

тов яркости для разных длин волн оптического излучения, с одним из эталонных образов из их фиксированного перечня. В качестве решающего правила используется способ выбора наиболее близкого эталонного образа по наименьшей величине евклидова расстояния:

$$D(X_i, X_j) = \{\sum A_j(x_{ik} - x_{jk})^2\}^{1/2}, \quad (2)$$

где  $D$  – евклидово расстояние;  $A_j$  – весовые коэффициенты;  $x_i, x_j$  – соответственно значения коэффициентов яркости для эталона и исследуемого почвенного образца. Весовые коэффициенты выбираются пропорциональными значениям коэффициента яркости контролируемых почвенных образцов.

Для получения эталонных цветовых образов разработана палитра, состоящая из  $10 \times 10$  цветовых ячеек, причем в угловых ячейках палитры представлены основные полиграфические цвета стандартной системы СМΥК (С – cyan; М – magenta; Υ – yellow; К – black). Остальные цвета ячеек палитры представляют собой смесь основных цветов системы СМΥК – с убыванием одного цвета и возрастанием другого цвета на 10% при переходе от одной ячейки к другой. Кроме этого получены линейки (по 10 ячеек) цветовых оттенков, наиболее близких к основным оттенкам почвенных образцов. Насыщенность цвета в каждой линейке равномерно уменьшается с постепенным переходом к белому цвету (уменьшение насыщенности цвета в каждой последующей ячейке составляет 10%). Данная система эталонных цветовых образов выбрана в связи с тем, что при необходимости точной идентификации цвета палитры и, соответственно, цветового оттенка почвы, имеется возможность воспользоваться системами именованных цветов, например Pantone (R).

С использованием разработанной палитры получали поверхности значений коэффициентов отражения для каждого цвета оптического излучения (рисунок 1, б). Путем сравнения системы коэффициентов отражения почвенных образцов и эталонных поверхностей с помощью выражения (2) определяли величину евклидова расстояния. По минимуму данного расстояния выбирали цветовую ячейку палитры, соответствующую оттенку исследуемой почвы. Например, цвету темно-серой почвы соответствует ячейка 1, расположенная во втором ряду от линии «КМ» и линии «КΥ», а цвету светло-серой почвы – ячейка 2, которая находится в четвертом ряду от линии «КМ» и в третьем ряду от линии «КΥ». Таким образом, по значениям коэффициентов отражения, получаемым с использованием разработанной сенсорной системы, определяется цвет исследуемой почвы. Это дает возможность идентификации почвы по набору эталонных почвенных образцов, сведения о качестве которых содержатся в базе данных интеллектуальной системы.

УДК 656

*Колешко В.М., Рыженков О.Е.*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В настоящее время очень остро стоит проблема смертности на дороге. К сожалению, дорога не прощает ошибок, а человек склонен их совершать. К тому же с каждым днем растет интенсивность дорожного движения и человек все хуже и хуже справляется с первой обязанностью водителя – обеспечением безопасности движения. Сегодня для повышения безопасности используются карательные меры по отношению к нарушителям, но такой подход изначально предусматривает, что правонарушение будет совершено, а уже потом водитель понесет наказание. Конечно, предполагается, что из страха перед наказанием человек не будет нарушать правила дорожного движения, однако как показывает практика, страх перед наказанием в будущем гораздо слабее, чем потребность самоутверждения или просто невежество в настоящем. Пока

что человеку-водителю нет альтернативы, но положение можно исправить – управление автомобилем можно передать интеллектуальной системе, которая будет обладать навыками водителя. Такие системы можно заставить строго следовать правилам, и если не удастся совсем избежать гибели людей, то, по крайней мере, можно значительно снизить смертность на дорогах.

Одним из этапов отстранения человека от регулирования дорожного движения является создание интеллектуальной системы распознавания дорожных знаков. Данная система может устанавливаться на автомобиле, чтобы помогать водителю сориентироваться в незнакомой дорожной обстановке. Такая система является первым шагом к созданию автономного транспортного средства, управляемого без помощи водителя.

В функционировании системы распознавания дорожных знаков можно выделить два основных этапа: идентификация дорожных знаков и классификация. На этапе идентификации изображение разбивается на области, в которых по косвенным признакам наиболее вероятно нахождение дорожных знаков. Для определения областей-кандидатов, в которых может находиться дорожный знак, можно использовать цветовые и/или геометрические свойства дорожных знаков. Системы, основывающиеся на анализе формы, работают медленнее, чем системы с идентификацией на основе цвета. Это происходит потому, что для анализа формы объекта требуется рассчитывать взаимное распределение яркостей пикселей изображения, а для идентификации цветов требуется простейшая процедура пороговой фильтрации, выполняемая за время, пропорциональное размеру изображения. [1]

Разработанная интеллектуальная система основана на идентификации характерных цветов дорожных знаков. Работу системы можно разбить на несколько этапов. Для наглядности приведем схему системы на рисунке 1.

