

### Лабораторная работа №3

#### Разработка программы для детектирования объектов на спутниковых изображениях с использованием характерных признаков Хаара

1. Подготовить выборку изображений (фото со спутника) в соответствии с вариантом.
2. На языке Python 3.x создать проект и подключить библиотеку *scikit-image* (*opencv* использовать нельзя!).
3. Из л.р. 1,2 взять модули загрузки цветного цифрового изображения и обработки пикселей.
4. Запрограммировать формулу перевода цветного цифрового изображения в полутоновое цветное пространство.
5. Запрограммировать алгоритм определения характерных признаков Хаара (расширенный набор, описание признаков дано ниже, еще раз: *opencv* использовать нельзя!).
6. Для объекта в соответствии с вариантом (В1: легковая машина, В2: грузовая машина, В3: крыша дома, В4: корабль) найти значения характерных признаков Хаара (обучить признаки на объекте).
7. Провести эксперимент по распознаванию объектов с визуализацией результатов (в том числе визуализацией применения характерных признаков на изображении).
8. Дать комментарий каждой строчке кода!
9. Прислать программы преподавателю.
10. Построить график ошибок первого и второго рода по результатам распознавания.
11. Подготовить и прислать отчет (титульный лист, задание, теоретическая часть, диаграмма структуры программы, принтскрины интерфейса и основных шагов работы программы, заключение и выводы, листинг программы с комментариями, список использованной литературы).

## Распознавание областей интересов, основанный на каскадном детекторе с использованием характерных признаков Хаара

Характерным признаком Хаара  $f_{ij}$  называется некоторая величина, вычисляемая для прямоугольной области, состоящей из пикселей и задаваемой параметрами:  $x$ ,  $y$ ,  $w$ ,  $h$ ,  $\alpha$ , где  $x$ ,  $y$ - координата левого верхнего угла прямоугольной области в окне поиска;  $w$ ,  $h$  – соответственно ширина и высота прямоугольной области в пикселях;  $\alpha$  - угол наклона одной из сторон прямоугольной области, причем  $0 \leq x$ ,  $x+w \leq X$ ,  $0 \leq y$ ,  $y+h \leq Y$ ,  $x, y \geq 0$ ,  $w, h > 0$  и  $\alpha \in \{0^\circ, 45^\circ\}$  (рис. 1). Кроме того, каждый характерный признак Хаара разбит на два или три “белых” и “черных” прямоугольника. Расширенный набор характерных признаков Хаара включает: граничные (1), линейные(2) и центровые(3) характерные признаки в соответствии с рисунком 2. Данные признаки заимствовали свою структуру и название из вейвлетного базиса

Хаара [Viola P., Jones M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features // Proc. of Conf. on Comp. Vision and Patt. Recog.- Kauai, 2001.-Vol.1.-P.511-518].

