

**ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ R-ФУНКЦИЯМИ, АТОМАРНЫМИ ФУНКЦИЯМИ И ВЕЙВЛЕТАМИ**

Чуриков Д.В.<sup>1</sup>, Кравченко О.В.<sup>2</sup>

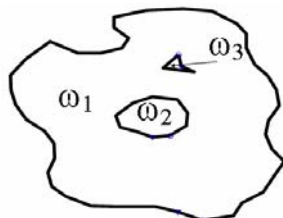
<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (ГУ),  
141700, Моск. обл., г. Долгопрудный, Институтский пер. 9, mpio\_nice@mail.ru

<sup>2</sup>Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана,  
107005, ул. 2-я Бауманская 5, Москва, тел.: (095) 263 62 16, kvf@pochta.ru

В последнее время широкое применение получили географические информационные системы (ГИС), которые обеспечивают возможность хранения, доступа, анализа и картографического представления географической информации в виде интерактивных электронных карт [1]. Кроме того, происходит постоянный рост объемов цифровой информации, с географической привязкой, относящихся к природной среде, инфраструктуре и обществу. Это обуславливает необходимость в развитии методов, позволяющих осваивать такую информацию, проводить комплексную обработку и извлекать дополнительные данные и знания. Картографическая информация представляет собой изображения контуров, областей в совокупности с определенными параметрами. Эти данные связаны между собой и образуют некоторую структуру, позволяющую проводить их комплексный анализ. Ясно, что эта информация тесно связана с задачей описания сложных геометрических объектов и их цифровой обработкой [2-7].

В основу предлагаемого подхода положены конструктивные средства теории функций В.Л. Рвачева (R-функций) [2]. Применение таких средств позволяет осуществлять аналитическое представление областей, границ областей и их участков, состоящих из кусочно-гладких функций. При таком способе представления картографической информации отпадает необходимость в хранении дополнительных массивов данных, так как вся необходимая информация может быть включена в единое аналитическое выражение. Кроме того, задание контурных изображений на основе R-функций позволяет обрабатывать сложные контуры с единых позиций алгебры логики, что существенно облегчает, а также дает возможность оптимизировать многие задачи цифровой обработки изображений и анализа картографической информации. Такой подход значительно сокращает количество ограничений и вспомогательных расчетов.

**Сложный геометрический объект и его аналитическое описание.** Географические объекты имеют самые произвольные формы и ориентацию [1,2,7]. Пример изображения многосвязного объекта, имеющего сложную геометрию границы приведен на рис. 1. В понятие сложности можно вкладывать различное содержание.



**Рис. 1.** Изображение многосвязного объекта сложной формы

При этом одной из важнейших задач является разработка методов, позволяющих для любого объекта S написать уравнение вида  $f = 0$  либо неравенство  $f \geq 0$  (где  $f$  – заданное число раз непрерывно-дифференцируемая функция) удовлетворяющееся в тех и только тех точках пространства (в двумерном случае – плоскости), которые принадлежат S. Сложные объекты можно рассматривать как организованные системы более простых, которые, в свою очередь, описываются еще более простыми. Следовательно получаем систему объектов более простых конфигураций. Они образуют систему опорных геометрических объектов. Для каждого такого опорного объекта имеется уравнение  $f = 0$  (или неравенство  $f \geq 0$ ) его определяющее. Согласно [2] имеет место следующая теорема.

**Теорема.** Если  $f$  – непрерывная функция, определенная в пространстве  $E^n$ , то чертеж  $f = 0$  и область  $f \geq 0$  представляют собой замкнутые множества (пустое множество и все пространство считаются открытыми и замкнутыми одновременно).

Таким образом, имеется некоторая конечная система опорных объектов  $\Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Sigma_n$  и  $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$  – произвольная булева функция. Функцию  $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$  можно представить в виде суперпозиции операций конъюнкции, дизъюнкции и отрицания, которым в алгебре множеств соответствуют операции пересечения, объединения и дополнения. В итоге полученный объект  $\Sigma(x)$  можно рассматривать как результат применения к опорным объектам  $\Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Sigma_n$  некоторого набора операций  $X_1 \cap X_2,$

$X_1 \cup X_2$  и  $\bar{X}$ . Построение уравнения, определяющего заданный эталонный геометрический объект, как правило, не связано с существенными затруднениями. Сам его вид подсказывает выбор опорных функций для его логического описания. В [2] показано, что для некоторых тел сложной формы процесс построения уравнений может быть формализован, а в цифровой обработке решена обратная задача аналитической геометрии.

