Оценка глубины сцены из стереоснимков, полученных с помощью смартфонов, для 3D-реконструкции

Ахметьянов Азат, группа 18.Б11-мм

4 июня

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Ю. В. Литвинов
Рецензент: Научный сотрудник, Сколтех А. В. Артемов
Консультант: инженер-исследователь, Сколтех А. В. Корнилова

Кафедра Системного Программирования
СПбГУ 2022

3D-реконструкция

Области применения

- Оцифровка предметов, людей
- Дополненная реальность

Использование смартфонов

- Приложения для 3D-сканирования — polycam [1], scandy pro [2]

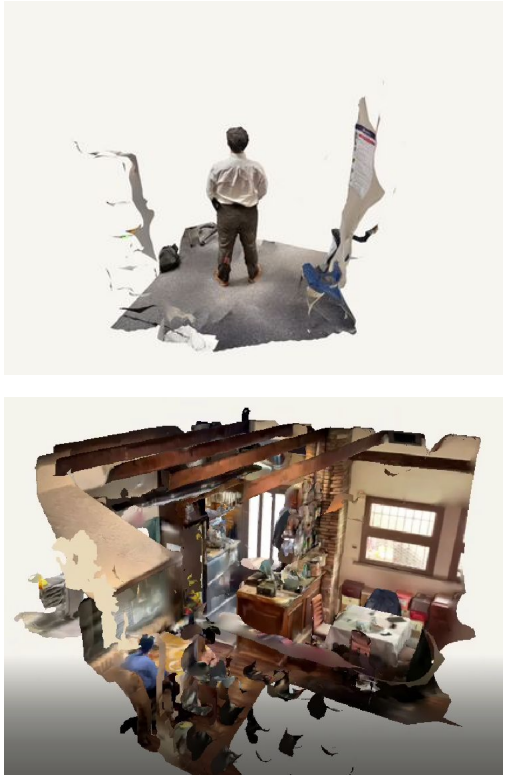


Рис. Примеры сканов из приложения Polycam [1]

[1] https://poly.cam/
[2] https://www.scandy.co/apps/scandy-pro

Глубина изображения на смартфонах

Карта глубины — пиксели выражают дистанцию

- **Датчики глубины** установлены на ограниченном наборе устройств (> $800)

Методы с RGB-камерой

- **Structure from Motion** [3]
- **Методы с глубоким обучением** ограничены вычислительными способностями смартфонов

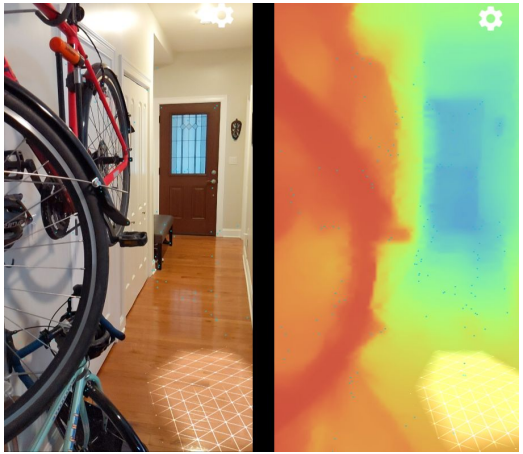


Рис. ARCore от Google, использующий structure from motion, источник [4]

[3] https://en.wikipedia.org/wiki/Structure_from_motion
[4] https://developers.google.com/ar/develop/depth

Глубина из синхронизированных кадров смартфонов

Два смартфона выступают в качестве стереокамеры

Проблемы

- Синхронизация съемки
- Передача снимков и их сопоставление

Рис. Camarada 3D
https://www.tridimensional.info/2018/01/you-can-use-2-smartphones-as-a-powerful-3d-camera-with-camarada/

Преимущества

- Аппаратно требуется только наличие камер
- Возможность менять расстояние между оптическими центрами камер
- Предположительно лучшее качество глубины в сравнении с другими подходами на смартфонах

Цели и задачи

Целью работы является исследование подхода к получению глубины на основе анализа изображений, полученных с камер двух смартфонов (стереопары), по сравнению с другими методами.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**

