

# Морфологическая обработка векторных данных по растровым маскам областей заинтересованности

Рихтер А.А.

(1) Акционерное общество «Тазмар АйТи-солюшнз», Санкт-Петербург, Россия

(2) НИИ "АЭРОКОСМОС", Москва, Россия

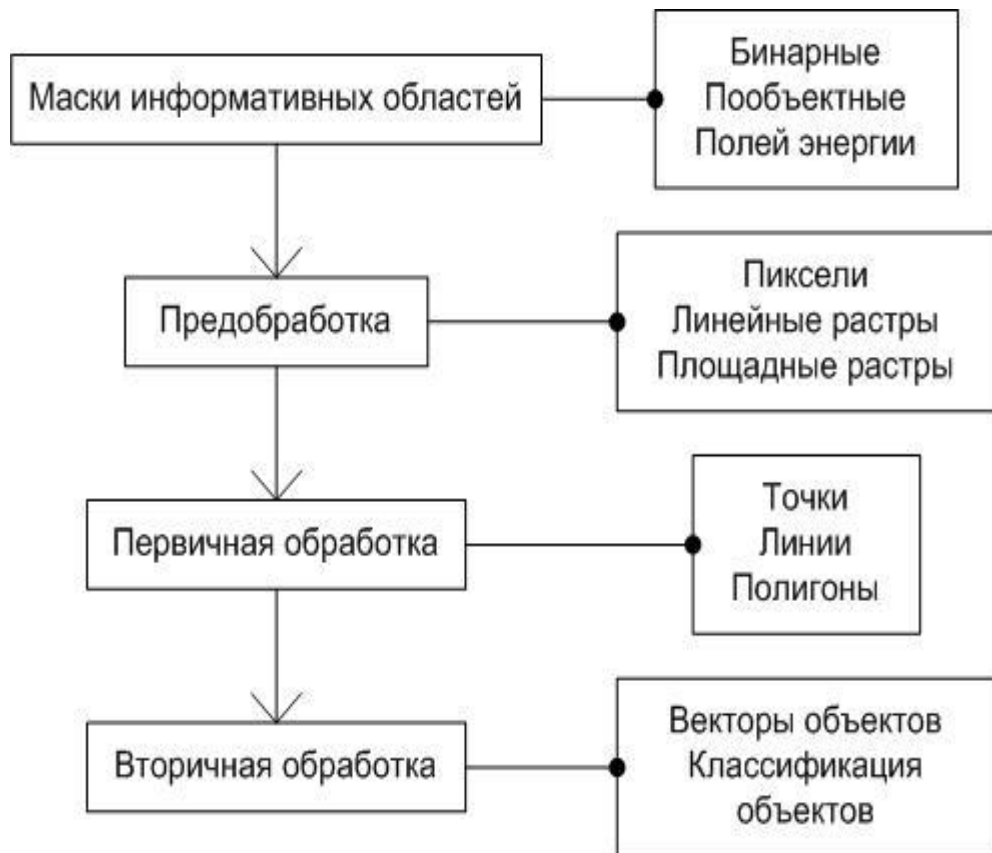
[urfin17@yandex.ru](mailto:urfin17@yandex.ru)

# Постановка задачи

Растровые маски (бинарные, пообъектные или полей энергии) областей заинтересованности образуются в результате выявления тех или иных информативных признаков на изображениях. Для транспарентности представления этих признаков растровые данные подвергаются векторизации для получения информации в удобочитаемом виде. В отличие от растеризации, векторизация (обратная растеризации) оказывается несколько сложнее.

В существующих методах векторизации растровых данных применяется «чистая» статистическая обработка (регрессионный анализ, интерполяция / экстраполяция и др.) для определения формы объектов и других геометрических характеристик растра, которая ограничена определёнными паттернами растров и может быть неэффективна для векторизации растров любых форм.

# Общая схема векторизации растровых данных



Маски информативных областей – результат детектирования информативных признаков на изображении посредством машинного обучения

Предобработка – морфологическая обработка растровых данных (дилатация / эрозия, открытие / закрытие, заполнение дыр и т.д.)

