



Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)



Институт № 8 «Компьютерные науки и прикладная математика»

Кафедра № 806 «Вычислительная математика и программирование»

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
на тему:

**«Применение методов контурного анализа для  
обнаружения объектов, инвариантных к аффинным  
преобразованиям»**

Студент группы М8О-408Б-19: Ангелина Сергеевна Хренникова

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор К.Ю. Гаврилов, кафедра 806

Москва – 2023



## Актуальность темы

Алгоритмы обнаружения объектов на изображении используются во многих областях, таких как медицина, радиолокация, транспортная сфера, сельское хозяйство и прочие. Они помогают автоматизировать процессы, помогая или полностью заменяя человека.

В настоящее время существуют готовые реализации данных методов, однако большая часть из них являются коммерческими или не имеют открытого исходного кода. Также, такие программы как правило специализированы под определенные сферы их использования и не являются универсальными.

Использование контурного метода не требует использования большого числа вычислительных ресурсов и временных затрат.



# Цель и задача работы

- **Цель** – разработать алгоритмы и программы обнаружения объектов, инвариантных к аффинным преобразованиям.
- **Задачи:**
  - Изучить возможные методы контурного анализа, с помощью которых можно реализовать обнаружение объектов, инвариантных к аффинным преобразованиям;
  - Рассмотреть возможные проблемы при работе с изображениями, найти пути решения;
  - Реализовать предварительную обработку изображения;
  - Разработать алгоритмы и программы выделения контура на используемых изображениях, с учетом шумов;
  - Разработать программу, для обнаружения объектов на изображении по шаблону;
  - Исследовать разработанные методы при различных масштабах, смещениях и поворотах объектов, а также в условиях искажения изображения шумом.



# Постановка задачи

- **Дано:**

- Примеры исходных данных: изображения объектов природы и текста.



## Пассивный вис

Повисните на турнике (или дверном косяке, или ветке дерева). Вот и все. Это расслабленный вис, в отличие от обычного вися из главы про подтягивания. Не напрягайте плечи и отводите назад лопатки. Идея заключается в том, чтобы ваш позвоночник максимально вытянулся, а широчайшие мышцы спины и плечи были расслаблены. Даже ваши вертлужные впадины почувствуют это. Ах-х-х-х-х.

- **Необходимо**

- Программа должна обнаруживать заданный объект на изображении (птица, буква и т.д.) и указывать его расположение на заданном изображении.





# Основные этапы работы

- Обзор задач, при решении которых используются методы обнаружения объектов на изображении, и области их применения.
- Обзор изображений, полученных различными способами (оптические, рентгеновские, инфракрасные и другие), определение их особенностей и выявление возможных дефектов на этих изображениях.
- Анализ и сравнение различных методов обнаружения объектов на изображении: методы фильтрации, методы ключевых точек, нейросетевые методы, метод контурного анализа.
- Методы предварительной обработки изображения: удаление шума, повышение резкости и другие.
- Разработка алгоритма обнаружения объекта на основе обобщенного преобразования Хафа и анализ его работы.
- Исследование и анализ разработанных алгоритмов.



