

С.В. ЕРЕМЕЕВ, К.Н. БУРИК

Алгоритм поиска симметричных структур на картах

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

В статье рассмотрена классификация симметричных структур и приведено описание алгоритма обработки пространственных данных геоинформационных систем для поиска на картах зеркальных симметричных структур

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

Введение

Геоинформационные системы (ГИС) все чаще начинают применяться для решения различных задач моделирования, осуществляют комплексный анализ и интерпретацию разнотипных данных, необходимых в различных областях научной, производственной и управленческой деятельности [1,2,3].

В статье рассмотрена классификация симметричных структур и приведено описание алгоритма обработки пространственных данных геоинформационных систем для поиска на картах симметрий, имеющих зеркальную структуру.

1. Классификация симметричных структур ГИС

Структура симметрична, если её можно разбить на две или более одинаковых частей, при этом тип симметричной структуры зависит напрямую от типа симметрии её объектов:

1. Зеркальная симметрия (симметрия отражения) - у объекта есть зеркальная симметрия, если через него проходит линия (ось симметрии), делящая его на две части, которые являются зеркальными отражениями друг друга (рис.1).

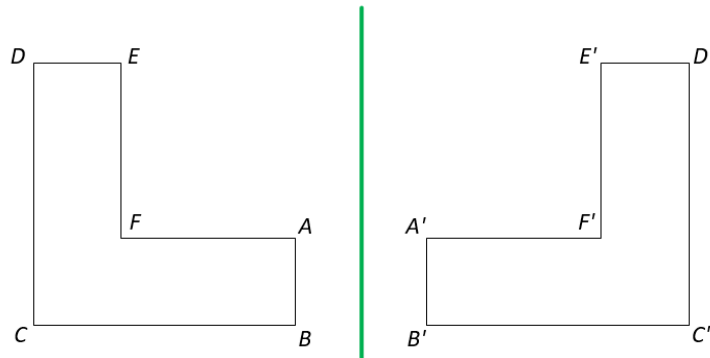


Рис. 1. Зеркальная симметрия

2. Центральная симметрия: у объекта есть центральная симметрия, если все его части можно отразить относительно точки (рис.2).

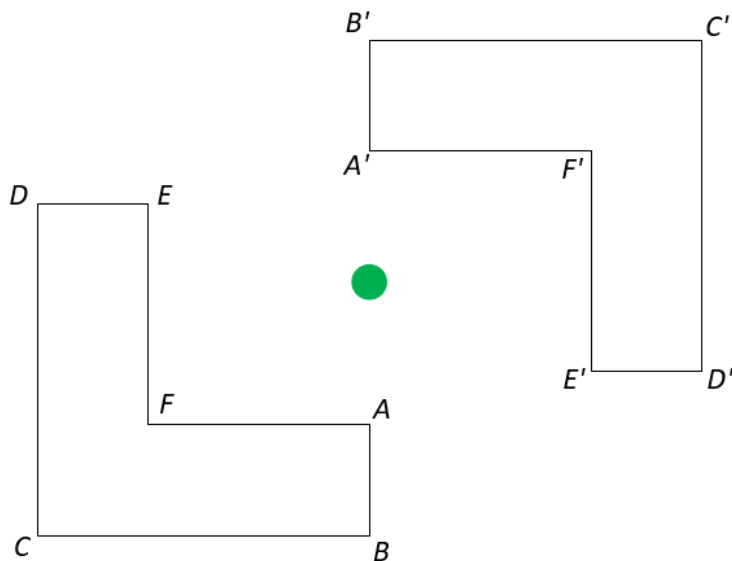


Рис. 2. Центральная симметрия

3. Симметрия вращения: у объекта есть вращательная симметрия, если объект можно вращать вокруг неподвижной точки без изменения общей формы (рис.3).

