

Егачев И.В.

*Научный руководитель: д. т. н., профессор, профессор каф. ИС Садыков С.С. Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23*

### **Исследование алгоритмов скелетизации изображений**

Одним из самых распространенных онкологических заболеваний женской части населения является рак молочной железы (РМЖ). Согласно статистике, в мире РМЖ встречается в 22,9%. В России РМЖ занимает первое место, ежегодно диагностируя рак у каждой 8 женщины. В зоне риска женщины после 40 лет. В возрасте до 40 лет распространенность РМЖ 0,3%, зато после 50 лет — 77% [1].

Рак молочной железы поддается лечению, и, чем раньше его начать, тем выше шансы на успех. Именно поэтому важную роль играет выявление опухоли на ранних стадиях. Даже при отсутствии жалоб, женщинам после 40 лет рекомендуется ежегодное обследование молочных желез – маммография.

Главное преимущество маммографии в том, что она позволяет увидеть изменения в ткани молочной железы еще до появления первых симптомов. Радиолог широко использует маммографию как инструмент диагностики и скрининга для выявления рака груди на ранней стадии. Это самый надежный метод раннего выявления рака груди, снижающий уровень смертности до 25%. Скрининговая маммография - непростая задача для рентгенологов, 10–30% поражений пропускаются при обычном обследовании. Точность и скорость можно повысить с помощью компьютерного маммографического анализа [2].

В докладе для оценки характера опухоли на маммографических снимках было предложено использование скелетизации объектов.

Скелетизация — это построение срединных линий (скелетов) объектов на изображениях. Описание объектов на изображении с помощью их скелетов имеет ряд преимуществ, и позволяет эффективно решить задачи цифровой дактилоскопии, распознавания текстов, обработки медицинских изображений, обработки изображений в биометрических системах и системах мониторинга. Особенностью такого представления является то, что оно позволяет более компактно представить объект, при этом подчеркиваются геометрические и топологические свойства объекта.

Оценка качества алгоритмов скелетизации производилась на основе следующих требований:

- полученный скелет должен соответствовать топологии объекта;
- каждому объекту на изображении должен соответствовать свой скелет с минимальным количеством разрывов;
- толщина скелета должна составлять один пиксель.

При изучении различных алгоритмов скелетизации были отобраны два алгоритма, кардинально отличающиеся друг от друга в способах построения скелета объекта:

- алгоритм Зонг-Суня;
- морфологический метод.

Обязательным этапом для каждого способа скелетизации является приведение изображения в бинарный вид (пиксели только черного и белого цвета). В данном случае было применена адаптивная (локальная) бинаризация. Также для улучшения качества итогового результата были использованы операции морфологического открытия (сглаживание контура, удаления мелких незначительных деталей) и закрытия (заполнение узких разрывов и длинных углублений небольшой ширины).

Метод морфологической скелетизации объектов предполагает последовательное применение на изображении таких морфологических фильтров, как эрозия и дилатация [3].

Дилатация (морфологическое расширение) – свертка изображения или выделенной области изображения с некоторым ядром. Применение сводится к проходу шаблоном по всему

изображению и применению оператора поиска локального максимума, вызывая рост светлых областей на изображении.

Эрозия (морфологическое сужение) – обратная операция. Действие эрозии подобно дилатации, разница лишь в том, что используется оператор поиска локального минимума.

Последовательное использование вышеописанных операций производится до тех пор, пока толщина каждого сохранившегося узла скелета не будет равна одному пикселю.

Скелетизация Зонг-Суня [4] относится к классу итеративных параллельных алгоритмов, то есть значения пикселей, полученные на текущей итерации, используются при вычислении следующей итерации. Алгоритм включает в себя следующие блоки:

- бинаризация изображения;
- получение пикселей 8-ми связной области;
- удаление точек для юго-восточной границы и северо-западных угловых точек;
- удаление точек для северо-западной границы и юго-восточные угловые точки.

Его суть состоит в том, что изображение сканируется и для каждого черного пикселя изображения проводится анализ его 8-ми связной области, представленной в виде набора бинарных переменных  $P_i$ , где  $P_i = 0$ , то есть пиксель имеет белый цвет и  $P_i = 1$  тогда, когда пиксель черного цвета.

Реализация алгоритма проходит два прохода по всем пикселям в изображении. В результате, на этапе 1 происходит процесс удаления точек для юго-восточной границы и северо-западных угловых точек. Проход 2 удаляет точки для северо-западной границы, и еще юго-восточные угловые точки.

В конечном итоге, проведя сравнения между двумя исследуемыми способами создания скелета объектов изображения на основе тестовой выборки, были сформулированы следующие выводы:

- оба алгоритма повторяют топологию опухоли на маммограммах;
- изображения, полученные с помощью морфологического метода, составляет скелет выделяемого объекта с большим количеством разрывов;
- толщина скелета в некоторых участках изображений, обработанных морфологическим методом, составляет более 1 пикселя, что не обнаруживается при использовании алгоритма Зонга-Суня.

## Литература

1. Выхристюк Ю.В., Ройтберг Г.Е., Дорош Ж.В., Карасева Н.В., Акобова Р.А. Профилактика развития рака молочной железы // Южно-Российский онкологический журнал. 2021;2(1):50-56.
2. Vikhe, Pratap & Thool, Vijaya. (2017). Detection and Segmentation of Pectoral Muscle on MLO-View Mammogram Using Enhancement Filter. Journal of Medical Systems. 41. 190. DOI: 10.1007/s10916-017-0839-8. Machine Vision Automated Visual Inspection: Theory, Practice and Applications /Jürgen Beyerer, Fernando Puente León, Christian Frese. — Springer, Berlin, Heidelberg, p. 465-519.
3. Морфологические преобразования // URL:<https://intuit.ru/studies/courses/10621/1105/lecture/17989?page=4#> (дата обращения 24.03.2021)
4. Zhang T., Suen C. A fast parallel algorithm for thinning digital patterns // Communications of the ACM. 1984. Vol. 27. №3. P. 236-239.