

## Восстановление трехмерных сцен: первичная модель и способы ее последующего уточнения

*Свешникова Н. В., Юрин Д. В.*

sveshnikova\_n@list.ru

Москва, Московский физико-технический институт

Работа посвящена построению системы восстановления трехмерных сцен по последовательности цифровых изображений. Предполагается, что на изображениях уже выделено и прослежено небольшое количество характеристических отметок. Первичное восстановление осуществляется итерационным алгоритмом факторизации в перспективной проекции (ИПП), далее результат уточняется двумя различными способами. Первый основан на поиске новых характеристических точек с помощью детектора Харриса (ДХ). Положение соответствующих точек на втором кадре оценивается на основе уже известных соответствий и уточняется с помощью трекера Канаде-Лукаса (КЛ). Второй способ использует стерео подход.

### Первичное восстановление

Пусть имеется ( $F > 5$ ) цифровых изображений неподвижной сцены, полученных с обычного фотоаппарата. Пусть также на всей последовательности найдено и прослежено небольшое количество ( $P = 10 \div 20$ ) характеристических точек. Тогда восстановим трехмерные координаты  $\{s_p\}$  этих точек сцены алгоритмом ИПП [1], который также вычисляет все положения  $\{t_f\}$  и ориентации камеры  $\{i_f, j_f, k_f\}$ , ее фокусное расстояние  $g$ , и предоставляет оценку точности результата, полученную в [2].

Выполнив триангуляцию Делоне (ТД), моделируем поверхность сцены между известными точками плоскостями в соответствии с разбиением на треугольники.

### Поиск новых соответствий

Выберем из исходной последовательности изображений кадр  $L$  и найдем на нем характеристические точки с помощью ДХ [3].

Для этих точек построим гипотезы их положения на втором кадре  $R$ . Пусть найденный на кадре  $L$  уголок  $x_L$  находится внутри треугольника  $\tau_L$ . Предположим, что сцена представляет собой кусочно-гладкую поверхность, это позволяет рассматривать результат ТД как аппроксимацию поверхности сцены. Тогда пара соответствующих треугольников  $\tau_L$  и  $\tau_R$  на кадрах  $L$  и  $R$  определяет аффинное преобразование  $\mathbf{A}$ , и  $\mathbf{A}x_L$  есть гипотетическое положение выбранного уголка на кадре  $R$ . На основе гипотезы ищется соответствие трекером КЛ [4].

Результаты работы трекера должны удовлетворять ограничениям эпиполярной геометрии, которая вычисляется по известным из резуль-

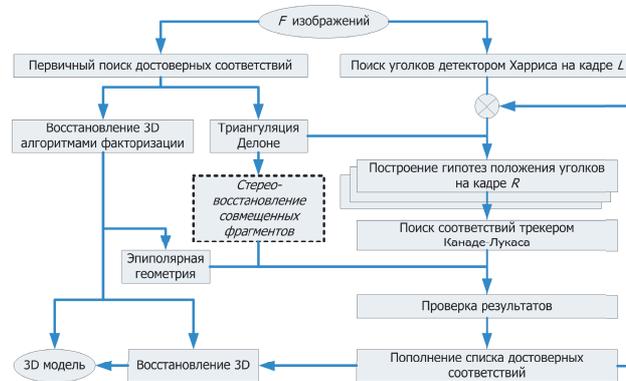


Рис. 1. Схема системы восстановления трехмерных сцен

татов ИПП параметрам съемки. Далее можно продолжить уточнение или, используя положения и ориентации камер, полученные из алгоритма ИПП, вычислить трехмерные координаты новых точек и дополнить ими модель сцены. Схема алгоритма изображена на Рис. 1.

#### Уточнение модели с использованием стерео

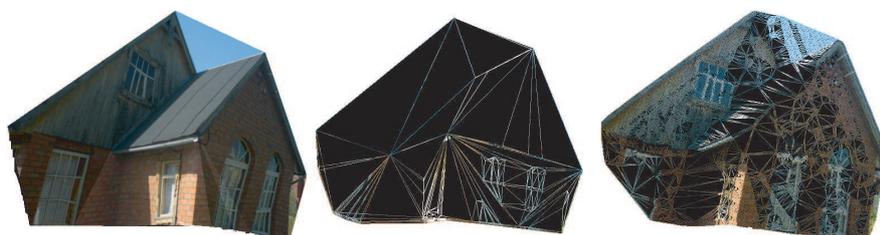
Как альтернативный способ уточнения сеточной модели предлагается стерео подход [5]. Его важное достоинство в том, что каждое соответствие ищется согласованно с соседями. Однако необходимы малое смещение кадров относительно друг друга и диапазон поиска. Чтобы ограничить диапазон смещений будем решать стерео задачу для фрагментов, на которые ТД разбивает изображение. Каждый треугольник предварительно грубо совмещается в рамках аффинной модели. Далее соответствия ищутся стерео алгоритмом [5]. На схеме Рис. 1 этому этапу соответствует блок, выделенный пунктирной границей.

#### Результаты

Предложенные подходы тестировались на реальных данных (сцена «Дом») и показали хорошие результаты. На 12 кадрах вручную выделены 16 точек, которые, как и результат ТД, изображены на Рис. 2, в центре. На Рис. 2 слева и справа приведена пара кадров сцены «Дом», выбранная из последовательности для поиска новых соответствий. На Рис. 3 изображены полученные трехмерные модели сцены «Дом». Текстурированная модель слева есть результат восстановления ИПП. Модель в центре дополнена соответствиями, найденными ДХ и трекером КЛ, а справа — результат применения стерео подхода. Сеточное представление уточненных моделей демонстрирует количество восстановленных трехмерных точек сцены.



**Рис. 2.** Слева и справа: изображения сцены «Дом». В центре: ТД по точкам, найденным и прослеженным вручную.



**Рис. 3.** Восстановленные трехмерные модели. Слева: алгоритм ИПП; в центре: уточнение ДХ и трекером КЛ; Справа: стерео.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 06-01-00789-а.

### Литература

- [1] Свешникова Н. В., Юрин Д. В. Априорный и апостериорный расчет погрешностей восстановления трехмерных сцен алгоритмами факторизации // Программирование — 2004, — Т. 30, № 5, — С. 48–68.
- [2] Sveshnikova N. V., Yurin D. V. The Factorization Algorithms: Results Reliability and Application for the Epipolar Geometry Recovery // 16-th Int. Conf. on Comp. Graph. and App. GraphiCon'2006, Novosibirsk, 2006.
- [3] Harris C. G., Stephens M. A combined corner and edge detector // In Proc. 4th Alvey Vision Conf., Manchester, 1988 — Pp. 147–151.
- [4] Tomasi C., Kanade T. Shape and Motion from Image Streams: a Factorization Method, Part 3, Detection and Tracking of Point Features // Tech. Rep. CMU-CS-91-132, School of Computer Science, Carnegie Mellon Univ., 1991.
- [5] Kolmogorov V., Zabih R. Computing visual correspondence with occlusions using graph cuts // Int. Conf. on Computer Vision, Vancouver, 2001.