

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТАТОВ АЛГОРИТМОВ ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ СЦЕН

Головатая Е. А., Садов В. С.

Кафедра интеллектуальных систем, Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

E-mail: katerina-golovataya@yandex.ru, sadov@bsu.by

Работа посвящена рассмотрению задачи оценки результатов трехмерной реконструкции. Особую сложность представляет анализ реконструкции систем, к которым затруднен прямой доступ или имеющих сложные конструктивные особенности. В работе приводятся подходы, позволяющие оценить качество полученных моделей.

ВВЕДЕНИЕ

Трехмерная реконструкция объектов по изображениям является важной задачей компьютерного зрения. Одним из основных применений трехмерной реконструкции является генерация объектов, которые трудно или долго моделировать вручную. Трехмерная реконструкция может применяться во многих областях, таких как, архитектура и археология, инженерия и строительство, криминалистика, картография и т.д. Одним из перспективных направлений являются медицинские приложения, позволяющие повышать точность процедур благодаря сопоставлению нескольких видов исследований, оценивать поверхности, производить планирование и моделирование хирургических вмешательств, лучевой терапии и многое другое. В то же время данный подход позволяет ускорить процесс генерации контента для графических приложений, таких как игры, киноиндустрия, виртуальные среды и виртуальный туризм. Использование подобных моделей в виртуальной реальности и симуляциях позволяет анализировать работу систем, обучать персонал, проводить эксперименты.

Одной из важных задач трехмерной реконструкции является оценка корректности полученной модели. Особую сложность представляют такие типы систем, в которых объект является труднодоступным для проведения даже отдельных прямых измерений. В работе рассматриваются подходы к анализу модели, полученной алгоритмами трехмерной реконструкции по данным медицинских видеоэндоскопических систем.

1. ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПОЛУЧЕННОЙ МОДЕЛИ

Качество трехмерной модели заключается в ее точности, что соответствует степени схожести полученного результата с моделируемым объектом или сценой. Можно выделить следующие методы оценки качества трехмерной реконструкции [1]:

- сравнение физических параметров напрямую по известным объектам в кадре,

- сравнение параметров внешнего ориентирования камер по известным данным позиционирования и ориентации (например, GPS и данные гироскопа),
- анализ на основе сравнения с моделирующей средой.

Для реализации сравнения физических параметров напрямую по известным объектам в кадре необходимо для исходного исследуемого набора данных, по которому осуществляется реконструкция, иметь также возможность проведения объективных измерений находящихся в кадре объектов. При трехмерной реконструкции на основе метода связок, информацию об отдельных измерениях можно вводить в исходную оптимизируемую матрицу связок в виде линейных уравнений, отражающих зависимости между теми или иными ключевыми точками, присутствующими в матрице. Аналогичным образом может использоваться известная информация о параметрах внешнего ориентирования камеры. В частности, большинство современных мобильных устройств предоставляет возможности по добавлению метаданных о снимке, которая может включать в себя координаты GPS и углы отклонения от горизонта с гироскопов и акселерометров устройства в момент получения снимка. Результаты отдельных измерений или известные параметры внешнего ориентирования могут быть добавлены в виде дополнительных уравнений непосредственно в матрицу связок для увеличения точности оптимизации, либо использоваться после оптимизации для оценки отклонения фактического и ожидаемого значения.

При наличии набора из n измерений M_i координат точек или камеры, или углов ориентации камеры, и соответствующих им значений A_i , определенных по некоторой трехмерной модели, отдельные отклонения $\delta_i = |M_i - A_i|$ описываются случайной величиной с нормальным распределением и математическим ожиданием, равным 0. Для оценки качества реконструкции для полученных выборочных измерений может быть построен доверительный интервал отклонения относительно среднего арифметического или относительно 0. Кроме того, для таких из-

мерений в качестве абсолютной характеристики может быть использован средний квадрат ошибки.

II. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СРЕДЫ

Основным недостатком оценки качества реконструкции на основе сравнения измерений и параметров внешнего ориентирования камер является значительное влияние систематических измерительных погрешностей, а также невозможность, в некоторых случаях, провести объективные измерения отдельных объектов или получить информацию об ориентировании с камеры. Одной из областей, в которых такая оценка затруднительна, являются видеоэндоскопические исследования.

