

Алгоритмы агрегации растровой и векторной информации в процессе обработки данных дистанционного зондирования

Рихтер А.А.^(a), Мурынин А.Б. ^(a, b), Пуховский Д.Ю. ^(a), Воробьёв В.Е.^(a)

^(a) Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга
"АЭРОКОСМОС", г. Москва

^(b) Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление"
РАН

urfin17@yandex.ru

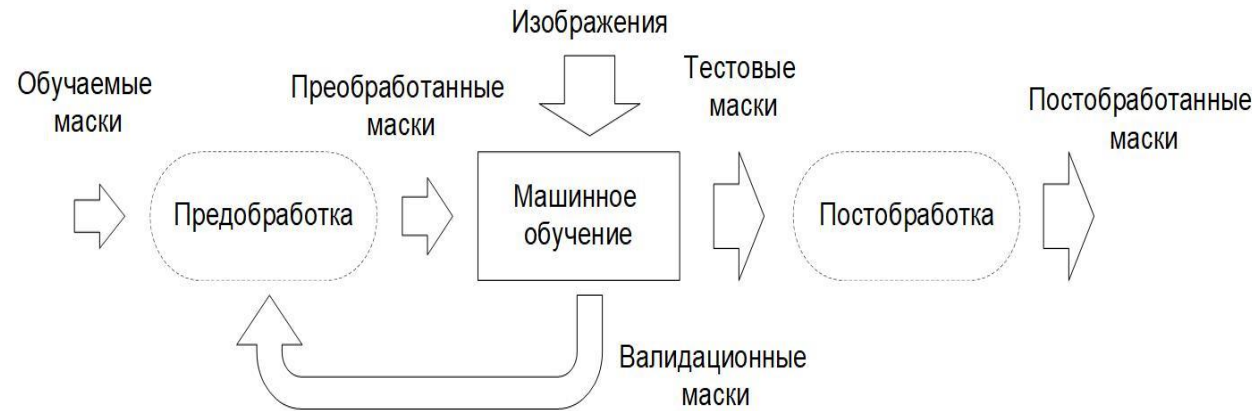
Постановка задачи

Эффективность алгоритмов обработки материалов дистанционного зондирования, в особенности машинного обучения, во многом зависит от качества информации, поступающей на вход и выдаваемой на выходе. Для алгоритмов машинного обучения информацией на входе являются маски информативных классов, на выходе – результаты их сегментации. На практике эти данные могут иметь нерелевантное представление, в частности за счёт фрагментарности растров, описывающих объекты классов. Таким образом для улучшения эффективности работы алгоритма целесообразно включить блоки преобразования данных на входе (на этапе предобработки) или выходе (на этапе постобработки), которые позволяют привести эти данные к более «читаемому» виду.

Одной из форм такого приведения является агрегация.

Агрегация – преобразование разрозненных и менее информативных данных к более информативной, «понятной» форме за счёт соединения частей информации в одно целое.

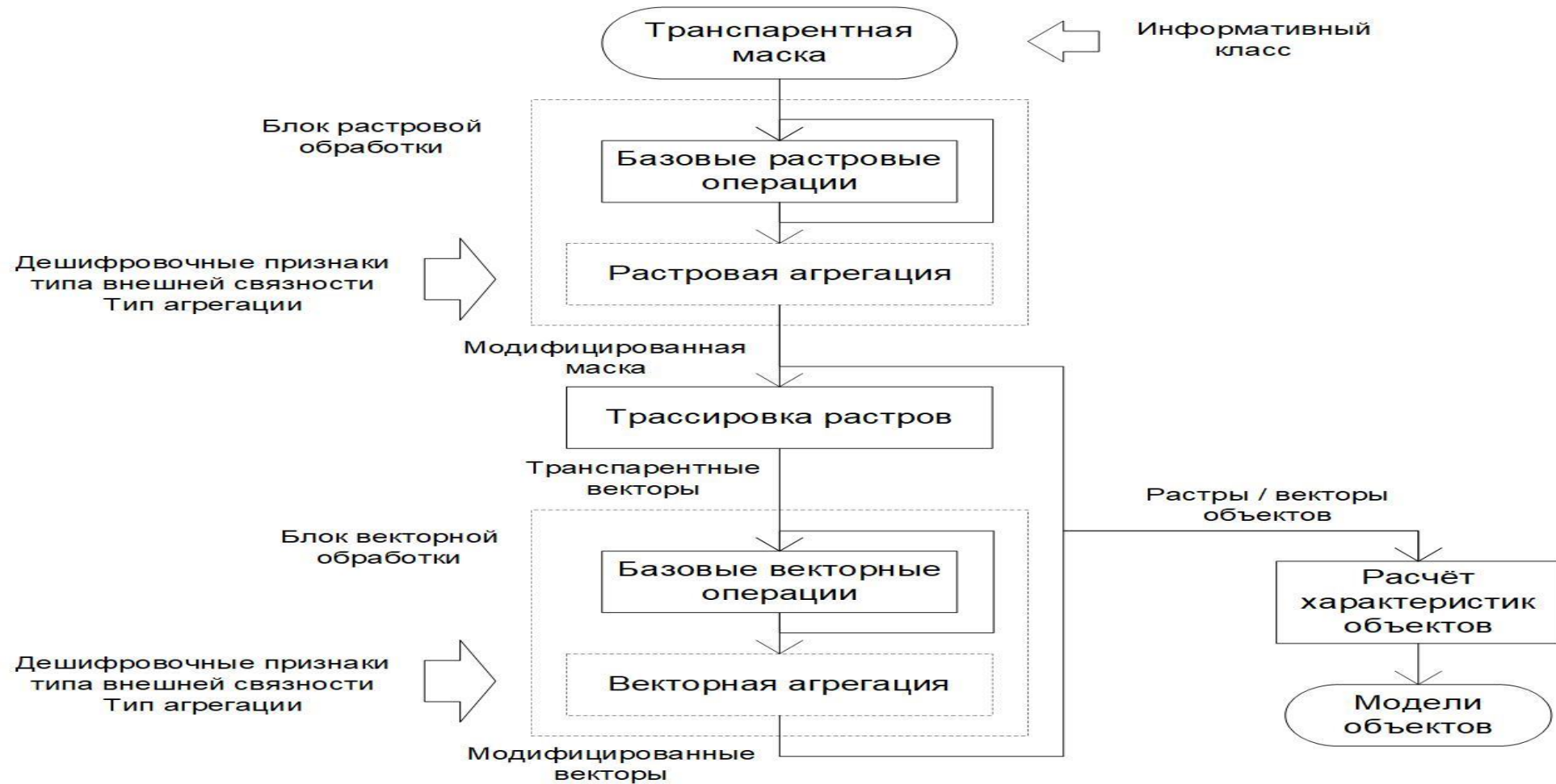
Введение блоков дополнительной обработки в процесс машинного обучения



Дополнительная обработка (предобработка или постобработка) позволяет:

- Упорядочивать и систематизировать информацию, полученную из «субстрата» точек и отрезков (пикселей и растровых областей);
- Интегрировать информацию, полученную из результатов сегментации;
- Проводить фильтрацию растровой и векторной информации и таким образом отсеивать структурные шумы и выделять более значимые объекты;
- Использовать рассчитанную векторную (растровую) информацию, а также восстановленную по ним растровую (векторную) информацию в качестве обучающей или тестовой выборки;
- Представлять сегментированные области в векторной форме, более удобной, чем в растровой, для демонстрации, интерпретации, занимаемой значительно меньше памяти.

