

Алгоритмы SLAM с использованием планарных поверхностей

Ярош Дмитрий, группа 21.M05-мм

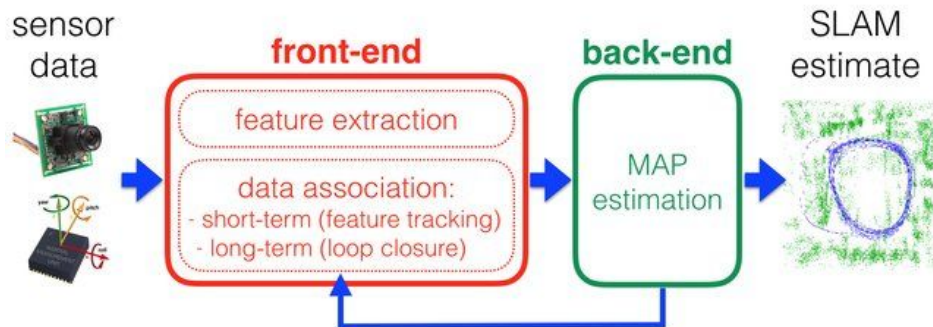
30 декабря

Научный руководитель: Доцент кафедры СП, к.т.н. Ю. В. Литвинов

Консультант: Инженер-исследователь, Сколтех А. В. Корнилова

SLAM

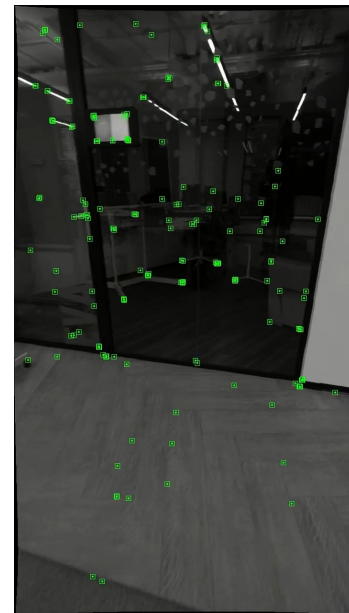
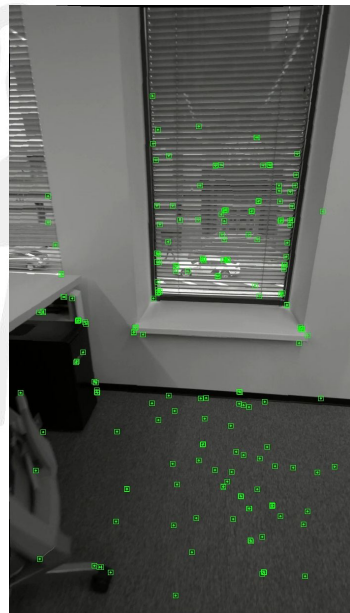
- Локализация и построение карты окружающей местности
- SLAM алгоритмы: фронтенд и бэкенд
- Для работы фронтенда нужны объекты-ориентиры



Общая схема SLAM алгоритма

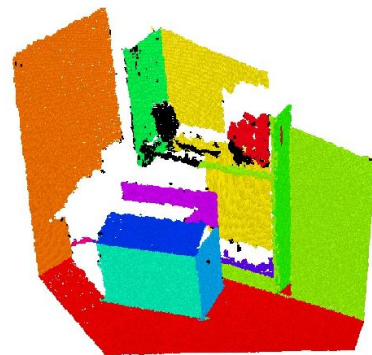
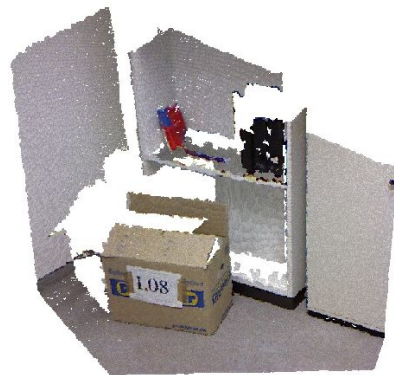
Классические ориентиры в SLAM

