

УДК-004.8

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗ ДВУМЕРНЫХ ПРОЕКЦИЙ

Власов Глеб Геннадьевич

Пушкарев Павел Сергеевич

студенты

Научный руководитель: **Городничев Михаил Геннадьевич**

МТУСИ, к.т.н., доцент кафедры МКиИТ

Аннотация: В статье рассматривается механизм восстановления 3D моделей дефектов дороги для интеллектуальной системы мониторинга состояния дорожного полотна. Описывается применение камер глубины и автоматизированной системы фотограмметрии для получения облака точек и дальнейшего преобразования в 3D модель.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, нейронные сети, компьютерное зрение, облако точек, 3D реконструкция, фотограмметрия.

DEVELOPMENT OF A MODULE FOR RECONSTRUCTION OF THREE-DIMENSIONAL MODELS FROM TWO-DIMENSIONAL PROJECTIONS

Vlasov Gleb Gennadyevich

Pushkarev Pavel Sergeyevich

Scientific supervisor: **Gorodnichev Mikhail Gennadyevich**

Abstract: The article discusses a mechanism for restoring 3D models of road defects for an intelligent road track monitoring system. It describes the use of depth cameras and an automated photogrammetry system to produce a point cloud and then transform it into a 3D mesh.

Key words: Artificial intelligence, neural networks, computer vision, points cloud, 3D reconstruction, photogrammetry.

Согласно статистике, скорость разрушения российских дорог значительно превосходит скорость их ремонта. Плохое состояние дорожного

полотна влияет на снижение трафика, увеличение стоимости перевозок, рост количества ДТП. Одним из возможных вариантов решения данной проблемы является создание автоматизированной системы по анализу состояния дороги, которая поможет оперативно реагировать на запросы, связанные с ремонтом конкретных участков дорог, и снизить затраты на исследования дорожного полотна.



Рис. 1. «Статистика ДТП из-за плохого состояния дорожного полотна»

1. Использование камер глубины

В последние несколько лет активно развиваются технологии RGB-D сенсоров, камер способных снимать видео, в каждом пикселе которого хранится информация не только о цвете, но и о расстоянии до объекта в этой точке. Эти технологии полезны во многих областях: робототехнике, БПЛА, игровых системах, архитектуре, дизайне, реверс-инжиниринге.

Одним из самых популярных представителей подобной системы является камера intel RealSense D455. Расстояние между датчиками глубины — 95 мм, у всех датчиков одинаковый угол обзора, по сравнению с предыдущими моделями. Разрешение RGB сенсора — 1280×800 пикселей, разрешение 3D данных — 1280×720 точек, оптимальная дальность до 6 метров, а скорость потока — до 90 fps. Погрешность расчётов глубины в диапазоне 4 метров составляет менее 2%.



Рис. 2. «Камера глубины Intel RealSense D455»

Создание карты глубины основано на работе стереоскопического зрения человека — зная расстояния между объективами, можно определить расстояние до каждой точки изображения, находя различия в снимках. Делаем 2D проекцию в 3D, выравниваем карту глубины для корректного наложения цвета, рассчитываем координаты в трёхмерном пространстве.



Рис. 3. «Карта глубины для RGB фотографии»

В нашей системе предполагается использование двух камер RealSense, так как при большой скорости движения автомобиля могут возникать артефакты и информации с одной камеры может не хватить для удовлетворительного качества облака точек.

В первой итерации системы для анализа полученных данных мы использовали программу Cloud Compare, это достаточно удобный инструмент для обработки больших облаков точек, который поддерживает множество форматов. Это программа предоставляет возможность редактировать облака, обрабатывать их на GPU, производить статические расчеты, сегментировать объекты, при необходимости генерировать октодеревья.

Октодеревья — это один из способов оптимизации масштабных сцен (как правило в трёхмерном пространстве), часто применяется в игровой индустрии.