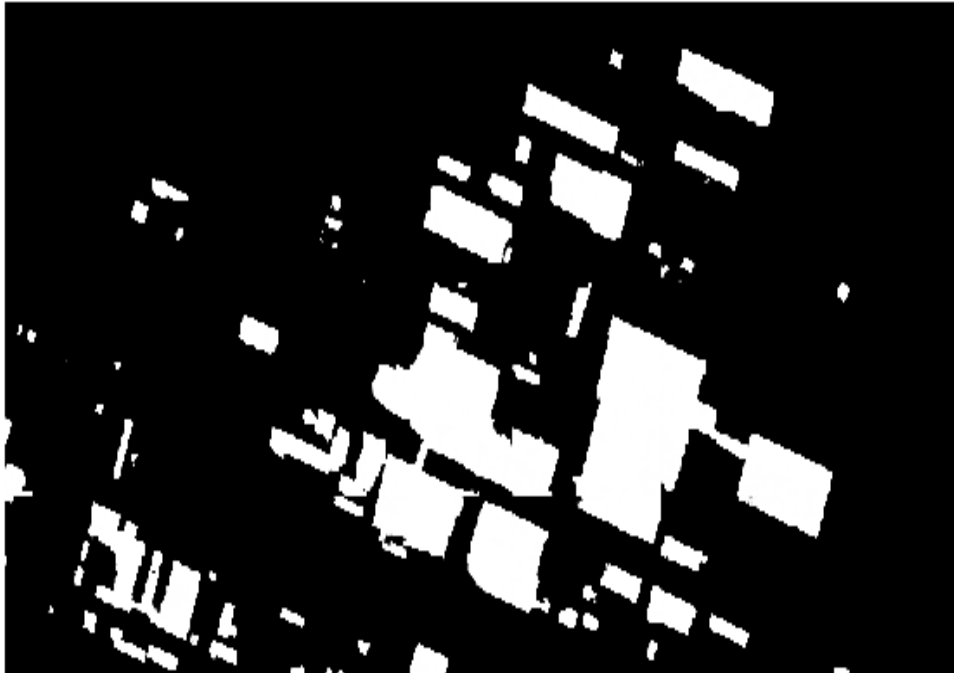
Первичное преобразование - получение из пикселей и растровых областей векторного «субстрата» (точек, отрезков и полигонов)

Вторичное преобразование – ряд морфологических операций над векторными данными

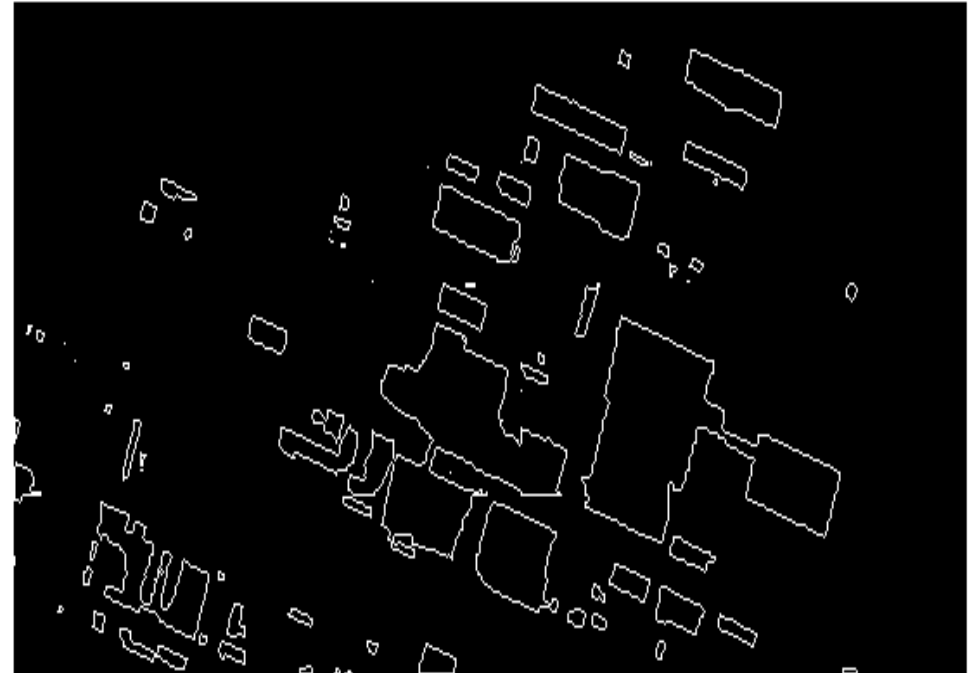
# Источники образования линейных растров

- Градиентные операторы границ (Кенни, Собеля, Прюитта, Робертса, Лапласа и др.) на изображении
- Морфологическая обработка растровых данных (выделение границ, скелетизация и др.)
- Растры векторных данных
- Рендеры геометрических моделей (мешей)
- Участки равной интенсивности в масках полей энергии
- Частные виды изображений

# Пример (выделение границ связанных компонент)



Площадные растры  
(Промышленные здания, по данным  
машинного обучения)