- обзор методов получения глубины на мобильных устройствах и методов получения синхронизированных кадров с двух смартфонов
- создание тестового набора данных для сравнения алгоритмов получения глубины
- выбор метрик и сравнение методов получения глубины на смартфонах
- реализация выбранного подхода получения глубины из стереопары на мобильных устройствах

Обзор: получение глубины

Монокулярные методы	Стереометоды
Structure from Motion • ***ARCore*** *[5]* Глубокое обучение • ***mobilePyDNet*** *[6]* • *SMART [7]* • *Fastdepth*	• ***SGBM*** — реализован в OpenCV • ***LibELAS*** — открытая реализация, вероятностный подход • *MC-CNN* • *DispNet [8]*

[5] https://developers.googleblog.com/2020/06/a-new-wave-of-ar-realism-with-arcore-depth-api.html

[6] Real-time single image depth perception in the wild with handheld devices, 2021, IEEE Sensors

[7] Knowledge Distillation for Fast and Accurate Monocular Depth Estimation on Mobile Devices, 2021 IEEE/CVF CVPRW

[8] A Large Dataset to Train Convolutional Networks for Disparity, Optical Flow, and Scene Flow Estimation, 2016 CVPR.2016.438.

Обзор: получение синхронизированных снимков с двух смартфонов

- *SocialSync — точность в несколько мс*
- *libsoftwaresync — точность < 1 мс, только фотосъемка*
- ***RecSync*** [9] *— точность < 1 мс, запись видео*

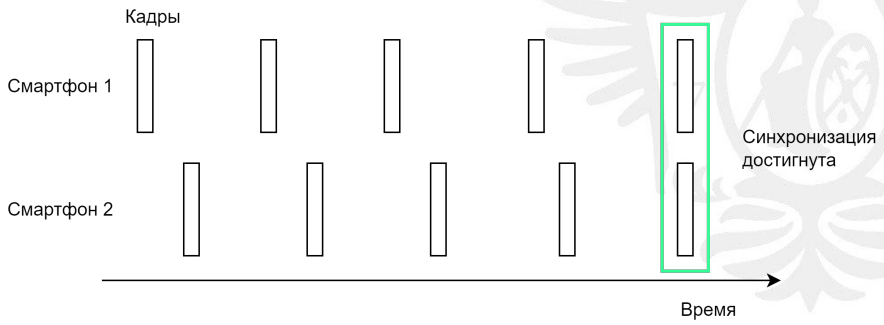


Рис. Иллюстрация метода синхронизации съемки, используемого в RecSync

[9] Sub-millisecond Video Synchronization of Multiple Android Smartphones, 2021, IEEE Sensors Lecture presentation

Стенд записи данных для сравнения методов получения глубины

Требования

- Синхронизация данных
- Запись ARCore
- Сцены с различной дальностью объектов
- Жесткая конструкция