В работе системы можно выделить пять этапов распознавания. Первый этап, ему соответствует пиктограмма фотоаппарата на рисунке, подразумевает под собой захват изображения. Это может быть как статическое, так и видео изображение, в зависимости от конкретной поставленной задачи. Так как видеоизображение можно рассматривать как набор последовательных во времени статических картинок, то целесообразно рассмотреть проблему в применении к статическому изображению.

Второй этап распознавания, это выделение цветов на изображении, из которых состоят дорожные знаки[2,3]. Таких цветов пять: красный, синий, желтый, белый, зеленый.

Критерием того что пиксель окрашен в определенный цвет служат следующие уравнения:

–красный:

$$\begin{cases} K_{bgm}B + K_{bga}R > G \\ K_{gbm}G + K_{gba}R > B \end{cases} ; \quad (1)$$

–синий:

$$\begin{cases} K_{rgm}R + K_{rga}B > G \\ K_{grm}G + K_{gra}B > R \end{cases} ; \quad (2)$$

–желтый:

$$\begin{cases} R \geq G \\ K_{yg}G > R + K_{yb}B \end{cases} ; \quad (3)$$

–белый:

$$\begin{cases} |R - G| + |B - G| + |B - R| < K_{wd}(R + G + B) \\ (R + G + B) > K_{wh} \end{cases} \quad (4)$$

где R, G, B – это соответствующие каналы в цветовом пространстве RGB, K с различными индексами – являются эмпирически найденными константами.

Маска представляет собой матрицу размером соответствующую размеру исходного изображения, с логическим типом элементов. Если пиксель отвечает условию какого-либо неравенства, то в соответствующей маске элемент с таким же адресом, как у этого пикселя устанавливается в «1», иначе в «0».

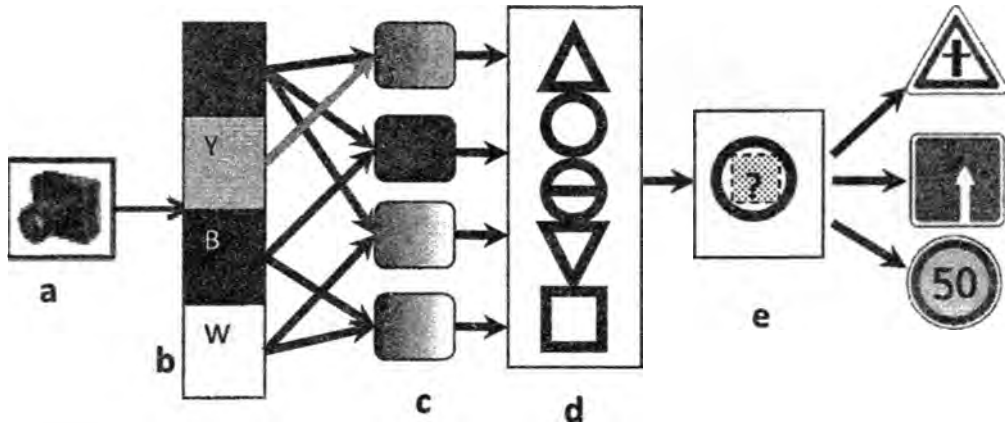


Рис. 1. Схема системы распознавания дорожных знаков с идентификацией на основании цветовых характеристик. а) - захват изображения; б) - выделение цветов на изображении, из которых состоят дорожные знаки; в) - поиск пересечений цветов; д) - приведение к одному размеру и распознавание формы; е) - распознавание пиктограмм.

Для того чтобы отфильтровать существенную долю помех используется фильтр площади области. Алгоритм его работы таков: области, площадь которых меньше определенного значения, и области, площадь которых больше другого значения, убираются. Таким образом, на изображении остаются только объекты с угловыми размерами соответствующими дорожным знакам.

Если на изображении присутствует дорожный знак то можно с большой долей вероятности сказать, что он состоит из комбинации каких-либо цветов из этого списка. Поэтому все области, лежащие за пределом объединения масок этих цветов, можно исключить из поиска дорожных знаков. Исключить из рассмотрения можно также области принадлежащие данным цветам, но имеющие слишком большие или, наоборот, слишком маленькие размеры. На этом же этапе происходит еще один тип фильтрации. Он основан на том, что цвета на дорожных знаках могут встречаться только в определенных комбинациях, таких как: красный + синий; красный + белый; красный + желтый; синий + белый.



Рис. 2. Эталонные изображения форм дорожных знаков.

