

УДК 658.562.012

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ С ИНТЕРВАЛОМ В ПРОЦЕССЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ПЕРФОРАЦИОННОГО МАРКЕРА

Логунов А.Н.

## CLASSIFICATION WITH THE INTERVAL USE IN PERFORATION MARKER RECOGNITION

Logunov A.N.

*Рассмотрен вопрос выделения отверстий на изображении перфорационного маркера в условиях присутствия помех. Показано, что использование классификации с интервалом для небольшой части изображения позволяет существенно снизить вероятность ошибки при приемлемом времени обработки.*

**Ключевые слова:** перфорационный маркер, корреляция, распознавание, идентификация, признак.

**1. Введение.** Успешная экономическая деятельность предприятий, их конкурентоспособность на рынке в значительной мере начинает зависеть от наличия у них высокоэффективного организационно-технического механизма управления и обеспечения качества продукции. Одним из показателей конкурентоспособности любой фирмы является сертификат на соответствие стандартам системы качества ISO 9000. Эта сертификация гарантирует, что система качества предприятия способна обеспечивать и улучшать качество изготавливаемой продукции. Системы идентификации изделий являются неотъемлемым элементом системы управления качеством.

Особенно эффективна идентификация при автоматизации процессов нанесения и считывания маркировки изделий и материалов. Автоматизированная технология идентификации обеспечивает оперативность и объективность контроля, экономию средств, возможность прослеживаемости продукции на всех стадиях производства и наличие информации, необходимой для управления процессом производства [1, 2].

Наиболее сложные условия имеют место при маркировке шкур в кожевенном производстве. Нанесенные маркеры идентификации подвергаются совместно с маркируемыми изделиями жестким технологическим воздействиям – механической,

термической и химической обработке поверхности, во время которой может удаляться поверхностный слой материала изделий вместе с маркировкой, а изделие подвергается неоднородной деформации (вытягивание, набухание, усадка, коробление и т.п.). Вследствие этих процессов искажается геометрия маркера и значительно изменяются оптические характеристики поверхности изделий.

Маркер должен сохраняться на протяжении всего технологического процесса по переработке шкуры в кожу. Единственным маркером, который выдерживает все обработки, является сквозное отверстие, поэтому для маркировки кожи используется метод перфорации, причём форма перфорационных отверстий может быть различной. Этот способ гарантирует, что маркер не исчезнет при двоении (разделение шкуры на две половины по толщине), как это может случиться, если к коже прикреплены бирка или радиочастотная метка. Также этот способ гарантирует, что код сохранится на шкуре после ее обработки химическими реактивами и нагрева, после выравнивания кожи по толщине (строжки) и шлифования поверхности.

Основной задачей при разработке систем автоматизированной идентификации для кожевенного производства является сохранение маркеров идентификации изделий и обеспечение их надежного автоматизированного считывания на всех этапах технологического процесса обработки от сырья до готовых изделий. Особенно нежелательным является ошибочное считывание кода, так как в этом случае появляются изделия «двойники», что дезорганизует работу АСУП. Автоматизированное считывание маркировки должно быть достаточно надежным даже при неоднородном деформировании изделий, искажении первоначальной сетки нанесенных отверстий и изменении оптических характеристик поверхности.

**2. Анализ последних исследований и публикаций.** «Построение описания изображения на основе его представления с использованием признаков – едва ли не самая сложная задача в процессе построения любой системы распознавания. При этом, если в рамках некоторых математических моделей удалось формализовать процесс классификации, то процесс выбора признаков до сих пор остался процедурой эвристической и зависимой как от предметной области, так и от разработчика.

В то же время определенный опыт, накопленный за годы использования средств распознавания образов и обработки изображений для решения практических задач, позволяет выделить ряд основных групп признаков, которые успешно используются для описания и распознавания изображений [3]. Корреляционные методы нашли широкое применение при обнаружении и распознавании изображений в системах навигации, слежения, промышленных роботах.

При полностью заданном эталоне многошаговая корреляция путем сканирования входного поля зрения является, по сути, полным перебором в пространстве сигналов. Поэтому эту процедуру можно считать базовой, потенциально наиболее помехоустойчивой, хотя и самой трудоемкой. Все остальные методы направлены на сокращение вычислительных затрат при попытке обеспечения наперед заданной надежности распознавания, габаритно-весовых характеристик вычислителя и стоимости расходов на создание программных и технических средств [4].

В соответствии с вышеизложенным в качестве признаков используются отклики корреляционных фильтров.