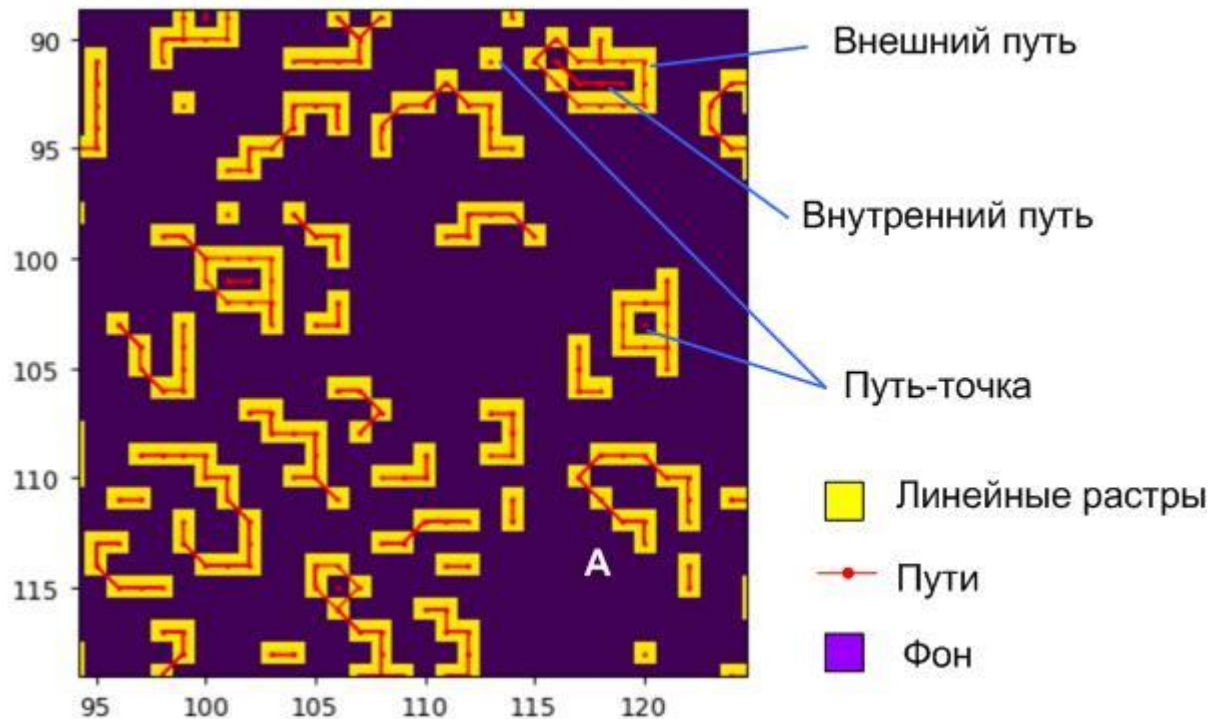
Линейные растры  
(Границы зданий, морфологическая  
процедура выделения границ связанных  
компонент)

*Регион – Участок центральной промзоны г. Норильска (Медный завод) [Источник 1]*

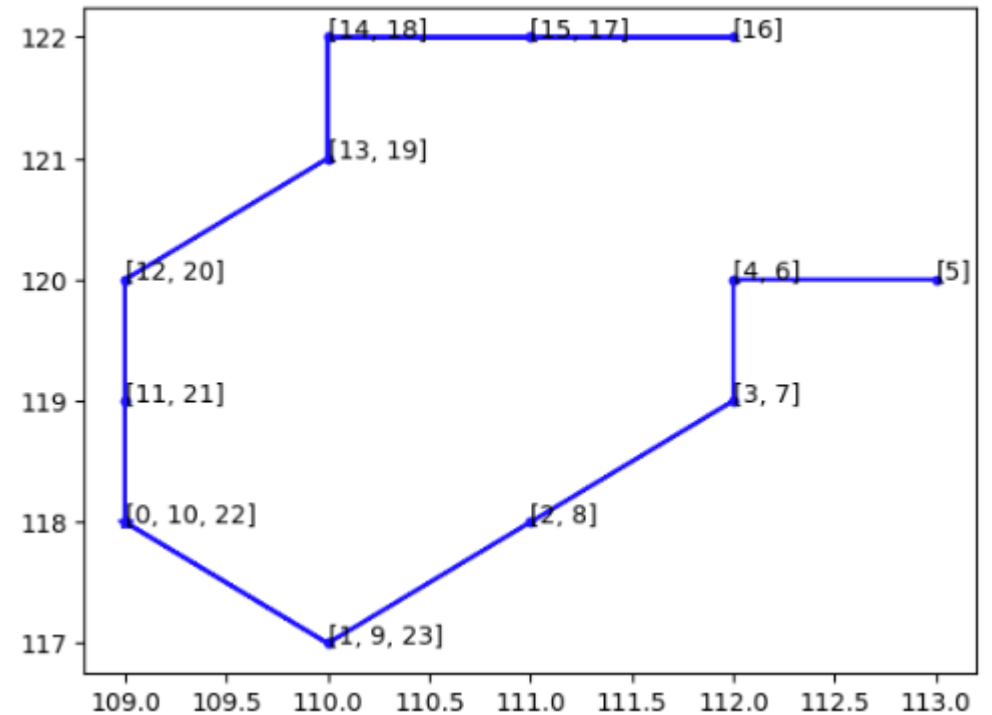
# Морфологическая обработка векторных данных типа «путь»



