

УДК 004.8/004.93/681.513.8; 681.514

А.В. Журавлева, А.А. Плужников

Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ СТЕРЕОЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕ

Рассмотрен метод стереозрения, который используется для распознавания трехмерных координат объекта, выделения его контуров и вычисления расстояния до объекта. Разработаны алгоритм и информационная подсистема с использованием функций библиотеки OpenCV. Проанализированы методы построения карты глубины, калибровки камер. Получены результаты, характеризующие высокую чувствительность алгоритма к объектам распознавания. Объекты должны быть контрастны по отношению к фону, располагаться возле камеры на расстоянии не дальше 1 м.

**Ключевые слова:** стереозрение, камера, калибровка, ректификация, карта глубины, триангуляция, идентификация изображения, библиотека OpenCV.

### Введение

Стереозрение – пространственное (объемное) зрение, обуславливающее возникновение трехмерного зрительного образа наблюдаемого объекта за счёт обработки изображения объекта с разных сторон в предметном пространстве [1].

В 2001 г. исследователи корпорации Intel объявили о выпуске исходных кодов программ для реализации стереоскопического компьютерного зрения, вошедших в библиотеку Open Source Computer Vision (OpenCV). Библиотека, написанная на языках высокого уровня C и C++, представляет собой инструментарий, который насчитывает более 500 функций обработки и анализа изображений для создания приложений компьютерного зрения, в том числе средств взаимодействия человека с компьютером. Возможности библиотеки версии 2.1 позволяют с использованием двух цифровых видеокамер получать не только изображение, но и данные о глубине объектов, что делает возможным создание приложений для таких задач, как распознавание жестов, слежение за объектами и распознавание лиц [2].

### Применение стереозрения на основе методов библиотеки OpenCV

Для получения данных о глубине объекта на сцене с помощью изображений, получаемых при обработке видеопотока двух камер необходимо реализовать алгоритм, который включает в себя такие шаги:

Шаг 1. Калибровка камер или коррекция эффектов их искажения (рис. 1) [6]. Для калибровки в OpenCV был использован метод ChessBoards (шахматной доски). Принцип работы метода заключается в использовании в качестве объекта калибровки листа с черными и белыми квадратами. Достоинством метода является: отсутствие приоритета к горизонтальной либо к вертикальной оси.

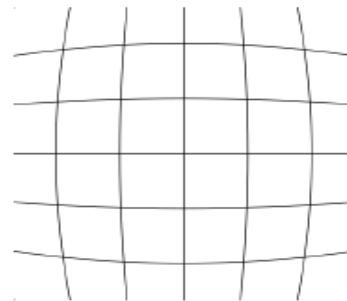


Рис. 1: Пример эффекта искажения

Используется функция OpenCV `int cvFindChessboardCorners(const void* image, CvSize pattern_size, CvPoint2D32f* corners)`, где `image` – изображение, содержащее шахматную доску; `pattern_size` – показывает, сколько углов в каждой строке и столбце доски; `corners` – указатель на массив, в котором могут быть записаны расположения углов. Если функция успешно нашла все углы, то возвращаемым значением будет количество углов шахматной доски, в другом случае – 0 [6]. Результатом данного шага является отсутствие каких-либо дефектов у изображений, которые получают с камер. Далее два изображения сохраняются в отдельных переменных структуры `IplImage`

Шаг 2. Ректификация (rectification) изображений. Полученные переменные изображений `ImageA`, `ImageB` могут содержать общую точку на сцене, располагаемую на пересечении лучей `RayA`, `RayB` (рис. 2) [7]. В идеале лучи должны пересекаться в координатах 3D точки, однако из-за погрешности в определении координат камер, координат точек на изображениях `ImageA`, `ImageB` они могут находиться на средней точке сегмента соединения лучей (mid-point on the segment). Задача шага 2 – минимизировать данный сегмент (shortest segment connecting the rays). Также на данном шаге изображения выравнивают так, что бы все эпиполярные линии были параллельны сторонам изображения (обычно горизонтальны) [4].