- Наиболее популярные ориентиры: ключевые точки из rgb изображений (ORB, SIFT)
- Проблемы:
 - монотонные поверхности
 - изменяющаяся освещенность
 - отражающие поверхности
 - большой объем обнаруживаемых точек
- Недостаток информации от обычных камер



Облака точек и ориентиры-плоскости

- Восприятие окружающего мира в трех измерениях
- Большое разнообразие датчиков
- Ориентиры - **плоскости**
 - Наличие в большинстве окружений
 - Ускорение благодаря малочисленности
 - Использование информации о структуре окружающей среды
 - Независимость от освещенности



Оценка качества работы планарных SLAM

- Существующие работы оценивают только итоговую траекторию
- Все современные SLAM бенчмарки рассчитаны только на оценку системы в целом
- Не существует единого датасета, содержащего данные, собранные с различных видов датчиков с размеченными плоскостями
- Отсутствует единый набор метрик для оценки качества работы алгоритмов детекции и ассоциации плоскостей

Цель работы

Разработать бенчмарк для оценки качества фронтенда и бэкенда планарных SLAM алгоритмов и сравнить существующие решения в данной области с его использованием

Задачи

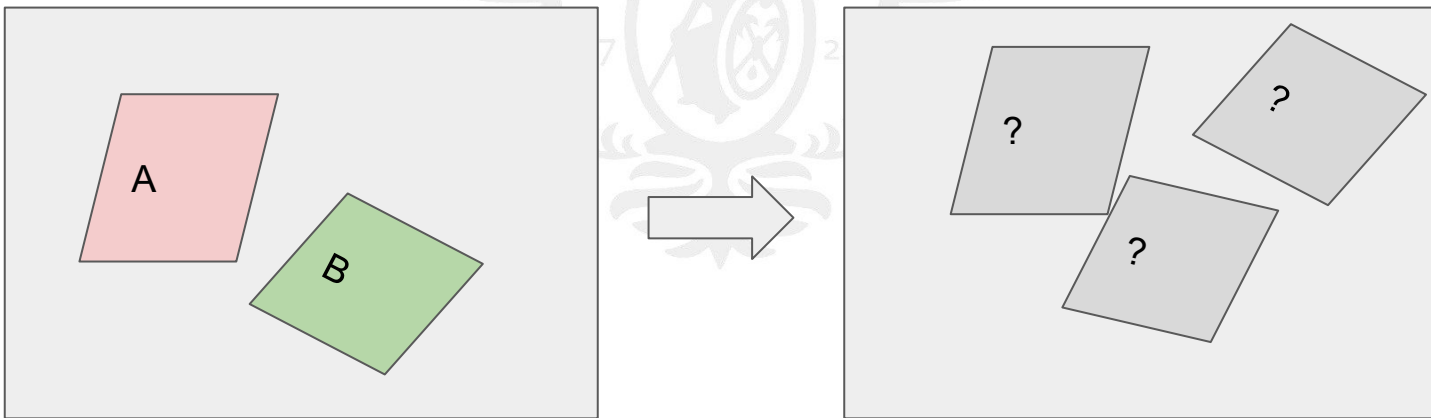
- ✓ Провести обзор существующих SLAM подходов, использующих информацию о плоскостях
- ✓ Провести обзор существующих алгоритмов распознавания плоскостей в облаках точек
- ✓ Провести обзор существующих алгоритмов ассоциирования плоскостей в облаках точек
- ✓ Подготовить датасет с планарными поверхностями для сравнения существующих решений
- Выполнить обзор существующих метрик в данной области и реализовать их в форме библиотеки
- ✓ Сравнить производительность и качество работы алгоритмов распознавания плоскостей
- Сравнить производительность и качество работы алгоритмов ассоциирования плоскостей
 - Сравнить производительность и качество работы SLAM бэкендов, использующих информацию о плоскостях

