

Улучшенный гауссовый фильтр в алгоритме Кэнни для рентгеновских снимков

А.С. Маннаа, Г.В. Муратова

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Разработан алгоритм Кэнни (Canny Edge Detection) для обработки рентгеновских снимков. Результаты проведенных вычислительных экспериментов показали, что адаптивный гауссовский фильтр улучшает антишумовую способность и отображает расположение краев более точно.

Ключевые слова: обнаружение краёв Кэнни, гауссовский фильтр, анализ медицинских рентгенографических изображений, визуализация шумопоглощения.

Введение

В медицинских системах визуализации шумопоглощение является одной из важных задач обработки изображений. Автоматическое удаление шумов улучшит качество диагностики, но потребует более тщательной обработки полученных изображений. Наиболее распространённым алгоритмом решения такого рода задачи является фильтр Кэнни.

Рентгеновские снимки не всегда можно использовать непосредственно для получения полезной информации о пациенте. Поскольку они отображают контрастные ткани и могут нести случайный шум, который тоже является контрастным, этот шум необходимо удалить. Шумовые пиксели, также как и границы, имеют высокую яркость, поэтому удаление шума на изображении, например, гауссовыми фильтрами, влияет на качество отображения краев и линий.

Фильтры могут применяться в пространственной или частотной области. В пространственной области значения пикселей результирующего изображения напрямую зависят от их исходных значений и от значений их исходных соседних пикселей [1].

Метод рентгенографического исследования в медицине несёт особую важность. Следует отметить, что построение референтных линий и углов

имеет огромную актуальность и важность в выявлении патологических изменений во многих случаях, например, в коленных суставах. Кроме того, алгоритм контрольных линий и углов для состояния локтевого сустава играет значимую роль в определении проблем у пациента, поскольку врач легко может диагностировать состояние пациента, располагая данными относительно линий и углов. Все это будет служить фактором сокращения времени и предпринимаемых усилий при обследовании пациентов [2].

Особую важность имеет рентгенологическое исследование костей и суставов. Эффективность такого исследования обусловлена достаточно высокой оптической плотностью этих тканей в сравнении с окружающими мягкими тканями, обеспечивая приемлемые контрастность и чёткость получаемого изображения без применения рентгеноконтрастных веществ. Схема алгоритма автоматизированного определения границ областей и построения референтных углов и линий между дистальным отделом бедренной кости и проксимальным отделом большеберцовой кости представлена в работе [3]. Показано, что программная реализация алгоритма дает значительное увеличение эффективности диагностики.

Для определения отклонений от анатомической нормы и проведения операций, с помощью которых можно устранить эти отклонения, разработан метод референтных линий и углов. Для того, чтобы выявить деформации нижних конечностей более точно, вводятся понятия референтных линий и углов, которые делятся на "анатомические" и "механические". В случае, когда референтные линии пересекаются между собой в определённых точках и под определённым углом, показатели считаются нормальными. Если же показатели отличаются от принятых, тогда за нормальные будут приняты показатели, в которых будет та или иная деформация [4-6].

В данной работе предлагается модифицированный алгоритм Кэнни (Canny Edge Detection) для рентгеновских снимков, который улучшает качество построения референтных линий и углов.

Предварительная обработка изображения

На первом этапе используется традиционный алгоритм обнаружения краёв Кэнни – проводится сглаживание изображения с гауссовской функцией $G = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp - \left(\frac{x^2+y^2}{\sigma^2}\right)$, но с σ (стандартное отклонение) постоянной величиной. Если σ мало, то позиционируемый край имеет высокую точность; если величина σ большая, то это может привести к чрезмерно сглаженному изображению, потере некоторой полезной информации и увеличению объёма расчётов. Поэтому параметр σ должен быть выбран правильно. Для определения правильного значения σ для каждой матрицы окрестности $3*3$ пиксела $x(i, j)$ используется адаптивный усреднённый фильтр Гаусса и дисперсия в статистическом методе [7,8].