# Линейные растры и их пути



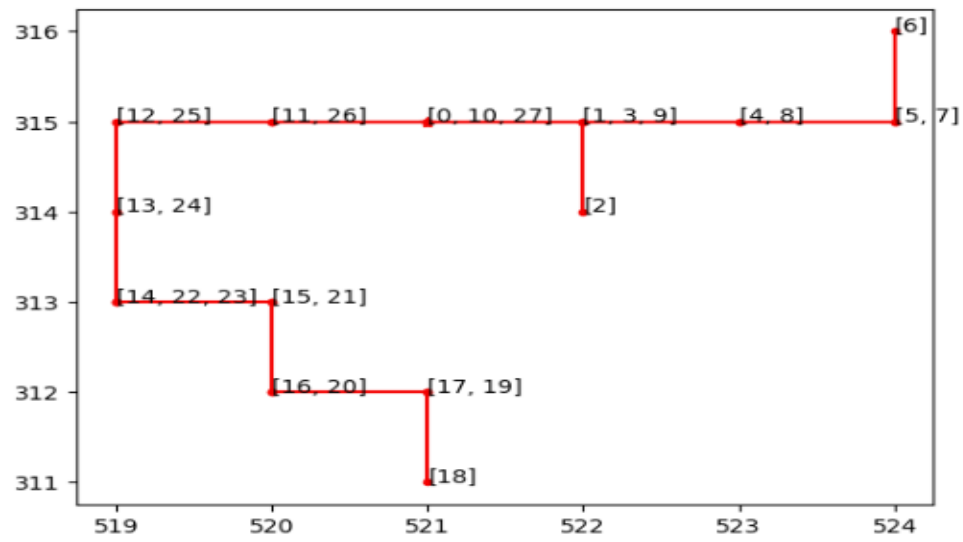
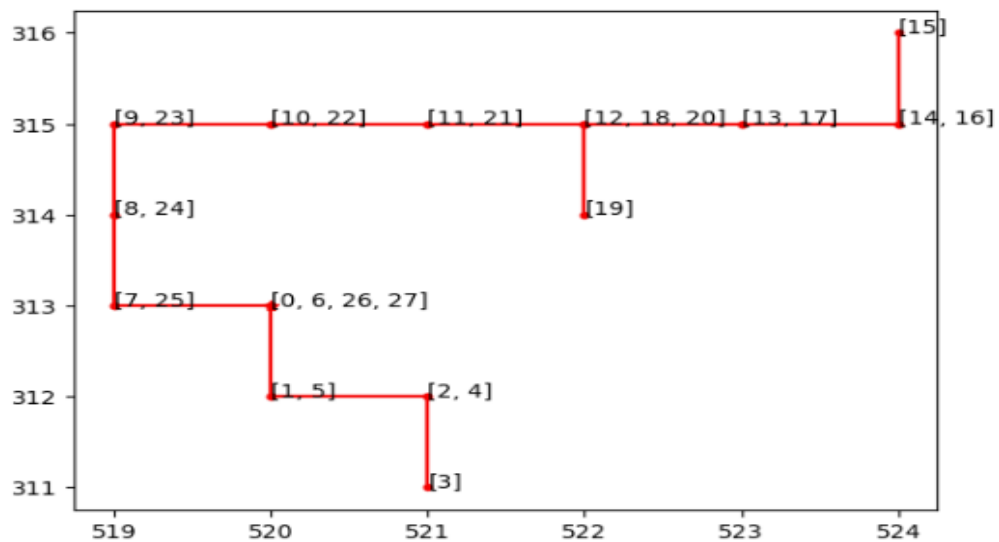
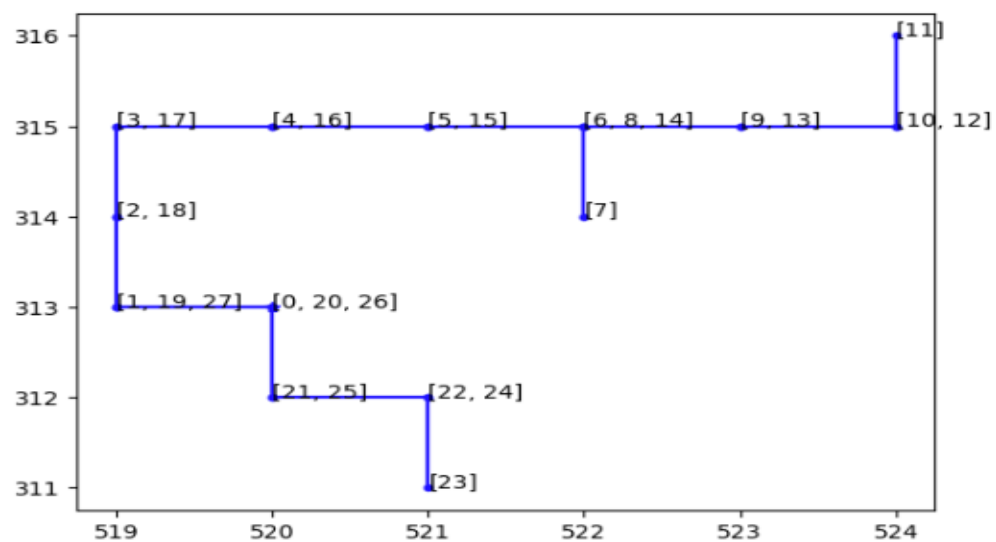
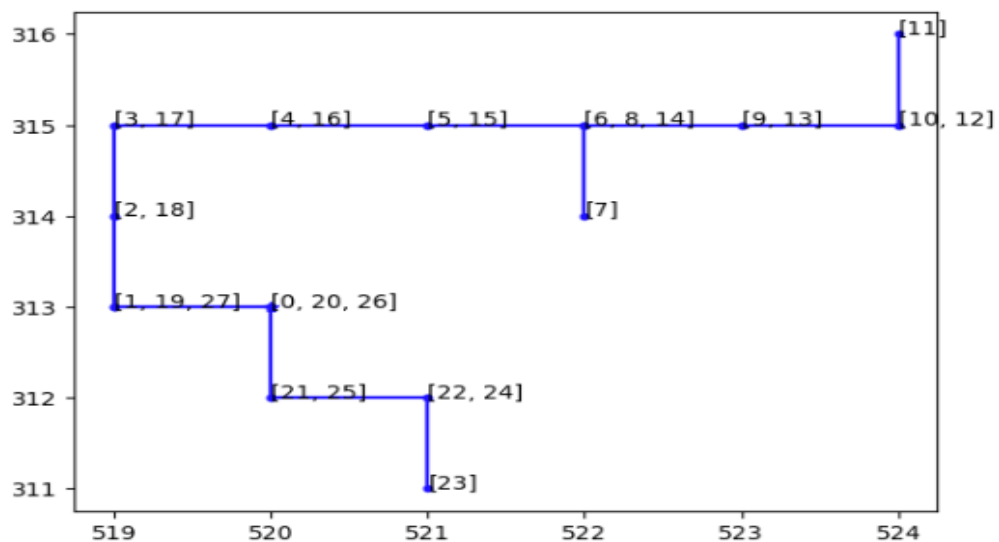
Фрагмент бинарной маски  
границ объектов



