

Алгоритм поиска различий у пространственных объектов, изменяемых во времени, на основе Баркода

Д. Е. Андрианов¹, С. В. Еремеев², Ю. А. Ковалёв³

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
¹andrianovde@inbox.ru, ²sv-eremeev@yandex.ru, ³yurko02@mail.ru

Аннотация. В статье произведен анализ векторных ГИС. Разработан алгоритм, который будет строить пространственные объекты на основе баркода. Были использованы методы персистентной гомологии, основу которых составляют числа Бетти. В качестве результата реализации алгоритма приводятся баркоды пространственных объектов и построенные объекты на основе данного алгоритма.

Ключевые слова: классификация пространственных объектов; топология; геоинформатика; баркод

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все большую популярность при построении геоинформационных систем (ГИС) принимают векторные модели данных, которым требуется на порядки меньше памяти для хранения и значительно сокращается время обработки. Системы ГИС, работающие в основном с векторными моделями, получили название *векторных ГИС*. Векторная модель данных ГИС отображает пространственные данные как совокупность следующих основных частей: геометрические (метрические) объекты (точки, линии и полигоны); атрибуты – признаки, связанные с объектами и связи между объектами.

Сейчас отслеживание изменений данных объектов и последующее построение измененных объектов происходит на основе их геометрических признаков, которые игнорируют топологию данного объекта.

Актуальность работы заключается в том, что в отличие от существующих алгоритмов обработки геообъектов будет использоваться алгоритм на основе распределения чисел Бетти, основанных на компьютерной топологии [1,2,3,4].

Основное внимание в статье уделено описанию пространственных объектов на основе баркода, что позволит использовать топологические признаки объектов, игнорируя геометрические свойства. Это

позволит анализировать объекты на разных масштабах с учетом изменений объекта во времени.

Авторами статьи описывается подход к вычислению баркодов объектов и дальнейшему построению геообъектов на их основе.

Алгоритм поиска различий у пространственных объектов, изменяемых во времени, на основе баркода позволит отображать видоизменение пространственных объектов во времени, отслеживать их изменения и прогнозировать и дальнейшее построение во времени. Также алгоритм позволяет устанавливать временные трудозатраты для построения объектов в дальнейшей перспективе.

II. АЛГОРИТМ ПОИСКА РАЗЛИЧИЙ У ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, ИЗМЕНЯЕМЫХ ВО ВРЕМЕНИ, НА ОСНОВЕ БАРКОДА

Для классификации пространственных объектов будет использоваться алгоритм распределения чисел Бетти. Данный алгоритм подробно рассмотрен для растровых изображений в статье [5].

На первом этапе алгоритма идет построение буферных зон вокруг каждого искомого объекта на карте [6, 7, 8, 9].

После поиска соприкасающихся буферных зон необходимо построить баркод [10].

Баркод для векторных объектов строится следующим образом:

1. На вход подается векторное изображение.
2. Начнем строить буферные зоны вокруг каждой точки. Диаметр будет увеличиваться постепенно.
3. Как только в списке появляются три соседние точки, чьи буферные зоны соприкасаются, соединяем их треугольником, значение функции на треугольнике.

Компоненты связанности и треугольники показаны на рис. 1.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Владимирской области в рамках научного проекта № 17-47-330387.

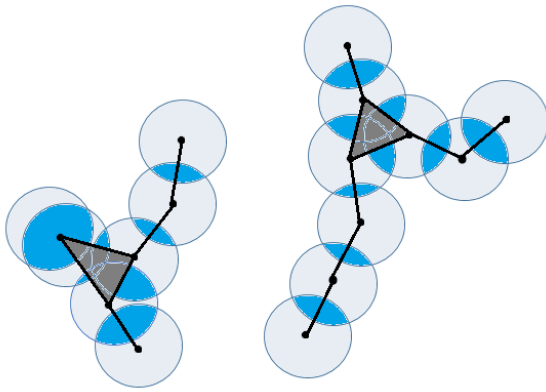


Рис. 1. Компоненты связности и треугольники

4. В результате получится список, состоящий из вершин, ребер и треугольников, упорядоченных по возрастанию функции и по размерности симплекса в случае равных значений функции

5. На основе полученной фильтрации можно вычислять числа Бетти.