Введение блоков агрегации в процесс постобработки



Растровые и векторные операции

К базовым растровым операциям относятся известные морфологические операции над растровыми данными:

- простые операции (дилатация / эрозия, открытие / закрытие и др.);
- составные операции (морфологический градиент, белое / чёрное преобразование шляпы и др.);
- специализированные операции (заполнение отверстий, выделение связных компонент, скелетизация и др.).

К базовым векторным операциям относятся морфологические операции над векторными данными (путевые операции) []:

- распознавание путевых структур (повторных точек, петель, отростков, узловых связок и др.);
- корректирующие операции (инверсия, ротация, замыкание, удлинение, удаление путевых структур и др.);
- операции над участками пути (сложение / вычитание, сегментация пути и др.);
- изменение траектории пути (преобразования движения, поляризация и др.);
- квазибинарные операции (изменение связности, передискретизация, дилатация / эрозия и др.);
- деградация пути (выпрямление, фигурация и др.).

Транспарентные растры – получаются по результатам семантической сегментации («сырые» данные на выходе ИНС).

Модифицированные растры – рассчитываются из транспарентной посредством некоторой последовательности растровых операций, которая в общем своя для разных информативных классов.

Транспарентные векторы – получаются по результатам векторизации («сырые» пути объектов).

Модифицированные векторы – рассчитываются из транспарентных последовательностью векторных операций, которая также своя для разных информативных классов.

Классификация типов агрегации



Внутренняя и внешняя связность

Внутренняя связность – это связность между пикселями / точками в составе растра / вектора.

Внешняя связность – это связность самих растров / векторов друг с другом.

Таким образом, различаются связанные и связывающие растры / векторы. Связанные – те, между которыми образуется внешняя связность, а связывающие – новые растры / векторы, которые связывают первые.

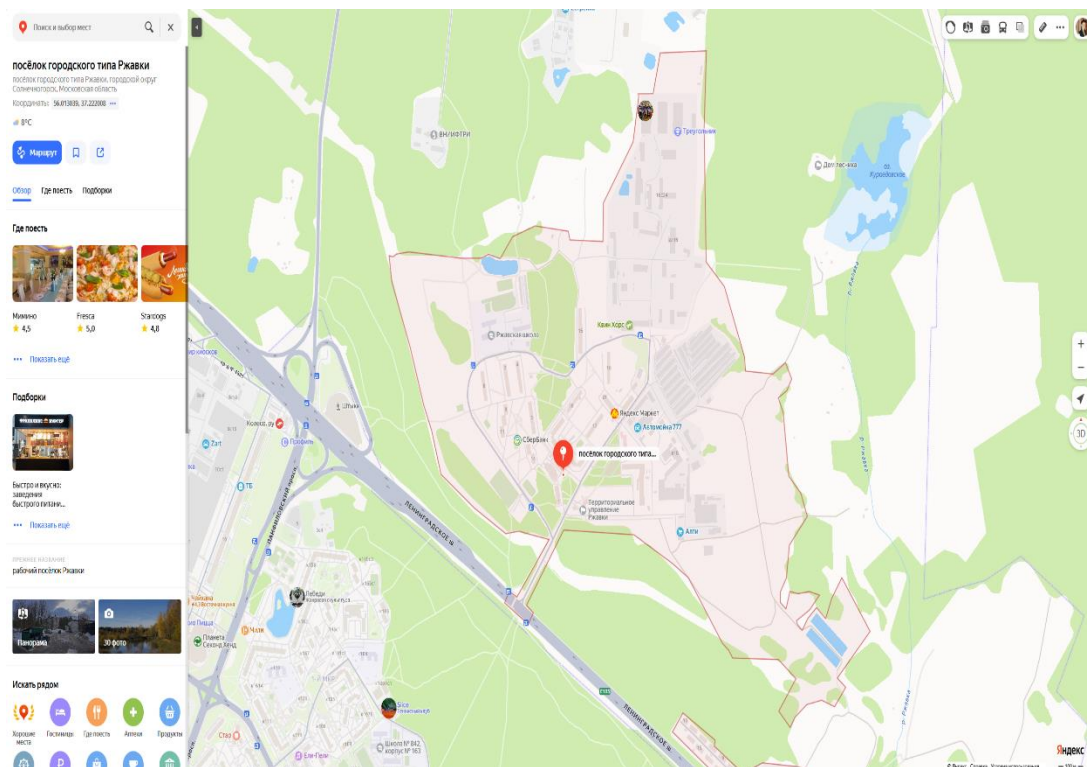
При связывании растров / векторов образуются агрегированные растры / векторы. Растровая / векторная группа – множество связанных растров / векторов, которые образовали тот или иной агрегирующий растр / вектор.

Растровая / векторная группа может включать только один растр / вектор, если нет ни одного другого связанного с ним растра / вектора.