Алгоритм работы описания контура многосвязного объекта приведен на рис. 2. На практике, такими являются изображения географических объектов, обладающих определенными характеристиками (участки суши, лесные массивы, города).

Алгоритм состоит из следующих этапов:

- На первом этапе происходит получение и предварительный анализ изображения карты. Определяется способ ее задания (растровая, векторная) и параметры обработки. Если картографическая схема задана в виде растрового изображения, то выделяются соответствующие контуры изображения [8-10].
- На следующем этапе производится сегментация контуров и их классификация. Здесь происходит разделение и замыкание контуров, определяются внутренние и внешние контуры.
- В заключительной стадии происходит описание фрагментов изображения на основе R-функций, атомарных функций и вейвлетов, а также формируется результирующее выражение, описывающее контур исходного объекта.

На рис. 1. приведен результат выделение границ (контуров) изображения, их сегментации и упорядочивания. Области изображения  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  обозначены на рисунке.

В результате были получены аналитические выражения, описывающие контуры областей  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ , а затем сформировано результирующее выражение для описания границы исходного изображения (рис. 1)

$$\omega = (\bar{\omega}_2 \wedge \bar{\omega}_3) \wedge \omega_1.$$

Результирующая формула хранит информацию не только о границе изображения объекта сложной формы, но и о самой области, в частности о ее структуре и ориентации. Это выражение можно использовать для решения краевых задач различной физической природы.



Рис. 2. Структурная схема алгоритма описания сложного контура

К достоинствам предлагаемого подхода можно отнести возможность описания на основе R-функций картографических схем изначально заданных как на основе ГИС-технологий, так и в виде растровых карт. В последнем случае требуется провести предварительную обработку изображений [7-9]. В основе предварительной их обработки лежит теория атомарных функций и вейвлетов.

#### Литература

1. Гиттис В.Г., Ермаков Б.В. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике. М.: Физматлит, 2004.
2. Кравченко В.Ф., Рвачев В.Л. Алгебра логики, атомарные функции и вейвлеты в физических приложениях. М.: Физматлит, 2006.
3. Кравченко В.Ф. Лекции по теории атомарных функций и некоторым их приложениям. М.: Радиотехника, 2003.
4. Кравченко В.Ф., Басараб М.А. Булева алгебра и методы аппроксимации в краевых задачах электродинамики. М.: Физматлит, 2004.
5. Зелкин Е.Г., Кравченко В.Ф., Гусевский В.Н. Конструктивные методы аппроксимации в теории антенн. М.: Сайнс-Пресс, 2005.
6. Басараб М.А., Кравченко В.Ф., Матвеев В.А. Математическое моделирование физических процессов в гиропсии. М.: Радиотехника, 2005.

7. Введение в контурный анализ. Приложения к обработке изображений и сигналов. Под ред. Я.А. Фурмана. М.: Физматлит, 2003.

8. Кравченко В.Ф., Федоров И.Б., Чуриков Д.В. Функции В.Л. Рвачёва и атомарные функции в задачах описания сложных контурных объектов и цифровой обработке изображений. ЭВ и ЭС. 2005.

9. Чуриков Д.В. Атомарные функции и комбинированный алгоритм фильтрации изображений в условиях помехи высокой интенсивности. Радиотехника. 2004. №9. С.69-71.

10. Чуриков Д.В. Применение атомарных функций и R-функций к задаче выделения сложных контурных сигналов из зашумленных изображений. М.: 2005, Труды РНТОРЭС. Т.1. С.236-238.

#### **DIGITAL PROCESSING OF CARTOGRAPHICAL INFORMATION ON BASIS OF R-FUNCTIONS, ATOMIC FUNCTIONS AND WAVELETS**

Churikov D.<sup>1</sup>, Kravchenko O.<sup>2</sup>

Moscow Institute of Physics and Technology  
141700, Dolgoprudny, Institutsky per. 9. mpio\_nice@mail.ru  
Bauman Moscow State Technical University,  
107005, Vtoraya Baumanskaya St., 5, Moscow, Russia. bmic@mail.ru

In this paper the new approach for description of cartographical information and its digital processing on basis of R-functions, atomic functions and wavelets is proposed. This approach allows implement analytic representation of the areas and boundaries as well as process complex boundaries from the position of algebra of logic. The algorithm of representation of boundaries of multiply-connected domain is introduced in this paper. Numerical experiment reveals effectiveness of proposed approach.