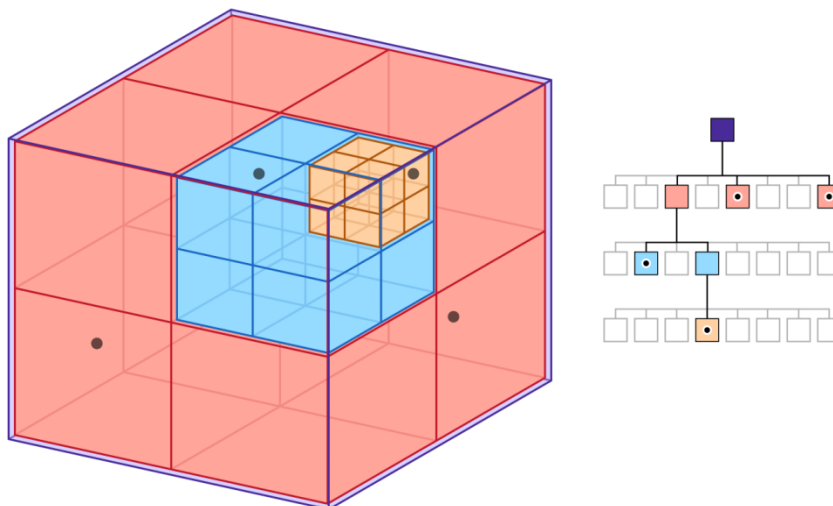


Рис. 4. «Структура октодерева»

Проведя множество практических экспериментов, мы поняли, что скорости работы и качества визуализации алгоритмов, предоставляемых оригинальным программным обеспечением недостаточно, мы столкнулись с проблемой, что машина проезжала маршрут в несколько десятков километров и нам приходилось восстанавливать много ненужных объектов: участки дорог, на которых не было повреждений, части домов и т. п. Мы тратили слишком большие объемы памяти на хранение ненужных данных.



Рис. 5. «Применение открытого ПО»

Было принято решение разработать эффективный метод сбора и обработки данных, который позволит оптимизировать хранение метаданных с камеры и восстанавливать необходимый участок дороги, который был помечен детектором как дефектный.

2. Автоматизированная система фотограмметрии

Фотограмметрия — это способ создания 3D моделей из нескольких фотографий одного и того же объекта с разных ракурсов. Сначала мы реализовали стандартный процесс фотограмметрии. Взяли фреймы необходимого объекта, наложили маски на нужные области и начали строить разреженное облако точек на основании этих фотографий. Реализовали алгоритм оценки качества изображения. Фотографии считаются хорошими, когда между пикселями присутствует высокий контраст. Основываясь на спроектированных положениях камер строим плотное облако точек.

Далее необходимо преобразовать облако точек в трёхмерную полигональную модель, создать вспомогательные текстуры/карты: normal map, ambient occlusion, roughness, albedo. Для удобной визуализации следует оптимизировать модель, уменьшить количество полигонов.

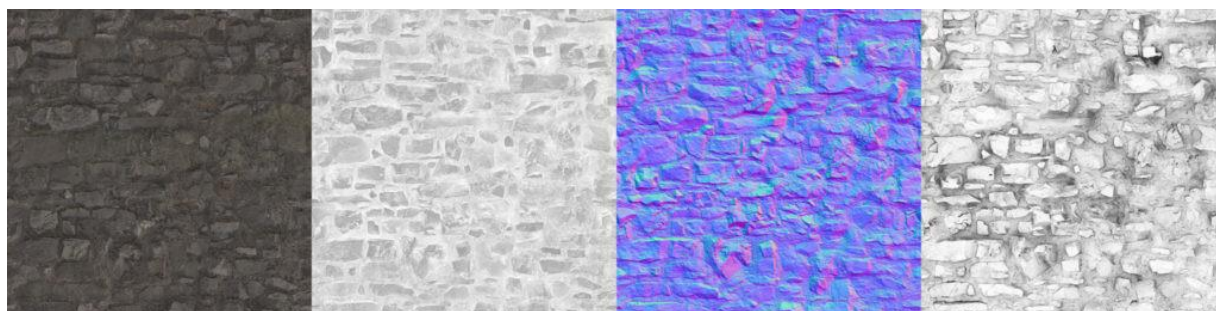


Рис. 6. «Набор текстур»