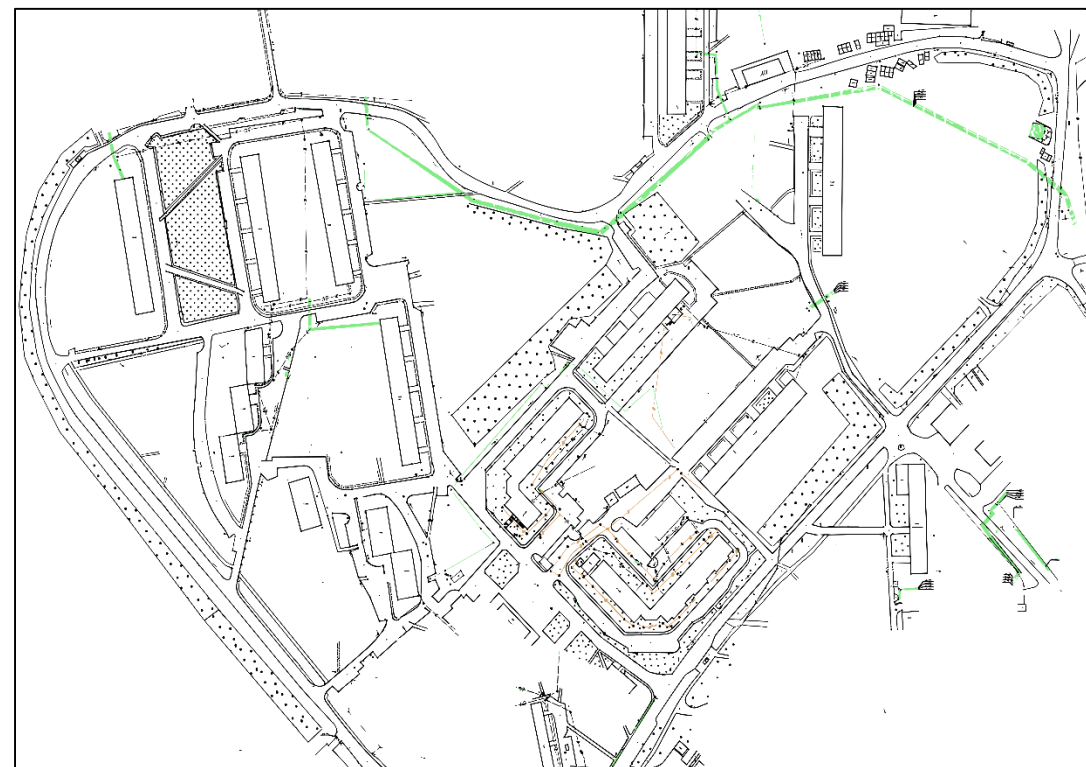
В результате агрегации агрегирующий растр / вектор может быть:

- информативным – его растровая / векторная группа позволяет оценить форму объекта;
- малоинформативным – по растровой / векторной группе можно предположить несколько вариантов формы объекта;
- неинформативным – по растровой / векторной группе оценить форму интерпретируемого объекта не представляется возможным.

Пример изображения

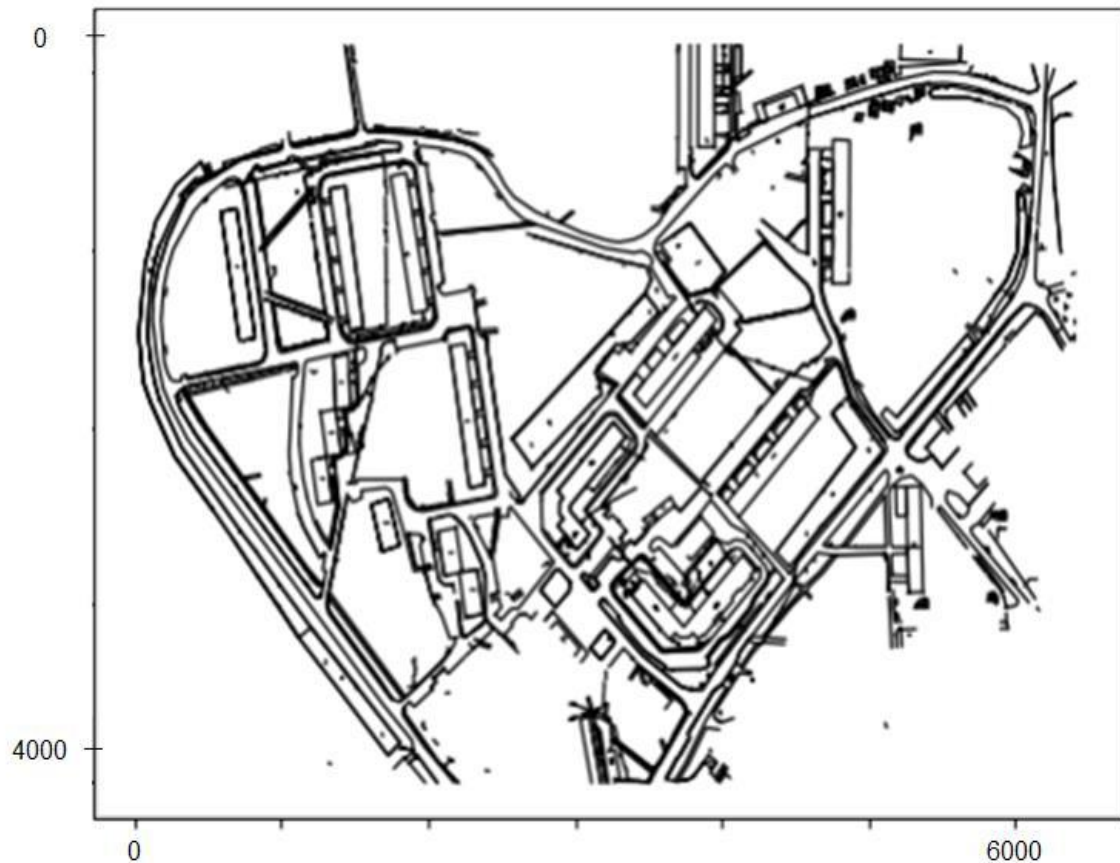


Положение территории на Яндекс-карте
(посёлок городского типа Ржавки, городской округ
Солнечногорск, Московская область)