Путь растра А

0..23 – точки пути в порядке  
прослеживания растра (метод жука)

# Инверсия и ротация пути

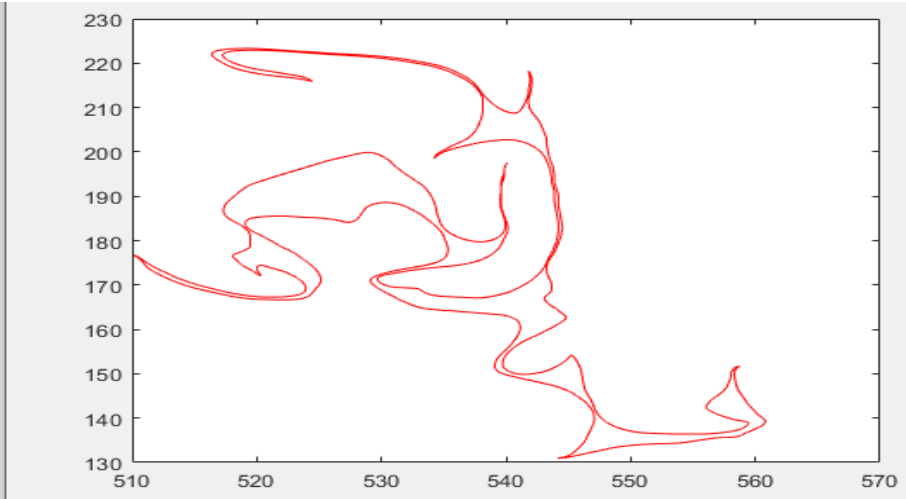
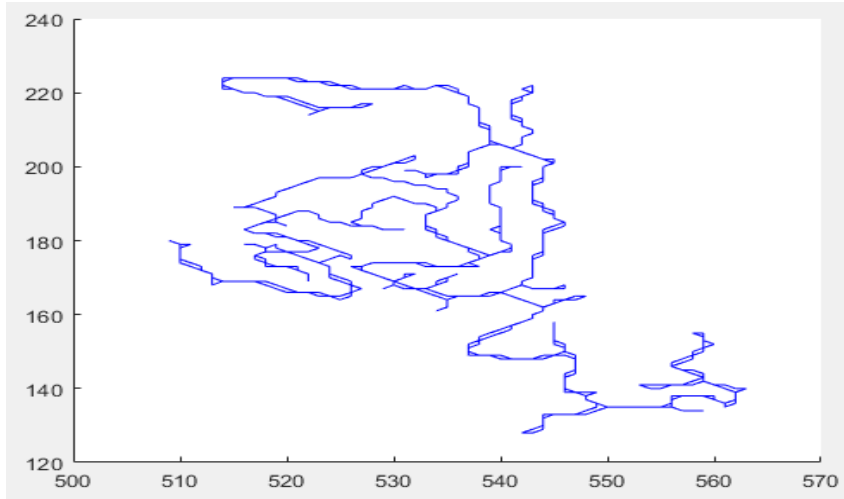