Альтернативным решением оказался быстро развивающийся и очень мощный способ получения хорошей 3D модели из нескольких фотографий — Neural Volume Rendering. Этот набор методов позволяет использовать плотность и радиальные поля для построения трёхмерной поверхности.

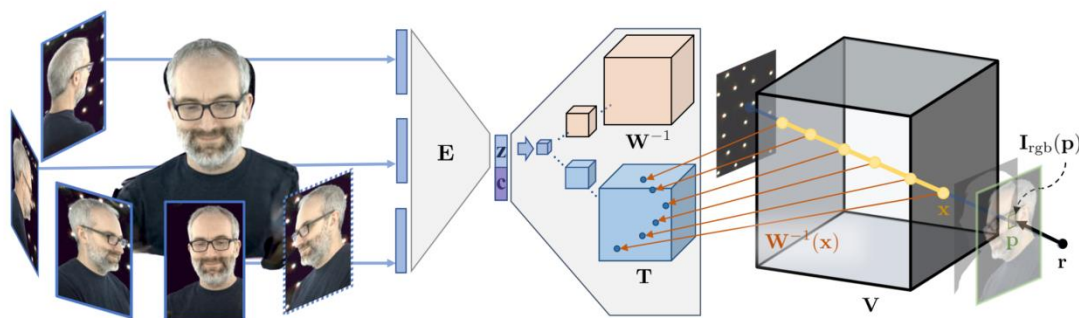


Рис. 7. «Neural Volume Rendering»

Использование нейросетевых алгоритмов для 3D реконструкции позволило добиться невероятного качества модели. Информация о глубине некоторых пикселей позволила значительно улучшить работу системы. У нас также осталась возможность строить облако точек при необходимости, и мы избавились от большого количества ненужных данных.



Рис. 8. «Результат работы новой версии системы»

3. Результат

Благодаря хорошему качеству 3D модели появилась возможность рассчитывать необходимые параметры дефектов дорожного полотна: длину, ширину и даже объем. Эта система позволяет полностью автоматизировать процесс сбора и обработки информации о состоянии дороги, при этом её можно установить на любой автомобиль.

В перспективе эту технологию можно доработать до полномасштабной системы цифровой паспортизации, возможно будет получать 3D модель не только дефектного участка дороги, но и всего пути по которому проехал автомобиль. Цифровой двойник улицы, района или даже целого города можно использовать в симуляторах для изучения влияния различных ситуаций на трафик или прогнозировать строительство новых дорог и т.д.

Список литературы

1. A Simplified Computer Vision System for Road Surface Inspection and Maintenance - Marcos Quintana, Juan Torres, and José Manuel Menéndez.
2. Image-based 3D Object Reconstruction: State-of-the-Art and Trends in the Deep Learning Era - Xian-Feng Han*, Hamid Laga*, Mohammed Bennamoun Senior Member.
3. Multiview Neural Surface Reconstruction by Disentangling Geometry and Appearance – Lior Yariv, Yoni Kasten, Dror Moran, Meirav Galun, Matan Atzmon, Ronen Basri, Yaron Lipman.

4. Volume Rendering of Neural Implicit Surfaces - Lior Yariv, Yoni Kasten, Yaron Lipman, Jiatao Gu.
5. M. Oechsle, L. Mescheder, M. Niemeyer, T. Strauss, and A. Geiger. Texture fields: Learning texture representations in function space.
6. Pavement Crack Detection from Mobile Laser Scanning Point Clouds Using a Time Grid - Mianqing Zhong, Lichun Sui, Zhihua Wang, Dongming Hu.