1. **ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Рассмотрим подробно функционирование программы. Для этого проведем анализ основных блоков программы и рассмотрим их зависимости. А также проанализируем все функциональные компоненты, которые входят в состав кода программы, и рассмотрим назначение всех методов и переменных этих блоков.

В разрабатываемом приложении можно выделить следующие блоки:

* блок пользовательского интерфейса;
* блок преобразования видеозаписи в коллекцию изображений;
* блок детектирования;
* блок классификации;
* блок взаимодействия с базой данных.

Изначально пользователь попадает на главный экран, логика которого находится в классе Form1. Здесь расположен весь основной графический интерфейс. В данном классе находятся все элементы, через которые пользователь взаимодействует с приложением. Здесь отображаются все информационные сообщения и выводятся управляющие элементы. Пользователь управляет программой в основном через нажатие на клавиши, расположенные в окне приложения. При нажатии происходит вызов необходимых функций, происходят определенные операции и пользователь получает какое-либо уведомление о завершении произошедшей операции.

Здесь пользователь может указать на папку, в которой находятся видеозаписи, на которых необходимо произвести распознавание. После этого производится выбор места сохранения полученных изображений, которые будут сохранены во вложенные папки в соответствии с названиями исходных видеозаписей. Также при обработке исходных видеоматериалов есть возможность настройки частоты создания изображений. После этого пользователь выбирает набор необходимых преобразований и фильтров для улучшения качества распознавания. Здесь же есть производится выбор необходимых для распознавания групп дорожных знаков.

* 1. **Классы разрабатываемого программного средства**
     1. **Класс ffmpegConverter**

Этот класс является функциональнальной оберткой консольного вызова программы ffmpeg из одноименного набора библиотек для разбиения с определенной частотой видеозаписи на изображения.

Метод convert() создает новый процесс, в котором через консоль Windows вызывает программу ffmpeg c определенным набором аргументов. Через аргументы передается расположение папки видеозаписей и папки для сохранения полученных изображений, а также количество кадров за секунду. Пример команды для вызова из консоли ОС Windows приведен на рисунке 3.1.

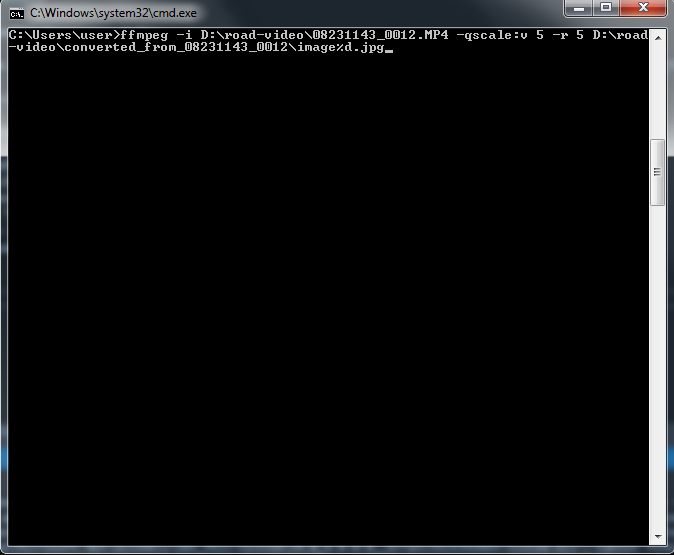


Рисунок 3.1 – пример команды ffmpeg для раскадрирования видеозаписи

* + 1. **Класс ImgOps**

Данный класс содержит методы для преобразования изображений с целью увеличения количественно-качественных характеристик распознавания дорожных знаков. Он использует методы библиотеки EmguCV.

Используя метод RGBtoGrey происходит преобразование изображения из цветного в градации серого. Это позволяет уменьшить количество цветовых каналов с 3 до 1, что позволяет использовать меньше вычислительных мощностей и уменьшает время распознавания.

В методе *InterpolationResize* производится масштабирование изображения с использованием бинарной интерполяции. Данный метод на входе получает исходное изображение и необходимые размеры результата и возвращает полученное изображение.

Суть интерполяции заключается в использовании имеющихся данных для получения ожидаемых значений в неизвестных точках. Интерполяция изображений работает в двух измерениях и пытается достичь наилучшего приближения в цвете и яркости пикселя, основываясь на значениях окружающих пикселей. Бикубическая интерполяция рассматривает массив из 4x4 окружающих пикселей – всего 16. Поскольку они находятся на разных расстояниях от неизвестного пикселя, ближайшие пиксели получают при расчете больший вес. Бикубическая интерполяция производит значительно более резкие изображения, чем другие методы, и возможно, является оптимальной по соотношению времени обработки и качества на выходе. Результат увеличения с интерполяцией можно увидеть на рисунке 3.2(а).





