

# **Руководство пользователя Agisoft Metashape**

**Standard Edition, версия 1.7**

---

# **Руководство пользователя Agisoft Metashape: Standard Edition, версия 1.7**

дата публикации 2021

Авторские права © 2021 Agisoft LLC

---

# Содержание

Обзор .....	v
Как работает Metashape .....	v
О руководстве .....	vi
1. Установка и активация .....	1
Системные требования .....	1
Ускорение вычислений за счет GPU .....	1
Установка программы .....	3
Использование демо-версии и 30-ти дневной пробной версии .....	3
Процедура активации .....	4
2. Сценарии съемки .....	5
Оборудование .....	5
Настройки камеры .....	5
Основные правила .....	5
Обработка снимков .....	6
Сценарии съемки .....	6
Ограничения .....	7
Калибровка объектива .....	8
Уменьшение перекрытия .....	10
3. Основные этапы работы .....	12
Настройка программы .....	12
Загрузка снимков .....	13
Выравнивание снимков .....	15
Построение плотного облака точек .....	20
Построение трехмерной полигональной модели .....	23
Построение текстуры модели .....	27
Сохранение промежуточных результатов .....	31
Экспорт результатов .....	32
Создание трека камеры и видеообзора модели (эффект fly through) .....	40
4. Улучшение результатов выравнивания камер .....	42
Калибровка камеры .....	42
Оптимизация .....	45
5. Редактирование .....	47
Использование масок .....	47
Редактирование облака точек .....	53
Редактирование геометрии модели .....	58
6. Автоматизация .....	64
Использование блоков .....	64
A. Графический интерфейс .....	70
Окно приложения .....	70
Команды меню .....	74
Элементы панели инструментов .....	81
Горячие клавиши .....	83
B. Поддерживаемые форматы .....	86
Снимки .....	86
Калибровка камеры .....	86
Журнал полета .....	86
Положение опорных точек (GCP) .....	87
Элементы внутреннего и внешнего ориентирования камеры .....	87
Связующие точки .....	87
Разреженное/Плотное облако точек .....	88
Полигональная модель .....	88

Текстура .....	89
С. Модели дисторсии камеры .....	90
Кадровая камера .....	91
Камера "рыбий глаз" .....	91

---

# Обзор

В программе Agisoft Metashape реализована современная технология создания трехмерных моделей высокого качества на основе цифровых снимков (аэросъемка, наземная съемка). Полученные данные могут быть использованы в приложениях GIS, в качестве документации культурного наследия, для производства визуальных эффектов, а также для не прямых измерений объектов различных масштабов.

Metashape позволяет обрабатывать изображения в видимом диапазоне RGB, термальные. Результаты обработки представляют собой различные типы пространственных данных: плотные облака точек, текстурированные полигональные модели. Объединение методов цифровой фотограмметрии и технологий компьютерного зрения создает автоматизированную систему, которая, с одной стороны, легко управляется (даже при отсутствии навыков в области фотограмметрии), а с другой, предлагает расширенные инструменты оценки (такие как стереорежим) и контроля точности результатов (доступен экспорт полного отчета об обработке), которые позволяют специалистам добиваться требуемого высокого качества экспортируемых данных.

## Как работает Metashape

Основная задача, решаемая пользователями при помощи программы Metashape - построение текстурированной 3D модели объекта. Работа с проектом осуществляется в два этапа:

1. Первый этап называется выравнивание и представляет собой блочную фототриангуляцию методом независимых связей. На этом этапе Metashape находит общие точки снимков и по ним определяет все параметры камер: положение, ориентацию, внутреннюю геометрию (фокусное расстояние, параметры дисторсии и т.п.). Результатами являются разреженное облако общих точек в 3D пространстве модели и данные о положении и ориентации камер.

В Metashape разреженное облако точек не используется на дальнейших стадиях обработки (кроме режима построения модели на основе разреженного облака точек) и служит только для визуальной оценки качества выравнивания снимков. Стоит отметить, что на этапе построения разреженного облака точек рассчитываются карты глубины для пар изображений (стереопар). Разреженное облако точек может быть экспортировано для дальнейшего использования во внешних программах.

Данные о положении и ориентации камер используется на дальнейших стадиях обработки.

2. На втором этапе Metashape выполняет построение поверхности: полигональной 3D модели. Полигональная модель может быть текстурирована для фотореалистичного отображения объекта съемки, а в последствии экспортирована в различных форматах, совместимых с приложениями CAD и средами для трехмерного моделирования.

На основании положений камер, рассчитанных на первом этапе обработки, и используемых снимков Metashape может построить Плотное облако точек. Созданное таким образом фотограмметрическое облако точек может быть объединено с облаком точек LIDAR.

## О руководстве

Как правило, описанная выше последовательность действий позволяет получить конечный результат. Все операции выполняются автоматически, в соответствии с заданными пользователем параметрами. [Глава 3, Основные этапы работы](#) настоящего руководства содержит инструкции по выполнению операций и описание параметров, влияющих на выполнение каждого этапа.

В некоторых случаях для достижения желаемого результата требуется выполнение дополнительных действий. Фотографии, снятые объективом «рыбий глаз», могут потребовать предварительной калибровки в стороннем ПО или использования отдельной модели калибровки камеры, применяемой для сверхширокоугольных объективов. Metashape позволяет заново рассчитать элементы внутреннего и внешнего ориентирования камеры для связующих точек, отфильтрованных в процессе оптимизации. Подробнее об этой функциональности см. [Глава 4, Улучшение результатов выравнивания камер](#). Нежелательные области на исходных изображениях могут быть закрыты масками и, таким образом, исключены из последующей обработки. Подробнее о применении масок и возможности редактирования проекта в Metashape см. [Глава 5, Редактирование](#). [Глава 6, Автоматизация](#) описывает возможности по сокращению количества операций, выполняемых в ручном режиме и автоматизации работы.

Построение трехмерной модели может занять продолжительное время. Metashape позволяет сохранить результаты каждой стадии в файл-проект. Краткое описание концепции проектов приведено в конце [Глава 3, Основные этапы работы](#).

Наконец, в руководстве приведены инструкции по установке программы Metashape и набор простых правил для получения «хороших» снимков, т.е. изображений, позволяющих достичь наилучшего результата при построении трехмерной модели. Подробная информация представлена в [Глава 1, Установка и активация](#) и [Глава 2, Сценарии съемки](#).

---

# Глава 1. Установка и активация

## Системные требования

### Минимальная конфигурация

- ОС Windows XP или более поздняя версия (64 бит), Windows Server 2008 R2 или более поздняя версия (64 бит), macOS High Sierra или более поздняя версия, Debian/Ubuntu с GLIBC 2.19+ (64 бит)
- Процессор Intel Core 2 Duo или более мощный
- 4 Гб оперативной памяти

### Рекомендуемая конфигурация

- ОС Windows 7 SP 1 или более поздняя версия (64 бит), Windows Server 2008 R2 или более поздняя версия (64 бит), macOS Mojave или более поздняя Debian/Ubuntu с GLIBC 2.19+ (64 bit)
- Процессор Intel Core i7 или AMD Ryzen 7
- Дискретная видеокарта NVIDIA или AMD (4+ Гб видеопамяти)
- 32 Гб оперативной памяти

Количество фотографий, которое может обработать Metashape, зависит от объема доступной оперативной памяти. При разрешении одной фотографии порядка 10 МПикс, 4 Гб памяти достаточно для обработки 30-50 фотографий. 16 Гб позволит обработать 300-400 фотографий.

## Ускорение вычислений за счет GPU

Metashape поддерживает вычисления на графических процессорах (GPU), ускоряющих работу программы на этапах отождествления, построения карт глубины и уточнения полигональной модели с учетом деталей на фотографиях. Поддерживаемые устройства:

### NVIDIA

GeForce GTX серии 7xx и более поздних с поддержкой CUDA

### AMD

Radeon HD серии R9 и более поздних с поддержкой OpenCL 1.2

Metashape, скорее всего, будет использовать вычислительные мощности любого устройства с поддержкой CUDA 3.0 и выше или OpenCL 1.2 и выше, поддерживающие SPIR, и при условии, что драйвер для такого CUDA/OpenCL устройства установлен корректно. Однако, в связи с большим числом возможных комбинаций видеоадаптеров, версий драйверов и операционных систем, Agisoft не может протестировать и гарантировать полную совместимость с Metashape любого устройства на любой платформе.

Производительность графического процессора NVIDIA в основном связана с количеством ядер CUDA, а видеокарт AMD и Intel - с количеством шейдерных блоков. Большой объем видеопамати (VRAM) позволит ускорить как различные построения на основании карт глубины (полигональная модель, ЦММ и тайловая модель), так и операции по уточнению полигональной модели с учетом деталей на фотографиях.

В приведенной ниже таблице указаны поддерживаемые устройства (только для ОС Windows). Все возможные проблемы, связанные с использованием указанных устройств в Metashape, будут тщательно изучаться и устраняться.

**Таблица 1.1. Поддерживаемые графические процессоры для операционной системы Windows**

<b>NVIDIA</b>	<b>AMD</b>
GeForce RTX 3080	Radeon RX 6800
GeForce RTX 2080 Ti	Radeon VII
Tesla V100	Radeon RX 5700 XT
Tesla M60	Radeon RX Vega 64
Quadro P6000	Radeon RX Vega 56
Quadro M6000	Radeon Pro WX 7100
GeForce TITAN X	Radeon RX 580
GeForce GTX 1080 Ti	FirePro W9100
GeForce GTX TITAN X	Radeon R9 390x
GeForce GTX 980 Ti	Radeon R9 290x
GeForce GTX TITAN	
GeForce GTX 780 Ti	

При создании текстурного атласа Metashape поддерживает технологию Vulkan на операционных системах Linux и Windows. Параметризация текстуры с использованием вычислительных мощностей графического процессора поддерживается для кадровых камер и камер типа рыбий глаз на видеокартах NVIDIA GeForce GTX 8XX / Quadro M4000 при наличии драйверов 435.xx, а также на видеокартах AMD начиная с серий Radeon R9 29x / FirePro W9100 при наличии драйверов 17.1.x. Некоторые более ранние модели графических процессоров и более ранние версии драйверов поддерживают технологию Vulkan при параметризации текстуры, однако их корректная работа не гарантируется.

### **Примечание**

- Для задач, поддерживающих ускорение на GPU, возможно совместное использование мощностей центрального процессора (CPU) и GPU. Для подключения CPU необходимо отметить галочкой соответствующий пункт меню. При этом, если одновременно используются две и более графические карты, рекомендуется отключить вычисления на CPU для стабильной работы программы.
- Использование опции ускорения вычислений не рекомендуется на мобильных и интегрированных графических процессорах, в связи с их низкой производительностью.
- Устройства с поддержкой CUDA на некоторых устаревших версиях macOS могут потребовать предварительной установки драйверов CUDA с официального сайта: <http://www.nvidia.com/object/mac-driver-archive.html>.

Из-за отсутствия поддержки CUDA в новых версиях macOS Metashape автоматически переключится на реализацию OpenCL для обработки с использованием графических устройств NVIDIA.

## Установка программы

### Установка Metashape на Microsoft Windows

Для установки Metashape запустите файл msi и следуйте инструкциям.

### Установка Metashape на macOS

Откройте образ dmg и перенесите приложение Metashape в выбранный каталог жесткого диска (например в каталог Приложения). Не запускайте напрямую образ dmg приложения Metashape, так как это может привести к проблемам с активацией лицензии.

### Установка Metashape на Debian/Ubuntu

Распакуйте архив с дистрибутивом программы в выбранное место на жестком диске. Также установите пакет: `sudo apt install libxcb-xinerama0`. Для запуска Metashape выполните скрипт `metashape.sh`, расположенный в папке с программой.

## Использование демо-версии и 30-ти дневной пробной версии

После загрузки и установки Metashape может быть использован в демо-версии, либо в полнофункциональном режиме. При каждом запуске приложения (до момента ввода лицензионного ключа активации) будет появляться диалоговое окно активации, предлагающее три опции: (1) Активировать Metashape с помощью лицензионного ключа, (2) Начать пробный 30-дневный период, (3) Продолжить работу с Metashape в демонстрационном режиме. Использование 30-ти дневного пробного периода позволяет оценить полную функциональность программы, включая функции экспорта и сохранения результатов. Пробная лицензия дает право использовать Metashape только в ознакомительных целях, любое коммерческое использование результатов, полученных во время пробного периода, запрещено условиями лицензии.

Использование Metashape в демо-режиме не ограничено по времени, однако, некоторые функции программы будут недоступны:

- сохранение результатов работы
- экспорт результатов (просмотр 3D модель возможен только в окне программы Metashape)

Для доступа к полнофункциональной версии программы Metashape необходимо приобрести лицензию. При покупке продукта предоставляется уникальный серийный номер (электронный ключ). Для получения доступа ко всем функциям Metashape необходимо активировать продукт путем ввода серийного номера в окне регистрации, которое появляется при первом запуске Metashape.

# Процедура активации

## Активация Metashape

Для активации Metashape необходим электронный ключ (последовательность символов). Пред началом процедуры активации необходимо убедиться, что действительный лицензионный ключ или пробный ключ доступен.

### Для активации Metashape

1. Откройте приложение Metashape, предварительно установленное на компьютере, и выберите команду *Активировать программу...* в меню *Справка*.
2. Введите лицензионный ключ в диалоговом окне *Активация программы*. Обратите внимание, что лицензионный ключ не содержит нолей, все символы "O" - буквы.
3. Если лицензионный ключ введен корректно, кнопка *ОК* станет активной - нажмите на нее для завершения процедуры активации. Если кнопка неактивна, удостоверьтесь, что используемый лицензионный ключ предназначен для активации продукта, установленного на машине: например, лицензионный ключ для Professional edition не позволит активировать Standard edition.



### Примечание

- При активации лицензии на операционных системах Windows OS and macOS могут потребоваться права администратора. В этом случае появится дополнительное окно, запрашивающее подтверждение соответствующих прав.

---

## Глава 2. Сценарии съемки

Снимки, пригодные для создания трехмерной модели в Metashape, могут быть сняты любой цифровой камерой (как метрической, так и не метрической). Соблюдение при съемке некоторых несложных правил поможет получить более качественный результат. В данном разделе описаны основные принципы и рекомендации по съемке и выбору снимков, пригодных для создания 3D модели.

**ВНИМАНИЕ!** Рекомендуется ознакомиться с основными правилами и ограничениями перед началом съемки.

### Оборудование

- Используйте камеру с матрицей достаточно высокого разрешения (5 МПикс и более).
- Избегайте сверхширокоугольных объективов и объективов типа "рыбий глаз". Наилучшие результаты могут быть получены при помощи объективов с фокусным расстоянием 50 мм (в 35 мм пленочном эквиваленте). Рекомендуемые рамки изменения фокусного расстояния объективов от 20 до 80 мм (в 35 мм пленочном эквиваленте). Если съемка производилась камерой с объективом "рыбий глаз", необходимо перед началом обработки задать соответствующий тип камеры в настройках калибровки камеры Metashape.
- Рекомендуется использовать объективы с фиксированным фокусным расстоянием. При использовании объективов с переменным фокусным расстоянием, для получения более стабильных результатов необходимо зафиксировать одно из крайних значений фокусного расстояния (максимальное или минимальное) на весь период съемки.

### Настройки камеры

- Предпочтительно использование RAW данных, сконвертированных без потерь в формат TIFF, так как сжатие изображения до формата JPG увеличивает количество нежелательных шумов.
- Рекомендуется использовать максимально возможное разрешение при съемке.
- Необходимо установить минимально возможное значение ISO, чтобы избежать дополнительного шума, характерного для фотографий с высоким ISO.
- Рекомендуется осуществлять съемку при минимально возможном размере диафрагмы для достижения максимальной глубины резкости, так как важным фактором является резкость изображения.
- Избегайте размытия изображений при съемке движущейся камерой и съемке с длинной выдержкой.

### Основные правила

- При съемке избегайте плоских нетекстурированных, отражающих и прозрачных объектов.

- Избегайте попадания в кадр нежелательных объектов на переднем плане. По возможности не допускайте изменения взаимного расположения объектов в процессе съемки.
- Снимайте блестящие объекты в облачную погоду.
- Делайте снимки с большим перекрытием.
- Наиболее важные детали рекомендуется снимать с 3 и более ракурсов.

