

ONLINE ANALITICAL PROCESSING OF SPATIAL DATA FOR EMERGENCY MONITORING

Alexander A. Evsyukov

Institute of Computational Modelling SB RAS, Federal Research Center Krasnoyarsk
Science Center
of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

Abstract

The article is devoted to processing and analysis of spatial data in monitoring systems of emergency situations. The solution is based on integration of GIS and OLAP technologies. The possibility of thematic maps generation as tool to spatial data query used operations on multidimensional cubes is explored.

Keywords: OLAP, GIS, cartographic binding of multidimensional data

ОПЕРАТИВНАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА ЧС

Евсюков А.А.

Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск

Статья посвящена задачам обработки и анализа пространственных данных в системах мониторинга чрезвычайных ситуаций. Решение основано на интеграции геоинформационных технологий с технологией оперативной аналитической обработки данных (OLAP). Исследуются возможности построения тематических карт, где в качестве инструмента построения запросов к пространственным данным, используются операции над многомерными кубами.

Ключевые слова: OLAP, ГИС, картографическая привязка многомерных данных.

Введение. Предупреждение чрезвычайных ситуаций является приоритетной задачей органов управления МЧС России. Успешность решения поставленной задачи зависит от обработки большого количества данных ведомственных систем мониторинга. Активное внедрение инструментальных средств контроля и обеспечения безопасности позволяет в реальном времени отслеживать изменения параметров окружающей среды, динамику характеристик техногенных объектов. Повышение эффективности использования информационных ресурсов увеличивает уровень контроля в задачах территориальной безопасности. Для оперативного решения аналитических задач требуется разработка и внедрение программных средств, обеспечивающих автоматизацию поступления мониторинговых данных, сокращение времени на поиск и обработку данных, наличие аналитического инструментария, в том числе картографического [3, 4].

Статья посвящена созданию интерактивных картографических средств для отображения оперативной обстановки в системах мониторинга чрезвычайных ситуаций. Предлагается использовать средства географического моделирования совместно с технологией оперативной аналитической обработки данных OLAP (On-Line Analytical Processing). Основная идея предлагаемого подхода заключается в создании отдельных OLAP-моделей на каждую из контролируемых системой мониторинга обстановок. OLAP-технология применяется для оперативного выявления опасностей в процессе комплексного мониторинга обстановки [1].

В статье рассматривается инструментарий, позволяющий динамически формировать картограммы по результатам оперативного анализа мониторинговых данных. Интерактивный инструментарий обеспечивает построение карт на основе операций над многомерными данными (гиперкубами), упрощая построение пространственных запросов для аналитика.

Механизм картографической привязки многомерных данных. Рассмотрим механизм картографического отображения данных OLAP-анализа. В основе механизма динамической связи карты и гиперкуба данных OLAP-системы лежит картографическая привязка данных, устанавливающая соответствие между территориальными объектами карты и одним из измерений гиперкуба – географическим измерением. Привязка географического измерения осуществляется к одному или нескольким картографическим слоям. Чтобы значения показателя гиперкуба отобразить в виде тематической карты, необходимо построить легенду тех слоев, к объектам которых выполнена картографическая привязка. При построении легенды используются методы тематического картографирования, позволяющие объекты слоя разбить на классы на основе соответствующих значений анализируемого показателя.

Формально многомерный куб данных OLAP-системы может быть представлен в виде: $G = \langle D, F \rangle$, где $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ – множество измерений (осей) гиперкуба: каждое измерение представляет собой упорядоченное множество значений определенного типа; $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ – множество значений показателей, определяющих его информационное наполнение. В рамках представленной модели многомерных данных для определения значения показателя будем использовать функцию от m переменных, по числу измерений: $f_i = f_i(d_1, d_2, \dots, d_m)$.

Для осуществления картографической привязки в гиперкубе выделим географическое измерение \hat{d} , значения которого совпадают с полем привязки картографического слоя, одного или нескольких. Для построения тематической карты зафиксируем значения измерений $d_i \subseteq D: d_i \neq \hat{d}, i = \overline{1, m}$ и из F выберем показатель f^* , который будет отображаться на карте: $f^* = f^*(d^*_1, d^*_2, \dots, \hat{d}, \dots, d^*_m)$, где $d^*_1, d^*_2, \dots, d^*_m$ – фиксированные значения измерений (метки), кроме \hat{d} , значения которого не фиксированы и соответственно может принимать любое значение из своей области определения. Построение множества значений показателя f^* определим как операцию среза над гиперкубом данных G по всем фиксированным измерениям.

