

2. Burgess, R. H. (1986). Manufacture of processing of PVC. UK: Elsevier applied science publishers ltd, 206.
3. Garcia, J., Marcilla, A. (1998). Rheological study of the influence of the plasticizer concentration in the gelation and fusion processes of PVC plastisols. *Polymer*, 39 (15), 3507–3514. doi: 10.1016/s0032-3861(97)10033-7
4. Rabinovitch, E. B., Summers, J. W. (1980). Poly (vinyl chloride) processing morphology. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 2 (3), 165–168. doi: 10.1002/vnl.730020307
5. Summers, J. W. (1981). The nature of poly (vinyl chloride) crystallinity – the microdomain structure. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 3 (2), 107–110. doi: 10.1002/vnl.730030204
6. Ulianov, V. M. (1992). *Polyvinilhlorid*. Moscow: Khimija, 288.
7. Masyuk, A. S., Levytskyi, V. Ye. (2014). Regularities of obtaining of polymer-silicate composites from water-soluble silicates and polymers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/6(72), 29–33. doi: 10.15587/1729-4061.2014.30870
8. Chukin, G. D. (2008). Surface chemistry and structure of the dispersed silica, 172.
9. Klimov, D. M., Petrov, A. G., Georgiivsky, D. V. (2005). Visco-plastic flow. Dynamic chaos, resistance, mixing, 394.
10. Reddy, J. E., Hackett, J. A., Ford, J. I. (2002). Trends and challenges in liquid mixed metal stabilizers. *Vinyltec 2002. Compounding polyvinyl chloride in the 21st century. Proceedings of a conference held Itasca*, 231–253.

Дата надходження рукопису 21.10.2015

**Ларук Юрій Валерійович**, аспірант, кафедра хімічної технології переробки пластмас, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013  
E-mail: akerlem@gmail.com

**Масюк Андрій Сергійович**, аспірант, кафедра хімічної технології переробки пластмас, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013  
E-mail: masyukas@gmail.com

**Левицький Володимир Євстахович**, доктор технічних наук, професор, кафедра хімічної технології переробки пластмас, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013  
E-mail: vlevytskyj@gmail.com

УДК 004.421+004.422

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.54082

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ПОИСК И АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ

**Д. А. Морозов**

*Разработан и реализован высокоэффективный алгоритм обнаружения и обработки элементов дорожной разметки. Рассмотрены ключевые этапы работы алгоритма. Реализована программа, которая подтвердила высокие технические качества работы алгоритма в заданных режимах эксплуатации. Показана применимость разработки для повышения безопасности движения транспортных средств*  
**Ключевые слова:** низкоуровневая обработка изображений, распознавание образов, алгоритмы компьютерного зрения, дорожная разметка

*It is developed and implemented high-efficient algorithm for searching and processing elements of road lanes. There are described the most common steps in algorithm logic. The test program, which was written specially for this algorithm, has shown high detection quality. Such program can be used for driver assistance systems*

**Keywords:** low-level image processing, pattern identification, algorithm for computer vision, road lanes

### 1. Введение

В настоящее время одной из важных задач современной логистики является повышение эффективности управления транспортным средством в различных условиях [1]. Существенным этапом повышения качества управления является роботизированный компьютерный анализ элементов дорожной разметки. На данном этапе создание высокопроизводительных точных систем распознавания является крайне актуальной задачей [2].

Обработка изображения – первый шаг в работе подобных систем. В данной работе предлагается новый усовершенствованный алгоритм такой обработки. Сложность задачи состоит в выборе правильных преобразований, их последовательности, а также выбор оптимальных значений множества коэффициентов, встречающихся в этих преобразованиях [3]. Следует также отметить, что алгоритм должен работать в режиме реального времени, обладать гибкостью в настройке и определённым

уровнем нечувствительности к изменению времени суток, погоды и других естественных факторов.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Распознавание дорожной разметки играет важную роль в системах поддержки водителя. Она позволяет определить геометрические характеристики дороги и позицию автомобиля на ней. Чаще всего используется для определения границ разделительных линий и их типа на данном растровом изображении. В общем случае процедура определения дорожной разметки включает в себя три этапа:

- *предварительная обработка изображения;*
- *определение разделительных линий и их типа;*
- *анализ полученной информации.*

### *Предварительная обработка изображения.*

Источником получения начальных данных является видео-камера видеорегистратора. Они могут быть самыми разными по всем возможным параметрам, но в данной работе будем рассматривать наиболее простые и распространённые камеры. Получив “сырое” изображение с камеры, его нужно обработать, подготовить к дальнейшим этапам алгоритма. Самыми общими преобразованиями, применяющимся в подобных системах, являются шумоподавление, сглаживание, переход из цветного изображения в изображения в градациях серого, наращивание контрастности. Следует также заметить, что в большинстве случаев имеет смысл уменьшить разрешение изображения. Это поможет сэкономить вычислительные мощности ЭВМ, без потери качества распознавания. Таким образом, мы получаем качественное изображение в градациях серого и повышенной контрастности. С таким изображением удобно работать.