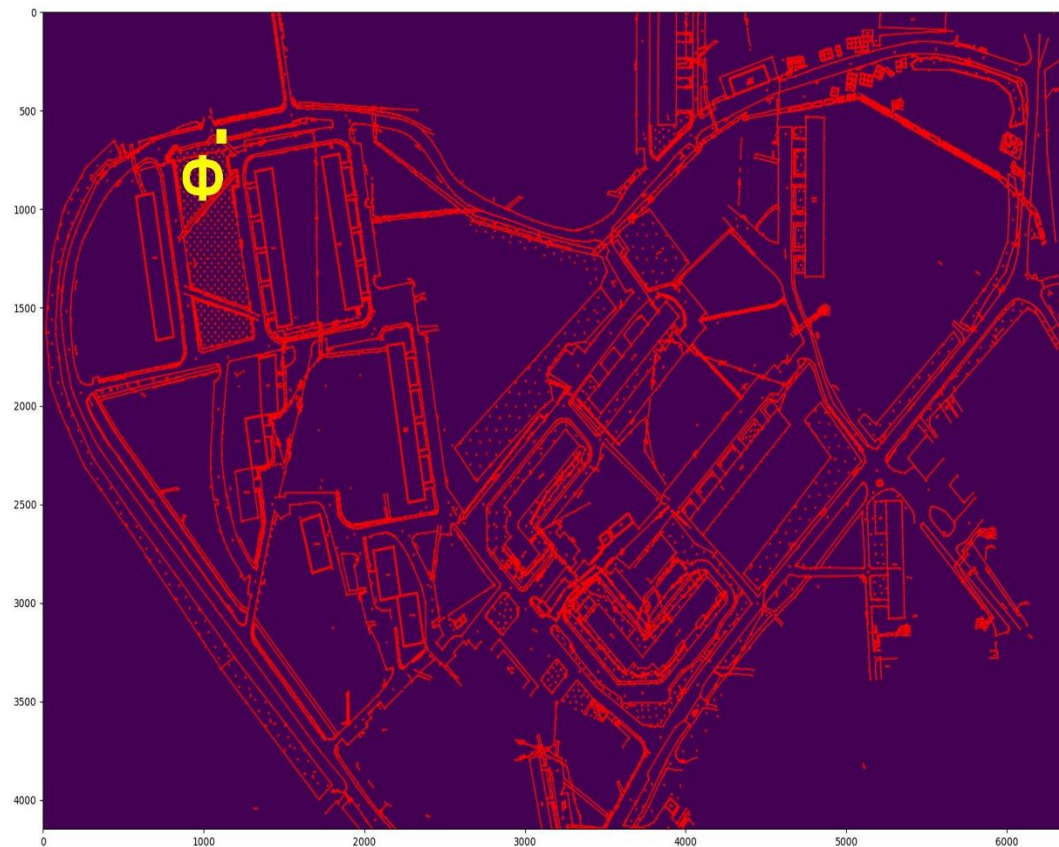


Изображение топоплана местности

Векторизация изображения

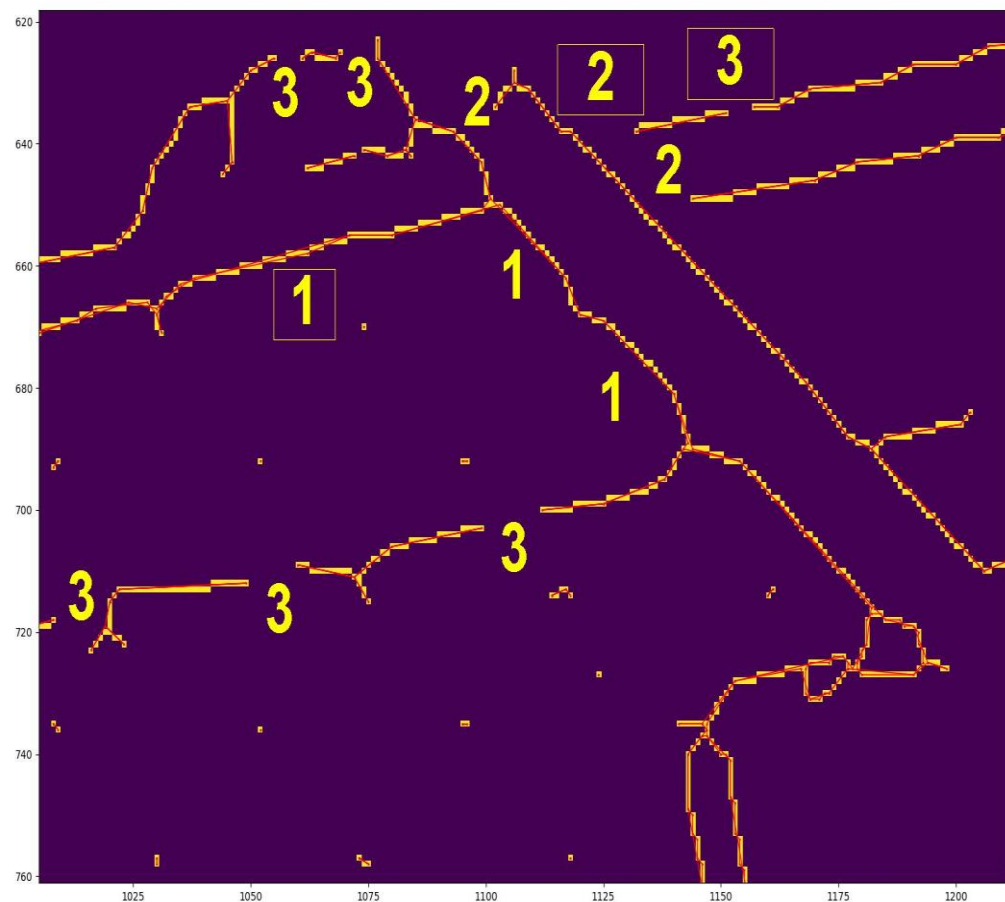


Векторизация изображения
(трассировка контура и линеаризация)

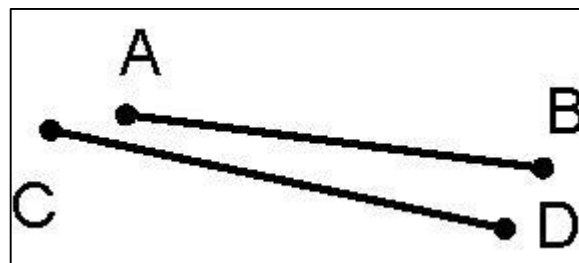


Фрагмент Ф векторизации

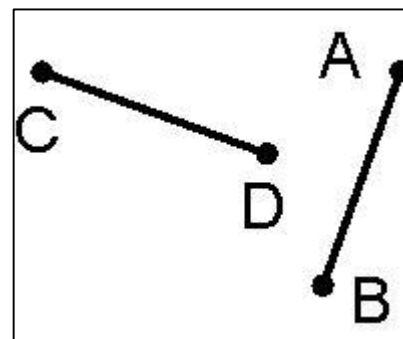
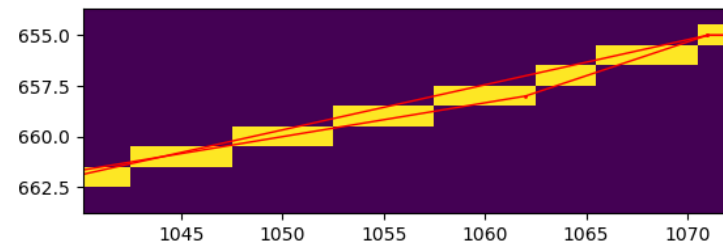
Характерные типы внешней связности



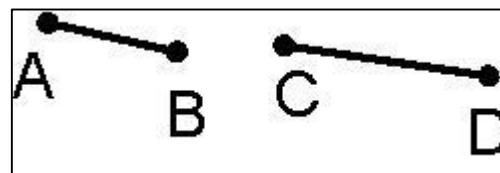
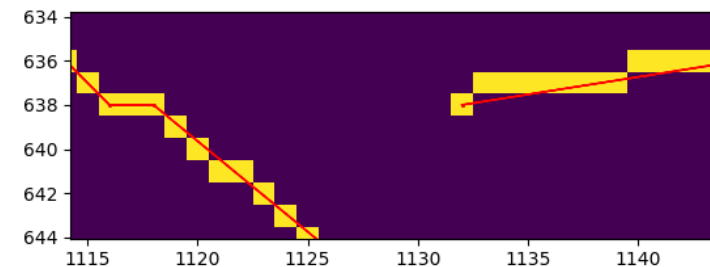
Примеры растров и их внешней связности, на фрагменте Ф



