

С.В. ЕРЕМЕЕВ,  
А.С. ВЕДЕНИН

**Автоматическая сколка векторных  
планшетов на основе топологий**

УДК 004

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

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-07-31182 мол\_а)*

**Введение:**

В настоящее время в большинстве случаев топографические планы городских территорий хранятся либо в бумажном виде, либо в виде сканированных растровых планшетов. Намного удобнее хранить эти данные в векторном виде, так как векторное представление является более точным, чем растровое. В векторном представлении объекты можно разбить по слоям, добавлять информацию о каждом объекте. Также векторные карты занимают на жестком диске компьютера намного меньше места, чем растровые. Создание единой векторной карты происходит за счет объединения, т. е. сшивки отдельных планшетов. Алгоритмы сшивки изображений применяются достаточно часто. К таким алгоритмам относятся: метод сшивки цифровых изображений в задачах мониторинга на основе целочисленной арифметики [1], оценка качества алгоритма сшивки изображений, основанного на методе функционализации [2]. Данные алгоритмы имеют высокую точность, но применяются исключительно для растровых изображений, которые требуют предварительной обработки.

С другой стороны, в геоинформатике интенсивно развиваются и имеют множество различных приложений топологические отношения [3-5]. Однако для автоматической сшивки планшетов топологические отношения еще не применялись. Существует множество предпосылок, чтобы использовать топологические отношения для решения таких задач.

Рассмотрим в качестве примера два векторных планшета (рисунки 1а-1б). Если сопоставить два планшета друг с другом, то получим одну карту. Разрыв отчетливо виден по газопроводу и зданию №124, объекты которых отмечены на планшетах №1-2.

