

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники

Захлебин А.С.

## СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ И ОТОБРАЖЕНИЯ 3D-ИНФОРМАЦИИ

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям, лабораторным  
работам и самостоятельной работе

Томск 2025

УДК 004.9, 528.8

ББК 26.113

3-38

**Рецензент:**

Курячий М. И., профессор кафедры телевидения и управления ТУСУР, канд. техн. наук.

**Захлебин Александр Сергеевич**

3-38 Системы создания и отображения 3D-информации: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям, лабораторным работам и самостоятельной работе / Захлебин А.С. – Томск: гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2025. – 18 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для работы на практических занятиях, лабораторных работах и для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Системы создания и отображения 3D-информации».

Целью изучения дисциплины «Системы создания и отображения 3D-информации» является подготовка бакалавров в теории и технике современных средств отображения 3D-информации на основе информационных моделей различных видов.

Одобрено на заседании каф. ТУ протокол № 3 от 13.02.2025

УДК 004.9, 528.8

ББК 26.113

© Захлебин А.С., 2025

© Томск: гос. ун-т систем упр.  
и радиоэлектроники, 2025

## **Оглавление**

Практическая работа №1. «Получение и визуализация стереопары».....	4
Практическая работа №2. «Калибровка камеры. Вычисление внутренних параметров».....	5
Практическая работа №3. «Построение 3D-модели объекта по серии его изображений»....	7
Практическая работа №4. «Импорт и просмотр 3D-модели в VR-сцене».....	8
Практическая работа №5. «Построение 3D-модели объекта из видеозаписи».....	9
Лабораторная работа №1. «Определение расстояния до объекта по стереопаре» .....	10
Лабораторная работа №2. «Построение цифровой 3D-модели объекта по его изображениям с использованием контрольных точек».....	12
Лабораторная работа №3. «Построение цифровой 3D-модели объекта по его изображениям без использования контрольных точек».....	14
Лабораторная работа №4. «Расчёт объема насыпи по цифровой 3D-модели»..	16
Темы для самостоятельного изучения.....	18

## **Практическая работа №1. «Получение и визуализация стереопары».**

**Тема «Получение и визуализация стереопары».**

### **Цель работы.**

Освоить принципы получения стереопары с использованием камеры смартфона и реализовать её визуализацию в гарнитуре виртуальной реальности с применением Unity.

### **Задачи.**

1. Получить стереопару с помощью камеры смартфона.
2. Подготовить изображения для загрузки в Unity.
3. Создать в Unity сцену, отображающую левый и правый каналы изображения раздельно на каждый глаз.
4. Просмотреть стереопару в стереогарнитуре.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Найдите неподвижный объект (например, статую, вазу, предмет на столе).
2. Сделайте два снимка с горизонтальным смещением камеры примерно на 6–7 см между кадрами (вправо/влево).
3. Убедитесь, что объект съёмки остаётся неподвижным, а камера остаётся на одном уровне (лучше использовать штатив или опору).
4. Назовите изображения left.jpg и right.jpg.
5. Создайте новый 3D-проект в Unity.
6. Установите в проект: XR Plugin Management (в Project Settings → XR Plugin Management → включите OpenXR).
7. Поместите left.jpg и right.jpg в папку Assets/Textures/
8. В Unity создайте два Quad объекта (GameObject → 3D Object → Quad), расположите их на расстоянии друг от друга (например, -0.03 и +0.03 по оси X от центра)
9. Назначьте на каждый Quad соответствующую текстуру: левый глаз — left.jpg, правый глаз — right.jpg.
10. Для каждого Quad установите Layer: Создайте слои LeftEyeLayer и RightEyeLayer. Присвойте левому Quad слой LeftEyeLayer, правому — RightEyeLayer.
11. В XR Origin → Camera настройте: Stereo Target Eye: Both. В скрипте (или с помощью Canvas per eye) скройте отображение левого Quada для правого глаза и наоборот.
12. Подключите Oculus Quest 3 к ПК через Oculus Link. Запустите сцену — убедитесь, что левому и правому глазу соответствуют разные изображения. Настройте положение камер/Quad'ов для комфорtnого восприятия объёма. При необходимости подстройте расстояние между изображениями.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое стереопара?
2. Почему необходимо горизонтальное смещение камеры при съёмке?
3. Какие ошибки могут привести к плохому стереоэффекту?
4. Как обеспечить раздельную подачу изображений на левый и правый глаз в Unity?

