

**С.В. ЕРЕМЕЕВ,
М.М. ФИЛИМОНОВ**
**Алгоритм кодирования
пространственных
идентификаторов в иерархических
топологических системах**

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г. Муром

Для работы с топологически связанными объектами в ГИС необходимо использовать специальные операции. С их помощью ГИС может отслеживать отношения между объектами в топологических системах [1,2,3]. Отношения между объектами также требуют специальной обработки в социальных системах и системах анализа изображений [4,5,6].

В ГИС, не поддерживающих топологию, внутренняя цифровая модель местности в памяти компьютера не содержит явно заданных связей между объектами, т.е. каждый объект автономен. Из анализа внутренних структур данных нет явной возможности узнать, какой объект с каким связан. Соответственно в нетопологической ГИС на пользовательском и программном уровнях отсутствуют операции, в которых обрабатываются и анализируются непосредственное соседство и различного рода связи между объектами.

Целью работы является создание модели и программной реализации такой структуры данных, которая при минимальных размерах смогла бы хранить всю топологическую информацию об объектах.

Существует множество способов анализа взаимоотношений пространственных объектов. Самым распространенным является использование пространственных запросов на языке SQL. В этом случае создаются команды для определения различных топологических отношений между объектами. При использовании данного метода возрастает время отклика на ответ, так как при возрастании количества объектов возрастает и объем информации. При работе с картой пользователям требуется быстрый ответ на запрос, а с данным методом ситуация становится критичной.

Другой способ анализа пространственных отношений – это использование матрицы топологических отношений. Недостаток такого способа заключается в использовании большого объема памяти для хранения взаимосвязей между всеми объектами, где для каждой двух объектов хранятся сведения о типе отношений. Аналогично с предыдущим методом при возрастании количества пространственных объектов, например, в муниципальных ГИС, резко увеличивается объем таблиц базы данных топологических связей.

Описание топологических связей в структуре идентификатора

Рассмотрим хранение пространственных отношений для иерархической структуры. С её помощью наглядно можно будет продемонстрировать топологическую связь между объектами. В качестве примера возьмем фрагмент карты из нескольких площадных объектов, представленных на рис. 1:

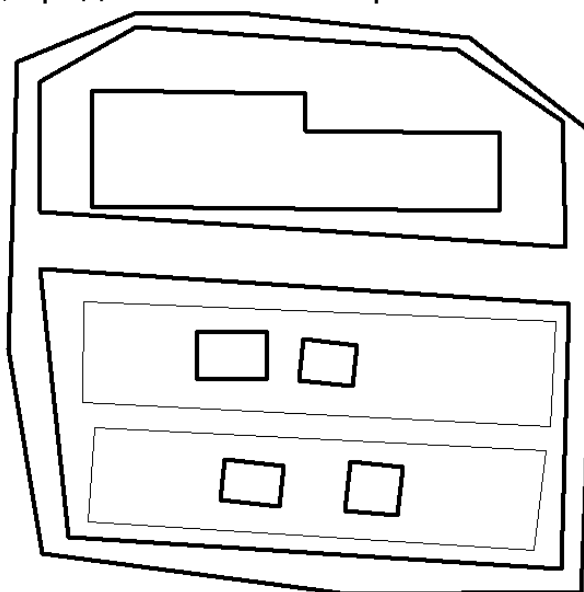


Рис.1. Площадные непрономерованные объекты

Для анализа всей структуры данных проводится идентификация объектов от 1 до n , где n – количество объектов. В данном случае рассматривается такая топологическая связь как «Содержит», т.е. один контур содержит другой. В результате анализа всех объектов фрагмента карты получим иерархию в виде дерева (рис.2). Объекты идентифицируются в порядке создания в геоинформационной системе. Как видно на рис. 1 внешний контур один и

идентифицируется объектом «6». Внутри него располагаются 2 контура меньших размеров: «7» и «8». В результате дальнейшего анализа формируются остальные вершины дерева.