На третьем этапе знаки должны быть приведены к одному размеру. Этот этап нужен потому, что размеры знаков, которые необходимо распознавать, в зависимости от дальности, могут отличаться вплоть до десяти раз. Кроме того, из-за искажений перспективы области-кандидаты зачастую нуждаются в корректировке пропорций по ширине и высоте. Данная операция реализована при помощи билинейной фильтрации ввиду оптимального соотношения искажений со временем, затрачиваемым на обработку.

Четвертый этап представляет собой распознавание формы знака[4]. Так как формы знаков строго стандартизированы, то это позволяет дополнительно избавиться от лишней информации и в то же время отсортировать знаки по форме, а значит подготовить те пиктограммы из эталонной базы к сравнению, которые возможны только для данной конкретной формы знака. Такая сортировка позволяет уменьшить время на трудоемкую процедуру распознавания пикто-

грамм знаков[5]. Для реализации этого этапа выбрана процедура корреляции с эталонными изображениями форм дорожных знаков, которые представлены на рисунке 2.

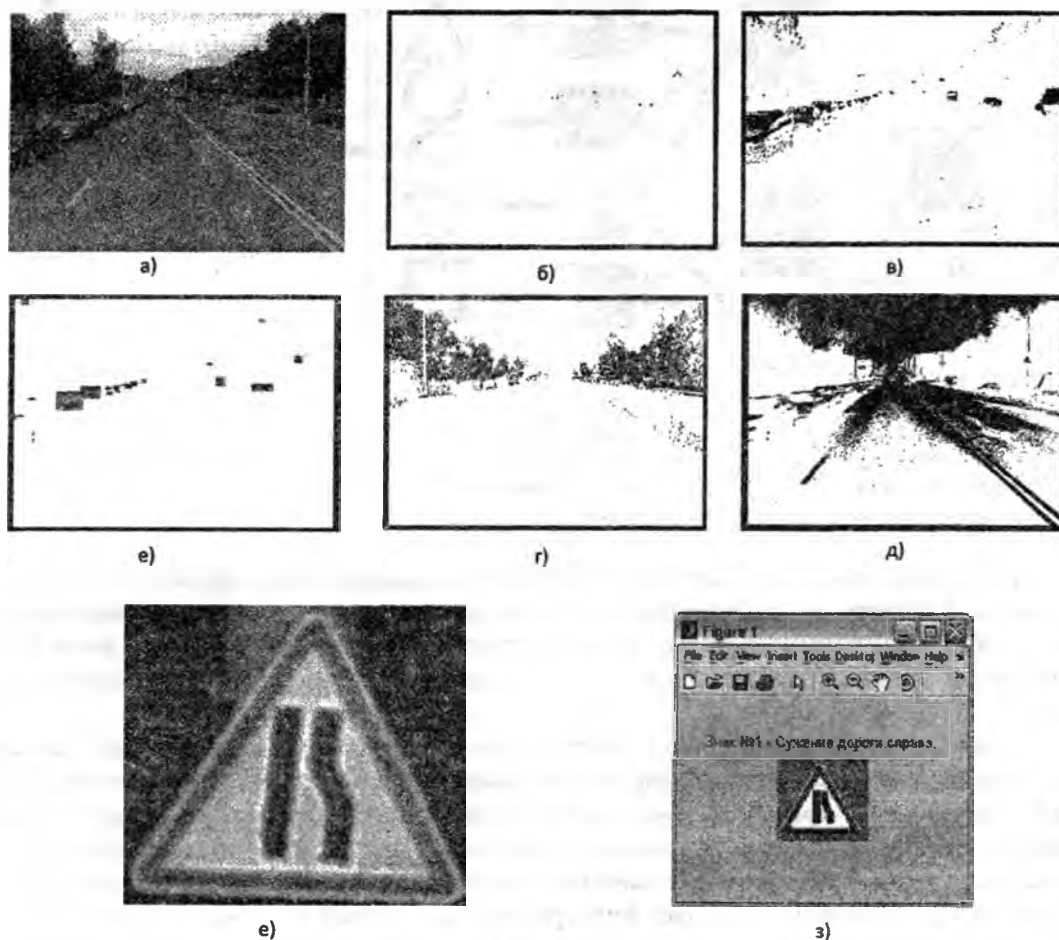


Рис. 3. Пример выполнения программы: а) исходное изображение для тестового моделирования; б)–д) – маски различных цветов ( б) – маска красного цвета; в) – маска синего цвета; г) – маска желтого цвета; д) – маска белого цвета) е) –области-кандидаты на обнаружение дорожных знаков; ж) – регион, найденный на изображении; з) – результат выполнения программы.

После того как знаки отсортированы по форме можно приступить непосредственно к этапу распознавания конкретных видов знаков. Для этой цели было решено выбрать функцию корреляции изображения дорожного знака с эталонными пиктограммами.

