План (в последствии - содержаниие)

Введение (что и зачем)

1. Постановка задачи
2. Средства
   1. Python
   2. Numpy
   3. Opencv
3. Афинные преобразования
4. Особые точки
   1. Детектор углов
   2. Детектор граней
5. Реализация

5.1. Получение Meshes

5.2. Построение изображения

Заключение (мы получили бла-бла-бла)

Введение

Потом)

1. Постановка задач

Целью данной работы является изучение средств и алгоритмов восстановления трёхмерной сцены по фотографии, в частности построение сцены по заданному облаку точек.

На начальном этапе имеем трёхмерное облако точек, соответствующее множеству углов некоторого объекта в пространстве и изображение (фотографию) этого объекта. Фотография сделана с определённого ракурса (известно расстояние до объекта и угол поворота объекта относительно наблюдателя/камеры).

В ходе исследования необходимо создать систему для наложения текстур объекта с изображения на облако точек.

Использующиеся инструменты: язык программирования Python и библиотеки Numpy и OpenCV

На выходе мы должны получить трёхмерное текстурированное изображение объекта.

1. Средства разработки
   1. Язык программирования Python

Python - [высокоуровневый язык программирования](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) общего назначения, ориентированный на повышение производительности разработчика и читаемости кода. [Синтаксис](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B8%D1%81_%28%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29) ядра Python минималистичен. В то же время [стандартная библиотека](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%B8%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B0_Python) включает в себя большой объём полезных функций.

Python поддерживает несколько [парадигм программирования](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B3%D0%BC%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F), в том числе [структурное](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5), [объектно-ориентированное](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%BE-%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5), [функциональное](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5), [императивное](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и [аспектно-ориентированное](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%BE-%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5). Основные архитектурные черты — [динамическая типизация](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F), [автоматическое управление памятью](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B0_%28%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29), полная [интроспекция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_%28%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29), механизм [обработки исключений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9), поддержка [многопоточных вычислений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) и удобные высокоуровневые [структуры данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85). Код в Python организовывается в функции и [классы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81_%28%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29), которые могут объединяться в [модули](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C_%28%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29) (они в свою очередь могут быть объединены в пакеты).

Появившись сравнительно поздно, Python создавался под влиянием множества языков программирования:

* [ABC](https://ru.wikipedia.org/wiki/ABC_%28%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29) — отступы для группировки операторов, высокоуровневые структуры данных (map) (Python фактически создавался как попытка исправить ошибки, допущенные при проектировании ABC);
* [Modula-3](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D0%B0-3) — пакеты, модули, использование else совместно с try и except, именованные аргументы функций (на это также повлиял [Common Lisp](https://ru.wikipedia.org/wiki/Common_Lisp));
* [С](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1_%28%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29), [C++](https://ru.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B) — некоторые синтаксические конструкции (как пишет сам [Гвидо ван Россум](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%BE_%D0%B2%D0%B0%D0%BD_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D1%83%D0%BC) — он использовал наиболее непротиворечивые конструкции из С, чтобы не вызвать неприязнь у С-программистов к Python[[15]](https://ru.wikipedia.org/wiki/Python" \l "cite_note-foreword-15));
* [Smalltalk](https://ru.wikipedia.org/wiki/Smalltalk) — объектно-ориентированное программирование;
* [Lisp](https://ru.wikipedia.org/wiki/Lisp) — отдельные черты [функционального программирования](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5) (lambda, map, reduce, filter и другие);
* [Fortran](https://ru.wikipedia.org/wiki/Fortran) — срезы массивов, комплексная арифметика;
* [Miranda](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0_%28%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29) — [списочные выражения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BD%D0%B0_%D0%9F%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B5#.D0.A1.D0.BF.D0.B8.D1.81.D0.BE.D1.87.D0.BD.D1.8B.D0.B5_.D0.B2.D1.8B.D1.80.D0.B0.D0.B6.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D1.8F);
* [Java](https://ru.wikipedia.org/wiki/Java) — модули logging, unittest, threading (часть возможностей оригинального модуля не реализована), xml.sax стандартной библиотеки, совместное использование finally и except при обработке исключений, использование @ для [декораторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Python#.D0.94.D0.B5.D0.BA.D0.BE.D1.80.D0.B0.D1.82.D0.BE.D1.80.D1.8B);
* [Icon](https://ru.wikipedia.org/wiki/Icon_%28%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29) — [генераторы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Python#.D0.93.D0.B5.D0.BD.D0.B5.D1.80.D0.B0.D1.82.D0.BE.D1.80.D1.8B).