### *Определение разделительных линий и их типа.*

Данная часть алгоритма является уникальной для каждой системы [2]. Подходов для извлечения необходимой информации существует довольно много, но все они состоят из более низкоуровневых, хорошо известных операций. Задача этой части алгоритма – извлечь геометрическую информацию о разметке из данного изображения и определить положение автомобиля относительно разметки.

*Анализ полученной информации.* Полученные данные сами по себе никакой пользы не несут, чтобы это поправить, нужно донести эту информацию пользователю в удобном для него виде. Пользователь в данном случае – широкое понятие: это может быть как человек (водитель) так и другой модуль системы, поэтому представления информации может сильно отличаться. Так, для водителя, имеет смысл выделить линии разметки на экране, найти среднюю линию и показывать отклонение автомобиля от центральной линии. Имеет смысл оповещать водителя о выходе за определённые границы звуковым сигналом. В тоже время, для дальнейших модулей системы, нужно представить эту информацию в совершенно другом виде.

## 3. Цель и задачи исследования

Целью выполненных работ являлось повышение качества извлечения и обработки элементов до-

рожной разметки из исходного видеоряда, что позволит получить качественную и эффективную систему.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать и реализовать качественный алгоритм программы, обладающий гибкой системой настройки;
- подобрать оптимальные параметры для настройки реализованного алгоритма.

## 4. Детали реализации и выбора оптимальных параметров алгоритма извлечения и обработки дорожной разметки

На (рис. 1) изображена схема работы алгоритма, разработанного в рамках данной работы. Рассмотрим его поэтапно:



Рис. 1. Схема работы алгоритма

#### 4. 1. Получение исходного изображения

В качестве исходного изображения используется цветное растровое изображение различных разрешений в различных форматах (PNG, BMP, JPG, AVI, MP4). Цветовая схема может быть представлена Grayscale (8 бит), RGB (24 бита) или sRGB (32 бита). Для видео ряда частота кадров должна находиться в пределах 15–60 кадров в секунду. Таким образом, в качестве входных данных, можно использовать самые распространённые форматы изображений и видео.

#### 4. 2. Изменение разрешения

Для многих операций разрешение исходного изображения не является преимуществом. Зачастую, использование таких изображений влечёт за собой неоправданно большое использование вычислительных мощностей ЭВМ. В тоже время на качество конечного результата высокое разрешение влияет мало. В данном алгоритме, предлагается использовать VGA разрешение, т. е. 640×480 пикселей. Это обеспечивает высокую скорость обработки без потери качества. Поэтому исходное изображение следует преобразовать к вышеуказанному.

#### 4. 3. Переход к изображению в градациях серого

Как и высокое разрешение, детализированная цветовая передача не нужна. Переход к изображению в градациях серого делается для снижения вычислительных затрат.

#### 4. 4. Сглаживание

Сглаживание сводится к устранению дефектов изображения, вносимых устройствами. Для сглаживания применяется множество алгоритмов [4]. В рамках данной работы применялся алгоритм **Normalized Box Filter** [4]. Это простой и эффективный фильтр.

#### 4. 5. Повышение контрастности

Повышение контрастности выполняется для получения более точной информации. Контраст – в оптике (сенситометрии и фотометрии) разница в характеристиках освещённости различных участков изображения.

#### 4. 6. Преход к виду сверху

**Преход к виду сверху** – распространённая задача для автоматической навигации, которая позволяет перейти от изображения с камеры, установленной на автомобиле к виду сверху (bird's eye view) [5]. Применение этого преобразования упрощает процесс поиска линий и повышает качество распознавания.

#### 4. 7. Выявление линий с помощью вероятностного преобразования Хафа

На данном этапе проводится выделение разделительных полос с помощью преобразования Хафа [5]. Преобразование Хафа (Hough Transform)

численный метод, применяемый для извлечения элементов из изображения. Предназначен для поиска объектов, принадлежащих определённому классу фигур, с использованием процедуры голосования [6].

#### 4. 8. Пренос полученных линий на начальное изображение

После предыдущего шага имеем массив линий, но эти линии находятся в той же координатной системе, что и изображение сверху. Данный шаг нам необходим, чтобы вернуть полученные потенциальные линии дорожной разметки к исходной системе координат на оригинальном изображении. Для этого применяется обратное аффинное преобразование.