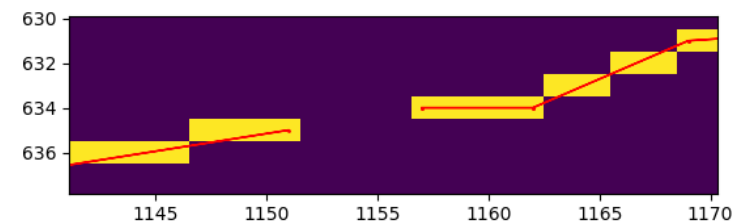
1. Близость отрезков



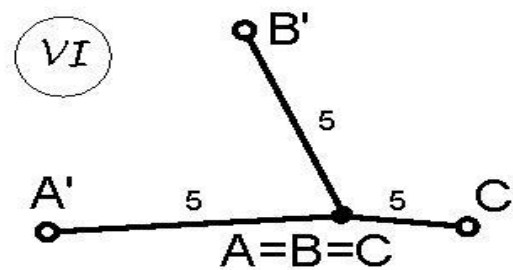
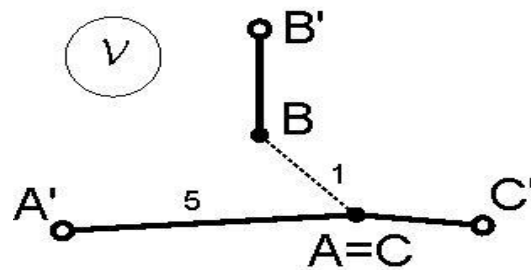
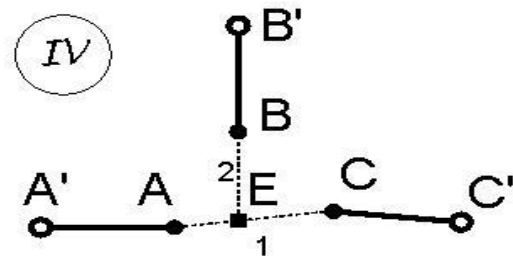
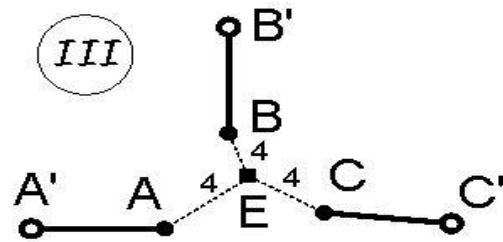
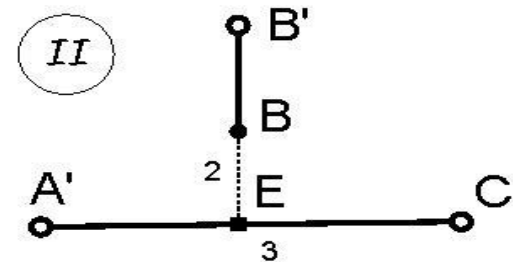
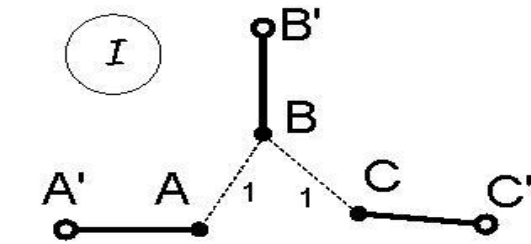
2. Близость пересечений отрезков



3. Разрыв отрезков



Способы комбинированной агрегации на примере типа внешней связности



Виды агрегации (по характеру связи):

1. Агрегация соединения
2. Агрегация пересечения
3. Агрегация слияния
4. Агрегация приведения
5. Агрегация доведения

● Основные точки агрегации

○ Отдалённые точки агрегации

■ Дополнительные точки агрегации

Тип внешней связности – разрыв трёх отрезков

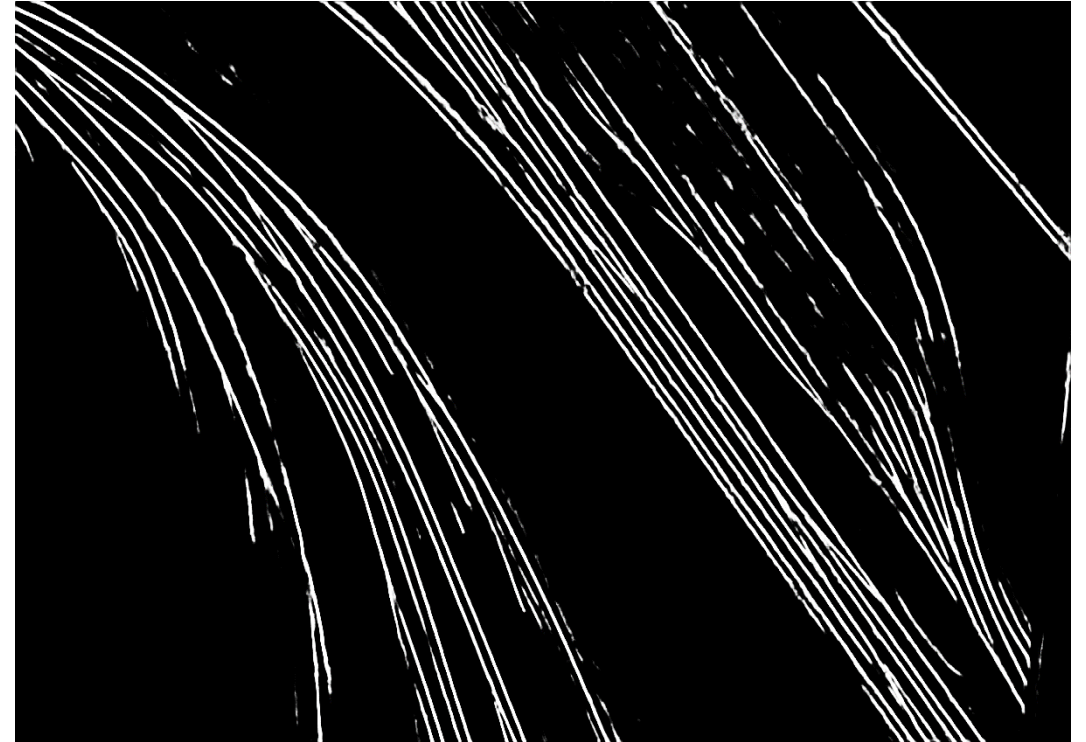
Типовой алгоритм постобработки транспарентных масок сегментации линейных объектов