Большая часть других возможностей Python (например, байт-компиляция исходного кода) также была реализована ранее в других языках.

Одним из важнейших плюсов языка Python является портируемость. Он работает почти на всех известных платформах — от [КПК](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80) до [мейнфреймов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B5%D0%B9%D0%BC). Существуют версии под [Microsoft Windows](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Windows), практически все варианты [UNIX](https://ru.wikipedia.org/wiki/UNIX) (включая [FreeBSD](https://ru.wikipedia.org/wiki/FreeBSD) и [Linux](https://ru.wikipedia.org/wiki/Linux)), [Plan 9](https://ru.wikipedia.org/wiki/Plan_9), [Mac OS](https://ru.wikipedia.org/wiki/Mac_OS) и [Mac OS X](https://ru.wikipedia.org/wiki/Mac_OS_X), [iPhone OS](https://ru.wikipedia.org/wiki/IPhone_OS) 2.0 и выше, [Palm OS](https://ru.wikipedia.org/wiki/Palm_OS), [OS/2](https://ru.wikipedia.org/wiki/OS/2), [Amiga](https://ru.wikipedia.org/wiki/Amiga), [HaikuOS](https://ru.wikipedia.org/wiki/HaikuOS), [AS/400](https://ru.wikipedia.org/wiki/AS/400) и даже [OS/390](https://ru.wikipedia.org/wiki/OS/390), [Windows Mobile](https://ru.wikipedia.org/wiki/Windows_Mobile), [Symbian](https://ru.wikipedia.org/wiki/Symbian) и [Android](https://ru.wikipedia.org/wiki/Android).

Однако, по мере устаревания платформы её поддержка в основной ветви языка прекращается. Например, с серии 2.6 прекращена поддержка [Windows 95](https://ru.wikipedia.org/wiki/Windows_95), [Windows 98](https://ru.wikipedia.org/wiki/Windows_98) и [Windows ME](https://ru.wikipedia.org/wiki/Windows_ME). Тем не менее на этих платформах можно использовать предыдущие версии Python — на данный момент сообщество активно поддерживает версии Python начиная от 2.3 (для них выходят исправления).

При этом, в отличие от многих портируемых систем, для всех основных платформ Python имеет поддержку характерных для данной платформы технологий (например, Microsoft [COM](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Component_Object_Model)/[DCOM](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Distributed_Component_Object_Model)). Более того, существует специальная версия Python для [виртуальной машины Java](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%80%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_Java) — [Jython](https://ru.wikipedia.org/wiki/Jython), что позволяет интерпретатору выполняться на любой системе, поддерживающей Java, при этом классы Java могут непосредственно использоваться из Python и даже быть написанными на Python. Также несколько проектов обеспечивают интеграцию с платформой [Microsoft .NET](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_.NET), основные из которых — [IronPython](https://ru.wikipedia.org/wiki/IronPython) и [Python.Net](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Python.Net&action=edit&redlink=1).

Ещё одним достоинство Python выступает [динамическая типизацию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F), то есть тип переменной определяется только во время исполнения. Поэтому вместо «присваивания значения переменной» лучше говорить о «связывании значения с некоторым именем». В Python имеются встроенные типы: [булевый](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%83%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%B8%D0%BF), [строка](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%B8%D0%BF), [Unicode](https://ru.wikipedia.org/wiki/Unicode)-строка, целое число произвольной точности, число [с плавающей запятой](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%B0%D1%8F), [комплексное число](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE) и некоторые другие. Из [коллекций](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_%28%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29) в Python встроены: [список](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%28%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29), [кортеж](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B5%D0%B6_%28%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) (неизменяемый список), [словарь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%86%D0%B8%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B2), [множество](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BD%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE) и другие. Все значения являются объектами, в том числе функции, методы, модули, классы.