Инверсия

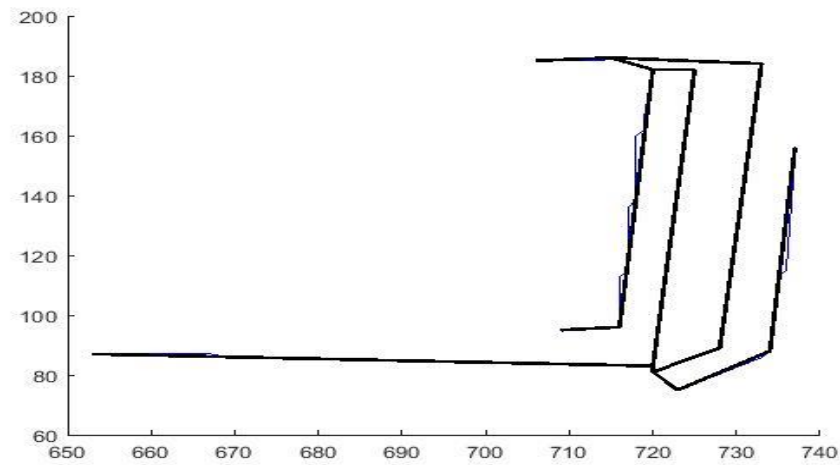
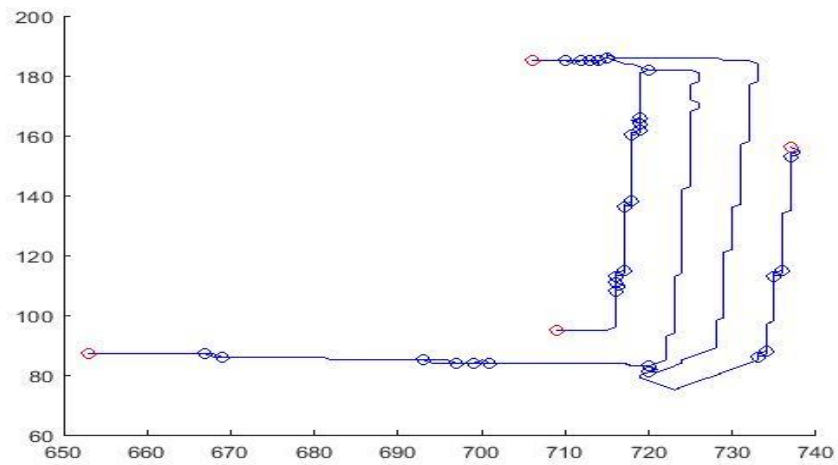
Ротация (на 5 шагов вперёд)