## **Практическая работа №2. «Калибровка камеры. Вычисление внутренних параметров».**

**Тема «Калибровка камеры. Вычисление внутренних параметров».**

### **Цель работы.**

Научиться проводить калибровку камеры смартфона с использованием стандартных шаблонов и инструментов компьютерного зрения, получить матрицу внутренних параметров камеры и коэффициенты дисторсии.

### **Задачи.**

1. Подготовить калибровочный шаблон (шахматную сетку).
2. Получить серию изображений с камеры смартфона под разными ракурсами.
3. Выполнить калибровку камеры с помощью инструментария OpenCV.
4. Получить параметры калибровки: фокусное расстояние, главный точку (principal point), коэффициенты искажения.
5. Интерпретировать полученные результаты.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Распечатайте шаблон шахматной доски.
2. Прикрепите шаблон на жёсткую, плоскую поверхность (на доску или стену).
3. Сделайте 10–20 снимков шаблона с разных ракурсов (наклоны, повороты, разное расстояние), но чтобы вся доска была видна.
4. Назовите изображения последовательно: img1.jpg, img2.jpg, ...
5. Скопируйте их на компьютер в отдельную папку.
6. В Python установите библиотеки: opencv, numpy.
7. Используйте следующий шаблон кода:

```
import cv2

import numpy as np

import glob

# размеры шахматной доски

chessboard_size = (9, 6)

square_size = 0.025 # в метрах (или других единицах)

objp = np.zeros((chessboard_size[0]*chessboard_size[1], 3), np.float32)

objp[:, :2] = np.mgrid[0:chessboard_size[0], 0:chessboard_size[1]].T.reshape(-1, 2)

objp *= square_size

objpoints = []

imgpoints = []

images = glob.glob('path_to_images/img*.jpg')

for fname in images:
```

```
img = cv2.imread(fname)
gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
ret, corners = cv2.findChessboardCorners(gray, chessboard_size, None)
if ret:
    objpoints.append(objp)
    imgpoints.append(corners)
ret, mtx, dist, rvecs, tvecs = cv2.calibrateCamera(objpoints, imgpoints, gray.shape[::-1], None, None)
print("Камера откалибрована:")
print("Матрица камеры:\n", mtx)
print("Коэффициенты дисторсии:\n", dist)
8. Сохраните параметры в файл camera_calib.txt
```

### **Контрольные вопросы.**

1. Зачем нужна калибровка камеры?
2. Что такое параметры внутреннего ориентирования камеры?
3. Какие искажения корректируются при калибровке?
4. Почему важно делать снимки под разными углами?
5. Как параметры калибровки используются в 3D-реконструкции?

## **Практическая работа №3. «Построение 3D-модели объекта по серии его изображений».**

**Тема «Построение 3D-модели объекта по серии его изображений».**

### **Цель работы.**

Освоить базовые принципы фотограмметрии и научиться строить 3D-модель объекта по множеству фотографий, снятых под разными ракурсами, с помощью программного обеспечения Metashape.

### **Задачи.**

1. Провести съемку объекта.
2. Импортировать изображения в Metashape.
3. Выполнить выравнивание камер.
4. Построить плотное облако точек
5. Построить сетку (mesh) и текстурировать модель
6. Проанализировать качество результата и экспорттировать 3D-модель