Добавить новый тип можно либо написав [класс](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81_%28%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29) (class), либо определив новый тип в модуле расширения (например, написанном на языке C). Система классов поддерживает [наследование](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%28%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29) (одиночное и [множественное](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BD%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5)) и [метапрограммирование](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5). Возможно наследование от большинства встроенных типов и типов расширений.

Все объекты делятся на ссылочные и атомарные. К атомарным относятся int, long (в версии 3 любое число int, т.к. в версии 3 нет ограничения на размер), complex и некоторые другие. При присваивании атомарных объектов копируется их значение, в то время как для ссылочных копируется только указатель на объект, таким образом, обе переменные после присваивания используют одно и то же значение. Ссылочные объекты бывают изменяемые и неизменяемые. Например, строки и кортежи являются неизменяемыми, а списки, словари и многие другие объекты — изменяемыми. Кортеж в Python является, по сути, неизменяемым списком. Во многих случаях кортежи работают быстрее списков, поэтому если вы не планируете изменять последовательность, то лучше использовать именно их.

Дизайн языка Python построен вокруг объектно-ориентированной модели программирования. Реализация [ООП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%BE-%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5) в Python является элегантной, мощной и хорошо продуманной, но вместе с тем достаточно специфической по сравнению с другими [объектно-ориентированными языками](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%BE-%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F).

Возможности и особенности:

1. Классы являются одновременно объектами со всеми ниже приведёнными возможностями.
2. Наследование, в том числе множественное.
3. Полиморфизм (все функции виртуальные).
4. Инкапсуляция (два уровня — общедоступные и скрытые методы и поля). Особенность — скрытые члены доступны для использования и помечены как скрытые лишь особыми именами.
5. Специальные методы, управляющие жизненным циклом объекта: конструкторы, деструкторы, распределители памяти.
6. Перегрузка операторов (всех, кроме is, '.', '=' и символьных логических).
7. Свойства (имитация поля с помощью функций).
8. Управление доступом к полям (эмуляция полей и методов, частичный доступ, и т. п.).
9. Методы для управления наиболее распространёнными операциями (истинностное значение, len(), глубокое копирование, [сериализация](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F), итерация по объекту, …)
10. Метапрограммирование (управление созданием классов, триггеры на создание классов, и др.)
11. Полная [интроспекция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_%28%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29).
12. Классовые и статические методы, классовые поля.
13. Классы, вложенные в функции и классы.
    1. Пакет NumPy

NumPy — это расширение языка [Python](https://ru.wikipedia.org/wiki/Python), добавляющее поддержку больших многомерных [массивов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B2) и [матриц](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D0%B0_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29), вместе с большой библиотекой [высокоуровневых](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) математических функций для операций с этими массивами. Предшественник NumPy, Numeric, был изначально создан Jim Hugunin. NumPy — [открытое программное обеспечение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), поучаствовать в разработке может любой желающий.

Поскольку [Python](https://ru.wikipedia.org/wiki/Python) — [интерпретируемый язык](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%80%D1%83%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F), математические алгоритмы часто работают в нём гораздо медленнее, чем в [компилируемых языках](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%80%D1%83%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F), таких как [Си](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8_%28%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29) или [Java](https://ru.wikipedia.org/wiki/Java). NumPy пытается решить эту проблему для большого количества [вычислительных алгоритмов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), обеспечивая поддержку многомерных массивов и множество функций и операторов для работы с ними. Таким образом, любой алгоритм, который может быть выражен в основном как последовательность операций над массивами и матрицами, работает так же быстро, как эквивалентный код, выполняемый в MATLAB, а после специальной оптимизации скорость может достигнуть скорости компилируемых языков типа [Си](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8_%28%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29).

