

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУТОНОВЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Жижеря П.В.

*Донецкий национальный технический университет
кафедра автоматизированных систем управления
e-mail: iskusitel_38@mail.ru*

Рассмотрена система обработки полутоновых 16-битных медицинских изображений компьютерной томографии в формате DICOM. Поставлена задача поиска опухоли на изображении. Предложен ряд методов для выделения области интереса с помощью полутоновых морфологических операций. Приведены результаты обработки снимков, сделаны выводы о целесообразности применения морфологических операций для полутоновых изображений.

Введение

Задачу обработки сигналов в области медицины можно поставить как нахождение зависимости между входными и выходными данными, получаемыми по определенным признакам. Для реализации эффективной компьютерной системы обработки, диагностики, а также дальнейшего принятия решений необходимо использовать различные математические методы, которые значительно помогут решать задачи обработки информации. Целесообразность такого подхода подтверждает анализ данных, используемых при медицинской диагностике [1, 2], который показывает, что они обладают целым рядом особенностей, таких как качественный характер информации, наличие пропусков данных; большое число переменных при относительно небольшом числе наблюдений. Кроме того, значительная сложность объекта наблюдения (заболеваний) нередко не позволяет врачу построить даже вербальное описание процедуры диагноза.

Особой сложностью являются задачи, в которых необходима обработка различных медицинских изображений и сигналов, с целью поиска некоторых объектов по заданным признакам.

В компьютерных системах, когда получателем информации является человек, большое значение имеют методы улучшения изображений, позволяющие повысить заметность интересующих деталей на изображении. Кроме того, при предварительной обработке изображений, выполняемой в автоматических компьютерных системах, также важную роль играет предварительная обработка изображений, позволяющая сформировать пространство признаков объектов.

Изображения, полученные на выходе оптико-электронных преобразователей, искажены помехами. При анализе объектов на сложном фоне, фон тоже является помехой. Ослабление действия помех достигается фильтрацией. В зависимости от приложения фильтрация производится в пространственной или частотной области.

В данной работе рассмотрим задачу обработки изображений компьютерной томографии для оценки операбельности опухоли желудочной области.

Постановка задачи

В качестве исходных данных мы имеем полутоновое изображение, которое можно представить в виде функции яркости $F(x,y)$. Для более точного поиска объекта опухоли на изображении, выставим существенное требование: в качестве уточнения

области поиска необходимо вручную обозначить область интереса. Эту функцию можно возложить на роль врача, который будет проводить процедуру томографии.

В данном случае появляется ещё один исходный параметр – область $t \in F(x, y)$, которой обозначим область интереса. Данную область можно определить как точку $(x_i; y_i)$ на изображении, относительно которой будем произведен поиск необходимого объекта, или квадрат с координатами $(x1_i; y1_i) - (x2_i; y2_i)$ и $(x3_i; y3_i) - (x4_i; y4_i)$. Математически обозначим данную область как переменную ROI .

Очевидно, что для более точного поиска лучше выбрать второй вариант ROI , тем более, выбор для врача не составит труда.

Поскольку эмпирическим путём определено [2], что чаще всего опухоль имеет вид выпуклого тела неправильной формы, приближенного к эллипсоидам и шарам, для сегментации методом водораздела уместно использовать морфологические операции и преобразования.

Морфологические подходы для обработки изображения используют чёткие геометрические структурные элементы, на основании которых делается преобразование. Обозначим этим элементы как Z .

Также наиболее часто используются определенные морфологические операции, такие как дилатация, эрозия, открытие и закрытие изображения. Для математического представления можно обозначить комплекс данных преобразований как в виде переменной M .

Следовательно, математическую модель данной задачи можно представить как функцию от следующих параметров:

$$F'(x, y) = f[F(x, y), ROI(x, y), Z, M] \quad (1)$$

где $F(x, y)$ – исходное полутоновое изображение;

$ROI(x, y)$ – область интереса, выделенная врачом;

Z – структурный элемент морфологического преобразования, геометрически схожий с параметрами опухоли;

M – операция морфологического преобразования (или комплекс операций);

$F'(x, y)$ – полученное бинарное представление найденного объекта.

Остановимся подробнее на описании и алгоритме морфологических преобразований изображений.

