

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ БАЗ ДАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ КВАДРАТОМИЧЕСКИХ ДЕРЕВЬЕВ

Палагин А.В., Головки Б.Б., Васюхина И.М.

Институт кибернетики имени В.М.Глушкова НАН Украины

Abstract

Palagin A.V., Golovko B. B., Vasyukhina I. M.. Method of shaping of a structure of data bases of geo information system of real time because of quadrotomical trees. In a paper the paths of a construction of basses of cartographic dates with use of quadrotomical tree are considered. The representation of images of a cartographic and character information in data bases geoinformation systems of real time is considered. The mathematical evaluation of time of a demand in a data base constructed because of quadrotomical tree is given.

Временной фактор является одним из основных критериев, определяющих эффективность функционирования геоинформационных систем реального времени (ГИС РВ). В связи с этим, задачи связанные с уменьшением времени поиска и отображения картографических данных, необходимых для построения динамических сцен в реальном времени, представляются весьма актуальными [1-3].

Количество картографических данных, используемых при построении баз данных (БД) ГИС РВ, составляет значительные массивы, что влечет за собой определенные временные затраты на поиск и представление в виде зрительных образов. В свою очередь, время поиска необходимой информации в БД существенно зависит от принципа построения и архитектуры самой БД [4,5].

Нами проведен анализ известных принципов построения БД ГИС РВ с целью построения более эффективных архитектур, обеспечивающих режим реального времени.

В качестве примера рассмотрим одну из типичных ГИС РВ - систему разводки самолетов вокруг крупного аэропорта. Главной задачей такой системы является задача отображения и проведение анализа воздушной обстановки в реальном времени.

В основе анализа воздушной обстановки лежит задача поиска в геометрической области [5]. Ранее такие задачи решались визуальным диспетчерским коллективом аэропорта при считывании информации непосредственно с экранов кругового обзора, входящих в состав

аппаратуры представления воздушной обстановки. При этом часто возникали ошибки, обусловленные человеческим фактором и значительными погрешностями отображения обстановки, связанные с неадекватными методами отображения картографических моделей местности и поиска объектов в геометрической области. Эти погрешности отрицательным образом влияли на формирование адекватных решений диспетчерского персонала.

Попытка возложить на плечи машины некоторые хорошо формализуемые задачи анализа воздушной обстановки лишь частично разрешает отмеченную проблему. Исследования показали, что время обработки и представления картографических данных, находящихся в БД ГИС РВ, может быть вполне допустимым, однако при использовании «хороших» архитектур баз данных и алгоритмов представления картографической информации с одновременным отображением движущихся объектов, количество одновременно сопровождаемых объектов в данном отрезке времени может быть увеличено в несколько раз.

В работе предложен метод построения БД ГИС РВ, с помощью которого строится архитектура базы картографических данных с использованием квадратомиического дерева. Она содержит описание класса иерархических структур данных, общее свойство которых основано на принципе рекурсивной декомпозиции пространства. Такой принцип широко используется для представления точечных данных, областей, кривых, поверхностей и даже объемных тел.

В основу рекурсивной декомпозиции положены следующие компоненты:

- тип данных;
- принцип, определяющий процесс декомпозиции;
- количество уровней, к которым применяется процесс декомпозиции.

Представление информации в БД с помощью принципа квадратомиического дерева показано на рис. 1.

Область, показанная на рис. 1а, представлена двоичным массивом размерностью 8 на 8. На рис. 1б единицы (пиксели) соответствуют элементам изображения внутри области, а нули соответствуют элементам изображения, находящимся вне области. Двоичный массив, показанный на рис. 1б, на рис. 1с представлен блоками, а его отображение в виде квадратомиического дерева показано на рис. 1д. Как видно из этого рисунка, иерархическая структура данных об изображении представляется деревом степени 4, т.е. каждый нелистовой узел имеет четырех потомков. Каждый потомок узла представляет квадрант области. На рис. 1д квадранты отмечены как NW, NE, SW, SE. Листовые узлы дерева соответствуют тем блокам, для которых никакое дальнейшее деление становится невозможным. Вершина считается ЧЕРНОЙ или БЕЛОЙ в

зависимости от того, находится ли соответствующий блок полностью внутри или полностью вне рассматриваемой области.

