

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗА ДВИЖЕНИЕМ АВТОМОБИЛЯ ПО ПОЛОСАМ ДОРОГИ

О. Ф. Ковалёв и К. И. Зеленков

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

E-mail: kirill.zelenkov@yandex.by

Управление автомобилем непрерывно облегчалось с внедрением автоматических трансмиссий, систем круиз-контроля и так далее. Параллельно совершенствовалась дорожная инфраструктура. Однако значительное количество ДТП по-прежнему происходит из-за ошибок водителя, поэтому внедряются системы контроля слепых зон, контроля выезда за пределы полосы, автоматического торможения перед препятствием. Но эти системы дороги и требуют большого количества датчиков и приборов. В данной статье приводится пример системы контроля, созданной на основе фотокамер и инструментария открытой библиотеки компьютерного зрения OpenCV, позволяющей контролировать выезд за пределы полосы движения.

Ключевые слова: *opencv, камера, полоса движения, система управления, накопительный массив, преобразование Хафа, фильтр Кэнни*

Распознавание конкретных объектов на дороге задача нетривиальная и её качественное решение требует использования нейронной системы, которую требуется обучить на объёмной базе изображений, и значительной вычислительной мощности компьютера. Однако при определении полосы движения задача значительно упрощается, потому что на полученных с камер изображениях пространства перед машиной нужно определить только линии разметки.

Дорожная инфраструктура представляет собой преобладание строгих геометрических форм: линии разметки и знаки или круглые, или в виде правильных многоугольников. Для поиска на изображениях простых геометрических форм было решено использовать преобразование Хафа.

Суть преобразования Хафа заключается в представлении искомой геометрической формы - кругов или правильных многоугольников дорожных знаков, а также линий разметки - в виде параметрического уравнения. Параметры этого уравнения определяют размер фазового пространства, или пространства Хафа, которое представляется в виде накопительного массива, размерность которого равна числу параметров. Так при необходимости найти прямую на изображении, требуется найти точки, соответствующие общему уравнению прямой (1). То есть, значения параметров a и b уравнения заносятся в накопительный массив для дальнейшего определения вероятности наличия на изображении прямой с данными параметрами.

$$y = ax + b, \tag{1}$$

Очевидная проблема заключается в том, что через каждую точку можно провести бесконечное количество прямых, а потому обработка обычного цветного или чёрно-белого изображения займёт значительное время и потребует вмешательства человека. Требуется сократить количество анализируемой информации, выделив на изображении границы объектов, получив таким образом набор прямых и кривых линий. Есть несколько методов детектирования границ объектов на изображениях, но в данной работе изображения обрабатывались оператором Кэнни.



Рисунок 1. Результат детектирования контуров объектов

Как видно по рисунку 1, фильтр Кэнни позволил чётко выделить полосы на дороге и отличить сплошную линию разметки от прерывистой.

К сожалению, формула (1) плохо подходит для представления прямых, направленных вертикально. Их удобнее представлять уравнением:

$$X\cos\theta + Y\sin\theta = \rho, \quad (2)$$

где ρ это длина перпендикуляра к прямой, а θ это угол между перпендикуляром и горизонтальной осью.

Таким образом, значения ρ и θ будут индексами аккумуляторного массива. Также для каждой точки пространства Хафа можно поставить в соответствие счётчик, показание которого соответствует числу точек, что лежат на прямой.

Далее применяется так называемая процедура голосования к пространству параметров. Идея заключается в том, что для каждой точки пространства параметров суммируется количество голосов, поданных за нее, т. е. число точек исходного пространства, порождающих в пространстве Хафа (накопительном массиве) отклики, проходящие через данную точку (ρ, θ) . Здесь используется тот факт, что любые две синусоиды в

пространстве параметров пересекутся в точке (ρ, θ) только тогда, когда порождающие их точки в исходном пространстве лежат на прямой, описываемой уравнением (2).

В том случае, когда на изображении представлено n прямых, накопительный массив $A(\rho, \theta)$ содержит n локальных максимумов в точках, соответствующих имеющимся прямым. Таким образом, для обнаружения прямых на исходном изображении достаточно найти все значительные локальные максимумы накопительного массива. Что очень важно с практической точки зрения, такой алгоритм выделения прямых вовсе не опирается на предположение о связности анализируемой линии. Поэтому методы голосования хорошо работают в условиях загромождения (к примеру, впереди едет машина) или наличия других помех.

Как правило, уравнение с ρ и θ вычисляется не для каждой точки пространства параметров, а для каждой "ячейки накопителя", т. е. некоторой прямоугольной области, на которые разбивается пространство параметров и размер которых ограничивает точность вычислений половинным значением дискреты разбиения по каждому из параметров.

Преобразование Хафа инвариантно к сдвигу, масштабированию и повороту, потому что прямые линии при любых проективных преобразованиях трехмерного пространства всегда переходят только в прямые линии (в вырожденном случае – в точки).

В смысле результата преобразование Хафа эквивалентно интегрированию контурного изображения вдоль всех возможных прямых. Это обуславливает его фильтрующие свойства и определяет высокую степень помехозащищенности.

Таким образом, в ходе эксперимента была определена полоса движения автомобиля.



Рисунок 2. Результат определения полосы движения

После определения полосы, можно построить вектор направления, которого должны была бы придерживаться автоматика автомобиля, чтобы его не «мотало» по полосе. Так первая точка находится в центре нижней границы изображения (примем, что камера отцентрована), и от неё вектор ведётся ровно между линиями.

В случае езды в ночное время суток можно «видеть» полосу и за границей света фар. Стоит отметить однако, что при нахождении линии или окружности в накопительном массиве параметров 2 , но чем больше их будет, тем меньше «правильная» точка будет отличаться от расположенных рядом, поэтому поиск сложных фигур при помощи Хафа хоть и возможен, но малоэффективен. Кроме того, если, к примеру, при дожде объектив залит водой, преобразование Хафа в случае сильно зашумлённых изображений неэффективно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Shapiro L., Stockman G. Computer Vision, Prentice-Hall, Inc. 2001.
2. Hough P. V. C. Method and means for recognizing complex patterns, U.S. Patent 3,069,654, Dec. 18, 1962