## Обработка снимков

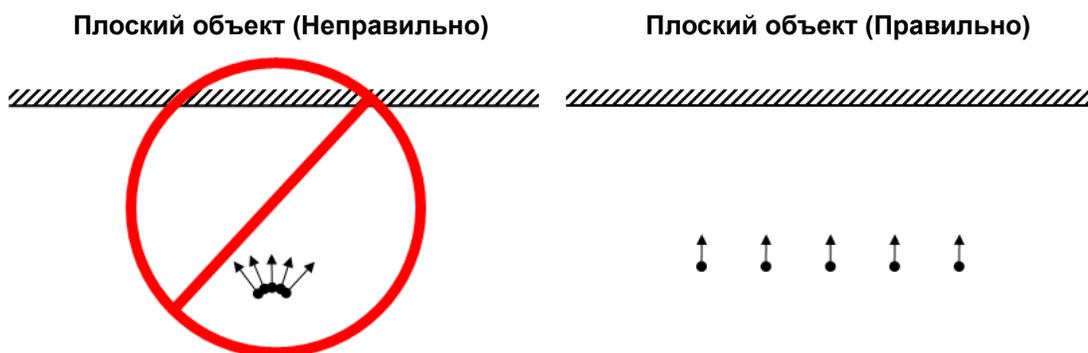
- Metashape использует только исходные изображения. Не допускается предварительно изменять размер или геометрию кадров (поворачивать, кадрировать и т.д.).

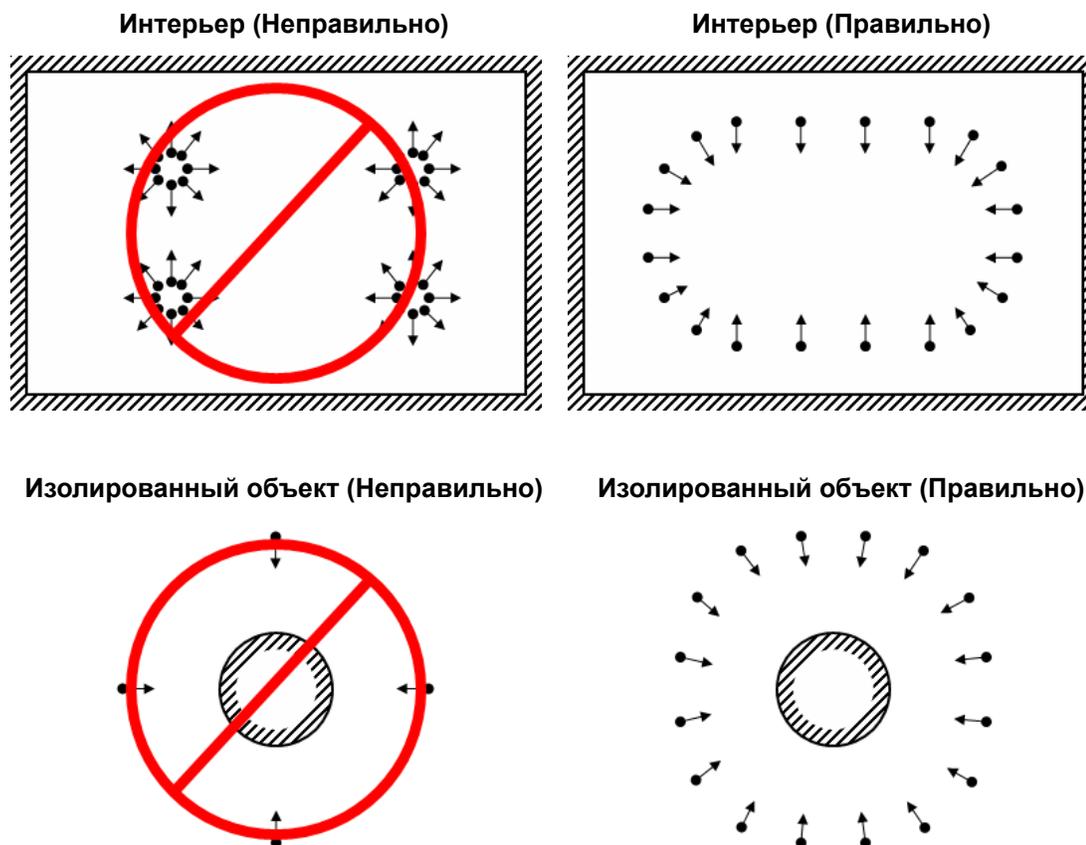
## Сценарии съемки

Сценарий съемки следует тщательно спланировать заранее. При планировании съемки рекомендуется следовать приведенным ниже правилам.

- Избыток снимков предпочтительнее, чем их недостаточное количество.
- Количество "слепых зон" должно быть сведено к минимуму, так как Metashape может построить в цифровом пространстве только те точки объекта съемки, которые видны как минимум на двух кадрах.
- Необходимо эффективно использовать пространство кадра: снимаемый объект должен занимать наибольшую часть кадра. В некоторых случаях оптимальна портретная ориентация кадра.
- Допускается съемка объекта по частям, при условии достаточного перекрытия кадров. Не обязательно помещать объект целиком в каждый кадр.
- Применение хорошего освещения повысит качество результата съемки. При этом источники освещения рекомендуется располагать за пределами кадра, не использовать вспышку и избегать бликов.

Ниже приведены примеры сценариев съемки:





## Ограничения

Для некоторых наборов данных построение 3D модели невозможно. Ниже приведены наиболее распространенные причины, по которым те или иные снимки не подходят для восстановления трехмерной модели.

## Редактирование снимков

В Metashape следует использовать только оригинальные изображения в том виде, в котором они получены на цифровую камеру. Использование снимков, для которых были произведены геометрические трансформации или кадрирование, скорее всего приведет к отрицательному или крайне неточному результату. Заметим, что фотометрические модификации не влияют на результаты обработки.

## Отсутствие EXIF данных

Metashape использует данные EXIF для расчета исходного фокусного расстояния и размера пикселя сенсора съемочной камеры. Достоверные данные EXIF, таким образом, необходимы для точной автоматической калибровки камеры и, соответственно, для получения корректных результатов 3D моделирования. Тем не менее, построение трехмерной модели возможно и при отсутствии данных EXIF. В этом случае Metashape руководствуется предположением, что фокусное расстояние для всех снимков составляет 50 мм (в эквиваленте 35 мм пленки). Если фокусное расстояние значительно отличается

от 50 мм, рекомендуется задать начальные калибровочные параметры камеры вручную, в противном случае результат обработки будет ошибочным.

Подробности о необходимых метаданных EXIF и инструкция для задания калибровочных параметров приведены в разделе [«Калибровка камеры»](#).

## Дисторсия объектива

Дисторсия используемого объектива должна хорошо описываться выбранной моделью камеры. Для кадровой камеры в большинстве случаев применяется модель Брауна, используемая в Metashape. В то же время, для объективов с ультра-широким углом обзора и объективов типа «рыбий глаз» необходимо выбрать корректный тип камеры в диалоге Калибровка камеры перед началом обработки.

## Калибровка объектива

Metashape предлагает дополнительный инструмент автоматической калибровки объектива. Калибровочное изображение в виде шахматной доски может быть выведено на дисплей или распечатано. При печати необходимо следить за тем, чтобы клетки были квадратными. Перед съемкой распечатанное изображение располагают на плоской поверхности (например, на столе). Процедура калибровки объектива позволяет рассчитать полную калибровочную матрицу, включая коэффициенты тангенциальной дисторсии. Подробная информация о моделях камер приведена в разделе [Приложение С, Модели дисторсии камеры](#).

### **Примечание**

- Поскольку Metashape рассчитывает параметры калибровки автоматически на этапе выравнивания снимков, процедура калибровки объектива не является обязательной и в большинстве случаев может быть пропущена. При нестабильности результатов выравнивания (что может быть связано, например, с недостаточным количеством связующих точек на снимках), рекомендуется выполнить калибровку объектива.

Следующие параметры калибровки могут быть уточнены:

**f**

фокусное расстояние (в пикселях).

**cx, cy**

координаты главной точки, т. е. координаты пересечения оптической оси объектива с плоскостью сенсора.

**b1, b2**

коэффициенты аффинитета (Affinity) и скоса (Skew, коэффициент неортогональности)

**k1, k2, k3, k4**

коэффициенты радиальной дисторсии.

**p1, p2**

коэффициенты тангенциальной дисторсии.

Снимки калибровочного изображения должны быть загружены в Metashape перед запуском процедуры калибровки объектива.

### Для получения снимков калибровочной таблицы:

1. В главном меню *Инструменты*, подменю *Объектив* выберите команду *Показать калибровочную таблицу...*
2. При помощи колесика мыши скорректируйте появившееся на мониторе изображение таким образом, чтобы число клеток по каждой стороне калибровочной таблицы было не меньше 10.
3. Сфотографируйте калибровочную таблицу (при помощи объектива и камеры, которые используются при съемке основного набора данных, и для которых необходима калибровка) слегка варьируя угол обзора. Для каждого значения фокусного расстояния (в случае, если используется объектив с переменным фокусным расстоянием) необходимо сделать минимум три снимка.
4. При калибровке зум-объектива (объектива с переменным фокусным расстоянием) - повторите шаг 3 для разных значений фокусного расстояния.
5. Для выхода из окна отображения калибровочной таблицы и возвращения в окно программы нажмите кнопку *Отмена* или кликните левой клавишей мыши в любом месте.
6. Загрузите полученные фотографии на компьютер.

При съемке калибровочной таблицы:

- Удостоверьтесь, что фокусное расстояние неизменно для каждой серии снимков (в случае использования объектива с переменным фокусным расстоянием).
- Избегайте бликов. При необходимости отодвиньте источник света от монитора.
- Располагайте камеру таким образом, чтобы калибровочная таблица занимала все пространство снимка.

### Для загрузки фотографий калибровочной таблицы в Metashape:

1. Создайте новый блок, нажав кнопку  *Добавить блок* на вкладке *Проект*, или выберите пункт *Добавить блок* из контекстного меню корневого элемента на вкладке *Проект*. Больше информации о работе с блоками доступно в разделе [«Использование блоков»](#).
2. Выберите команду *Добавить снимки...* в меню *Обработка*.
3. В появившемся диалоговом окне укажите путь к папке с фотографиями и выберите изображения для загрузки. Нажмите кнопку *Открыть*.
4. Загруженные изображения доступны на вкладке *Снимки*.

### **Примечание**

- Изображение может быть открыто для просмотра. Для этого необходимо дважды нажать левой клавишей мыши по соответствующей миниатюре на вкладке *Снимки*. Для точной калибровки объектива удостоверьтесь, что фотографии четкие, а границы клеток калибровочного изображения резкие.
- Лишние изображения могут быть удалены в любой момент.

- Перед калибровкой ультра-широкоугольного объектива или объектива "рыбий глаз" рекомендуется выбрать соответствующий *Тип камеры* в диалоге *Калибровка камеры...*, доступном из меню *Инструменты*. Дополнительная информация о настройке параметров калибровки камеры доступна в разделе «[Калибровка камеры](#)».

### Для калибровки объектива

1. Выберите команду *Откалибровать объектив...* в подменю *Объектив* главного меню *Инструменты*.
2. В диалоговом окне *Калибровка объектива* выберите необходимые параметры калибровки и нажмите кнопку *ОК*.
3. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку нажмите кнопку *Отмена*.
4. Результаты калибровки будут отображаться на вкладке *Уточненная* диалогового окна *Калибровка камеры...*, доступного из меню *Инструменты*. Рассчитанные значения могут быть сохранены в файле, для этого необходимо нажать кнопку *Сохранить* и выбрать место на диске для записи файла. Сохраненные параметры калибровки могут быть в дальнейшем использованы в других блоках и/или проектах, содержащих снимки сделанные теми же камерой и объективом.



### Примечание

- После того как параметры калибровки для объектива сохранены, можно приступить к обработке исходных данных по проекту в отдельном блоке. В основном блоке на вкладке *Начальная* окна *Калибровка камеры...* следует выбрать опцию *Зафиксировать калибровку*, это позволит избежать пересчета данных калибровки на этапе выравнивания снимков.

Следующие данные доступны пользователю по окончании процедуры калибровки:

Выявленные углы клеток калибровочной таблицы отображаются на каждой фотографии (фотография открывается двойным щелчком по соответствующей миниатюре на вкладке *Снимки*). Предпочтительно, чтобы большинство углов определялось корректно. Для каждого угла также отображается ошибка репроецирования, то есть разница между его положением, определенным на фотографии, и положением, рассчитанным в соответствии с параметрами калибровки. Для удобства визуализации ошибки показаны с 20-ти кратным увеличением.

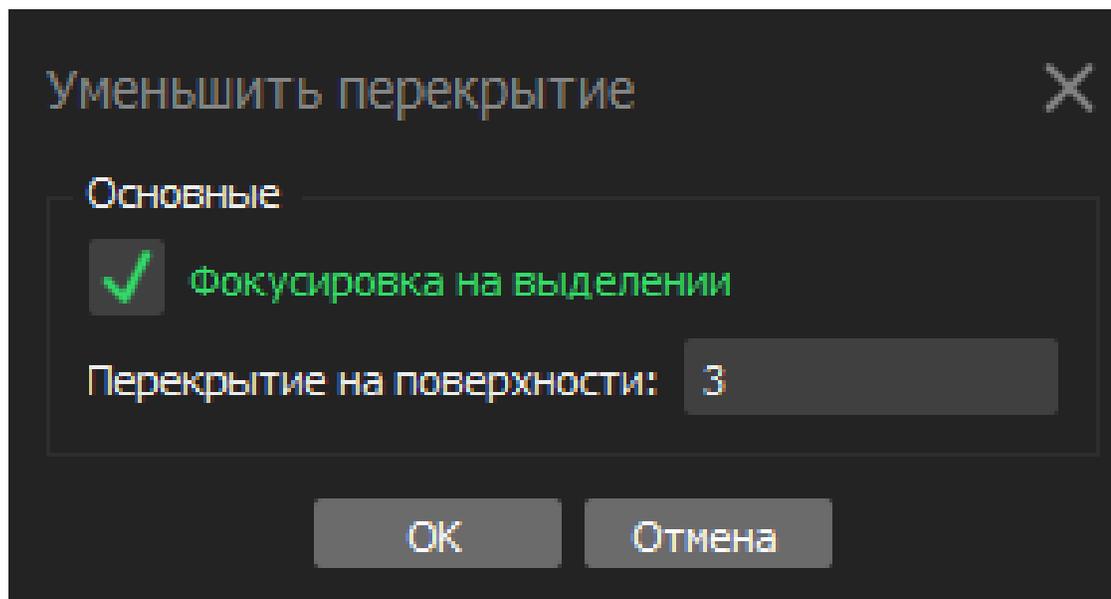
## Уменьшение перекрытия

Функция позволяет проанализировать перекрытие кадров в наборе и исключить избыточные кадры из последующей обработки.

### Для создания плана полета

1. Выровняйте все снимки и на основании разреженного облака точек постройте грубую трехмерную модель.
2. Выберите функцию *Уменьшить перекрытие...*, доступную в меню *Инструменты*.

3. Установите параметры в диалоговом окне *Уменьшить перекрытие*.
4. Нажмите кнопку *OK*.
5. В диалоговом окне будет отображаться текущее состояние обработки. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.
6. По завершении процедуры все избыточные кадры будут исключены.



Диалоговое окно "Уменьшить перекрытие"

Параметры диалогового окна *Уменьшить перекрытие*:

**Фокусировка на выделении**

Позволяет уменьшить перекрытие только для выбранной области полигональной модели. При этом все кадры за пределами выбранной области будут отключены.

**Перекрытие на поверхности**

Количество снимков, на которых каждая точка видна под разными углами.

---

## Глава 3. Основные этапы работы

Работа в программе Metashape включает следующие основные этапы:

- загрузка снимков в Metashape;
- обзор загруженных снимков и удаление ненужных;
- выравнивание снимков;
- построение плотного облака точек;
- построение трехмерной полигональной модели;
- текстурирование полигональной модели;
- экспорт результатов.

При использовании полной версии Metashape (не в демо-режиме) промежуточные результаты могут быть сохранены на любой стадии в виде файла-проекта Metashape для последующего использования. Концепция файлов-проектов и файлов-архивов коротко объясняется в секции [«Сохранение промежуточных результатов»](#).

Приведенный выше список содержит все шаги, необходимые для построения текстурированной 3D модели по набору снимков. Некоторые дополнительные инструменты, которые могут оказаться полезными при решении конкретных задач, описаны в последующих главах настоящего руководства.

## Настройка программы

Перед началом работы рекомендуется настроить Metashape в соответствии с решаемыми задачами. Для этого в меню *Инструменты* выберите пункт *Настройки*. В появившемся диалоговом окне на вкладке *Основные* рекомендуется указать путь к файлу, в который будет записан журнал работы программы Metashape. Этот журнал может быть направлен в службу поддержки Agisoft в случае возникновения каких-либо проблем в процессе работы программы. Также на вкладке *Основные* выберите язык интерфейса из доступных вариантов: Английский, Испанский, Итальянский, Китайский, Немецкий, Португальский, Русский, Французский, Японский. Выберите Светлую, Темную или Классическую (по умолчанию) тему отображения интерфейса программы. И настройте предпочтительные *Быстрые клавиши*.

Необходимо убедиться, что все обнаруженные программой графические карты (GPU), отмечены галочкой на вкладке *GPU*. Metashape использует вычислительные мощности графического процессора, что значительно ускоряет обработку. Компания Agisoft не рекомендует использовать интегрированные графические карты, так как их работа может оказаться нестабильной при большой загрузке. При использовании двух и более графических карт для ускорения обработки в Metashape, рекомендуется отключить опцию *Использовать CPU для обработки совместно с GPU*.