# Стек технологий

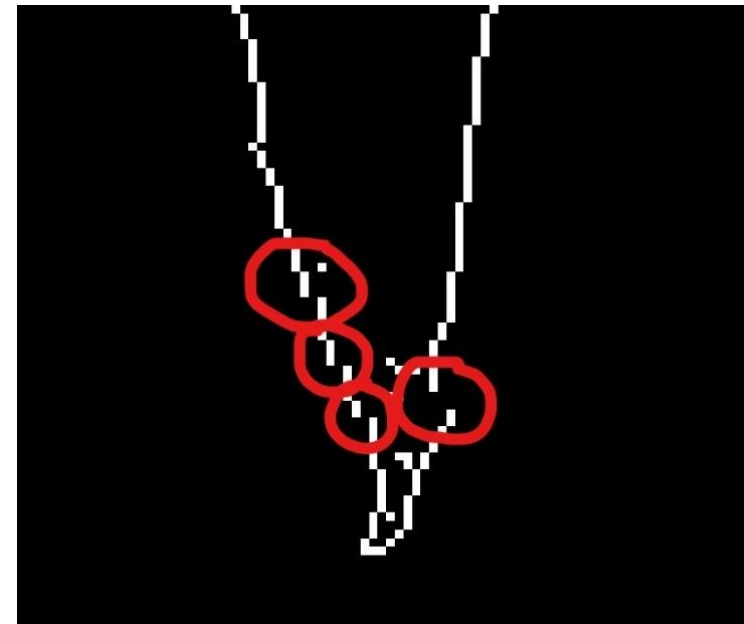
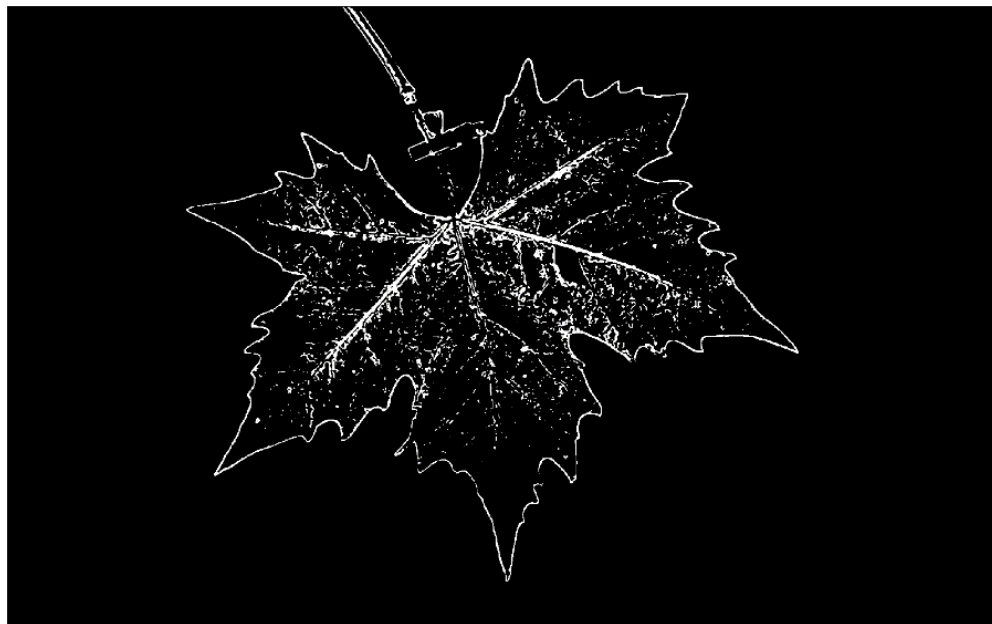
- Используемый язык программирования: Matlab
- Использовались стандартные функции, такие как:
  - `Imgaussfilt` – фильтрация изображения с гауссовским ядром сглаживания;
  - `Imdilate` – расширение бинарного изображения;
  - `Imerode` – разрушение бинарного изображения;
  - `Imclose` – морфологическое закрытие на бинарном изображении;
  - `Edge` – получение бинарного изображения, где функция находит ребра;
  - и т.д.