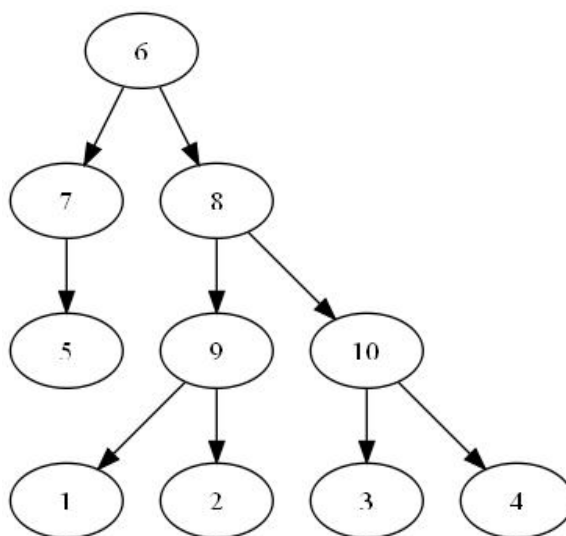


Рис.2. Представление иерархии площадных объектов

Для визуализации дерева использовалась отдельная программа GraphViz и ее утилита «dot», которая является одним из способов представления структурной информации в виде абстрактных графов и сетей [7]. Иерархическое дерево хранится в отдельном файле формата *.gv. Структура файла такова, что в ней указываются только односторонние связи между объектами. Для данного примера структура файла выглядит так (рис.3):

```
1 digraph example
2 {
3     6->7;
4     6->8;
5     7->5;
6     8->9;
7     8->10;
8     9->1;
9     9->2;
10    10->3;
11    10->4;
12 }
```

Рис.3. Структура *.gv файла для рис.2

Алгоритм поиска структуры с минимальной высотой

Целью разработки алгоритма является преобразование исходного дерева, что увеличит скорость обработки данных в связи

с сокращением уровней иерархии при сохранении всех объектов. В основу положен алгоритм «поиска в глубину».

Пусть A – это исходное дерево пространственных отношений, а B – это дерево пространственных отношений с минимальной высотой и с тем же количеством объектов.

Алгоритм преобразования дерева A к дереву B заключается в следующем. Для каждой вершины A_i дерева A вычисляется максимальная длина ветви h из A_i по всем направлениям. Из всех максимумов выбирается самая минимальная длина и это вершина будет новым корнем дерева. Данное действие можно описать следующей формулой:

$$A_0 = A_k : h_k = \min(h_i). \quad (1)$$

В формуле (1) корневая вершина A_0 – это такая вершина A_k ($k \in 1, 2, \dots, n$), что ее длина h_k является минимальной из всех максимальных длин h_i ($i = 1, 2, \dots, n$).

Стратегия поиска в глубину состоит в том, чтобы идти «вглубь» дерева настолько, насколько это возможно. Алгоритм поиска описывается рекурсивно: перебираем все исходящие из рассматриваемой вершины рёбра. Если ребро ведёт в вершину, которая не была рассмотрена ранее, то запускаем алгоритм от этой нерассмотренной вершины и увеличиваем значение h_i на единицу, а после возвращаемся и продолжаем перебирать рёбра. Возврат происходит в том случае, если в рассматриваемой вершине не осталось рёбер, которые ведут в нерассмотренную вершину. Если после завершения алгоритма не все вершины были рассмотрены, то необходимо запустить алгоритм от одной из нерассмотренных вершин.

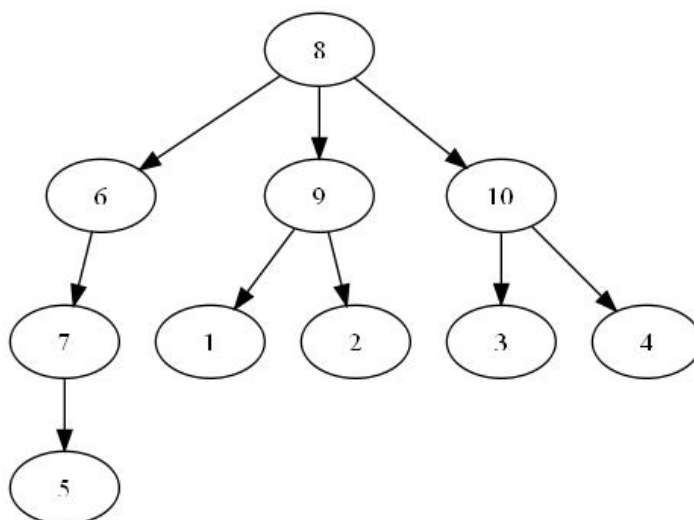


Рис.3. Дерево B как результат применения алгоритма «поиска минимальной высоты»

После завершения выполнения работы алгоритма определяем вершину с наименьшей длиной ветви h_k и присваиваем ей первый уровень иерархии. После чего строится дерево с наименьшей высотой. Алгоритм «поиска минимальной высоты» показан на рис.4.

После обработки дерева A количество уровней иерархии осталось прежним, но количество объектов на последнем уровне заметно сократилось, при этом структура дерева осталась прежней, поменялись лишь связи.

