

тоды, в частности метод конечных элементов. Это позволяет существенно сократить время для создания методики и уменьшить количество экспериментальных исследований.

Следовательно, данная методика дает возможность еще на этапе технологической подготовки производства обеспечить необходимые значения эксплуатационных свойств деталей приборов при их механической обработке с учетом реальных значений физико-механических характеристик и химического состава обрабатываемого материала.

1. Суслов, А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Суслов – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с., ил.
2. Сулима, А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
3. Безъязычный, В.Ф. Технологические методы обеспечения эксплуатационных свойств и повышения долговечности деталей / В.Ф. Безъ-

язычный, Т.Д. Кожина, Ю.К. Чарковский. – Ярославль: ЯПИ, 1987. – 87 с.

4. Безъязычный, В.Ф. Расчетный метод определения глубины и степени наклепа при обработке отверстий лезвийным осевым инструментом / В.Ф. Безъязычный, А.В. Баранов // Вестник машиностроения. – 2002. – №6. – С. 65-66.
5. Киселев, Е.С. Определение остаточных напряжений в поверхностном слое деталей с учетом технологической наследственности / Е.С. Киселев, О.В. Благовский // Вестник машиностроения. – 2011. – №6. – С. 33-36.
6. Суслов, А.Г. Одноступенчатое технологическое обеспечение износостойкости цилиндрических поверхностей деталей машин / А.Г. Суслов, Д.М. Медведев // СТИН. – 2010. – №8. – С.22-26.
7. Хондажко, В.А. Одноступенчатое технологическое обеспечение контактной жесткости плоских поверхностей деталей машин: дис. к.т.н.: спец.: 05.02.08. – технология машиностроения / В.А. Хондажко. – Брянск, 2007. – 157 с.

УДК 53.4

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АНАЛИЗА ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ РАННЕЙ МЕЛАНОМЫ КОЖИ В ПАКЕТЕ МАТЛАВ

Баркалин В.В., Лозовский В.Э.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Проблема ранней диагностики меланомы кожи приобретает все большее значение в связи с ростом этого заболевания по всему миру. На долю меланомы кожи (МК), которая по сегодняшний день остается главной причиной смерти больных в онкодерматологии, приходится 3-5 % от всех первичных злокачественных опухолей кожи. Пигментные и пигментированные образования, под маской которых может скрываться меланома, встречаются у 90% населения. Ежегодный прирост заболеваемости МК по данным [1] составляет 3-7 %, а летальность больных в течение первого года после установления диагноза достигает 15%.

В связи с недостаточным количеством специалистов – онкодерматологов ранняя диагностика меланомы кожи должна проводиться в неспециализированных учреждениях типа районных поликлиник средним медицинским персоналом, что возможно только на базе компьютерных систем диагностики с встроенными алгоритмами, основанными на данных экспертных систем, содержащих постоянно обновляющиеся базы знаний и оценок высококвалифицированных специалистов.

На консенсусной конференции по дерматоскопии в 2001 г. [2] было выделено три основных признака, отличающих меланому от других доброкачественных пигментных образований кожи: 1) дерматоскопическая асимметрия пигментации и строения; 2) атипичная пигментная сеть; 3) бело-голубые структуры [3]. Эти признаки достаточно просто могут быть оценены методами анализа изображений.

Для определения факта асимметрии образования первым шагом является определение границы его изображения, для чего используется фильтр Собеля. Это дискретный дифференциальный оператор, вычисляющий приближенное значение градиента яркости изображения. Оператор Собеля основан на свертке изображения с целочисленными

фильтрами в вертикальном и горизонтальном направлениях. Строго говоря, оператор использует ядра  $3 \times 3$ , с которыми сворачивают исходное изображение для вычисления приближенных значений производных по горизонтали и по вертикали используемая им аппроксимация градиента достаточно грубая.

Это особенно сказывается на высокочастотных колебаниях изображения. Результат обработки изображения пигментного пятна представлен на рис. 1. Следует отметить, что использование БПФ в этом случае дает худший результат.