Пример транспарентной маски

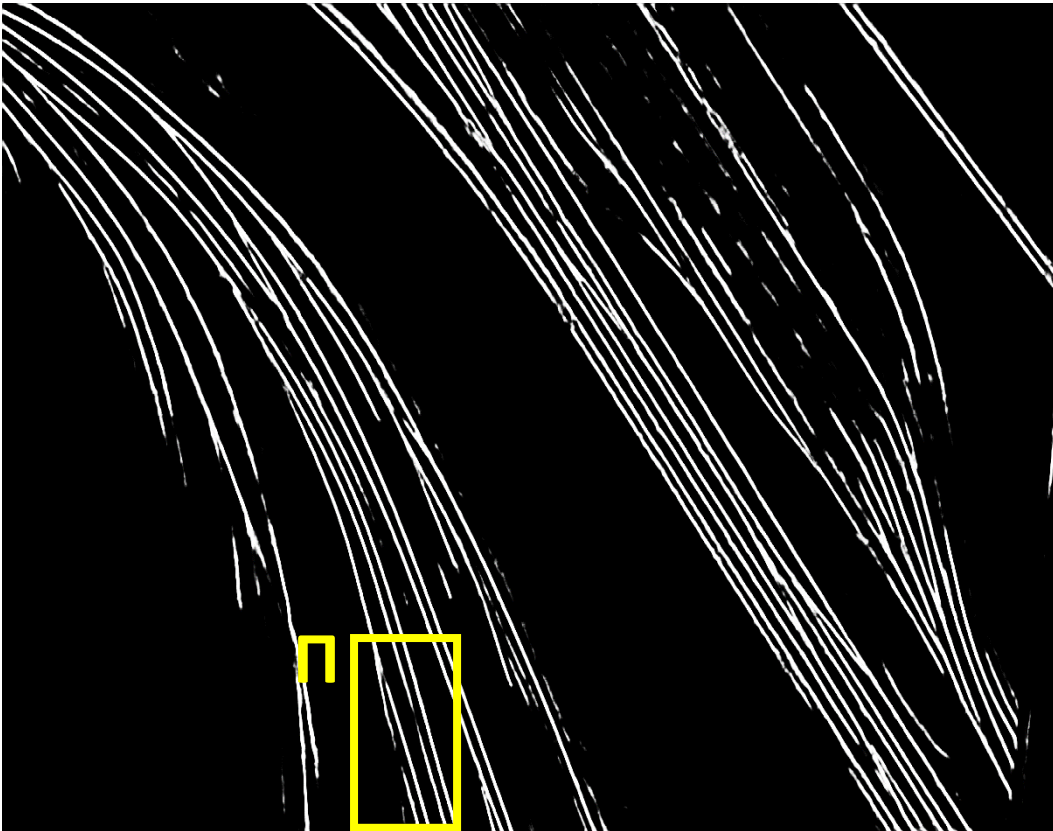


Изображение (ж/д депо ст. Рижская, г. Москва,
на входе ИНС)

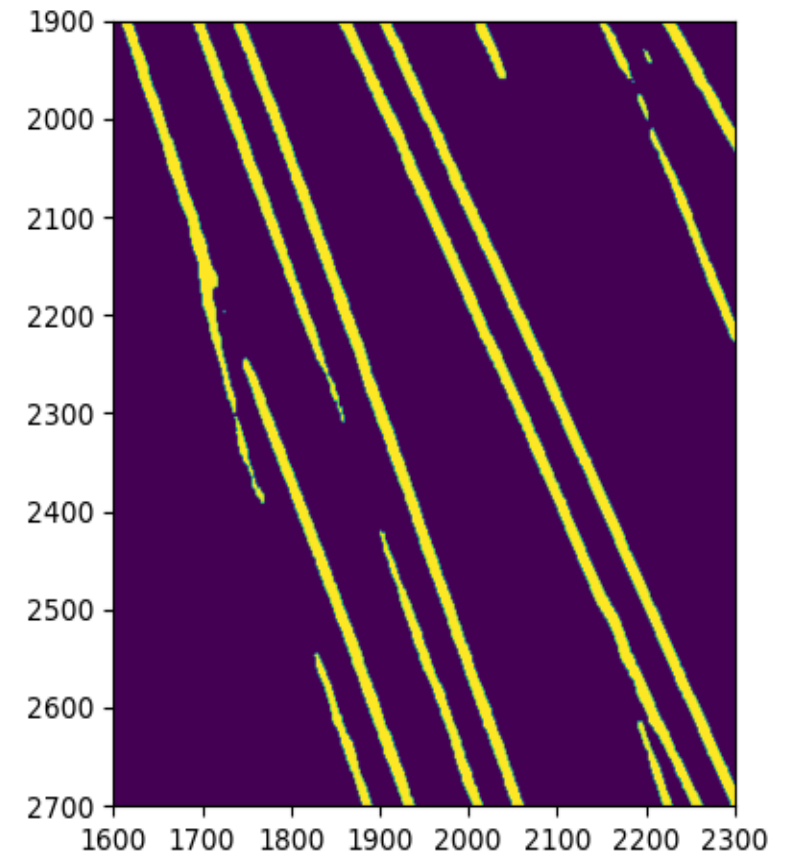


Маска семантической сегментации,
(транспарентная маска, на выходе ИНС)