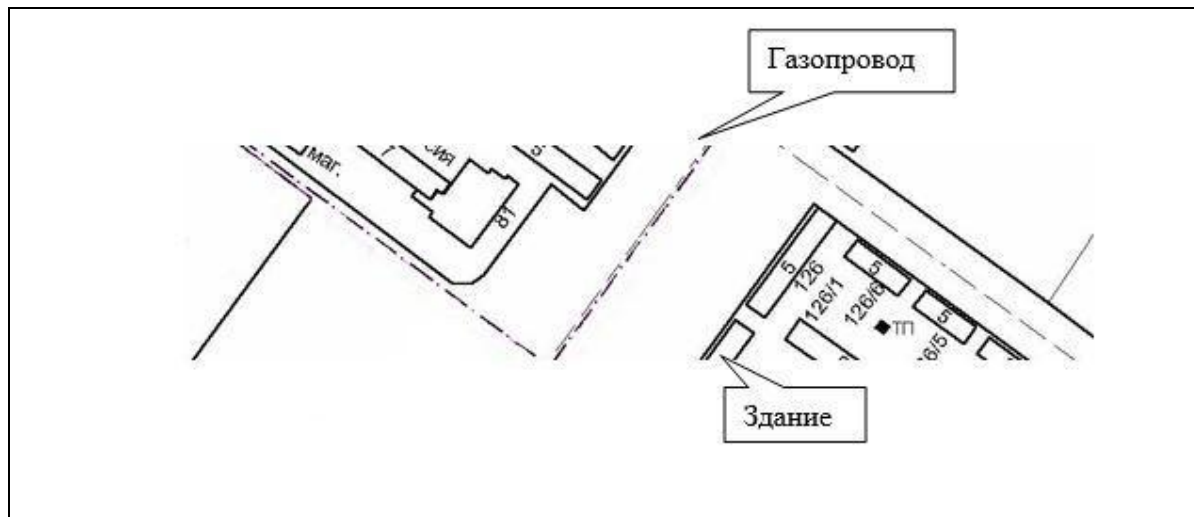


Рис.1а. Пример планшета №1

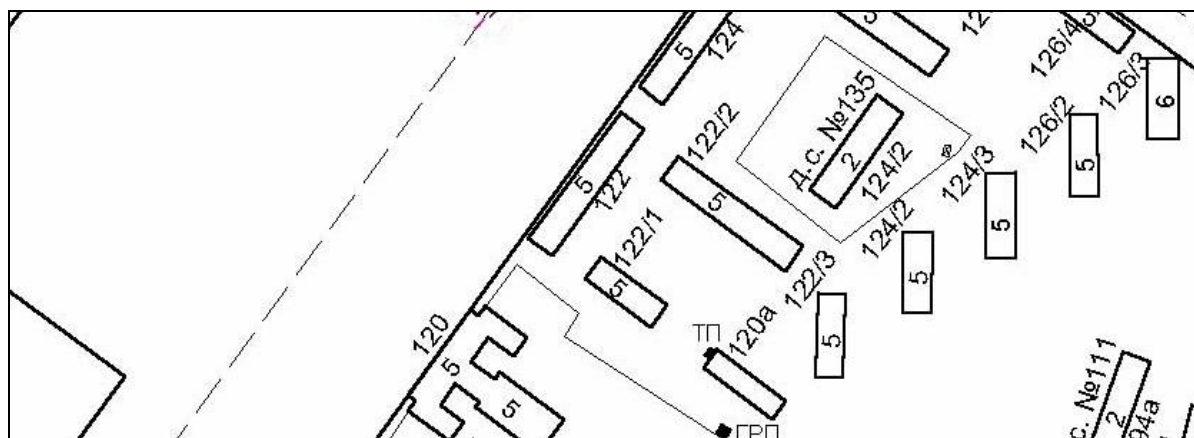


Рис.1б. Пример планшета №2

Из рисунков видно, что объекты, которые находятся на границах, имеют топологические связи между собой. Для сшивки планшета достаточно использовать не все объекты карты, а лишь самые основные.

Для решения задачи сшивки векторных планшетов будем рассматривать следующие слои карты: строения, дороги, инженерные коммуникации. Это обусловлено тем, что данные объекты наиболее

распространены на топографических планшетах и имеют ярко выраженные топологические свойства.

При изучении планшетов следует выявить все возможные топологические признаки объектов каждого слоя.

Исходными данными является база векторных объектов. Векторные объекты заданы в виде точек с координатами по двум осям. Все объекты расположены на различных планшетах. Результирующей задачей является сколка этих планшетов в единую векторную карту с преобразованием в одно целое граничных объектов.

### **Структурно-функциональная схема системы**

Сколку векторных планшетов можно условно разделить на три блока.

1. Разделение объектов по слоям и получение их геометрических характеристик.

2. Сравнение геометрических характеристик и топологических признаков объектов одинаковых слоев, лежащих на различных планшетах.

3. Сколка планшетов, объекты которых могут быть сопоставлены друг с другом по топологическим признакам.

Для решения первой подзадачи рассмотрим планшеты, которые состоят из  $n$  слоев. На рисунке 2 показан алгоритм распределения объектов на примере двух слоев ( $n=2$ ): дома и дороги.

Для решения второго пункта после работы данного алгоритма происходит выделение объектов, не находящихся на границах планшетов. Происходит вычисление геометрических и топологических характеристик выделенных объектов.

Затем при выполнении третьей задачи происходит координатная привязка данных планшетов. Результатом координатной привязки является планшет, включающий в себя все объекты, кроме тех, что лежат на границах сколки. Объекты, лежащие на границах планшетов, должны скальваться уже при помощи алгоритма топологической сколки планшетов.