**3. Материалы и результаты исследования.** Ключевым процессом является распознавание отверстий маркера на изображении изделия (рис. 1). Поскольку характеристики поступающих для распознавания изображений сильно различаются в зависимости от партии шкур (цвет шкуры, изменения поверхности, вызванные обработкой, затягивание и забивание отверстий, множество причин случайного характера) не может быть выбран один фильтр, удовлетворяющий всем условиям, выбор фильтра закладывается в алгоритм распознавания.

В качестве базового принимается комбинированный одномерный корреляционный фильтр как обладающий одновременно высокой скоростью и эффективностью. В случае, когда не удаётся распознать изображение с помощью базового фильтра, применяются двумерный корреляционный (наиболее помехоустойчив, но требует большого количества вычислений и, соответственно, времени) [5].

Как и следовало ожидать, использование двух признаков позволяет уменьшить вероятность ошибки при распознавании, но значительно

увеличивает время машинной обработки. Ослабить это противоречие позволяет использование классификации с интервалом, задаваемым двумя значениями границ  $k_1$  и  $k_2$ . При этом классификация пикселей попавших внутрь интервала откладывается, и для их классификации используются два признака. Если интервал больше области перекрытия распределений, то вероятность ошибки классификации на этом этапе была бы равна нулю. На практике достаточно интервал выбрать таким, чтобы вероятность ошибки не превосходила значения для классификации с двумя признаками



Рис. 1. Изображение перфорационной маркировки

Вероятность ошибки  $P(e_2)$  при классификации с интервалом от  $k_1$  до  $k_2$  для классифицированных пикселей изображения (не попавших в интервал) составляет

$$P(e_2) = P(d) \sum_{i=k_2}^{255} d_i + P(f) \sum_{i=0}^{k_1} f_i$$

Поведение слагаемых показано на рис 2.

$$P(e_{j1}) = P(d) \sum_{i=j1}^{255} d_i$$

$$P(e_{j2}) = P(f) \sum_{i=0}^{j2} f_i$$

Представив логарифм вероятности ошибки классификации как функцию двух переменных  $k_1$  и  $k_2$

$$P(e_{2,k_1,k_2}) = \log \left[ P(d) \sum_{i=k_2}^{255} d_i + P(f) \sum_{i=0}^{k_1} f_i \right]$$

получим контурный график в координатах  $k_1$  и  $k_2$  (рис 3), на котором изображены линии равных значений логарифма вероятности. Чтобы выбрать искомую точку на изолинии можно использовать значение логарифма вероятности попадания пикселей в разделительный интервал:

$$P(g_{k_1, k_2}) = \log \left[ P(d) \sum_{i=k_1}^{k_2} d_i + P(f) \sum_{i=k_1}^{k_2} f_i \right]$$

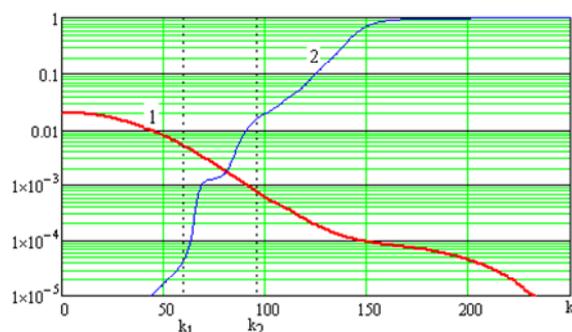


Рис. 2. Составляющие вероятности ошибки классификации пикселей (1 – отверстия, 2 – фон) и разделительный интервал  $k_1 \dots k_2$

Вид этой функции в тех же координатах показан на рис 4.

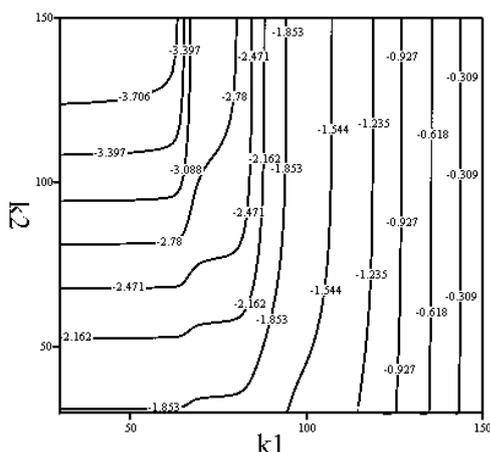


Рис. 3. Зависимость логарифма ошибки классификации от границ разделительного интервала