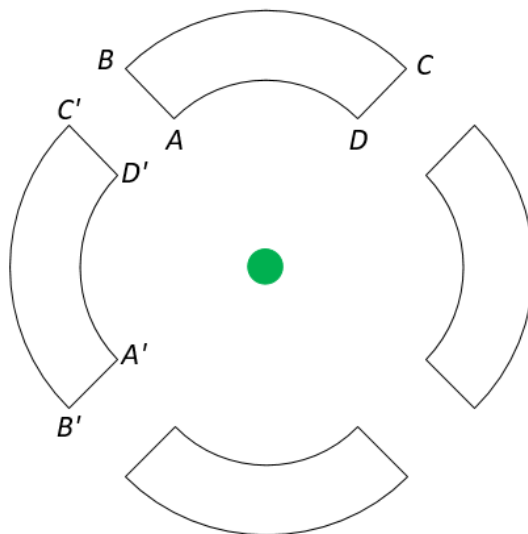


Рис. 3. Симметрия вращения

2. Алгоритм поиска зеркальной симметрии

Для проведения анализа симметричности ближайших друг к другу объектов похожей формы и размера (сравнивается количество вершин, площадь, величины углов объектов) сначала производится расчёт их центра масс [4,5]. Далее по середине линии, соединяющей центры масс, строится перпендикулярная прямая (зеркало).

Для построения зеркал используются следующие формулы:

$$mx_1 = \frac{x_1 + x_2 - (y_1 - y_2) * \frac{90 * \pi}{180}}{2}$$

$$my_1 = \frac{y_1 + y_2 - (x_2 - x_1) * \frac{90 * \pi}{180}}{2}$$

$$mx_2 = \frac{(x_2 - x_1)}{2} + x_1$$

$$my_2 = \frac{(y_2 - y_1)}{2} + y_1$$

где mx_1 , my_1 , mx_2 , my_2 – координаты границ зеркала;

x_1 , y_1 – координаты центра объекта, относительно которого строится зеркало;

x_2 , y_2 – координаты центра анализируемого на предмет симметричности объекта.

Поиск симметричных структур выполняется в заданной области на карте. При этом дополнительно необходимо указать радиус построения зеркал и максимальное расстояние поиска объектов. На первом этапе программой производится построение всех возможных вариантов зеркал между объектами, вошедшими в заданную область. Далее относительно каждого построенного зеркала программа проводит поиск объектов, имеющих **отражение**.

Структура объекта зеркало рассматривается как треугольник. От объекта до зеркала строится высота, затем она разворачивается на 180 градусов относительно зеркала. Точка, в которую указывается полученная прямая, и есть координата предполагаемого места симметричного объекта (рис.4).

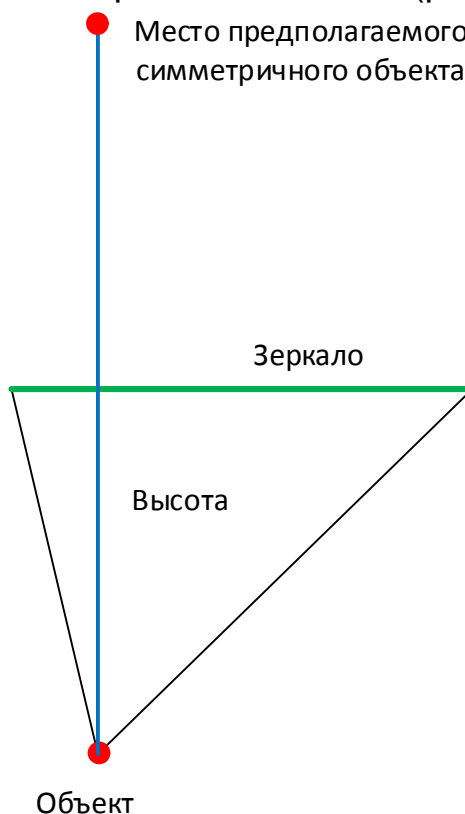


Рис. 4. Поиск «отражения»

Если с противоположной стороны зеркала найден другой объект, и он является отражением исходного объекта, то исходный объект добавляется в **симметричную структуру**. Когда все симметричные объекты текущего зеркала найдены, алгоритм переходит к поиску симметричных объектов следующего зеркала.

После завершения обработки заданной на карте области все найденные симметричные структуры, которые могут быть полностью поглощены другими структурами, удаляются из перечня структур (рис.5).