NumPy можно рассматривать как хорошую свободную альтернативу [MATLAB](https://ru.wikipedia.org/wiki/MATLAB), поскольку язык программирования [MATLAB](https://ru.wikipedia.org/wiki/MATLAB) внешне напоминает NumPy: оба они интерпретируемые, и оба позволяют пользователям писать быстрые программы, пока большинство операций производятся над массивами или матрицами, а не над [скалярами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8F%D1%80). Преимущество [MATLAB](https://ru.wikipedia.org/wiki/MATLAB) в большом количестве доступных дополнительных тулбоксов, включая такие как пакет [Simulink](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Simulink&action=edit&redlink=1). Основные пакеты, дополняющие NumPy, это: [SciPy](https://ru.wikipedia.org/wiki/SciPy) — библиотека, добавляющая больше MATLAB-подобной функциональности; [Matplotlib](https://ru.wikipedia.org/wiki/Matplotlib) — пакет для создания графики в стиле [MATLAB](https://ru.wikipedia.org/wiki/MATLAB). Внутренне как [MATLAB](https://ru.wikipedia.org/wiki/MATLAB), так и NumPy основаны на библиотеке [LAPACK](https://ru.wikipedia.org/wiki/LAPACK), предназначенной для решения основных задач линейной алгебры.

* 1. OpenCV

OpenCV ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) Open Source Computer Vision Library, библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом) — библиотека алгоритмов [компьютерного зрения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), [обработки изображений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) и численных алгоритмов общего назначения с [открытым кодом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5). Реализована на [C](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8_%28%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29)/[C++](https://ru.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B), также разрабатывается для [Python](https://ru.wikipedia.org/wiki/Python), [Java](https://ru.wikipedia.org/wiki/Java), [Ruby](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ruby), [Matlab](https://ru.wikipedia.org/wiki/Matlab), [Lua](https://ru.wikipedia.org/wiki/Lua) и других языков. Может свободно использоваться в академических и коммерческих целях — распространяется в условиях [лицензии BSD](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D0%B8_BSD).

Плюсом библиотеки является её кроссплатформенность. OpenCV поддерживает популярные платформы, такие как Microsoft Windows, Unix, Android, iOS, MacOS.

В OpenCV, начиная с версии 2.2, используются несколько компактных модулей с узкой специализацией:

* opencv\_core — основная функциональность. Включает в себя базовые структуры, вычисления (математические функции, генераторы случайных чисел) и линейную алгебру, [DFT](https://ru.wikipedia.org/wiki/DFT), [DCT](https://ru.wikipedia.org/wiki/DCT), ввод/вывод для XML и YAWL и т. д.
* opencv\_imgproc — обработка изображений (фильтрация, геометрические преобразования, преобразование цветовых пространств и т. д.).
* opencv\_highgui — простой UI, ввод/вывод изображений и видео.
* opencv\_ml — модели машинного обучения (SVM, деревья решений, обучение со стимулированием и т. д.).
* opencv\_features2d — распознавание и описание плоских примитивов ([SURF](https://en.wikipedia.org/wiki/SURF) (англ.)[русск.](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=SURF&action=edit&redlink=1), FAST и другие, включая специализированный фреймворк).
* opencv\_video — анализ движения и отслеживание объектов ([оптический поток](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA), шаблоны движения, устранение фона).
* opencv\_objdetect — обнаружение объектов на изображении (нахождение лиц с помощью [алгоритма Виолы-Джонса](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%92%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%B0-%D0%94%D0%B6%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%B0&action=edit&redlink=1) ([англ.](https://en.wikipedia.org/wiki/Viola-Jones_object_detection_framework)), распознавание людей HOG и т. д.).
* opencv\_calib3d — калибровка камеры, поиск стерео-соответствия и элементы обработки трехмерных данных.
* opencv\_flann — библиотека быстрого поиска ближайших соседей (FLANN 1.5) и обертки OpenCV.
* opencv\_contrib — сопутствующий код, ещё не готовый для применения.
* opencv\_legacy — устаревший код, сохраненный ради обратной совместимости.
* opencv\_gpu — ускорение некоторых функций OpenCV за счет [CUDA](https://ru.wikipedia.org/wiki/CUDA), создан при поддержке [NVidia](https://ru.wikipedia.org/wiki/NVidia).

