

# Алгоритм поиска пространственных объектов по заданным критериям на основе буферных зон\*

Сергей Еремеев, Юрий Ковалёв

sv-eremeev@yandex.ru, yurko02@mail.ru

Россия, Муромский институт (филиал) Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

*В статье произведен анализ существующих алгоритмов построения буферных зон вокруг объектов. Разработан алгоритм поиска пространственных объектов по заданным координатам. В качестве результата реализации алгоритма приводится отображение векторных объектов, которые удовлетворяют заданным критериям поиска. Отличительной особенностью алгоритма является поиск объектов на заданном радиусе в многомасштабных ГИС. Разработанный алгоритм позволяет выполнять поиск объектов по заданным критериям на многомасштабных ГИС.*

**Ключевые слова:** выделение контуров; обработка изображений; векторная карта; геоинформационные системы; буферные зоны

## 1. Введение

В настоящее время спутниковые карты получили широкое применение, дав огромную возможность пользователям в интернете взглянуть на свой дом, город, реку, либо те места, в которые люди хотят попасть.

Существует большое количество программ и сайтов для поиска объектов на карте, например, «Google maps», «Яндекс карты», «2ГИС» и т.д. Но данные системы имеют ограниченный набор слоев для поиска пространственных объектов на определенном радиусе, например, жилья, места под строительство нового объекта. Важным моментом для поиска такого места или объекта является нахождение рядом с ним пространственных элементов: метро, магазин, детский сад, школа и многое другое.

Но существующие сервисы, использующие спутниковые карты, не позволяют делать расширенный поиск по геометрическим и топологическим свойствам, в которых критерием поиска являются отношения между объектами. Основным элементом для разработки алгоритма является построение буферных зон. Операции построения буферной зоны применяются в транспортных системах, лесном хозяйстве, при создании охранных зон вокруг озер и вдоль водотоков, при определении зон загрязнения вдоль дорог, зоны влияния существующей или проектируемой сети транспортных коммуникаций, связанной с изменением экологической обстановки, и т.д.

Также буферные зоны используются для разработки других алгоритмов, к примеру, методология для управления контурных линий. Метод основан на генерации буферов вокруг контурных линий, которые определяют буфер вокруг 3D линии максимального наклона. После этого происходит

анализ количества очков с более точным источником, который находится внутри этого буфера. В результате получается функция распределения контрольных точек, включенных в момент применения нескольких размеров с буферами.

Также алгоритм построения буферных зон можно применить для создания парковочных мест. Например, автомобиль не может быть припаркован в  $k$  метрах от здания и все места для парковки должны быть вне дороги. При моделировании данной ситуации полигоны буферизации размещаются вокруг каждой секции здания с буфером на расстоянии  $k$  метров. Здесь используется внешняя полигональная буферизация. После исключения дублирования всех областей, которые не подпадают под результирующий буфер, можно будет использовать данные парковочные места.

Большинство ГИС-приложений предлагает построение буферов как аналитический инструмент, но настройки, которые указаны при создании буферов могут различаться. Например, не все ГИС-приложения позволяют строить буфер по правой или левой стороне линии, производить размытие границ или строить внутренние буферы. Буферное расстояние всегда должно быть определено как целочисленное значение или десятичная дробь. Это значение определяется в единицах измерения карты (метры, футы, десятичные градусы) в соответствии с системой координат векторного слоя, на основе которого строится буфер. В отечественной ГИС ИНГЕО существует возможность задавать радиус буферной зоны вручную с помощью встроенного метода, что является хорошей базой для решения задач на основе буферных зон [1-3,6].

## 2. Постановка задачи

В работе требуется разработать алгоритм, который будет отображать пространственные объекты на карте по заданным свойствам. Основой алгоритма является построение буферных зон вокруг объ-

Работа опубликована по гранту РФФИ №16-07-20482

ектов.

Существует возможность вариаций в построении буферных зон. Буферное расстояние может изменяться в соответствии с числовым значением, присвоенным объекту в поле атрибутивной таблицы, вокруг которого строится буфер. Числовые значения должны быть определены в единицах измерения картографической проекции, в которой записаны данные [4, 5, 8].

Буферная зона создается в виде полигонального или линейного объекта в зависимости от выбранного шаблона объектов. Например, буферные зоны можно использовать для отображения охраняемых зон водных объектов, расстояний от школ или общественных заведений и т.п. Можно создавать буферные зоны одновременно для нескольких пространственных объектов, но вокруг каждого из них будет создано по собственной отдельной буферной зоне.