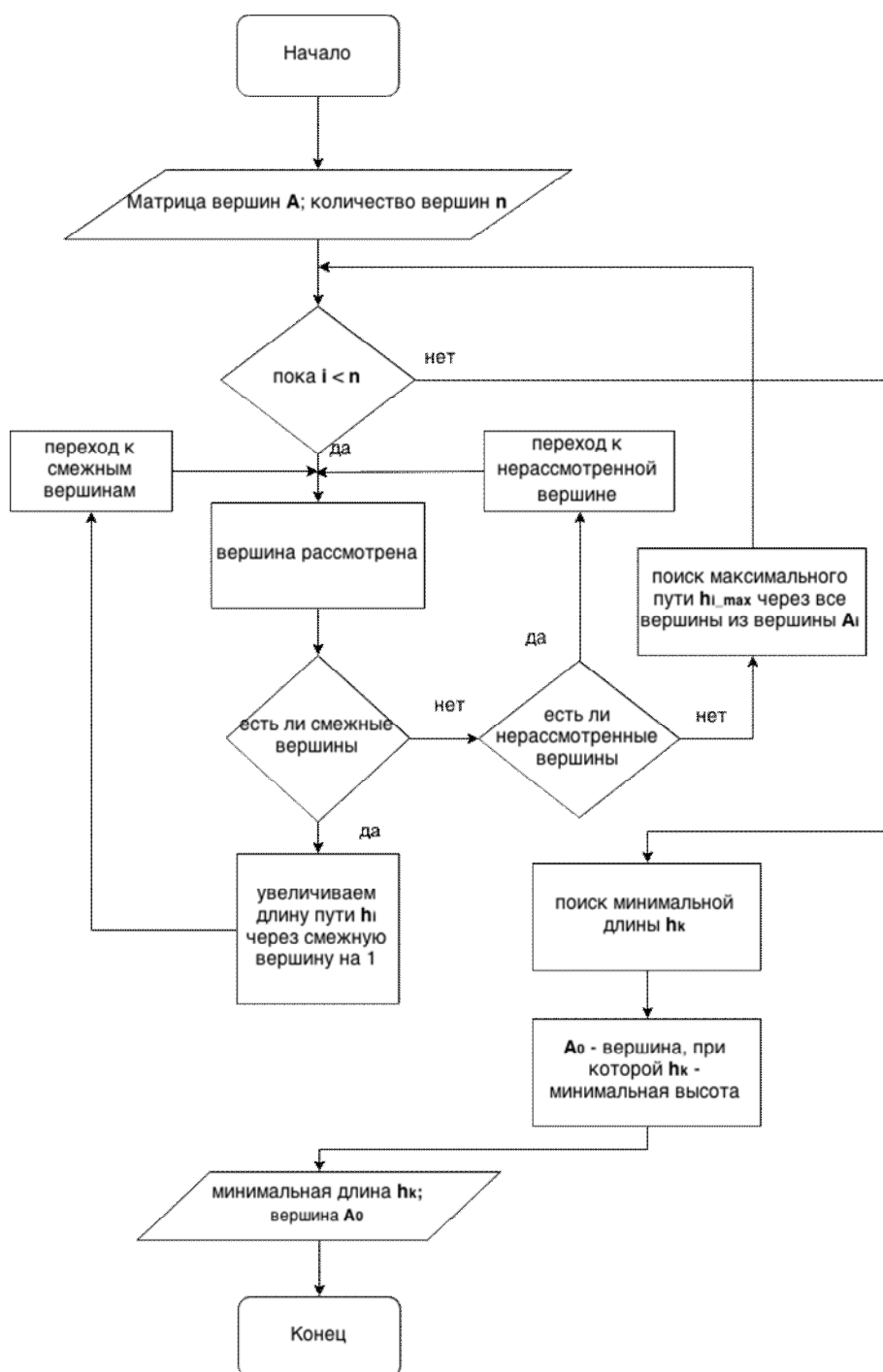


Рис. 4. Блок-схема алгоритма «поиска минимальной высоты»

Кодирование идентификатора пространственного объекта

Код идентификатора для однобайтового представления чисел имеет следующую структуру (рис.5):



Рис. 5. Структура идентификатора

То есть для данного случая можно выбрать 255 объектов первого уровня, 255 – второго, третьего и четвертого.

Например, для случая, который показан на рис.3, запись 8.9.2.0 означает, что объект находится на 3-ем уровне иерархии, и его предки – это объект 9 (2 уровень) и объект 8 (1 уровень).