На вкладке *Дополнительно* можно подключить некоторые дополнительные функции. Например, возможность загрузки мета-данных камеры из XMP файла (калибровочные коэффициенты камер).

Функция *Сохранять карты глубины* позволяет экономить время, например, при построении плотного облака точек для фрагмента проекта (при условии, что плотное облако было сперва построено для всего проекта целиком). Или когда, например, и полигональная модель, и плотное облако строятся на основании карт глубины одного качества.

Опция *Тонкое разделение задач* полезна при обработке больших наборов данных. Она позволяет программе разделить некоторые процессы на части и таким образом сократить потребление памяти при обработке. Следующие процессы поддерживают тонкое разделение задач: Найти связующие точки, Выровнять камеры, Построить карты глубины, Построить плотное облако.

Metashape позволяет добавлять новые снимки к уже выровненному набору без необходимости заново производить процедуру выравнивания. Для этого необходимо перед запуском обработки подключить опцию *Сохранять особые точки* на вкладке *Дополнительно* диалогового окна *Настройки*.

## Загрузка снимков

Перед началом работы необходимо определить, какие снимки будут использоваться в качестве исходных при построении трехмерных данных. Сами снимки не загружаются в Metashape до тех пор, пока они не потребуются для процесса обработки, то есть пользователь, нажимая *Добавить снимки*, только отмечает те снимки, которые будут использоваться в дальнейшем.

На этапе отождествления связующих точек Metashape использует всю цветовую палитру изображений, не редуцируя ее до 8-ми бит. Точки облака и текстура также могут быть экспортированы с сохранением исходных цветов. При этом формат экспорта должен поддерживать не 8-ми битные цвета.

### Для загрузки набора снимков

1. Выберите пункт *Добавить снимки* в меню *Обработка* (или нажмите кнопку  *Добавить снимки* на панели *Проект*).
2. В появившемся диалоговом окне выберите нужную папку со снимками и укажите конкретные файлы. Нажмите кнопку *Открыть*.
3. Выбранные снимки появятся на панели *Проект*.

### **Примечание**

- Metashape поддерживает следующие форматы снимков: JPEG, JPEG 2000, TIFF, DNG, PNG, OpenEXR, BMP, TARGA, PPM, PGM, SEQ, ARA (тепловизионные изображения) и JPEG Multi-Picture Format (MPO). Снимки других форматов не будут видны в диалоговом окне добавления снимков. Такие снимки необходимо предварительно конвертировать в один из поддерживаемых форматов.

Лишние загруженные снимки, могут быть удалены в любой момент.

### Для удаления лишних снимков

1. На панели *Проект* выберите снимки, которые необходимо удалить.

- Щелкните правой кнопкой мыши по выбранным для удаления снимкам и выберите в контекстном меню пункт *Удалить снимки* или нажмите кнопку  *Удалить элементы* на панели *Проект*. Выбранные снимки будут удалены из рабочего набора.

## Группы камер

В случае если все снимки или их часть сняты с одной позиции камеры, для корректной обработки в Metashape необходимо выделить такие снимки в отдельную группу камер и задать тип группы Станция. Важно, чтобы для всех снимков в группе Станция расстояния между центрами снимков были пренебрежимо малы в сравнении с минимальным расстоянием от камеры до объекта съемки. Для построения 3D модели необходимо наличие в одном блоке по крайней мере двух станций, содержащих перекрывающиеся наборы снимков. При этом для экспорта панорамы достаточно набора снимков, сделанных одной камерой-станцией. Подробнее об экспорте панорам см. раздел [«Экспорт результатов»](#).

Разбиение камер на группы также можно применять для облегчения работы с данными в блоке, например, применяя/отменяя функции сразу для всех камер в группе.

### Для того чтобы поместить снимки в группу необходимо

- На вкладке *Проект* (или на вкладке *Снимки*) выделить снимки для добавления в группу.
- Щелкнуть правой кнопкой мыши по выбранным снимкам и в контекстном меню выбрать пункт *Переместить камеры - Новая группа*.
- В активном блоке появится новая группа, и выделенные снимки будут перемещены в эту группу.
- Также можно переместить выделенные снимки в созданную ранее группу камер, для этого необходимо выбрать в контекстном меню пункт *Переместить камеры - Группы - Группа\_имя*.

Для присвоения группе типа Станция необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши на имени группы и выбрать в контекстном меню пункт *Тип группы*.

## Проверка загруженных снимков

Загруженные снимки отображаются в рабочем окне программы вместе с флагами статуса.

Возможные статусы снимков:

### НС (Нет калибровки)

Не найдены EXIF данные, по которым можно оценить фокусное расстояние, с которым был сделан снимок. В этом случае Metashape предполагает, что соответствующая фотография была снята объективом с фокусным расстоянием 50 мм (в эквиваленте 35 мм пленки). Если реальное фокусное расстояние значительно отличается от 50 мм, необходимо провести калибровку камеры вручную. Подробная инструкция о ручной калибровке камеры приведена в разделе [«Калибровка камеры»](#).

### НА (Не выровнен)

Параметры внешнего ориентирования для данного снимка еще не были получены.

Загруженные в Metashape снимки останутся не выровненными до тех пор, пока не будет выполнен следующий шаг – выравнивание снимков.

### Значок

Уведомляет, что группе камер присвоен тип Станция.

## Выравнивание снимков

В результате процесса выравнивания определяются элементы внешнего ориентирования камеры и уточняются элементы внутреннего ориентирования (если выбрана опция автоматической калибровки). Разреженное облако точек, построенное в процессе выравнивания, отображает связующие точки.

Элементы внешнего ориентирования камеры определяют положение и ориентацию камеры в пространстве в момент съемки и рассчитываются на этапе выравнивания. Элементы внешнего ориентирования: 3 линейных элемента внешнего ориентирования и 3 угловых элемента внешнего ориентирования.

В Metashape элементы внутреннего и внешнего ориентирования рассчитываются при помощи фототриангуляции методом независимых связей. Для вычисления используются уравнения коллинеарности.

Элементы внутреннего ориентирования включают фокусное расстояние камеры, координаты главной точки снимка и коэффициенты дисторсии объектива. Перед запуском процедуры выравнивания в Metashape следует настроить параметры калибровочных групп:

- Для каждой камеры, использованной при съемке изображений проекта, необходимо создать отдельную калибровочную группу. Кроме того, рекомендуется создать отдельную калибровочную группу для каждого отдельного полета БПЛА. Более детальная информация доступна в разделе [«Загрузка снимков»](#).
- Для каждой калибровочной группы должны быть заданы начальные значения элементов внутреннего ориентирования. В большинстве случаев данные автоматически считываются из метаданных EXIF. Если метаданные EXIF недоступны - начальные значения элементов внутреннего ориентирования задаются на основании паспорта камеры.

### Для выравнивания набора снимков

1. Выберите пункт *Выровнять снимки...* в меню *Обработка*.
2. В появившемся диалоговом окне выберите предпочтительные параметры выравнивания. Нажмите *ОК*, когда выбор сделан.
3. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

По окончании процедуры выравнивания в окне программы будут доступны для просмотра положения центров фотографирования и разреженное облако точек. В случае если обзор результата выявил неправильное позиционирование одной или нескольких камер, выравнивание для таких камер может быть сброшено. Для просмотра связующих точек между любой парой снимков выберите пункт *Просмотр соответствий...* в контекстном меню снимка на вкладке *Снимки*.

Положение неправильно выровненных снимков может быть пересчитано.

### Для выравнивания поднабора снимков

1. Сбросьте выравнивание для неправильно позиционированных снимков, используя команду *Сбросить выравнивание* в контекстном меню снимка.
2. Выберите снимки, которые необходимо выровнять, и используйте команду *Выровнять камеры* в контекстном меню снимков.
3. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

При необходимости облако точек вместе с рассчитанными позициями камер может быть экспортировано для обработки в стороннем 3D редакторе.

## Качество снимков

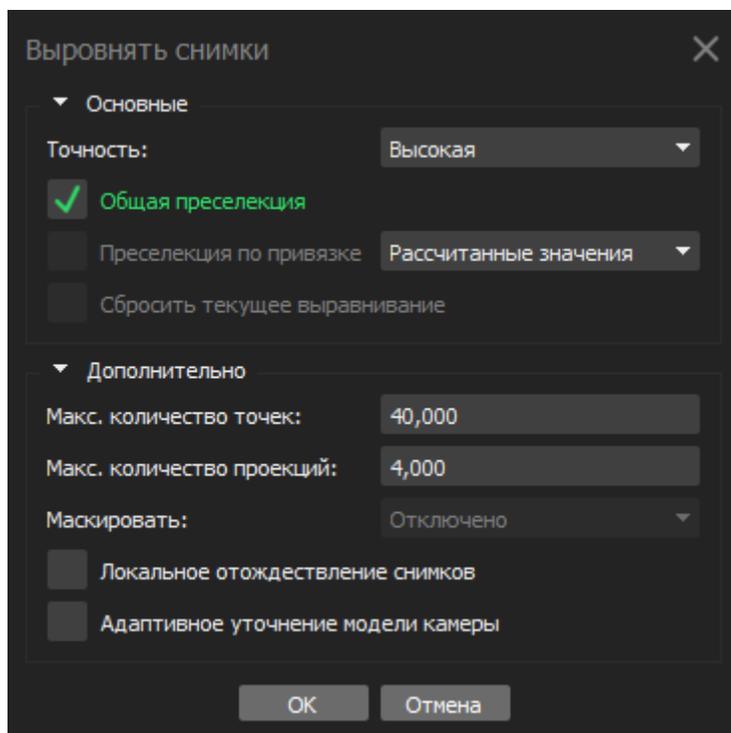
Снимки плохого качества могут негативно повлиять на результат выравнивания. Для отбора качественных изображений Metashape предлагает функцию автоматической оценки качества снимков. Изображения с параметром качества менее 0.5 рекомендуется исключить из обработки (при условии, что оставшиеся снимки полностью покрывают объект съемки). Для исключения снимков используйте кнопку  *Блокировать камеры* в строке меню на вкладке *Снимки*.

Оценка качества снимков в Metashape основана на сравнении параметра четкости конкретного изображения с соответствующим параметром для других снимков в наборе. Значение параметра рассчитывается на основании уровня четкости наиболее резкого участка изображения.

### Для оценки качества снимка

1. Переключитесь в режим просмотра  *Детальный*, доступный из меню *Изменить* на панели *Снимки*.
2. На панели *Снимки* выберите все кадры, которые необходимо проанализировать.
3. Выберите пункт *Оценить качество снимков* в контекстном меню снимков.
4. После завершения процедуры, параметр *Качество* отобразится в одноименном столбце на панели *Снимки*.

## Параметры выравнивания



Диалоговое окно "Параметры выравнивания"

Следующие параметры выравнивания контролируют процедуру выравнивания снимков и могут быть изменены в диалоговом окне *Выровнять снимки*:

#### Точность

Высокая точность позволяет получить наиболее достоверное положение камеры, тогда как низкая точность может быть использована для грубого расчета положения камеры в кратчайшее время.

При значении параметра точности *Высокая*, программа использует в расчетах изображения исходного размера, для *Средней* точности размер исходных изображений уменьшается в 4 раза (в 2 раза по каждой стороне кадра). Низкая точность означает уменьшение исходных изображений еще в 4 раза. При значении параметра точности *Очень высокая*, программа использует в расчетах изображения увеличенные в 4 раза. Так как связующие точки определяются из соответствующих элементов, найденных на исходных изображениях, в некоторых случаях для точной локализации связующих точек может быть необходимо увеличить изображение. Выравнивание камер при значении параметра точности *Очень высокая* рекомендовано только для очень резких снимков и в основном для исследовательских целей, так как требует большего времени.

#### Преселекция пар

Процесс выравнивания больших наборов снимков может занимать значительное время, которое по-большой части расходуется на процедуру отождествления между найденными на разных снимках особенностями. Преселекция пар может ускорить процесс.

В режиме *Общая преселекция* выбор пар осуществляется путем предварительного отбора с низкой точностью отождествления.

### **Преселекция по привязке**

При использовании опции *Преселекция по привязке* следует выбрать наиболее подходящий режим преселекции из выпадающего списка:

При выборе пар в режиме *Рассчитанные значения* учитываются величины элементов внешнего ориентирования камеры, полученные при первичном выравнивании. Данный режим может быть полезен при отсутствии или недостаточном количестве на перекрывающихся снимках соответственных точек, полученных при первичном выравнивании.

В режиме *Порядок кадров* выбор пар определяется последовательностью кадров при съемке. Стоит отметить, что первые и последние по порядку в наборе кадры также будут сопоставлены между собой.

### **Сбросить текущее выравнивание**

При выборе данной опции данные обо всех обнаруженных характерных точках, проекциях и связующих точках отбрасываются, и процедура выравнивания будет запущена заново.

Также возможна настройка следующих дополнительных параметров.

### **Максимальное количество точек**

Максимальный предел количества характерных точек (особенностей) на каждом снимке, принимаемых в расчет на текущей стадии обработки. При использовании нулевого значения *Metashape* находит максимально возможное количество характерных точек, что может привести к появлению большого числа ненадежных точек.

### **Максимальное количество проекций**

Максимальный предел количества связующих точек на каждом снимке. Использование нулевого значения означает отсутствие фильтрации по данному параметру.

### **Применить маски**

Если выбрана опция *Применить маски к характерным точкам*, процедура поиска особенностей производится только для участков на снимках, которые не закрыты масками. В свою очередь опция *Применить маски к связующим точкам* указывает, что конкретные связующие точки исключены из процедуры выравнивания. Заметим, что связующая точка - это совокупность характерных точек на снимках, каждая из которых является проекцией одной и той же трехмерной точки. Таким образом при включении опции *Применить маски к связующим точкам*, если область закрыта маской хотя бы на одном снимке в наборе, характерные точки в пределах этой области на других снимках не будут учитываться при выравнивании, а следовательно и соответствующие связующие точки также не будут учитываться при выравнивании. Это может оказаться полезным в случае съемки объекта с использованием поворотного столика: можно исключить весь фон, закрыв его маской только на одном снимке. Дополнительная информация об использовании масок находится в разделе [«Использование масок»](#).

### **Подавлять неподвижные связующие точки**

Позволяет исключить связующие точки, остающиеся неподвижными на многих фотографиях в наборе. Такой подход полезен при выравнивании наборов с неподвижным фоном (например, при сценариях съемки с использованием поворотного столика) без применения масок. Кроме того применение этой опции помогает исключить ложные связующие точки: артефакты сенсора или объектива.

### **Локальный поиск соответствий**

Позволяет находить дополнительные связующие точки на снимках большого разрешения: изображениях, снятых камерами профессионального уровня;

спутниковых снимках или архивных аэрофотоснимках, отсканированных в высоком разрешении.

#### **Адаптивное уточнение модели камеры**

Данная опция позволяет автоматически уточнять элементы внутреннего ориентирования камеры, в зависимости от оценки их надежности. Для наборов данных с надежной геометрией кадра (например, фотографии здания, снятые по всему периметру и с различных уровней съемки) функция позволяет уточнить большее число элементов при первоначальном выравнивании. Напротив, для наборов данных с ненадежной геометрией (например, снимки сделанные камерой, закрепленной на БПЛА) данная функция позволяет избежать значительного расхождения значений элементов внутреннего ориентирования камеры. Например, определение параметров радиальной дисторсии для наборов данных, где объект съемки занимает только малую центральную часть кадра, чрезвычайно ненадежно. При отключении данной функции Metashape уточняет только фиксированный набор параметров: фокусное расстояние, положение главной точки, три коэффициента радиальной дисторсии ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ) и два коэффициента тангенциальной дисторсии ( $P_1$ ,  $P_2$ ).

#### **Примечание**

- Параметр Максимальное количество проекций позволяет оптимизировать производительность на этапе выравнивания снимков и, в большинстве случаев, не влияет на качество результирующей модели. Рекомендуемое значение 4000. Слишком высокое или слишком низкое значение параметра может привести к потере некоторых частей плотного облака точек. Metashape рассчитывает карты глубины только для пар снимков, для которых количество связующих точек выше определенного предела. Этот предел равняется 100 точкам или 10% от максимального числа связующих точек между данным снимком и другими снимками в проекте (если таких точек больше 4000). В расчет принимаются только связующие точки внутри области реконструкции.
- Число связующих точек может быть уменьшено по завершении процедуры выравнивания при помощи команды *Связующие точки - Проредить связующие точки* в меню *Инструменты*. Эта операция приведет к уменьшению количества точек в разреженном облаке, тогда как результаты выравнивания останутся неизменными.

## **Компоненты**

В результате процедуры выравнивания некоторые поднаборы изображений могут оказаться несвязанными с основным выровненным набором. Это происходит в тех случаях, когда между основным набором данных и локальными поднаборами, называемыми Компонентами, не было выявлено достаточного количества связующих точек.