Буферная зона и пространственные элементы могут иметь следующие топологические отношения:

- пересечение объекта с буферной зоной. Объект не входит в буферную зону, но имеет с ней точки пересечения;

- нахождение объекта внутри буферной зоны. Объект располагается в области буферной зоны, но не имеет точек пересечения с ее границами [7].

Анализ взаиморасположения указанных объектов позволит более точно сделать их выборку. Кроме того, необходимо рассмотреть работу алгоритма для случая поиска объектов в многомасштабных ГИС.

### 3. Алгоритм поиска пространственных объектов

#### 3.1 Поиск пространственных объектов на одном масштабе

Пользователь выбирает нужные ему слои, относительно которых должны располагаться искомые объекты, а также буферное расстояние для каждого слоя.

Буферные зоны строятся следующим образом:

Шаг 1. Для точечных объектов строятся многоугольники, которые вокруг объектов аппроксимируют круговые буферные зоны. Размер буферной зоны определяется как радиус, который задается вручную, либо автоматически.

Шаг 2. Далее происходит вычисление прямоугольников для отрезков, которые объединяются с круговыми зонами, и полностью определяют буферную зону.

Шаг 3. Все полученные круговые зоны и многоугольники подаются на вход алгоритма для построения триангуляции с ограничениями в качестве регионов. Все треугольники, попавшие в общий регион, объединяются.

Далее идет поиск объектов в данной буферной зоне.

Пусть  $b$  — буферная зона вокруг объекта  $x \in X$ , где  $X$  — множество объектов. Тогда все объекты, находящиеся в буферной зоне, определяются как  $b = x_1, x_2, \dots, x_n$ ,  $n$  — количество объектов в буферной зоне. Буферная зона строится по всем пространственным элементам заданных слоев, что дает множество буферных зон  $B = b_1, b_2, \dots, b_m$ ,  $m$  — количество буферных зон.

Объекты находятся в буферной зоне, если они попадают в ее радиус. На рис.1 отображены пространственные элементы, которые не пересекаются, но попадают в указанный радиус буферной зоны.

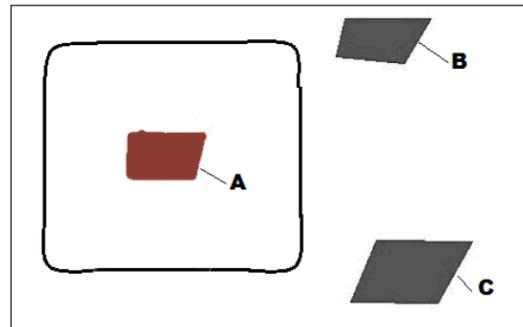


Рис. 1: Буферная зона вокруг пространственного элемента А.

На рис.2 показано несколько областей вокруг выбранных объектов. Тогда пространственными элементами, которые находятся в заданных областях, считаются те, которые попадают в обе буферные зоны.

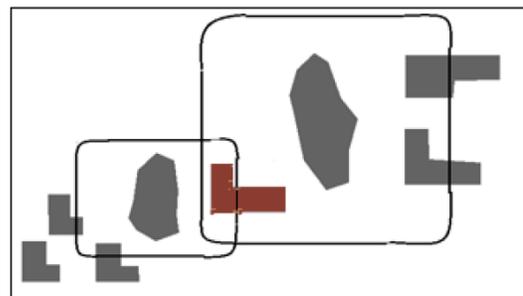


Рис. 2: Несколько объектов, вокруг которых строятся буферные зоны.

Последним этапом является выделение объектов, которые либо входят, либо пересекаются с буферной зоной  $B_i$ , где  $i = 1, 2, 3, \dots, h$ ,  $h$  — количество объектов входящих или пересекающихся с буферной зоной.

Одним из вариантов построения буферных зон является буферизация с «взвешиванием», когда размер буфера является индивидуальным для каждо-

го объекта. При этом аппроксимация круговых буферных зон может производиться многоугольниками с фиксированным числом вершин  $S$ , либо с переменным, выбираемым на основании заданной точности. Чтобы во втором случае трудоёмкость алгоритма неограниченно не возрастала при увеличении размеров входных объектов, все индивидуальные  $S_i$  ограничивается сверху некоторым общим значением  $S$ .