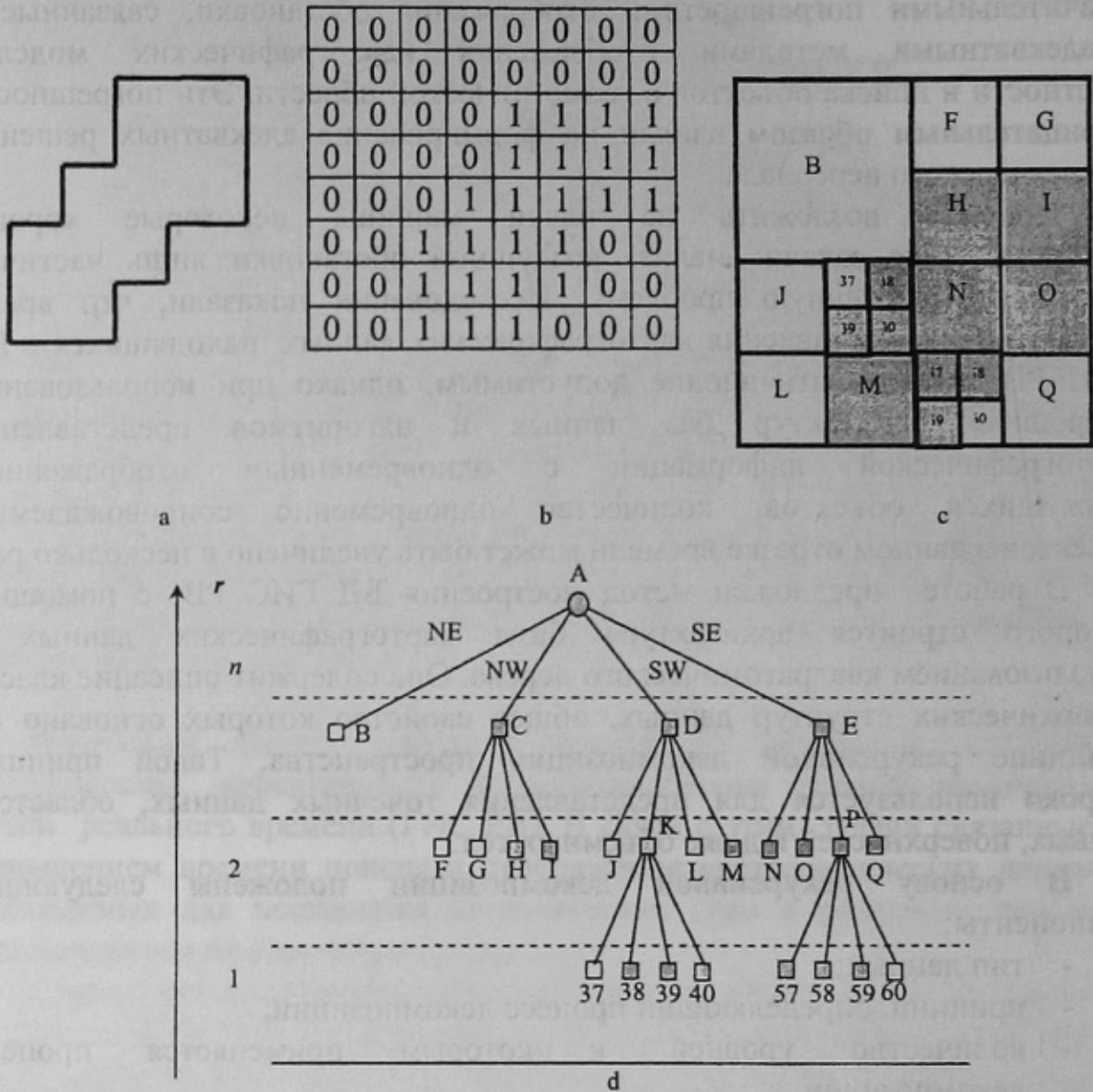


Рисунок 1 - Пример построения квадратомиического дерева для участка карты, представленной в растровом виде:

где: а - область растра;

б - двоичное представление;

с - блоки декомпозиции области;

д - соответствующее квадратомиическое дерево.

Преимущества применения квадратомиических деревьев обусловлено более эффективным выполнением пространственных операций - принадлежности, пересечения и включения, которые проявляются, например, при получении ответов на запросы о нахождении самолета в определенной зоне или при пересечении траектории его движения с выбранной зоной полета. Отметим также момент, когда

применение квадратомиических деревьев по сравнению с деревьями других типов наиболее эффективно: процесс обработки запросов в существующих БД ГИС РВ значительно упрощается при поиске и отображении картографического фона в рамках номенклатурных листов цифровых карт местности, необходимых участков рассматриваемой территории, когда используются прямоугольные области для запросов и представления растровых данных, представленных в евклидовой (прямоугольной) плоскости, соответствующей экрану средств вывода [4-6].

Необходимо, чтобы выполнялось правило: каждому узлу квадратомиического дерева должен соответствовать квадрант преобразуемого растрового изображения. При этом количество уровней от корня к листьям такого дерева заранее определено и неизменно [6].