Компоненты отображаются внутри папки *Компоненты* соответствующего блока на панели *Проект*.

## **Добавление новых снимков в выровненный набор**

При необходимости добавить некоторое количество снимков к уже выровненному набору, может быть использована опция дополнительного выравнивания. При этом необходимо соблюдение двух условий: 1) параметры объекта съемки (такие как освещенность и др.) не изменялись существенно; 2) ДО НАЧАЛА ОБРАБОТКИ была включена функция

Сохранять особые точки, размещенная на вкладке *Дополнительно* диалогового окна *Настройки Metashape*, доступного из меню *Инструменты*.

### **Для выравнивания дополнительных изображений и добавления их к блоку предварительно выровненных**

1. Добавьте новые снимки в активный блок, используя команду *Добавить снимки* в меню *Обработка*.
2. В меню *Обработка* откройте диалог *Выровнять снимки*.
3. Задайте настройки выравнивания для нового поднабора снимков. ВАЖНО! Снимите галочку напротив команды *Сбросить текущее выравнивание*.
4. Нажмите *ОК*. В процессе выравнивания Metashape будет сопоставлять уже существующие особые точки и точки, определенные на новых изображениях.

## **Построение облака точек на основании импортированных данных о камере**

Metashape поддерживает импорт элементов внешнего и внутреннего ориентирования камеры, а также результатов калибровки. Если для конкретного проекта доступны точные данные о камере, они могут быть загружены в Metashape и использованы вместе со снимками как исходные данные для построения 3D модели.

### **Для импорта элементов внешнего и внутреннего ориентирования камеры**

1. Выберите команду *Импорт камер* из меню *Файл-Импорт*.
2. Задайте формат импортируемого файла.
3. Задайте местоположение исходного файла и нажмите кнопку *Открыть*.
4. Данные будут загружены в проект. Элементы внутреннего ориентирования отобразятся на вкладке *Уточненная* диалогового окна *Калибровка камеры*, доступного из меню *Инструменты*.

Параметры камеры могут быть импортированы в следующих форматах: Agisoft (\*.xml), BINGO (\*.dat), Inpho Project File (\*.prj), Blocks Exchange (\*.xml), Bundler (\*.out), Autodesk FBX (\*.fbx), VisionMap Detailed Report (\*.txt), Realviz RZML (\*.rzml), Alembic (\*.abc).

После загрузки данных, Metashape предлагает построить облако точек. На этом этапе производится поиск характерных точек и отождествление с последующим построением Разреженного облака точек, которое представляет собой трехмерную репрезентацию данных о Связующих точках. Команда *Построить облако точек* доступна из меню *Инструменты* - *Связующие точки*. Параметры процедуры Построить облако точек идентичны параметрам этапа выравнивания снимков (см. выше).

## **Построение плотного облака точек**

Metashape позволяет создавать плотное облако точек на основании рассчитанных элементов внутреннего и внешнего ориентирования камеры.

Процедура построения плотного облака точек выполняется на основе карт глубины, рассчитанных при помощи алгоритма плотной стереорекострукции. Для каждого снимка при помощи фототриангуляции методом независимых связей определяются элементы внешнего и внутреннего ориентирования. Затем по этим данным для пар перекрывающихся снимков рассчитываются карты глубины. Поскольку один снимок перекрывается сразу с несколькими соседними, то таким образом для каждого снимка рассчитывается несколько карт глубины. Итоговая карта глубины для конкретного снимка объединяет в себе информацию, полученную при попарном расчете. Дополнительные данные в области множественного перекрытия снимков используются для фильтрации ошибок.

Плотное облако получается путем объединения частичных плотных облаков, полученных из карт глубины, с применением дополнительной фильтрации в областях перекрытия. Нормали в частичных плотных облаках точек определяются методом аппроксимирующей плоскости для окрестностей пикселя в полной (комбинированной) карте глубины для конкретного снимка. Цвет пикселя определяется на основании данных изображения.

Число полных карт глубины для каждой точки в объединенном плотном облаке отражается в виде значения достоверности. В дальнейшем, при помощи инструмента *Отфильтровать по достоверности...* (доступном из меню *Инструменты > Плотное облако*) точки с низкой достоверностью могут быть исключены из рассмотрения.

В Metashape облака точек получаются такие же плотные (если не плотнее) как облака точек LIDAR. Плотное облако точек может быть отредактировано при помощи Metashape, а также использовано для построения полигональной модели. Наконец, плотное облако может быть экспортировано для дальнейшего анализа в других приложениях.

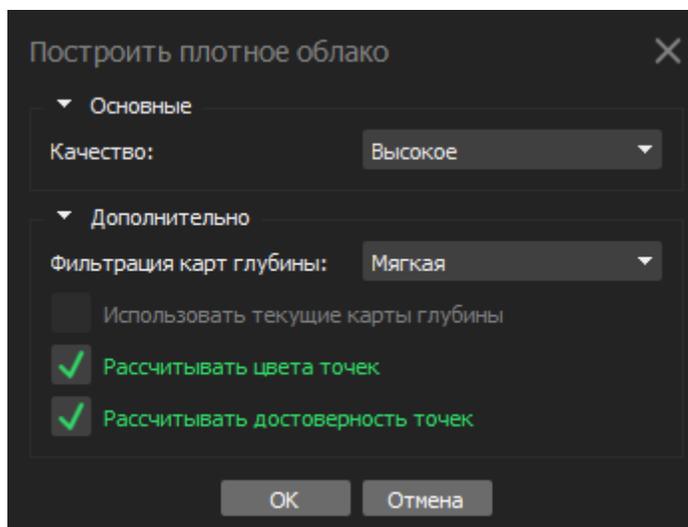
### Для построения плотного облака точек

1. Проверьте выбор области реконструкции. В случае необходимости выберите рабочую область вручную, используя кнопки  *Изменить размер области* и  *Повернуть область* на панели инструментов. Поверните рабочую область, а затем перетащите углы параллелепипеда в нужное положение.
2. Выберите пункт *Построить плотное облако...* в меню *Обработка*.
3. В диалоговом окне *Построить плотное облако* установите необходимые параметры. Нажмите кнопку *ОК*.
4. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Для отмены процесса нажмите кнопку *Отмена*.

### **Примечание**

- В одном блоке может храниться несколько плотных облаков. Для того чтобы сохранить текущее плотное облако и построить новое, на панели *Проект* в активном блоке щелкните правой кнопкой мыши на Плотное облако и снимите галочку *Использовать по умолчанию*. Для того чтобы сохранить текущее плотное облако и создать его копию для последующего редактирования, выберите опцию *Создать копию...* в контекстном меню выбранного плотного облака на панели *Проект*.

## Параметры построения плотного облака



Диалоговое окно "Построить плотное облако"

### Качество

Устанавливает требуемое качество построения карт глубины. Более высокие значения позволяют получить более детальную и точную геометрию, однако требуют при этом больших ресурсов и большего времени на обработку. Параметр Качество для плотного облака точек схож с параметром Точность на этапе выравнивания снимков. Так при выборе значения параметра Очень высокое производится обработка исходных изображений, при снижении параметра на одну ступень, размер снимка уменьшается в 4 раза (в 2 раза по каждой стороне).

Кроме того, возможно использование следующих дополнительных параметров.

### Режимы Фильтрации карт глубины

На стадии построения плотного облака точек Metashape рассчитывает карты глубины для каждого изображения. В случае, если текстура некоторых частей объекта съемки плохо выражена, или изображение нечетко сфокусировано, а также вследствие цифрового шума, некоторые точки могут быть неправильно позиционированы. Для фильтрации выбросов Metashape имеет несколько встроенных алгоритмов, которые могут применяться в зависимости от задач конкретного проекта.

### Мягкая

При сложной, с многочисленными мелкими деталями на переднем плане, геометрии объекта съемки, рекомендуется выбрать для параметра *Фильтрация карт глубины* значение *Мягкая*. В этом случае важные элементы объекта съемки не будут исключены из построения. Мягкий режим фильтрации карт глубины может быть также полезен при обработке аэрофотоснимков, если область исследования содержит плохо текстурированные поверхности (например, крыши зданий).

### Агрессивная

При моделировании области без значимых мелких деталей, рекомендована к применению *Агрессивная* фильтрация карт глубины, чтобы исключить максимальное число ошибочно позиционированных точек. Данное значение параметра обычно рекомендовано для обработки аэрофотоснимков, однако в некоторых проектах (см. комментарий для случая выше) может применяться Мягкая фильтрация.

### Умеренная

При использовании режима фильтрации карт глубины *Умеренная*, параметры фильтрации устанавливаются на уровне, среднем между режимами *Мягкая* и

*Агрессивная.* В случае сомнений, какой из режимов фильтрации карт глубины следует применить, рекомендуется экспериментировать с настройками.

Кроме того фильтрация карт глубины может быть *Отключена*. Однако использование такого сценария не рекомендовано, так как он ведет к сильному увеличению "шума" в плотном облаке точек.

Режимы фильтрации применяются к исходным картам глубины. Для фильтрации шума используется фильтр связанных компонент, основанный на значениях глубины для пикселя в пределах сегмента карты глубины. При фильтрации устанавливается максимальный размер связанной компоненты, подлежащей отбраковыванию.

### **Примечание**

- Более агрессивные режимы фильтрации позволяют удалить больше шума, однако стоит помнить, что если на объекте съемки присутствуют мелкие и тонкие детали - есть риск отфильтровать значимые точки.

#### **Использовать текущие карты глубины**

Если предполагается использовать уже содержащиеся в блоке карты глубины для построения плотного облака, в таком случае необходимо выбрать значения параметров *Качество* и *Фильтрация карт глубины* в соответствии со значениями, указанными в скобках рядом с пиктограммой карт глубины на панели *Проект*, а затем подключить опцию *Использовать текущие карты глубины*.

#### **Рассчитывать цвета точек**

Если цвета точек не представляют интереса для задач проекта, эту опцию можно отключить, чтобы уменьшить время на обработку.

#### **Рассчитывать достоверность точек**

При активации данной функции, Metashape оценивает сколько карт глубины было использовано при создании каждой точки плотного облака. Этот параметр может быть использован для фильтрации плотного облака (см. также [«Редактирование облака точек»](#)).

## **Импорт облака точек**

Metashape позволяет импортировать облако точек, которое на последующих этапах обработки будет распознаваться как плотное облако точек. При необходимости загрузки облака точек, полученного в результате применения фотограмметрии в стороннем пакете, с помощью лазерного сканирования и т.д., применяется опция *Импорт точек* доступная в меню *Файл*. В диалоговом окне импорта точек необходимо указать путь к файлу в одном из поддерживаемых форматов и нажать кнопку *Открыть*.

Metashape поддерживает следующие форматы плотного облака для импорта: Wavefront OBJ, Stanford PLY, ASPRS LAS, LAZ, ASTM E57, ASCII PTS.

## **Построение трехмерной полигональной модели**

Metashape позволяет построить трехмерную полигональную модель на основе облака точек (Плотного или Разреженного облаков, а также загруженного облака точек) или карт глубины.

## Для построения трехмерной полигональной модели

1. Проверьте выбор области реконструкции.

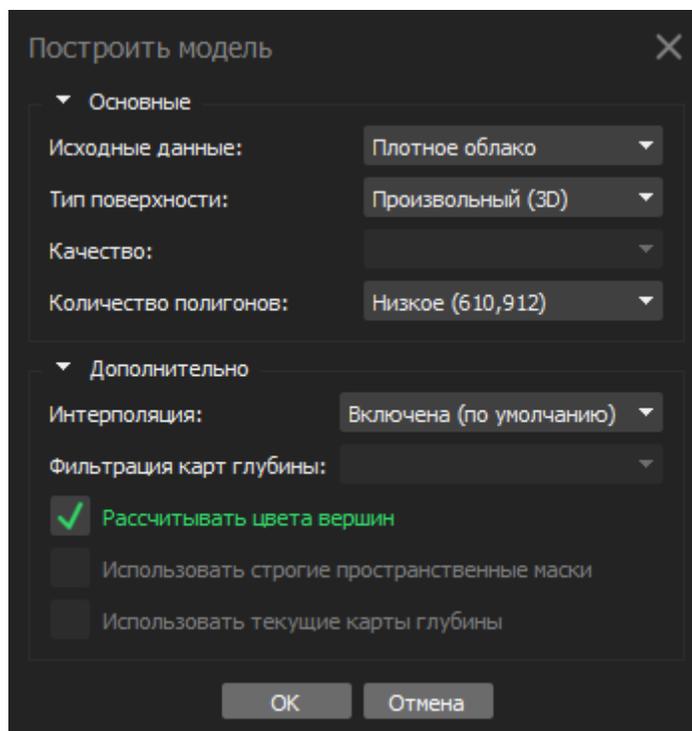
В случае необходимости выберите рабочую область вручную, используя кнопки ,  и  на панели инструментов. Поверните рабочую область, а затем перетащите углы параллелепипеда в нужное положение. Модель будет построена только для фрагмента объекта съемки внутри рабочей области. Для типа объекта *Карта высот* красная грань параллелепипеда будет определять плоскость проецирования. В этом случае необходимо убедиться, что параллелепипед, ограничивающий рабочую область, правильно ориентирован в пространстве.

2. Выберите пункт *Построить модель...* в меню *Обработка*.
3. В диалоговом окне *Построить модель* установите необходимые параметры. Нажмите кнопку *ОК*.
4. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Для отмены процесса нажмите кнопку *Отмена*.

### **Примечание**

- В одном блоке может храниться несколько полигональных моделей. Для того чтобы сохранить текущую полигональную модель и построить новую, на панели *Проект* в активном блоке щелкните правой кнопкой мыши на *Модель* и снимите галочку *Использовать по умолчанию*. Для того чтобы сохранить текущую полигональную модель и создать ее копию для последующего редактирования, выберите опцию *Создать копию...* в контекстном меню выбранной полигональной модели на панели *Проект*.

## Параметры построения трехмерной модели



Диалоговое окно "Построить модель"

Metashape поддерживает несколько методов построения трехмерной полигональной модели и предоставляет ряд настроек, позволяющих учесть особенности конкретного набора снимков.

#### Исходные данные

Значение параметра *Разреженное облако* может быть использовано для быстрого создания полигональной модели на основании только разреженного облака точек.

Настройка параметра *Плотное облако* позволит построить полигональную модель высокого качества, основываясь на заранее рассчитанном плотном облаке точек, однако время обработки увеличится.

Наконец, значение *Карты глубины* позволяет эффективно использовать информацию с исходных изображений, при этом, по сравнению с построением модели на основании плотного облака, требует меньших ресурсов. Рекомендуется для Произвольного типа поверхности при условии, что сценарий обработки не предполагает редактирование плотного облака точек перед построением полигональной модели.

#### Тип поверхности

*Произвольный* тип поверхности может быть использован для моделирования объектов любого вида. Этот тип следует выбирать для замкнутых поверхностей, таких как статуи, здания и т. д. Применяемые методы не подразумевают никаких ограничений типов моделируемых объектов, что достигается за счет использования большего количества ресурсов памяти.

Методы, определяемые типом поверхности *Карта высот*, оптимизированы для моделирования плоских поверхностей, таких как ландшафт или барельефы. Этот тип объекта следует выбирать при обработке результатов аэрофотосъемки, поскольку соответствующие методы требуют меньшего количества ресурсов памяти, и следовательно позволяют обрабатывать большее число изображений.

### **Качество**

Указывает желаемое качество построения карт глубины, при условии, что они выбраны в качестве исходных данных. Высокое качество может быть использовано для получения более подробной и точной геометрии, но оно требует больше времени для обработки.

Интерпретация параметра Качества в данном случае аналогична настройкам Точности, приведенным в разделе «Выравнивание снимков». Единственное отличие состоит в том, что здесь выбор Очень высокого качества означает обработку оригинальных снимков, в то время как каждое последующее снижение качества предполагает предварительное уменьшение размера изображения в 4 раза (в 2 раза по каждой стороне кадра). При построении полигональной модели на основе карт глубины по умолчанию применяется *Мягкая фильтрация*, кроме случаев, когда активирована опция *Использовать текущие карты глубины*. Для исключения лишних компонент, не относящихся к интересующему объекту, может быть использована *Агрессивная фильтрация*. Стоит помнить, что при таком режиме фильтрации могут быть ошибочно удалены тонкие структуры на восстановленной модели.

### **Количество полигонов**

Устанавливает максимальное число полигонов в итоговой трехмерной полигональной модели. Предложенные значения для параметра (Высокое, Среднее, Низкое) рассчитаны на основании числа точек в предварительно созданном плотном облаке: отношение равно 1/5, 1/15, и 1/45 соответственно. Эти значения отражают оптимальное количество полигонов для модели соответствующей детализации. Пользователь может самостоятельно задать желаемое число полигонов в итоговой модели (Пользовательское значение параметра). Обратите внимание, что слишком маленькое число полигонов ведет к построению грубой модели, тогда как слишком большое их число (более 10 миллионов полигонов) скорее всего создаст сложности при визуализации модели во внешних программах.

