



ложения стоя. Мотивирующим фактором воздействия на пациента может стать внедрение в такого рода устройство раздражающего воздействия при нарушениях работы мышц. Таким образом, дискомфорт, возникающий в нижних конечностях за счет действия устройства способствует нормализации походки, и как следствие, укреплению мышц нижних конечностей, способных сдерживать дальнейшую деформацию стопы и избавить пациента от плоскостопия.

Литература

1. Магид Евгений Аркадьевич, Данилов Игорь Юрьевич, Афанасьев Илья Михайлович; Патентообладатель(и): Автономная некоммерческая организация высшего образования "Университет Иннополис". Патент RU 2 638 083 С2.
2. ЛЮ Хуаицзюнь, У Кэ, ЧЭНЬ Тао ; Патентообладатель(и): Сяоми Инк. Патент RU 2 645 934 С2.
3. Большаков Денис Иванович, Мищенко Михаил Андреевич; Патентообладатель(и): Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского". Патент RU2 646 747 С2.

О.Е. Маленова

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАСТИНЧАТОГО ИЗОМОРФОНА НА ФАЦИЯХ СЫВОРОТКИ КРОВИ

(Ульяновский государственный технический университет)

Решение проблем ранней медицинской диагностики является актуальной областью научных исследований. Доктор медицинских наук, профессор С.Н. Шатохина и академик РАМН В.Н. Шабалин дали теоретическое обоснование структуропостроения биологических жидкостей с позиций теории самоорганизации и поведения сложных систем. Ими активно развивается метод клиновидной дегидратации, основанный на исследовании биологических жидкостей человека [1]. Суть этого метода заключается в анализе результата высушивания капли биологической жидкости на предметном стекле. На образовавшейся сухой пленке (фации) возникают характерные структуры (маркеры). Их появление обусловлено содержанием различных веществ в жидкости, что в свою очередь отражает общее состояние организма. Примечательно, что по составу и расположению маркёров можно делать выводы как о наличии уже проявивших себя заболеваний, так и о предрасположенности пациента к определенному заболеванию[2].

Целью настоящего исследования поставлена разработка и программная реализация алгоритма по обнаружению характерных образований - пластинчатых структур (далее ПС) на изображениях фаций сыворотки крови. Эти маркеры свидетельствуют об усиленной деструкции тканей. Они являются подвидом



изоморфонов сыворотки крови наряду со скелетными, паутинчатыми и параллельными. Пластинчатый изоморфон представляет собой текстуру холестерина. Его появление обусловлено вбрасыванием больших количеств холестерина в общую циркуляцию крови, вызванным массивной гибелью клеток (при ожогах, ишемии и механических травмах)[3]. На рисунках 1 и 2 приведены примеры изображений пластинчатых структур.

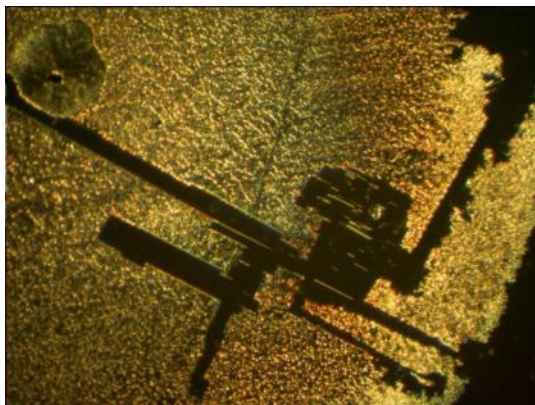


Рис. 1. Пример ПС

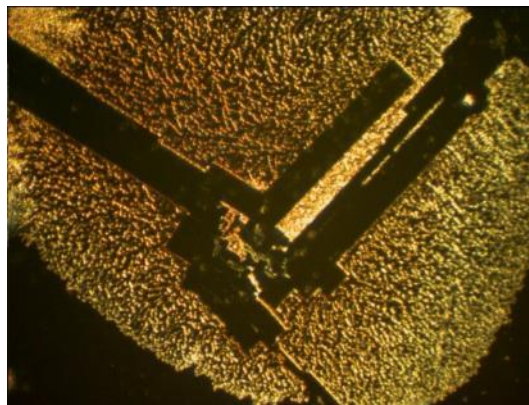


Рис. 2. Пример ПС

В результате проведения визуального анализа маркера можно выделить следующие признаки ПС:

