

УДК 004.932.2

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ЗАЩИТЫ ЗРЕНИЯ ОТ ОСЛЕПЛЕНИЯ

Пильгук И.С., Шатохин П.А.

Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления  
E-mail: PilgukVanya@mail.ru

Рассмотрена геометрическая оптическая модель системы защиты зрения от ослепления. Предложена структурная схема автоматизированной системы управления средствами защиты от ослепления. Рассмотрен алгоритм определения координат ярких источников света. Предложен алгоритм определения яркости изображений и цветовая система координат.

### Общая постановка проблемы

Защита зрения операторов при работе с яркими вспышками света является весьма актуальной задачей. Так, например, технология сварки достигла небывалых высот, которые еще десять лет назад казались невозможными, но при этом вопрос о сохранении здоровья сварщика решен не полностью. Электрическая дуга, применяемая при сварке, может повредить зрение или даже ослепить, а также приводит к утомляемости и понижению работоспособности. Этой проблемой обеспокоены многие европейские фирмы, в исследования средств персональной защиты вкладываются огромные деньги. На данный момент актуально создание интеллектуальных средств защиты, способных реагировать на яркие вспышки света.

### Исследования

При разработке автоматизированной системы управления средствами защиты от ослепления можно выделить следующие функции:

- 1) Определение координат яркого источника света в оптической системе видеокамеры.
- 2) Вычисление координат в пространстве.
- 3) Управление защитным средством.

Структурную схему системы можно представить следующим образом (рис. 1):

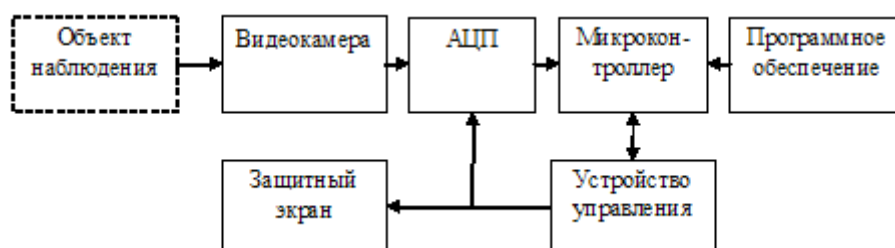


Рисунок 1. Структурная схема автоматизированной системы управления средствами защиты от ослепления

В данной статье рассматривается алгоритм определения координат яркого источника света с помощью телеизмерительных средств.

Работа любой телевизионной измерительной системы (ТИС) основана на том, что проецируемое оптической системой световое поле преобразуется телевизионным датчиком путем покадрового считывания информации в двумерный массив дискретных отсчетов видеосигнала [1]. Этот видеосигнал содержит в себе  $N \times M$  элементов и представляет собой прямоугольную матрицу, имеющую  $M$  строк и  $N$  столбцов, где  $M$  и  $N$  - некоторые неравные натуральные числа. Можно считать, что за время развертки телевизионного кадра смещение изображения объекта по детектирующей поверхности датчика незначительно и его можно считать равным нулю, а соответственно и эффектами смазывания изображения можно также пренебречь.

Изображение объекта формируется оптической системой видеокамеры в плоскости фотоприемной матрицы. Аналоговый видеосигнал с выхода видеоматрицы преобразуется в цифровой сигнал с помощью АЦП и поступает для обработки в микропроцессор.

Оптическая система видеокамеры  $L$  (рис. 2) формирует на поверхности матричного фотоприемника, расположенного в фокальной плоскости объектива  $f$ , плоское (так называемое видимое) изображение наблюдаемого объекта.

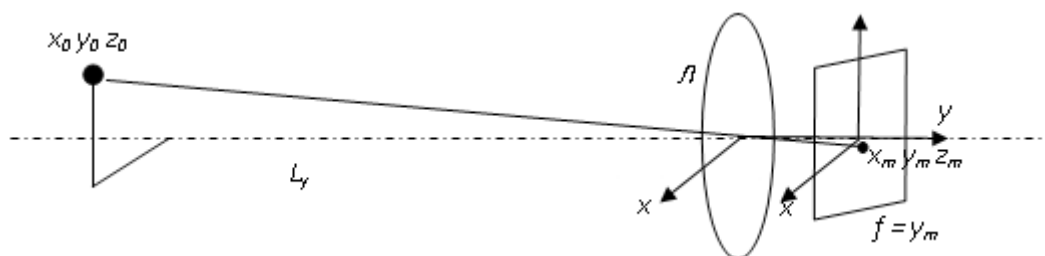


Рисунок 2. Преобразование координат объекта оптической системой видеокамеры

Основная система координат расположена в центре оптической системы (объектива  $L$ ). Плоское изображение объекта формируется в системе координат матрицы, которая представляет собой результат параллельного переноса основной системы на расстояние  $y_m$ .

