

УДК 004.932; 658:675.025.55

## ДВУХПРИЗНАКОВОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПЕРФОРАЦИОННОГО МАРКЕРА

Логунов А. Н

## TWO-SIGNIFICANT RECOGNITION OF PERFORATIVE MARKER IMAGE

Logunov O.M.

В статье рассмотрено снижение вероятности ошибки классификации при распознавании изображения перфорационного маркера за счет использования в качестве признаков классификации пикселей откликов двух различных корреляционных фильтров. На основании обработки партии реальных изображений получены объёмные графики зависимости вероятности ошибки от коэффициентов разделяющей функции.

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

**Введение.** Система управления качеством продукции выдвигает требование идентификации и прослеживаемости изделий на всех стадиях обработки. В кожевенном производстве идентификация осуществляется методом нанесения перфорационного маркера на обрабатываемое изделие. Современный уровень управления предприятием требует реализации автоматического считывания идентификационных маркеров [1-5].

Метод распознавания визуальных образов основан на вычислении коэффициента корреляции  $r_c$  двух прямоугольных матриц равного размера  $A$  и  $B$ , содержащих значения яркости пикселей соответственно участка изображения и эталона [6]. Существенным недостатком является низкое быстродействие системы распознавания при его использовании. Увеличение быстродействия возможно в случае использования алгоритмов быстрого преобразования Фурье для вычисления корреляции [7]. В настоящее время отсутствуют методы двумерной фильтрации, в которых сочетаются предельно достижимое качество фильтрации и низкие требования к вычислительным ресурсам ЭВМ, реализующей обработку [8].

**Цель работы.** Уменьшения вероятности ошибки распознавания за счет использования двух признаков на этапе классификации пикселя изображения. В качестве признаков были использованы отклики двух различных корреляционных фильтров.

**Результаты исследований.** Для определения вероятности ошибки была построена гистограмма отклика, созданная на основании нескольких тысяч реальных изображений элементов маркировки, полученных в процессе производственной эксплуатации.

Для отображения гистограмм использовался формат bmp-файла, при этом число попаданий  $d_{ij}$  в двумерный интервал гистограммы связано с цветовыми компонентами следующей формулой  $d_{ij} = r_{ij} + 2^8 g_{ij} + 2^{16} b_{ij}$ .

Для устранения локальных выбросов гистограммы использовалось сглаживание с помощью окна Гаусса:

$$G_{i,j} = \exp \left[ -\frac{(i - m_g)^2}{d_g} \right] \cdot \exp \left[ -\frac{(j - m_g)^2}{d_g} \right]$$

где  $m_g=4$ ;  $d_g=1.5$ ;  $i=0,1,\dots,2m_g$ ;  $j=0,1,\dots,2m_g$ .

Матрица окна Гаусса в этом случае имеет вид:

$$G = \begin{pmatrix} 0 & 0.0000001 & 0.0000016 & 0.000012 & 0.0000233 & 0.000012 & 0.0000016 & 0.0000001 & 0 \\ 0.0000001 & 0.0000061 & 0.0001722 & 0.0012726 & 0.0024788 & 0.0012726 & 0.0001722 & 0.0000061 & 0.0000001 \\ 0.0000016 & 0.0001722 & 0.0048279 & 0.035674 & 0.0694835 & 0.035674 & 0.0048279 & 0.0001722 & 0.0000016 \\ 0.000012 & 0.0012726 & 0.035674 & 0.2635971 & 0.5134171 & 0.2635971 & 0.035674 & 0.0012726 & 0.000012 \\ 0.0000233 & 0.0024788 & 0.0694835 & 0.5134171 & 1 & 0.5134171 & 0.0694835 & 0.0024788 & 0.0000233 \\ 0.000012 & 0.0012726 & 0.035674 & 0.2635971 & 0.5134171 & 0.2635971 & 0.035674 & 0.0012726 & 0.000012 \\ 0.0000061 & 0.0001722 & 0.0048279 & 0.035674 & 0.0694835 & 0.035674 & 0.0048279 & 0.0001722 & 0.0000061 \\ 0.0000001 & 0.0000061 & 0.0001722 & 0.0012726 & 0.0024788 & 0.0001722 & 0.0000061 & 0.0000001 & 0 \\ 0 & 0.0000001 & 0.0000016 & 0.000012 & 0.0000233 & 0.000012 & 0.0000016 & 0.0000001 & 0 \end{pmatrix}$$

Сглаженные с помощью окна Гаусса плотности вероятности тестовых выборок в виде функции двух переменных показаны на рис. 1.

Граница разделения плоскости признаков на области принятия решений  $R_d$  и  $R_f$  в случае двух классов [9] в самом простом случае имеет вид линейной функции

$$j_R = a_q \cdot i_R + b_p \quad (1)$$

где  $i_R$  – приведенное к диапазону 0...255 значение признака 1 (отклик на двумерный корреляционный фильтр);

$j_R$  – приведенное к диапазону 0...255 значение признака 2 (отклик на фильтр ядро-рамка).