В качестве интерактивных инструментов в программную реализацию средств геомоделирования предлагается добавить блок управления многомерными данными. Блок управления включает в себя список аналитических показателей, доступных для отображения на карте, а также инструмент проведения операций над многомерными данными. Такой инструмент позволяет выполнять операцию среза гиперкуба с помощью фиксации значений любых измерений, кроме географического. Пример блока управления многомерными данными представлен на рис. 1, на котором представлен срез гиперкуба, отображающий информацию об оказании медицинской помощи жителям населенных пунктов Красноярского края. При фиксации медицинской помощи выбранного уровня определяется соотношение населенный пункт – медицинское учреждение для дальнейшего отображения на карте. Выбрав другой уровень медицинской помощи, территорию (районы Красноярского края) или год происходит построение нового среза гиперкуба и соответствующей ему карты.

Кроме географического измерения для удобства работы с картой в панель инструментов ГИС предлагается добавить выпадающий список значений дополнительного измерения. При изменении показателя или значения дополнительного измерения строится новый срез куба и соответственно новое формирование тематической карты. Пример переключения приведен на рис. 2, где отображено землетрясение магнитудой 6,1 (произошедшее в республике Тыва 27 декабря 2011г.) и афтершоковый процесс следующего дня. В примере выбраны магнитуда землетрясения (показатель) и дата события (дополнительное измерение).