- малая дисперсия яркости по всей площади;
- границы образованы прямыми линиями, пересекающимися под прямым углом;
- контур ярко выражен перепадом яркости.

На основании результатов визуального анализа разработан следующий алгоритм обнаружения ПС:

- 1) выделение однородных областей с малой дисперсией;
- 2) выделение границ этих областей;
- 3) нахождение границ, описанных попарно-параллельными линиями и линиями, пересекающимися под прямым углом;
- 4) принятие решения о нахождении маркера.

Поиск однородных областей с малой дисперсией производился по алгоритму, предложенному в статье по обнаружению языковых структур [4]. Однако, для более простого поиска порога, для определения максимально допустимой дисперсии яркости, воспользуемся формулой для вычисления среднеквадратического отклонения. Оно более удобно, т.к. имеет то же измерение, что и яркость пикселя изображения у канала RGB, и диапазон от 0 до 255. В процессе испытаний экспериментально подобран порог для однородной области, равный 15. Результат на рисунке 3, где белым цветом выделены найденные однородные участки изображения.

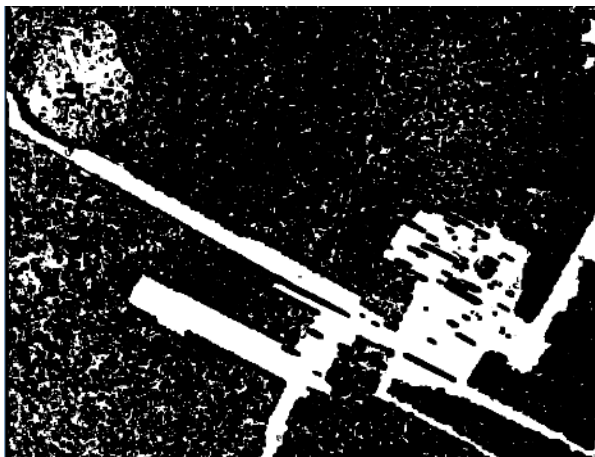


Рис. 3. Однородные области



Рис. 4. Контуры

Поиск контуров на полученном изображении производится с использованием алгоритма Канни [5] с порогами 100 и 180. Найденные контуры показаны на рисунке 4. Далее проводится попиксельный обход, в ходе которого удаляются незначимые контуры, то есть кривые линии с длиной менее 50 пикселей (рис. 5).

Нахождение попарно параллельных и перпендикулярных линий на изображении производится в два этапа. Первый - это выделение всех прямых линий, оставшихся после удаления незначимых контуров однородных областей. Второй - нахождение среди найденных линий попарно параллельных и перпендикулярных. Поиск прямых произведен алгоритмом Хафа [6], где минимальная длина линии установлена 150 пикселей. Само изображение предварительно пропорционально сжато или растянуто до ширины в 1028 пикселей для удобства обработки.

Угол β между парой прямых $y_1 = mx + k$ и $y_2 = px + q$ находится с помощью арктангенса: $\beta = \arctg|(m - p)/(1 + m \cdot p)|$. Вычисление углов производится в градусах. При попадании значения угла в доверительный интервал (0;10) линии считаются параллельными, а в интервал (80;100) - перпендикулярными.