Бесконечно раскладываемое квадратомиическое дерево, состоящее из узлов на ненулевом и листьев на нулевом уровне, математически можно представить в виде следующей суммы: $1+4+4^2+\dots+4^n$, (на каждом уровне разбиения по 4^i узлов, $i \in [0, n]$, где n – степень двойки растрового массива объемом $V_0 = 2^n \times 2^n$ пикселей), который, при полной его декомпозиции, может быть представлен в квадратичной структуре в следующем объеме [5]:

$$V_{q \max} = \frac{4^{n+1} - 1}{3} \cdot v, \quad (1)$$

где v – объем одного узла квадратомиического дерева.

Математическое ожидание времени выполнения пространственного запроса на поиск одного динамического объекта (ДО) в рамках рассматриваемого растрового изображения, представленного в виде сбалансированной структуры на основе квадратомиического дерева при полной декомпозиции, представляется формулой.

$$t_q = \log_4(N_q) \cdot t_0, \quad (2)$$

где $N_q = \frac{4^{n+1} - 1}{3}$ – количество узлов в квадратомиическом дереве, t_0 – время перехода от одного узла дерева к другому.

Объем растрового изображения для структуры БД на основе квадратомиического дерева предлагается существенно уменьшить за счет использования такого дерева с применением переменного уровня детализации растрового изображения. В этом случае используется понятие квадратомиического дерева, где узлами могут быть представлены его листья. В этой структуре БД ГИС РВ уровень r – параметр, определяющий как объем, так и качество растрового изображения.

При переходе от n^{ozo} уровня, на r уровней вверх квадратомиического дерева, растровое изображение может быть сохранено в следующем объеме:

$$V_{gr} = \frac{4^{n-r+1} - 1}{3} \cdot v, \quad (3)$$

где r – переменный уровень предложенного квадратомиического дерева.

При такой организации дерева выигрыш в объеме составит:

$$V_{\Delta q} = \frac{4^{n+1}(1-4^{-r})}{3} \cdot v, \quad (4)$$

где n, r, v – имеют тот же смысл, что и в (1), (2), (3).

В этом случае согласно формуле (2) математическое ожидание времени выполнения пространственного запроса составит:

$$t_q = \log_4(N_q - N_{\Delta q}) \cdot t_0, \quad (5)$$

где: $N_{\Delta q} = \frac{4^{n+1}(1-4^{-r})}{3}$.

Несмотря на то, что полученные формулы (3) - (5) позволяют оценить изменение объема и времени выполнения запроса, для более удобной оценки необходимо определить отношение объема структуры БД, согласно (1) и объема усовершенствованной структуры согласно (3).

После преобразований видно, что применение структуры БД ГИС РВ с переменным уровнем детализации растра позволяет при решении задач снизить объем квадратичной структуры в $\frac{4^{n+1} - 1}{4^{n+1-r} - 1} \cong 4^r$ раза, при этом выигрыш во времени выполнения запроса составляет $\frac{1}{r}$ раз.

Следует отметить, что уменьшение уровней квадратомиического дерева ведет как к снижению временных ограничений режима реального времени, так и к увеличению площади запрашиваемого растрового изображения. Такая возможность позволяет нам при фиксированных размерах прямоугольной области запроса произвести выборку дополнительных ДО наряду с ДО, принадлежащих растровой области при полной ее декомпозиции.

Выбор уровня квадратомиического дерева r может определяться на основе различных параметров. Такими параметрами, к примеру, могут быть вероятности правильного или ложного решения задачи, полученные в результате проведения анализа пространственных операций. В силу существующих ограничений на время выполнения запроса в БД ГИС РВ, которые обусловлены соблюдением режима реального времени, в качестве определяющего параметра предлагаемой структуры БД ГИС РВ удобно использовать математическое ожидание времени выполнения пространственного запроса.

Выводы

Предложен метод построения базы картографических данных ГИС РВ на основе квадратомического дерева, содержащий описание класса иерархических структур данных, общее свойство которых основано на принципе рекурсивной декомпозиции пространства. Причем объем картографических данных представлен следующим выражением:

$$V_{q \max} = \frac{4^{n+1} - 1}{3} \cdot v, \quad (6)$$

где v – объем одного узла квадратомического дерева.

Литература

1. Зозулевич Д.М. Машинная графика в автоматизированном проектировании М.: Машиностроение 1976.- 240 с.
2. Intel Architecture MMX Technology Programmers Reference Manual.- Intel Co.- order #243007.
3. Three Vectors of Performance - Intel Corp., order #243398-09, 1997.
4. Hanan Samet, The quad tree and related hierarchical data structures, Computing Surveys, Vol. 16, No 2, June 1984, p. 187-260.
5. Васюхин М.И. Принципы построения структур баз данных геоинформационных систем на основе квадратомических деревьев// Вестник ХГТУ.- Херсон, 2000.- №9.- С.335-362.
6. Hunter, G. M., and Steiglitz, K. Operations on images using quad trees. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell 1, 2 (Apr.), . 1979, 145-153p.

Дата надходження до редакції 20.05.2005 р.