Кроме того, возможна настройка следующих дополнительных параметров.

### **Интерполяция**

Режим интерполяции *Отключена* подразумевает, что модель будет построена только для областей, присутствующих в плотном облаке точек. Обычно этот режим требует заполнения отверстий вручную на стадии постобработки.

При выбранном режиме интерполяции *Включена (по умолчанию)*, Metashape интерполирует информацию о каждой точке облака точек на поверхность круга определенного радиуса. Таким образом некоторые отверстия могут быть заполнены автоматически, а оставшиеся отверстия потребуют заполнения на стадии постобработки.

В режиме *Экстраполированная*, Metashape создает полигональную модель без отверстий с экстраполированной геометрией. Данный режим допускает генерирование больших дополнительных областей, однако они могут быть легко удалены вручную.

### **Рассчитывать цвета вершин**

Если в исходных данных присутствует информация о цвете точек, текущая опция позволит рассчитать цвета вершин полигональной модели, если это необходимо (в соответствии с выбором пользователя).

### **Использовать строгие пространственные маски**

Данная опция активна только при выборе Карт глубины в качестве исходных данных. Область, закрытая маской хотя бы на одном снимке, не будет смоделирована. Поэтому рекомендуется минимизировать использование масок. К тому же, каждая маска замедляет построение полигональной модели. Строгие пространственные маски могут быть использованы, например, при построении 3D модели человека, чтобы

избежать построения лишних полигонов (шум) в пространстве между пальцами. Также маской рекомендуется закрыть нетекстурированный фон на одном из снимков, это позволит избежать эффекта "прилипания фона" к контурам объекта. Дополнительную информацию об использовании масок см. в разделе [«Использование масок»](#).

### Использовать текущие карты глубины

Для того чтобы использовать текущие Карты глубины, доступные в блоке, выберите соответствующее Качество (см. информацию в строке Карты глубины на панели *Проект*), а затем поставьте галочку Использовать текущие карты глубины. Эта опция доступна только при выборе карт глубины в качестве исходных данных.

### Примечание

- Metashape, как правило, строит геометрию модели с высоким и очень высоким разрешением. Поэтому рекомендуется уменьшить число полигонов после расчета геометрии. Более подробная информация об оптимизации модели и других инструментах работы с геометрией трехмерной модели представлена в разделе [«Редактирование геометрии модели»](#).

## Построение текстуры модели

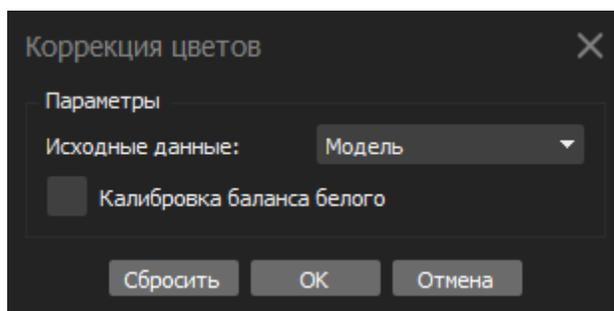
### Коррекция цветов

Функция цветокоррекции помогает выровнять яркость и баланс белого на снимках. Это может быть необходимо, если в процессе съемки условия освещения менялись в широких пределах. Коррекция цветов производится перед построением текстуры. Обратите внимание, что для больших наборов выполнение процедуры может занять существенное время.

#### Для того, чтобы скорректировать цвета

1. Выберите команду *Коррекция цветов...* в меню *Инструменты*.
2. В диалоговом окне *Коррекция цветов* выберите значения параметров и нажмите *ОК*.
3. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

### Параметры цветокоррекции



Диалоговое окно "Коррекция цветов"

#### Исходные данные

Этот параметр определяет на основании каких данных будет проводиться коррекция.

*Разреженное облако* - самая быстрая, но грубая оценка.

*Модель* - дает более точные результаты, но только при условии высокой степени детализации поверхности. Рекомендуется использовать, если конечной целью коррективы цветов является улучшение качества текстуры модели.

#### **Калибровка баланса белого**

Дополнительная опция, позволяющая также выровнять баланс белого, если это необходимо.

Metashape позволяет изменить цветовые уровни для различных каналов одного или нескольких снимков. Инструмент *Коррекция цветовых уровней* доступен в контекстном меню выбранных снимков на панели *Снимки*. В диалоговом окне *Коррекция цветовых уровней* можно произвести ручную корректировку каждого канала или установить среднее значение для всех каналов. Данная функция может оказаться полезной, если некоторые снимки слишком темные или слишком светлые.

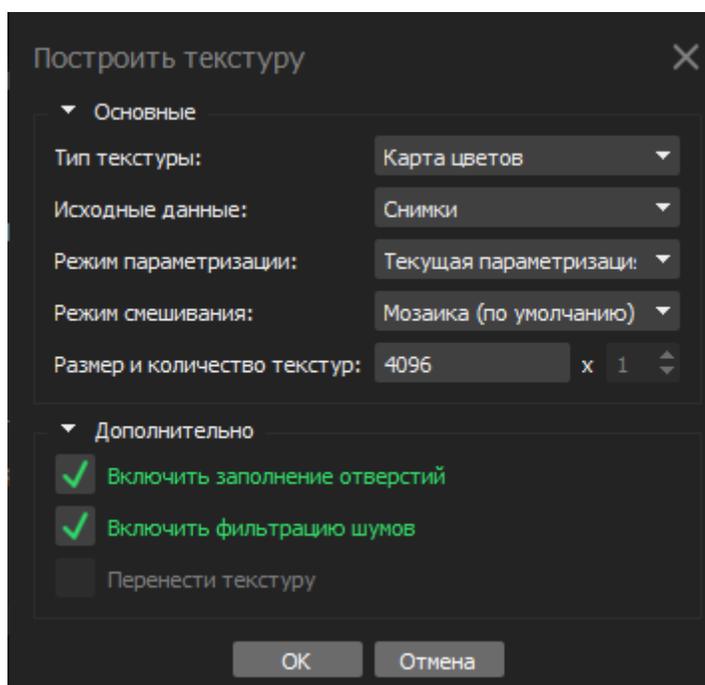
## **Построение текстуры**

Данная опция позволяет построить различные типы текстуры для модели.

### **Для построения текстуры 3D модели**

1. Выберите пункт *Построить текстуру* в меню *Обработка*.
2. Выберите параметры построения текстуры в диалоговом окне *Построить текстуру*. Нажмите кнопку *ОК*.
3. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

## **Параметры построения текстуры**



### Диалоговое окно "Построить текстуру"

Следующие параметры контролируют различные аспекты построения текстурного атласа:

#### Тип текстуры

*Карта цветов* - базовая текстура, сохраняет цвета поверхности модели.

*Карта нормалей* - на этапе постобработки позволяет рассчитывать освещенность модели, в том числе при наличии различных источников освещения.

*Карта затенённости* - содержит рассчитанную информацию о затенённости модели при фоновом освещении.

#### Исходные данные

*Снимки* - позволяет построить цветную текстуру (карта цветов) на основании выровненных снимков текущей модели или на основании снимков, перенесенных из другой модели, для которой уже была построена карта цветов.

*Модель* - Metashape позволяет построить карту нормалей или карту затенённости на основании другой модели. Рельеф модели, указанной в поле *Исходные данные*, будет перенесен на поверхность текущей модели. Если полигональная сетка была упрощена в процессе обработки, рекомендуется использовать более подробную модель для создания карты нормалей или карты затенённости. Если в текущем блоке содержится менее двух моделей, то значение *Карта нормалей* параметра *Исходные данные* будет недоступно.

#### Режим параметризации

Режим наложения текстуры (параметризации) определяет, каким образом текстура объекта будет храниться в текстурном атласе. Выбор подходящего режима помогает получить оптимальный вид хранения текстуры, что ведет к улучшению качества визуализации итоговой модели.

Режим *Общий* задается по умолчанию и позволяет произвести параметризацию текстурного атласа для произвольной геометрии. В этом случае Metashape не делает никаких предположений относительно типа объекта съемки и старается создать настолько равномерную текстуру, насколько это возможно.

В режиме *Ортографический* вся поверхность объекта текстурируется в ортографической проекции. Данный режим позволяет получить еще более компактное представление текстуры, чем режим *Адаптивный ортографический*, однако при этом сильно занижается качество текстуры для вертикальных областей.

В режиме параметризации *Адаптивный ортографический* поверхность объекта разделяется на плоскую часть и вертикальные области. Плоская часть поверхности текстурируется с использованием ортографической проекции, в то время как вертикальные области текстурируются отдельно, что способствует точному отображению текстуры в этих областях. Данный режим позволяет получать более компактные текстуры для плоских или почти плоских объектов съемки, сохраняя при этом хорошее качество текстуры для вертикальных поверхностей (например, для стен зданий).

*Сферический* режим параметризации подходит только для определенного класса объектов, которые имеют шарообразную форму. Позволяет осуществлять экспорт непрерывного текстурного атласа для этого типа объектов, что значительно упрощает последующую работу. При экспорте текстур в сферическом режиме важно

правильно задать рабочую область. Модель должна быть целиком расположена в пределах параллелепипеда, ограничивающего рабочую область. Красная грань параллелепипеда определяет ось сферической проекции и должна располагаться под моделью. Отметки на передней грани параллелепипеда определяют нулевой меридиан.

Режим *Отдельная камера* позволяет создавать текстуру из отдельного снимка. Снимок, который будет использоваться для текстурирования, может быть выбран из списка в поле *Текстурировать из*.

Режим *Текущая параметризация* использует текущую параметризацию модели для создания текстурного атласа. Может использоваться для пересчета текстурного атласа с другим разрешением или для создания текстуры модели, параметризованной в стороннем приложении.

#### **Режим смешивания (не используется в режиме *Отдельная камера*)**

Устанавливает принцип, по которому значения для точек на разных снимках смешиваются между собой в итоговой текстуре.

*Мозаика* - использует поэтапное смешивание: смешивает низкочастотные компоненты на перекрывающихся кадрах, чтобы избежать проблем по линиям пореза (используется средневзвешенное значение, зависящее от ряда параметров, в том числе от положения рассматриваемого пикселя относительно центра кадра), в то время как высокочастотные компоненты, ответственные за детали текстуры, берутся с изображения, представляющего интересующую область в хорошем разрешении (при этом плоскость кадра максимально близка к параллельной относительно поверхности в данной области).

*Усреднение* - использует среднее значение по всем точкам из отдельных снимков.

*Макс. яркость* - выбирается снимок с максимальной яркостью в соответствующей точке.

*Мин. яркость* - выбирается снимок с минимальной яркостью в соответствующей точке.

Поскольку режимы минимальной и максимальной яркости не используют усреднения значений в точках по нескольким снимкам, они могут быть использованы для улучшения четкости и качества итоговой текстуры.

*Отключен* - снимок для определения цвета пикселя выбирается таким же образом, как и при смешивании высокочастотных компонент в режиме *Мозаика*.

#### **Текстурировать из (только для режима параметризации *Отдельная камера*)**

Позволяет указать снимок, который будет использован для текстурирования. Применяется только в режиме параметризации текстуры *Отдельная камера*.

#### **Размер и количество текстур**

Позволяет задать размер (высоту и ширину) текстурного атласа в пикселях и число экспортируемых файлов текстуры. Разбиение текстуры модели при экспорте на несколько файлов позволяет обойти ограничение объема данных, связанное с размером оперативной памяти (RAM), не снижая при этом разрешение текстуры.

Многостраничный текстурный атлас поддерживается только в режиме параметризации текстуры *Общий*, либо в режиме *Текущая параметризация*, при условии что импортированная модель содержит текстуру в поддерживаемом формате.

Также возможна настройка следующих дополнительных параметров.

#### **Включить заполнение отверстий**

Данная функция активируется по умолчанию, что помогает избежать диспергирования текстуры, например, в местах затенения поверхности модели многочисленными мелкими деталями. Отключать данную функцию рекомендуется только при решении узкоспециальных задач.

#### **Включить фильтрацию шумов**

Позволяет избежать появления на текстуре образов объектов (тонких структур, двигающихся частей), которые были исключены при построении полигональной модели.

#### **Примечание**

- Текстура в формате HDR может быть создана только на основе HDR снимков.

## **Повышение качества текстуры**

Перед построением текстуры, для повышения ее качества, рекомендуется заблокировать изображения с параметром качества менее 0.5. Для блокировки снимка используйте кнопку  *Блокировать камеры* в строке меню на вкладке *Снимки*.

Оценка качества снимка в Metashape основана на сравнении параметра четкости конкретного изображения с соответствующим параметром для других снимков в наборе. Значение параметра рассчитывается на основании уровня четкости наиболее резкого участка изображения.

#### **Для оценки качества снимка**

1. Переключитесь в режим просмотра  *Детальный*, доступный из меню *Изменить* на панели *Снимки*.
2. На панели *Снимки* выберите все кадры, которые необходимо проанализировать.
3. Выберите пункт *Оценить качество снимков* в контекстном меню снимков.
4. После завершения процедуры оценки, параметр качества отобразится в столбце *Качество* на панели *Снимки*.

## **Сохранение промежуточных результатов**

Некоторые стадии создания трехмерной модели могут занимать длительное время, а полная последовательность действий, при создании модели из сотен снимков, может занять 4-6 часов. Для удобства пользователя, Metashape позволяет сохранять промежуточные результаты в файл проекта, что исключает необходимость непрерывной работы над проектом.

## **Архив проекта Metashape (.PSZ)**

Файлы архивов Metashape (\*.psz) могут содержать следующую информацию:

- Список загруженных снимков с относительными путями к файлам изображений.

- Данные о выравнивании снимков. Такие как информация о положениях камер, разреженное облако точек и набор пересчитанных калибровок камеры для каждой группы калибровки.
- Маски, примененные к изображениям в проекте.
- Карты глубины для камер.
- Модель в виде плотного облака точек.
- Построенную трехмерную полигональную модель, включая геометрию модели и текстуру, если они были построены, и все внесенные пользователем изменения.
- Структуру проекта, т. е. число блоков в проекте и их содержание.

В связи с тем, что Metashape стремится создать максимально плотное облако точек и максимально подробную полигональную модель, сохранение проекта может занять длительное время. Для ускорения процесса можно уменьшить параметр Уровень сжатия, доступный на вкладке *Дополнительно* диалогового окна *Настройки* (меню *Инструменты*). При этом размер файла проекта возрастет.

## Проект Metashape(.PSX)

Пользователь может сохранить текущее состояние проекта в любой момент времени между выполнением различных стадий обработки. К сохраненному проекту всегда можно вернуться, просто загрузив соответствующий файл. Различные файлы проектов могут быть также использованы в качестве резервных копий или разных версий обработки одной и той же модели.

Файлы проектов используют относительные пути к исходным фотографиям. Таким образом, перемещая или копируя файл проекта, необходимо также переместить или скопировать исходные снимки с учетом относительной структуры папок. В противном случае все операции, требующие исходных снимков, не будут выполняться, хотя файл с построенной моделью откроется после копирования без ошибок. Пользователь может активировать функцию Сохранять абсолютные пути к изображениям на вкладке *Дополнительно* в диалоге *Настройки* доступном из меню *Инструменты*.

## Экспорт результатов

Metashape поддерживает возможность экспорта результатов, а именно, разреженных или плотных облаков точек, данных калибровки камер, полигональных моделей.

Облако точек и рассчитанные значения калибровок камер могут быть экспортированы сразу после завершения выравнивания снимков. Все остальные возможности экспорта становятся доступны после завершения соответствующих этапов обработки.

При экспорте данных (облако точек / полигональная модель ) для блока, который не был геопривязан, пространственное расположение модели будет определяться координатной системой, заданной по умолчанию (взаимное положение осей отображается в нижнем правом углу окна *Модель*), т. е. модель может отображаться в стороннем редакторе не так, как она выглядит в окне Metashape.

Для изменения положения непривязанной модели используйте кнопки на панели *Инструменты*:  Повернуть объект,  Переместить объект и  Масштабировать объект.

Metashape поддерживает экспорт модели для редактирования в сторонние программы, а также обратный импорт. Подробнее см. раздел [«Редактирование геометрии модели»](#).

Главное меню экспорта доступно в меню *Файл*.

## Экспорт облака точек

### Для экспорта разреженного или плотного облака точек

1. В меню *Файл* выберите пункт *Экспорт облака точек...*
2. Укажите путь к папке, выберите тип файла и задайте его имя. Нажмите кнопку *Сохранить*.
3. В диалоговом окне *Экспорт облака точек* выберите тип облака точек: *Разреженное облако точек* или *Плотное облако точек*.
4. Укажите параметры экспорта, применимые к выбранному типу файла.
5. Нажмите кнопку *ОК* для начала экспорта.
6. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

В некоторых случаях требуется отредактировать облако точек перед экспортом. Подробнее см. раздел [«Редактирование облака точек»](#).