В контексте видеоэндоскопических исследований известными объектами сцены могут выступать инструменты операционного канала эндоскопа и сама трубка эндоскопа. Кроме этого, размеры некоторых объектов самих внутренних органов могут быть дополнительно определены на основании других видов медицинских исследований: томографических (с помощью компьютерной или магнитно-резонансной томографии) или ультразвуковых (с помощью внешнего ультразвукового исследования или эндосонографии). Тем не менее, в большинстве случаев эти данные недоступны, либо погрешность соответствующих измерений является слишком высокой для объективного оценивания качества реконструкции.

Для решения этой проблемы предлагается использовать моделирующую среду, способную воссоздать окружение, отражающее основные свойства исследуемого пространства, самого объекта исследования и оптической системы. Для анализа данных видеоэндоскопических исследований разработана моделирующая среда на основе цилиндрического примитива, имитирующего внутреннюю поверхность пищевода. В модели заданы основные анатомические особенности, такие как среднестатистический диаметр, сужение и деформация отдельных частей модели [2]. Для отражения неидеально ровной поверхности производится процедурная генерация рельефа в заданных ограничениях гладкости. Для текстурирования полученных поверхностей используются алгоритмы переноса стиля на основе сверточных нейронных сетей и применяется глянцевый шейдер [3] для имитации отражающих поверхностей внутренних органов. Также в моделируемом пространстве располагается камера с заданными оптическими свойствами, соответствующим реальным системам, и источник освещения. Движение камеры задается на основании уравнение Пуассона для имитации кусочно-равномерного движения. Одновременно с камерой движется источник освещения,

при чем их направление и ориентация изменяются в установленных пределах с течением времени. Также предусмотрена возможность ручного задания дополнительных объектов, соответствующих определенным типам заболеваний. Рендеринг и получение видеоряда осуществляется на основе метода трассировки лучей стандартными возможностями движка рендеринга V-Ray.

Моделирующая среда является удобным средством проверки качества модели, так как позволяет осуществлять сравнение координат всех ключевых точек, положения и ориентации всех камер. В качестве критерия качества реконструкции могут быть использованы среднеквадратичные ошибки оценки координат ключевой точки, координат положения камеры и углов ориентации камеры. Поскольку ошибки являются взаимозависимыми и отражают разные величины, в качестве итогового критерия может использоваться некоторая взвешенная сумма, в которой веса каждой ошибки подбираются исходя из важности определения конкретного параметра для итоговой модели. Недостатком такого подхода является невозможность оценки качества реконструкции по абсолютному значению. С другой стороны, полученный критерий может использоваться для сравнения результатов реконструкции по двум различным алгоритмам, либо для сравнения влияния отдельных параметров алгоритма на точность итоговой реконструкции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка качества трехмерной реконструкции по нескольким снимкам является нетривиальной задачей. Для решения этой задачи может использоваться сравнение с результатами известных измерений или параметров ориентирования камеры, однако, в отдельных задачах такая информация может быть недоступна. Для решения этой задачи предложено использовать моделирующую среду, позволяющую осуществлять визуализацию сцены с известными пространственными характеристиками, которые в дальнейшем могут использоваться для оценки качества реконструкции по снимкам, полученным из визуализированной сцены. Моделирующая среда позволяет рассматривать отдельные параметры алгоритма и исследовать их влияние на точность итоговой реконструкции, а также определять устойчивость алгоритма к различным характеристикам сцены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Luhmann, T. Close-range photogrammetry and 3D imaging / T. Luhmann, S. Robson, S. Kyle, J. Boehm // De Gruyter STEM: 2nd ed. – 2014. – 684 p.
2. Liao, D.-H. Gastrointestinal tract modelling in health and disease / D.-H. Liao, J.-B. Zhao, H. Gregersen // WJG. – 2009. – Vol. 15, № 2. – P.169
3. Bailey, M. Graphics shaders: theory and practice / M. Bailey, S. Cunningham. – CRC Press: 2nd ed., – 2012. – 490 c.