

Раздел III. Наземная робототехника

УДК 004.93:629.7.05

Н.В. Ким, А.Г. Кузнецов, В.Ю. Косоруков

АНАЛИЗ ДОРОЖНОЙ СИТУАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

В работе рассматриваются вопросы движения роботизированных транспортных средств в транспортном потоке, оценки собственного положения мобильного робота относительно дорожной разметки и других участников дорожного движения.

Роботизированное транспортное средство; система технического зрения; оценка положения; корреляционные алгоритмы.

N.V. Kim, A.G. Kuznezov, V.Yu. Kosorukov

ROAD SITUATION ANALYSIS USING COMPUTER VISION SYSTEM

In the work questions of the robotized vehicle movement in a transport stream and estimation of own position of the mobile robot concerning a road marking and other participants of traffic are considered.

The robotized vehicle; technical vision system; position estimation; correlation algorithms.

Создание автономных роботизированных транспортных средств (РТС) требует разработки систем анализа дорожной ситуации, которые позволят в существующем интенсивном дорожном движении обеспечивать решение следующих ключевых задач:

- ◆ оценку собственного положения РТС относительно дороги;
- ◆ обнаружение препятствий (опасные объекты) на траектории движения РТС;
- ◆ обнаружение других участников дорожного движения, оценку и прогнозирование их относительного положения.

В представленной работе рассматривается вариант построения системы анализа дорожной ситуации на основе системы технического зрения (СТЗ). Будем считать, что СТЗ РТС включает видеокамеру с угловым полем обзора 120°, оптическая ось которой направлена вперед – вниз, и бортовым вычислителем, обеспечивающим обработку и анализ принимаемой видеоинформации в реальном времени.

В соответствии с перечисленными задачами комплекс алгоритмов обработки видеоинформации должен включать три частных алгоритма.

В основе частного алгоритма «**Оценка положения РТС на дороге**» лежат алгоритмы обработки изображений [1-3]. Эти алгоритмы позволяют выделить на изображении, принимаемом системой наблюдения, границы проезжей части и, используя эту информацию, решить так называемую задачу внешнего ориентирования системы наблюдения.

На рис. 1 показаны: исходное изображение дороги, выделенные контурные линии и отрезки прямых (границы проезжей части), на основе которых решается задача внешнего ориентирования.



Рис. 1. Обработка изображений проезжей части

Для выделения границ проезжей части были использованы следующие алгоритмы обработки изображений: метод выделения краев Робертса, метод гистерезиса для вычисления порога яркости, цепной код, методы анализа отрезков линий [1].

Использование метода цепного кода не учитывает трудностей, связанных с искривлением, ветвлением и разбиением линий. Для решения этих проблем используются методы анализа отрезков линий. Они позволяют анализировать отрезки линий на кривизну, выбрать те ветви линии, которые удовлетворяют заданному допуску искривления конечной линии, объединять несколько отрезков со схожими параметрами в один.

Полученные таким образом линии используются для решения задачи внешнего ориентирования.

Необходимым условием для решения задачи внешнего ориентирования является угловое отклонение приемной матрицы от вертикали, которое должно быть известно (рис. 2).

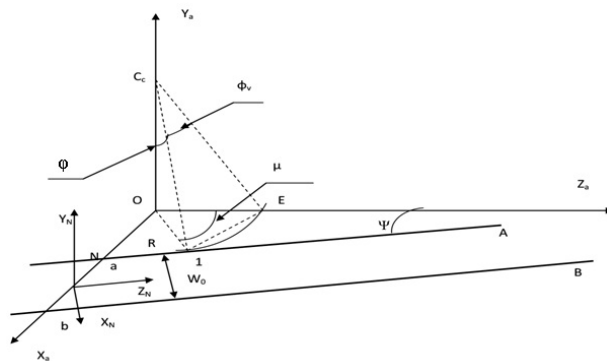


Рис. 2. Определение ориентации относительно проезжей части

На рисунке: А, В – линии-границы проезжей части дороги, W_0 – ширина проезжей части, т. C_c – центр приемной матрицы камеры, Ψ – угол курса относительно проезжей части.