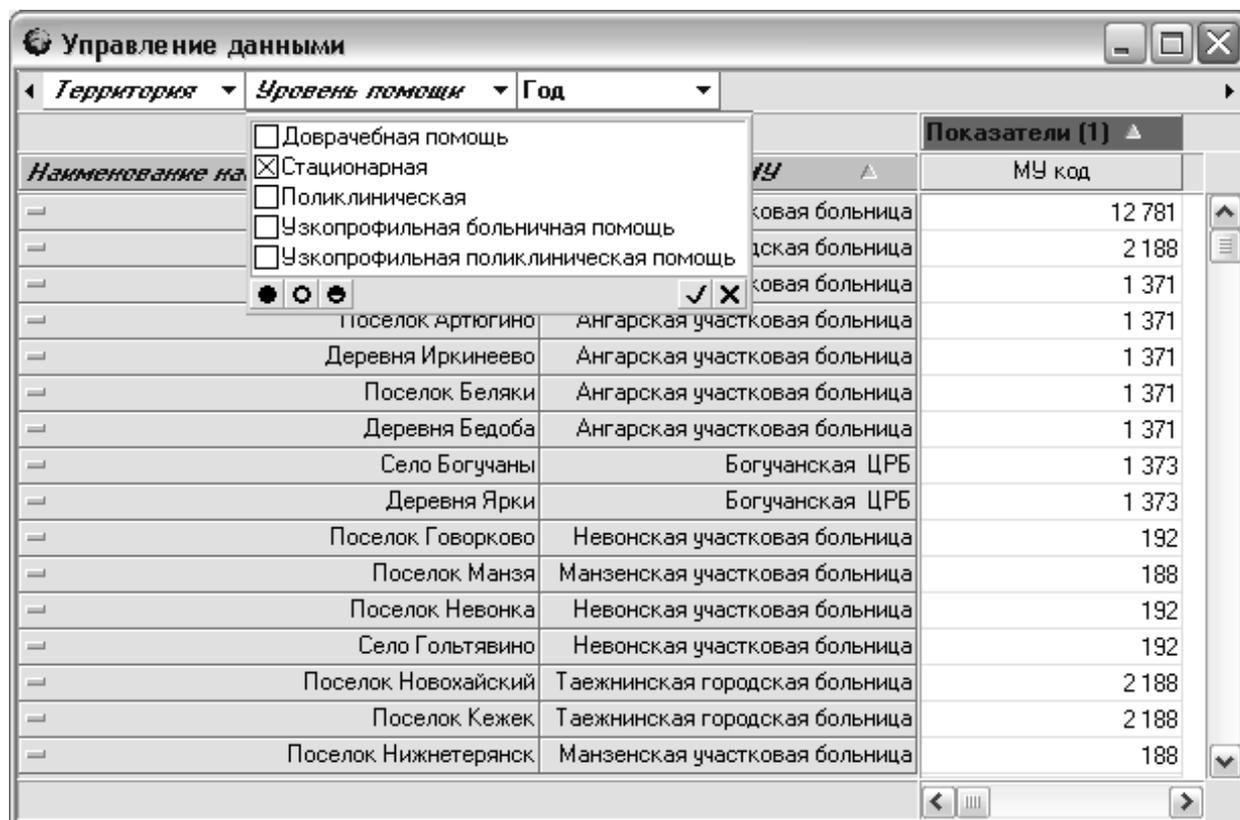


Рис. 1. Блок управления многомерными данными.

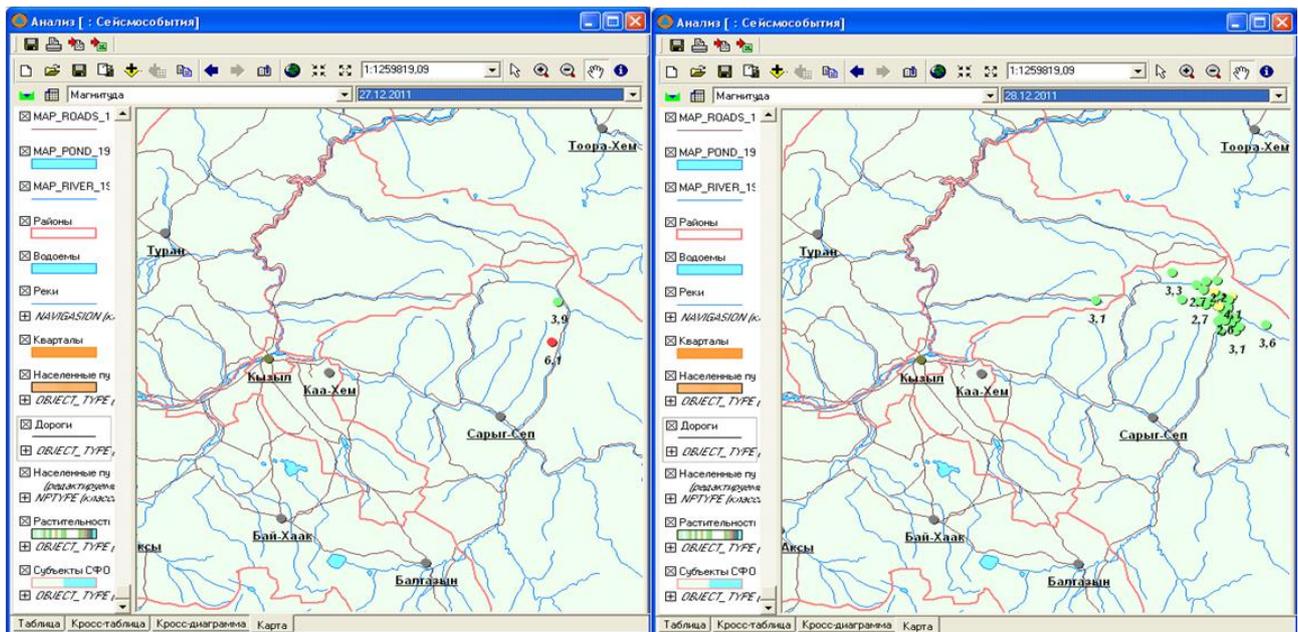


Рис. 2. Просмотр сейсмической обстановки с помощью переключения временного измерения.

При геодекодировании результатов OLAP-анализа помимо использования статических картографических слоев, используется метод динамического формирования объектов слоя [2]. Такой вид слоев соответствует представлению на карте объектов, существование, местоположение и форма которых определяется в зависимости от данных, принятых из OLAP-системы. На рис. 2 динамически сформированным слоем является точечный слой землетрясений. Для формирования новых слоев могут быть использованы таблицы агрегатов, содержащие агрегированные данные, прошедшие предварительную обработку. Это позволяет сформировать новый слой не только на основе собранных статистических данных, но и на основе аналитических результатов.