Отличительной особенностью данного метода кодирования пространственных отношений является быстрый способ обращения к связанным объектам. То есть поиск и обработка ведется не в базе топологических отношений между всеми объектами, а лишь на определенном уровне идентификатора. При этом можно указать тип отношения, чтобы детализировать процесс поиска нужных объектов, связанных с текущим.

Результаты работы алгоритма

Для показательного теста программы использовалась модель: 4 слоя и 49 объектов (рис.6):

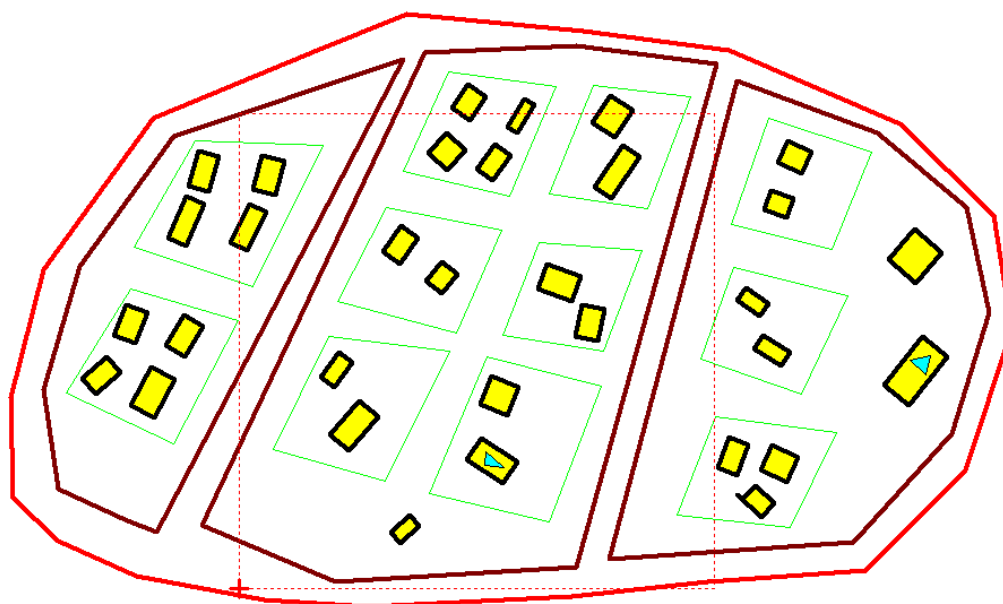


Рис. 6. Фрагмент векторной карты

Разработано программное обеспечение, которое формирует дерево пространственных связей, преобразует его в соответствии с алгоритмом «поиска минимальной высоты» и после этого присваивает объектам строковые коды. Результат работы программы показан на рисунке 7.