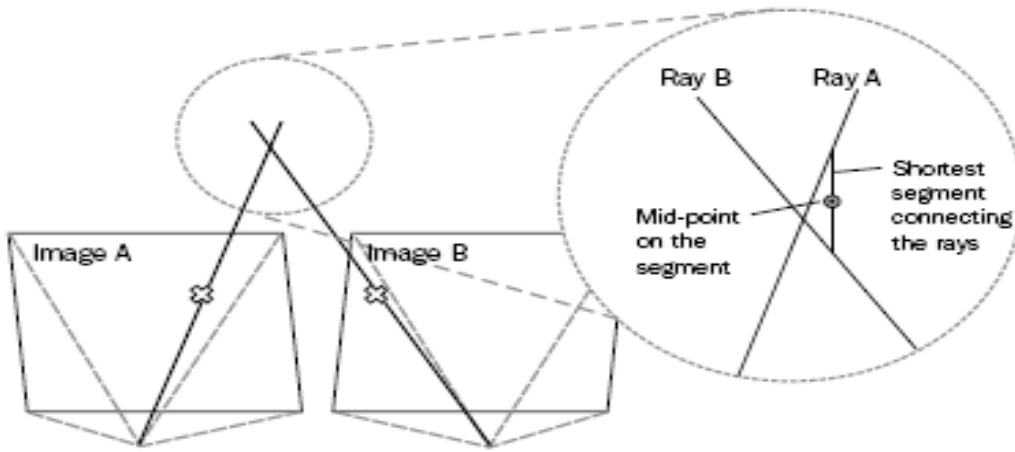


Рис. 2. Отображение 3D точки на изображениях двух камер

Шаг 3. Получение карты глубины и карты смещений. Карта глубины (depth map) — это изображение, на котором для каждого пикселя, вместо цвета, храниться его расстояние до камеры. Карта глубины строится по стереопаре изображений. Для каждой точки на одном изображении выполняется поиск парной ей точки на другом изображении. Парную точку лучше искать на эпиполярной линии, тогда соответствующую ей парную точку можно найти в той-же строчке на изображении со второй камеры. Для каждого пикселя левой картинке с координатами  $(x_0, y_0)$  выполняется поиск пикселя на правой картинке. При этом предполагается, что пиксель на правой картинке должен иметь координаты  $(x_0 - d, y_0)$ , где  $d$  — несоответствие/смещение (disparity) (рис. 3).

Disparity задает количество точек, сегментированных по плоскостям. Плоскости расположены на различном расстоянии от камер (Cameras). Поиск соответствующего пикселя выполняется путем вычисления максимума функции отклика, в качестве которой может выступать, например, корреляция окрестностей пикселей. В результате получается карта смещений (disparity map) [3].

Шаг 4. По паре соответствующих точек найденных на шаге 3 можно определить координаты образа в трехмерном пространстве. Для этого используем функцию `cvReprojectImageTo3D(const CvArr* disparity, CvArr* _3dImage, const, CvMat* Q)`, где `disparity` - карта различий; `_3dImage` - массив, содержащий трехмерное изображение; `Q` - матрица перестроений, которая получается после калибровки матрицы и содержит параметры:

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -cx \\ 0 & 1 & 0 & -cy \\ 0 & 0 & 0 & f \\ 0 & 0 & -1/T & (cx - cx')/T \end{bmatrix},$$

где  $T$  – расстояние между камерами по оси  $X$  (предполагается, что координаты  $Y$  одинаковы);  $f$  – фокусное расстояние;  $cx, cy$  – координаты точки на главном

(центральном) луче левой камеры;  $cx'$  –  $x$  координата на правом изображении левой точки (это делается для того, что уточнить, как связано расстояние между камерами и количество пикселей).

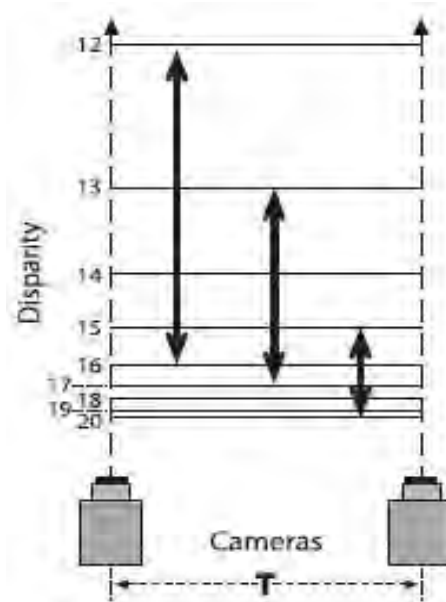


Рис. 3. Схема применения disparity

Данные параметры схематично отображены на рис. 4. Распознаваемый объект обозначен как  $P$  ( $p_l, p_r$  – плоскость левого и правого изображений), расстояние до него  $Z$ .  $O_l$  и  $O_r$  – центры проекций для каждой камеры с основными лучами (Principal Ray). Каждый луч пересекает плоскость изображения в точке  $(cx, cy)$ .

Зная трехмерные координаты образа, глубина вычисляется, как расстояние до плоскости камеры.

### Заключение

В ходе исследования применения методов стереозрения с использованием библиотеки OpenCV был реализован алгоритм для получения данных о глубине объекта на сцене с помощью изображений, получаемых при обработке видеопотока двух камер.

