

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет прикладной математики и информатики  
Кафедра многопроцессорных систем и сетей

# РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ НАВИГАЦИИ БПЛА

Дипломная работа  
Пажитных Иван

Научный руководитель:  
Кондратьева Ольга  
Михайловна

# Цель

Исследовать возможность применения камеры дрона для определения текущего местоположения

Решение задачи навигации беспилотного летательного аппарата в условиях отсутствия GPS сигнала

# Постановка задачи

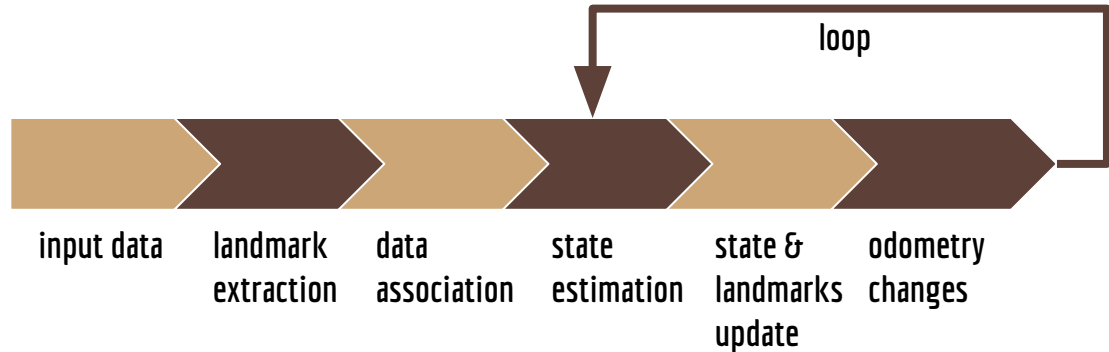
- ❑ Проанализировать алгоритмы компьютерного зрения
- ❑ Исследовать методы построения 3D карты местности
- ❑ Подготовить данные и провести эксперименты
- ❑ Разработать и реализовать приложение, решающее задачу позиционирования БПЛА на 3D карте местности

# Методы построения 3D карты

## ❑ Structure From Motion (SFM)



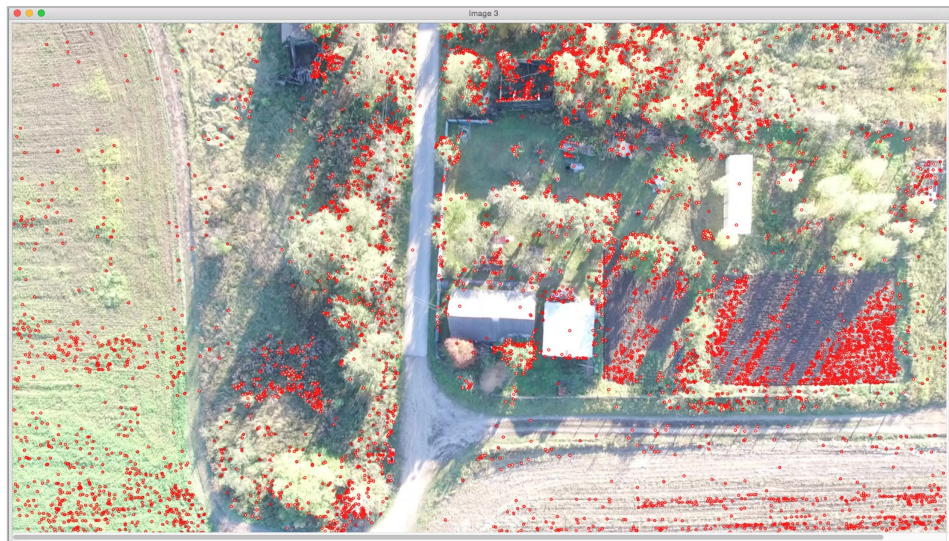
## ❑ Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)



# Особая точка

Свойства:

1. Уникальность
2. Компактность
3. Устойчивость к:
  - Повороту
  - Масштабированию
  - Сдвигу
  - Изменению яркости



# Сопоставление дескрипторов

Дескриптор:

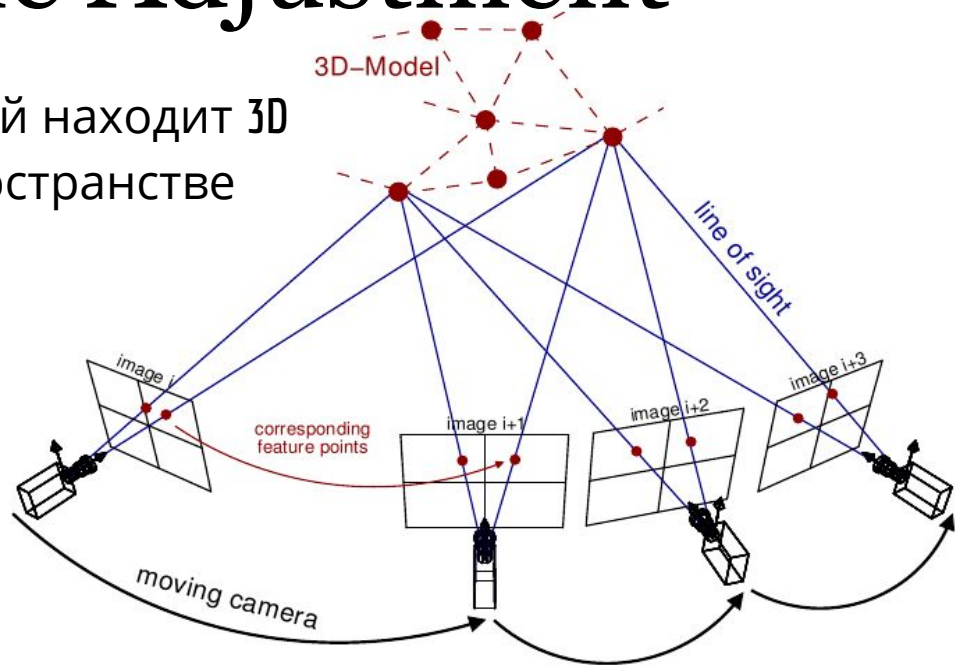
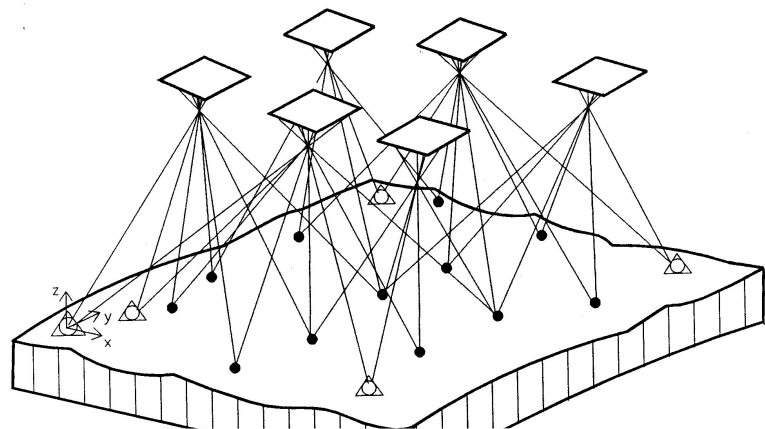
- ❑ Представляет ключевую точку в удобном для сравнения виде
- ❑ Позволяет ввести отношение равенства для изображений

При сопоставлении дескрипторов находятся пары изображений, на которых представлены одни и те же объекты в реальном мире



# Алгоритм Bundle Adjustment

Из системы нелинейных уравнений находит 3D координаты ключевых точек в пространстве



