

Методы и алгоритмы сглаживания фона изображений в системах распознавания образов

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

Проведен анализ существующих методов оценки размытости изображений и их сглаживания. Проанализированы достоинства и ограничения использования таких методов сглаживания, как линейный и нелинейные фильтры, фильтр Гаусса, медианный и ранжирующий фильтр, комбинированные, гибридные и адаптивные фильтры. Рассмотрена функция для размытости изображения, используемая в библиотеке OpenCV.

Ключевые слова: распознавание образов, метод сглаживания изображения, маска, апертура, фильтр, библиотека OpenCV.

Введение

Изучая эффективность работы методов цифровой обработки изображения, можно сказать, что она зависит как от качества самого изображения, так и от настройки применяемых методов. Следовательно, если мы знаем степень размытости данного изображения, то это позволяет выбрать такие параметры для используемых методов, чтобы обеспечивалось наиболее максимальное качество работы. От того, насколько исходное изображение искажено и обладает нечёткостью либо размытостью, зависит качество цифровой обработки изображения. Каждый метод обработки изображений имеет настраиваемые параметры, позволяющие адаптировать его под изображение наиболее оптимальным образом[1]. Зная информацию о том, насколько изображение размыто, можно более точно подобрать либо настроить методы для работы с изображением.

Методы оценки размытости изображения

Для определения степени размытости изображения существуют как достаточно сложные, так и более простые методы. Например, оценка размытости может основываться на методе оценки ширины граничной линии между контрастными фрагментами изображения[1].

Применяя данный подход, необходимо двигаться в двумерной плоскости по направлению, перпендикулярному к граничной линии, и одновременно отслеживать скорость изменения контраста изображения. Чтобы использовать этот метод, необходимо заранее выделить границы на исходном изображении. В результате вывод о размытости изображения основывается на анализе оценок размытости по строкам и столбцам, а в самом простейшем случае — численных оценок размытости по всем строкам и столбцам.

Для оценки размытости можно использовать фильтр Собеля. Рассмотрим алгоритм его работы. Каждая строка полученного изображения рассматривается как одномерная функция, находится её производная и вычисляется среднее расстояние между соседними экстремумами производной. Найденное расстояние усредняется для изображения в целом. Полученное значение является оценкой размытости изображения [1].

Таким образом, для последующего уточнения степени размытости изображения используют выделение окрестностей границ.

Методы сглаживания изображения

Существует достаточно много методов для сглаживания изображений, отличающихся своими параметрами и выходными результатами. Это такие фильтры: линейные, Гаусса, нелинейные, медианные, ранжирующие, адаптированные, комбинированные, гибридные и др. Далее рассмотрим их подробно.

При сглаживании изображений используют апертуру — это прямоугольный либо квадратный участок изображения, на котором определяется функция. Заданная функция в апертуре называется весовой, или функцией окна, а сама апертура вместе с этой функцией называется маской изображения.

Линейные фильтры еще называются сглаживающими, потому что в результате работы линейного фильтра усредняется значение пикселей, содержащихся в апертуре. Для этого нужно подобрать размеры апертуры и специальные веса, которые позволяют воздействовать именно на шум. Пусть, например, используется маска $N \times N$, в пределах её полезное изображение имеет

постоянную яркость f , шум с независимыми значениями отсчетов $\eta_{k,m}$, средним значением $\mu = 0$ и дисперсией σ^2 в пределах маски. Отношение квадрата яркости (i, j) -го пикселя к дисперсии шума, т.е. отношение сигнал/шум, равно f^2 / σ^2 . В результате фильтрации отношение сигнал/шум становится равным $N^2 f^2 / \sigma^2$, т.е. возрастает пропорционально площади маски. Увеличение размеров апертуры также приведёт к увеличению вычислительных затрат при обработке изображения. Подбор коэффициентов маски улучшает подавление шумов [2].

Фильтр Гаусса. Благодаря данному фильтру можно уменьшить с расстоянием влияние пикселей друг на друга. Ядро данного фильтра можно выразить формулой $F_{gauss}(i, j) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{i^2 + j^2}{2\sigma^2}\right)$, где i, j — координаты пикселя изображения; f — сигнал, а σ — шум, находящийся на исходном изображении.

Используя фильтр Гаусса, можно размывать шум, подвергая содержательные контуры изображения размытию в малой степени. К примеру, если на исходном изображении нужно размыть мелкие детали, которые не требуют отделения от фона, а интересующие нас крупные объекты будем выделять в дальнейшем с помощью бинаризации.