## Алгоритм топологической сколки планшетов

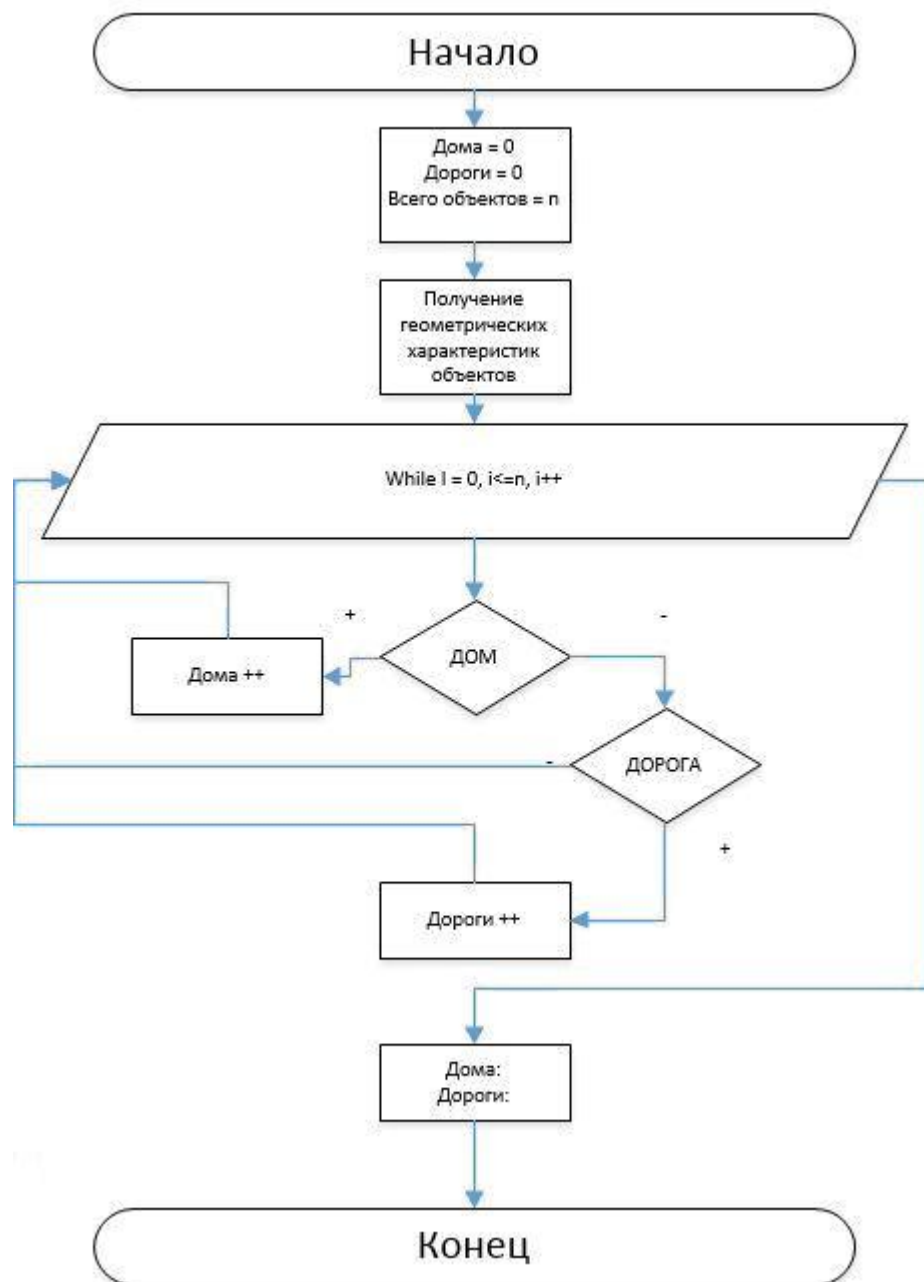


Рис. 2. Алгоритм разделения объектов по слоям

Алгоритм состоит из следующих основных шагов:

1. Получение количества объектов слоя на каждой из четырех граней планшета.
2. Сравнение всех граней различных планшетов друг с другом по количеству объектов каждого слоя, находящихся на скеле.
3. Грани с одинаковым количеством объектов заносятся в таблицу соотношений.

4. Сравнение геометрических и топологических характеристик объектов, располагающихся на гранях и находящихся в таблице соотношений. Сравнение данной характеристики происходит для каждого слоя так же, как и в предыдущем блоке.

5. Сколка совпадающих по геометрическим свойствам объектов всех слоев.

### Структура векторных данных

Исходными данными являются хранящиеся в базе координаты точек векторных объектов. База данных состоит из четырех таблиц: таблица, в которой хранятся векторные данные необработанных планшетов; таблица, в которой хранятся данные о планшетах; таблица, хранящая временные объекты, а именно те объекты, которые лежат на границах сколки; таблица, в которой хранятся результаты сколки планшетов. Пример хранения показан на рисунке 3.

BUILDING_ID	MAP_CASE_ID	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4
1	1	50	70	250	70	50	100	250	100
2	1	270	70	450	70	270	100	450	100
3	1	480	70	550	70	480	100	550	100
4	1	487	220	600	220	487	260	600	260
5	1	210	450	300	450	210	480	300	480

Рис. 3. Векторные данные, хранимые в БД

В первом столбце указывается идентификатор объекта, во втором – идентификатор планшета, на котором расположен объект, за ним идет информация о координатах каждой точки объекта.

### Возможные топологические признаки объектов

Для более удобного описания взаимодействий объектов на планшетах введем следующие условные обозначения:

Н — здание; Т — теплотрасса; К — сточные воды; G — газопровод; V — водопровод; R — дорога.

	H	T	K	G	V	R
H	—	meet	meet	meet	meet	disjoint
T	meet	—	overlap	overlap	overlap	overlap
K	meet	overlap	overlap	overlap	overlap	overlap
G	meet	overlap	overlap	overlap	overlap	overlap
V	meet	overlap	overlap	overlap	—	overlap
R	disjoint	overlap	overlap	overlap	overlap	overlap

Рис. 4. Таблица топологических отношений между объектами

Пусть  $r(A,B)$  - это топологическое отношение между двумя пространственными объектами  $A$  и  $B$ , которое может принимать одно из следующих значений: *meet* – соприкасается, *overlap* – пересекается, *disjoint* – не пересекается. На рисунке 4 подробно описаны все возможные топологические отношения слоев «Строения», «Инженерные коммуникации» и «Дороги».