input  
images

feature  
extraction

image  
matching

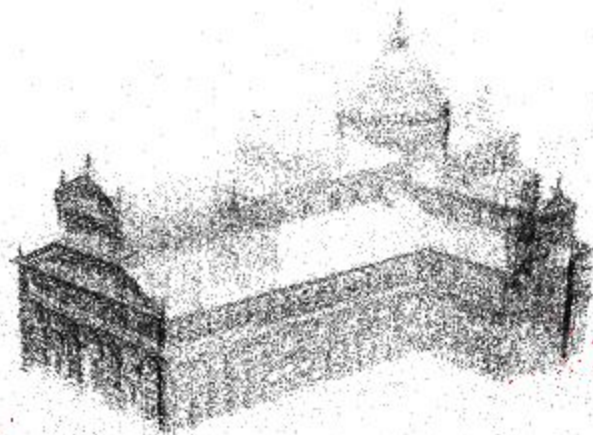
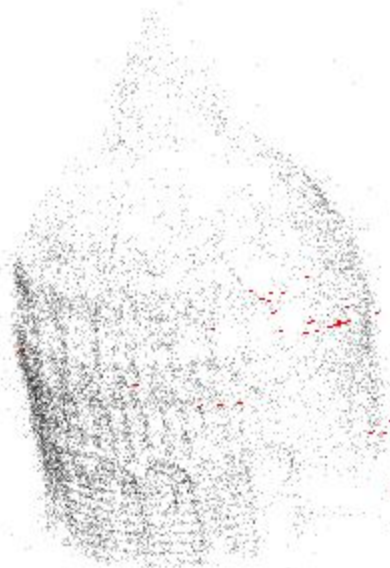
cameras  
estimation