В прошлом семестре

- Проведен обзор предметной области:
 - Датчики (5 типов)
 - Датасеты (15 представителей)
 - Алгоритмы выделения плоскостей (45 алгоритмов, разделенных на 8 классов, из 90 статей)
 - Алгоритмы ассоциирования плоскостей (представители из 11 статей)
 - SLAM подходы, использующих информацию о плоскостях (13 алгоритмов)
 - Метрики (11 представителей)
- Подготовлен датасет для тестирования алгоритмов с привлечением специалиста-разметчика и студента 2 курса Павла Мокеева
- Реализован фреймворк для тестирования и замеров производительности существующих алгоритмов распознавания плоскостей
- Проведен запуск и сравнение существующих алгоритмов распознавания плоскостей

Ассоциирование плоскостей

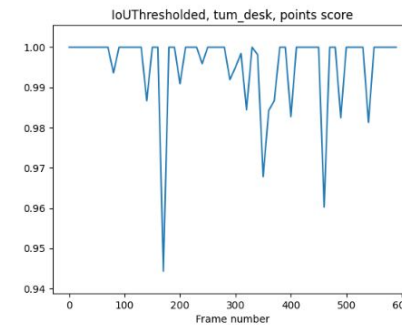
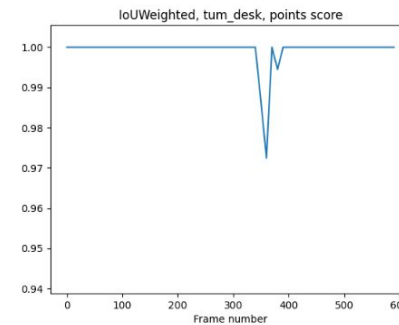
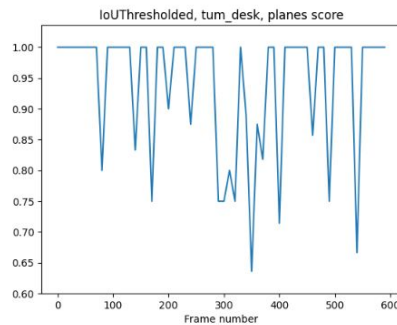
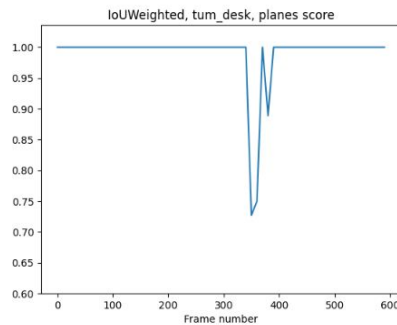
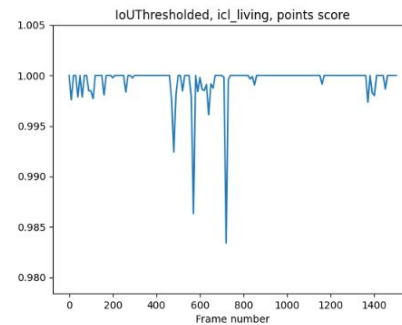
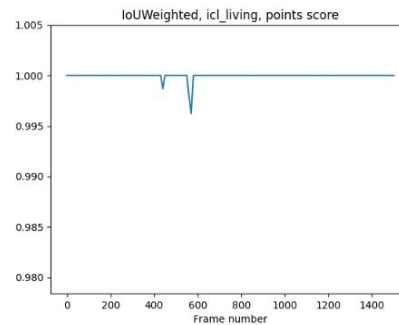
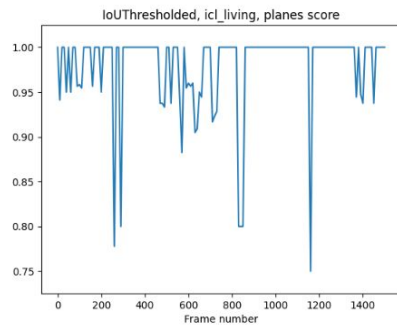
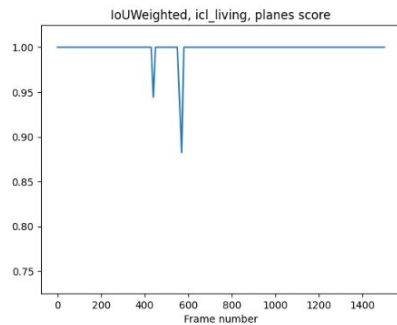
- Критерии для ассоциирования:
 - размер области пересечения
 - IoU (Intersection over Union)
 - угол отклонения нормалей
 - расстояние от начала координат
 - вспомогательная информация (например, инерциальные датчики)



