

# Распознавание шаровидных особенностей по серии томографических снимков

W. Kallinger\* В. В. Борисенко† А. Ю. Дижевский‡

## Аннотация

Решается задача распознавания опухолей в легких человека по серии *СТ*-снимков, представляющих матрицы плотности человеческого тела в поперечных срезах. Распознаются опухоли двух типов — шарообразные и грибовидные. Алгоритм распознавания основан на выделении контуров для заданного порогового значения плотности. Такие контуры сначала строятся для поперечного среза объекта, а затем для серии вертикальных сечений, проходящих через центр каждого подозрительного контура в поперечном срезе. К контурам применяется набор тестов, отбрасывающих контуры, не соответствующие срезам шаровидных объектов. Если все контуры прошли тесты, то шаровидная особенность считается найденной, а постоянные контуры позволяют вычислить ее характеристики: размер, объем, среднюю плотность и т.п.

Поиск опухолей грибовидной формы на границе легкого сводится к поиску шаровидных особенностей. Сведение основано на сглаживании контуров легких и отсечении точек, лежащих вне сглаженных контуров.

**Введение.** Задача автоматического распознавания опухоли в легких человека может решаться на основании единственного рентгеновского снимка легких [1]. Более надежная диагностика, однако, выполняется по данным исследования на *СТ*-сканере [2]. Рассматривались, например, алгоритмы, основанные на тщательном исследовании всей структуры легких и полном восстановлении бронхиального дерева. В данной работе предлагается более простой алгоритм, основанный на выявлении шаровидных трехмерных особенностей. Он применим на начальных стадиях заболевания, когда в легких появляются небольшие опухоли шарообразной формы. Плотность опухоли в единицах *HU* значительно превышает плотность окружающих тканей: для опухолей общепринято пороговое значение  $T_{es} = -200$ , а среднее значение плотности легочной ткани ниже  $-800$ .

При трехмерном восстановлении поверхности уровня  $T_{es}$  для функции плотности опухоль представляет собой небольшой трехмерный объект, не прикрепленный к другим структурам легкого. Форма такого объекта близка к сферической; здоровые структуры имеют, как правило, вид трубок. Идея алгоритма основана на том, что любое плоское сечение опухоли, проходящее через точку вблизи ее центра, имеет форму, близкую к кругу.

**Описание основного алгоритма.** Сначала строятся контуры легких, затем они сглаживаются. Все точки вне сглаженных контуров легких отсекаются. Затем в каждом поперечном срезе ищутся контуры для порогового значения  $T_{es}$ , к ним применяются тесты, отбрасывающие контуры, которые не могут быть срезами опухолей. Для каждого найденного «подозрительного» контура строится серия вертикальных сечений, проходящих через центр контура. В вер-

тикальных срезах также выделяются контуры, к ним применяются те же тесты. Если все контуры прошли тесты, то шаровидная особенность считается найденной.

Для ускорения работы алгоритма сначала строятся фронтальное (сogonal) и боковое (sagittal) сечения. Затем в случае успешного прохождения тестов строятся вертикальные сечения под углами 45 и 135 градусов. При успешном прохождении этого этапа на следующем строятся сечения вдоль биссектрис углов, проверенных на предыдущих этапах. Общее количество этапов равно 7, т.е. всего проверяется  $2^7 = 128$  вертикальных сечений. По вертикальным сечениям вычисляется объем опухоли и ее размер.

**Тесты, применяемые к контурам.** Тесты отбрасывают контуры, которые не могут быть срезами шаровидных объектов. Для контура  $C$  сначала определяется его обрамляющий прямоугольник  $R$  со сторонами, параллельными главным осям инерции контура. Затем проверяются 1) минимальный и максимальный размеры  $R$ , 2) отношение площади  $C$  к площади  $R$ , 3) степень вытянутости (аспект) контура, равный отношению сторон  $R$ , 4) наличие точки внутри  $C$ , плотность в которой выше порогового значения  $T_{in}$ . Для каждого теста задается числовой критерий — например, аспект не должен превышать параметра  $Asp = 2.25$ .

Помимо характеристик отдельных контуров, вычисляется также отношение максимального и минимального размеров прямоугольников по всему множеству вертикальных сечений, оно также не должно превышать параметра  $Asp$ .

**Поиск опухолей грибовидной формы.** Опухоли грибовидной формы возникают на границе легкого и входят в исходного контура легкого. Для их включения внутрь контур легкого сглаживается. Применяется один из двух методов: первый основан на морфологическом операторе закрытия контура (комбинации операторов dilation и erosion). Второй метод можно охарактеризовать как «отсечение ножки грибов»: криволинейный сегмент контура между точками  $A$  и  $B$  заменяется отрезком  $[A, B]$  в случае, если отношение длины сегмента к длине отрезка превышает пороговое значение (например, 1.9), а середина отрезка лежит вне исходного контура. После отсечения точек вне сглаженного контура грибовидные опухоли распознаются тем же алгоритмом, что и шарообразные; при этом, однако, критерии, применяемые к контурам, несколько более слабые, поскольку грибовидные опухоли имеют менее регулярную форму.

**Реализация.** Алгоритм реализован на *C++* и входит в состав пакета 3Dent, используемого для работы с результатами томографического обследования. В настоящее время алгоритм проходит тестирование в нескольких европейских клиниках. Тесты показывают, что алгоритм практически не пропускает реальных опухолей при приемлемом проценте фальшивых позитивных случаев (не более 50%). Алгоритм с другими значениями параметров использовался также для поиска камней в почках и искусственных маркеров, применяемых для определения точного положения протеза.

## Список литературы

- [1] P. Campadelli, E. Casiraghi, D. Artioli. "A Fully Automated Method for Lung Nodule Detection From Postero-Anterior Chest Radiographs." IEEE Trans. on Medical Imaging, v. 25, No. 12 (2006), pp. 1588-1603.
- [2] M. Dajnowiec, J. Alirezaie, P. Babyn. "An Adaptive Rule Based Automatic Lung Nodule Detection System." Pattern Recognition and Image Analysis. Lect. Notes in Comp. Sci., v. 3687 (2005), pp. 773-782.

\* e-mail: Kallinger@eunet.at

† e-mail: vladimir\_borisen@mail.ru

‡ e-mail: mathlog@yandex.ru