

КОМБИНИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОЛУФАБРИКАТОВ КОЖИ

Бабаян П.В., к.т.н., начальник лаборатории Рязанского государственного радиотехнического университета, e-mail: aitu@rsreu.ru

Суходольская Н.В., инженер Рязанского государственного радиотехнического университета, e-mail: aitu@rsreu.ru

Ключевые слова: сегментация, поиск пороков, метод k -средних, пороговая обработка, кожа.

Введение

Одним из наиболее трудоёмких технологических процессов при производстве кожи является обработка полуфабрикатов. Она включает порядка десяти основных производственных этапов, на трёх из которых осуществляется сортировка полуфабрикатов. Сорт кожи зависит от дефектов, которыми она поражена (эти дефекты принято называть пороками), их площади и расположения. Фактически, чтобы определить сорт кожи, необходимо вначале выделить пороки кожи и оценить их характеристики. Поскольку сортировка производится вручную, на её результаты большое влияние оказывает субъективность человеческого восприятия. Отсюда возникает задача автоматизации данного процесса с целью улучшения качества сортировки [1].

На сорт полуфабриката кожи влияют следующие параметры: наличие пороков, расположение пороков, тип пороков. Насчитывается около 30 различных типов пороков, основными из которых являются бактериальность, дыра, прорезь, свищ, вортистость и сдир. Разрабатываемая система должна автоматически выделять пороки на изображениях полуфабриката, однако, кожа обладает большой неоднородностью, и пороки одного и того же типа на различных полуфабрикатах могут выглядеть по-разному. К тому же, на изображении кожи могут иметь место перепады яркости, возникшие по причине неоднородности освещения, т.е. на полуфабрикате может находиться как порок, так и участок кожи, близкий по яркости к этому пороку. И наоборот, фон может оказаться близким по яркости к полуфабрикату кожи. По этим причинам невозможно получить эталонные изображения или эталонные текстуры пороков. Выделение и оценивание параметров пороков на изображениях полуфабрикатов является задачей сегментации. Классические методы сегментации в такой ситуации не показывают желаемых результатов, поэтому необходимо разработать алгоритм, учитывающий описанные особенности.

В настоящей работе описан алгоритм сегментации изображений полуфабрикатов кожи, основанный на комбинированном использовании методов k -средних и пороговой обработки.

В настоящей работе описан алгоритм сегментации изображений полуфабрикатов кожи, основанный на комбинированном использовании методов k -средних и пороговой обработки. Для устранения проблем неоднородности освещения используется разбиение изображения полуфабриката на квадратные блоки. Особенностью разработанного алгоритма является то, что все блоки по некоторым параметрам разделяются на три типа, для каждого из которых используется соответствующий метод сегментации. Представлены результаты экспериментальных исследований комбинированного алгоритма на реальных изображениях полуфабрикатов.

Алгоритм сегментации

Для устранения проблем неоднородности освещения предлагается разбить все изображение полуфабриката на квадратные блоки шириной w , в которых неоднородность освещения является незначительной. Все эти блоки классифицируются на три типа, для каждого типа используется свой метод сегментации.

Вначале вычисляется ряд параметров, используемых для классификации блоков. С этой целью используется метод k -средних. Он разбивает множество элементов векторного пространства на заранее известное число кластеров k . В результате работы алгоритма, в соответствии с числом кластеров, для каждой области вычисляется математическое ожидание яркости области, дисперсия и вес (доля). Зная эти параметры, можно построить график аппроксимации плотности распределения яркости смеси k гауссоид [2].

Вернемся к описанию алгоритма сегментации. Параметры классификации, используемые в алгоритме, представлены в таблице 1.

Заметим, что локальными считаются параметры, вычисляемые для каждого блока. Глобальные параметры вычисляются для всего изображения.

Для вычисления параметров, описывающих характер границ (G и N_g), выполняется сегментация блока по методу Отсу [3]. В итоге получается бинарное изображение, и данные параметры вычисляются для каждого сегмента полученного изображения. Использование параметров, описывающих характер границ, обусловлено тем, что среднее значение градиента должно быть достаточно велико, если этот сегмент соответствует пороку, а неоднородность изображения, связанная с перепадом яркости, но не относящаяся к пороку, будет иметь размытую границу. Кроме того, количество точек границы порока, как правило, значительно меньше, чем у ложно выделенного сегмента.