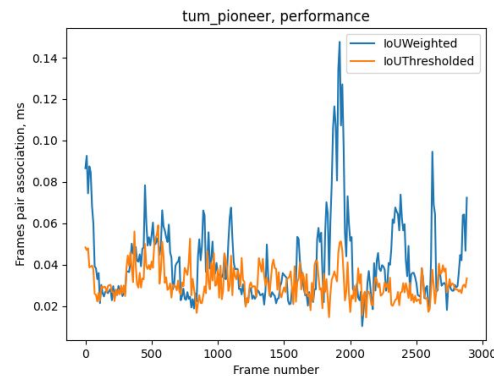
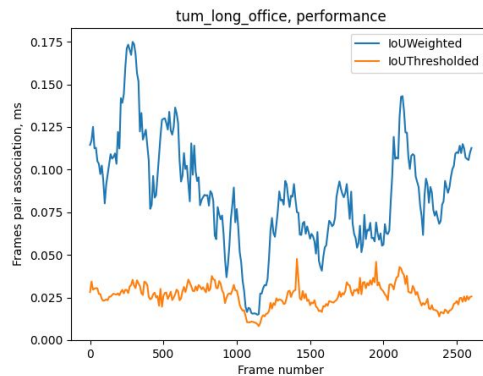
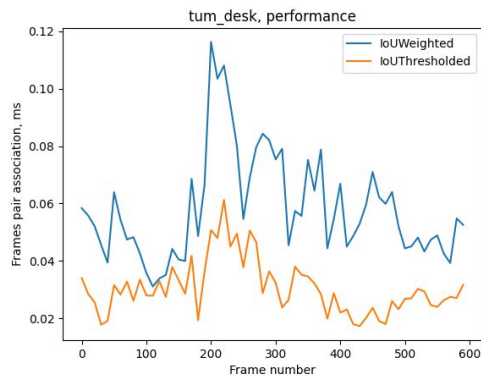
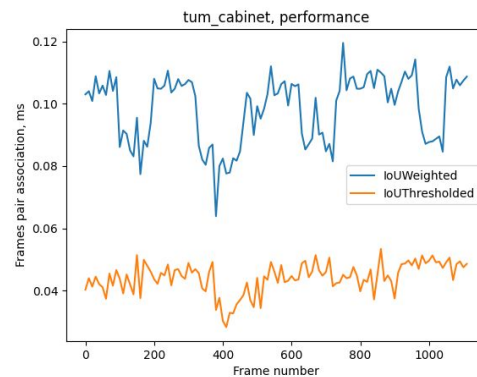
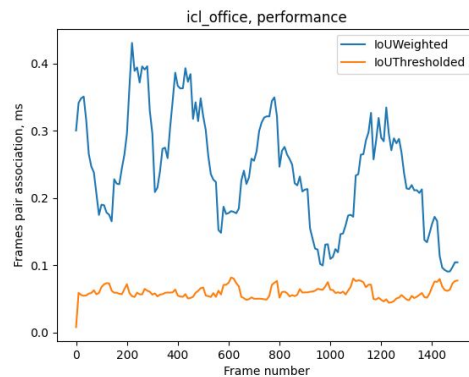
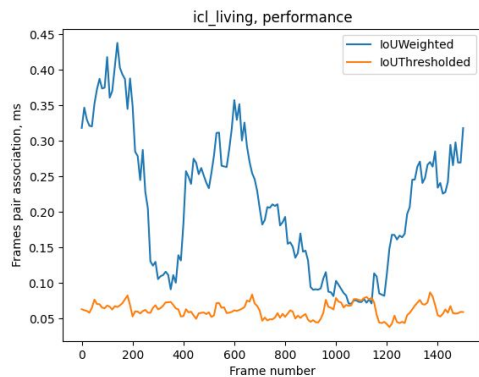
Ассоциирование плоскостей