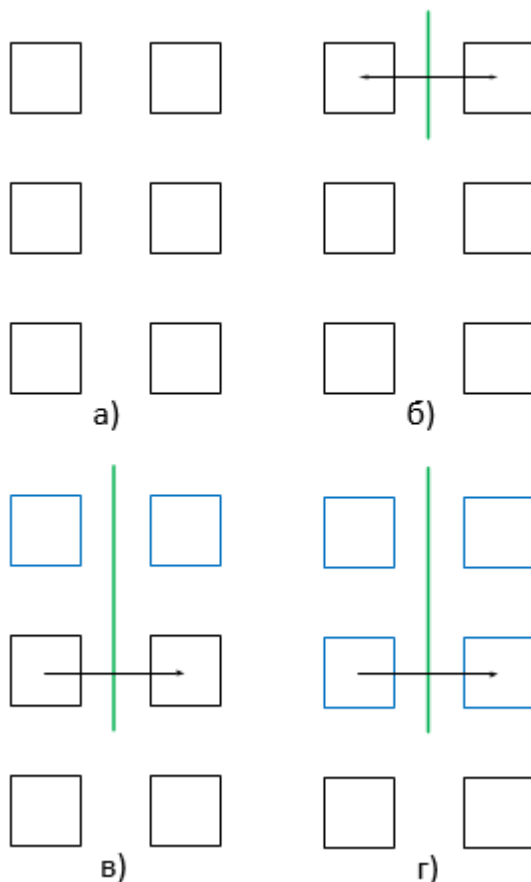


Рис. 5. Пример поиска симметричных объектов (а – исходная область, б – построение зеркала между двумя объектами, в – исходные объекты добавлены в симметрию, проверяем наличие симметрии у следующей пары, г – симметрия подтверждена, добавляем объекты в структуру)

Результатом выполнения алгоритма является массив структур, каждая из которых содержит в себе список вошедших в нее объектов.

Блок-схема алгоритма поиска зеркальной симметрии представлена на рис. 6.

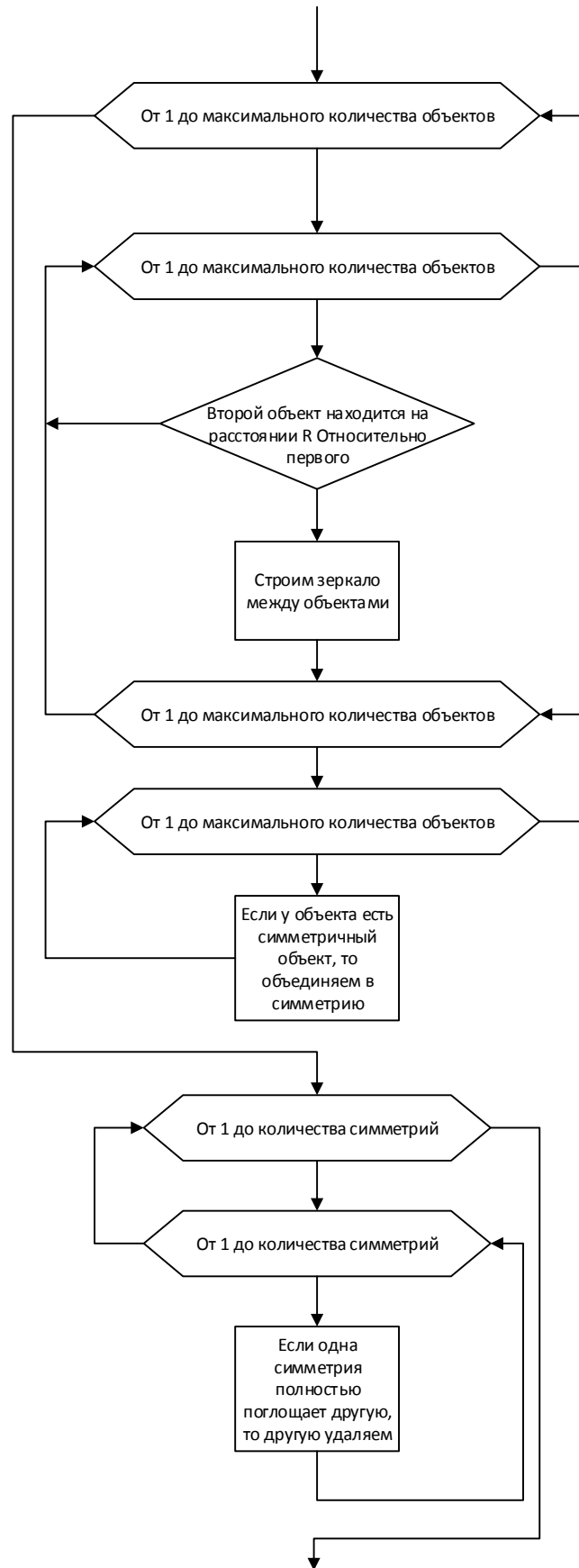


Рис. 6. Блок-схема алгоритма поиска зеркальной симметрии

В цикле выбирается 2 объекта, если они находятся достаточно близко друг от друга, то между ними строится зеркало, относительно которого будет производиться поиск симметричных объектов. Далее в цикле объекты проверяются попарно на наличие симметрий друг с другом. Если найдены симметричные объекты, то добавляем их в структуру. После нахождения всех структур все симметрии проверяются на вхождение друг в друга, и если найдена структура, все объекты которой входят в другую структуру, то она удаляется из списка.