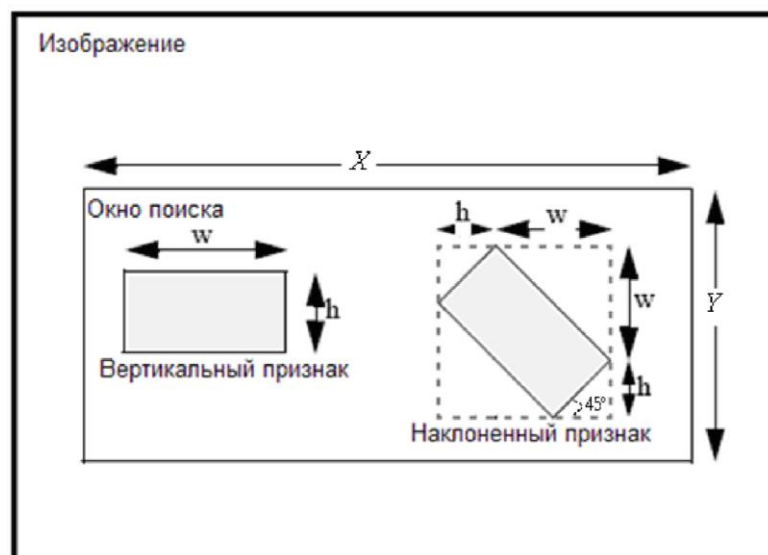


Рис. 1. Пример вертикальных и наклоненных признаков Хаара

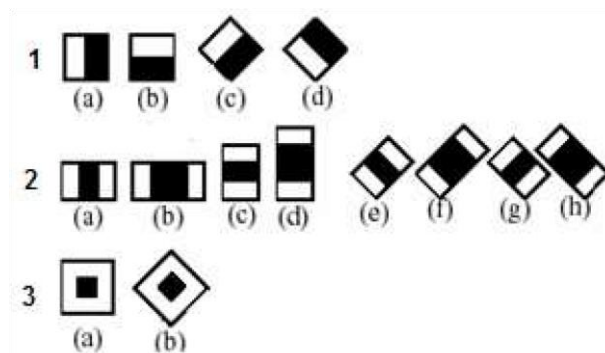


Рис. 2. Расширенный набор базовых характерных признаков Хаара

*Окном поиска* в кадре  $I_i(V, W)$  называется прямоугольная область  $Ok_{kt}(X, Y)$ , содержащая множество пикселей  $X$  по горизонтали и  $Y$  по вертикали, в которой применяется основная функциональность рассматриваемого алгоритма для входного кадра  $I_i(V, W)$ , где  $k$ - значение коэффициента масштабирования окна поиска, обычно  $k=1, 1.2, 1.4, 1.8, 2$  (рис. 2.15). Выбор масштаба признака может быть сделан экспертно на этапе обучения характерного признака на объекте.

Значение каждого признака  $fj$  вычисляется путем применения его к некоторой части кадра  $I_i(V, W)$  в окне поиска  $Ok_{kt}(X, Y)$ . Для признака  $fj$ , состоящего из двух прямоугольников, значение вычисляется как разница между суммой значений полутоновых пикселей, накрытых черным и белым прямоугольным регионом. Для признака  $fj$ , состоящего из трех прямоугольников – из суммы значений полутоновых пикселей прямоугольника находящегося по центру вычитается сумма значений пикселей прямоугольников расположенных по краям.

Кроме задания набора характерных признаков, еще одной задачей при автоматическом выделении кистей в кадре  $I_i(V, W)$  с помощью характерных признаков Хаара является задача классификации (распознавания). Классификация выделенных характеристик необходима для определения того,

к какому классу относится объект, содержащий эти характерные признаки (в данном случае рассматривается два класса: класс объекта и класс фоновых изображений).

Для того чтобы построить классификатор для каждого характерного признака Хаара  $f_j$ , определяется простой классификатор  $Kh_{jj}$ :

$$Kh_j = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если } |f_j| < \theta_j \\ 0, \text{ в остальных случаях} \end{array} \right\}, \quad (2.11)$$

где  $f_j$  – значение характерного признака Хаара найденного в окне поиска  $Ok_k(X, Y)$  кадра  $I_t(V, W)$ ,  $\theta_{jj}$  – значение порога, выбираемого экспериментально.

Таким образом, для того чтобы распознавать объект на изображении необходимо:

1. Вычислить значения каждого характерного признака Хаара для данного объекта (этап обучения).
2. На основании этих значений выбрать масштаб, положение каждого характерного признака Хаара на объекте и значение порога (этап обучения).
3. Задать простые классификаторы (этап обучения).
4. Начать обработку изображения окном поиска слева направо, сверху вниз. Применить простые классификаторы к входному изображению в окне (этап распознавания).
5. Если большая часть простых классификаторов равна 1, то признать объект распознанным на изображении в данном окне поиска (этап распознавания).

Например, для нахождения кисти может быть обучен один классификатор  $Kh$  с одним характерным признаком  $f$ . То есть, выбраны размер окна поиска  $X \times Y$  и размеры характерного признака  $w \times h$ , выбран вид характерного признака, к примеру 1а, и найдены координаты в окне поиска  $Ok_{kr}(X, Y)$  для этого признака при котором его значения меньше некоторого заданного порога  $\theta$ .

На рисунке 3 показано нахождение кисти человека в кадре с помощью обученного простого классификатора. Кадр  $I_i(V, W)$  сканируется окном поиска

$Ok_{kr}(X, Y)$  размером  $15 \times 30$  пикселей с применением характерного признака Хаара 1а размером  $3 \times 9$  в заданных координатах. На рисунке, фаланга безымянного пальца светлее промежутка между фалангами среднего и безымянного пальцев, поэтому значение признака  $f$  меньше заданного порога  $\theta$  и классификатор  $Kh$  равен единице. Кисть считается найденной в данной области кадра  $Ok_{kr}(X, Y)$ . И таким образом окно поиска  $Ok_{kr}(X, Y)$  является искомой областью интересов  $Ob_i(X, Y)$  в данном кадре  $I_i(V, W)$ .

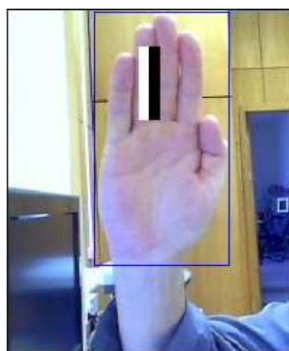


Рис. 3. Нахождение кисти в кадре с помощью характерных признаков Хаара



Рис. 4. Пример выбора масштаба и положения некоторых характерных признаков Хаара для изображения лица