

МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАТИЧЕСКИХ ТРЕХМЕРНЫХ СЦЕН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ И ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ КАМЕР

Жуков Р. С., студент 4-го курса кафедры системного
программирования СПбГУ, floopi027@gmail.com

Аннотация

В данной работе решается проблема построения 3D моделей по набору изображений с неизвестными фокусными расстояниями камер. Для этого улучшается и реализуется метод определения положения и фокусного расстояния камер. Также рассматривается и изменяется существующее решение для реконструкции трехмерных сцен.

Введение

На сегодняшний день технологии стали очень доступными. Люди могут фотографировать все вокруг себя и делиться этим в интернете. Таким образом, в сети мы можем найти большие коллекции фотографий городов и достопримечательностей, сделанных со всевозможных ракурсов. Эти фотографии могут быть использованы в качестве входных наборов данных для 3D-моделирования.

Проблема создания точных трехмерных моделей представляет большой интерес и имеет широкую область применения. Например, они могут использоваться в компьютерной графике или в дополненной реальности.

Существуют решения задачи реконструкции 3D сцен. В одних считается, что фокусное расстояние камеры заранее известно, а в других производится его грубая оценка. Так как многие современные устройства имеют автофокус и возможности узнать фокусное расстояние нет, было принято решение попытаться улучшить существующие методы с помощью алгоритмов с более точным определением положения и фокусного расстояния камер.

Проблема оценивания положения камеры по соответствиям 3D координат и проекций точек является очень известной в компьютерном зрении и называется PnP или PnPf, если неизвестно и фокусное

расстояние. Существует множество решений PnP проблемы. Главное требование к этим решениям – быстрое время выполнения для нескольких сотен точек. Методом, удовлетворяющим данному требованию и имеющим одно из лучших соотношений скорости и точности, является EPnP [3].

Совсем недавно был представлен метод EPnPFr [2], который является расширением EPnP для задачи с неизвестным фокусом. Этот метод не уступает в точности своим конкурентам, но зато выигрывает в скорости.

В качестве системы для 3D моделирования был выбран проект Bundler [4]. Он является одним из крупнейших open-source проектов в своем роде и лежит в основе таких масштабных работ, как Building Rome in a Day [1].

Реализация EPnPFr

Одной из задач данной работы была реализация метода EPnPFr на языке Си++. Для этого было несколько причин. Во-первых, ее отсутствие, единственная реализация представлена на языке Matlab. Во-вторых, повышение скорости выполнения. И, наконец, интеграция в существующие проекты, так как Bundler и большинство других написано на Си++.

Изучив различные библиотеки, для реализации были выбраны следующие:

- Eigen – библиотека линейной алгебры, одна из наиболее быстрых в своем роде;
- OpenCV – для решения задач, связанных с компьютерным зрением;
- Levmar – Си++ реализация алгоритма Левенберга-Марквардта для решения задач о наименьших квадратах;
- Clp – библиотека для решения задач линейного программирования.

После того, как метод EPnPFr был реализован, было проведено тестирование. Точность Си++ реализации получилась точно такой же, как у Matlab реализации. Но по времени работы Си++ реализация получилась гораздо быстрее (см. Рис 1).

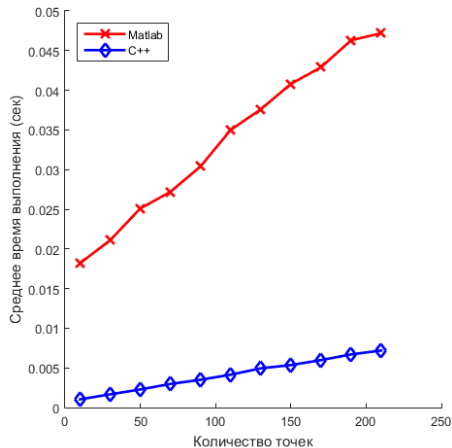


Рисунок 1: График сравнения времени работы реализаций EPnPfR

Алгоритмические улучшения

В ходе анализа времени выполнения отдельных компонент было решено сделать алгоритмические изменения для ускорения метода EPnPfR. Чтобы описать эти изменения необходимо более подробно рассмотреть некоторые этапы алгоритма.