- Реализовано 2 подхода студентом 3 курса Иваном Москаленко:
 - Подход с использованием взвешенной суммы IoU и вектора нормали (*IoUWeighted*)
 - Подход с использованием фильтрации по разности векторов нормали (*IoUThresholded*)
- Подготовлен бенчмарк для сравнения (<https://github.com/prime-slam/plane-association>)
- Проведено сравнение производительности и качества на бти последовательностях из подготовленного датасета

Ассоциирование плоскостей: качество



Ассоциирование плоскостей: производительность



Библиотека метрик evops-metrics

- Первая версия разработана в рамках курсовой 2 курса Павла Мокеева
- Метрики неполны, доступны только для распознавания плоскостей
- Обновление:
 - Переработаны метрики noise, missed, OSR, USR, mean — использование IoU в качестве критерия совпадения плоскостей
 - Все метрики разделены на 3 группы: instance-based, point-based, general
 - Добавлена адаптация panoptic¹ метрики
 - Добавлены метрики ассоциации плоскостей

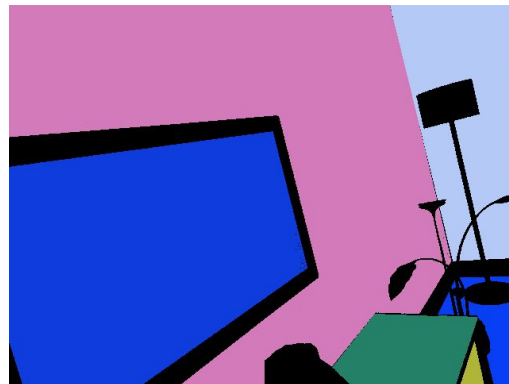
¹ — [Alexander Kirillov, Kaiming He, Ross Girshick, Carsten Rother, Piotr Dollár “Panoptic Segmentation”](#)

Библиотека метрик: instance-based

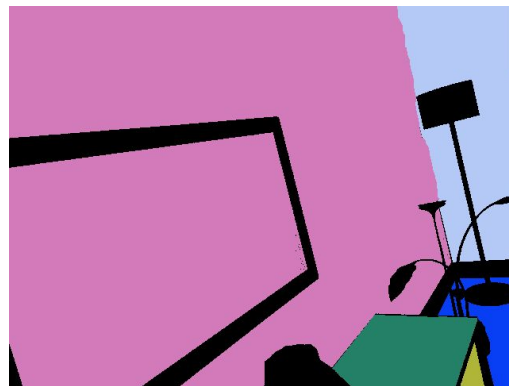
- Показывают точность на уровне плоскостей
- Содержат как классические метрики, так и специализированные

Метрика	Разметка A до обновления	Разметка A после обновления
USR	0.2	0.2
OSR	0.17	0
Missed	0.33	0
Noise	0.2	0