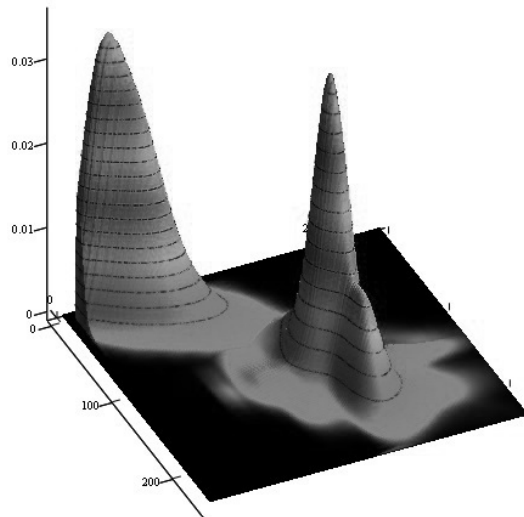


Рис. 1. Распределение плотности вероятности тестовых выборок после выполнения сглаживания (слева – отверстия, справа – фон)

Коэффициенты разделяющей функции находятся как решение задачи минимизации выражения ошибки классификации для тестовой выборки.

Представив коэффициенты в формуле (1) равными:  $a_q = -0,02q - 3,1$ ;  $b_p = 280 + p$ ;  $p = 0, 1, \dots, 50$ ;  $q = 0, 1, \dots, 50$ , получим сетку, в узлах которой рассчитываются значения ошибки классификации. Вид этой функции в логарифмическом масштабе показан на рис. 2.

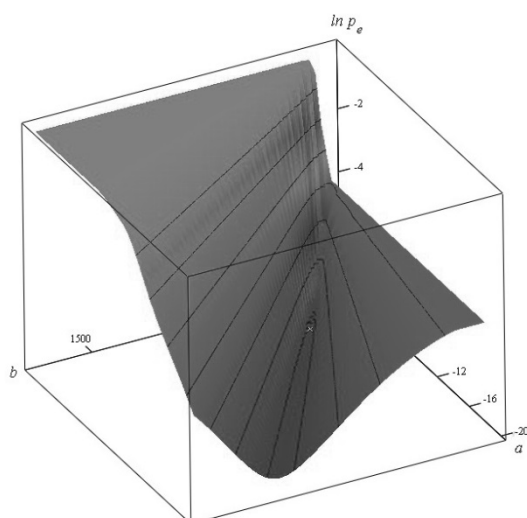


Рис. 2. Зависимость логарифма вероятности ошибки классификации от коэффициентов разделяющей функции (минимум показан крестиком)

Минимум ошибки достигается при значениях коэффициентов  $a_{kl} = -3,5$ ;  $b_{kl} = 304$  для тестовой выборки. Оптимальная граница разделения показана на рис. 3 и соответствует вероятности ошибки классификации  $P_{25} = 0,00071$ . Это значение в 70 раз меньше, чем вероятность ошибки при использовании в качестве признака яркости исходного изображения в работе [10].

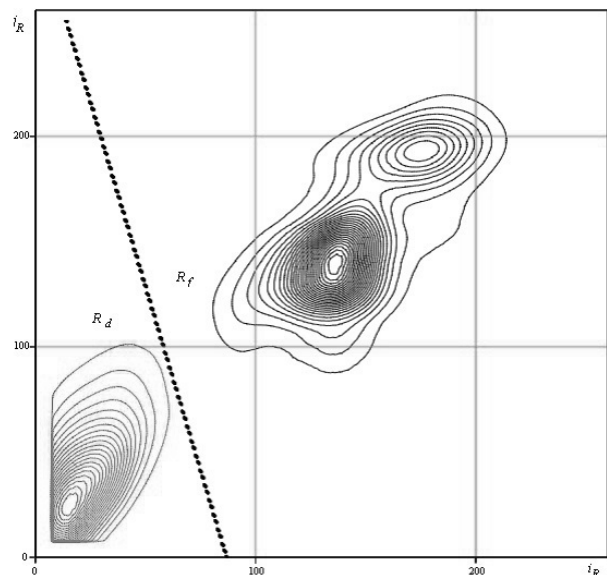


Рис. 3. Оптимальная граница разделения тестовых выборок (показана пунктиром)

Таким образом, использование для распознавания двух признаков: отклика на двумерный корреляционный фильтр и фильтр ядро-рамка позволяет значительно снизить вероятность ошибки

Как и следовало ожидать, использование двух признаков позволяет уменьшить вероятность ошибки при распознавании, но значительно увеличивает время машинной обработки. Ослабить это противоречие позволяет использование разделения пикселей изображения 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 разделяющий интервал больше области перекрытия распределений признаков, 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.