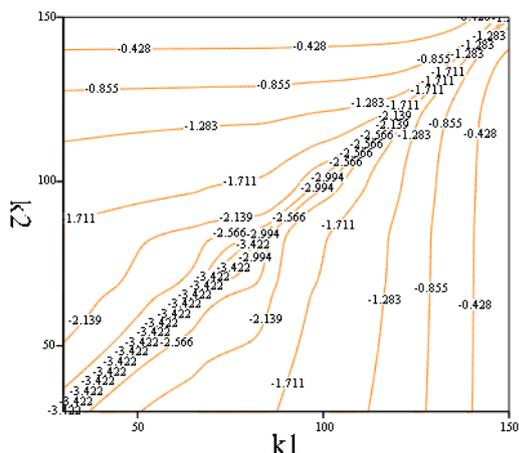


Рис. 4. Логарифм вероятности попадания пикселей в разделительный интервал

Таким образом, границы разделительного интервала можно получить путем решения системы уравнений:

$$\begin{cases} P(d) \sum_{i=k_2}^{255} d_i + P(f) \sum_{i=0}^{k_1} f_i = P_{2s} \\ P(d) \sum_{i=k_1}^{k_2} d_i + P(f) \sum_{i=k_1}^{k_2} f_i \rightarrow \min \end{cases}$$

где  $p_{2s}$  – минимальное значение вероятности ошибки классификации при распознавании с использованием двух признаков

Совместное решение системы уравнений численным методом в частном случае для  $p_{2s}=0.0007$  дает искомые значения границ интервала  $k_1=62$   $k_2=96$ . Решение проводилось путем построения изолинии равной вероятности ошибки и определения изолинии наименьшего уровня касательной к ней (рис. 5)

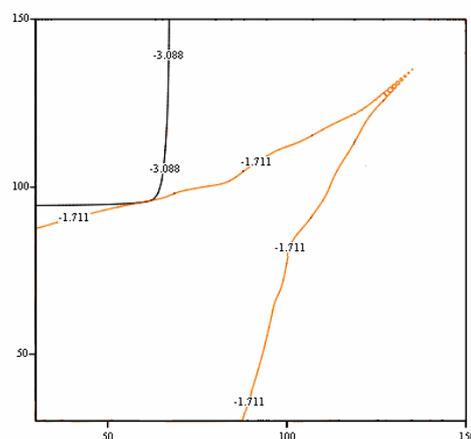


Рис. 5. Определение границ разделительного интервала (черным показана изолиния логарифма ошибки классификации, коричневым – касательная к ней изолиния логарифма вероятности попадания пикселей в разделительный интервал)

В данном случае эта линия соответствует вероятности попадания в разделительный интервал равной 0,019. На рис. 6 показаны результаты распознавания данным методом.

Доля нераспознанных на первом этапе пикселей составляет для различных изображений перфорационной маркировки от 0 до 2%. Располагаются эти пиксели по краям отверстий и в зоне действия помех. При первой итерации алгоритма распознавания их координаты на изображении сохраняются в памяти ЭВМ. Если при этом не удастся прочесть кодовое сообщение маркера, то к этим пикселям применяется двухпризнаковое распознавание, описанное в работе [5].

**4. Выводы.** Таким образом, двухпризнаковое распознавание используется только для небольшой части изображения, что повышает производительность процесса считывания маркировки. Одновременно при этом достигается

адаптация алгоритма распознавания к каждому изображению маркировки. Выполнено экспериментальное исследование эффективности методов обработки изображения и выделения элементов маркировки, положенных в основу адаптивно-итерационной процедуры распознавания маркировки, с использованием специально разработанного программного обеспечения и реальных изображений маркировки, полученных в промышленных условиях. Подавляющая доля отказов считывания обусловлена аппаратными отказами и ошибками обслуживающего персонала. Отказы, связанные с помехами на изображении маркировки и его обработкой составили незначительную часть от общего числа отказов и для реального производства их можно оценить в 0,3 %, что подтверждает эффективность данных алгоритмов и адаптивной процедуры распознавания в целом.