В традиционном алгоритме Кэнни используется первая производная функции Гаусса. Функция Гаусса чувствительна к шумовым помехам, которые размывают края изображения, а алгоритм фильтрации Гаусса имеет высокую сложность и низкую эффективность работы [9]. Предлагаемый улучшенный Гауссовский фильтр позволит повысить эффективность используемого алгоритма. В области ω характеристики преобразования пикселей отражаются дисперсией, а шум является многомерным стохастическим процессом, удовлетворяющим статистическим характеристикам [10]. Статистические свойства шума могут быть использованы для устранения шума. Сначала мы определяем пиксель $x(i, j)$. Находим значение $\mu = \frac{1}{N} \sum_{(i,j) \in \omega} x(i, j)$ и вариативность $\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{(i,j) \in \omega} [x(i, j) - \mu]^2$ всех пикселей в области $3*3$ окрестности пикселя, где N - число пикселей в рассматриваемой области.

Далее сравниваем абсолютное значение точки пикселя серого цвета - $|x(i, j)|$ с $|x(i, j)| * |x(i, j) - \mu|$. Если $|x(i, j)| < |x(i, j)| * |x(i, j) - \mu|$, то $\sigma = 1$, т.е. точка считается менее затронутой шумом. В противном случае $\sigma = 1.6$, т.е. шум в данной точке будет значительным. Для выбора правильного значения σ используются среднее отклонение в статистическом методе адаптивного Гауссовского фильтра.