### **Порядок выполнения работы.**

1. Разместите объект на однотонном фоне (по возможности — без бликов и теней).
2. Снимите не менее 30–40 кадров с разных углов, обходя объект по кругу и сверху.
3. Фокусировка и экспозиция должны быть стабильными — отключите автоэкспозицию/автофокус.
4. Скопируйте фотографии на ПК в одну папку.
5. Откройте Metashape.
6. Создайте новый проект File → New.
7. Импортируйте изображения: Workflow → Add Photos → выберите все фото
8. Сохраните проект: File → Save As.
9. Выравнивание камер. Workflow → Align Photos. Accuracy: High. Generic Preselection: Enabled. Key point limit: 40,000. Tie point limit: 4,000. Подождите завершения, проверьте распределение камер и точек. Вы должны видеть облако точек и камеры.
10. Фильтрация лишних точек. Используйте инструмент Rectangle Selection для удаления точек фона.
11. Построение плотного облака точек. Workflow → Build Dense Cloud. Quality: Medium или High (в зависимости от производительности ПК). Depth filtering: Moderate.
12. Построение сетки. Workflow → Build Mesh. Surface type: Arbitrary. Source data: Dense cloud. Face count: Medium. Interpolation: Enabled.
13. Построение текстуры. Workflow → Build Texture. Mapping mode: Generic. Blending mode: Mosaic.
14. Экспорт 3D-модели. File → Export → Export Model. Форматы: .obj, .fbx, .ply и т.д.

### **Контрольные вопросы.**

1. Какой принцип лежит в основе фотограмметрии?
2. Зачем нужно перекрытие между изображениями?
3. Чем отличаются облако точек и сетка (mesh)?
4. В чем заключается процесс выравнивания изображений?
5. Какие ошибки могут привести к плохой 3D-реконструкции?

## **Практическая работа №4. «Импорт и просмотр 3D-модели в VR-сцене».**

**Тема «Импорт и просмотр 3D-модели в VR-сцене».**

### **Цель работы.**

Научиться импортировать 3D-модель, полученную из Metashape, в Unity, настроить сцену для просмотра в виртуальной реальности и запустить её в стереогарнитуре.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Откройте Unity Hub, создайте новый проект 3D.
2. В меню File → Build Settings → Android. Выберите платформу Android и нажмите Switch Platform.
3. Перейдите в Edit → Project Settings → XR Plug-in Management: Установите XR Plug-in Management.
4. Активируйте Oculus в разделе Android.
5. Настройка XR и сцены. В Project Settings → Player → Android → Other Settings: Убедитесь, что Graphics API → Vulkan отключён (используйте OpenGL ES3). Установите Minimum API Level на Android 10 (API Level 29) или выше. Установите необходимые пакеты через Package Manager: XR Interaction Toolkit Input System.
6. Импорт 3D-модели. Скопируйте экспортированную модель (например, .fbx) в папку Assets/Models. Перетащите модель в сцену. Настройте масштаб, положение и освещение; добавьте Directional Light. Убедитесь, что модель не «проваливается» под пол.
7. Добавление VR-камеры. Удалите стандартную Main Camera. Добавьте XR Origin (VR) из XR → Device Based → XR Origin (VR). Убедитесь, что XR Origin находится над поверхностью сцены. Добавьте плоскость (Plane) для «пола» под камерой.
8. Построение проекта и запуск. Подключите Oculus Quest по кабелю или настройте Air Link. В Build Settings добавьте текущую сцену. Нажмите Build And Run.
9. Наденьте гарнитуру — сцена должна загрузиться. Как пользователь вы сможете оглядываться и приближаться к 3D-модели.

### **Контрольные вопросы.**

1. В каких форматах можно импортировать 3D-модели в Unity?
2. Что такое XR Origin и зачем он нужен в сцене?
3. Каковы основные требования к сцене для корректной работы в VR?
4. Как обеспечить правильный масштаб импортированной модели?
5. Какие существуют способы передачи приложения на стереогарнитуру?