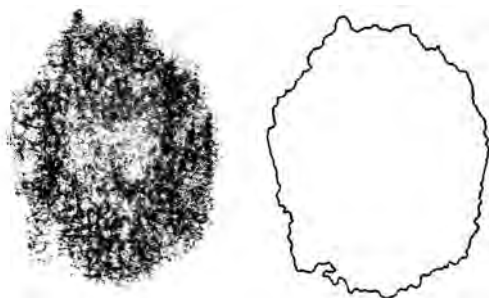


Рисунок 1 – Определение границы изображения пигментного пятна по алгоритму Собеля.

Дальнейшим шагом является работа с точками границы. Находится центр полученного изображения. Далее из центра проводятся лучи с определённым шагом (в данном случае 3 градуса) и определяются максимально и минимально удалённые пиксели, принадлежащие границе. Так как пиксель может не лежать на луче, задаются вспомогательные лучи с шагом 3/5 градуса. Далее используются длины отрезков, соединяющие центр масс изображения и найденные пиксели. Эти длины откладываются на графике, анализ которого и даёт нам информацию об асимметрии образования (рис. 2).

Для поиска бело-голубых структур используется отображение значений яркости пикселей как координат. Пиксель в цветовом пространстве R-G-B имеет 3 составляющие интенсивности, принимающие значения в диапазоне [0 - 255]. Из полученных снимков меланомы кожи были выделены участки содержащие бело-голубые структуры. Эти участки были смонтированы в отдельное изображение, которое в дальнейшем используется в кластеризации. Такая же процедура была проведена со снимками доброкачественных образований. Получающиеся для этих базовых изображений кластеры представлены на рис.3.

Диагностика меланомы по новому изображению строится по тому или иному критерию расстояния между его кластером и базовыми кластерами. На рис. 4 желтым представлен кластер меланомы, при построении которого точки базовых кластеров перекрашиваются при вхождении в новый кластер. Визуально при этом диагностируется меланома. Для анализа пигментной сетки используется цветовое/яркостное различие различных структур. Выбирая диапазон

изменения яркости для каждой цветовой составляющей, можно получить изображение, на котором хорошо различимы определённые морфологические структуры (рис. 5)

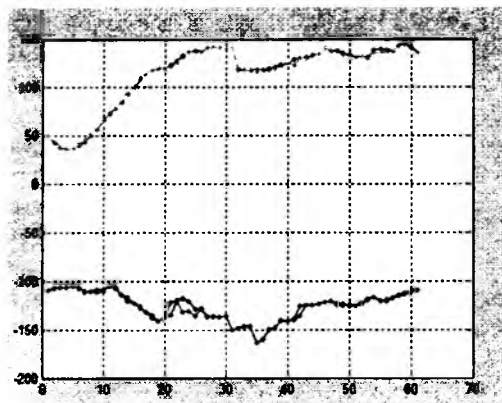


Рисунок 2 – Определение асимметрии изображения по расстоянию до горизонтальной нулевой линии. Красным цветом отмечены верхние наиболее удалённые пиксели; синим - нижние наиболее удалённые пиксели на контуре. Зелёным - верхние наименее удалённые пиксели; чёрным - нижние наименее удалённые пиксели.



Рисунок 3 – Базовые кластеры меланом (синие точки) и доброкачественных образований (красные точки) в R-G-B координатах.

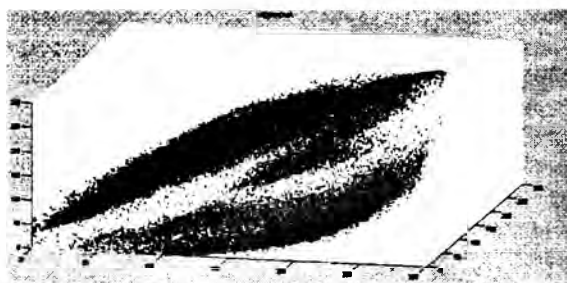


Рисунок 4 – Базовые кластеры и кластер нового изображения (желтый) в R-G-B координатах.

Работа финансировалась грантом IS-139 по проекту LLB 2-242 "Improvement of the health service by means of IT technology in dermal and lungs cancer diagnostics" программы Трансграничного сотрудничества Латвия-Литва-Беларусь (Европейский инструмент добрососедства и партнерства 2007-2013 гг.).

