

Метод уточнения параметров движения камеры на основе кватернионов

А.П. Котов^{1,2}, Е.В. Гошин²

¹Институт систем обработки изображений РАН - филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Молодогвардейская 151, Самара, Россия, 443001

²Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

Аннотация

Настоящая работа посвящена решению задачи оценивания параметров движения камеры по последовательности снимков. В традиционных алгоритмах задача сводится к поиску существенной матрицы, которая содержит в себе поворот и смещение. Мы предлагаем метод уточнения параметров движения, основанный на использовании кватернионов, в котором параметры поворота и смещения определяются независимо и характерные точки могут быть компланарными, с применением начального приближения на основе традиционных алгоритмов.

Ключевые слова

оценка параметров движения, система нелинейных уравнений, кватернионы

1. Обзор задачи

Определение положения и ориентации камеры [1] по набору снимков, полученных этой камерой, широко применяется в задачах навигации беспилотных наземных и летательных аппаратов, построения двумерных и трёхмерных моделей сцен [2], а также для восстановления изображений высокого разрешения по последовательностям снимков. В настоящей работе задача определения параметров движения по известному набору соответствующих точек между двумя изображениями [3], в том числе по малому набору данных [4].

2. Предлагаемый метод уточнения

В работе решается задача определения параметров поворота и смещения между двумя разноракурсными изображениями одной сцены. Основная идея алгоритма заключается в использовании в качестве начального приближения оценок поворота и смещения камеры, полученных с помощью линейных методов.

Алгоритм оценки параметров движения состоит из следующих этапов:

1. Поиск соответствующих точек для пары разноракурсных изображений с выбором заданного малого числа наилучших соответствий на основе меры близости дескрипторов.
2. Выбранные соответствующие точки используются для вычисления параметров движения с помощью восьмиточечного метода нахождения фундаментальной матрицы (ФМ-8).
3. Оценка параметров движения $\mathbf{r}_q^{\text{ФМ8}}$ и $\mathbf{t}_q^{\text{ФМ8}}$ с использованием фундаментальной матрицы.
4. Уточнение с использованием нелинейной оптимизации (предложенной в [3]) в формулировке задачи на основе кватернионов (1).

$$\sum_{i=1}^N \langle \mathbf{r}_q \mathbf{m}_i \mathbf{r}_q^* \mathbf{t}_q^*, \mathbf{m}'_i \rangle + t_x^2 + t_y^2 + t_z^2 - 1 = 0, \quad (1)$$

где $\mathbf{m}_i, \mathbf{m}'_i$ – кватернионы соответствующих точек, полученные на этапе 1.

В качестве входных данных для эксперимента мы использовали последовательность «03» набора данных «Kitti», состоящую из 801 изображений. Набор применяется в задачах визуальной одометрии. Особенность набора «Kitti» заключается в небольших перепадах высот и в отсутствии поворота камеры при прямолинейном движении.

В ходе экспериментального исследования проводилось сравнение исходной оценки с использованием восьмиточечного метода и уточненной оценки. При этом для параметров поворота и смещения рассматривались по два варианта начального приближения: без предварительной оценки (поворот $\mathbf{r}_q^0 = (1; 0; 0; 0)$ и смещение $\mathbf{t}_q^0 = (0; 1; 0; 0)$) и с предварительной оценкой (поворот $\mathbf{r}_q^{\text{ФМ8}}$ и смещение $\mathbf{t}_q^{\text{ФМ8}}$). В таблице 1 представлены результаты работы этапа нелинейной оптимизации в виде средних значений верно найденных параметров движения (столбцы 6 и 7), а также процент улучшенных и ухудшенных решений (столбцы 4 и 5 соответственно) по сравнению с предварительной оценкой. В первом столбце указаны параметры, использованные в качестве начального приближения (н.п.).

Таблица 1

Сравнение предварительных и уточнённых оценок поворота и смещения

1	2	3	4	5	6	7
Метод	% верно найденных из 800 случаев	% не изменившихся решений	% улучшенных	% ухудшенных	Оценки поворота	Оценки смещения
ФМ-8	57,1	-	-	-	0,327	4,247
н.п.: $\mathbf{r}_q^0, \mathbf{t}_q^0$	4,4	44,0	1,6	54,4	0,106	3,277
н.п.: $\mathbf{r}_q^{\text{ФМ8}}, \mathbf{t}_q^0$	38,4	66,0	7,7	26,3	0,107	2,773
н.п.: $\mathbf{r}_q^0, \mathbf{t}_q^{\text{ФМ8}}$	65,6	86,5	11,0	2,5	0,004	0,376
н.п.: $\mathbf{r}_q^{\text{ФМ8}}, \mathbf{t}_q^{\text{ФМ8}}$	66,0	86,9	11,0	2,1	0,067	0,356

3. Заключение

Проведены экспериментальные исследования на видеопоследовательности «Kitti» по уточнению параметров движения с использованием в качестве предварительной оценки параметров, полученных с помощью метода определения фундаментальной матрицы. Наилучшие результаты для предложенного метода уточнения были получены с использованием начальных приближений $\mathbf{r}_q^0, \mathbf{t}_q^{\text{ФМ8}}$ и $\mathbf{r}_q^{\text{ФМ8}}, \mathbf{t}_q^{\text{ФМ8}}$. Таким образом, увеличено число верно найденных решений на 9 % и точность определения параметров движения на порядок.

4. Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме FSSS-0777-2020-0017.

5. Литература

- [1] Кирш, Д.В. Алгоритм реконструкции трёхмерной структуры кристалла по двумерным проекциям / Д.В. Кирш, А.С. Широкаев, А.В. Куприянов // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 2. – С. 324-331. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-2-324-331.
- [2] Kudinov, I.A. Camera and auxiliary sensor calibration for a multispectral panoramic vision system with a distributed aperture / I.A. Kudinov, M.B. Nikiforov, I.S. Kholopov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1368(3). – P. 032009.
- [3] Гошин, Е.В. Метод оценки параметров движения камеры по малому числу соответствующих точек с использованием кватернионов / Е.В. Гошин, А.П. Котов // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 3. – С. 446-453. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-683.
- [4] Fursov, V.A. Prediction of estimates' accuracy for linear regression with a small sample size / V.A. Fursov, A.V. Gavrilov, A.P. Kotov // 41st International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP). – 2018. – P. 679-685. DOI: 10.1109/TSP.2018.8441385.