Данная библиотека часто используется для:

* Распознавание объектов.
* Распознавание текста.
* Устранение искажений.
* Выявление сходства и формы объектов.
* Слежение за перемещением объекта.
* Распознавание движений, жестов и многое другое.

1. Аффинные преобразования

*Аффинное* преобразование (от [лат.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA)*affinis* — соприкасающийся, близкий, смежный) — отображение плоскости или пространства в себя, при котором параллельные прямые переходят в параллельные прямые, пересекающиеся в пересекающиеся, скрещивающиеся в скрещивающиеся.

Аффинное преобразование *f: Rn →Rn* есть преобразование вида

где ~M — [обратимая матрица](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D0%B0) (неособенный [аффинор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%84%D1%84%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D1%80)) и .

Иначе говоря, преобразование называется аффинным, если его можно получить следующим образом:

1. Выбрать «новый» [базис](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%81) пространства с «новым» [началом координат](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BB%D0%BE_%D0%BA%D0%BE%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%82) *v*
2. Каждой точке xпространства поставить в соответствие точку f(x), имеющую те же координаты относительно «новой» системы координат, что и xв «старой».

Свойства аффинного преобразования:

1. При аффинном преобразовании прямая переходит в прямую.
   1. Если размерность пространства *n* ≥ 2, то любое преобразование пространства (то есть [биекция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) пространства на себя), которое переводит прямые в прямые, является аффинным. Это определение используется в [аксиоматическом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BE%D0%BC%D0%B0) построении [аффинной геометрии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%84%D1%84%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F)
2. Аффинные преобразования образуют [группу](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%BF%D0%B0_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) относительно [композиции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B9).
3. Любые три точки, не лежащие на одной прямой и их образы соответственно (не лежащие на одной прямой) однозначно задают аффинное преобразование плоскости.

Аффинное преобразование можно представить как матрицу перехода в однородных координатах.

В декартовых координатах любое аффинное преобразование будет иметь вид:

На практике удобно задавать аффинное преобразование одной матрицей. При этом используются однородные координаты:

Заметим, что первые три значения последней строки равны в матрице преобразования 0. Это **необходимое** **условие** того, что преобразование будет аффинным. В общем случае произвольная матрица размера 4x4 задает проективное преобразование. Такие преобразования используются для проецирования трехмерной сцены.

Частным случаем аффинных преобразований являются просто движения (без какого-либо сжатия или растяжения). Движения — это такие преобразования, которые сохраняют расстояние между любыми двумя точками неизменным, а именно параллельные переносы, повороты, различные симметрии и их комбинации.

Параллельный перенос – преобразование, при котором все точки пространства перемещаются в одном и том же направлении на одно и то же расстояние. Матрица такого преобразования имеет вид:

Поворот – преобразование, при котором пространство точек поворачивается вокруг некоторой прямой на угол α.

Матрица поворота вокруг оси OX:

Матрица поворота вокруг оси OY:

Матрица поворота вокруг оси OZ:

Другой случай аффинных преобразований — это растяжения и сжатия относительно прямой.

Есть еще важный класс аффинных преобразований — это сжатия и растяжения относительно точки. Они называются преобразованиями подобия или гомотетиями. Подобное преобразование получается путём комбинирования преобразований растяжения относительно перпендикулярных прямых, пересекающихся в данной точке.

В общем виде матрица преобразования растяжения имеет вид:

где sx, sy, sz – коэффициенты растяжения по осям OX, OY, OZ соответственно.

Перечисленные выше преобразования (параллельный перенос, поворот, растяжение) являются элементарными аффинными преобразованиями. Сложные аффинные преобразования всегда можно представить как комбинацию элементарных.