Истинная разметка



Разметка A

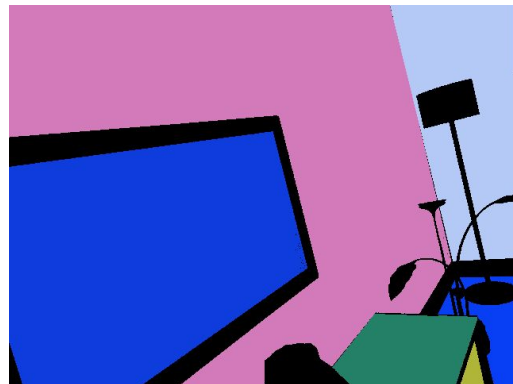


Библиотека метрик: point-based

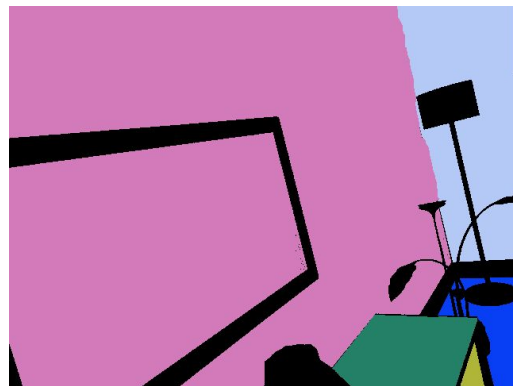
- Показывают точность на уровне пикселей
- Состоят из двух частей: агрегат и функция поточечного сравнения плоскостей

Метрика	Разметка А до обновления	Разметка А после обновления
mean(loU)	0.91	0.99
mean(Dice)	0.94	0.99

Истинная разметка



Разметка А

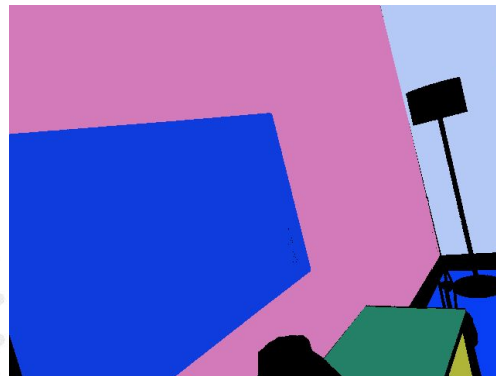


Библиотека метрик: panoptic

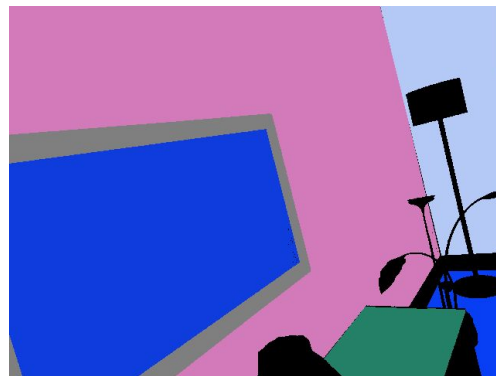
- Объединяет в одном числе plane-based и point-based метрики

Метрика	Разметка А	Разметка Б
<i>Panoptic</i>	0.96	0.83
Mean (IoU)	0.96	1
F-Score	1	0.83

Разметка А



Разметка Б



Библиотека метрик: ассоциации

- Возможность автогенерации истинных ассоциаций по разметке плоскостей

Истинная разметка



Результат ассоциации



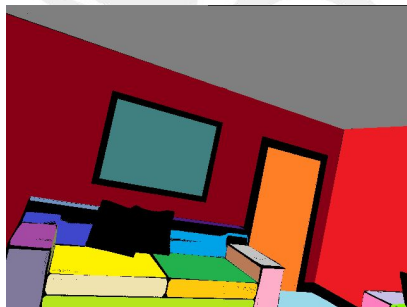
Библиотека метрик: ассоциации

- Возможность автогенерации истинных ассоциаций по разметке плоскостей

Кадр 1



Кадр 2



Метрика	Значение
Уровня плоскостей	0.88
Уровня точек	0.91



Истинная
ассоциация



Результат
ассоциации

Результаты

- Усовершенствованы и расширены метрики в библиотеке evops-metrics
- Проведен запуск и сравнение качества работы и производительности алгоритмов ассоциации плоскостей в облаках точек