Исходное изображение объекта с совокупностью координат всех его точек  $x_0, y_0, z_0$  преобразуется оптической системой в плоское изображение с координатами точек  $x_m, y_m, z_m$  при  $y_m \approx f$  (объект расположен на расстоянии  $L_y \gg f$ ).

В соответствии с законами геометрической оптики связь между координатами плоского изображения объекта на матрице и реальными координатами в пространстве определяется соотношениями:

$$x_0 = \frac{x_m(y_0 - f)}{f}; y_0 = \frac{y_m f}{y_m - f}; z_0 = \frac{z_m(y_0 - f)}{f} \tag{1}$$

Расстояние до объекта  $L_y$ :

$$L_y = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2} \tag{2}$$

Для разработки алгоритма определения координат яркого источника света, необходимо рассмотреть понятие яркость, а также алгоритм нахождения яркости

изображений:

1) Переход от цветовой системы RGB к системе XYZ [2]:

При переходе от системы RGB к системе XYZ расчет производится в соответствии с матричным выражением:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = A \cdot \begin{bmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{bmatrix}, \text{ при этом } A = \begin{bmatrix} 0,61 & 0,17 & 0,20 \\ 0,30 & 0,59 & 0,11 \\ 0,00 & 0,07 & 1,11 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Цветовые модули  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  или  $r'$ ,  $g'$ ,  $b'$  является исчерпывающей характеристикой цвета, включая его энергетическую характеристику.

2) Переход к системе DEF2 [4]:

Новая система координат - ортонормированная, это достигается множеством способов [4]. Для системы DEF2 используются следующие ограничения:

- $D > 0$  и  $E = F = 0$  для стандартного дневного света ( $D_{65}$ );
- $E > 0$  и  $F = 0$  для монохроматического излучения с длиной волны 700 нм;
- $F > 0$  для желтого излучения;
- DEF2 - ортонормированная система координат с метрикой Дж. Коэна [5].

Эти ограничения однозначно определяют преобразование координат из системы XYZ в систему DEF2.

$$\begin{bmatrix} D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2053 & 0,7125 & 0,4670 \\ 1,8537 & -1,2797 & -0,4429 \\ -0,3655 & 1,0120 & -0,6104 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} \quad (4)$$

3) Определение яркости:

Для данной цветовой системы координат, используются следующие определения для яркости (В), цветности (С) и насыщенности (Н):

- В - норма цветового вектора S;
- С - угол между вектором цвета S и осью D – цветовой вектор, представляющий дневной свет (например, D65, D55, EE и т.д.);
- Н - угол между ортогональной проекцией цветового вектора S на плоскости, перпендикулярной к оси D и оси E - ортогональной проекции цветового вектора, соответствующего некоторым фиксированным световым излучениям (например, монохроматического света с длиной волны 700 нм), в той же плоскости.

На рисунке 3 показана взаимосвязь между значениями D, E, F - координатами вектора S в ортогональной системе координат DEF, и параметры В, С, и Н, которые можно рассматривать как сферические координаты вектора S в системе координат ВСН. В зависимости от выбранной спецификации для D и E по определению, можно получить различные варианты D, E, F и, следовательно, изменение соответствующих координат В, С, Н.