Metashape поддерживает следующие форматы экспорта облака точек:

- Wavefront OBJ (\*.obj)
- Stanford PLY (\*.ply)
- XYZ Point Cloud (\*.txt)
- ASPRS LAS (\*.las)
- LAZ (\*.laz)
- ASTM E57 (\*.e57)
- Topcon CL3 (\*.cl3)
- ASCII PTS (\*.pts)
- Autodesk DXF (\*.dxf)
- U3D (\*.u3d)
- Adobe PDF (\*.pdf)
- Point Cloud Data (\*.pcd)
- potree (\*.zip)
- Cesium 3D Tiles (\*.zip)

- Agisoft OC3 (\*.oc3)

### **Примечание**

- Сохранение цветовой информации для облака точек не поддерживается для файлов формата OBJ и DXF.
- Сохранение нормалей для точек не поддерживается для файлов формата LAS, LAZ, PTS, CL3 и DXF.

Metashape позволяет напрямую загрузить облако точек на следующие онлайн платформы: 4DMapper, PointBox, PointScene и Sketchfab. Для публикации облака точек используйте команду *Загрузка данных...* в меню *Файл*.

## **Экспорт связующих точек, а также данных о калибровке и ориентации камер**

Для экспорта данных о калибровке и ориентации камер используйте команду *Экспорт камер...*, доступную в меню *Файл*.

Metashape поддерживает следующие форматы экспорта данных о камерах:

- Структурный формат Agisoft XML (\*.xml)
- Bundler OUT file format (\*.out)
- CHAN file format (\*.chan)
- Boujou TXT file format (\*.txt)
- Realviz RZML format (\*.rzml)
- Omega Phi Kappa (текстовый формат) (\*.txt)
- PATB project (\*.pro)
- BINGO project file (\*.dat)
- ORIMA file (\*.txt)
- AeroSys Exterior orientation (\*.orn)
- Inpho project file (\*.prj)
- Summit Evolution project (\*.smtxml)
- Blocks Exchange (\*.xml)
- Alembic (\*.abc)
- Autodesk FBX (\*.fbx)

### **Примечание**

- При экспорте данных о калибровке и ориентации камер в форматах Bundler и Boujou, в тот же файл записывается разреженное облако точек.

- При экспорте данных о калибровке и ориентации камер в формате Bundler коэффициенты радиальной дисторсии k3, k4 не сохраняются.

Для экспорта связующих точек необходимо выбрать один из следующих форматов в диалоге *Экспорт камер*: BINGO, ORIMA, PATB, Summit Evolution или Blocks. Экспорт связующих точек осуществляется только совместно с экспортом данных о калибровке и ориентации камер.

При экспорте в формате PATB будут записаны следующие файлы:

**example.pro**

Файл-проект PATB. Содержит информацию о единицах измерения (микроны/миллиметры) для однозначной интерпретации данных при импорте.

**example.im**

Файл, содержащий координаты проекций связующих точек на снимках.

**example.ori**

Файл, содержащий рассчитанные элементы внешнего ориентирования камеры.

**example.at**

Файл, содержащий рассчитанные координаты связующих точек (уточненные координаты на поверхности земли).

 **Примечание**

- Файлы с расширениями \*.im и \*.con - входные данные формата PATB, тогда как расширения \*.ori. и \*.at используются для выходных данных.

Следующие файлы будут записаны при экспорте данных в формате BINGO: itera.dat (файл ITERA); image.dat (файл IMAGE COORDINATE); geoin.dat (файл GEO INPUT); gps-imu.dat (данные GPS/IMU).

При экспорте данных в формате Summit Evolution будет записано два файла с расширениями \*.cam и \*.smtxml. Файл с расширением \*.cam содержит данные калибровки камеры. Файл с расширением \*.smtxml представляет собой файл-проект формата Summit Evolution.

Для того, чтобы экспортировать/импортировать только результаты калибровки камеры, в диалоговом окне *Калибровка камеры...*, доступном из меню *Инструменты*, выберите одну из кнопок  / , которые позволяют загрузить/сохранить параметры калибровки камеры в следующих форматах:

- Agisoft Camera Calibration (\*.xml)
- Australis Camera Parameters (\*.txt)
- Australis v7 Camera Parameters
- PhotoModeler Camera Calibration (\*.ini)
- 3DM CalibCam Camera Parameters (\*.txt)
- CalCam Camera Calibration (\*.cal)
- Inpho Camera Calibration (\*.txt)

- USGS Camera Calibration (\*.txt)
- OpenCV Camera Calibration
- Z/I Distortion Grid (\*.dat)

## Экспорт панорам

Metashape позволяет создавать панорамы для изображений, снятых с одной позиции камеры (камеры-станции). Для этого необходимо предварительно поместить такие изображения в отдельную группу и задать тип группы как Станция. Подробнее о группах камер см. раздел [«Загрузка снимков»](#).

### Для экспорта панорамы

1. В меню *Файл* выберите пункт *Экспорт - Экспорт панорамы...*
2. Выберите группу камер для построения панорамы.
3. При помощи кнопок навигации, расположенных справа от окна предпросмотра панорамы (в диалоговом окне *Экспорт панорамы*), задайте положение панорамы.
4. Задайте параметры экспорта: выберите группы камер, для которых производится экспорт панорамы, и укажите имя файла экспорта.
5. Нажмите кнопку *ОК*
6. Укажите путь к папке, в которую будет сохранен файл панорамы, нажмите кнопку *Сохранить*.

Пользователь также может задать границы для экспорта панорамы используя секцию *Установить границы* в диалоговом окне *Экспорт панорамы*. Поля ввода текста позволяют задать угол в горизонтальной (первая строка(X)) и вертикальной (вторая строка (Y)) плоскостях. Значение *Размер изображения* позволяет контролировать размер экспортируемого файла.

Metashape поддерживает следующие форматы экспорта панорам:

- JPEG (\*.jpg, \*.jpeg)
- JPEG 2000 (\*.jp2)
- TIFF (\*.tif, \*.tiff)
- PNG (\*.png)
- BMP (\*.bmp)
- OpenEXR (\*.exr)
- TARGA (\*.tga)

## Экспорт 3D модели

### Для экспорта 3D модели

1. В меню *Файл* выберите пункт *Экспорт модели...*

2. Укажите путь к папке, выберите тип файла и задайте его имя. Нажмите кнопку *Сохранить*.
3. В диалоговом окне *Экспорт модели* укажите желаемые параметры экспорта, применимые к выбранному типу файла.
4. Нажмите кнопку *ОК* для начала экспорта.
5. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

Metashape поддерживает следующие форматы экспорта 3D моделей:

- Wavefront OBJ (\*.obj)
- 3DS file format (\*.3ds)
- VRML models (\*.vrl)
- COLLADA (\*.dae)
- Stanford PLY (\*.ply)
- X3D models (\*.x3d)
- STL models (\*.stl)
- Alembic (\*.abc)
- Autodesk FBX (\*.fbx)
- Autodesk DXF Polyline (\*.dxf)
- Autodesk DXF 3DFace (\*.dxf)
- Open Scene Graph (\*.osgb)
- Binary glTF (\*.glb)
- U3D models (\*.u3d)
- Adobe PDF (\*.pdf)

Некоторые форматы (OBJ, 3DS, VRML, COLLADA, PLY, FBX) сохраняют текстуру в отдельный файл, который должен храниться в той же папке, что и файл с геометрией модели. Если же для такой модели не был построен текстурный атлас, то экспортируется только геометрия.

Metashape поддерживает прямую загрузку моделей на Sketchfab. Для публикации модели онлайн используйте команду *Загрузка данных...* в меню *Файл*.

## Дополнительные возможности экспорта

В дополнение к основным объектам Metashape позволяет экспортировать следующие результаты:

При помощи команды *Преобразовать снимки...*, доступной в подменю *Экспорт* меню *Файл*, пользователь может экспортировать снимки с рядом геометрических корректировок.

Эта же команда позволяет преобразовать большие снимки в тайловый TIFF формат, который облегчает навигацию по проекту в панели *Снимки*.

Следующие преобразования могут быть выбраны пользователем в разделе *Параметры* диалогового окна *Преобразовать снимки*: *Устранить нелинейные искажения*, *Центрировать главную точку*, *Квадратные пиксели*, *Применить коррекцию цветов*. Пользователю следует задать *Шаблон имени файла* в соответствии с которым будут экспортированы преобразованные снимки.

В разделе *Сжатие* диалогового окна *Преобразовать снимки* пользователь может выбрать один из способов сжатия TIFF: LZW, JPEG, Packbits, Deflate; установить *Качество JPEG* и предписать сохранение тайлового TIFF, BigTIFF файла или обзорных изображений TIFF. Указанные преобразования могут быть выполнены для всех камер, всего проекта, только для выбранных камер или для текущего снимка.

При помощи команды *Экспорт карты глубины...*, доступной в контекстном меню снимка производится экспорт Карты глубины для любого изображения.

При помощи команды *Сохранить изображение*, доступной в контекстном меню, вызываемом по щелчку правой клавишей мыши в окне *Модель*, можно экспортировать изображение модели в высоком разрешении, как она представлена в окне *Модель*.

### **Примечание**

- Для экспорта карт цветов, карт нормалей и карт глубины необходимо, чтобы в блоке была построена полигональная модель.

## **Создание отчета об обработке**

Полный отчет об обработке может быть экспортирован из Metashape для дальнейшего анализа в формате PDF. В отчет включены основные сведения об исходных данных, о результатах обработки, а также дана оценка точности.

### **Для создания отчета об обработке**

1. В меню *Файл* выберите пункт *Создать отчет...*
2. Укажите путь к папке, выберите тип файла и задайте его имя. Нажмите кнопку *Сохранить*.
3. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

Отчет об обработке данных в Metashape содержит следующую информацию:

- Обзор модели в указанной проекции.
- Данные съемки, включая зону покрытия, высоту полета, эффективное разрешение съемки, основную информацию о камере(ах) и статистику перекрытия.
- Результаты калибровки камеры: значения и иллюстрация для каждого сенсора, использованного в проекте.
- Обзор ЦММ с информацией о разрешении и плотности точек.
- Параметры обработки использованные на каждом этапе.

## **Примечание**

- Отчет об обработке может быть экспортирован по завершении процедуры выравнивания.

## **Исходные данные**

Ошибка репроецирования - это расстояние между исходной проекцией точки на снимке и проекцией восстановленной трехмерной точки на том же снимке.

На рисунке *Позиции камер и перекрытие снимков* - черными точками обозначены положения камер относительно области реконструкции, цветом показано среднее количество перекрытий кадров.

*Всего снимков* - общее количество снимков, загруженных в проект.

*Позиций съемки* - количество выровненных снимков.

*Высота полета* - средняя высота над уровнем земли.

*Связующих точек* - общее число верных соответствий (равно количеству точек в разреженном облаке).

*Разрешение съемки* - эффективное разрешение усредненное для всех выровненных снимков.

*Проекций* - общее число проекций связующих точек.

*Площадь покрытия* - площадь исследованной области.

*Ошибка репроецирования* - среднеквадратичная ошибка репроецирования для всех точек на всех снимках.

Таблица *Камеры* - включает модель камеры, разрешение снимков, фокусное расстояние, размер пикселя, наличие внешней калибровки.

## **Калибровка камеры**

Если в проекте использовались изображения снятые несколькими камерами, данные о калибровке каждой из них будут представлены на отдельной странице в отчете.

Для прекалиброванной камеры в отчете отображаются элементы внутреннего ориентирования заданные пользователем. Если прекалибровка камеры не производилась, в отчете отображаются элементы внутреннего ориентирования рассчитанные в программе Metashape.

Рисунок *Невязка по связующим точкам для камеры* - показывает ошибки репроецирования связующих точек, выявленных на исходных снимках, усредненные для снимков внутри калибровочной группы и в пределах определенной зоны на изображениях.

*Наименование модели камеры (фокусное расстояние в мм).*

Количество изображений, снятых данной камерой.

*Тип* - тип камеры.

*Разрешение* - размер снимков в пикселях.

*Фокусное расстояние* - значение фокусного расстояния в мм.

*Размер пикселя* - значение размера пикселя в мкм.

Таблица *Коэффициенты калибровки и матрица корреляции* - содержит коэффициенты калибровки камеры и параметры матрицы корреляции (F, Cx, Cy, B1, B2, K1, K2, K3, K4, P1, P2).

## Цифровая модель местности

На рисунке *Рассчитанная цифровая модель местности* отображена ЦММ.

*Разрешение* - эффективное разрешение экспортированной ЦММ. Значение зависит от параметра Качество при построении плотного облака точек, при условии что ЦММ строится на основании плотного облака точек.

*Плотность точек* - среднее число точек плотного облака на квадратный метр.

## Параметры обработки

Информация о параметрах обработки, представленная в отчете, также доступна в контекстном меню блока. Кроме значений параметров, использованных на различных этапах обработки, в разделе указано время, затраченное на каждую операцию. .

Процедура отождествления в Metashape производится в разных масштабах, что позволяет улучшить результаты на сложных для отождествления снимках (например, размытых). Точность проекций связующих точек зависит от масштаба, при котором они были выявлены. Metashape использует информацию о масштабе при определении ошибки репроецирования. Размер проекции соответствует стандартному отклонению (сигма) Гауссова размытия на том уровне пирамиды масштабов, на котором была найдена связующая точка.

В разделе отчета Параметры обработки (как и в окне Информация для блока) отображаются две ошибки репроецирования: ошибка репроецирования в величинах масштаба связующих точек (эта ошибка минимизируется в процессе Уравнивания (bundle adjustment)) и ошибка репроецирования в пикселях (для удобства). Средний размер точек - это средний для всех проекций масштаб связующих точек.

# Создание трека камеры и видеообзора модели (эффект fly through)

Metashape позволяет создавать видеообзор модели в соответствии с заданной траекторией (треком) движения камеры. Трек камеры (траектория) может быть задан автоматически (из простого набора предустановленных шаблонов), а также импортирован и, при необходимости, отредактирован вручную.

Для создания трека камеры вручную или для добавления новой точки обзора к существующему треку, на вкладке *Анимация* нажмите кнопку *Добавить*. Текущая точка обзора будет добавлена в активный трек камеры.

## Для создания горизонтального трека камеры

1. В меню *Вид* выберите пункт *Анимация*.

2. На панели инструментов на вкладке *Анимация* нажмите кнопку *Создать*.
3. В диалоговом окне *Создать трек камеры* для параметра *Пресет* выберите значение *Горизонтальный* а также задайте желаемое значение в строке *Кол-во ключевых кадров*.
4. Нажмите кнопку *ОК*.
5. В окне *Модель* отрегулируйте положение точек обзора, используя мышь с зажатой левой клавишей.

### **Для создания вертикального трека камеры**

1. В меню *Вид* выберите пункт *Анимация*.
2. На панели инструментов на вкладке *Анимация* нажмите кнопку *Создать*.
3. В диалоговом окне *Создать трек камеры* для параметра *Пресет* выберите значение *Вертикальный* а также задайте желаемое значение в строке *Кол-во ключевых кадров*.
4. Нажмите кнопку *ОК*.
5. В окне *Модель* отрегулируйте положение точек обзора, используя мышь с зажатой левой клавишей.

### **Примечание**

- Для визуализации трека камеры в окне *Модель* выберите команду *Показать трек* в подпункте *Показать/Скрыть* основного меню *Модель*.

В диалоговом окне *Параметры анимации* могут быть заданы следующие параметры: Название (трека камеры), Длительность (в секундах), Поле зрения (в градусах), Углы поворота (Курс, тангаж, крен / Омега, Фи, Каппа / Альфа Нью, Каппа), а также могут быть подключены опции *Сгладить трек* и *Замкнуть трек*. Для доступа к диалоговому окну *Параметры анимации* на панели *Анимация* нажмите кнопку *Параметры*.

### **Для записи видео**

1. Для записи движения камеры по созданному треку в отдельный видео-файл, на панели инструментов вкладки *Анимация* нажмите кнопку *Записать*.
2. В диалоговом окне *Записать видео* выберите желаемые параметры экспорта, такие как разрешение кадров, формат сжатия и частота кадров.
3. Для сохранения трека камеры в отдельном файле на панели инструментов вкладки *Анимация* нажмите кнопку *Сохранить*.

Metashape поддерживает следующие параметры трека камеры:

- Camera Path
- KML

### **Примечание**

- Формат KML поддерживается только для проектов привязанных в географической или спроецированной системе координат, конвертируемой в систему WGS84.

---

# Глава 4. Улучшение результатов выравнивания камер

## Калибровка камеры

### Группы калибровки

Во время процесса выравнивания снимков Metashape оценивает значения элементов внутреннего и внешнего ориентирования снимков, в том числе нелинейных радиальных дисторсий. Для того чтобы оценка параметров была успешной, очевидно, необходимо производить расчеты отдельно для снимков сделанных различными камерами. Как только снимки были загружены в программу, Metashape автоматически делит их на группы калибровки в соответствии с разрешением изображения и/или метаданными EXIF, такими как тип камеры и фокусное расстояние. Все действия, описанные ниже применимы для каждой группы калибровки в отдельности.