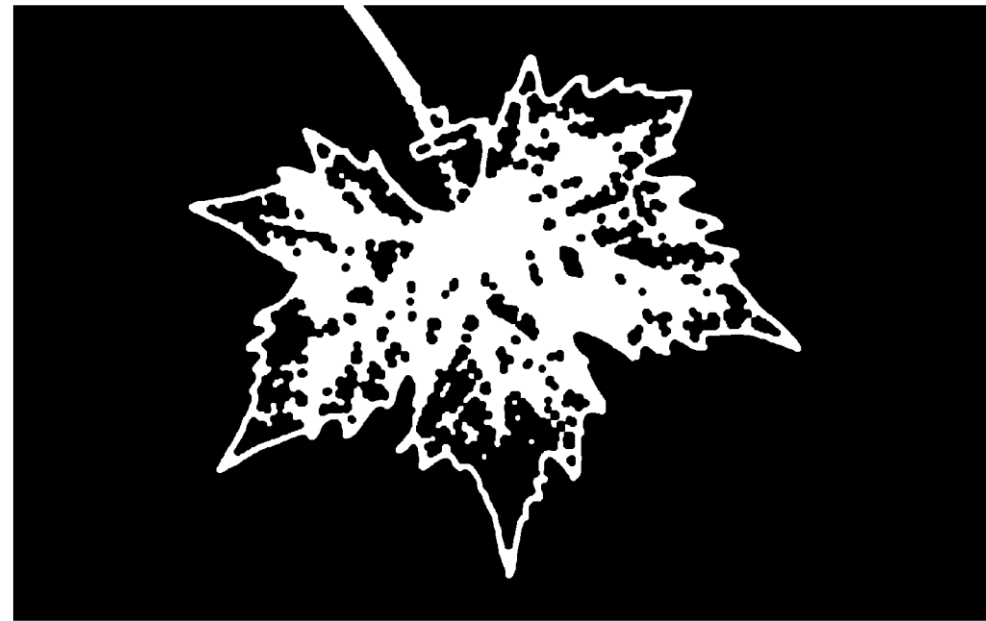
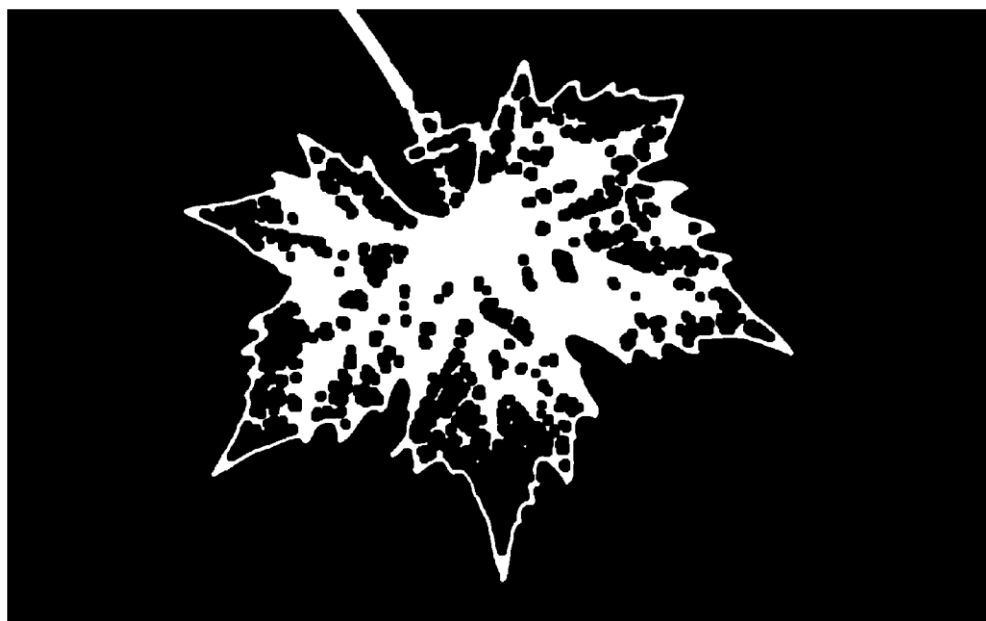
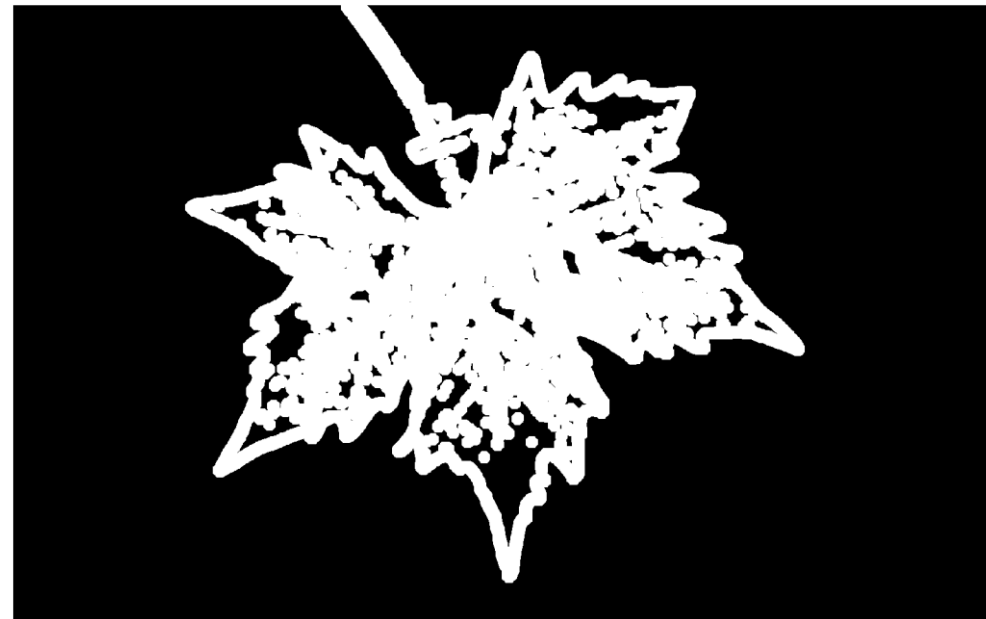
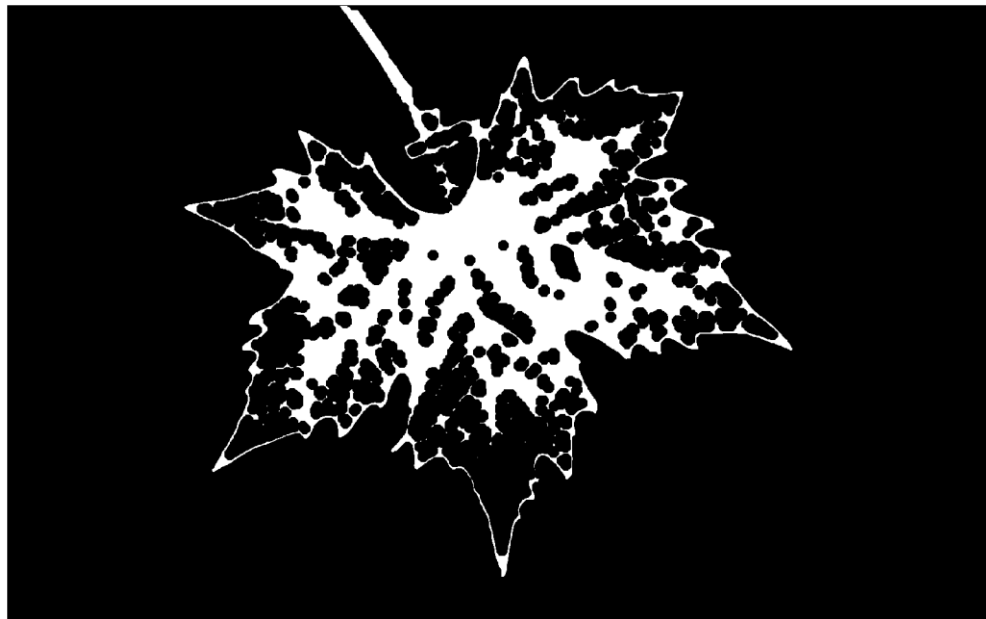