Яркость может быть определена как длина цветового вектора:

$$B = \sqrt{D^2 + E^2 + F^2} \quad (5)$$

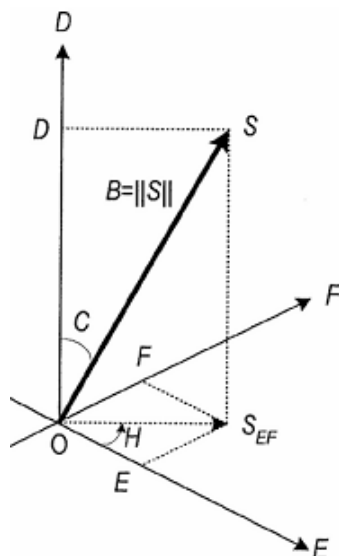


Рисунок 3. Цветовая система координат DEF и ВСН

Для определения координат яркого источника света можно предложить следующий алгоритм обработки изображений:

1. Повышение контрастности обрабатываемого изображения, с использованием спектральных различий между фоном и объектом.
2. Фильтрация изображения с целью подавления фона и помех. Удаление фона приводит к сокращению времени обработки видеоданных и повышению точности обнаружения интересующих объектов в пределах сцены. В частном случае видеонаблюдения неподвижной видеокамерой с фиксированным полем обзора, так называемый статический фон, может быть оценен количественно. В общем случае название «статический фон» условно, поскольку распределение яркости в нем постоянно меняется и для правильного выделения подвижных объектов необходима его периодическая переоценка. Оценка фона необходима, так как фон непрерывно изменяется из-за смены освещенности, зашумленности изображения фона, появления в поле зрения посторонних объектов [3].
3. Выделение яркого источника света. Выделение ярких объектов и подавление стационарного фона на плоском изображении может производиться с помощью простого разностного алгоритма, однако он неустойчив к изменениям яркости фона и объектов и отличается большой ресурсоемкостью. Для реализации алгоритма, определяющего координаты яркого источника света, текущий кадр разобьем на прямоугольные блоки одинакового размера, и для каждого блока вычислим наибольшее различие от предыдущего кадра. В качестве меры различия вычислим сумму модулей разности яркостей пикселей  $MAD$  в пределах блока:

$$MAD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |I(x_j, y_i, k) - I(x_j, y_i, k - 1)| \quad (6)$$

где  $m, n$  — число пикселей в блоке.

4. Выделение на изображении связанных областей повышенной яркости (сегментация объектов). После выделения на изображении областей, обладающих высокой яркостью, производится их сегментация, позволяющая

сформировать объект как единый образ, характеризующийся определенной формой и размерами. Блоки, принадлежащие одному объекту, должны располагаться на кадре в одной области и образовывать связанную группу.

5. Определение координат центра тяжести объекта:

$$i_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{z_{акм}} \sum_{j=1}^{kz_{акм}} [n(i, j) \cdot i]}{\sum_{i=1}^{z_{акм}} \sum_{j=1}^{kz_{акм}} n(i, j)}; j_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{z_{акм}} \sum_{j=1}^{kz_{акм}} [n(i, j) \cdot j]}{\sum_{i=1}^{z_{акм}} \sum_{j=1}^{kz_{акм}} n(i, j)}. \quad (7)$$

## Выводы

Предложен алгоритм определения яркости изображений и цветовая система координат. Рассмотрен алгоритм обработки изображений, позволяющий определять координаты яркого источника света. Данный алгоритм не обладает большой ресурсоемкостью, так как для рассматриваемой задачи нет необходимости обрабатывать изображения с высоким разрешением. Рассмотренный алгоритм необходим для разработки программного обеспечения автоматизированной системы управления средствами защиты зрения от ослепления.

## Перечень источников

- [1] Повышение точности центроидного алгоритма для определения координат малоразмерного объекта / Светлаков А.А., Мартышевский Ю.В. // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 1999. – №2 – С. 159-167.
- [2] В.В. Коротаев. Телевизионные измерительные системы: учебное пособие. / В.В. Коротаев, А.В. Краснящих. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 108 стр.
- [3] Телевизионные измерительные системы контроля скоростного режима дорожного движения / Макарецкий Е.А., Овчинников А.Н., ХиеуНгуен Лием // Компоненты и технологии. – 2007. – №4 – С. 34–37.
- [4] Sergey Bezryadin, Pavel Bourov, Color Coordinate System for Accurate Color Image Editing Software, The International Conference Printing Technology SPb'06 proceedings, p. 145-148, St. Petersburg State University of Technology and Design, 2006.
- [5] Cohen J. B., “Visual Color and Color Mixture: The Fundamental Color Space”, Univ. of Illinois Pr, (2000).