Группы калибровки могут быть изменены вручную.

#### Для создания новой группы калибровки

1. В меню *Инструменты* выберите пункт *Калибровка камеры...*
2. В диалоговом окне *Калибровка камеры* выберите снимки, которые будут собраны в новую группу.
3. В контекстном меню выберите пункт *Создать группу*.
4. Новая группа будет отображаться в левой части диалогового окна *Калибровка камеры*.

#### Для перемещения снимков из одной группы в другую

1. Выберите пункт *Калибровка камеры...* в меню *Инструменты*.
2. В диалоговом окне *Калибровка камеры* выберите исходную группу в левой части окна.
3. Выделите снимки, которые будут перемещены, и перетащите их в группу назначения в левой части диалогового окна *Калибровка камеры*.

Для того, чтобы поместить каждый снимок в отдельную группу, используйте доступную в контекстном меню команду *Разбить группы*. Для вызова контекстного меню, щелкните правой кнопкой мыши на названии группы калибровки в левом столбце диалога *Калибровка камеры*.

## Типы камер

Metashape поддерживает два основных типа камер: кадровые камеры и камеры типа "рыбий глаз". Тип камеры может быть указан в диалоговом окне *Калибровка камеры*, доступном из меню *Инструменты*.

*Кадровая камера.* Для успешной оценки элементов ориентирования камеры, в случае если исходные изображения в группе калибровки были сняты кадровой камерой, требуется

информация о приближенном значении фокусного расстояния (в пикселях). Очевидно, что для расчета фокусного расстояния в пикселях, достаточно знать фокусное расстояние в миллиметрах и размер пикселя сенсора в миллиметрах. Как правило, эта информация извлекаются автоматически из метаданных EXIF.

*Камера Рыбий глаз.* В случае если исходные данные были сняты при помощи камеры с широкоугольным объективом, стандартная модель камеры, используемая в Metashape, не позволит сделать корректную оценку параметров используемой камеры. Задание типа камеры "рыбий глаз" позволяет использовать модель корректировки дисторсий широкоугольной оптики.

Кроме того Metashape позволяет, если это необходимо, включить опцию *Компенсация скользящего затвора* в диалоговом окне *Калибровка камеры*, доступном из меню *Инструменты*.

В случае, если исходные изображения не имеют EXIF данных или EXIF данных недостаточно для расчета фокусного расстояния в пикселях, фокусное расстояние предполагается равным 50 мм (в эквиваленте 35 мм пленки). Однако если действительное фокусное расстояние значительно отличается от 50 мм, это может привести к ошибке выравнивания снимков. Таким образом, если снимки не содержат метаданных EXIF, то предпочтительнее указать фокусное расстояние (мм) и размер пикселя сенсора (мм) вручную в диалоговом окне *Калибровка камеры*, доступном из меню *Инструменты*. Эти данные, как правило, указаны в паспорте камеры или могут быть получены из интернет-источников. Чтобы указать программе, что параметры ориентации камеры должны быть оценены на основе фокусного расстояния и информации о размере пикселя, необходимо установить для параметра *Тип* на вкладке *Начальная* значение *Автоматический*.

## Параметры фотограмметрической калибровки камеры

Фотограмметрическая калибровка камеры позволяет определить элементы внутренней ориентации камеры и параметры нелинейных искажений объектива. В случае, если элементы ориентирования камеры были рассчитаны некорректно, пользователь может вручную задать параметры калибровки камеры.

### Для изменения/уточнения параметров калибровки камеры

1. В меню *Инструменты* выберите пункт *Калибровка камеры...*
2. В левой части диалогового окна *Калибровка камеры* выберите группу калибровки, для которой необходимо заново оценить элементы внутреннего ориентирования камеры.
3. На вкладке *Начальная* диалогового окна *Калибровка камеры* введите новые значения параметров в соответствующих полях.
4. Установите для параметра *Тип* значение *Калиброванный*
5. В окне *Зафиксированные параметры* выберите те параметры, значения которых не должны изменяться в процессе последующей обработки.
6. Повторите процедуру для всех групп калибровки, для которых это необходимо.
7. Нажмите кнопку *ОК* для установки параметров калибровки.

Список параметров калибровки камеры

**f**

фокусное расстояние (в пикселях).

**cx, cy**

координаты главной точки, т. е. координаты пересечения оптической оси объектива с плоскостью сенсора.

**b1, b2**

коэффициенты аффинитета (Affinity) и скоса (Skew, коэффициент неортогональности)

**k1, k2, k3, k4**

коэффициенты радиальной дисторсии

**p1, p2**

коэффициенты тангенциальной дисторсии

### **Примечание**

- Также исходные данные калибровки можно импортировать из файла с помощью кнопки *Загрузить* на вкладке *Начальная* диалогового окна *Калибровка камеры*. В дополнение к форматам данных калибровки Agisoft, возможно импортировать данные в следующих форматах: Australis, PhotoModeler, 3DM CalibCam, CalCam, Inpho camera calibration, USGS camera calibration, OpenCV и Z/I Distortion Grid.

На этапе выравнивания снимков исходные данные калибровки (за исключением параметров, выбранных в окне *Зафиксированные параметры*) пересчитываются. После завершения процедуры выравнивания снимков, пересчитанные параметры калибровки отображаются на вкладке *Уточненная* диалогового окна *Калибровка камеры*. Информация о моделях дисторсии, применяемых в Metashape, доступна в разделе [Приложение С, Модели дисторсии камеры](#).

В случае, если элементы внутреннего ориентирования камеры известны с достаточной точностью и их изменение нежелательно (например, полученные в результате заводской фотограмметрической калибровки), следует зафиксировать значения соответствующих параметров. Для этого в меню *Инструменты* выберите пункт *Калибровка камеры...*, в появившемся диалоговом окне нажмите кнопку *Выбрать* напротив опции *Зафиксированные параметры*. Выберите параметры из предложенного списка и нажмите *ОК*. Выбранные параметры калибровки не будут изменяться во время процедур выравнивания и оптимизации камер.

В случае, если для каждой камеры в группе калибровки требуется отдельно определить ряд параметров, то такие параметры следует указать в разделе *Вариативные параметры снимков*, доступном в диалоговом окне *Калибровка камеры*. Нажмите кнопку *Выбрать* напротив опции *Вариативные параметры снимков*, выберите параметры из предложенного списка и нажмите *ОК*.

Скорректированные данные калибровки камеры могут быть сохранены в файл с помощью кнопки *Сохранить* на вкладке *Уточненная* диалогового окна *Калибровка камеры*.

## **Анализ результатов калибровки**

Ряд инструментов для анализа результатов калибровки камеры в Metashape представлен в окне *График дисторсий*, доступном из контекстного меню группы камер в диалоговом окне *Калибровка камеры*.

### **Дисторсия**

Вкладка *Дисторсия* представляет собой расчетный график дисторсии камеры. Доступен просмотр Общей, Радиальной, Асимметричной дисторсий, а также график Поправок и Остаточных ошибок. На графике дисторсий отображаются значения и направление дисторсий в соответствии с уточненными параметрами калибровки камеры. График представлен в виде дискретных векторов, представляющих значение дисторсии для точки в центре соответствующей ячейки изображения. График остаточных ошибок позволяет оценить, насколько правильно камера описывается прикладной математической моделью. Обратите внимание, что остаточные ошибки усредняются на ячейку изображения, а затем по всем изображениям в группе камер. Под графиком указан масштаб дисторсии / остаточных ошибок.

### **Профиль**

Вкладка *Профиль* представляет собой графики увеличения радиальной и тангенциальной дисторсий с увеличением расстояния от центра снимка (радиуса). Профили можно сохранить как изображения.

### **Корреляция**

Вкладка *Корреляция* содержит таблицу со следующей информацией:

- В столбце *Значение* представлены рассчитанные значения элементов внутреннего ориентирования камеры;
- В столбце *Ошибка* представлено стандартное отклонение для соответствующих значений ;
- Значения корреляции для элементов внутреннего ориентирования камеры отражают степень корреляции между соответствующими элементами.

### **Виньетирование**

Вкладка *Виньетирование* показывает радиометрические искажения объектива. Metashape использует параметры радиометрических искажений объектива из метаданных снимков, в случае отсутствия информации об искажениях, данная вкладка неактивна. Metashape позволяет вычислять радиометрические искажения вручную с помощью команды *Коррекция цветов* в меню *Инструменты*, подробнее см. в разделе [«Построение текстуры модели»](#).

## **Оптимизация**

Metashape позволяет производить оптимизацию рассчитанных параметров с целью их уточнения и, соответственно, улучшения результатов обработки.

## **Оптимизация выравнивания камер**

На этапе выравнивания снимков Metashape автоматически находит связующие точки и рассчитывает элементы внутреннего и внешнего ориентирования камер. Точность расчетов зависит от многих факторов, в частности, от процента перекрытия между соседними кадрами, а также от формы поверхности исследуемого объекта. Рекомендуется исследовать результаты выравнивания с целью выявления связующих точек, для которых ошибка репроецирования слишком велика, и удалить такие точки, если они имеются. Подробнее о редактировании облака точек см. раздел [«Редактирование облака точек»](#). После редактирования множества связующих точек необходимо запустить процедуру оптимизации, чтобы элементы внутреннего и внешнего ориентирования камер были скорректированы соответствующим образом.

В процессе оптимизации рассчитываются элементы внутреннего и внешнего ориентирования камер на основании данных, оставшихся в проекте после редактирования. Расчет параметров после исключения ошибочных значений будет более точным. Кроме того, в процессе оптимизации происходит уточнение элементов внутренней ориентации камеры, которые зафиксированы при выравнивании снимков:  $b_1$  (aspect),  $b_2$  (skew) и параметр дисторсии  $k_4$ . При необходимости может быть включена опция *Адаптивное уточнение модели камеры*. Подробнее см. в разделе [«Выравнивание снимков»](#).

### Для оптимизации выравнивания камер

1. Выберите команду  *Оптимизировать камеры...* в меню *Инструменты*.
2. В диалоговом окне *Оптимизировать положения камер* выделите те элементы, которые необходимо оптимизировать. Нажмите кнопку *ОК*.
3. По завершении процедуры оптимизации, рассчитанные элементы внутренней ориентации камеры доступны на вкладке *Уточненная* диалогового окна *Калибровка камеры*, доступном из меню *Инструменты*.



### Примечание

- Процедура оптимизации удаляет любые данные о модели (в виде плотного облака точек или полигональной сетки), если таковые имелись. Потребуется повторное построение модели.

---

# Глава 5. Редактирование

## Использование масок

### Обзор

Metashape использует маски для выделения на снимках областей, которые могут привести к ошибочным результатам обработки. Маски могут быть использованы во время следующих стадий обработки:

- Выравнивание снимков
- Построение карт глубины
- Построение полигональной модели на основании карт глубины и с применением опции *Использовать строгие пространственные маски*
- Построение текстуры 3D модели



#### **Выравнивание снимков**

Маскируемая область может быть исключена во время поиска особых точек. Иначе говоря, объекты под маской не будут учитываться при определении положения камеры. Это важно в случае, если исследуемый объект движется (например, при использовании вращающегося стола во время фотосъемки).

Использование масок может быть также полезно, если исследуемый объект занимает незначительную часть кадра. Это позволит избежать ситуации, при которой небольшое число связующих точек на объекте съемки будет ошибочно отфильтровано как шум, а большое число связующих точек заднего плана будет оставлено.

#### **Построение плотного облака точек**

При построении плотного облака точек маскируемые области не учитываются в процессе создания поверхности. Маскирование может быть использовано для

уменьшения сложности итогового плотного облака точек путем исключения из рассмотрения не представляющих интереса областей снимка.

Маскированные области не учитываются ни при построении плотного облака точек, ни при генерации текстуры, в том числе в случае построения тайловой модели.

Возьмем, к примеру, набор снимков некоторого объекта. Помимо объекта на снимках присутствуют области, содержащие фон. Эти области могут быть полезными для более точного определения центров фотографирования, поэтому их стоит использовать во время выравнивания снимков. Однако если использовать эти области при построении плотного облака точек, итоговое облако будет содержать фон (помимо интересующего объекта). Геометрия фона "перетянет" на себя часть полигонов, которые могли бы использоваться для более точного построения основного объекта. Использование масок для подобного рода областей позволяет избежать указанных проблем и увеличить точность и качество результатов.

#### **Построение текстурного атласа**

Маскированные области снимков не используются во время построения текстурного атласа модели (как для полигональной модели, так и для тайловой). Для предотвращения эффекта "призрака" на итоговой текстуре рекомендуется использовать маски для посторонних объектов, закрывающих интересующие области.

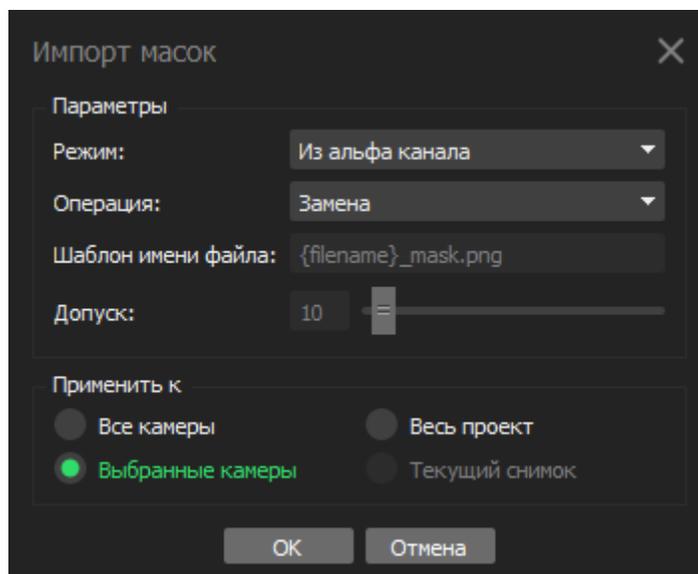
## **Загрузка масок**

Маски могут быть загружены из внешних источников, либо сгенерированы автоматически из снимков фона, если таковые существуют. Metashape поддерживает загрузку масок следующими способами:

- Из альфа-канала исходных снимков.
- Из отдельных изображений.
- Сгенерированных на основе разницы со снимками фона.
- Основанные на созданной трехмерной модели.

#### **Для импорта масок**

1. В меню *Файл* выберите пункт *Импорт масок...*
2. В диалоговом окне *Импорт масок* укажите необходимые параметры. Нажмите кнопку *ОК*.
3. При создании масок из отдельных изображений или на основе фона появится диалоговое окно выбора папки. Выберите папку, содержащую необходимые изображения, и подтвердите выбор.
4. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.



Диалоговое окно "Импорт масок"

Следующие параметры могут быть использованы при импорте масок:

#### Режим

Задаёт источник данных для масок.

*Из альфа канала* - загружает маски из альфа канала исходных снимков.

*Из файла* - загружает маски из отдельных файлов изображений.

*Из фотографии фона* - генерирует маски на основе снимков фона.

*Из модели* - создаёт маски основанные на созданной модели.

#### Операция

Определяет действие, выполняемое при загрузке второй маски для конкретного снимка.

*Замена* - новая маска будет загружена взамен предыдущей и сохранена для данного снимка.

*Объединение* - две маски будут объединены и сохранены как одна.

*Пересечение* - область пересечения двух масок будет сохранена как новая маска для текущего снимка.

*Разность* - только разница двух масок будет сохранена как новая маска для текущего снимка.

#### Шаблон имен файлов (не используется для режима *Из альфа канала*)

Задаёт шаблон имен файлов, используемых для генерации имен файлов с масками. Шаблон может содержать специальные теги, которые будут заменены на соответствующие данные для каждого маскируемого изображения. Список поддерживаемых тегов:

*{filename}* - имя исходного файла снимка без расширения.

*{fileext}* - расширение исходного файла.

*{camera}* - название камеры.

*{filenum}* - порядковый номер импортируемой маски.

Например, шаблон *{filename}\_mask.png* может быть использован для случая, когда маски сохранены в файлах типа PNG и имеют суффикс *\_mask*.

#### **Допуск (только для режима *Из фотографии фона*)**

Задаёт пороговое значение, используемое при вычитании фона. Значение допуска должно быть указано в соответствии с разницей цветов точек объекта и фона.

#### **Применить к**

Задаёт применение масок для текущего снимка, активного блока или для всего проекта.

*Все камеры* - загружает маски для активного блока.

*Весь проект* - загружает маски для всех блоков в проекте.

*Выбранные камеры* - загружает маски для выбранных камер (если таковые имеются).

*Текущий снимок* - загружает маску для открытого снимка (если таковой имеется).

## **Редактирование масок**

Изменение действующей маски производится путем добавления или удаления выделенных областей, которые создаются с помощью имеющегося набора инструментов. Добавление/вычитание выделенной области к/из области под текущей маской осуществляется по средством команд *Добавить выделение* или *Вычесть выделение*.