#### 4. 9. Извлечение информации

Преобразование Хафа зачастую может накладывать одну выделенную линию на другую. Поэтому необходимо отфильтровать результаты, известно, что разделительные линии “параллельны” и никогда не сходятся. Имея эти два критерия, можно качественно отфильтровать полученный результат. В случае обнаружения левой и правой разделительной линии нужно найти среднюю линию и вычислить отклонение транспортного средства от этой линии. Так же выполняется анализ типов разделительных линий.

#### 4. 10. Обработка и анализ результатов

На этом шаге мы получили все необходимые данные о наличии разметки, положения автомобиля на ней и её типе. На основе этой информации можно строить дальнейшее поведение программы. Это могут быть различного рода предупреждения для водителя о нарушении каких-либо критериев, простая индикация, отладочная информация и информация для тестирования и валидации модуля.

#### 4. 11. Определение оптимальных настроек

Определение оптимальных настроек алгоритма сильно зависит от начального видеоряда. Анализируя результаты работы алгоритма, не сложной задачей является подбор нужных настроек вручную, эмпирическим методом.

#### 5. Результаты работы

Для тестирования реализованного алгоритма было выбрано видео, снятое авторегистратором. Результаты работы алгоритма показаны на рис. 2–4.

Как видно из результатов, при наличии четкой дорожной разметки, алгоритм корректно определяет и классифицирует боковые и разделительные полосы, а также среднюю линию текущей полосы. Количество полос на дороге и изменения параметров освещённости не влияют на качество обработки. Скорость обработки одного кадра для данного видеоряда колеблется в пределах 10–13 мс, что является отличным результатом, превосходящим многие аналогичные системы.



Рис. 2. Результат работы алгоритма для трёхполосной дороги



Рис. 3. Результат работы алгоритма для двухполосной дороги



Рис. 4. Результат работы алгоритма для однополосной дороги



Рис. 5. Результат работы алгоритма при недостаточном освещении

### 5. Выводы

В ходе исследования был разработан высокоэффективный алгоритм, позволяющий извлекать и анализировать информацию о дорожной разметке из видеопотока. На тестовых примерах установлена эффективность, качество и быстродействие разработанного алгоритма. Подобная система может применяться в комплексе с другими программами, для повышения безопасности движения дорожных транспортных средств.

### Литература

1. Piso, A. Terminology in Logistics. ANNEX Dictionary [Text] / A. Piso // European Logistics Association. – 1994. – Vol. 34. – P. 95–101.
2. Конушин, А. Алгоритмы детектирования разметки и дефектов дорожного покрытия [Текст] / А. Конушин, В. Киншаков, А. Крылов // М.: Изд-во МГУ. – 2009. – Т. 28, № 12. – С. 18–36.
3. Журавлев, Ю. Распознавание. Классификация. Прогноз. Математические методы и их применение. Вып. 2. / Ю. Журавлев. – М.: Наука, 1989. – С. 70–72.
4. Chen, C. H. Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision [Text] / Chen, C. H. // Word Scientific Publishing Company. – 1993. – Vol. 17. – P. 84–91.

5. Sonka, M. Image processing, analysis and machine vision [Text] / M. Sonka // Cole Publishing Company. – 1999. – Vol. 12. – P. 67–70.
6. Han, J. Data Mining: Concepts and Techniques [Text] / J. Han, M. Kamber. – San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2006. – 743 p.

### References

1. Piso, A. (1994) Terminology in Logistics. ANNEX Dictionary. European Logistics Association, 34, 95–101.
2. Konushin, A., Kinshakov, V., Krylov, A. (2009) Algoritmy detektirovaniya razmetki i defektov dorozhnogo pokrytija. Izd-vo MGU, 28 (12), 18–36.
3. Zhuravlev, Ju. (1989). Raspoznavanie. Klassifikacija. Prognoz. Matematicheskie metody i ih primenenie, Issue 2. Moscow: Nauka, 70–72.
4. Chen, C. (1993). H. Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision. Word Scientific Publishing Company, 17, 84–91.
5. Sonka, M. (1999). Image processing, analysis and machine vision. Cole Publishing Company, 12, 67–70.
6. Han, J., Kamber, M. (2006). Data Mining: Concepts and Techniques. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 743.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Максимов М. В.  
Дата надходження рукопису 19.10.2015*

**Морозов Дмитрий Александрович**, кафедра автоматизации тепловых процессов, Институт энергетики и компьютерно-интегрированных систем управления, Одесский национальный политехнический университет, пр. Шевченка, 1, г. Одесса, Украина, 65000  
E-mail: ouroboros993@gmail.com