Из этой таблицы видно, что, например, в ячейке [Т][К] теплотрасса пересекается (*overlap*) со сточными водами.

Так как в простейшем виде здания и дороги могут иметь одинаковую форму (прямоугольника), при определении типа объекта используются данные о габаритах. Даже в простейшем представлении здания меньше дорог и при отображении на планшете могут граничить либо с одной (рисунок 5В), либо с двумя гранями планшета (рисунок 5А), с условием, что эти грани не противоположные. Дороги же могут находиться на одной грани (рисунок 5А), на двух гранях (в том числе и противоположных) (рисунок 5В), трех (рисунок 5С) и четырех гранях (рисунок 5D).

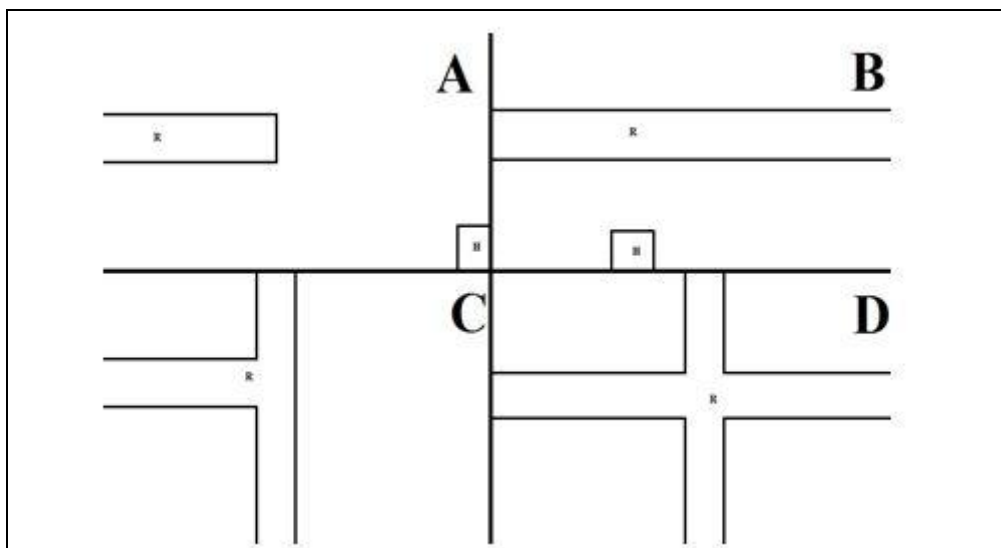


Рис. 5. Возможные варианты расположения дорог и зданий на границах планшета

### Результаты работы программной системы

На входе в систему подаются векторные данные. В БД хранятся куски векторной карты, которые при последующей обработке будут подвержены автоматической сколке.



Рис. 6. Результат сколки двух планшетов

Система на каждом планшете определяет объекты, лежащие на границах сколки, после чего определяет их топологические свойства. Исходя из топологических признаков объекты разбиваются на слои и начинается перебор граней каждого планшета и сравнение сходства топологических характеристик объектов одинаковых слоев, лежащих на границах разных планшетов. После нахождения совпадений происходит сколка планшетов, при этом граничные объекты преобразуются в один. Так на рисунке 6 в один объект соединился газопровод и также дом №124, что было отдельно на рисунках 1а-1б.

### Литература

1. Силантьев Р.В. Сшивка цифровых перекрывающихся изображений без использования навигационной информации в задачах мониторинга // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2012. №2. С. 89-93.
2. Мартемьянов Б.В. Оценка качества алгоритма сшивки изображений, основанного на методе функционализации // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. 2009. №3. С. 88-95.
3. Еремеев С.В., Деев К.В. Сопоставление элементов разномасштабных карт // Геоинформатика. 2006. № 2. С. 54-57.
4. Садыков С.С., Еремеев С.В., Автоматический контроль размещения пространственных объектов на цифровой карте с использованием топологических отношений // Информационные технологии. 2005. №8. С. 6-9.
5. Еремеев С.В. Топологические конфигурации в муниципальных ГИС // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2013. № 1. С. 16-22.

E-MAIL: SV-EREMEEV@YANDEX.RU

E-MAIL: BLACKWOODWTS@MAIL.RU