Следует отметить, что нами временно была опущена одна процедура, которая также часто встречается при распознавании дорожных знаков – это процедура изменения угла наклона изображения дорожного знака. Данный этап был опущен, потому что в реальных условиях наклоны дорожных знаков лежат в пределах  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$ , а при таких углах система дает удовлетворительные показатели распознавания и без исправления наклона знака. Несмотря на то, что данное решение ухудшает работу системы, однако это позволяет существенно сократить время на обработку дорожной ситуации, что довольно критично при применении данной системы в условиях реального времени[6].

За автомобилями с интеллектуальной системой управления движением без помощи водителя, составной частью которой является интеллектуальная система распознавания дорожных знаков – будущее на наших дорогах. Именно такие системы могут сделать дороги по-настоящему безопасными.

## ЛИТЕРАТУРА

1. G. Loy, N. Barnes "Fast Shape-based Road Signs Detection for a Driver Assistance System," in Procs. IEEE/RSJ Intl. Conf. on Intelligent Robots and Systems, Sendai, Japan, Sept. 2004. pp. 70–75.
2. A. de la Escalera, J. M. Armignol, M. Mata, "Traffic sign recognition and analysis for intelligent vehicles," *Image and Vision Computing*, vol. 21, no. 3, Mar. 2003. pp. 247–258.
3. X. Gao, N. Shevtsova, K. Hong, S. Batty, L. Podladchikova, A. Golovan, D. Shaposhnikov, and V. Gusakova, "Vision Models Based Identification of Traffic Signs," in Procs. of Europ. Conf. on Color in Graphics Image and Vision, Poitiers, France, Apr. 2002. pp. 47–51.
4. H. Hoessler, C. Wöhler, F. Lindner, and U. Krefel, "Classifier training based on synthetically generated samples," in Procs. 5th Intl. Conf. on Computer Vision Systems, Bielefeld, Germany, Mar. 2007. pp. 47–51.
5. S. Lafuente-Arroyo, P. Gil-Jiménez, R. Maldonado-Bascón, F. López-Ferreras, S. Maldonado-Bascón Dpto. "Traffic sign shape classification evaluation I: SVM using Distance to Borders", de Teoría de la Señal y Comunicaciones Universidad de Alcalá de Henares. Madrid 2002.
6. A. Broggi, P. Cerri, P. Medici, P. Paolo, "Real Time Road Signs Recognition" *Porta VisLab – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione Università degli Studi di Parma, ITALY Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium Istanbul, Turkey, June 13-15, 2007.* pp. 968–971.

УДК 681.586

Колешко Л.А., Сунка В.Я.

### ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ МИКРО-НАНОАКТЮАТОРЫ

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь*

Актюатор – это устройство, которое преобразовывает энергию в управляющее движение и является составной частью микроэлектромеханических систем (МЭМС). Применение актюаторов весьма широко – от микро – наносенсорике, робототехники, биомедицины, измерительно-управляющих устройств, автомобилестроения, космической и военной технике до различных дозирующих устройствах домашнего хозяйства и технологии развлечения. В настоящее время, заметно отставание в создании высокоточных и миниатюрных актюаторов линейного и ограниченного углового перемещения. В наибольшей мере указанным требованиям могут удовлетворять (ПА) и пьезомоторы (ПМ). Они имеют уникальную совокупность положительных свойств: высокая разрешающая способность, малые размеры, широкий диапазон рабочих частот, значительные выходные усилия, отсутствие внешнего электромагнитного поля, широкий температурный диапазон, достаточная надежность. Необходимое перемещение достигается за счет обратного пьезоэффекта при деформации пьезоэлемента при подаче на него электрического напряжения. Конструктивно пьезоактюатор выполняются в виде отдельных пьезопластин или составного блока: секционного монолитного, склеенного составного и составного упруго поджатого пьезопреобразователя. ПА обеспечивает перемещения до десятков и сотен микрометров с нанометрической точностью.

Недостаток используемых пьезоэлектрических актюаторов – существенное изменение выходных параметров (усилия, амплитуды или скорости механического перемещения) вследствие изменения резонансной частоты узкополосной механической ультразвуковой колебательной системы (УЗКС), основной конструктивной части актюатора, при воздействии дестабилизирующих факторов (температуры, усилия прижима, шероховатости контактирующих материалов, старения и т.д.). Повысить стабильность выходных параметров таких актюаторов возможно расширением полосы пропускания их амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) [1,2] выходных механических параметров. Такие широкополосные микро – наноактюаторы – это новый класс МЭМС, которые имеют существенные преимущества по сравнению с узкополосными (резонансными) по стабильности микро- наномеханических параметров при изменении режимов эксплуатации МЭМС.