triangulate

Bundle  
Adjustment

reconstruction

# Реконструкция



input  
images

feature  
extraction

image  
matching

cameras  
estimation

triangulate

Bundle  
Adjustment

reconstruction



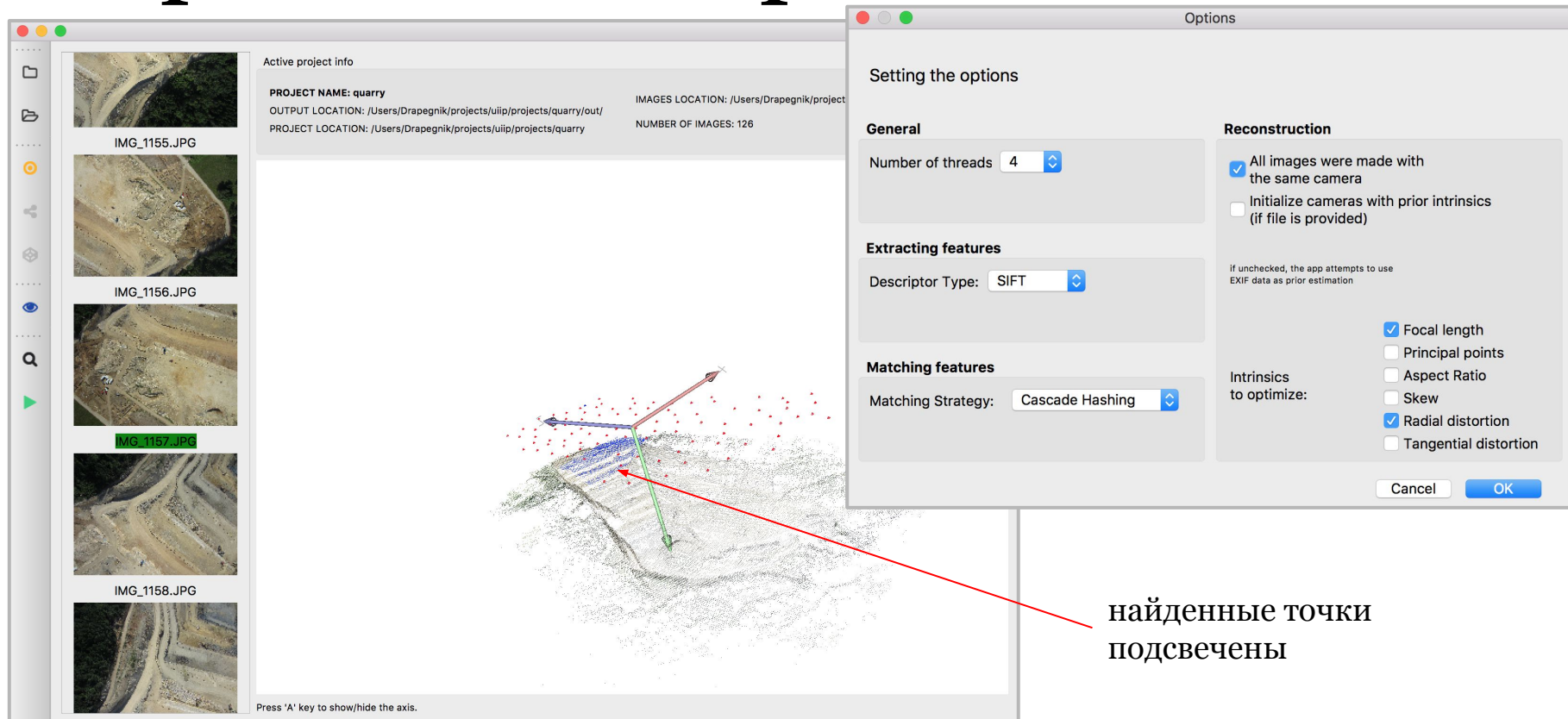


# Разработанное приложение

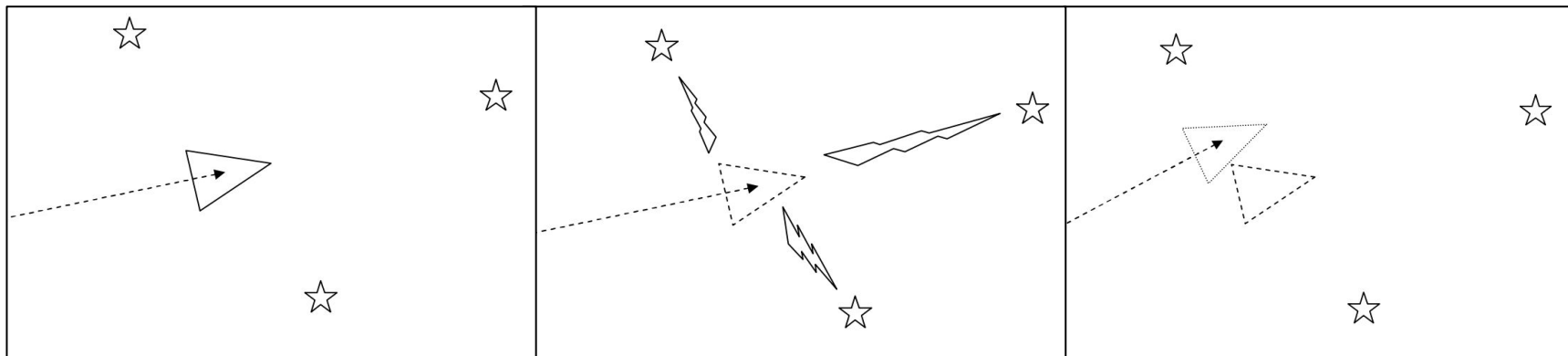
Выполняет процесс Structure From Motion

- ❑ Создание/Открытие проекта
- ❑ Просмотр датасета проекта
- ❑ Построение 3D модели по набору снимков
- ❑ Визуализация построенной модели
- ❑ Поиск снимка на 3D модели