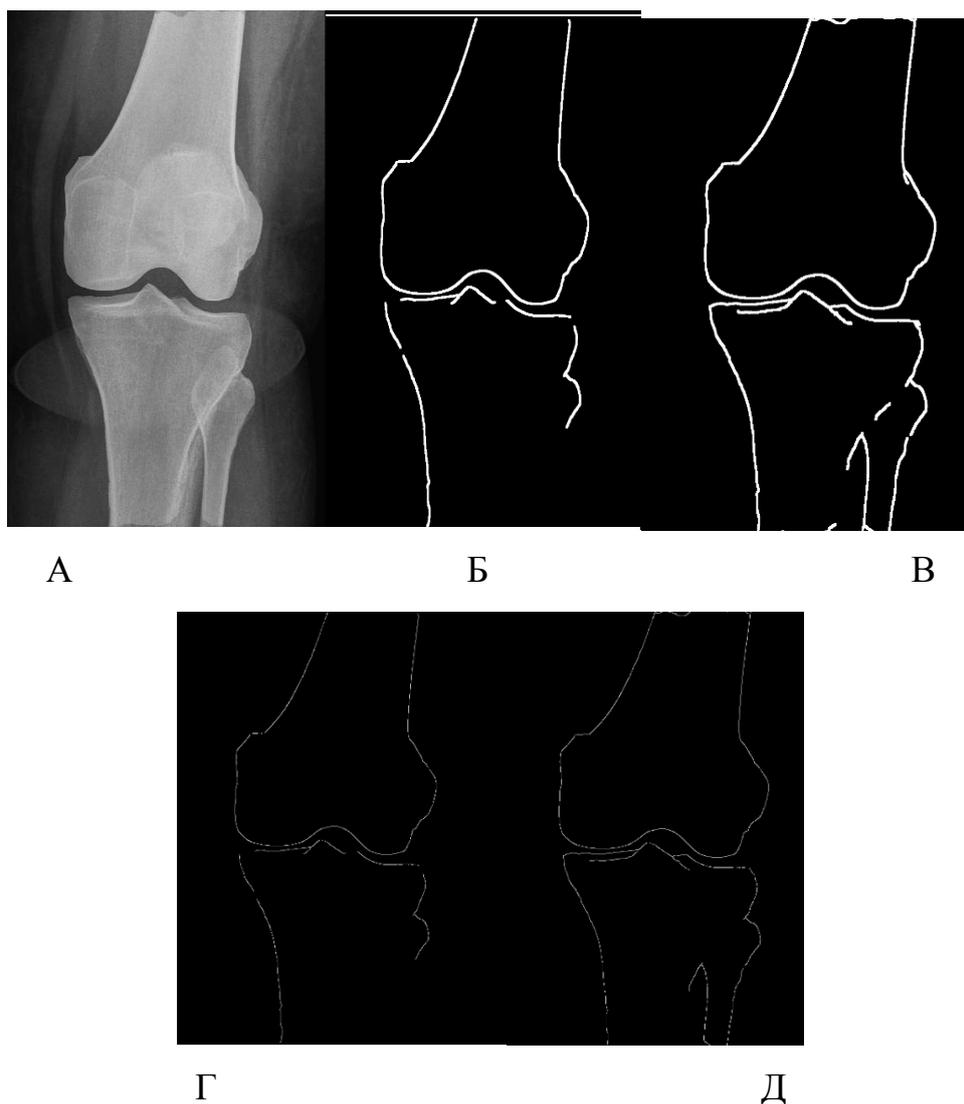


Рис. 1. – (А) -исходное изображение, (Б) - результаты работы традиционного алгоритма Кэнни с размытием, (В) -результаты работы улучшенного гауссовского фильтра с размытием, (Г) - результаты работы алгоритма Кэнни без размытия, (Д) - результаты работы алгоритма Кэнни с улучшенным Гауссовским фильтром.

Предложенный алгоритм был программно реализован с использованием языка Python.

Вычислительные эксперименты

На основе разработанного программного комплекса были проведены вычислительные эксперименты. Их результаты представлены на рис. 1. Они наглядно демонстрируют, что предложенный алгоритм улучшил результаты обнаружения краев ближе к краю исходного изображения по сравнению с традиционным алгоритмом Кэнни.

Предложенный алгоритм был проверен на снимках, полученных для других пациентов и показал похожие результаты. См. рис. 2.

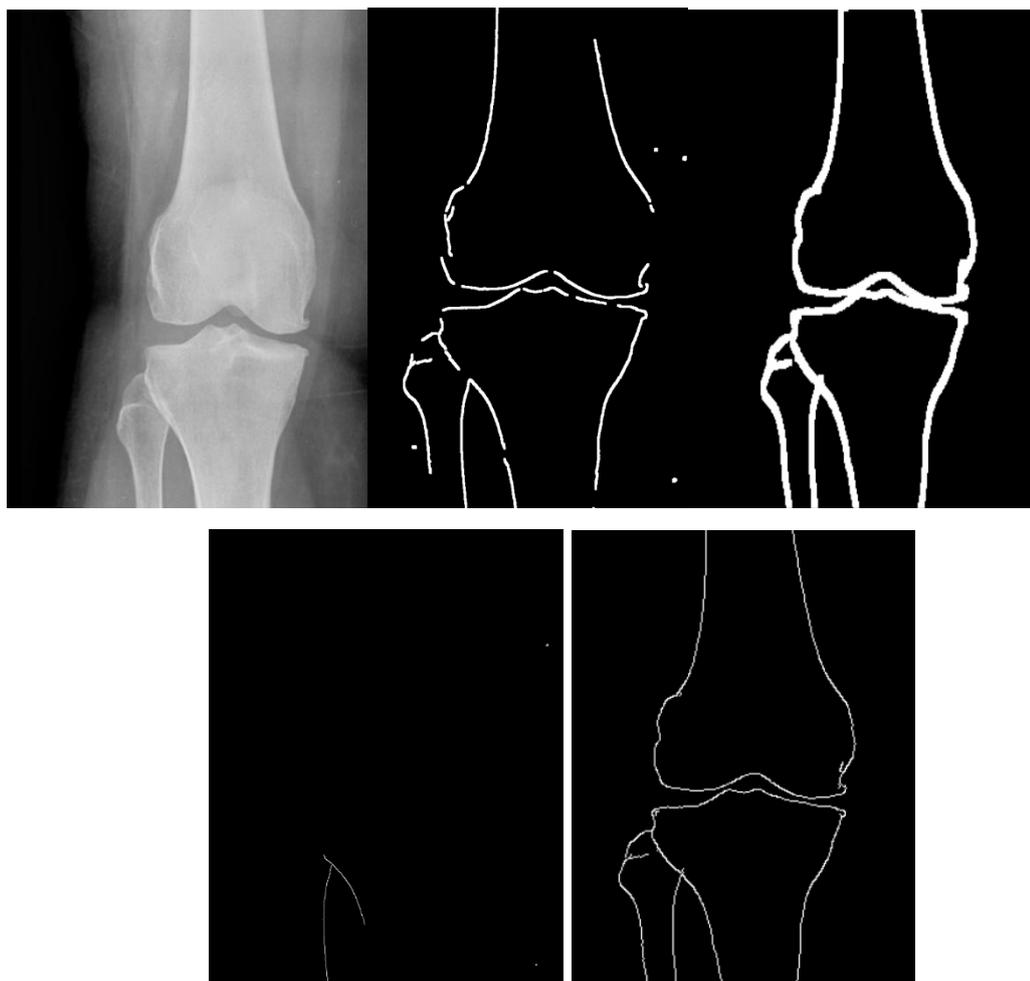


Рис. 2. – Применение алгоритма для обработки снимка, полученного от другого пациента.