# Линеаризация пути



Линеаризация  
методом  
регрессионного  
анализа

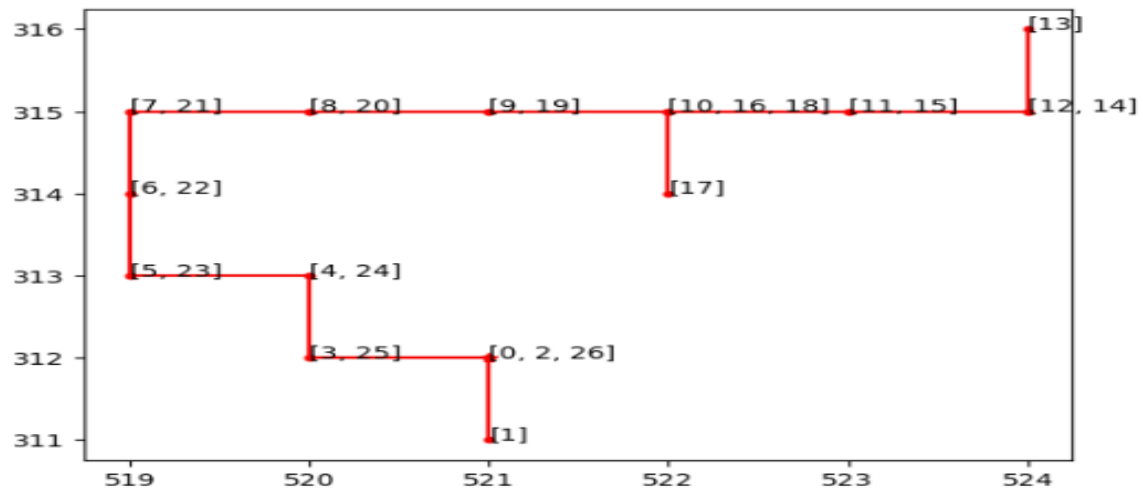
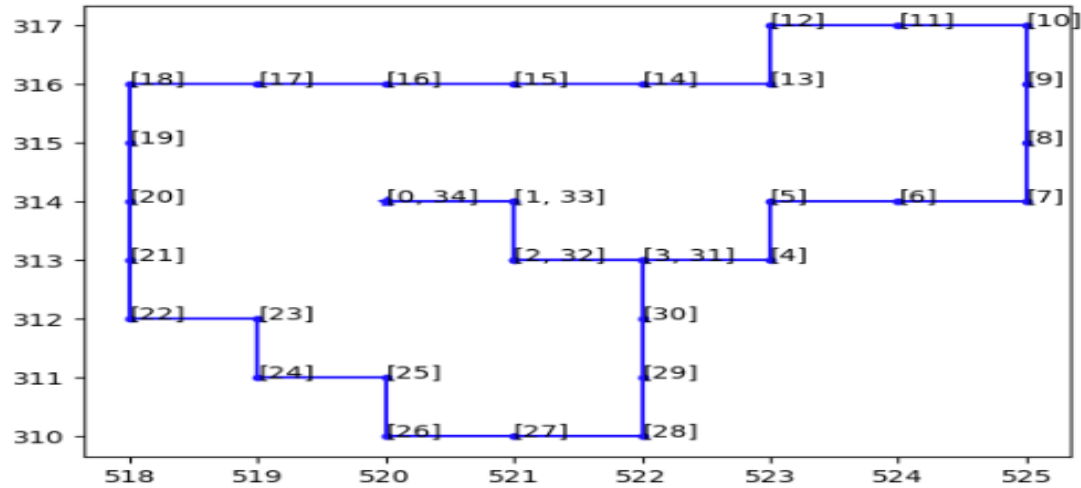


Линеаризация  
методом  
ключевых  
точек

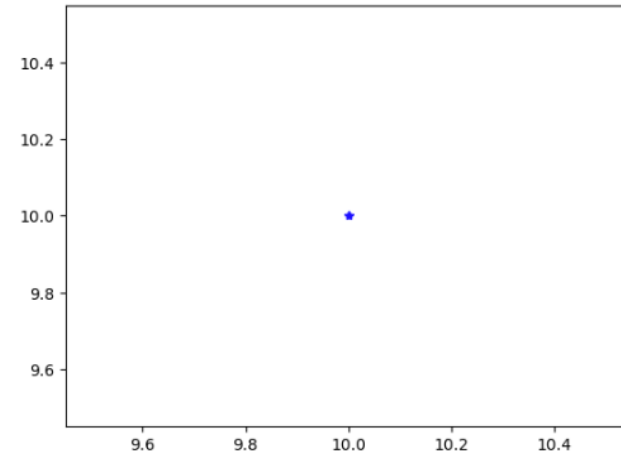
Путь контура

Линия контура

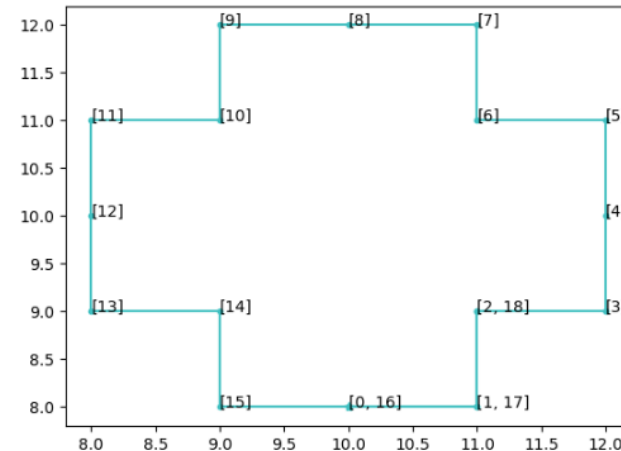
# Сдвиг пути



Сдвиг внутрь на 1 шаг



$x = [10, 11, 11, 12, 12, 12, 11, 11, 11, 10, 9, 9, 8, 8, 8, 9, 9, 10, 11, 11]$   
 $y = [8, 8, 9, 9, 10, 11, 11, 12, 12, 12, 11, 11, 10, 9, 9, 8, 8, 8, 9]$



Сдвиг точки наружу на 2 шага

# Выводы

Для двумерных изображений первичное преобразование предполагает получение из пикселей и растровых областей «субстрата» точек, отрезков и полигонов, а вторичное – ряд морфологических операций над ним. Так, линейные растры образуются в результате выделения границ связных компонент на бинарных или пообъектных масках, применения градиентных операторов обнаружения границ на изображениях, выделения растров по пороговым энергетическим значениям в масках полей энергии и др.