Математическая морфология

С общей точки зрения слово морфологии относится к исследованию форм и структур. В обработке изображений, морфологией называется методология анализа геометрической структуры, присущей изображениям. Морфологический фильтр, которые могут быть построены на основе основных морфологических операций, больше подходят для анализа форм объектов, чем стандартные линейные фильтры, поскольку последние иногда искажают основные геометрические формы изображения. Некоторые из основных моментов, касающихся морфологического подхода следующие [3]:

- Морфологические операции предусматривают систематическое изменение геометрического содержания изображения, сохраняя при этом важные геометрические характеристики;
- существует хорошо развитая так называемая морфологическая алгебра, которая может быть использованы для представления и оптимизации;
- достаточно точные цифровые алгоритмы обработки можно реализовать с помощью малого класса примитивных морфологических операций;

- существуют строгие теоремы представления, с помощью которых можно получить выражение морфологических фильтров в терминах примитивных морфологических операций.

Обобщая, морфологические операторы преобразуют исходное изображение, взаимодействие с другими образами определенной формы и размера, называемыми структурными элементами. Геометрические особенности изображений, аналогичные по форме и размеру структурного элемента сохраняются, в то время как другие элементы изображения подавляются. Морфологические операции могут быть использованы для различных целей [4], в том числе определение границ, сегментации [5-7], повышение качества изображений и так далее.

Важной особенностью недавних исследований в области морфологических преобразований является то, что есть возможность использования данных методик для обработки как бинарных, так и полутоновых изображений, что уместно в нашем случае.

Очевидно, что двумерное полутоновое изображение может быть представлено как функция в трехмерном пространстве:

$$p = (x, y, f(x, y)), \quad (2)$$

где $f(x, y)$ – функция, представляющая собой полутоновое изображение.

Приведем основные формулы полутоновых морфологических операций.

Полутоновая дилатация для изображений f и g и соответствующих областей D_f и D_g

$$D(f, g)(r, c) = \max_{(ij)} (f(r - i, c - j) + g(i, j)). \quad (3)$$

Полутоновая эрозия для изображений f и g и соответствующих областей D_f и D_g описывается формулой:

$$E(f, g)(r, c) = \min_{(ij)} (f(r + i, c + j) - g(i, j)). \quad (4)$$

Полутоновое открытие для изображений f и g и соответствующих областей D_f и D_g описывается формулой:

$$O(f, g) = D[E(f, g), g]. \quad (5)$$

Полутоновое закрытие для изображений f и g и соответствующих областей D_f и D_g описывается формулой:

$$C(f, g) = E[D(f, g), g]. \quad (6)$$

Предлагаемый алгоритм обработки полутоновых DICOM-изображений для поиска новообразований.

1. Обозначить область интереса ROI на снимке в виде квадрата.
2. Выбрать структурный элемент для формирования морфологических операций, который будет играть роль шаблона.
3. Произвести группу морфологических операций для фильтрации изображения.
4. Повторить п.3 до тех пор, пока не будет выделена чёткая область искомого объекта.
5. В результате проведения морфологических операций, необходимые области изображения, где предполагается наличие опухоли, будут выделены контрастным цветом (темным или светлым).
6. Применить операцию бинаризации к полученному полутоновому изображению с выделением локальных максимумов/минимумов.

7. Методом водораздела обработать полученное изображение, получим четкий контур найденной области.

Проведение экспериментов

На рис. 1 приведено исходное изображение компьютерной томографии больного, имеющего опухоль в области левой почки. Структурный элемент – это форма, цель которой определить, как исходное изображение соответствует данной форме. Структурный элемент используется для всех основных операций, таких как дилатация, эрозия, открытие и закрытие.

Исходя из данных врачебной практики, известно, что опухоль имеет форму выпуклого тела неправильной формы, приближенного к шару или эллипсу.

В таком случае, уместно использовать диско- и кругообразные структурные элементы, т.к. срез опухоли будет приближен к форме эллипса или круга.

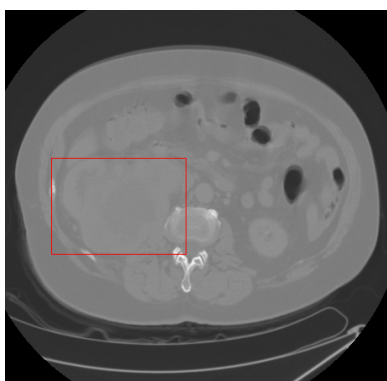


Рисунок 1 – Исходное изображение с выделенной областью интереса.