6. Каждый новый диаметр буферной зоны добавляет новую компоненту связности, а ребро, в том случае, если оно соединяет разные компоненты, наоборот, удаляет компоненту. Появление треугольника означает появление дыры. В этот момент также происходит запись номера дыры и координат точек, составляющих дыру.

7. Для подсчета количества дыр и их времени жизни нужна та же фильтрация, только проходить ее нужно в обратном порядке, сверху вниз, и добавить один внешний элемент. В процессе обратного прохода при появлении каждого треугольника добавляется дыра и ее номер, соответственно увеличивается [11, 12].

8. При появлении ребра, которое является смежным для двух треугольников, ограничивающих разные дыры, компонента исчезает. В случае появления ребра на границе дыры также пропадает. В этот момент номером дыры считается та, что поглотила предыдущую дыру.

9. Продолжая движение вниз, мы получим полную фильтрацию для дыр.

На основании полученных выше дыр строится баркод.

Далее вычисляются баркоды для всех объектов на векторной карте для всех временных промежутков. Примеры объектов видоизменяющихся во времени отображены на рис 2 (а, б).



а) – объект в начальном состоянии, б) – объект в измененном состоянии
Рис. 2. Объект в разные временные промежутки

Рассмотрим баркоды для двух видоизмененных объектов. Формула баркода B_1 для первого объекта выглядит следующим образом:

$$B_1 = \{(x_i^1, l_i^1)\}, \quad (1)$$

где, $i = 1 \dots n$ – номер дыры, n – количество дыр, x_i^1 – это координата начала дыры баркода первого объекта, а l_i^1 – это длина дыры баркода первого объекта.

Формула баркода B_2 для второго объекта выглядит следующим образом:

$$B_2 = \{(x_j^2, l_j^2)\}, \quad (2)$$

где, $j = 1 \dots m$ – номер дыры, m – количество дыр, x_j^2 – это координата начала дыры баркода второго объекта, а l_j^2 – это длина дыры баркода второго объекта.

Затем вычисляется разность данных баркодов ΔB по формуле:

$$\Delta B = B_2 - B_1 = \{(x_k^A, l_k^A)\}, \quad (3)$$

где $k = 1 \dots m$ – номер дыры, m – это дыры, которые имеют различия между первым и вторым баркодом, $x_k^A = (\{x_j^2, x_i^1\})$ – это множество координат первого и второго баркода, если номера дыр не равны $i \neq j$, а $l_k^A = l_j^2 - l_i^1$ – это разница длин дыр у первого и второго баркода.

Данная разность позволяет отобразить видоизменение данных объектов во времени. Пример видоизменения отображен на рис. 3.



Рис. 3. Видоизмененный объект

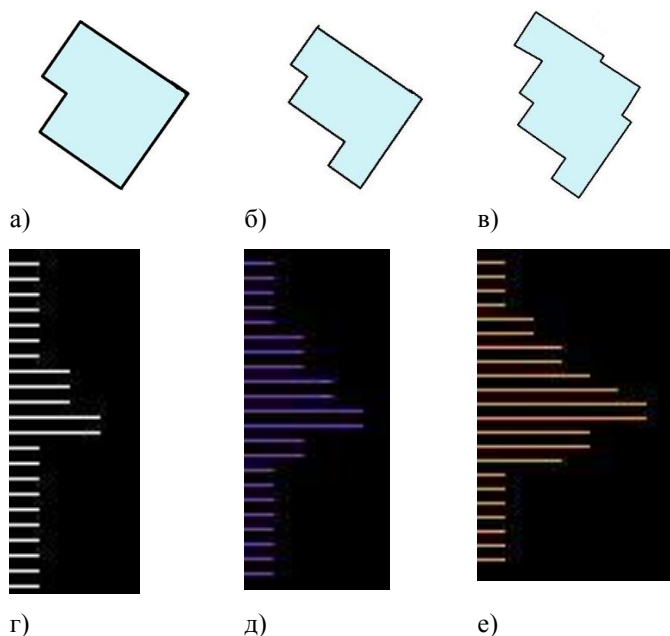
На рис. 3 зеленым цветом отображено первоначальное состояние объекта, а синим цветом его изменение через определенный промежуток времени.