а – исходное изображение; б – после увеличения с интерполяцией

Рисунок 3.2 Результат увеличения с интерполяцией



Рисунок 3.3 Результат увеличения без интерполяции

Для улучшения различимости элементов классифицируемого фрагмента изображения содержащего дорожный знак необходимо применить метод *ContrastAlignment*. Метод принимает исходное изображение и возвращает полученное изображение. В данном методе используется контрастное выравнивание CLAHE (Contrast-limited adaptive histogram equalization).

Контрастное выравнивание CLAHE используется для изображений, имеющих неоднородное геометрическое распределения яркостей. Оно анализирует небольшие участки изображения и позволяет усилить локальный контраст. Для каждого пикселя рассматривается небольшая окрестность изображения, по которой строится функция преобразования, при этом все изображение, как таковое, не используется. Оно позволяет уменьшить неоднородность освещения дорожных знаков. Результат контрастного выравнивания можно увидеть на рисунке 3.4.



а – исходное изображение; б – после контрастного выравнивания

Рисунок 3.4 Результат контрастного выравнивания

* + 1. **Класс SignsHaarCascade**

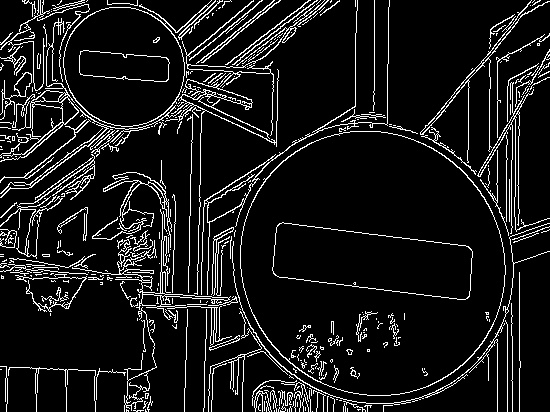
Этот класс выполняет распознавание знаков на основе выбранных каскадов Хаара. Класс содержит экземпляр класса CascadeClassifier из библиотеки EmguCV.

При создании объекта этого класса выбирается существующий на данном компьютере заранее обученный каскад, который будет использоваться для детекции знаков в базе фотографий.

Метод detectAll принимает изображение, на котором необходимо найти знаки. Здесь вызывается функция DetectMultiScale класса CascadeClassifier из библиотеки EmguCV, который находит прямоугольные области в изображении, которые, вероятно, содержат объекты, для которых обучен каскад, и возвращает эти области в виде последовательности прямоугольников. Функция сканирует изображение несколько раз и в разных масштабах. Каждый раз он учитывает перекрывающиеся области на изображении. Также может быть применена некоторая эвристика для уменьшения количества анализируемых областей, например, алгоритм Кэнни.

Детектор границ Кэнни - оператор [обнаружения границ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86) изображения. Границы здесь отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение. Они могут иметь различное направление, поэтому алгоритм Кэнни использует четыре фильтра для обнаружения горизонтальных, вертикальных и диагональных ребер в предварительно размытом для удаления шумов изображении. Результат работы данного детектора можно увидеть на рисунке 3.5. Далее вызывается метод getListOfROI который принимает коллекция *регионов интереса* – областей изображения, в которых были найдены нужные знаки. Затем составляется коллекция, содержащая части исходного изображения в регионах интереса.





а – исходное изображение; б – после применения детектора

Рисунок 3.4 Результат применения детектора

* + 1. **Класс OpenHaarCascadeFileDialog**

Данный класс предназначен для создания окна, в котором пользователь выбирает файл формата XML, в котором хранится результат обучения каскада Хаара. Главным методом этого класса является openCascade. При его вызове создается стандартное окно указания пути ОС Windows, с помощью которого пользователь указывает путь к нужному каскаду Хаара.

* + 1. **Класс OpenVideoFolderFileDialog**

Этот класс нужен для вывода на экран окна для выбора папки с видеозаписями, которые нужно использовать для пополнения базы данных новыми данными. Главным методом этого класса является openFolder. При его вызове создается стандартное окно указания пути ОС Windows, с помощью которого пользователь указывает путь к папке, из которой программа может получить доступ к видеозаписям которые необходимо обработать и выдать нужный результат.

* + 1. **Класс OpenPictureFolderFileDialog**

Этот класс используется для вывода на экран окна, которое используется для выбора папки с изображениями, которые нужно использовать для нахождения знаков. Главным методом этого класса является openFolder. При его вызове создается стандартное окно указания пути ОС Windows, с помощью которого пользователь указывает путь к папке, из которой программа может получить доступ к изображениям.

* + 1. **Класс OpenPictureFileDialog**
    2. **Класс CNN**