Результатом первичного преобразования в этом случае являются: контуры (множество точек, образующих границу), пути контуров (последовательность точек, образующих прослеживание границы). Целью вторичного преобразования является кластеризация и классификация объектов, а также упрощение геометрии объектов для удобства их интерпретации и демонстрации.

Так, к морфологическим операциям над путями контуров относятся: определение ключевых точек (узловых, концевых и поворотных) и других характеристик путей; изменение формы пути (изменение связности, сдвиг и смещение, поворот и масштабирование и др.); упрощение пути (различные процедуры поляризации, линеаризации, фигурной аппроксимации и др.).

Результат. Подготовлены алгоритмы, выполняющие различные морфологические операции над путями контуров, основанные на классических методах цифровой обработки, протестированные на множестве тестовых образцов изображений высокого пространственного разрешения и их растровых масок. В результате исследований разработана библиотека морфологической обработки путей контуров.

# Список литературы

1. РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ И МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ В ОКЕАНЕ, АТМОСФЕРЕ И НА СУШЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ. Цидилина М.Н., Чимитдоржиев Т.Н., Серебряный А.Н., Дулов В.А., Долгих С.Г., Мурынин А.Б., Дмитриев Е.В., Дмитриев А.В., Замшин В.В., Иванов А.Ю., Матвеев И.А., Плотников А.А., Черепанова Е.В., Юровский Ю.Ю., Юровская М.В., Будрин С.С., Воронова О.С., Рихтер А.А., Трекин А.Н., Химченко Е.Е. и др. Отчет о НИР № 075-15-2020-776 от 24.09.2020. Министерство образования и науки Российской Федерации. 2022.
2. GISGeography [Электронный ресурс]. URL: <https://gisgeography.com/obia-object-based-image-analysis-geobia>.
3. Orfeo ToolBox [Электронный ресурс]. URL: <https://www.orfeo-toolbox.org/CookBook>.
4. T. Blaschke. Object based image analysis for remote sensing / ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65 (2010) 2–16. URL: [https://www.researchgate.net/publication/216266264\\_Object\\_based\\_image\\_analysis\\_for\\_remote\\_sensing\\_ISPRS\\_J\\_Photogramm\\_Remote\\_Sensing](https://www.researchgate.net/publication/216266264_Object_based_image_analysis_for_remote_sensing_ISPRS_J_Photogramm_Remote_Sensing).
5. Thomas Blaschke, Geoffrey J. Hay. Object-oriented image analysis and scale-space: theory and methods for modeling and evaluating multiscale landscape structure. January 2001. URL: [https://www.researchgate.net/publication/284675998\\_Object-oriented\\_image\\_analysis\\_and\\_scale-space\\_Theory\\_and\\_methods\\_for\\_modeling\\_and\\_evaluating\\_multi-scale\\_landscape\\_structure](https://www.researchgate.net/publication/284675998_Object-oriented_image_analysis_and_scale-space_Theory_and_methods_for_modeling_and_evaluating_multi-scale_landscape_structure).
6. Харламов А.А., Ле М.Х. Нейросетевые подходы к классификации текстов на основе морфологического анализа / ТРУДЫ МФТИ. Труды Московского физико-технического института (национального исследовательского университета). 2017. Т. 9. № 2 (34). С. 143-150.
7. Теоретические и экспериментальные исследования поставленных перед ПНИЭР задач. Обобщение и оценка результатов исследований. подведение итогов реализации проекта. Научно-технический отчет о составной части ПНИЭР «Разработка методов и алгоритмов повышения пространственного разрешения аэрокосмических изображений для мониторинга объектов железнодорожного транспорта» по этапу № 2 календарного плана договора №\_МН-1823/1С от 12 декабря 2019 г. НИИ «АЭРОКОСМОС», ФИЦ ИУ РАН, 2020 г., 342 с.
8. Антипова Н.В., Гвоздев О.Г., Козуб В.А., Мурынин А.Б., Рихтер А.А. Восстановление структурной информации об антропогенных объектах из одиночных аэрокосмических изображений / Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2023. Т. 2. № 3. С. 90-105.