Критерием принятия решения о наличии маркера служит наличие хотя бы одной пары параллельных или перпендикулярных. При нахождении одной из таких пар контур, которому они принадлежат, считается контуром искомого маркера и выделяется вместе с остальной связной частью контура. Данный критерий выбран на основании отличия ПС от других известных маркеров, имеющих либо округлую форму, либо острые углы, при наличии прямых в контуре (например, языковые структуры [4]). Окончательный результат показан на рисунке 6, где поверх исходного изображения белым окрашена предполагаемая область найденного маркера.

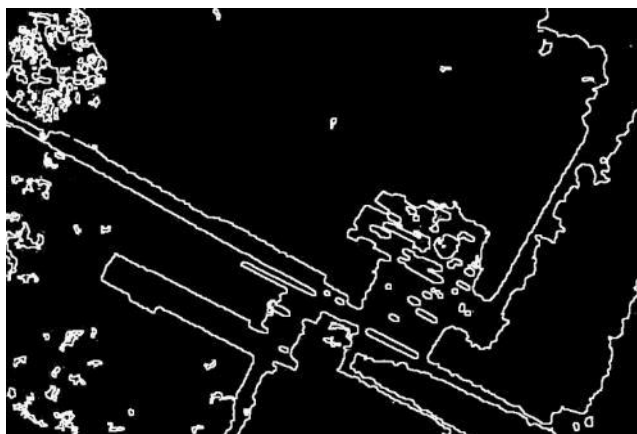


Рис. 5. Результат удаления

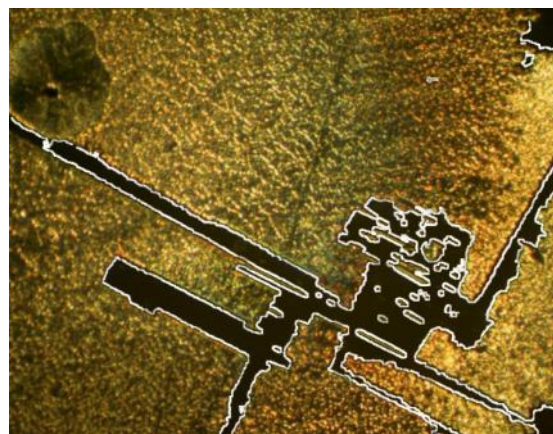


Рис. 6. Найденный маркер

Описанный алгоритм реализован программой на языке программирования C#. При испытании этой программы из 25 изображений, содержащих ПС, было верно распознано 23. На 100 изображений без ПС оказалось 5 ложных обнаружений. Результаты испытаний показывают, что 8% маркеров было пропущено. Анализ пропущенных изображений показал, что ПС на них были менее выражены, имели меньшие размеры и более криволинейные границы. Это говорит о том, что в дальнейшем целесообразно расширить набор признаков ПС для более точной его идентификации.

Литература

1. Zakharova G.P., Shabalin V.V., Donskaya O.S. Functional morphology as the basis for systemic approach to the biologic fluids investigation [Текст]// RMJ. 2017. № 6. P. 430–434.
2. Шабалин, В.Н. Морфология биологических жидкостей человека [Текст] / В.Н. Шабалин, С.Н. Шатохина. М. – Хризостом, 2001.– 304 с.
3. Шатохина, С.Н. Атлас структур неклочных тканей человека в норме и патологии: в 3 томах. Том II. Морфологические структуры сыворотки крови. Том 3 [Текст] / С.Н. Шатохина, В.Н. Шабалин. – Москва-Тверь: Триада, 2013. – 240 с.
4. Крашенинников В.Р. Алгоритм обнаружения языковых структур на изображениях фаций сыворотки крови [Текст] / В.Р. Крашенинников, Л.И. Трубникова, М.Л. Албутова А.С. Копылова, А.В. Тарасова // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2013. – № 4. – С. 70-73.
5. Canny, J. A Computational Approach to Edge Detection [Текст]// J. Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, N6, 1986. – P. 679-698
6. Ballard, D.H. Generalizing the Hough transform to direct arbitrary shapes [Текст] / D.H. Ballard// Pattern Recognition, vol. 13, 1981. – P.111-122.