1. Локальные дескрипторы

Особые дескрипторы (в разных источниках – **features/characteristic points/local feature points/interest point/локальные особенности**) –хорошо различимые фрагменты изображения. Это точки (пиксели) с характерной (особой) окрестностью – т.е. отличающиеся своей окрестностью от всех соседних точек.

Классический пример локальной особенности – вершина угла. Описываются вектором признаков вычисляемых на основе интенсивности/градиентов или других характеристик точек окрестности. Используя особые точки можно  анализировать как изображения целиком, так и объекты на них. Хорошие характерные точки позволяют справиться с изменением масштаба, ракурса и перекрытиями сцены или объекта.

Требования к локальным дескрипторам:

1. Повторимость (Особенность находится в одном и том же месте объекта, в независимости от масштаба, поворота, положения объекта и освещения)
2. Локальность (Особенность занимает малую область объекта, в следствии чего работа с ней не чувствительна к перекрытию)
3. Значимость (Каждая особенность имеет уникальное описание)
4. Компактность и эффективность (Количество особенностей должно быть много меньше количества пикселей в изображении)

Существует несколько методов поиска локальных дескрипторов:

1. Детектор Харриса ([Harris)](http://en.wikipedia.org/wiki/Corner_detection" \l "The_Harris_.26_Stephens_.2F_Plessey_corner_detection_algorithm" \t "_blank)
2. Детектор Харриса-Лапласа ([Harris-Laplace](http://en.wikipedia.org/wiki/Harris_affine_region_detector" \l "Harris.E2.80.93Laplace_detector_.28initial_region_points.29" \t "_blank))
3. детектор на основе лапласиана гауссианов ([LoG, Laplacian of Gaussian)](http://en.wikipedia.org/wiki/Blob_detection" \l "The_Laplacian_of_Gaussian" \t "_blank)
4. детектор на основе дифференциалов гауссианов ([DoG, Difference of Gaussian)](http://en.wikipedia.org/wiki/Difference_of_Gaussians)

**Лапласиан** – сумма вторых частных производных функции в точке. **Гауссиан** – это просто [гауссова функция](http://en.wikipedia.org/wiki/Gaussian_function) – которой обрабатывают изображение. Соответственно лапласиан гауссиана – представление функции-изображения после применения оператора Гаусса, через сумму частных производных (его трехмерный график, при некоторой доле воображения, напоминает мексиканскую шляпку или сомбреро).

* 1. Детектор Хариса

Одним из наиболее распространенных типов особых точек являются углы на изображении , т.к. в отличие от ребер углы на паре изображений можно однозначно сопоставить. Расположение углов можно определить, используя локальные детекторы. Входом локальных детекторов является черно-белое изображение. На выходе формируется матрица с элементами, значения которых определяют степень правдоподобности нахождения угла в соответствующих пикселях изображения. Далее выполняется отсечение пикселей со степенью правдоподобности, меньшей некоторого порога. Для оставшихся точек принимается, что они являются особыми.

Детектор Харриса – наиболее распространённый детектор локальных особенностей. Его часто называют детектором углов Харриса. Этот алгоритм основан на алгоритме обнаружения углов Моравека.

Алгоритм Моравека является одним из первых алгоритмов нахождения углов. Он проверяет каждый пиксель в изображении, чтобы определить является ли тот углом, рассматривая участки в области пикселя. Сходство определяется путем принятия суммы квадратов разностей между двумя участками. Меньшее число указывает на большее сходство.

Идея состоит в том, что если пиксель в области равномерной интенсивностью, то близлежащие участки будут выглядеть примерно одинаково. Если пиксель находится на краю, тогда соседние участки в направлении, перпендикулярном к краю будет выглядеть совершенно разными, но соседние участки в направлении, параллельном краю изменяются незначительно. Если пиксель на особенности с изменением во всех направлениях, то ни один из близлежащих участков не будет выглядеть примерно также.

