

Fast Almost-Gaussian Filtering

Гауссово размытие — это результат применения математической функции Гаусса к изображению для его размытия.

Это широко используемый эффект обычно для уменьшения шума изображения и уменьшения детализации. Визуальный эффект этой техники размытия представляет собой плавное размытие, напоминающее эффект просмотра изображения через полупрозрачный экран.

Сглаживание по Гауссу также используется в качестве этапа предварительной обработки в алгоритмах компьютерного зрения, например в алгоритме Canny для выделения границ.

Статья описывает, как можно достичь хорошего качества аппроксимации фильтра Гаусса с помощью интегральных изображений при низких фиксированных затратах на пиксель независимо от размера фильтра.

Интегральные изображения — они же таблицы суммированных площадей — были придуманы Фрэнком Кроу в 1984 году. Интегральное изображение представляет собой матрицу, элемент (x, y) которой рассчитывается как сумма элемента (x, y) исходного изображения с элементами, находящимися левее и выше него.

$$\Sigma_{abcd} = S(x_c, y_c) - S(x_b, y_b) - S(x_d, y_d) + S(x_a, y_a) .$$

Если затем разделить на количество пикселей в прямоугольнике, мы получим фильтр усреднения. Для вычисления интегрального изображения требуются два сложения на пиксель, а затем три сложения / вычитания и деление на пиксель для получения усреднения. В вычислительной стоимости этого процесса, вероятно, будет преобладать стоимость доступа к памяти, а не арифметических операций.

Повторная фильтрация с фильтрами усреднения может использоваться для аппроксимации гауссовой фильтрации. Три повторных усреднения дают приемлемое приближение к гауссову, а после четырех повторных усреднений приближение становится очень хорошим. Обратите внимание, что, если результат должен быть дифференцирован для получения первой или второй производных, следует использовать по крайней мере пять фильтров, а возможно, даже шесть. Это связано с тем, что процесс дифференцирования имеет эффект «отката» сглаживания, вызванного усреднением. Если используются пять фильтров, общие вычислительные затраты на приближенное сглаживание по Гауссу составляют 25 операций сложения и 5 операций деления на пиксель. В принципе, 5 операций деления могут быть объединены в одно деление в самом конце, однако существует риск числового переполнения на промежуточных интегральных изображениях, если это будет сделано.

Определение усредняющих фильтров для аппроксимации фильтра Гаусса с заданными параметрами.

Чтобы эффективно аппроксимировать фильтр Гаусса с желаемым стандартным отклонением необходимо определить усредняющие фильтры.

Если мы выполним n усреднений с одним и тем же фильтром, дисперсии фильтров складываются.

In summary, given σ and n , the overall process is:

- Use equation 3 to determine w_{ideal} and hence w_l and w_u .
- Use equation 5 to determine m .
- Apply an averaging filter of width w_l m times.
- Apply an averaging filter of width w_u $(n - m)$ times.

Разница между этими двумя значениями составляет 0,3345. Для меньших значений m и для больших значений w_l интервал между стандартными отклонениями соседних фильтров постепенно уменьшается. Следовательно, можно ожидать, что точность полученного значения σ будет не ниже $\pm 0,1673$ для $n = 5$.

Хотя точность достигаемого стандартного отклонения может быть улучшена за счет увеличения n , стоит сохранять n настолько маленьким, насколько это возможно, чтобы уменьшить краевые эффекты в конечном результате фильтрации. При каждом прохождении усредняющего фильтра краевые эффекты распространяются дальше в изображение. Если мы определим «радиус» усредняющего фильтра как $(\text{ширина}-1) / 2$, ширина затронутой границы будет равна $n \times \text{радиус}$. Для $n = 5$ эта ширина границы будет немного больше, чем 3σ , которые обычно допускаются при сглаживании по Гауссу. Таким образом, в целом стоит сохранять небольшое количество проходов, определенно не более 6.

В этой статье показано, что нет никакого вычислительного обоснования для использования грубых box фильтров для аппроксимации гауссианов и их производных при обработке изображений. Высококачественные приближения могут быть получены с незначительными затратами путем многократного усреднения. Соответствующие фильтры усреднения, необходимые для точного достижения желаемого стандартного отклонения по Гауссу, могут быть легко определены.