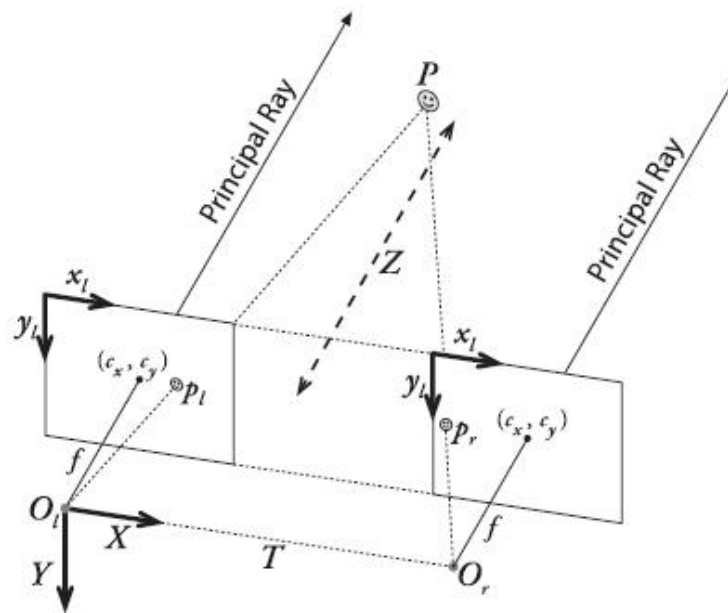


Рис. 4. Стерекоординатная система

В результате информационная подсистема формирует итоговое изображение на котором контуром выделяется объект. Возле контура отображается расстояние от камеры до объекта в см. По результатам испытаний было выяснено, что подсистема обладает высокой чувствительностью к отображаемым объектам. Они должны быть контрастны по отношению к фону, располагаться возле камеры на расстоянии не дальше 1м. В дальнейшем работы будут посвящены улучшению данных показателей, для поиска необходимых объектов в границах отдельной аудитории.

### Список литературы

1. Кручинин А. Модель для тестирования стереозрения [Электронный ресурс] / А. Кручинин. – Режим доступа: <http://blog.vidikon.com/?p=191>. – 03.06.2014.
2. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

3. Пахомов С. Стереоскопическое компьютерное «зрение» [Электронный ресурс] / С. Пахомов – Режим доступа: <http://compress.ru/article.aspx?id=9529> – 03.06.2014.
4. Мосин В.Г. Математические основы компьютерной графики: Монография / В.Г. Мосин. – Самара: СГАСУ, 2005. – 227 с.
5. Петров М.Н. Компьютерная графика: Учеб. пособие / М.Н. Петров, В.П. Молочков. – СПб.: Питер, 2006. – 544 с.
6. Short J. 3D Point Cloud Generation from Rigid and Flexible Stereo Vision Systems [Electronic resource] / J. Short. – Attached to: [http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-12232009-222118/unrestricted/Short\\_NJ\\_T\\_2009.pdf](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-12232009-222118/unrestricted/Short_NJ_T_2009.pdf). – 03.06.2014.
7. Gary Bradski, Adrian Kaehler Learning OpenCV – NY: O'Reilly Media, 2013. – 575 p.

Поступила в редколлегию 3.09.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. Е.А. Дружинин. Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ СТЕРЕОЗОРУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТА У ПРОСТОРИ

Г.В. Журавльова, О.О. Плужніков

Розглянуто метод стереозору, який використовується: для розпізнавання тривимірних координат об'єкта, виділення його контурів і знаходження відстані до об'єкта. Розроблено алгоритм та інформаційна підсистема з використанням функцій бібліотеки OpenCV. Проаналізовано методи побудови карти глибини, калібрування камер. Отримано результати, що характеризують високу чутливість алгоритму до об'єктів розпізнавання. Об'єкти повинні бути контрастні по відношенню до фону, розташовуватися біля камери на відстані не далі 1м.

**Ключові слова:** стереозір, камера, калібрування, ректифікація, карта глибини, триангуляція, ідентифікація зображення, бібліотека OpenCV.

### USING OF STEREO-VISIONS METHODS FOR OBJECT DEFINITION IN THE SCENE

A.V. Zhuravleva, A.A. Pluzhnikov

The Stereo-Visions Method is considered which is used for: the Recognition of object 3D coordinates, highlight its contours and calculate the distance to the object. Algorithm and informational subsystem is developed with the using of the OpenCV library functions. The methods for constructing the depth map and camera calibration have been analyzed. The results that were obtained, characterized by a high sensitivity of the algorithm to recognize objects. Objects should contrast with the background, located near the camera at a distance within 1 meter.

**Keywords:** stereo vision, camera calibration, rectification, depth map, triangulation, image identification, library OpenCV.