# Разработка алгоритма выделения контура

Используемые алгоритмы выделения контуров: метод Собеля, метод Кэнни.

Приемы для связывания контуров: метод эрозии, метод дилатации.





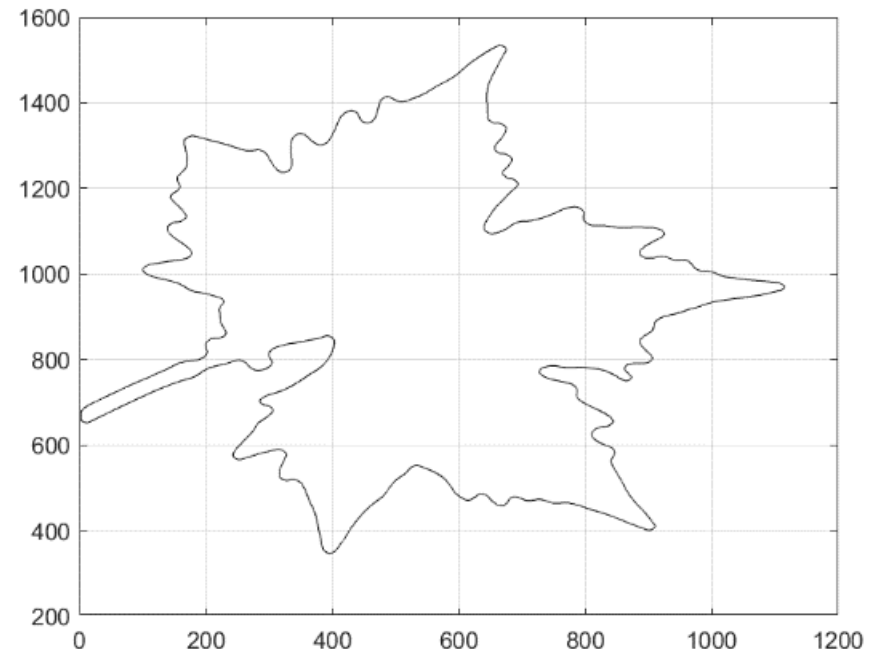




# Разработка алгоритма выделения контура

Методы создания однородной внутренней области: выделение замкнутого контура, закрытие замкнутой области одинаковым значением яркости.