## **Практическая работа №5. «Построение 3D-модели объекта из видеозаписи».**

**Тема «Построение 3D-модели объекта из видеозаписи».**

### **Цель работы.**

Ознакомиться с возможностью построения 3D-модели из видеозаписи путём извлечения кадров и их обработки в Metashape. Освоить полный цикл создания модели и сравнить её качество с моделью, построенной на основе фотографий.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Запишите непрерывное видео, двигаясь вокруг объекта (тот же, что и в Практике №1) по кругу, держа камеру на одном уровне. Рекомендуемая продолжительность: 20–30 секунд. Разрешение: Full HD (1920x1080) или выше. Страйтесь избегать резких движений и тряски.
2. Извлечение кадров. В Metashape создайте новый проект → Workflow → Add Video... Укажите путь к видеофайлу. В появившемся окне установите параметры извлечения: Интервал: 5–15 кадров (зависит от плавности видео). Лимит количества: 100–200 кадров. Нажмите OK — Metashape автоматически добавит изображения.
3. Произведите выравнивание фотографий. Workflow → Align Photos. Accuracy: High, Generic preselection: Enabled. Построение плотного облака. Workflow → Build Dense Cloud. Quality: Medium.
4. Построение сетки (Model). Workflow → Build Mesh. Source: Depth Map.
5. Построение текстуры. Workflow → Build Texture. Blending mode: Mosaic.
6. Оценка результата. Визуально оцените плотность и детализацию модели.

Проверьте: замкнутость модели, отсутствие артефактов, корректность текстуры.

7. Сравните модель с моделью из Практики №1: геометрию, точность воспроизведения формы, детализацию текстур.

### **Контрольные вопросы.**

1. Какие преимущества и недостатки имеет использование видео по сравнению с фотосъёмкой?
2. Какие параметры извлечения кадров из видео наиболее сильно влияют на результат?
3. Почему важно избегать резких движений при съёмке?
4. Какие этапы обработки в Metashape являются критичными для качества модели?
5. Чем может быть полезна предварительная стабилизация видео перед извлечением кадров?

## **Лабораторная работа №1. «Определение расстояния до объекта по стереопаре».**

**Тема «Определение расстояния до объекта по стереопаре».**

### **Цель работы.**

Научиться вычислять расстояние до объекта по его изображениям, полученным со смещением (стереопара), используя принципы стереозрения. Освоить ручной расчёт глубины и сравнить его с автоматическим построением карты глубины с помощью библиотеки OpenCV.

### **Задачи.**

1. Получить стереопару с использованием камеры смартфона.
2. Провести калибровку камеры и получить параметры.
3. Рассчитать расстояние вручную по формулам геометрии.
4. Построить карту глубины с использованием OpenCV.
5. Проанализировать результаты и точность.

### **Порядок выполнения работ.**

1. Получение стереопары. Закрепите смартфон и сделайте два снимка: один — сместите камеру немножко вправо (на ~6–10 см). Постарайтесь не менять наклон, высоту и фокус. Объект должен быть статичным, хорошо видимым, находится ближе к центру.
2. Калибровка камеры (если не сделана ранее)

Используйте шаблон шахматной доски и сделайте 10–15 фото под разными углами. Примените OpenCV-функции `cv2.findChessboardCorners()` и `cv2.calibrateCamera()`. Сохраните фокусное расстояние  $f$  и коэффициенты искажения.

3. Ручной расчёт глубины. Найдите одну и ту же точку на левом и правом изображениях. Измерьте координаты  $xL$  и  $xR$  — горизонтальные координаты точки.

Вычислите диспаритность:  $d=xL-xR$ .

Найдите расстояние:  $Z=(f*B)/d$ . Фокусное расстояние должно быть в пикселях,  $B$  — в метрах.

4. Автоматическое построение карты глубины. Пример кода:

```
import cv2
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
# Загрузка изображений
imgL = cv2.imread('left.jpg', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
imgR = cv2.imread('right.jpg', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
# Создание объекта StereoBM
stereo = cv2.StereoBM_create(numDisparities=64, blockSize=15)
# Построение карты диспаритности
```

```
disparity = stereo.compute(imgL, imgR)

# Отображение

plt.imshow(disparity, 'gray')

plt.title('Disparity Map')

plt.colorbar()

plt.show()
```

Если известны fff и BBB, можно перевести карту диспаритности в глубину:

```
f = 700 # фокусное расстояние в пикселях (пример)

B = 0.07 # базовая линия в метрах

# Чтобы избежать деления на 0

disparity[disparity == 0.0] = 0.1

depth = f * B / disparity
```

### **Контрольные вопросы.**

1. Какова роль базовой линии в стереозрении?
2. Почему важно калибровать камеру?
3. Как связаны диспаритность и расстояние до объекта?
4. В каких случаях автоматическая карта глубины будет неточной?
5. Каковы преимущества и ограничения ручного расчёта?

