

## ДЕТЕКТОР УГЛОВ ХАРРИСА И СТИВЕНСА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Барбасевич А. В.

Яночкин А. Л. – ассистент кафедры ЭВМ

Детектор углов или в более общей терминологии детектор точечных особенностей является подходом, применяемым в системах компьютерного зрения для извлечения определенных особенностей изображения. Детектор углов часто используется в методах обнаружения движения, сравнения изображений, слежения, совмещения панорамных снимков, 3х мерном моделировании и распознавании объектов.

Угол может быть определен как пересечение двух ребер. Угол может быть также определен в качестве отправной точки, для которой есть два доминирующих и различных направления в края в окрестности точки.

Точечная особенность является точкой на изображении, которая имеет четко определенные позиции и может быть надежно обнаружена. Это означает, что особая точка может быть угловой, но она также может быть, например, изолированной точкой локального максимума линии интенсивности или минимумом, концом линии или точкой на кривой, где кривизна локально максимальна.

На практике большинство детекторов углов обнаруживают точечные особенности, а не углы. Вследствие этого, если только углы должны быть обнаружены необходимо сделать локальный анализ обнаруженных точечных особенностей и определить какие из них действительно углы.

В литературе "угол", "точечная особенность" и "особенность" используются как синонимы, которые не добавляют ясности. В частности, есть несколько детекторов пятен, которые могут быть представлены как "точки интереса операторов", но которые иногда ошибочно называют "детекторами углов". Кроме того, существует понятие обнаружения хребта для обнаружения удлиненных объектов.

О качестве детектора углов часто судят по его способности обнаруживать тот же угол в нескольких изображениях, которые являются аналогичными, но не идентичными, например, с различным освещением, перемещением, вращением и другими преобразованиями.

Простым способом обнаружения углов является применение корреляции, но этот метод вычислительно дорог и неоптимален. Альтернативный подход часто основан на методе предложенного Харрисом и Стивенсом, который, в свою очередь, является усовершенствованием метода Моравека.

Это один из первых алгоритмов обнаружения углов и определяет угол, чтобы тот был в точке с низкой автомодельностью. Алгоритм 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.

Если пиксель в области с равномерной интенсивностью, то близлежащие участки будут выглядеть примерно одинаково. Если пиксель находится на краю, тогда соседние участки в направлении, перпендикулярном к краю будут 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.

Однако одна из главных проблем этого метода связана 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  $(x, y)$ . Взвешенную сумму квадратов разностей между этими двумя областями, обозначим  $S$ , определяющуюся по формуле:

$$S(x, y) = \sum_u \sum_v w(u, v) (I(u, v) - I(u + x, v + y))^2$$

$I(u + x, v + y)$  может быть аппроксимирована рядом Тейлора. Пусть  $I_x$  и  $I_y$  - будут частными производными от  $I$ , такими, что:

$$I(u + x, v + y) \approx I(u, v) + I_x(u, v)x + I_y(u, v)y$$

Это приводит к приближению:

$$S(x, y) \approx \sum_u \sum_v w(u, v) (I_x I_y x + I_y^2 y)^2,$$

которое можно записать в матричном виде:

$$S(x, y) \approx (x \ y) A \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix},$$

где A - структура тензора,

$$A = \sum_u \sum_v w(u, v) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \langle I_x^2 \rangle & \langle I_x I_y \rangle \\ \langle I_x I_y \rangle & \langle I_y^2 \rangle \end{bmatrix}$$

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

Точечная особенность характеризуется большим изменением S во всех направлениях вектора (x y). 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:

Если  $\lambda_1 \approx 0$  и  $\lambda_2 \approx 0$  то этот пиксель (x, y) не имеет особенности, представляющей интерес.

Если  $\lambda_1 \approx 0$  и  $\lambda_2$  имеет некоторое большое положительное значение, то обнаружен край.

Если  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  большие положительные значения, то угол найден.

Харрис и Стивенс отметили, что точное определение собственных значений вычислительно дорого, так как требует вычисления квадратного корня, а вместо этого предложить следующие функции с M, где k является настраиваемым параметром чувствительности:

$$M_c = \lambda_1 \lambda_2 - k(\lambda_1 + \lambda_2)^2 = \det(A) - k \text{trace}^2(A)$$

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

Значение k должно быть определено эмпирически, так и в литературе были представлены как возможные значения в диапазоне 0,04 - 0,15.

Ковариационная матрица для позиции угла A-1, т. е.

$$\frac{1}{\langle I_x^2 \rangle \langle I_y^2 \rangle - \langle I_x I_y \rangle^2} \begin{bmatrix} \langle I_y^2 \rangle & -\langle I_x I_y \rangle \\ -\langle I_x I_y \rangle & \langle I_x^2 \rangle \end{bmatrix}.$$

Список использованных источников:

1. Harris, C., Stephens, M. A combined corner and edge detector / C. Harris, M. Stephens // Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference. - 1988. - 147-151 с.
2. Борисенко, Д.И. Методы поиска угловых особенностей на изображениях / Д.И. Борисенко // Молодой ученый №5 (28) Том 1. - Чита, 2011. - 120-123 с.