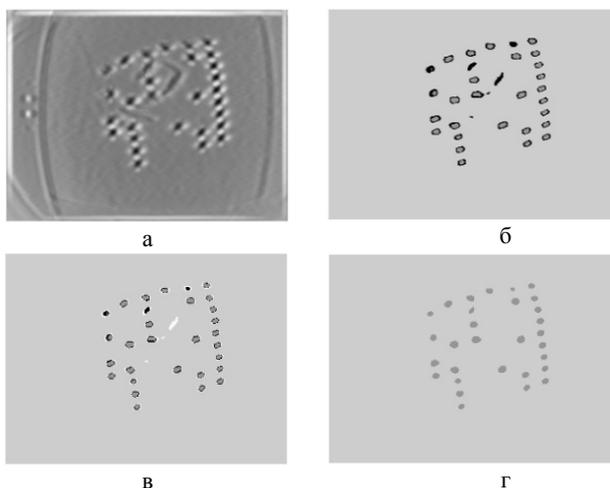


Рис. 6. Результаты классификации с интервалом:

а – изображение после обработки комбинированным корреляционным фильтром; б – классификация с интервалом 62...96 (светло-серые пиксели – фон, темно-серые – отверстия, черные – попавшие в разделительный интервал пиксели, классификация которых отложена); в – классификация попавших в разделительный интервал пикселей (черные – отверстия, белые – фон); г – окончательный результат

#### Л и т е р а т у р а

1. Кампанелла Дж. Экономика качества. Основные принципы и их применение / Дж. Кампанелла; пер. с англ. А. Раскина; [под науч. ред. Ю.П. Адлера и С.Е. Щепетовой]. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. – 232с., ил. – (Практический менеджмент).
2. Hide and skin quality systems / FAIR Project Improving Hide and Skin Quality // Newsletter. – 2001. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.leathercouncil.org/fair/news6.htm>.
3. Кузьмич И.В. Признаки, используемые при распознавании изображений дефектов в автоматизированной системе контроля качества автомобильных стекол [Электронный ресурс] / И.В. Кузьмич, А.А. Козлов, А.П. Павлова. – Режим доступа: <http://konftm.tltsu.ru/stat/kyzmich/input1.html>

4. Путятин Е.П. Нормализация и распознавание изображений [Электронный ресурс] / Е.П. Путятин – Режим доступа: <http://sumschool.sumdu.edu.ua/is-02/rus/lectures/pytyatin/pytyatin.htm>
5. Логунов А.Н. Исследование эффективности цифровых фильтров в системе автоматизированного считывания маркировки изделий / А.Н. Логунов // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту імені Володимира Даля. – 2003. – №4(62). – С. 138-143.

#### R e f e r e n c e s

1. Campanella J. The economics of quality. Basic principles and their application / J. Campanella.; per. from English. A. Raskin; [Under the scientific. Ed. YP Adler and SE Shepetova]. – М.: РИА "Standards and quality", 2005. – 232с, il. - (Practice Management).
2. Hide and skin quality systems / FAIR Project Improving Hide and Skin Quality // Newsletter. – 2001. – № 6 [electronic resource]. – Access: <http://www.leathercouncil.org/fair/news6.htm>.
3. Kuzmich JV Signs used in the recognition of defects in the automated image quality control system, auto-mobile glass [electronic resource] / IV Kuzmich, A. Kozlov, Alexander Pavlov. – Access: <http://konftm.tltsu.ru/stat/kyzmich/input1.html>
4. Putyatin EP normalization and image recognition [electronic resource] / EP Putyatin – Mode of access: <http://sumschool.sumdu.edu.ua/is-02/rus/lectures/pytyatin/pytyatin.htm>
5. Logunov AN Investigation of the effectiveness of digital filters in the system of automated reading of marking products / AN Logunov // VISNUK of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University . - 2003. – №4 (62). – S. 138-143.

#### Логунов О.М. Використання класифікації з інтервалом в процесі розпізнавання перфораційного маркеру.

*Розглянуто питання виділення отворів на зображенні перфораційного маркеру в умовах присутності перешкод. Показано, що використання класифікації з інтервалом для невеликої частини зображення дозволяє істотно знизити ймовірність помилки при прийнятному часу обробки.*

**Ключові слова:** перфораційний маркер, кореляція, розпізнавання, ідентифікація, ознака.

#### Logunov A.N. classification with the interval use in perforation marker recognition.

*The question of allocation of perforation holes on the image marker in terms of the presence of obstacles. It is shown that the use of classification intervals for a small part of the image can significantly reduce the likelihood of errors in the reasonable processing time.*

**Keywords:** Perforation marker, correlation, detection, identification, sign.

**Логунов Олександр Миколайович** – к.т.н., доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Северодонецьк). [logunov@ukr.net](mailto:logunov@ukr.net)

Рецензент: д.т.н., проф. **Чернецька-Білецька Н.Б.**