**Отчёт по работе должен быть оформлен в соответствии с ОС ТУСУР и содержать:**

1. Стереопара, полученная студентом;
2. Измеренные координаты точек и расчёт глубины вручную;
3. Построенная карта диспаритности;
4. Изображения карты глубины;
5. Сравнение расстояний, полученных ручным и автоматическим методами.

## **Лабораторная работа №2. «Построение цифровой 3D-модели объекта по его изображениям с использованием контрольных точек».**

**Тема** «Построение цифровой 3D-модели объекта по его изображениям с использованием контрольных точек».

### **Цель работы.**

Освоить процесс построения цифровой 3D-модели фасада здания на основе серии фотографий, сделанных с разных точек, с использованием заранее нанесённых контрольных точек с известными координатами для повышения точности моделирования.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Съёмка фасада. Перед началом необходимо самостоятельно выполнить съёмку фасада здания по следующим правилам:
  - Съёмка производится фронтально или с небольшим смещением (до 10–15 градусов).
  - Камера располагается на одном уровне с фасадом (по возможности).
  - Общее количество снимков: не менее 40–50, с перекрытием.
2. Импорт фотографий в Metashape. Создайте новый проект в Metashape: File → New. Импортируйте фотографии: Workflow → Add Photos. Убедитесь, что фотографии загружены корректно, отображаются в панели “Photos”.
3. Выравнивание изображений. Выберите Workflow → Align Photos. Параметры: Accuracy: High. Key point limit: 40,000. Generic preselection: Enabled.

По завершении выравнивания должна появиться сцена с облаком точек и позицией камер.

4. Добавление контрольных точек. Перейдите в панель “Markers”. Щёлкните правой кнопкой на изображении в области, где находится контрольная точка, и выберите Add Marker. Назначьте этой точке уникальное имя (например, CP1). Повторите для всех контрольных точек. Перейдите во вкладку Reference → Markers. Введите известные координаты (или импортируйте файл с координатами точек через Import Reference).
5. После ввода координат: убедитесь, что камеры и маркеры включены (галочки в Reference). Выполните Tools → Optimize Cameras. Проверьте RMS-ошибки в окне Reference. ВАЖНО, чтобы они не превышали 1–3 пикселя (или соответствующую точность в метрах/сантиметрах).
6. Построение плотного облака и 3D-сетки. Workflow → Build Dense Cloud. Quality: Medium или High. Workflow → Build Mesh. Source: Depth maps. Surface type: Arbitrary. Workflow → Build Texture. Mapping mode: Generic. Blending mode: Mosaic.
7. Анализ результатов. Осмотрите полученную модель: есть ли искажения, артефакты. Проверьте видимость и точность расположения контрольных точек. Сравните размеры элементов фасада с реальными (по контрольным точкам или другим известным размерам).

**Отчёт по работе должен быть оформлен в соответствии с ОС ТУСУР и содержать:**

1. Тему и цель работы;
2. Краткое описание съёмки;
3. Исходные фотографии (миниатюры);
4. Расположение камер;
5. Облако точек;

6. Модель фасада;
7. Таблицу ошибок (RMS) по контрольным точкам.

### **Контрольные вопросы.**

1. Что такое контрольная точка и зачем она используется?
2. Какие параметры влияют на точность фотограмметрической модели?
3. В чём заключается этап оптимизации камер?
4. Почему важно, чтобы контрольные точки были видны на нескольких изображениях?
5. Как интерпретировать RMS-ошибку привязки?