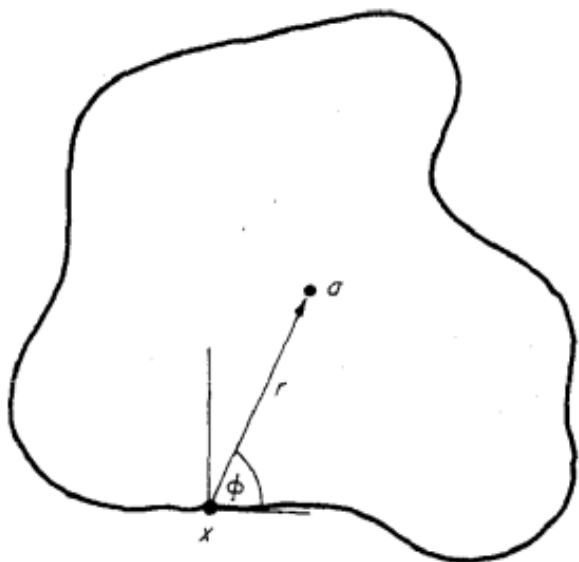
Описание контура одномерной функцией.





# Применение обобщенного преобразования Хафа для задачи обнаружения объекта по шаблону

Обобщенное преобразование Хафа для произвольной формы представляется R-таблицей. Для формы выбирается опорная точка и для каждой точки контура вычисляется направление градиента  $\varphi(x)$  и расстояние до опорной точки  $r$ .



$i$	$\varphi_i$	$R_{\varphi_i}$
0	0	$\{r   a - r = x, x \in B, \varphi(x) = 0\}$
1	$\Delta\varphi$	$\{r   a - r = x, x \in B, \varphi(x) = \Delta\varphi\}$
2	$2\Delta\varphi$	$\{r   a - r = x, x \in B, \varphi(x) = 2\Delta\varphi\}$
...	...	...



# Обнаружение экземпляров заданной формы с помощью R-таблицы

- Инициализация массива аккумулятора  $A$ , размерность которого совпадает с размерностью исходного изображения.
- Для каждой точки контура извлекаются соответствующие данные из R-таблицы и вычисляются возможные опорные точки.
- Для каждой возможной опорной точки происходит увеличение соответствующего значения в массиве аккумулятора.
- Максимум в массиве аккумулятора – искомое расположение экземпляра формы.



# Поворот и изменение масштаба объекта

- Для поиска фигур произвольной ориентации и масштаба добавляются эти параметры в описание фигуры. То есть массив аккумуляторов состоит из четырех измерений: координаты, масштаб и угол поворота.
- Если форма имеет масштаб  $s$ , то все векторы масштабируются по  $s$ .
- Если объект повернут на  $\theta$ , все индексы изменяются на  $\theta$  по модулю  $2\pi$ , находятся соответствующие векторы  $\mathbf{r}$  и поворачиваются на  $\theta$ .



# Описание программной разработки







# Примеры работы программы

Примеры обнаружения объектов на заданных изображениях.



Обнаружение птицы(птиц)



## Пассивный вис

Повисните на турнике (или дверном косяке, или ветке дерева). Вот и все. Это расслабленный вис, в отличие от обычного вися из главы про подтягивания. Не напрягайте плечи и отводите назад лопатки. Идея заключается в том, чтобы ваш позвоночник максимально вытянулся, а широчайшие мышцы спины и плечи были расслаблены. Даже ваши вертлужные впадины почувствуют это. Ах-х-х-х-х.

Обнаружение буквы(букв)

