

ТРЕХМЕРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ СЦЕН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ ОДНОВРЕМЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ

М. Н. Курочкин

*Белорусский государственный университет, г. Минск;
tak7kirochkin@gmail.com; науч. рук. – Е. А. Головатая*

В данной статье исследуется качество трехмерной реконструкции сцены при различных параметрах и условиях съемки. Построение моделей производилось при помощи программного продукта 3DF Zephyr по самостоятельно сделанным фотоснимкам. Статья содержит описание разработанной системы оценивания качества реконструкции сцен. Также описаны выявленные зависимости между качеством моделей и условиями съемки. Предложены наиболее оптимальные условия съемки для реконструкции трехмерных сцен.

Ключевые слова: трехмерная реконструкция сцен; система оценивания качества моделей; 3DF Zephyr; условия съемки.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день системы виртуальной реальности и трехмерные изображения широко распространены и используются во многих сферах человеческой деятельности. Реалистичность сцен, которые мы видим, находясь в подобных системах, зависит от качества размещенных на ней объектов. Однако не определено, при каких условиях, параметрах и степени соответствия, модель объекта является его полным аналогом и обладает всеми свойствами данного объекта [1].

При наличии системы оценивания качества реконструкции сцен возможно достигнуть большей степени автоматизации процесса переноса сцен в виртуальную реальность, что положительно скажется на времени построения сцен и их качестве [2].

Таким образом, целью данной научной работы является исследование качества трехмерной реконструкции сцены при различных параметрах и условиях съемки. Для достижения данной цели в работе были поставлены следующие задачи:

- Определить исследуемые параметры сцен;
- Подготовить различные сценарии съемки;
- Разработать систему оценивания качества реконструкции сцены;
- Выявить зависимости между качеством моделей и условиями съемки;
- Определить наиболее оптимальные условия съемки для реконструкции сцен.

В качестве ключевых параметров съемки, влияющих на результат моделирования, были выбраны освещенность, угол фотографирования, сложность формы объекта и неоднородность его расцветки. Исследовались такие поверхности, как пластик, металл, картон, керамика.

Для определения степени влияния освещенности фотографирование объекта производилось при равномерном освещении и при наличии точечного источника света, направленного на объект с определенной стороны.

Съемка проводилась под углами $85-90^\circ$ и $45-65^\circ$.

Так как исследуемые поверхности изначально имели однородную расцветку, то в целях исследования поверхность объектов выделялась маркерами для увеличения неоднородности расцветки. Построение моделей производилось до и после выделения поверхностей.

ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ

За основу разработанной системы была взята оценочная система, в которой по каждому пункту выставляется оценка, входящая в итоговую величину с соответствующим коэффициентом. Чтобы определить, насколько модель соответствует реальному объекту, была введена численная величина « степень соответствия модели ».

Выделено две группы критериев: геометрические и визуальные. В группе геометрических критериев выделены следующие пункты:

1. Отклонение угла наклона камеры при фотографировании от значения, определенного алгоритмом,
2. Степень совпадения формы реального объекта и его модели,
3. Наличие ошибочных переходов в местах соприкосновения поверхностей,
4. Наличие дефектов модели.

Отклонение угла наклона камеры вычисляется представленным далее способом. При фотографировании с помощью встроенного гироскопа фиксируется угол наклона камеры. При построении модели алгоритмом также вычисляется угол наклона, однако, возможно отклонения от действительных значений. Далее определяется разность соответствующих измерений и вычисляется среднее значение. Так как фотосъемка проводилась без штатива, предполагается, что отклонения до 2° являются измерительной погрешностью, и в случае недостижения установленного порога ставится 1 балл. В противном случае берется отношение порога к среднему отклонению, и оценкой является полученное значение.

Оценка в пункте 2 определяется отношением площади построенной части объекта к его общей площади. Необходимо сравнивать модель и

объект с одного и того же ракурса. Это возможно сделать, так как 3D Zephyr позволяет перейти к виду с точки камеры. Далее модель накладывается на фотоснимок объекта и определяется площадь совпадающей поверхности.

При обнаружении ошибочных переходов от 1 балла отнимается по 0,1 балла за каждый такой переход. Под ошибочным переходом подразумевается некорректное построение места соприкосновения разных поверхностей.

К дефектам следует относить явное несовпадение формы модели и объекта, отсутствие у модели частей объекта, нарушение целостности поверхности. При наличии таких дефектов за данный пункт ставится 0 баллов, в противном случае – 1 балл.

Далее вычисляется взвешенная сумма перечисленных выше оценок с домножением на соответствующие коэффициенты. Так оценка первого пункта умножается на 0,05, второго – на 0,75, третьего и четвертого – на 0,1.

К визуальным критериям относятся верность цветопередачи и точность передачи типа поверхности (далее текстура). Верность цветопередачи в свою очередь оценивается по 6 параметрам: оттенок, контраст, яркость и три составляющих цвета в формате RGB. Для выставления оценки необходимо воспользоваться специализированным программным обеспечением (например, Paint), позволяющим узнать все 6 составляющих пикселя. Так сравниваются значения любых пикселей (желательно, отображающих максимально различные цвета) на фотографии объекта и его модели. Таким образом, взяв отношения соответствующих параметров, можно вычислить среднее отклонение от истинного цвета, что и является оценкой верности цветопередачи.

Текстура оценивается визуальным способом и отражает насколько верно переданы характерные черты и свойства поверхности (прозрачность пластика, блики металла и т.д.).

Обе оценки умножаются на 0,5 и суммируются.

Далее оценки за геометрические и визуальные критерии умножаются на 0,8 и 0,2, так как, в первую очередь, важна именно корректность формы модели. Суммированием полученных значений определяется степень соответствия модели.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Проанализировав построенные модели при разных условиях и параметрах съемки, были сделаны следующие выводы:

1. При росте числа снимков, по которым строится модель, также растет и ее качество. При оптимальных условиях съемки было достаточно 40 снимков для достижения удовлетворительных результатов, т. е. степень совпадения модели превышала 90 %. Однако, стоит отметить, если объект имеет простую геометрическую форму и неоднородную раскраску, то может быть достаточно 20 и более снимков.

2. Наиболее высокая степень совпадения моделей достигалась при угле фотографирования 45–65°. Это можно объяснить тем, что при таком угле наклона камеры, как правило, можно наблюдать 3 и более сторон объекта, что, в свою очередь, позволяет лучше оценить его геометрию и правильно соотнести ключевые точки на снимках.

3. Положительно сказывается на качестве модели и неоднородность раскраски. В таком случае, алгоритм способен детектировать большее число ключевых точек.

4. Наличие точечного источника света незначительно улучшало качество моделей, а для таких поверхностей как металл и керамика и вовсе не давало никакого эффекта.

Таким образом, по результатам проведенного моделирования можно выявить наиболее оптимальные условия съемки: равномерное освещение, неоднородность раскраски объекта, небольшой угол наклона камеры (45–65°), не менее 7–10 фотографий каждой из сторон объекта, а также желательным является фиксированный угол и высота фотосъемки.

Библиографические ссылки

1. Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging / T. Luhman [et al.]. Berlin, 2013.
2. *McGlone J. C.* Manual of Photogrammetry. Bethesda, 2013.