В соответствии с рис. 2 значения искоемых величин можно рассчитать по формулам:

$$k = \frac{[tg(\varphi_{A1}) * \sin(\mu_{A1}) - tg(\varphi_{A2}) * \sin(\mu_{A2})]}{[tg(\varphi_{A1}) * \cos(\mu_{A1}) - tg(\varphi_{A2}) * \cos(\mu_{A2})]}$$

$$Oa = \frac{ab * (tg(\varphi_{A1}) * \sin(\mu_{A1}) - k * tg(\varphi_{A1}) * \cos(\mu_{A1}))}{[tg(\varphi_{B1}) * \sin(\mu_{B1}) - tg(\varphi_{A1}) * \sin(\mu_{A1})] - k * [tg(\varphi_{B1}) * \cos(\mu_{B1}) - tg(\varphi_{A1}) * \cos(\mu_{A1})]}$$

где O_a – боковое смещение относительно проезжей части. Индексы при углах φ и μ обозначают линию и взятую на ней точку.

Во время скоростного движения очень важно своевременно обнаружить неподвижные объекты на дороге, чтобы избежать столкновения с ними.

Частный алгоритм **«Обнаружение неподвижных объектов»** может быть реализован на основе оценки цвета (для цветных изображений) выделяемых объектов и распределения яркости (для черно-белых изображений).

Для поиска препятствий и транспортных средств по цвету можно использовать методику, основанную на модели представления цвета $YCbCr$ (Y – яркость, Cb и Cr – цветоразностные составляющие).

Алгоритм поиска по цвету состоит в сканировании заданной области изображения и определении фрагментов изображений, которые имеют заданное соотношение составляющих Cb и Cr . Белый и черный цвета определяются по компоненте яркости (Y).

Для выделения объектов по яркости на фоне дороги целесообразно использовать метод Оцу [2].

В соответствии с данным алгоритмом, можно выделять подвижные и неподвижные транспортные средства, которые по цвету или яркости не могут относиться к дороге.

Другим методом обнаружения транспортных средств является метод, использующий признаки движения объектов наблюдения относительно дороги.

Аварийные ситуации часто возникают по вине других участников дорожного движения. В связи с этим требуется отслеживать движение транспортных средств на проезжей части и строить стратегию собственного движения таким образом, чтобы избежать столкновения с теми объектами, от которых исходит потенциальная опасность.

Частный алгоритм **«Обнаружение подвижных объектов»** основан на оценке относительных смещений блоков изображений на последовательных кадрах (векторов смещений) [2, 3].

Поиск положения схожих фрагментов изображения осуществляется известными методами. В частности, могут использоваться взаимная корреляционная функция или функция среднего модуля разности

$$K_p(di, dj) = M \left[\left| S(i, j) - R(i + di, j + dj) \right| \right],$$

где $S(i, j)$ – изображение в исходном блоке; $R(i, j)$ – фрагмент изображения на следующем кадре; $M[\cdot]$ – символ математического ожидания; i, j – координаты ячеек изображения; i_{\max}, j_{\max} – размеры сравниваемого фрагмента изображения, di, dj – смещения по осям i, j соответственно.

При полном совмещении $S(i, j)$ и $R(i, j)$ функция $K_p(di, dj)$ имеет минимальное значение.

На рис. 3 представлены кадры с обнаруженными транспортными средствами, выделенными точками.

По полученным смещениям отдельных блоков изображения строится поле движения. Анализ поля движения позволяет обнаружить другие подвижные объекты наблюдаемой сцены [3].

По виду отдельных векторов движения можно оценить относительное движение объектов по отношению к РТС. Так, модуль вектора позволяет оценить относительную скорость наблюдаемых объектов, а направление вектора – направление движения объекта относительно РТС.