Для получения информации о сформированных картографических объектах предусмотрены информационные карточки. В карточках отображаются значения показателей, соответствующие данному объекту для фиксированных на данный момент измерений. Также в информационные карточки могут быть добавлены ссылки для запуска расчетных методик для моделирования ЧС. Набор доступных методик определяется аналитиком в зависимости от назначения конкретной модели.

Техническая реализация предложенного подхода по интеграции OLAP и ГИС компонент возможна как при написании собственных программных средств, так и с использованием существующих решений. В частности, для картографического отображения результатов OLAP-анализа автор использовал набор собственных ГИС-компонент в настольных приложениях и сервис Яндекс.Карты для создания web-приложений [5]. Сервис Яндекс.Карты предусматривает возможность динамического формирования слоев, но не располагает блоком управления данными, предложенным для упрощения построения пространственных запросов. Пример использования сервиса приведен на рис. 3, отображающий гидрологическую ситуацию на реках Красноярского края на 01.04.2017 г.

Прикладные задачи. В основу автоматизированной системы мониторинга положены сбор и обработка данных, получаемых от разных источников: ведомственных сетей мониторинга, датчиков автоматического контроля обстановки, территориальных органов управления. Состав собираемых данных позволяет проводить оперативный контроль опасностей, анализировать динамику развития ситуации для природных и техногенных ЧС. Все данные мониторинга попадают в хранилище данных. Хранилище состоит из области длительного хранения, куда помещаются данные мониторинга обстановки, справочников, набора картографической информации, процедур загрузки данных, временных аналитических таблицы, динамически

формируемых OLAP-моделями. Такая организация структуры данных определяет возможность применения средств OLAP-анализа, требующих высокой скорости доступа и обработки данных.

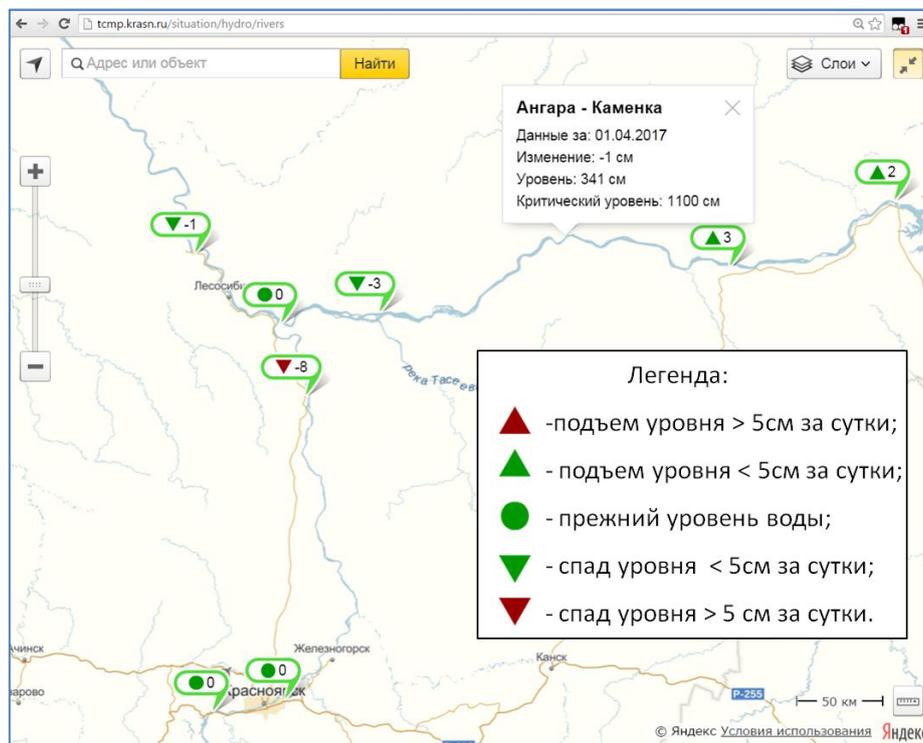


Рис. 3. Отображение гидрологической обстановки на реках Красноярского края.

Можно выделить следующий ряд задач, для которых эффективно использовать предложенный подход по интеграции OLAP и ГИС технологий:

1. *Отображение оперативной обстановки.* OLAP-технология применяется для получения последних полученных данных. Для картографического отображения обстановки используется срез гиперкуба, построенный при фиксации временного измерения за последний временной отрезок, которым может быть год, месяц, дата или час. Степень агрегации данных выбирается аналитиком.

