

УДК 004.932.2

ФОРМИРОВАНИЕ НАБОРОВ ДАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧЕ КАЛИБРОВКИ КАМЕРЫ

© Иванов А.А., Котов А.П.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

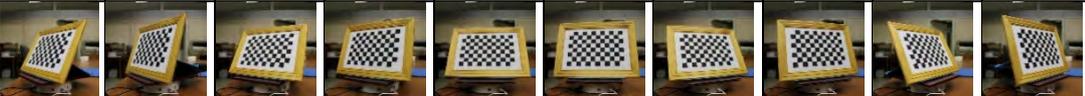
e-mail: artem_i02@mail.ru

В настоящее время задача калибровки камеры получила стремительное развитие в связи с широким применением компьютерного зрения. Существуют различные виды камер. В зависимости от их конструкции различают камеру-обскура [1], широкоугольные [2] и их разновидности [3]. Большинство коммерческих камер описываются проективной моделью из-за простоты их реализации и сравнительно низкой цены изготовления. Поэтому в данной работе рассматривается камера-обскура. Целью данной работы является исследование зависимости качества калибровки методом Жанга от количества снимков и расположения калибровочного объекта – шахматной доски.

Калибровка камеры – задача, в которой оцениваются внутренние параметры камеры. Калибровка методом Жанга происходит при помощи калибровочного объекта, например шахматной доски. Необходимо, чтобы доска содержала множество опорных точек, расположенных в углах черных и белых клеток шахматной доски. На основании некоторого количества снимков с различным расположением калибровочного объекта можно получить параметры камеры. Для их получения необходимо взять снимки с калибровочным объектом и, применяя один из алгоритмов обнаружения углов, найти двумерные координаты опорных точек [4]. Затем используется метод Жанга [5].

В качестве калибровочного объекта использовался лист размером А4 с распечатанным изображением шахматной доски. Будем считать, что размерность доски задается числом квадратов по горизонтали и вертикали. В данном случае размерность составила 12×8 . Снимки калибровочного объекта разрешения 6000×4000 пикселей были получены с помощью камеры Canon 3000D. Набор изображений формировался при повороте калибровочного объекта на $3,75^\circ$, расположенного на поворотном механическом столе Comxim MT200RUWSL20. Таким образом были сформированы 72 изображения. Во время съемки использовались два положения наклона шахматной доски α и β (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Изображения шахматной доски различных ракурсов

Ракурс	1		2		3		4		5	
Поворот	$-56,25^\circ$		$-30,00^\circ$		$-3,75^\circ$		$22,50^\circ$		$48,75^\circ$	
Наклон	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
Изображения										

Набор данных (основной набор) из 62 изображений был разбит на несколько наборов данных. Для каждого сформированного набора выполнялась оценка внутренних параметров камеры.

Калибровка проводилась для фотоаппарата Canon 3000D, для которого неизвестны характеристики оптической системы при изготовлении. Следовательно, нельзя вычислить истинные параметры камеры. Поэтому предположим, что истинная модель камеры может быть получена при использовании наибольшего числа снимков калибровочного объекта, расположенного во всех частях получаемого изображения с различными ракурсами.

Для каждого снимка были найдены опорные точки с помощью библиотеки OpenCV. Для нахождения внутренних параметров использовался модифицированный метод Жанга, реализованный в библиотеке OpenCV. С помощью ошибки репроекции будем определять точность найденных параметров. Чем ближе ошибка репроекции к нулю, тем найденные параметры лучше удовлетворяют исходным данным. Ошибку репроекции E будем вычислять по следующей формуле:

$$E = \frac{1}{nk} \sum_{i=1}^n \|M_i - N_i\|_{L2}, \quad (1)$$

где n – количество снимков; M – набор двумерных точек на изображении после репроецирования опорных точек основного набора данных; N – аналогично M , но для тестового набора; k – количество опорных точек на калибровочном объекте.

В таблице 2 представлена зависимость средней ошибки от количества изображений. В первой строке приводится количество снимков, одна половина которых взята с наклоном α , а другая с наклоном β с одинаковым углом поворота. Во второй строке указана ошибка репроекции (1) тестируемого набора данных в сравнении с основным (62 изображения). Оказалось, что ошибка репроекции уменьшается при увеличении числа снимков. Незначительное увеличение значения ошибки наблюдалось для набора из 40 снимков.

Таблица 2 – Зависимость средней ошибки

Кол-во изображений	6	10	18	30	40	50
Ошибка репроекции	0,0293	0,0145	0,0089	0,0026	0,0035	0,0025

В статье исследовались различные комбинации изображений из набора в зависимости от количества изображений и ракурсов калибровочного объекта. Было установлено, что ошибка репроекции незначительно меняется при использовании 30 и более изображений.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме FSSS-2023-0006.

Библиографический список

1. Шуляев А.В. Модель камеры // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 1-1 (20). С. 118-120.
2. Scaramuzza D. Omnidirectional Camera // Computer Vision: A Reference Guide. 2014. P. 552–560.
3. Wood R.W. XXIII. Fish-eye views, and vision under water // Philosophical Magazine Series 1. 1906. Vol. 12. P. 159-162.
4. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2008. 557 p.
5. Zhang Z. A flexible new technique for camera calibration // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2000. Vol. 22 (11). P. 1330-1334.