Как видно из рис. 2, операция открытия акцентирует более светлые участки на зоне, где расположена опухоль. Далее нам необходимо с помощью дальнейших операций уточнить и скорректировать положение опухоли на снимке.

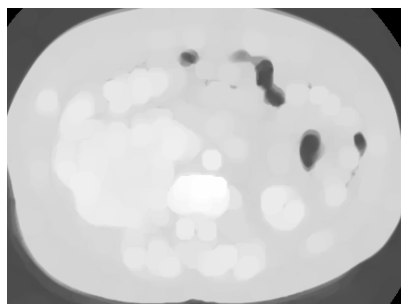


Рисунок 2 – Применение операции открытия с использованием дискообразного структурного элемента радиусом 10 пикселей.

Корректировка границ опухоли возможно с помощью проведения оператора Собеля, который используется для уточнения границ изображений и, фактически, является первой производной по яркости для функции $f(x,y)$.



Рисунок 3 – Градиент Собеля для подчеркивания границ изображения, применен к исходному изображению

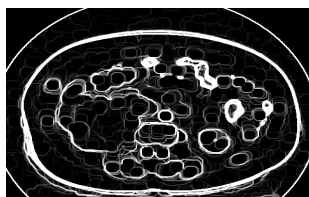


Рисунок 4 – Градиент Собеля применён к изображению, уже обработанному операцией открытия

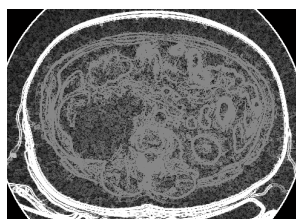


Рисунок 5 – Применение реконструкции на основании открытого и исходного изображений

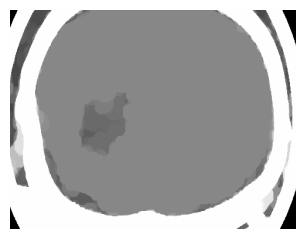


Рисунок 6 – Последующая операция дилатации

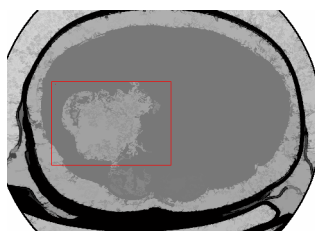


Рисунок 7 – Двойная реконструкция с дополнением изображения. Чётко видная более светлая опухоль на тёмном фоне

Выводы

В результате работы были предложены формулы и алгоритмы операций полутоновой морфологии для обработки медицинских изображений. Указаны основные операции, такие как дилатация, эрозия, морфологические открытие и закрытие. Проведен ряд морфологических операций на тестовом изображении. В результате видно, что в целом, морфологические преобразования дают достаточно хороший эффект. На рисунке 7 видна более светлая интересующая нас опухоль, остальные же области на изображении залиты более темным фоном. Однако, для достижения результата для серии снимков с различными положениями опухоли, необходим достаточно четкий алгоритм последовательности операций и очень важен правильный выбор структурного элемента и его размера. В дальнейшем предлагается рассмотреть комбинации морфологических операций для уточнения опухоли, а также применение операции бинаризации для выделения объекта.

Литература

- [1] Привалов М.В., Скобцов Ю.А., Кудряшов А.Г., Сегментация компьютерных томограмм на основе вейвлет-преобразования.
- [2] Бондарь Г.В., Кудряшов А.Г., Борота А.В., Анищенко А.А., Осипенков Р.А. Расширение показаний к оперативному лечению больных раком почки // 5 съезд онкологов и радиологов СНГ. Материалы съезда. 14-16 мая 2008г. Ташкент. – С. 358
- [3] Robert M. Haralick and Linda G. Shapiro. "Survey: Image Segmentation Techniques". Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1985.
- [4] Nikhil R. Pal and Sankar K. Pal. "A Review on Image Segmentation Techniques". Pattern Recognition.
- [5] L. Lucchese and S. K. Mitra. "Unsupervised Sgementation of Color Image Based on k-means Clustering in Chromaticity Plane".
- [6] M. Celenk. "Colour Image Segmentation by Clustering". IEE. Proceedings, September, 1991.
- [7] Jens-Rainer Ohm and Phuong Ma. "Feature-Based Cluster Segmentation of Image Sequences". 1997.