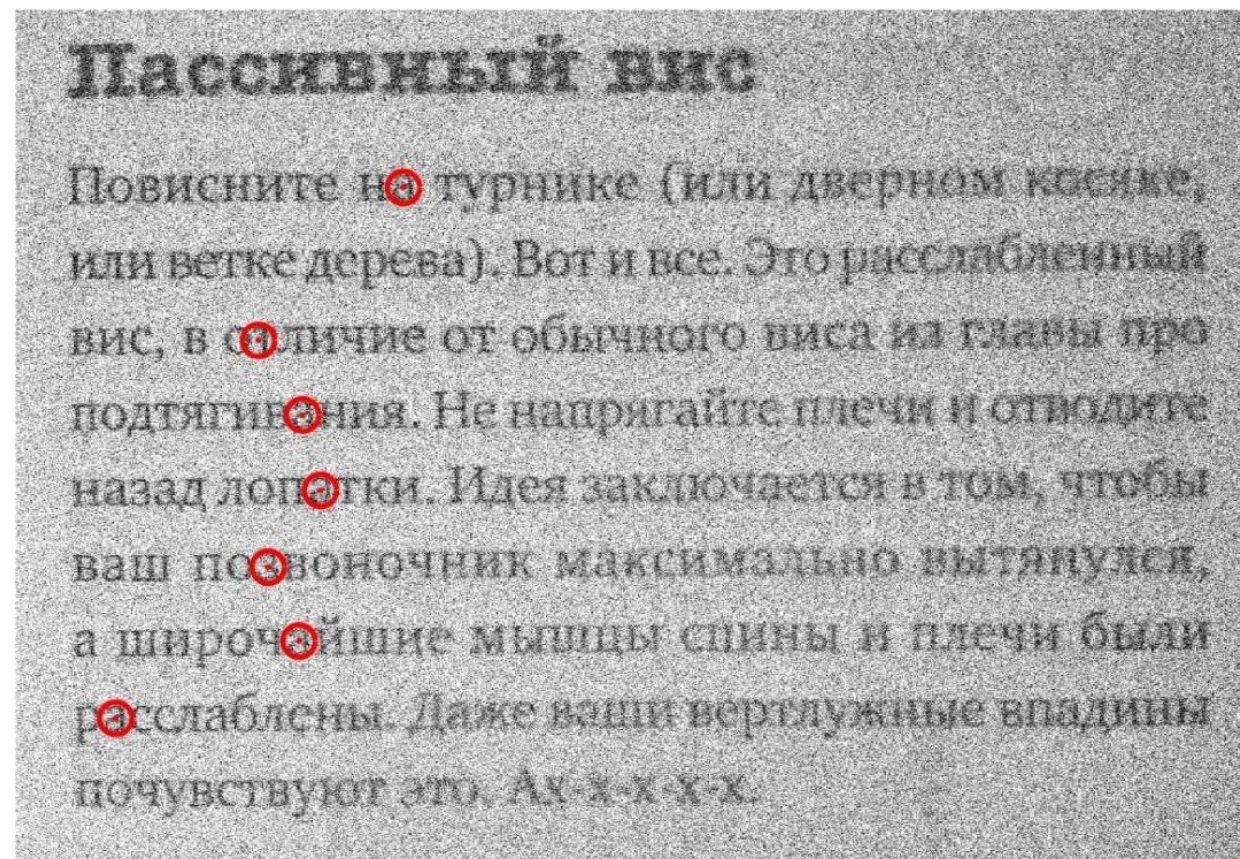




# Результаты обработки изображений



Обнаружение птицы(птиц)



Обнаружение буквы(букв)



# Результаты обработки изображений

А А К А Ы П О С М  
 Р А Л Д Т Ь  
 В Ж З Ч Б Е Р Р К  
 А А Н У З Э  
 Ф Ц А О Б В А

Обнаружение на идеальном изображении



Контур при дисперсии шума 60%



Контур при дисперсии шума 30%



# Заключение

- Проведен обзор различных методов обнаружения объектов на изображении, рассмотрены их достоинства и недостатки. Для решения задачи выбраны методы контурного анализа.
- Показано, что при работе с изображениями необходима предварительная обработка из-за наличия шума, размытостей, недостаточной контрастности. Разработан алгоритм предварительной обработки на основе методов цифровой фильтрации изображений, дилатации и эрозии.
- Реализована программа обнаружения объектов на изображении по шаблону на основе обобщенного преобразования Хафа.





# Заключение

- Разработанные программы позволяют с вероятностью близкой к единице обнаруживать и распознавать объекты различных форм(буквы, символы, контуры объектов живой природы)
- Программа определяет местоположение обнаруживаемого объекта на изображении при любых его поворотах и масштабах.
- Алгоритм сохраняет работоспособность в условиях шума. При дисперсии шума в диапазоне до 10% от яркости изображения вероятность обнаружения не изменяется, в диапазоне 10-30% вероятность правильность распознавания около 80%, в диапазоне 0,3-0,5 вероятность обнаружения около 50% и хуже, при дисперсии более 50% от диапазона яркости, алгоритм работать перестает.