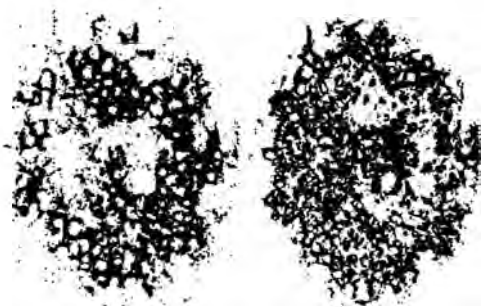


Рисунок 5 – Слева результат алгоритма, определяющего морфологические структуры через красную составляющую в диапазоне яркости (130 – 180). Справа – результат алгоритма, использующего зелёную составляющую в диапазоне яркости (60 – 90).

1. Панкратов, В.Г. Дерматоскопия пигментных образований кожи – неинвазивный тест для дифференциальной диагностики меланомы кожи с другими пигментированными новообразованиями (Обзор литературы) / В.Г.Панкратов, А.А.Ревотюк // Медицинские новости. – 2011. - № 4. – С. 6-12.
2. Argenziano G, Soyer HP, Chimenti S et al. Dermoscopy of pigmented skin lesions: results of a consensus meeting via the internet / J Am Acad Dermatol 2003;48:679–93.
3. Джор, Р. Дерматоскопия / Р. Джор, Х.П. Соьер, Дж. Арджентиано и др.; – М.: ООО «Рид Элсивер», 2010.-244 с.

УДК 53.087.92 - 621.382

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСНОВНЫХ МОДУЛЕЙ ГАЗОВОЙ МИКРОСИСТЕМЫ – «ЭЛЕКТРОННЫЙ НОС»

Белогуров Е.А., Таратын И.А., Хатько В.В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Потребность во всевозможных сенсорах и системах мониторинга различных газовых сред постоянно возрастает. Это связано с безопасностью условий труда на предприятиях, загрязнением окружающей среды, обнаружением и предотвращением потенциальных террористических актов, а также с необходимостью строгого контроля технологических процессов. Особенно важно осуществлять постоянный контроль в ограниченных пространствах. Перспективный путь развития сенсорной техники – применение мультисенсорных систем на основе неселективных материалов и методов обработки данных, полученных от таких сенсорных систем на базе современных достижений в распознавании образов. К таким системам относится «Электронный нос» – аналитическое устройство, сочетающее в себе массив неселективных сенсоров, обладающих высокой перекрестной чувствительностью и способностью к распознаванию образов, и многомерную калибровку для обработки данных от такого массива.

Современная система «Электронный нос» включает в себя следующие модули: систему пробоотбора для доставки газовой пробы из анализируемого воздушного объема к сенсорной матрице; преконцентратор, обеспечивающий программируемую термическую адсорбцию-десорбцию токсичных газов; матрицу высокочувствительных сенсоров; аналоговый адаптер для поддержания режимов работы

сенсоров в матрице и преобразования их выходного сигнала в цифровой код; цифровой контроллер для предварительной обработки сигнала сенсоров и организации стандартного интерфейса для связи с компьютером; компьютер с программным обеспечением для распознавания образов.

Дополнение система «Электронный нос» еще одним модулем – интегральным преконцентратором позволяет обеспечить программируемую термическую адсорбцию-десорбцию токсичных газов с уровнем концентрации в 1 ppb (одна молекула на миллиард). Преконцентратор изготавливается путем нанесения адсорбционных слоев на поверхность одной или нескольких кремниевых мембран с пленочными термическими нагревателями. Для повышения концентрационного коэффициента до  $10^4$  используются наноструктурированные пористые материалы в качестве адсорбционного вещества.

В настоящее время макетные образцы преконцентраторов, как правило, изготавливаются на кремниевых пластинах с использованием микросистемных технологий. Согласно им на пластинах кремния методом объемного травления кремния формируются двухслойные ( $\text{SiN}_x\text{-SiO}_2$ ) или трехслойные ( $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2\text{-Si}_3\text{N}_4$ ) диэлектрические мембраны с тонкопленочными нагревателями. Затем на области мембран наносится мезопористый материал с высоким коэффициентом адсорбции к газам [1]. К