Стенд

- Два смартфона Samsung Galaxy S20
- Датчик Azure Kinect
- Мини-ПК NUC

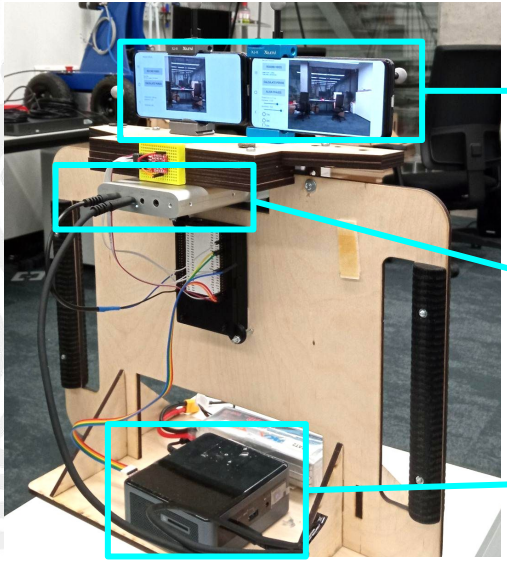
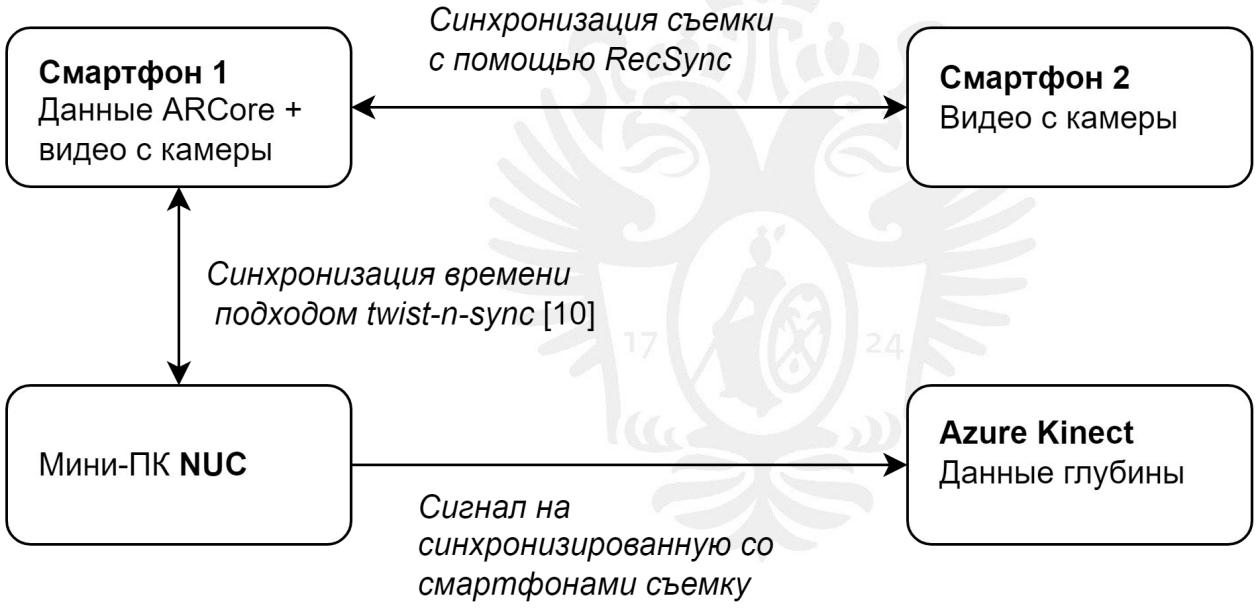


Рис. Стенд для записи

Стенд: синхронизация



[10] https://pypi.org/project/twistnsync/0.1.0/

Тестовый набор данных

- 4 сцены по ~1 мин, 1800 кадров смартфонов, 300 кадров Azure Kinect
- Калибровочные записи
- Различные сценарии обхода (близкий объект, комната, коридор)

