зависимый вывод информации в геоинформационной системе

Рассмотрим принцип действия ГИС в случае чрезвычайной ситуации (ЧС). Для этого опишем ЧС в терминах базы знаний:

$$Sit = \langle x, y, Fig, S, t \rangle, S = s_1 \dots s_n, \quad (3)$$

Таким образом, ЧС  $Sit$  описывается в базе знаний следующими параметрами:  
 $x, y$  — координаты центра ЧС (очаг распространения);

$Fig$  — полигон территории, охваченной ЧС (к примеру — ареал распространения химического загрязнения, контур горящего леса и т.п.);

$S$  — текущее состояние среды мониторинга (территории, на площади которой функционируют сенсоры ГИС системы). Состояние формируется как суперпозиция состояний  $s_1 \dots s_n$ , представляющих, в свою очередь, наборы состояния сенсоров в точках мониторинга

Ключевым параметром ЧС является характеристика типа чрезвычайной ситуации. Эта характеристика описывает сценарий, по которому ожидается развитие событий в данной ЧС [2]. Примерами таких ситуаций могут быть «пожар»,

«наводнение», «лавина» и т.п. При этом информация о наступлении ЧС может получаться как непосредственно на основании данных сенсоров, так и путем пользовательского ввода (при отказе сенсоров в точке и близлежащих окрестностях ЧС либо при «симуляции» развития событий). Сценарий представляет собой перечень действий и необходимых для них ресурсов для противодействия ЧС данного типа.

На основании охваченной площади и типа чрезвычайной ситуации производится расчет предельно допустимого времени реакции для каждого из пунктов сценария. Под временем реакции следует понимать промежуток между уведомлением поставщика ресурса до его прибытия на место ЧС. Так, в случае сценария «пожар» поставщиками ресурсов являются пожарные бригады, пожарные пруды, водоемы, станции скорой помощи и т.п. На основании этих расчетов формируется список первично доступных ресурсов, которые передаются для отображения в ГИС-систему. Объекты, на которых данная чрезвычайная ситуация не оказывает воздействия, а также те, которые не могут участвовать в предоставлении необходимых ресурсов для ликвидации ситуации, автоматически скрываются. Таким образом, обеспечивается снижение информационной нагрузки на единицу карты, что, как было указано ранее, снижает риск принятия неверных решений экспертом.

На основании градации ресурсов на доступные немедленно, доступные в течение периода ликвидации последствий и недоступные, а также классификации ресурсов по типам проводится автоматическое построение группы контекстов и вывод сформированных групп в интерфейс пользователя, предоставляя возможность оперативного подключения и отключения группы контекстов.

## Наполнение геоинформационной системы информацией

Процедура наполнения ГИС информацией предусматривает привязку объектов информационной среды (предприятий, строений, автомобильных дорог, элементов рельефа и т.п.) к координатной сетке. Проблема автоматизированной привязки связана с существовавшим на территории СССР законом, запрещавшим производить картографирование любых объектов с точностью, превышавшей 30 метров, что при работе в масштабах «район–улица» приводит к серьезным погрешностям [3]. В связи с этим предлагается внедрение автоматизированного инструментария, позволяющего проводить как единичные коррекции (перемещение объекта, изменение контуров, коррекция маршрутов), так и автоматизированные изменения большого количества объектов (т.к. топологическая привязка выполняется сеансово, искажения в рамках одного сеанса обычно однотипны и могут быть устранены путем массового редактирования).

Под автоматической коррекцией будем понимать следующую операцию:

$$Obj(x_n, y_n) = F(Obj(x, y), N(Obj, n)), \quad (4)$$

где  $Obj(x_n, y_n)$  — новые координаты объекта;  $Obj(x, y)$  — старые координаты объекта;  $N(Obj(x, y), n)$  — функция, возвращающая  $n$  ближайших соседей объ-

екта *Obj*.

Таким образом, становится возможным описание искажений типа «рыбий глаз» (радиальные изменения), смещение, аффинное смещение (смещение относительно наклоненной плоскости) и т.п.

## Заключение

Научная новизна: разработаны общие принципы построения геоинформационных систем для контроля над чрезвычайными ситуациями с целью снижения рисков для человека и материальных ценностей, размещенных в опасной зоне. Исследованы вопросы организации работы распределенной сети, обеспечивающей масштабируемость и отказоустойчивость системы в целом.

Практическая значимость и преимущества:

1) предложенная методика построения распределенных систем фактически позволяет избежать взаимоблокировок при добавлении и обновлении информации. Таким образом, становится возможным оценочный расчет среднего времени отклика системы в чрезвычайной ситуации;

2) разработанная концепция контекстно-зависимого вывода обеспечивает автоматическую группировку объектов ГИС по группам, релевантным для заданного типа чрезвычайной ситуации, упрощая навигацию и снижая количество визуализируемых объектов на единицу карты;

3) инструментарий по проведению коррекции снижает время на осуществление привязки объектов ГИС к реальным точкам на карте с учетом комплексных искажений;

4) предложенная технология слоев с различным временем жизни эффективно решает проблему оптимизации объемов передаваемых данных при обновлении ГИС информации с одновременным поддержанием синхронизации на всех объектах-пользователях ГИС.

К недостаткам подобной реализации необходимо отнести ручной (или полуавтоматизированный) труд по наполнению БД и БЗ ГИС, необходимость большого числа коррекций на ранних этапах наполнения системы, а также единое обновление (изменения, сделанные немедленно, становятся доступны пользователям ГИС только после обновления соответствующего слоя).

1. Галиновский О.И. Методологические проблемы регистрации информационных ресурсов / О.И. Галиновский // Доклады III Международного конгресса «Развитие информатизации и системы научно-технической информации в Республике Беларусь. Стратегия формирования информационного общества». — Минск, 2003.

2. Kuzemin A. Situation Centres in Modern Safe / A. Kuzemin // International Journal on Information Theories & Applications. — Bulgaria. — 2004. — Vol. 11, N 1. — P. 79–82.

3. Кривоногов С.К. Правовые основы использования GPS в России / С.К. Кривоногов // ГИС-Обзорение. — М.: Издательский центр геоинформационных технологий СО РАН, 2003. — С. 7–11.

Поступила в редакцию 13.09.2010