Сила угла определяется как наименьшая сумма квадратов разностей между участком и его соседями (по горизонтали, вертикали и двум диагоналям). Если это число локально максимально, то особенность присутствует.

У этого алгоритма есть проблема связанная с тем, что он не изотропен: если угол не направлен в сторону соседей, то он не будет обнаружен, как точечная особенность.

Харрис и Стивенс улучшили детектор углов Моравека, рассматривая дифференциальную оценку угла по отношению к направлению непосредственно, вместо использования сдвинутых пятен. Эту оценку угла часто называют автокорреляционной, поскольку этот термин используется в том документе, в котором этот детектор описан. Однако с математической точки зрения используется метод суммы квадратов разностей.

Без потери общности будем считать, что используются полутоновые 2-мерные изображения. Пусть это изображение будет задано I. Рассмотрим вопрос о выделении области изображения (U, V) и перехода его по (х, у). Взвешенную сумму квадратов разностей между этими двумя областями, обозначим S, определяющуюся по формуле:

может быть аппроксимирована рядом Тейлора. Пусть *Ix* и *Iy* - будут частными производными от *I*, такими, что

Это приводит к следующему приближению:

Запишем в матричном виде:

где

Эта матрица - матрица Харриса, а угловые скобки означают усреднение (например, суммирование (U, V)). Если используется круглое окно (или округлые взвешенные окна, такие, как гауссовские), то ответ будет изотропным.

Угол (или, в общем, точечная особенность) характеризуется большим изменением S во всех направлениях вектора . На основе анализа собственных значений A, эта характеристика может быть выражена следующим образом: должно быть два "больших" собственных значения для точечных особенностей. На основании величины собственных значений , можно сделать следующие выводы на основе этих аргументов:

1. Если и то этот пиксель (х, у) не имеет особенности, представляющей интерес.
2. Если и λ2 имеет некоторое большое положительное значение, то обнаружен край.
3. Если λ1 и λ2 большие положительные значения, то угол найден.

Определение собственных значений вычислительно дорого, так как требует вычисления квадратного корня. Вместо этого используются следующие функции с M, где κ является настраиваемым параметром чувствительности:

Таким образом, алгоритм не имеет на самом деле вычисления собственного разложения матрицы, а вместо этого достаточно вычислить определитель и след от A чтобы найти углы, или, вернее, точки интереса в целом.

Детектор Харриса по сравнению с ранее рассмотренным детектором требует большего количества вычислений за счет необходимости построения сверток с Гауссовым ядром. При этом он достаточно восприимчив к шумам. Подавить шумы позволяет увеличение размера Гауссова окна, но это приводит к значительным вычислительным расходам, поэтому необходимо находить компромисс между качеством работы алгоритма и количеством выполняемых операций. Детектор Харриса обладает свойством анизотропии вдоль горизонтального и вертикального направлений, т.к. автокорреляционная матрица содержит первые производные только вдоль указанных направлений. По сравнению со своим предшественником данный детектор инвариантен относительно поворота, количество ошибок детектирования углов не велико за счет введения свертки с Гауссовыми весовыми коэффициентами. Результаты детектирования значительно меняются при масштабировании изображения. Впоследствии возникают модификации детектора Харриса, которые учитывают вторые производные функции интенсивности (например, детектор Харриса-Лапласа (Harris-Laplace) ).

* 1. Детектор на основе Лапласиана

Иногда бывает недостаточно выделить углы объекта в изображении. Второй важной характеристикой являются грани. Методы поиска граней основаны на определении точек, в которых интенсивность резко меняется. Причиной этих изменений интенсивности может быть либо перепады в глубине, ориентации поверхности, изменении освещения и многих других факторов. В идеальном случае, результат применения детектора граней к изображению приводит к набору связанных линий, которые обозначают границы объектов.

Для детектирования граней часто применяют фильтр, построенный с помощью оператора Лапласа.

**Оператор Лапласа лапласиан** – это сумма вторых частных производных функции в точке:

Таким образом, для декартовых координат оператор Лапласа будет иметь вид:

1. Реализация
   1. Что-то по реализации