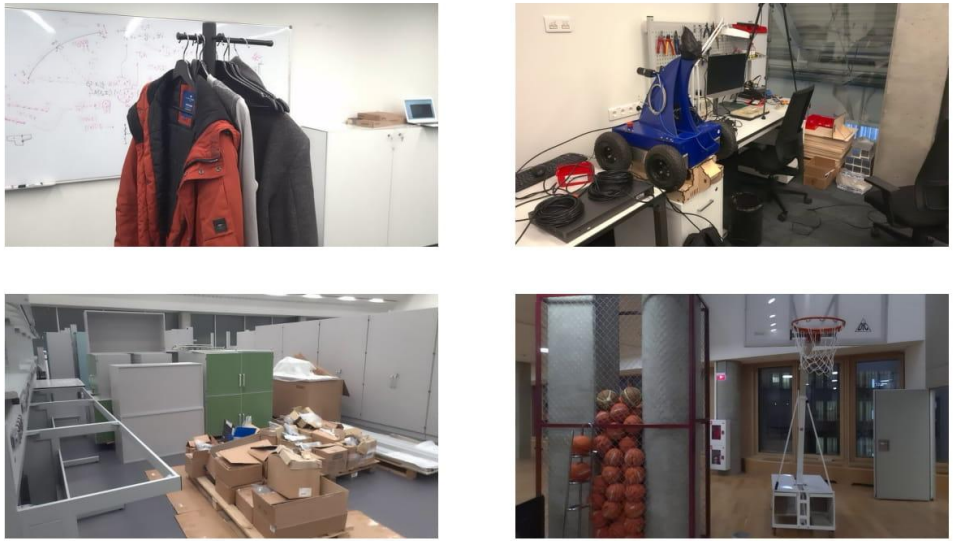
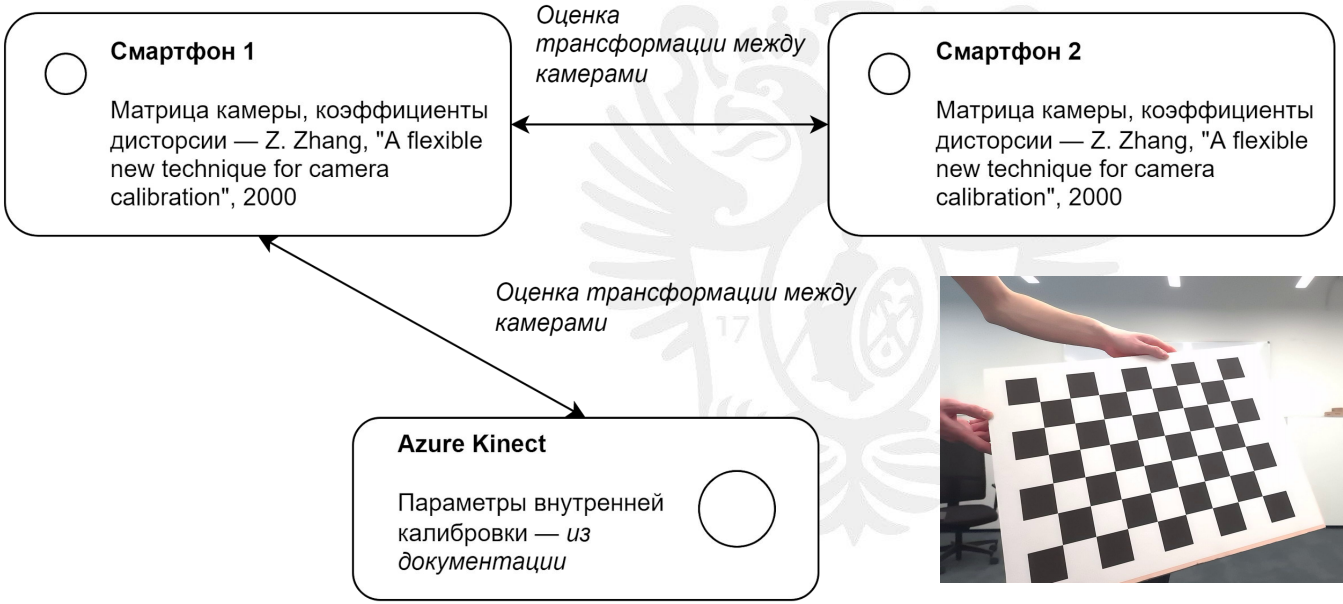


Рис. Сцены тестового набора данных (вешалка, лаборатория, холл, площадка)

Калибровка тестового набора данных

Реализованы скрипты для калибровки системы [7]