В процессе работы получается некоторая матрица M , такая что $Mx = 0$, где x – необходимое нам решение. Мы видим, что решение лежит в ядре M и может быть представлено в виде следующей линейной комбинации: $x = \sum_{i=1}^N \beta_i q_i$, $N = 1, \dots, 4$, где q_i – правые сингулярные векторы матрицы M . Для всех N находим коэффициенты β_i , получаем решение x и находим параметры камеры: матрицу поворота R , вектор перемещения t и фокусное расстояние f , которые потом уточняем путем уменьшения ошибки перепроектирования.

Было решено изменить порядок и делать уточнение коэффициентов β_i после их нахождения по специальной формуле, и только потом получать решение x и находить параметры R , t и f , которые уже не нужно уточнять.

В результате, точность работы метода ухудшилась, но зато заметно уменьшилось время выполнения. Это объясняется тем, что в первоначальном варианте происходило уточнение 7 параметров, а в измененном всего от 2 до 5.

Также были рассмотрены два абсолютно разных подхода для

нахождения R, t и f из получаемого решения x . Первый основывается на однородных координатах, второй – на преобразовании систем координат. В итоге, получилось, что первый вариант работает очень быстро, но не точно, в то время, как второй, чуть медленнее, но гораздо более точно. Было принято решение остановиться на втором варианте.

В итоге, поставленная цель была достигнута. Несмотря на небольшую потерю точности, удалось добиться ускорения метода.

Интегрирование в Bundler

Bundler представляет собой крупную систему, на вход которой подается неупорядоченная коллекция фотографий, а в результате получается облако особых точек в пространстве и восстановленные положения камер.

Изучив его, стало известно, что для первоначальной оценки параметров камер используется алгоритм DLT, который является очень быстрым, но довольно неточным. Фокусное расстояние было заранее известным, или производилась его оценка тем же алгоритмом.

Было решено использовать реализацию измененного метода EPnPFR вместо DLT.

Название	Количество изображений	Используемые в 3D модели оригинальным Bundler	Используемые в 3D модели измененным Bundler
fountain-P11	11	2	11
Herz-Jesu-P8	8	4	8

Таблица 1: Сравнение версий Bundler на различных наборах изображений

В таблице 1 можно сравнить сколько изображений используются в результате работы оригинального и измененного Bundler на двух разных наборах изображений. Эти наборы часто используются в компьютерном зрении для проверки подобных решений.

В итоге получилось, что в реконструированную трехмерную модель стали включаться все входные изображения, в то время как оригинальный метод не может добавлять некоторые изображения из-за плохой первоначальной оценки положения и фокусного расстояния камер. Полученный результат может оказаться очень полезным при

реконструкции крупных сцен, так как будет задействовано больше изображений.

Заключение

В данной работе метод EPnPR был реализован на языке Си++, и были сделаны его алгоритмические улучшения. Удалось интегрировать полученную реализацию в Bundler и провести анализ полученных результатов.

В конечном итоге удалось увеличить количество изображений с неизвестным фокусным расстоянием, которые добавляются в реконструируемую с помощью Bundler трехмерную модель.

Литература

1. Building rome in a day / Sameer Agarwal, Yasutaka Furukawa, Noah Snavely et al. // Communications of the ACM. — 2011. — Vol. 54, no. 10. — P. 105–112.
2. Kanaeva Ekaterina, Gurevich Lev, Vakhitov Alexander. Camera Pose and Focal Length Estimation Using Regularized Distance Constraints // Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC) / Ed. by Mark W. Jones Xianghua Xie, Gary K. L. Tam. — BMVA Press, 2015. — September. — P. 162.1–162.12.
3. Lepetit Vincent, Moreno-Noguer Francesc, Fua Pascal. Epnp: An accurate o (n) solution to the pnp problem // International journal of computer vision. — 2009. — Vol. 81, no. 2. — P. 155–166.
4. Snavely Noah, Seitz Steven M, Szeliski Richard. Photo tourism: exploring photo collections in 3D // ACM transactions on graphics (TOG) / ACM. — Vol. 25. — 2006. — P. 835–846.