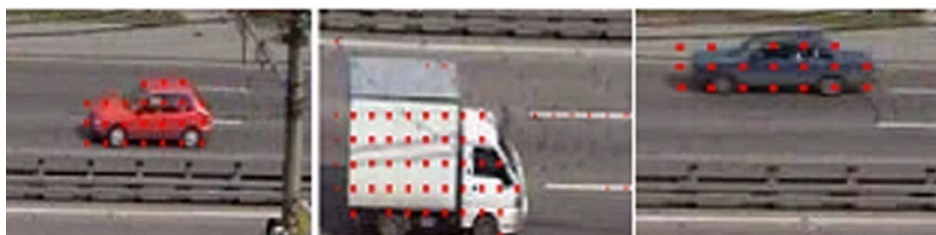


Рис. 3. Обнаружение транспортных средств по признаку движения

Если объекты наблюдаемой сцены движутся в попутном или встречном направлении, то по смещениям блоков изображения можно сделать выводы (рис. 4) о том, что

- ◆ Наблюдаемое транспортное средство движется медленнее РТС или навстречу ему, если вектор смещения направлен вниз и/или к боковым границам изображения. Направление движения определяется величиной модуля вектора. У объектов движущихся во встречном направлении модуль вектора больше, чем у объектов, движущихся в попутном направлении.
- ◆ Наблюдаемое транспортное средство движется в попутном направлении быстрее РТС, если вектор смещения направлен вверх и/или внутрь изображения.



Рис. 4. Векторы движения объектов сцены

На рис. 4 представлены результаты вычислений средних векторов смещения фрагментов опережаемого объекта (а), неподвижного (b) и опережающего (с) объектов.

Наиболее трудоемкая задача работы связана с классификацией обнаруженных подвижных объектов. Каждый обнаруженный подвижный объект определяется собственным полем движения. Идентифицировать такой объект относительно неподвижного (например, дорожного полотна) не представляет трудностей, если четко определить величину и направление векторов смещения блоков неподвижных объектов.

Однако, если два или более подвижных объектов в поле зрения камеры частично перекрывают друг друга и их движения идентичны, выполнить их разделение на отдельные объекты по признакам поля движения может оказаться невозможным. В этом случае целесообразно рассматривать эту группу объектов как

один. Если один из объектов группы начнет опасное движение по отношению к РТС, то его можно выделить из указанной группы по изменению векторов поля движения относительно среднего вектора группы.

Результаты тестирования программы показали, что вероятность правильного обнаружения транспортных средств на одной паре кадров равна 0,85, а на 3-х видеокадрах – 0,98.

Заключение. В работе предложен комплексный алгоритм анализа дорожной ситуации, основанный на частных алгоритмах оценки положения РТС относительно дороги, обнаружения подвижных и неподвижных объектов с помощью обработки и анализа принимаемой на РТС видеoinформации. Тестирование алгоритмов подтвердило их работоспособность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Форсайт Д.А., Понс Ж.* Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
2. *Веремеенко К.К., Желтов С.Ю., Ким Н.В. и др.* Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов / Под ред. Красильщикова М.Н., Себрякова Г.Г. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 556 с.
3. *Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А. и др.* Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabView и IMAQ Vision. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с.

Ким Николай Владимирович

Московский авиационный институт.

Адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское ш. 4.

E-mail: nkim2003@list.ru.

Тел.: 8 4991584549.

Кузнецов Андрей Григорьевич

E-mail: kag2006@Mail.ru.

Косоруков Святослав Юльевич

E-mail: cube@rambler.ru.

Kim Nikolay Vladimirovich

Moscow aviation institute.

4, Volokolamskoe street, Moscow, 125993, Russia.

E-mail: nkim2003@list.ru.

Phone: 84991584549.

Kuznetsov Andrew Grigorevich

E-mail: kag2006@Mail.ru.

Kosorukov Svyatoslav Yulevich

E-mail: cube@rambler.ru.

УДК 531.36;62-50

П.П. Кравченко

ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЕМ ТЕЛЕЖКИ И ПЕРЕВЕРНУТЫМ МАЯТНИКОМ

Решение данной задачи базируется на наиболее полной из соответствующих известных нелинейных систем дифференциальных уравнений движения и использовании методологии оптимизированных дельта-преобразований второго порядка. Освещены принципы синтеза единого алгоритма управления маятником и тележкой, показана возможность обеспечения гарантированных показателей качества по точности и быстрдействию, де-