Основные шаги постобработки

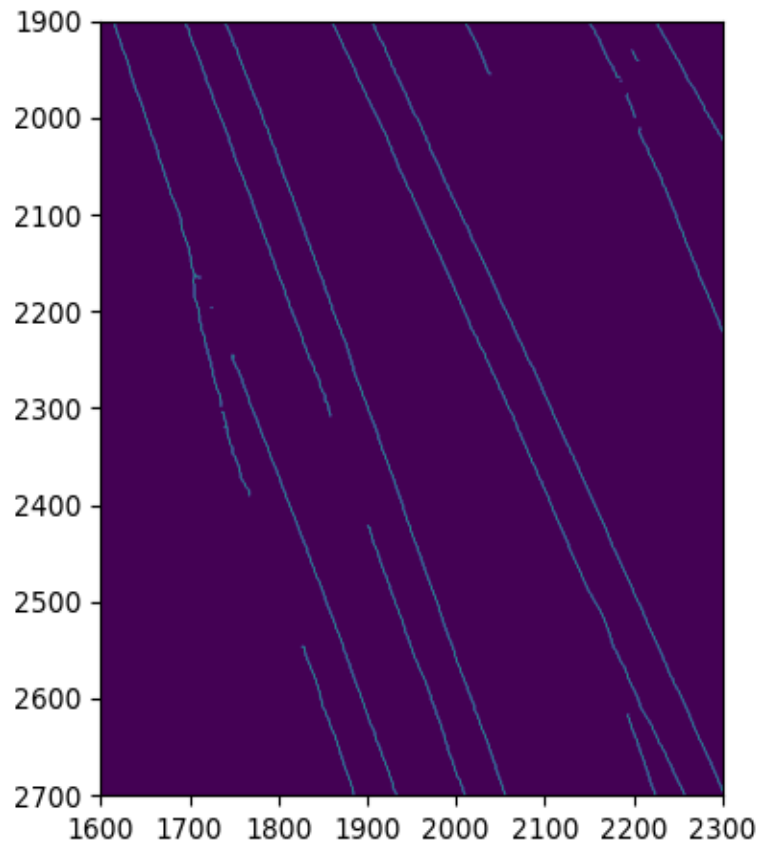


Транспарентная маска

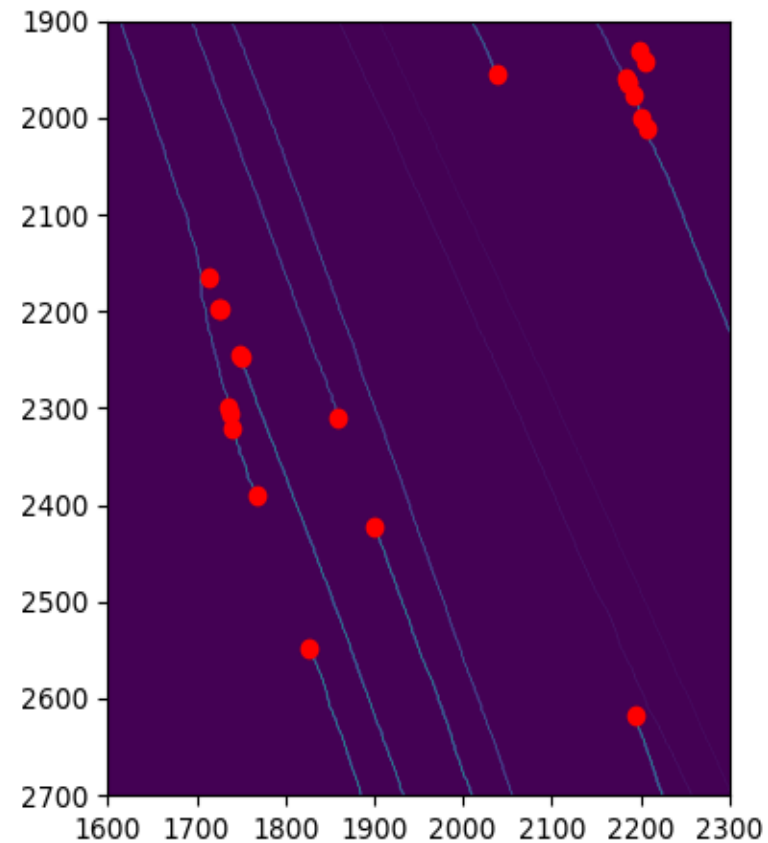


Фрагмент маски (П)

Основные шаги постобработки

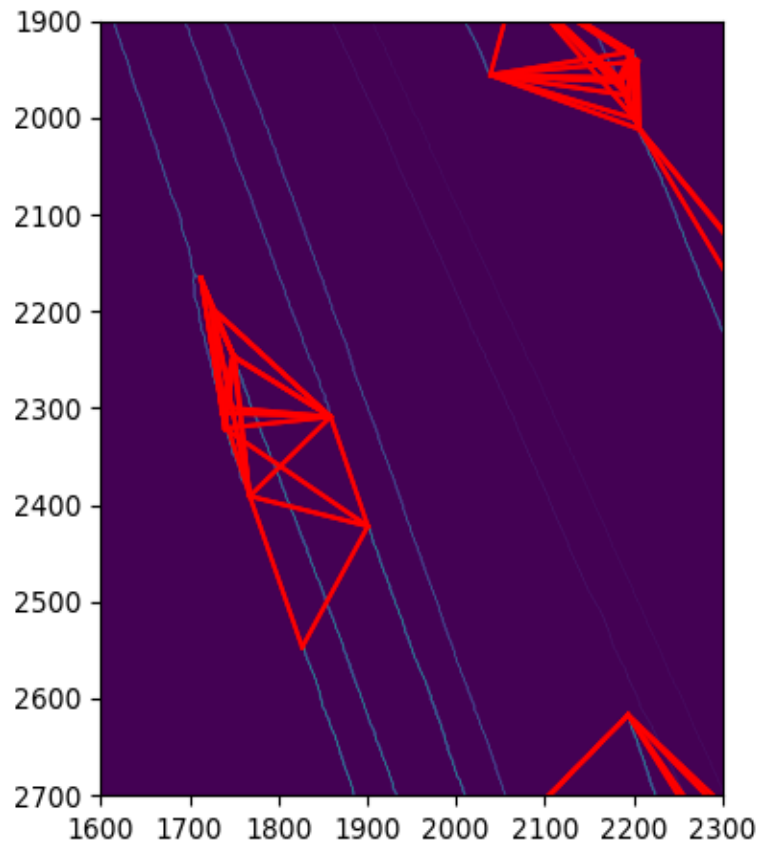


1. Скелетизация

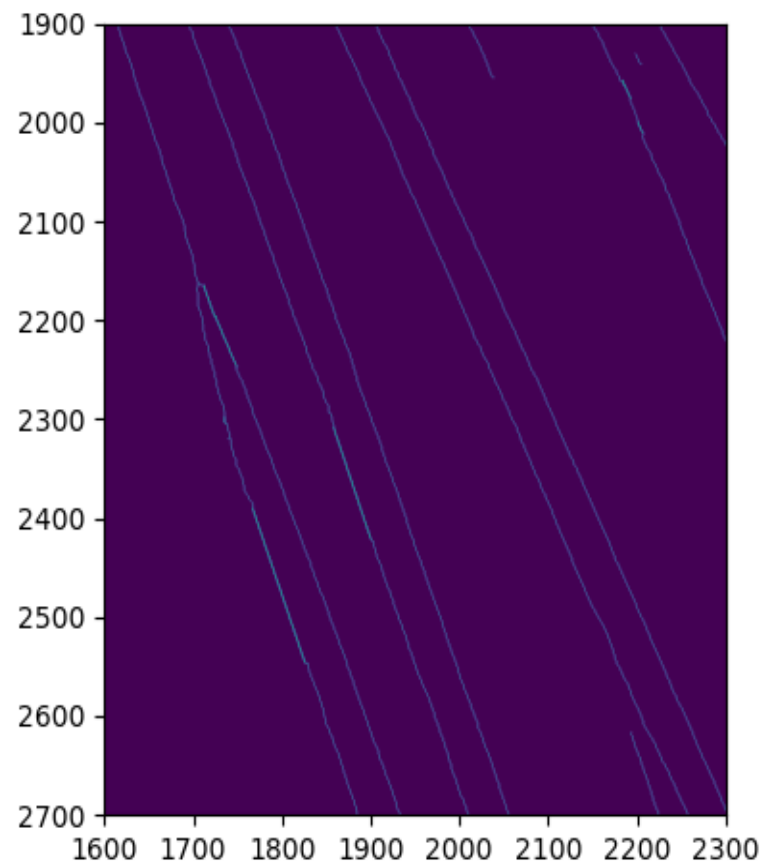


2. Расчёт связанных компонент и
определение путевых структур типа
«концевые ключевые точки»