### 3.2 Поиск пространственных объектов

Поиск в многомасштабных ГИС происходит по следующему алгоритму:

Шаг 1. На уменьшенном масштабе строятся буферные зоны вокруг заданных объектов;

Шаг 2. Все объекты, попавшие в радиус или пересечение с буферной зоной, выделяются;

Шаг 3. На остальных масштабах карт происходит поиск и выделение уже найденных ранее объектов по идентификатору.

Детальный поиск происходит только в соответствующих буферных зонах, а не по всей карте, что позволяет значительно сократить время поиска нужных объектов.

На рис.3 можно увидеть несколько областей вокруг выбранных объектов на 3 разных масштабах.

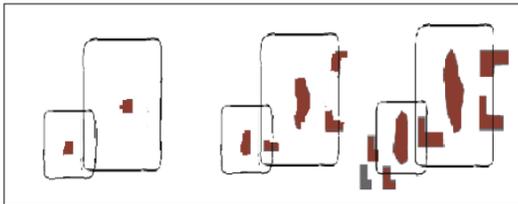


Рис. 3: Несколько объектов, вокруг которых строятся буферные зоны на трех масштабах

### 4. Исследование алгоритма поиска

Для исследования алгоритма была взята карта г. Муром. Карта состоит из нескольких слоев: здания, озера, ж/д пути, дороги, кварталы, стадионы. Для данных слоев можно задать различные критерии поиска, в том числе делать выборку объектов, которые удовлетворяют сразу нескольким критериям. На многомасштабных ГИС данная выборка делается на уменьшенном масштабе, что значительно сокращает время поиска на всех картах.

Для примера произведен поиск с критерием «Озеро», чтобы найти все здания, находящиеся рядом с водоемами на расстоянии 500 метров.

На рисунке 4 выделены только те здания, которые находятся рядом с водоемами на указанном расстоянии.

### 5. Заключение

В статье описан алгоритм поиска пространственных объектов в многомасштабных ГИС по задан-

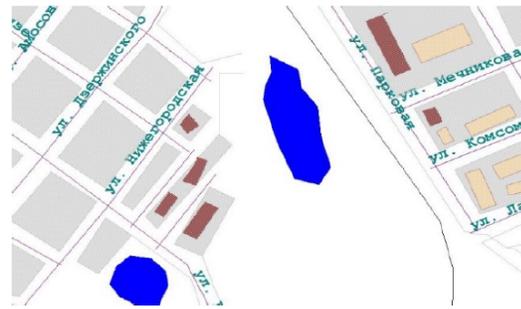


Рис. 4: Объекты, которые находятся рядом с озером на заданном расстоянии

ным критериям. Подробно представлен алгоритм, в основе которого лежит построение буферных зон, приведены результаты его применения к картам. Данный алгоритм полезен при поиске недвижимости, в частности, для риелторов, а также в строительстве при необходимости поиска места для постройки новых зданий и объектов.

### Литература

- [1] Antonio T. Mozas-Calvache, Manuel Antonio Ureña – Cámara & José Luis Pérez – García, Accuracy of contour lines using 3D band, International Journal of Geographical Information Science, Volume 27, Issue 12, 2013, p. 2362-2374.
- [2] Peng Dong, An effective buffer generation method in GIS, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS '03. Proceedings. 2003 IEEE International, 3706 - 3708 vol.6
- [3] Еремеев С.В., Андрианов Д.Е., Баринов А.Е., Титов Д.В. Алгоритмы поиска объектов по пространственным характеристикам в задачах муниципальных ГИС // Известия юго-западного государственного университета. 2012. №2. С. 37-41. (Часть 3. Серия управление, вычислительная техника, информатика, медицинское приборостроение)
- [4] Еремеев С.В. Пространственные структуры в геоинформационных системах // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2007. №12. С. 71-74.
- [5] Еремеев С.В. Алгоритмы обработки данных в геоинформационной системе для учета земельных участков // Ползуновский вестник. 2012. № 2-1. С. 121-125.
- [6] Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. и др. Основы геоинформатики: В 2-х кн. Кн. 2: учеб. пособие для студ. вузов, под ред. В.С. Тикунова. – М.: Издательский центр "Академия 2004.
- [7] Скворцов А.В., Мирза Н.С. Алгоритмы построения и анализа триангуляции — Томск: Изд-во Том. унта, 2006. — 168 с.
- [8] Садыков С.С. Формирование безразмерных коэффициентов формы замкнутого дискретного контура // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2014. №4. С. 91-98.