Данный алгоритм позволяет отображать изменения на картах в разные временные промежутки. Например, взяв карты за разные годы.

III. РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ АЛГОРИТМА

Результатом работы алгоритма является построение первоначального объекта до его видоизмененного состояния на основе разности их баркодов. Работа алгоритма тестировалась в среде ГИС ИНГЕО.

На рис. 4 (а, б, в) находится изображения объектов в различные временные промежутки. Под каждым объектом на рис. 4 (г, д, е) отражены их баркоды.



а), б), в) Объекты в трех временных промежутка, г), д), е) Баркоды объектов в трех временных промежутках

Рис. 4. Объекты и соответствующим им баркоды

На рис. 5 находится достроенный объект на основе алгоритма построения пространственных объектов на основе баркода.

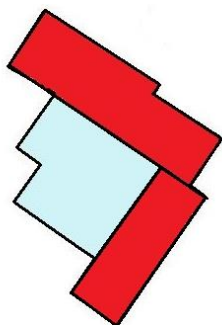


Рис. 5. Достроенный объект на основе алгоритма построения пространственных объектов на основе баркода

На рис. 5 синим цветом отображается первоначальный объект, а красным – изменение между первоначальным и измененным объектом



Рис. 6. Графики баркодов

На рис. 6 белым выделен баркод совпадающий у обоих объектов, красным выделено отличие второго баркода от первого.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье разработан алгоритм поиска различий у пространственных объектов, изменяемых во времени, на основе баркода. Подробно описан данный алгоритм, в основе которого лежит поиск баркода пространственных объектов, приведены результаты его применения к векторным изображениям.

Данный алгоритм полезен в строительстве при проектировании зданий, ЖКХ, сельском хозяйстве. Он позволяет вычислять трудозатраты для построения новых районов, отслеживания видеоизменения зданий во времени и планирования их постройки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [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] Еремеев С.В., Филимонов М.М. Алгоритм кодирования пространственных идентификаторов в иерархических топологических системах // Журнал «АмиСОД». 2014. №4(29). с. 50-58
- [5] Ковалев Ю.А., Еремеев С.В. Алгоритм классификации пространственных объектов на основе модели Random forest // Электронный научный журнал «Алгоритмы, методы и системы обработки данных». 2017. № 2(35). С. 15-21.
- [6] Ковалев Ю.А., Еремеев С.В. Алгоритм поиска пространственных объектов по заданным критериям на основе буферных зон в многомасштабных ГИС // Труды 26-й Международной научной конференции «ГРАФИКОН'2016». 2016. С. 414-416.
- [7] Zhilin Li, Qi Zhou. Integration of linear and areal hierarchies for continuous multi-scale representation of road networks // Intern. J. of Geographical Information Science. 2012. Vol. 26. P. 855-880.
- [8] Jean-Daniel Boissonnat, Karthik C. Srikanta, Sébastien Tavenas. Building Efficient and Compact Data Structures for Simplicial Complexes // An extended abstract appeared in the proceedings of SoCG. 2015.
- [9] Brassel K.E., Weibel R. A review and conceptual framework of automated map generalization // International Journal of Geographical Information System. 1988. T. 2. №. 3. С. 229-244.
- [10] Barrault M. et al. Integrating multi-agent, object-oriented, and algorithmic techniques for improved automated map generalization // Proceedings 20th International Cartographic Conference. 2001. С. 2110-2116.
- [11] Steiniger S., Weibel R. Relations among map objects in cartographic generalization // Cartography and Geographic Information Science. – 2007. T. 34. №. 3. С. 175-197.
- [12] Mackaness W.A. An algorithm for conflict identification and feature displacement in automated map generalization // Cartography and Geographic Information Systems. 1994. T. 21. №. 4. С. 219-232.