Зная все необходимые параметры, можно отнести блоки к одному из трёх типов (таблица 2).

Таблица 1.

Параметры, используемые для классификации блоков

Обозначение параметра	Описание параметра	Способ вычисления	Признак
m_K	Математическое ожидание яркости кожи	Метод k-средних, при $k = 2$	глобальный
m_F	Математическое ожидание яркости фона		глобальный
G	Среднее значение градиента на границах сегментов	Используется бинарное изображение, полученное при сегментации по методу Отсу	локальный
N_g	Количество граничных точек сегмента		локальный
m_1, m_2	Математическое ожидание яркости. Описывает бимодальную гистограмму	Метод k-средних при $k = 2$	локальные
N_s	Количество сегментов	Разметка бинарного изображения	локальный

Таблица 2.

Типы блоков

Тип блока	Характеристики	Условие
I тип	Содержит непораженную кожу и пороки	$A = (0,005w < N_g < 0,025w) \wedge (T_1 < G < T_2) \wedge (m_1 - m_2 > T_3)$
II тип	Содержит только непораженную кожу или кожу и порок, но кожа занимает большую часть площади	$\bar{A} \wedge B$ $B = (m_1 - m_2 < T_3) \wedge (G < T_2)$
III тип	Может содержать непораженную кожу и пороки. Присутствуют значительные перепады яркости	$\bar{A} \wedge \bar{B}$

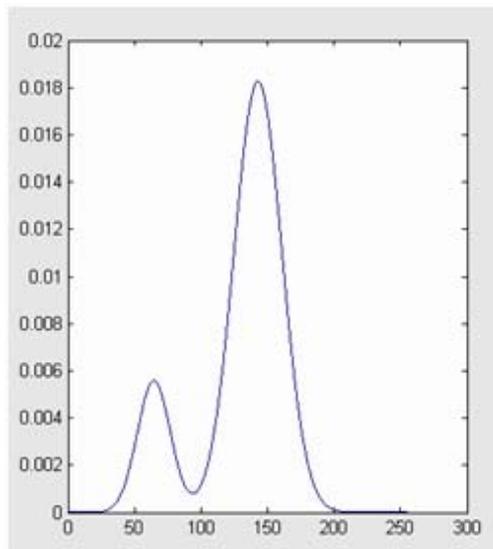


Рис. 1. График аппроксимации плотности распределения яркости смеси гауссоид и параметров для блока I типа

$$(m_1 = 63,4; m_2 = 141,9; N_g = 283; N_s = 1; G = 12,8)$$

Для блоков I типа, как правило, аппроксимация плотности распределения яркости смеси гауссоид имеет два пика (рис. 1), удалённых друг от друга на достаточное расстояние, что соответствует двум различающимся по яркости областям в блоке, причём доля точек, соответствующих каждой области, достаточно велика. Количество граничных точек для блоков I типа мало по сравнению с размером блока, следова-

тельно, с большой вероятностью, области в блоке имеют четко выраженные границы. Всё это свидетельствует о том, что блок содержит как кожу, так и поражённый пороком участок, и в нём незначительны перепады яркости, вызванные неравномерностью освещения. Для сегментации блоков I типа используется метод Отсу.

Для блока II типа аппроксимация плотности распределения яркости смеси гауссоид (рис. 2) имеет обычно один ярко выраженный пик. Блок содержит только непораженную кожу, или непораженную кожу и порок, но доля точек, относящихся к пороку, мала по сравнению с размером блока. В подобном случае для сегментации целесообразно использовать следующий алгоритм.

Для принятия решения вычисляется среднее значение яркости во всем блоке – m . Затем можно выделить три случая:

- Первый – $m > m_K$. При выполнении этого условия, считаем, что весь блок соответствует непораженному участку кожи.
- Второй – $\frac{m_F + m_K}{2} < m < m_K$. В данном случае, все точки, яркость которых меньше m_F , относятся к порокам, а остальные к непоражённой коже.
- Третий – $m < \frac{m_F + m_K}{2}$. В этом случае все точки, яркость которых меньше m_K , считаются пороками и наоборот, те точки, яркость которых больше m_K , рассматриваются участками, свободными от повреждений.