Нелинейные фильтры. Их используют для удаления импульсного шума изображений. Сам импульсный шум представляет собой замену части пикселей на изображении значениями фиксированной или случайной величины, которые изолированы контрастными точками. Нелинейные фильтры построены на основе ранговой статистики и используют маски. Их алгоритм обработки изображения состоит в определении позиции каждого импульса и замене его значением оценки, а во время сохранения остальных пикселей изображения они остаются неизменными. Но значения пикселей, которые соответствуют маске, записываются в ряд. В результате сортировки этого ряда результатом такого фильтра будет центральный элемент в отсортированной последовательности, что и является медианой ряда. Так работает медианный фильтр.

Медианный фильтр. При использовании таких фильтров можно получить хорошие результаты для того, чтобы сохранить перепады оттенков, различных границ и устранить локальные пики яркости на изображениях, которые были искажены импульсным шумом. Можно применять медианную фильтрацию для

того, чтобы устранить аномальные значения в массивах данных, уменьшить выбросы и импульсные помехи благодаря свойству данных фильтров сохранять монотонные последовательности. Поэтому если сравнить медианный фильтр с линейным, то он лучше сохраняет контуры изображения. Медианная фильтрация менее эффективна, так как в результате работы фильтра может возникнуть и проявиться на изображении гауссов шум. Такие фильтры также еще используются итеративно. Медианные фильтры достаточно хорошо работают в таких случаях, при которых плотность шума невелика.

Ранжирующий фильтр. В основе алгоритма является ряд, подготовленный для сортировки, но он включает в себя центральный отсчет маски фильтра. Тогда в результате сортировки этого ряда проводят вычисление значения его медианы - $m(n)$. Для того, чтобы вычислить выходное значение фильтра, используем такую формулу: $y(n) = \alpha x(n) + (1 - \alpha)m(n)$, где α — коэффициент доверия, $x(n)$ — значение яркости n -го пикселя на исходном изображении.

Комбинированные и гибридные фильтры. Актуальным вопросом остается разработка алгоритмов фильтрации, для устранения комбинированных шумов. Такая проблема решается путем совместного применения линейных и медианных фильтров, что приводит к комбинированным и гибридным фильтрам. Если использовать комбинированные фильтры к исходному изображению, то необходимо, например, применить сначала медианный фильтр, а после — линейный. С помощью медианного фильтра устраняем импульсный шум. Потом благодаря линейному фильтру сглаживается оставшийся низкоамплитудный шум. В случае использования гибридных фильтров сначала определяются выходные значения линейных или медианных фильтров, затем — значение апертуры и потом обращаются к набору, который содержит выходы медианного либо линейного фильтра. После этого применяют выбранный фильтр. Используя гибридные методы фильтрации, которые совмещают достоинства методов ранговой обработки изображения и линейной фильтрации, можно достаточно хорошо снизить уровень гауссова шума и импульсных помех. Таким образом, гибридный фильтр превосходит медианный, так как позволяет уменьшить искажение контуров на малоразмерных объектах.

Адаптивные фильтры. Можно сделать вывод о том, что линейные и медианные фильтры не учитывают изменения статистических характеристик на самом изображении. Алгоритмы, которые позволяют их учитывать, называют адаптивными. Один из таких алгоритмов учитывает изменения характеристик при неизменном размере апертуры. Рассмотрим его подробнее. Для такого алгоритма необходимо знать математическое ожидание яркости изображения m_i , дисперсию яркости всего изображения σ_η^2 , дисперсию яркости апертуры σ_i^2 . Используют формулу $\bar{f}(x, y) = g(x, y) - \sigma_\eta^2 (g(x, y) - m_i) / \sigma_i^2$, где $\bar{f}(x, y)$ — является отфильтрованное изображение, а $g(x, y)$ — зашумленное изображение. Разберем, как работает формула, описывающая работу этого фильтра. В случае, если дисперсия апертуры превышает дисперсию изображения, то значит, что мы находимся в области перепада изображения, которую нужно сохранить, и результатом выхода фильтра будет являться $g(x, y)$. Но если две дисперсии близки по значению, то у апертуры свойства те же, что и у изображения, и тогда локальный шум можно уменьшить с помощью усреднения (выход фильтра — m_i). Алгоритм позволяет хорошо устранить импульсный шум, после размыть шум не

импульсного происхождения и затем уменьшить на изображении искажения границ объектов.

Разработка подсистемы тестирования фильтров

Рассмотренные выше фильтры сглаживания изображений можно применить при создании информационных подсистем. Для этого используют библиотеку OpenCV с ее функцией `cvSmooth()`. Благодаря данной функции можно осуществить фильтрацию и устранить шум на изображениях. Рассмотрим ее структуру: `cvSmooth(const CvArr* src, CvArr* dst, int smoothtype CV_DEFAULT(CV_GAUSSIAN), int size1 CV_DEFAULT(3), int size2 CV_DEFAULT(0), double sigma1 CV_DEFAULT(0), double sigma2 CV_DEFAULT(0))`.