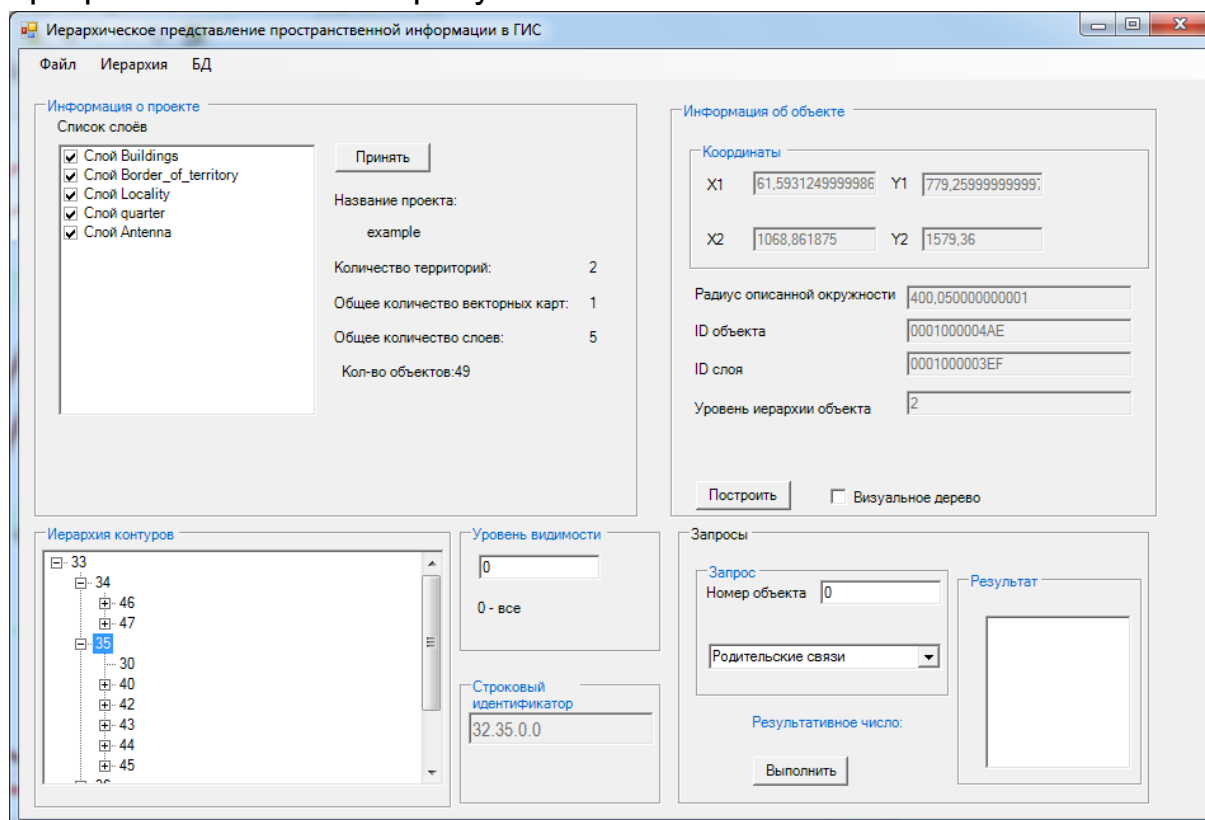


Рис. 7. Иерархия площадных объектов и их описание, включая строковые идентификаторы

Заключение

В статье рассмотрены существующие подходы для хранения пространственных отношений в ГИС, а также разработана программа, реализующая алгоритм кодирования пространственной информации о пространственных взаимоотношениях в иерархических топологических системах непосредственно в идентификаторе объекта. Разработана структура такого идентификатора, которая разделена на несколько групп чисел, соответствующих определенным уровням иерархии в дереве.

Все уровни кроме первого содержат информацию о типе отношений с родительским объектом. Это позволяет получить

быстрый доступ ко всем связанным объектам, обладая лишь информацией об идентификаторе обрабатываемого объекта.

Данный метод может найти применение в систематизации данных, чтобы представить все объекты карты в одном дереве, а также быстром поиске нужной информации. Так же этот метод удобен тем, что позволяет хранить большое количество информации о пространственных объектах без эффекта избыточности.

Литература

1. Еремеев С.В., Андрианов Д.Е., Комков В.А. Алгоритмы формирования графовой модели городской территории в ГИС // Геоинформатика. 2013. №4. С. 19-24.
2. Булаев А.В. Формальная модель установления топологических отношений с объектами, содержащими криволинейные сегменты // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2008. №13. С. 16-24.
3. Шарапов Р.В., Варламов А.Д. Основные метрики, оценивающие качество работы систем поиска изображений // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2013. №2. С. 3-11.
4. Канунова Е.Е. Информационная система регионального музея: структура, опыт разработки и использования // Современные проблемы науки и образования. 2013. №6. С. 121.
5. Садыков С.С., Буланова Ю.А., Канунова Е.Е., Захарова Е.А. Разработка концепций построения информационной системы диагностики новообразований на маммограммах // Информационные технологии. 2014. №10. С. 51-56.
6. Терёхин А.В. Концепция распознавания произвольно расположенных трехмерных объектов по двум изображениям проекций // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2014. № 2. С. 29-40.
7. <http://www.graphviz.org/>
8. Андрианов Д.Е., Булаев А.В. Автоматизированная обработка пространственной информации в геоинформационных системах // Автоматизация и современные технологии. 2007. № 8. С. 3-6.
9. Андрианов Д.Е., Садыков С.С., Симаков Р.А. Разработка муниципальных геоинформационных систем. -М.: Мир, 2006. -109 с. ил.
10. Андрианов Д.Е., Булаев А.В. Автоматизированная обработка пространственной информации в геоинформационных системах//Автоматизация и современные технологии. 2007. № 8. С. 3-6.
11. Андрианов Д. Е., Штыков Р. А., Уткин. Ю.В. Экономия энергии путем управления тепловыми сетями на промышленном предприятии//Промышленная энергетика. -2003. -№ 6. -С. 2-5.

ТЕЛЕФОН: 8-905-142-1234

E-MAIL: SV-EREMEEV@YANDEX.RU