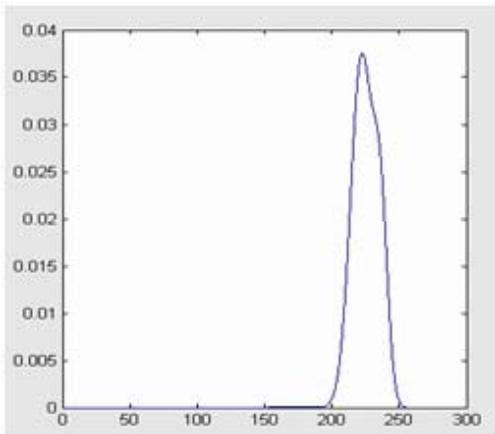


Рис. 2. График аппроксимации плотности распределения яркости смеси гауссоид и параметры для блока II типа

$$(m_1 = 235,5; m_2 = 221,3; N_g = 175; N_s = 0)$$

Аппроксимация плотности распределения для блоков III типа имеет, как правило, два ярко выраженных пика (рис. 3). Исходя из этого, для предварительной сегментации используется метод Отсу. Полученное бинарное изображение параметризуется [4] и обрабатывается в отдельности каждый его сегмент. Если среднее значение градиента на границе такого сегмента больше некоторой фиксированной величины, значит, присутствует значимый перепад яркости, и сегмент соответствует пороку. В противном случае, сегмент стоит классифицировать как участок полуфабриката не пораженный пороками. Такой сегмент удаляется из изображения.

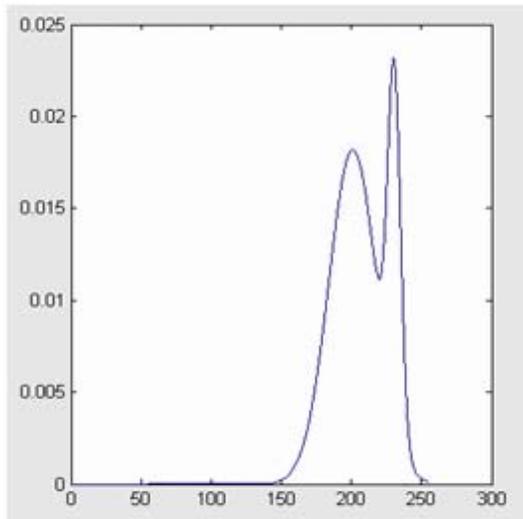


Рис. 3. График аппроксимации плотности распределения яркости смеси гауссоид и параметры для блока III типа

$$(m_1 = 200,267; m_2 = 229,89; N_g = 636; N_s = 39; G = [2,6; 2,9; 1,3; 1; 1,1; 0,5; \dots])$$

После того, как все блоки будут отсегментированы, процесс обработки заканчивается. Из полученных блоков восстанавливается целостное изображение.

Экспериментальные исследования

Исследования разработанного алгоритма были проведены на реальных изображениях

полуфабрикатов кож, полученных из видеосюжетов, отснятых на производстве. Исходя из требований, предъявляемых к качеству сортировки, доля неверно отсегментированных пикселей на изображении полуфабриката не должна превышать 7%. Удовлетворительные результаты были достигнуты при следующих параметрах:

$$T_1 = 1,5; T_2 = 2; T_3 = 17; w = 143$$

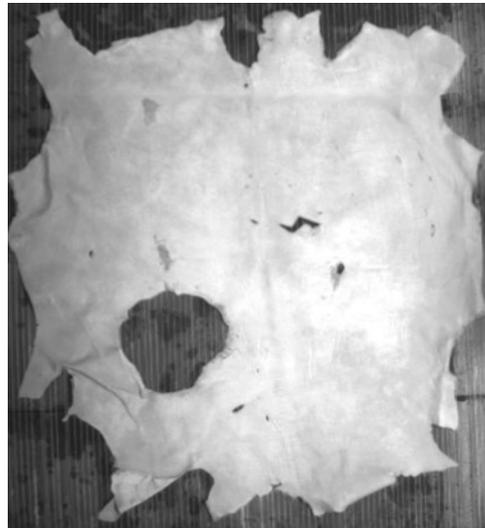


Рис. 4. Полуфабрикат кожи



Рис. 5. Результат сегментации



Рис. 6. Результат сегментации блока I типа

На рис. 4, 5, 6 приведены примеры работы алгоритма на блоках различных типов.