Описание параметров функции приведено в таблице[3].

Было разработано программное обеспечение, которое использует данную функцию с поочередным применением фильтра Гаусса и медианного фильтра. При этом итерационно увеличивается размер области размытости изображения. На практике подтвердилось, что преимущество медианного фильтра перед фильтром Гаусса состоит в устойчивости к искаженным импульсным шумам.

Описание функции `cvSmooth`

Параметры	Описание
<code>src</code>	исходное изображение
<code>dst</code>	для сохранения результата операции
<code>smoothtype</code>	тип сглаживания: <code>CV_BLUR</code> — линейный фильтр, рассмотренный выше; <code>CV_GAUSSIAN</code> — свёртка изображения с гауссовым ядром <code>size1</code> x <code>size2</code> , рассмотренный выше фильтр Гаусса; <code>CV_MEDIAN</code> — поиск среднего значения в окрестности <code>size1</code> x <code>size2</code> , рассмотренный выше медианный фильтр
<code>size1</code>	размер области сглаживания (чем больше, тем сильнее происходит сглаживание изображения)
<code>size2</code>	если при использовании гауссова ядра параметр равен 0, он будет равен <code>size1</code>
<code>sigma1</code> , <code>sigma2</code>	при использовании гауссова ядра задается параметр отклонения <code>g</code> . Если 0 — рассчитывается из размера ядра по формуле $g = 0.3 * (n/2 - 1) + 0.8$, где <code>n</code> — размер ядра <code>size1</code> . Если параметр <code>sigma1</code> отличен от 0, а <code>size1=size2=0</code> , то размер ядра рассчитывается из <code>sigma1</code>

Было разработано программное обеспечение, которое использует данную функцию с поочередным применением фильтра Гаусса и медианного фильтра. При этом итерационно увеличивается размер области размытия изображения. На практике подтвердилось, что преимущество медианного фильтра перед фильтром Гаусса состоит в устойчивости к искаженным импульсным шумам.

Выводы

Описанные выше алгоритмы позволяют нам сглаживать искаженные изображения, постепенно повышая их качество. Если сравнивать с линейными и медианными фильтрами, то наилучшими по быстродействию являются

комбинированные и гибридные фильтры. Так происходит в связи с вычислением выхода подфильтров (линейного или медианного фильтров). Для того, чтобы избавиться от гауссова шума на изображении, наилучшим решением является линейная фильтрация, так как подобные фильтры размывают детали самого изображения. Устранить импульсный шум проще всего с помощью нелинейных фильтров на основе ранговой статистики, сохранив при этом все перепады изображения. Если существует необходимость избавиться на изображении от комбинированного шума, то проще всего это сделать, используя такие алгоритмы, которые учитывают особенности данного шума (комбинированные, гибридные и адаптивные фильтры). В качестве основы они используют принципы линейной и нелинейной фильтрации.

Список литературы

1. Кольцов, П. П. Оценка размытия изображения /П. П. Кольцов//Компьютерная оптика. — Т. 35, вып. 1. — Самара: СГАУ. — 2011. — С. 95 - 96.
2. Бондина, Н. Н. Сравнительный анализ алгоритмов фильтрации /Н. Н. Бондина, А. С. Калмычков, В. Э. Кривенцов// Информатика і моделювання. — Вып. 38. — Х.: НТУ ХПИ. — 2012. — С. 15- 19.
3. Обработка и распознавание изображений в системах автоматизированного проектирования / Е. А. Дружинин, О. К. Погудина, И. Н. Бабак, А. В. Губарев. — Х.: ХАИ. — 2011. — С. 8- 9.

Рецензент: д.т.н., проф., зав. каф. Е. А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 29.05.2014

Методи і алгоритми згладжування фону зображення в системах розпізнавання образів

Проведено аналіз існуючих методів оцінювання розмитості зображення та їх згладжування. Проаналізовано переваги і обмеження використання таких методів згладжування, як лінійний та нелінійний фільтри, фільтр Гаусса, медіанний і ранжувальний фільтри, комбіновані, гібридні й адаптивні фільтри. Розглянуто функцію для розмитості зображення, яка використовується в бібліотеці OpenCV.

Ключові слова: розпізнавання образів, метод згладжування зображення, маска, апертура, фільтр, бібліотека OpenCV.

Methods and algorithms of background smoothing the images in object - detection systems

The analysis of existing methods, which assessment smoothing, is carried out. Advantages and restrictions of use filtering images were analyzed. There are such filters: linear and nonlinear filters, the Gauss filter, the median and ranging filter, combined, hybrid and adaptive filters. The function for the smoothing, used in OpenCV library has been considered.

Keywords: object-detection systems, the method of filtering images, a mask, an aperture, a filter, OpenCV library.