3. Исследование работы алгоритма

Программа разработана на основе геоинформационной системы ГИС ИнГео в качестве подключаемого модуля. Тестировалась на двух картах. Первая карта создана для тестирования алгоритма, вторая представляет из себя полноценный город (рис.7).

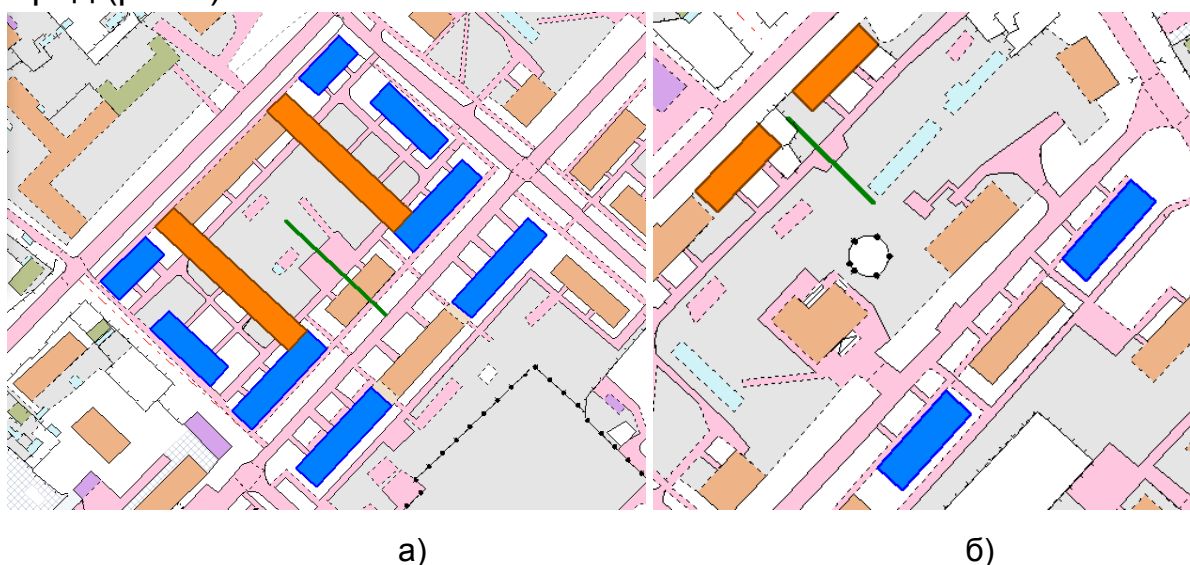


Рис. 7. Пример выполнения программы на карте

Результатом работы программы являются симметричные структуры, которые включают в себя: исходные объекты, относительно которых строилась симметрия (оранжевые полигоны), зеркало (зеленая линия) и объекты, которые вошли в симметричную структуру (синие).

Заключение

В статье были классифицированы симметричные структуры, которые могут встречаться на картах геоинформационных систем. Разработан алгоритм поиска зеркальных симметричных структур и написана его программная реализация в качестве модуля для ГИС ИнГео.

Алгоритм обрабатывает векторные данные в указанной области и возвращает список найденных симметричных структур. Результаты выполнения программы показали работоспособность алгоритма.

Литература

1. Еремеев С.В., Андрианов Д.Е., Титов Д.В. Метод представления информации о топологии карты в структуре идентификаторов пространственных объектов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2015. №2. С. 99-103.
2. Еремеев С.В., Андрианов Д.Е., Купцов К.В. Метод идентификации непересекающихся пространственных объектов на основе структурных элементов // Телекоммуникации. №11. 2016. С. 39-44.
3. Садыков С.С., Савичева С.В. Алгоритм идентификации плоских объектов с использованием минимального числа признаков // Автоматизация. Современные технологии. 2011. № 7. С. 3-6.
4. Остыловский А.Н. Аналитическая геометрия: учебное пособие // СВУ, 2011. 92 с.
5. Nomizu K., Sasaki T. Affine Differential Geometry: Geometry of Affine Immersions // Cambridge University Press. 1994. 280 p.