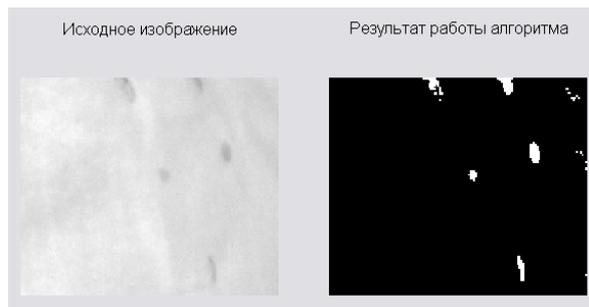


Рис. 7. Результат сегментации блока II типа



Рис. 8. Результат сегментации блока III типа

Для оценки точности работы алгоритма изображения блоков, полученные в результате сегментации, сопоставлялись с изображениями, на которых сегментация была проведена вручную. Для эксперимента использовались 50 блоков. Процент неверно отсегментированных пикселей усреднен по всем изображениям.

Результаты сегментации по представленному алгоритму сравнивались с результатами сегментации по методу Отсу и сегментации по водоразделам с использованием маркеров [5].

Результаты представлены в таблице 3.

Заключение

Таким образом, алгоритм работает с достаточно высокой точностью и имеет характеристики значительно лучшие, чем у других методов сегментации, с которыми проводилось сравнение.

Предполагается использование разработанного алгоритма в системе технического зрения для сортировки полуфабрикатов кожи.

Исследования проводились при поддержке гранта Президента РФ для молодых учёных (МК-20.2011.10).

Таблица 3.

Результаты эксперимента	
	Доля неверно отсегментированных пикселей (%)
Комбинированный алгоритм	2,72
Для блоков I типа	4,65
Для блоков II типа	0,21
Для блоков III типа	1,08
Метод Отсу	6,1
Сегментации по водоразделам с использованием маркеров	10,3

Литература

1. Бабаян П.В., Серёгина Н.В. Система технического зрения для определения сорта полуфабриката кожи // Обработка информации в автоматических системах: Сборник научных трудов. Рязань: РГРТУ, 2009. – С. 30-35.
2. Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика. М.: П-центр, 2003.
3. Гонсалес Р., Вудс Р., Цифровая обработка изображений. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2006.
4. Степашкин А.И., Хлудов С.Ю. Выделение и параметризация связанных областей двумерного изображения // Обработка информации в системах управления: Межвузовский сборник научных трудов. – Рязань: РПТИ, 1989.
5. Бабаян П.В., Серёгина Н.В. Сегментация изображений полуфабрикатов кожи // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2010. – №4.

THE COMBINED ALGORITHM OF IMAGE SEGMENTATION OF A HALF-FINISHED LEATHER

Babayan P. V, Sukhodolskaya N.V.

In the presented work the algorithm of image segmentation of the leather based on the combination of K-mean and thresholding methods is described. To overcome the problem of the illumination heterogeneity the observed image of leather is divided on square regions. The main feature of the developed algorithm is that all blocks can be classified into three types depending on several parameters. For each type of the block the specified method of the segmentation is used. The proposed algorithm shows better results in comparison with other considered segmentation approaches.

Уважаемые коллеги!

Для тех, кто не успел оформить подписку на первое полугодие 2012 года через ОАО «Роспечать», сохраняется возможность приобретения журналов непосредственно в редакции по адресу: 107031, г. Москва, Рождественка, 6/9/20, стр. 1, Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, или оформить Заказ в соответствии с требованиями, выставленными на сайте журнала: www.dsra.ru.

**Справки по телефонам: (495) 621-71-08, 621-06-10.
Факс: (495) 621-16-39. E-mail: nto.popov@mtu-net.ru.**