

УДК 004.4

## МЕТОДЫ ВЫРАВНИВАНИЯ В ЗАДАЧАХ РЕГИСТРАЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЛАКОВ ТОЧЕК

Лосева П.С. (Университет ИТМО), Меженин А.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., Меженин А.В. (Университет ИТМО)

В данной работе рассматривается одна из актуальных областей регистрации облаков точек (Point Clouds). Предполагается, что представленная модель алгоритма совмещения облаков ICP (Iterative Closest Point) с оптимизацией в виде модифицированной метрики Хаусдорфа поможет получить более качественное облако точек. Главной задачей работы является создание программы, которая включается в себя построение облаков точек по исходным 2D изображениям, возможность калибровки камеры, на которую производится съемка, а также регистрацию облаков и возможность восстановления необработанных данных.

**Введение.** В настоящее время для синтеза виртуальной среды используются различные методы, такие как моделирование в программах компьютерной графики и моделирование средствами фотограмметрии. Одним и наиболее перспективным подходом является метод представления объектов пространства в виде облаков точек различной плотности. Данные для построения облака точек могут быть получены с помощью сканирования 3D-объектов специальными устройствами, а также в результате обработки данных оптического сканирования.

Регистрация облаков точек позволяет объединять части локальных реконструкций в единую модель, что дает возможность получить более качественную (точную) трехмерную модель в виде облака точек. Все это говорит об актуальности работ в данной области. Первым методом регистрации именно трехмерных форм был представлен П. Дж. Беслом и Н. Макеем в 1992 г. Представленный алгоритм Iterative Closest Point (ICP) до сих пор используется в различных оптимизированных формах. Алгоритм ICP стал доминирующим методом выравнивания трехмерных моделей исключительно на основе геометрии, а иногда цвета и сеток. Данный алгоритм способен выполнять преобразования, находя матрицу вращения  $R$  и вектора перемещения  $T$ , которые в свою очередь выравнивают облака точек  $X$  и  $Y$ .

Для повышения точности работы алгоритма используются различные метрики расчета расстояний. Одной из таких метрик является метрика Хаусдорфа, представленная впервые в 1937 г. Ф. Хаусдорфом. Модифицированное расстояние Хаусдорфа (МНД) имеет наилучшую производительность для сопоставления объектов и обладает рядом свойств: значение монотонно увеличивается по мере увеличения количества различий между двумя наборами краевых точек, а также устойчива к точкам выбросов, которые могут возникать в результате ошибок сегментации.

**Основная часть.** Ранее разработанные алгоритмы с использованием базовой модели ICP для различных наборов точечных данных анализируют недостатки и возможности для улучшения. Исходя из этих параметров, алгоритм оптимизируется по эффективности и производительности. Однако исходные облака точек уже готовы, а не генерируются авторами самостоятельно.

В представленной работе предлагается модель ICP для набора данных с оптимизацией в виде модифицированной метрики Хаусдорфа, реализованной в виде отдельной  $m$ -функции в MATLAB. Цикл разработанной программы включает в себя построение облаков точек по исходным 2D изображениям, регистрацию облаков, процесс калибровки камеры, а также аппроксимацию данных с целью восстановления необработанных данных. При разработке использовано следующее ПО: MATLAB (в качестве основной среды разработки) и его приложение Camera Calibrator App, а также CloudCompare, Agisoft Metashape.

Внутренние и внешние параметры камеры были получены с помощью Camera Calibrator App. По 4 исходным изображениям были построены 2 облака точек, которые затем соединялись при помощи ИСР алгоритма и модифицированной метрики. Помимо этого, была протестирована работа Евклидовой метрики и обычной (оригинальной) метрики Хаусдорфа. В результате модифицированная метрика Хаусдорфа оказалась более устойчива к выбросам, монотонно увеличиваясь по мере уменьшения сходства между двумя наборами данных, оказавшись лучшим вариантом для расчета метрики сходства.

Части необработанных данных в результирующем облаке точек были восстановлены с помощью интерполирования с использованием сглаживающего фильтра Савицкого-Голея.

**Выводы.** Разработанный алгоритм имеет преимущество над ранее исследуемыми, поскольку включает в себя большой набор решаемых задач: построение, регистрацию и выравнивание трехмерных облаков точек, строящихся по входным двумерным изображениям; определение параметров камеры, на которую производится съемка, а также возможность восстановления разрывов при помощи сглаженного интерполирования данных. Благодаря использованию модифицированной метрики Хаусдорфа, совмещаемые облака точек представляют более качественную и точную трехмерную модель исследуемого объекта.

Лосева П.С. (автор)

Подпись

Меженин А.В. (научный руководитель)

Подпись