## **Лабораторная работа №3. «Построение цифровой 3D-модели объекта по его изображениям без использования контрольных точек».**

**Тема** «Построение цифровой 3D-модели объекта по его изображениям без использования контрольных точек».

### **Цель работы.**

Научиться строить цифровую 3D-модель фасада здания на основе серии фотографий, снятых смартфоном, с использованием геотегов и данных ориентации камеры, автоматически полученных с устройства, без применения контрольных точек для привязки.

### **Задачи.**

1. Выполнить съёмку фасада здания с использованием смартфона, обеспечив наличие в EXIF-метаданных GPS-координат и данных ориентации камеры.
2. Импортировать изображения в программу Agisoft Metashape и извлечь пространственные метаданные.
3. Построить цифровую 3D-модель здания по этим данным без использования контрольных точек.
4. Визуализировать модель, оценить геометрию и качество привязки.
5. Сопоставить контрольные точки на изображениях с их известными координатами.
6. Оценить точность пространственной привязки построенной модели по координатным ошибкам контрольных точек.
7. Сделать выводы о применимости метода и влиянии используемых метаданных на точность результата.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Подготовка к съёмке. Перед съёмкой убедитесь: что на смартфоне включены GPS и автосохранение местоположения в EXIF данные изображений; не используется широкоугольный режим; что смартфон делает фотографии с меткой ориентации (данные с инерционной системы).
2. Съёмка фасада. Сделать не менее 40–50 перекрывающихся изображений фасада с разных точек. Держать смартфон устойчиво, желательно на уровне глаз, с небольшими изменениями угла съёмки. Обеспечить перекрытие между снимками 60–70%. Не перемещать смартфон резко и не менять фокусировку.
3. Импортируйте изображения и метаданные в Metashape. File → New project. Workflow → Add Photos — загрузите фотографии. Tools → Preferences → General → Coordinate System — проверьте, чтобы была выбрана WGS84 или локальная система координат. Перейдите во вкладку Reference и проверьте: загружены ли координаты и ориентации (в столбцах X, Y, Z и Roll, Pitch, Yaw).
4. Выравнивание фотографий. Workflow → Align Photos. Accuracy: High. Pair preselection: Generic + Reference. Adaptive camera model fitting: Enabled. После выравнивания проверьте, появилась ли сцена с позицией камер и облаком точек.
5. Построение плотного облака точек и модели. Workflow → Build Dense Cloud. Quality: Medium или High. Workflow → Build Mesh. Source: Depth Maps. Surface Type: Arbitrary. Workflow → Build Texture. Mapping Mode: Generic. Blending Mode: Mosaic.
6. Оценка точности с использованием контрольных точек. Этот шаг выполняется только для оценки точности модели, контрольные точки не участвуют в выравнивании!!! Добавьте метки вручную. Перейдите в окно “Photos”. Щёлкните

правой кнопкой мыши по контрольной точке на фото → Add Marker. Назначьте имя (например, GCP1, GCP2...). Перейдите во вкладку Reference → Markers. Введите известные координаты точек. Убедитесь, что для каждой точки задано не менее 3-х измерений на разных изображениях. Снимите галочку напротив этих точек в колонке "Used" (чтобы они не влияли на выравнивание). Metashape рассчитает ошибки позиционирования по контрольным точкам, они отразятся в столбце "Error".

7. Анализ результатов. Посмотрите на ошибки по координатам контрольных точек. Сравните точность с предыдущей лабораторной работой, где использовались контрольные точки в качестве опорных. Обратите внимание на: равномерность распределения ошибок; соответствие масштаба модели; смещения или вращения модели относительно реального объекта.

**Отчёт по работе должен быть оформлен в соответствии с ОС ТУСУР и содержать:**

1. Тему, цель и краткое описание съёмки;
2. Таблицу с EXIF-данными одной или нескольких фотографий (GPS и ориентация);
3. Скриншоты: положения камер (изображений, облака точек, построенную модель);
4. Таблицу с координатами контрольных точек и ошибками;
5. Сравнить результаты с ЛР2;
6. Выводы.

**Контрольные вопросы.**

1. Какие данные в EXIF метаданных используются для привязки в Metashape?
2. Какую точность дают GPS-данные смартфона?
3. Почему контрольные точки нужны даже при наличии GPS-меток?
4. Что означает RMS-ошибка в оценке модели?
5. Какие ограничения у метода построения без использования контрольных точек?