# Разработанное приложение



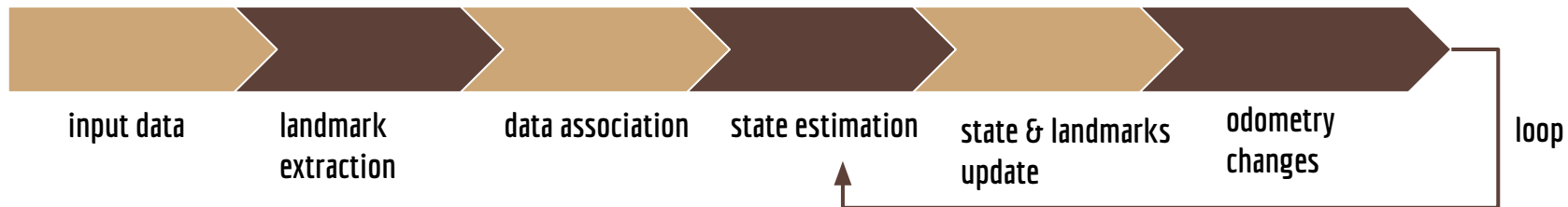
# Пример работы алгоритма SLAM



1. Позиция полученная через одометрию

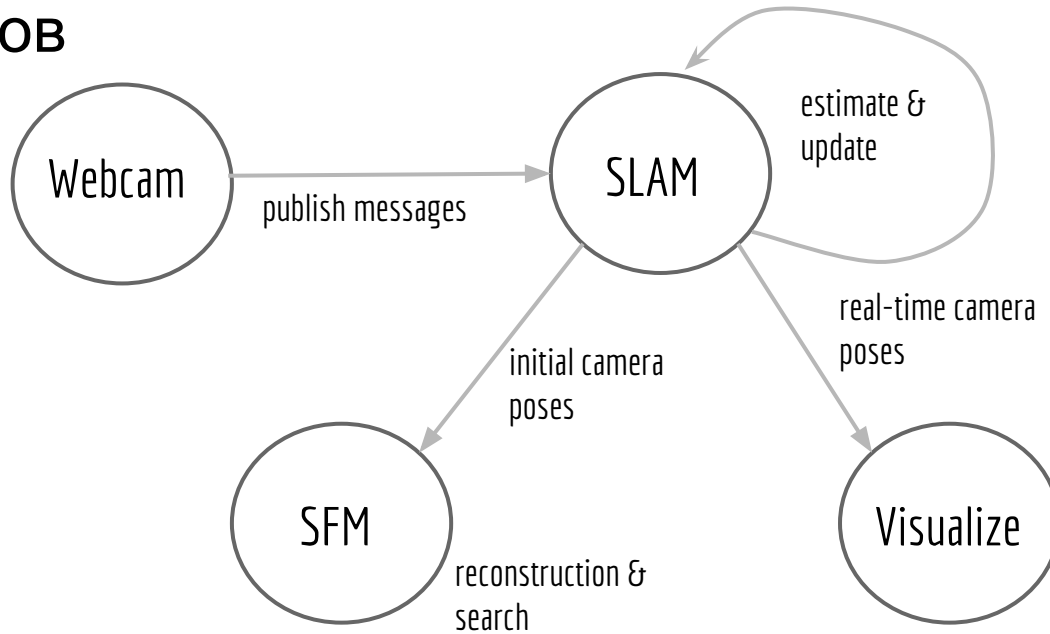
2. Обновление данных об ориентирах

3. Обновление позиции на основе данных с сенсоров

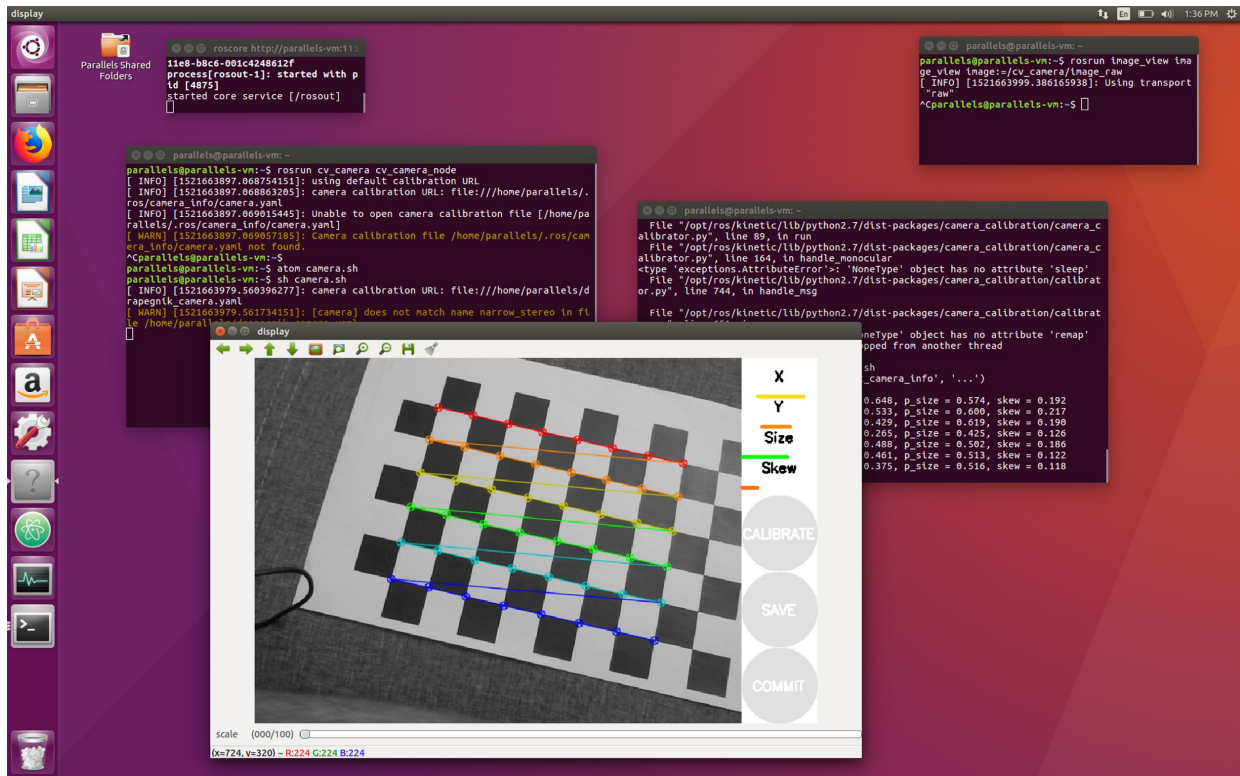


# Robot Operating System (ROS)

Фреймворк для программирования роботов



# Калибровка камеры



## Параметры камеры:

- ❑ Фокусное расстояние
- ❑ Угол наклона
- ❑ Принципиальная точка
- ❑ Коэффициенты искажения

# SLAM + ROS + WEBCAM + SFM

The image displays an Ubuntu desktop environment with several windows open, illustrating a SLAM system in operation. The main window is a terminal with the following content:

```
parallels@parallels-vm:~/projects/ORB_SLAM2
parallels@parallels-vm:~/projects/ORB_SLAM2$ cd projects/ORB_SLAM2/
parallels@parallels-vm:~/projects/ORB_SLAM2$ sh camera.sh
[ INFO] [1521670242.13753558]: camera calibration URL: file:///home/parallels/p
projects/ORB_SLAM2/ost.yaml
[ WARN] [1521670242.138611756]: [camera] does not match name narrow_stereo in fl
ie /home/parallels/projects/ORB_SLAM2/ost.yaml
^C
parallels@parallels-vm:~/projects/ORB_SLAM2$ atom .
parallels@parallels-vm:~/projects/ORB_SLAM2$ sh camera.sh
[ INFO] [1521670272.197823917]: camera calibration URL: file:///home/parallels/p
projects/ORB_SLAM2/ost.yaml
[ WARN] [1521670272.197958480]: [camera] does not match name narrow_stereo in fl
ie /home/parallels/projects/ORB_SLAM2/ost.yaml
```