## Л и т е р а т у р а

1. 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.
2. 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).
  3. Логунов. А.Н. Маркировка изделий, подвергающихся жестким технологическим воздействиям / А.Н. Логунов // Тезисы науч.-практ. конф. «Информационно-вычислительные системы в химической промышленности», Северодонецк, 25 – 27 июня 2007г. – 1 электрон. оптич. диск (CD-ROM). – Систем. требов.: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 98/2000/NT/XP. – Название с титул. листа.
  4. Stosic P. What cost quality? The role of rawstock improvement / P. Stosic // World Leather. – 1999. – №5. – P 29-32.
  5. 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>.
  6. Фукунага К. Ведение в статистическую теорию распознавания образов: [перевод с англ.] / К. Фукунага. – М.: Наука: Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 368 с.
  7. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов: [пер. с англ.] / Р. Блейхут. – М.: Мир, 1989. – 448 с.
  8. Грузман И. С. Цифровая обработка изображений в информационных системах: [учеб. пособие] / И. С. Грузман, В. С. Киричук, В.П. Косых и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 168 с.
  9. Воробьев С.П. Параметрическое обучение в теории распознавания образов: [учеб. пособие] / С.П. Воробьев, С.С. Осипов. – СПб: ГУАП, 2005. – 46 с.
  10. Дубровкина М.В. Повышение достоверности распознавания кода при идентификации кожи в процессе её обработки: дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.06 / Дубровкина Маргарита Васильевна. – Луганск, 2009. – 229 с.
  4. Stosic P. What cost quality? The role of rawstock improvement / P. Stosic // World Leather. – 1999. – №5. – P 29-32.
  5. Hide and skin quality systems / FAIR Project Improving Hide and Skin Quality // Newsletter. – 2001. – № 6: <http://www.leathercouncil.org/fair/news6.htm>.
  6. Fukunaga K. Keeping in the statistical theory of pattern recognition: [translation from English] / K. Fukunaga. – Moscow: Nauka: The main edition of physics and mathematics, 1979. – 368 p.
  7. Bleyhut R. Rapid algorithms of digital signal processing: [trans. from the English] / R. Bleikhut. – Moscow: Mir, 1989. – 448 p.
  8. Gruzman IS Digital processing of images in information systems: [textbook. manual] / I. S. Gruzman, V. S. Kirichuk, V.P. Kosykh and others - Novosibirsk: Izd-vo NSTU, 2000. - 168 p.
  9. Vorobyev S.P. Parametric learning in the theory of pattern recognition: [Textbook. allowance] / S.P. Vorobiev, S.S. Osipov. - SPb: GUAP, 2005. - 46 p..
  10. Dubrovkina M.V. Increase the reliability of code recognition in the identification of the skin in the process of its processing: dis. ... candidate of technical. sciences: 05.13.06 / Dubrovkina Margarita Vasil'evna. - Lugansk, 2009. - 229 p.

**Логунов О. М. Розпізнавання зображення перфораційного маркера за двома ознаками.**

*У статті розглянуто зниження ймовірності помилки класифікації при розпізнаванні зображення перфораційного маркера за рахунок використання в якості ознак класифікації пікселів відгуків двох різних кореляційних фільтрів. На підставі обробки партії реальних зображень отримані об'ємні графіки залежності ймовірності помилки від коефіцієнтів функції, що розділяє.*

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

**Logunov O.M. Two-significant recognition of perforative marker image.**

*The article considers the reduction of the probability of classification error when recognizing the image of a perforation marker due to the use of two different correlation filters as signs of the classification of the pixels of the responses. Based on the processing of a batch of real images, volumetric graphs of the dependence of the error probability on the coefficients of the separating function were obtained.*

**Key words:** perforation marker; correlation, recognition, identification, attribute.

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

*Рецензент:* д.т.н., проф. Харламов Ю.О.

**References**

1. Logunov O. M. efficiency of digital filters in the system of automated reading of product markings / O. M. Logunov // Visnik Of The Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. – 2003. – №4(62). – p. 138-143.
2. Campanella J. The economy of quality. Basic principles and their application / J. Campanella; trans. with English. A. Raskin; [under the science. Ed. Yu.P. Adler and S.E. Shchepetovoy]. - Moscow: RIA "Standards and Quality", 2005. - 232s., Ill. - (Practical management).
3. Logunov O. M. Marking of products subjected to severe technological influences / O. M. Logunov // Theses of scientific-practical. Conf. "Information and Computing Systems in the Chemical Industry", Severodonetsk, June 25 - 27, 2007. - 1 electron. optical. disk (CD-ROM). - Systems. Requires: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 98/2000 / NT / XP. - Title with title. sheet.