## **Лабораторная работа №4. «Расчёт объема насыпи по цифровой 3D-модели».**

**Тема «Расчёт объема насыпи по цифровой 3D-модели».**

### **Цель работы.**

Освоить метод построения цифровой 3D-модели объекта по изображениям и научиться выполнять расчет объема насыпи с использованием программного обеспечения Agisoft Metashape.

### **Задачи.**

1. Импортировать изображения насыпи в программное обеспечение Agisoft Metashape.
2. Выполнить выравнивание фотографий и построить облако точек.
3. Построить цифровую модель поверхности насыпи.
4. Создать полигональную и текстурированную модель.
5. Задать опорную базовую поверхность для расчета объема.
6. Выполнить расчет объема насыпи.
7. Сравнить полученный объем с данными маркшейдерских измерений.
8. Сделать вывод о точности и применимости метода.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Импорт изображений. Откройте Metashape. Создайте новый проект. Загрузите изображения через: Workflow → Add Photos или просто перетащите их в рабочее окно.
2. Выравнивание изображений. Выберите: Workflow → Align Photos. Используйте параметры: Accuracy: High; Generic preselection: Enabled; Key point limit: 40 000; Tie point limit: 4 000. После выравнивания проверьте, корректно ли сформировалось облако точек.
3. Построение плотного облака точек. Выберите: Workflow → Build Dense Cloud. Рекомендуемые параметры: Quality: High; Depth Filtering: Mild.
4. Построение 3D-модели. Перейдите к созданию модели: Workflow → Build Mesh. Выберите источник: Dense cloud, Surface type: Arbitrary, Face count: High.
5. Построение текстуры. Workflow → Build Texture. Mapping mode: Generic, Blending mode: Mosaic, Texture size/count: по умолчанию.
6. Задание базовой поверхности. В панели "Model" выберите инструмент Draw Polygon. Обведите основание насыпи по периметру. Назначьте полигон как base surface для расчета объема.
7. Расчет объема. Выделите полигон → правый клик → Measure Area and Volume; Выберите опцию Measure Volume. В появившемся окне отобразится объем насыпи в кубических метрах. Запишите результат.
8. Сравнение с маркшейдерскими данными. Сопоставьте полученный объем с маркшейдерскими расчётами. Проанализируйте расхождение:

Погрешность =  $\frac{|(\text{Объем (фотограмметрия)} - \text{Объем (маркшейдер)})|}{\text{Объем (маркшейдер)}} \times 100\%$

**Отчёт по работе должен быть оформлен в соответствии с ОС ТУСУР и содержать:**

1. Тему, цель и задачи работы;
2. Краткое описание методики построения 3D-модели;

3. Снимки экрана ключевых этапов работы;
4. Построенную 3D-модель насыпи;
5. Значение рассчитанного объема;
6. Таблицу сравнения с маркшейдерскими расчетами;
7. Выводы.

### **Контрольные вопросы.**

1. Какие этапы включает построение 3D-модели в Agisoft Metashape?
2. Какие параметры влияют на точность 3D-модели?
3. Какие источники ошибок могут возникать при фотограмметрическом измерении объема насыпи?
4. Как использование разных высот основания влияет на итоговый объем насыпи?
5. В чём преимущества фотограмметрии перед традиционными маркшейдерскими методами?

## **Темы для самостоятельного изучения**

1. Методы построения 3D-моделей: сравнение фотограмметрии и лазерного сканирования.
2. Технологии дополненной реальности.
3. Алгоритмы построения и визуализации облаков точек.
4. Использование ИИ для реконструкции 3D-геометрии из фотографий.
5. Принципы работы IMU и GPS в фотограмметрии.
6. Мобильные приложения для 3D-сканирования.
7. Создание цифровых двойников объектов на основе изображений.
8. Основы освещения и материалов в фотореалистичной визуализации 3D-сцен.
9. Методы измерения точности 3D-моделей, полученных из изображений.