Below the terminal is a window titled "ORB-SLAM2: Current Frame" showing a laptop screen with a checkerboard pattern and green feature markers overlaid on it. The status bar at the bottom of this window reads: "SLAM MODE | KFs: 44, MPs: 2027, Matches: 342 | [x=563, y=293] - R:27 G:27 B:27".

To the right is a window titled "ORB-SLAM2: Map Viewer" showing a 3D point cloud map. The map consists of red points forming a dense cloud, with a green and blue trajectory track overlaid. The trajectory track is labeled "Trajectory track" and "Cameras". The status bar at the bottom of this window reads: "[x=360, y=0] - R:76 G:32 B:37".

At the bottom left is a terminal window showing ORB Extractor Parameters:

```
parallels@parallels-vm:~/projects/ORB_SLAM2
- p2: 0.002628
- fps: 30
- color order: RGB (Ignored if grayscale)

ORB Extractor Parameters:
- Number of Features: 1000
- Scale Levels: 8
- Scale Factor: 1.2
- Initial Fast Threshold: 20
- Minimum Fast Threshold: 7
Framebuffer with requested attributes not available. Using available framebuffer. You may see visual ar
tifacts.New Map created with 154 points
```

At the bottom right is a window titled "camera/image\_raw" showing a smaller view of the laptop screen with the checkerboard pattern and green feature markers. The status bar at the bottom of this window reads: "[x=360, y=0] - R:76 G:32 B:37".

# Заключение

- ❑ Проанализированы алгоритмы компьютерного зрения SIFT, SURF, ORB
- ❑ Исследованы методы построения 3D карты местности SLAM и SFM
- ❑ Разработано приложение:
  - ❑ построение 3D карты местности по набору снимков
  - ❑ поиск положения заданного снимка на карте
- ❑ Настроена и проанализирована Robot Operating System
- ❑ Демонстрация SLAM + ROS + Webcam + SFM