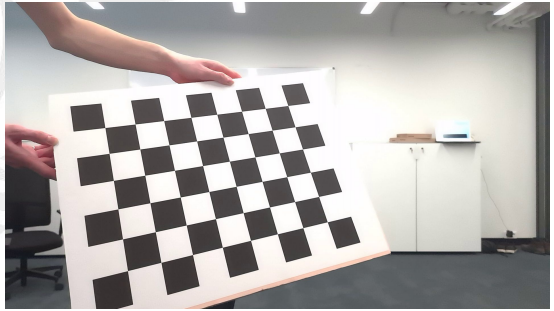


Рис. Пример из калибровочной записи

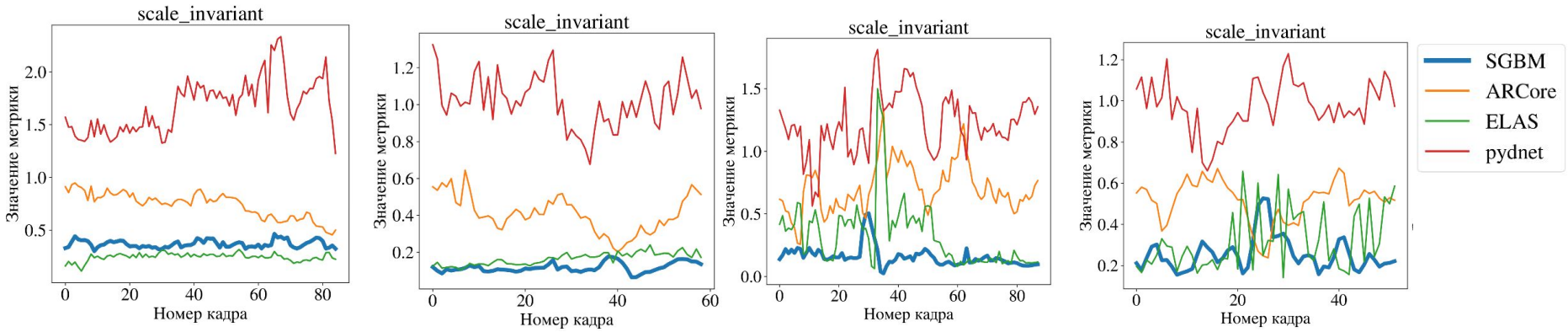
[7] https://github.com/azaat/sm-stereo-toolkit/

Сравнение методов получения глубины

Метрики

- **scale invariant**, sq relative, abs relative

Значение метрики **scale invariant** в течение 4 записей из набора данных:



Вешалка Лаборатория Холл Площадка

Сравнение глубины на 3D-реконструкции

- RGBD реконструкция Sungjoon Choi, Q. -Y. Zhou and V. Koltun, "Robust reconstruction of indoor scenes", CVPR, 2015, реализация в Open3D
- При использовании ARCore (рис. 1) больше неточностей в пропорциях предметов по сравнению с рис. 2