2. *Индикация и выявление критических ситуаций.* OLAP-технологии применяются для оперативного выявления опасностей в процессе комплексного мониторинга обстановки. Оценка рисков возникновения ЧС происходит на основе аналитических индикаторов, позволяющих сравнивать результаты аналитической обработки оперативных (первичных) мониторинговых данных с пороговыми значениями важных показателей обстановки. Пороговые (критические) значения наблюдаемых показателей имеют пространственно-временную привязку так же, как и исходные мониторинговые данные. Визуально состояние обстановки на карте отображается в виде цветового индикатора, например, раскрашенного по «принципу семафора». Нормальному состоянию обстановки соответствует зеленый индикатор. Если наблюдаемые показатели приближаются к критическому значению и достигают опасного уровня, требующего повышенного внимания, тогда индикатор аналитической модели становится желтым. При выходе за пределы допустимого интервала индикатор меняет цвет на красный – это означает, что ситуация требует немедленного реагирования. Отсутствие оперативных данных обозначается серым цветом соответствующего индикатора.

3. *Отображение динамики наблюдаемых процессов.* Наличие пространственно-временной привязки мониторинговых данных делает возможным отображением динамики наблюдаемой обстановки на карте. Разработанные средства географического моделирования позволяют отображать динамику изменения процессов на основе переключения временного измерения, которое было добавлено в панель инструментов ГИС. Пример изменения сейсмической

обстановки представлен на рис. 2. Также возможно автоматическое переключение всех значений временного измерения с заданной частотой для создания анимационного эффекта.

4. *Поиска связей между объектами карты.* Для выявления связей между объектами одного или нескольких слоев, к которым осуществляется картографическая привязка многомерных данных, предлагается построить не индивидуальную, а общую легенду. При этом общая легенда может быть построена для слоев разного типа: точечных, линейных, площадных. Наглядность представления результатов при построении общей легенды заключается в том, что появляется возможность визуального сравнения значений показателей для объектов разных слоев, причислять их к одному классу. Например, для картографического отображения данных с рис. 1 строится общая легенда для таких точечных слоев, как населенные пункты и медицинские учреждения. Попадание в один класс медицинского учреждения и населенных пунктов (связь один ко многим) означает связь между ними по предоставлению медицинской помощи.

Заключение. Разработка и внедрение средств оперативного географического моделирования для задач мониторинга оперативной обстановки ЧС повышает эффективность использования картографической информации в органах управления МЧС. Предложенный инструмент используется для отображения оперативной обстановки в системах мониторинга чрезвычайных ситуаций в органах МЧС Красноярского края.

В статье рассмотрены задачи отображения оперативной обстановки, индикации и выявления критических ситуаций, отображения динамики наблюдаемых процессов, а также задачи поиска связей между объектами карты. Исследуются возможности построения тематических карт, где в качестве инструмента построения запросов к пространственным данным, используются операции над многомерными кубами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Евсюков, А.А. Оперативное географическое моделирование в системах мониторинга чрезвычайных ситуаций // Информатизация и связь. № 5. 2013. С. 53-57.
- [2] Евсюков, А.А. Динамическое формирование картографических слоев в информационно-аналитических системах // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. № 1. Красноярск: 2011. С. 15-20.
- [3] Ноженкова, Л.Ф., Исаев С.В., Ничепорчук В.В., Евсюков А.А., Морозов Р.В., Марков А.А. Применение методов оперативного анализа данных для обработки результатов мониторинга ЧС на региональном уровне управления // Сб. матер. Международного научно-практического конгресса «Совершенствование системы управления, предотвращения и демпфирования последствий чрезвычайных ситуаций регионов и проблемы безопасности жизнедеятельности населения». 21-23 сентября 2010 г. Новосибирск: СГГА, 2010. С. 3-11.
- [4] Korobko A.V., Penkova, T.G., Nicheporchuk V.V., Minaev A.S. The integral OLAP-model of the emergency risk estimation in case of Krasnoyarsk region // Proc. 36th International Convention. The conference «Business Intelligence Systems (miproBIS)». 2013. P. 1456-1461.
- [5] API Яндекс.Карт – Технологии Яндекса. <https://tech.yandex.ru/maps> (дата обращения 20.06.2017).