Заключение

Результаты проведенных вычислительных экспериментов показали, что адаптивный гауссовский фильтр улучшает антишумовую способность и отображает расположение краев более точно.

Предложенный алгоритм был программно реализован на языке Python с использованием библиотеки обработки изображений с открытым исходным кодом – OpenCV 2.4.

В дальнейших исследованиях будет разработан алгоритм для вычисления пороговых значений детектора Кэнни, поскольку качество получаемых результатов изображения существенно зависит от этих значений.

Литература

1. Khalil I. Jassam. Removal of random noise from conventional digital X-ray images, University of Maine Orono, 1992. 114 p.

2. Аль-Темими А.М.С., Пилиди В.С. Об одном алгоритме анализа структуры рентгенографических медицинских изображений // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: технические науки. 2018. № 1 (197). С. 23-28.

3. Аль-Темими А.М.С., Пилиди В.С. Автоматизация процесса определения референтных линий на рентгенографических медицинских изображениях // Инженерный вестник Дона, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4007/.

4. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей: пособие для врачей. – 2010. СПб. : РНИИТО им. Р.Р. Вредена. С. 46-47.

5. Соломин Л.Н., Кулеш П.Н. Анализ показателей референтных линий и углов при изменении формы ног с использованием чрескостного остеосинте-

за (предварительное сообщение) // Травматология и ортопедия России. 2011. № 2(60). С. 62-67.

6. Paley D. Principles of deformity correction. N.-Y.: Springer-Verlag, 2005. 806 p.

7. Junshan L., Ying M., Fangzhou Zh. et al. Improved Canny image edge detection algorithm // Acta Photonica Sinica, 2011, 40(s1):pp. 50-54.

8. Jiamei Z., Xiaoxu S., Binbin Ch. et al. Edge detection combined with fractional differential and Canny operator // Journal of Image and Graphics, 2016, 21(4):pp. 46-50.

9. Dan L., Jiansheng Q., Nannan L. Improvement of image edge detection technology // Computer Engineering and Applications, 2010, 37(3): pp.210-212.

10. Canny J.A. Computational approach to edge detection // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence PAMI-8(6): pp. 679 – 698.

References

1. Khalil I. Jassam. Removal of random noise from conventional digital X-ray images, University of Maine Orono, 1992. 114 p.

2. Al-Temimi A.M.S., Pilidi V.S. Izvestiya vysshix uchebnyx zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya texnicheskie nauki. 2018. № 1 (197). p. 23-28.

3. Al-Temimi A.M.S., Pilidi V.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №1. URL ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4007/.

4. Solomin L.N., Shhepkina E.A. Opredelenie referentnyh linij i uglov dlinnyh trubchatyh kostej: posobie dlja vrachej [Determining reference lines and angles of the long bones: a manual for physicians]. SPb.: RNIITO im. R.R. Vredena, 2010. pp. 46-47.

5. Solomin L.N., Kulesh P.N. Travmatologija i ortopedija Rossii. 2011. №2 (60). pp. 62-67.



6. Paley D. Principles of deformity correction. N.-Y.: Springer-Verlag, 2005. 806 p.
7. Junshan L., Ying M., Fangzhou Zh. et al. Acta Photonica Sinica, 2011, 40(s1): pp.50-54.
8. Jiamei Z., Xiaoxu S., Binbin Ch. et al. Journal of Image and Graphics, 2016, 21(4): pp.46-50.
9. Dan L., Jiansheng Q., Nannan L. Computer Engineering and Applications, 2010, 37(3): pp.210-212.
10. Canny J.A. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence PAMI-8(6): pp.679 – 698.