Основные шаги постобработки

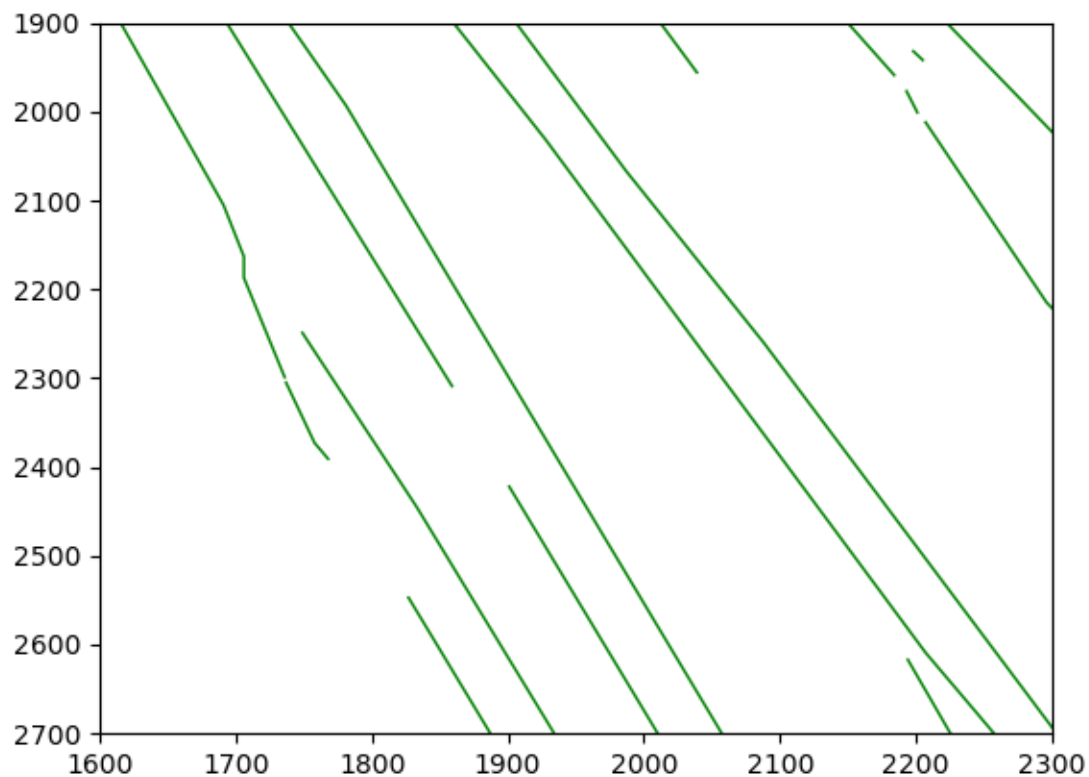


3. Расчёт внешней связности
по концевым точкам

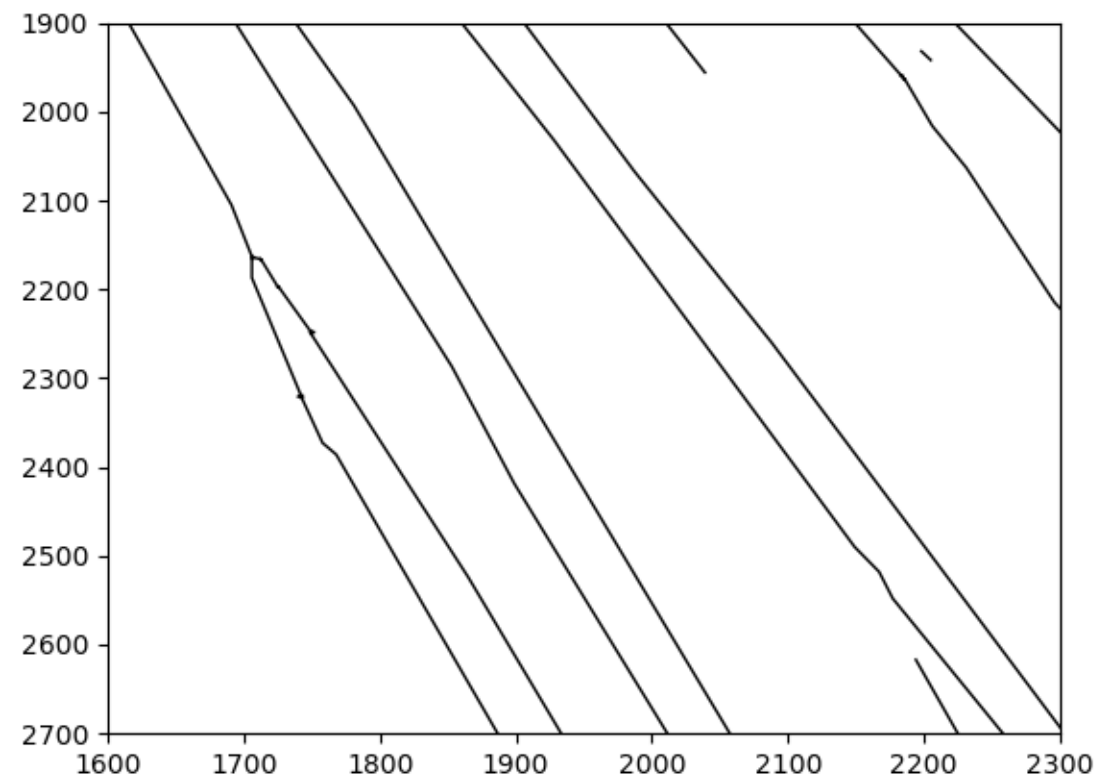


4. Расчёт агрегирующих растров

Векторизация масок семантической сегментации



Векторизация прозрачной маски



Векторизация модифицированной маски

после процедуры скелетизации

Выводы

1. Производительность алгоритмов обработки ДЗЗ, в частности ML-методов, напрямую определяется качеством входных и выходных данных. Исходной информацией для ML-алгоритмов служат маски целевых классов, а результатом — сегментированные изображения. На практике эти данные часто характеризуются фрагментированностью и неоптимальной структурой, что снижает эффективность обработки.
2. Для повышения качества работы системы целесообразно интегрировать модули преобразования данных на этапах пре- и постобработки. Эти модули трансформируют информацию в более структурированное и интерпретируемое представление.
3. Ключевым подходом здесь выступает агрегация — процедура объединения разрозненных малозначимых элементов в целостные информативные блоки. Методы агрегации классифицируются по:
 - типу данных (растровые/векторные);
 - принципу объединения (слияние, пересечение, устранение разрывов);
 - количеству источников (один/несколько снимков);
 - структуре (иерархическая/плоская организация).
4. В работе демонстрируются практические реализации алгоритмов агрегации и их применение к исходным необработанным данным.