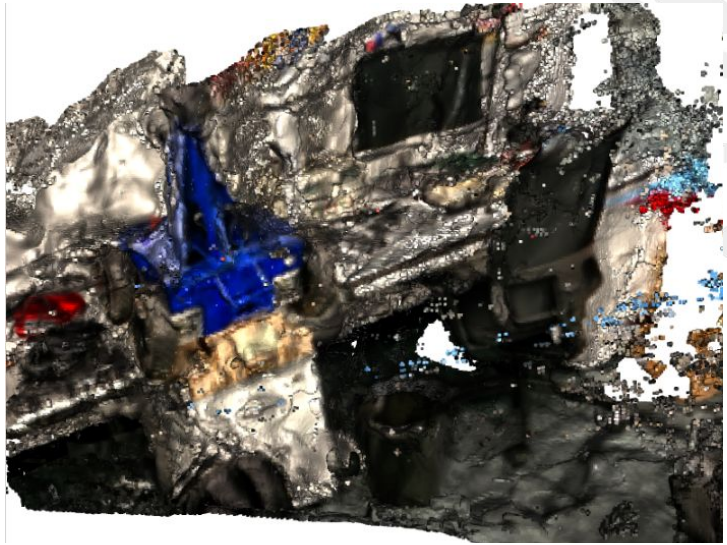


Рис. 1 Глубина из ARCore

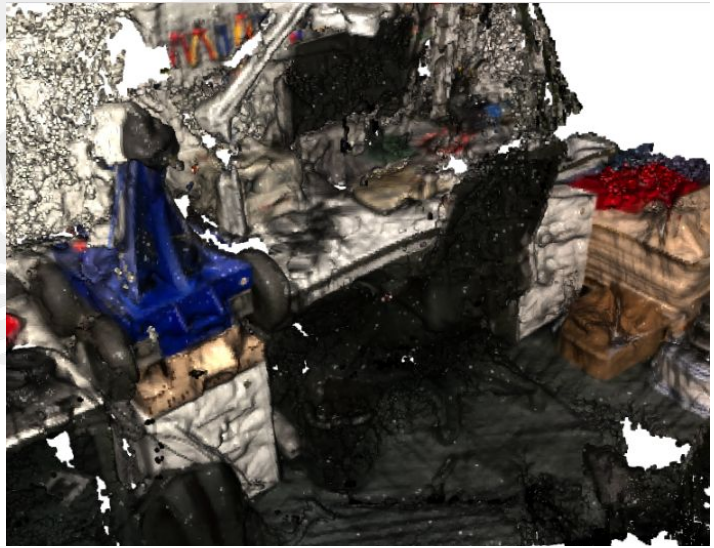
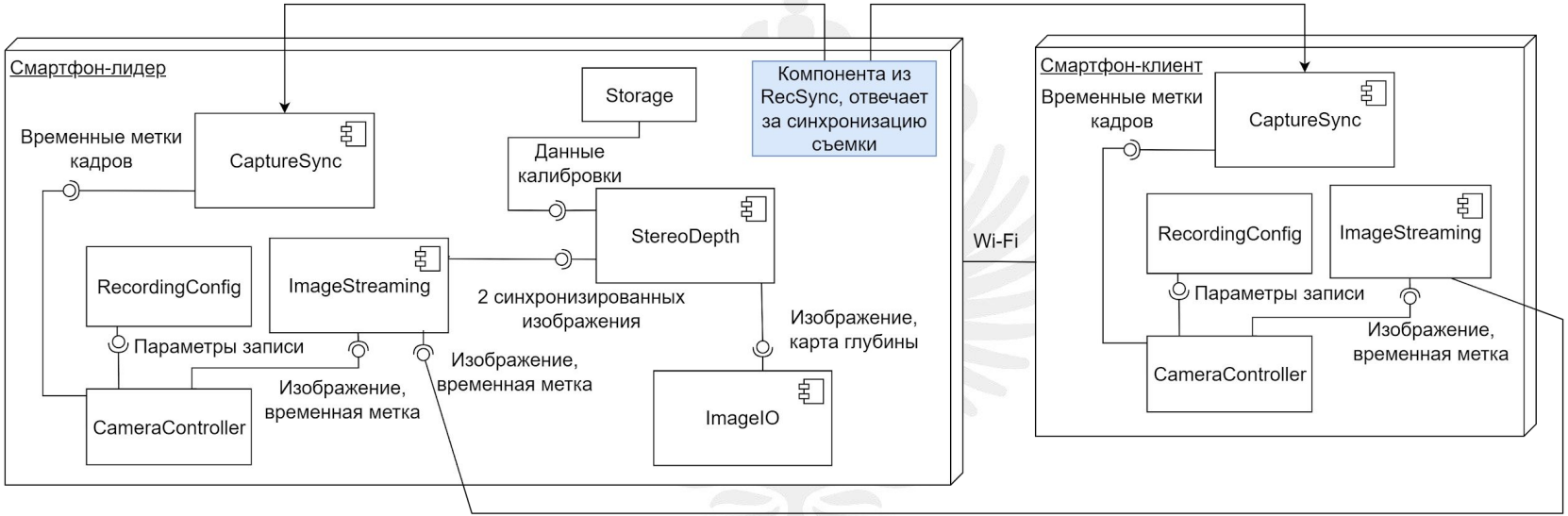


Рис. 2 Глубина по стереоизображениям, SGBM

Реализация подхода на Android



Языки: Java, Kotlin

Видео-демонстрация работы:
https://drive.google.com/file/d/1tMm0lSjr0XL0WdBQa6VoOR12vxEg3MTL/view?usp=sharing

Результаты

- выполнен обзор методов получения глубины на мобильных устройствах и способов получения синхронизированных кадров с камер двух смартфонов
- создан тестовый набор данных для сравнения методов получения глубины
- проведено количественное и качественное сравнение методов получения глубины, в результате сравнения подтверждена перспективность предлагаемого подхода
- выполнена реализация метода получения глубины из стереопары в приложении на мобильных устройствах