### **Для редактирования маски**

1. Откройте предназначенный для редактирования снимок двойным щелчком по его имени в списке на панели *Проект / Снимки*. Снимок откроется в основном окне. Существующая маска будет представлена в виде затененной области на снимке.
2. Выберите необходимый инструмент и выделите область.
3. Нажмите кнопку  *Добавить выделение* для добавления области к текущей маске, либо кнопку  *Вычесть выделение* для вычитания выделенной области из маски. Кнопка  *Инвертировать выделение* позволяет инвертировать текущее выделение, перед тем как добавить или вычесть его из имеющейся маски.

Следующие инструменты могут быть использованы для выделения областей:

#### **Прямоугольное выделение**

Прямоугольное выделение используется для выделения больших областей, либо для очищения маски после использования других инструментов.

#### **Выделение контура**

Выделение контура используется для выделения области путем указания ее границы. Граница формируется после указания щелчком мыши вершин, которые автоматически

соединяются сегментами границы. Сегменты могут быть как прямыми линиями, так и кривыми контурами, повторяющими границы объектов на снимке. Чтобы включить "прилипание" контуров к границам объектов, необходимо удерживать клавишу **Ctrl** на клавиатуре во время выбора следующей точки. Для завершения выделения необходимо замкнуть контур, щелкнув левой кнопкой мыши в непосредственной близости от начальной точки контура.

### **Выделение области**

*Выделение области* используется для плавного выделения мышью, при этом к выделенной области постепенно добавляются небольшие участки изображения.

### **Выделение связанных областей**

Инструмент *Выделение связанных областей* используется для выбора однородных областей на изображении. Для выбора необходимо нажать левой клавишей мыши внутри области, предназначенной для выделения.

Диапазон цветов пикселей, выбираемых инструментом, контролируется параметром *Допуск*. Меньшее значение допуска сужает диапазон цветов, похожих на цвет пикселя, выделенного нажатием мыши. Большее значение допуска расширяет цветовой диапазон.

### **Примечание**

- Для добавления области к текущему выделению необходимо удерживать клавишу **Ctrl** во время выделения добавляемой области.
- Чтобы вырезать часть из текущего выделения, нажмите клавишу **Shift** во время выделения области, которую нужно удалить.
- Для удаления маски с текущего изображения нажмите клавишу **Esc**.

Маску можно инвертировать при помощи команды *Инвертирование масок* в меню *Снимок*. Команда активна только из панели *Снимки*. Также можно инвертировать маски для выделенных снимков или для всех снимков в блоке при помощи команды *Инвертировать маски...* контекстного меню снимка на панели *Снимки*.

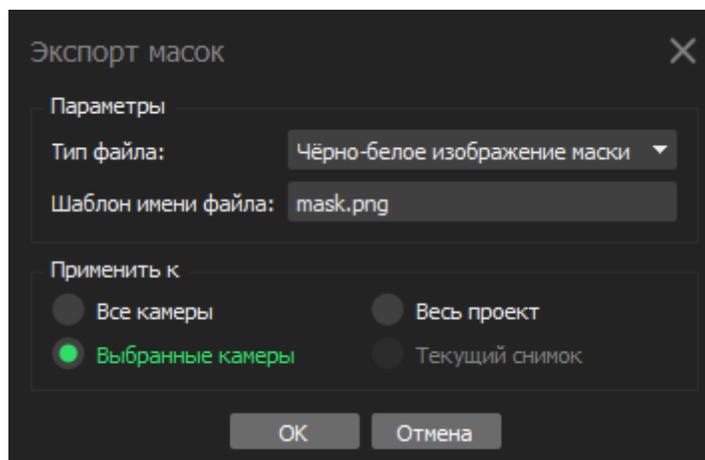
Маски создаются отдельно для каждого изображения. Если требуется маскировать определенный объект, то это следует сделать на всех снимках, где он присутствует.

## Сохранение масок

Маски, созданные в Metashape, также могут быть сохранены (в том числе для последующего редактирования).

### **Для экспорта масок**

1. В меню *Файл* выберите пункт *Экспорт масок...*
2. В диалоговом окне *Экспорт масок* укажите необходимые параметры. Нажмите кнопку **ОК**.
3. Выберите папку, в которую будут сохранены маски, и подтвердите выбор.
4. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.



Диалоговое окно "Экспорт масок"

Следующие параметры могут быть использованы при экспорте масок:

#### Экспортировать маски для

Устанавливает, будут ли маски экспортированы для открытого снимка, для активного блока или для всего проекта.

*Текущий снимок* - сохраняет маску для открытого снимка (если таковой имеется).

*Активный блок* - сохраняет маски для для активного блока.

*Весь проект* - сохраняет маски для всех блоков в проекте.

#### Тип файла

Задаёт тип сохраняемых файлов.

*Чёрно-белое изображение маски* - создает одноканальное черно-белое изображение маски.

*Снимок с маской в альфа канале* - создает цветное изображение на основе исходного снимка с добавлением данных о маске в альфа канал.

#### Шаблон имен файлов

Задаёт шаблон имен файлов, используемых для генерации имен файлов с масками. Шаблон может содержать специальные теги, которые будут заменены на соответствующие данные для каждого маскируемого изображения. Список поддерживаемых тегов:

*{filename}* - имя исходного файла снимка без расширения.

*{fileext}* - расширение исходного файла.

*{camera}* - название камеры.

*{filenum}* - порядковый номер экспортируемой маски.

Например, шаблон *{filename}\_mask.png* может быть использован для сохранения масок в файлах типа PNG с суффиксом *\_mask*.

 **Примечание**

- При импорте/экспорте маски только для текущего изображения Metashape запросит имя файла вместо пути к папке. Параметр *Шаблон имен файлов* при этом не используется.

## Редактирование облака точек

В Metashape доступны следующие инструменты редактирования облака точек:

- Автоматическая фильтрация на основе выбранного критерия (только для разреженного облака)
- Автоматическая фильтрация на основе масок (только для плотного облака)
- Автоматическая фильтрация по цвету точек (только для плотного облака)
- Автоматическая фильтрация по выделению (только для плотного облака)
- Автоматическая фильтрация по достоверности (только для плотного облака)
- Уменьшение количества точек в облаке путем задания предела количества связующих точек для каждого снимка (только для разреженного облака)
- Уменьшение количества точек в плотном облаке путем задания предела расстояния между точками
- Расчет цветов точек плотного облака
- Операция дискретизации поверхности для создания плотного облака точек из полигональной или тайловой модели
- Ручное удаление точек

 **Примечание**

- Операции редактирования разреженного облака точек могут быть отменены. Для отмены следует использовать пункты *Отмена / Повтор* в меню *Редактировать*.

## Фильтрация точек на основе выбранного критерия

В некоторых случаях может быть полезно внутри разреженного облака точек определить положение точек с высокой ошибкой репроецирования и/или удалить такие точки. Фильтрация облака позволяет выделять точки соответствующие заданному критерию.

Metashape поддерживает следующие критерии фильтрации точек в облаке:

### Ошибка репроецирования

Высокие значения ошибки репроецирования обычно указывают на плохую точность локализации проекций точки на этапе отождествления. Также это типичная ситуация для некорректно выявленных соответствующих точек на снимках. Удаление таких точек может улучшить точность последующей оптимизации выравнивания.

### Точность определения положения

Большие ошибки при определении положения характерны для точек, получаемых со снимков с малой стереобазой. Такие точки могут значительно отклоняться от поверхности объекта, внося дополнительный шум в облако точек. Удаление такого рода точек не влияет на точность, их можно удалить для удобства визуализации, либо в случае построения геометрии модели на основе разреженного облака точек.

### Количество проекций

Metashape восстанавливает все точки, которые видны по крайней мере на двух снимках. Тем не менее положение точек, видимых только на двух снимках, вероятно, будет рассчитано с низкой точностью. Фильтрация *Количество проекций* позволяет удалить такие ненадежные точки из облака.

### Точность проекций

Данный критерий позволяет отфильтровать точки с относительно плохой локализацией, которая является следствием их большего размера.

## Для удаления точек на основе выбранного критерия

1. Переключитесь в режим Облако точек, используя кнопку  *Облако точек* на панели инструментов или в меню *Вид*.
2. Выберите пункт *Плавное выделение...* в меню *Редактировать*.
3. В диалоговом окне *Плавное выделение* укажите критерий, который будет использоваться для фильтрации. Установите пороговый уровень с помощью слайдера. В основном окне можно наблюдать за тем, как меняется выделение при перемещении слайдера. Нажмите кнопку *ОК* для подтверждения сделанного выделения.
4. Для удаления выделенных точек используйте пункт *Удалить выделение* в меню *Редактировать* или нажмите кнопку  *Удалить выделение* на панели инструментов (либо просто нажмите клавишу **Del** на клавиатуре).

## Фильтрация точек на основе масок

### Для удаления точек на основании примененных масок

1. Переключитесь в режим просмотра Плотное облако используя кнопку  *Плотное облако* на панели инструментов.
2. В меню *Инструменты* из подменю *Плотное облако* выберите команду *Выделить точки по маске...*
3. В диалоговом окне *Выделить точки по маске* укажите снимки, для которых необходимо принять в расчет маски. Отрегулируйте резкость границ используя уровень. Нажмите *ОК* для начала процедуры выделения.
4. Для удаления выбранных точек используйте команду *Удалить выделение* в меню *Редактировать* или кнопку  *Удалить выделение* (или просто нажмите клавишу **Del** на клавиатуре).

## Фильтрация точек по цвету

### Для удаления точек в зависимости от их цвета

1. Переключитесь в режим просмотра *Плотное облако* используя кнопку  *Плотное облако* на панели инструментов.
2. В меню *Инструменты* из подменю *Плотное облако* выберите команду *Выделить точки по цвету...*
3. В диалоговом окне *Выделить точки по цвету* используя слайдер укажите цвет и чувствительность. Нажмите *ОК* для запуска процедуры фильтрации.
4. Для удаления выбранных точек используйте команду *Удалить выделение* в меню *Редактировать* или кнопку  *Удалить выделение* (или просто нажмите клавишу **Del** на клавиатуре).

## Фильтрация точек по выделению

### Для удаления выделенных точек

1. Переключитесь в режим просмотра *Плотное облако* используя кнопку  *Плотное облако* на панели инструментов.
2. Выделите точки для фильтрации с помощью инструментов  Прямоугольное выделение,  Овальное выделение или  Произвольное выделение.
3. В меню *Инструменты* из подменю *Плотное облако* выберите команду *Отфильтровать по выделению*.
4. Результат фильтрации отобразится в окне просмотра *Модель*.
5. Для отмены фильтрации по выделению выберите команду *Сбросить фильтр* из подменю *Плотное облаков* меню *Инструменты*.

## Фильтрация точек по достоверности

Metashape позволяет фильтровать точки плотного облака по достоверности. Для этого при построении плотного облака точек в диалоговом окне *Построить плотное облако* следует выбрать опцию *Рассчитывать достоверность точек*.

### Для фильтрации по достоверности

1. Переключитесь в режим просмотра *Плотное облако* используя кнопку  *Плотное облако* на панели инструментов.
2. В меню *Инструменты* из подменю *Плотное облако* выберите команду *Отфильтровать по достоверности...*
3. В диалоговом окне *Выбор интервала достоверности* выберите минимальное и максимальное значения для границ интервала фильтрации. Интервал ограничивает число карт глубины, используемых для построения точек плотного облака.

4. Нажмите кнопку *ОК*, чтобы начать процедуру фильтрации.
5. Результат фильтрации отобразится в окне просмотра *Модель*.
6. Для отмены фильтрации по выделению выберите команду *Сбросить фильтр* из подменю *Плотное облаков* меню *Инструменты*.

## Ограничение числа связующих точек для каждого снимка

Параметр *Максимальное количество проекций* на одном снимке может быть откорректирован перед этапом *Выравнивание снимков*. Значение параметра задает предел максимального количества связующих точек на каждом снимке. Использование нулевого значения означает отсутствие фильтрации по данному параметру.

Число проекций может быть сокращено по завершении процедуры выравнивания при помощи команды *Связующие точки - Проредить связующие точки*, доступной в меню *Инструменты*. Эта операция приведет к уменьшению количества точек в разреженном облаке, тогда как результаты выравнивания останутся неизменными.

## Прореживание плотное облако

Metashape позволяет задать расстояние между точками плотного облака и таким образом проредить плотное облако в соответствии с шагом регулярной сетки.

### Для прореживания плотного облака

1. В меню *Инструменты* из подменю *Плотное облако* выберите команду *Проредить плотное облако...*
2. В диалоговом окне *Проредить плотное облако* задайте значение параметра *Расстояние между точками* в метрах.
3. Нажмите кнопку *ОК*, чтобы начать процедуру фильтрации.
4. Ход операции будет отображаться в окне прогресса. Для отмены процедуры нажмите кнопку *Отменить*.

### **Примечание**

- В диалоговом окне выберите опцию *Да*, если в активном блоке нужно создать новое облако точек, содержащее результат прореживания. При выборе опции *Нет* плотное облако в активном блоке будет перезаписано.

## Расчет цветов точек плотного облака

Metashape позволяет рассчитать цвета для точек плотного облака на основе цветов снимков.

1. Выберите целевое плотное облако на панели *Проект*.
2. В меню *Инструменты* из подменю *Плотное облако* выберите команду *Рассчитать цвета точек*.

3. В диалоговом окне *Рассчитать цвета точек* в качестве исходных данных следует выбрать *Изображения*.
4. Нажмите кнопку *ОК* для запуска процедуры фильтрации. В диалоговом окне будет отображаться текущее состояние обработки.

## Дискретизация поверхности

Функция *Дискретизация поверхности* позволяет создавать плотное облако точек из полигональной или тайловой модели.

### Для преобразования полигональной сетки в плотное облако точек

1. В меню *Инструменты* из подменю *Плотное облако* выберите команду *Дискретизация поверхности*.
2. В диалоговом окне *Дискретизация поверхности* выберите тип исходной поверхности (полигональная или тайловая модель) и задайте желаемое расстояние между точками. В поле *Количество точек* будет отражаться число точек в результирующем плотном облаке, рассчитанное на основании указанных параметров.
3. Нажмите кнопку *ОК* для запуска процедуры фильтрации. В диалоговом окне будет отображаться текущее состояние обработки. Для отмены процедуры нажмите кнопку *Отменить*.

В диалоговом окне *Дискретизация поверхности* можно задать следующие параметры:

#### Исходные данные

Указывает тип исходной поверхности: Полигональная модель или Тайловая модель.

#### Шаг дискретизации

Указывает желаемое расстояние между точками создаваемого плотного облака.

#### Количество точек

Указывает число точек в результирующем плотном облаке.

## Удаление точек в ручном режиме

Ошибочные точки могут быть удалены вручную.

### Для удаления точек из разреженного облака вручную

1. Переключитесь в режим *Разреженное облако*, используя кнопку  *Облако точек* на панели инструментов или в режим просмотра *Плотное облако* используя кнопку  *Плотное облако* на панели инструментов.
2. Выберите инструмент  *Прямоугольное выделение*,  *Овальное выделение* или  *Произвольное выделение* на панели инструментов.
3. Выполните выделение с использованием мыши. Для добавления новых точек к текущему выделению, удерживайте клавишу **Ctrl** на клавиатуре во время выделения. Для удаления точек из текущего выделения, удерживайте клавишу **Shift**.

4. Для удаления выделенных точек используйте инструмент *Удалить выделение* в меню *Редактировать* или нажмите кнопку  *Удалить выделение* на панели инструментов (либо просто нажмите клавишу **Del** на клавиатуре). Для удаления всех точек кроме выделенных используйте инструмент *Обрезать выделение* в меню *Редактировать* или нажмите кнопку  *Обрезать выделение* на панели инструментов.

## Редактирование геометрии модели

В Metashape доступны следующие инструменты редактирования полигональной модели:

- Упрощение модели
- Уточнение модели
- Заполнение отверстий
- Сглаживание модели
- Расчет цветов вершин
- Автоматическая фильтрация полигонов на основе выбранного критерия
- Ручное удаление полигонов
- Исправление топологических нарушений в модели

Более сложное редактирование можно произвести с помощью сторонних 3D-редакторов. Metashape позволяет экспортировать геометрию для этих целей и импортировать отредактированный результат обратно в Metashape.

### **Примечание**

- Операция ручного удаления полигонов (в том числе на основании фильтрации по размеру связанных компонент) может быть отменена. Для отмены следует использовать пункты *Отмена / Повтор* в меню *Редактировать*.
- Обратите внимание, что пункты *Отмена / Повтор* не работают в случаях использования функции упрощения модели: эта операция не может быть отменена.

## Упрощение модели

Функция упрощения модели используется для уменьшения геометрического разрешения модели: разрешение полигональной модели снижается, а точность передачи геометрии остается при этом высокой. Metashape создает 3D модели с превышающим геометрическим разрешением, таким образом, упрощение полигональной модели – желательная операция после завершения построения модели.

Высоко детализированные модели могут состоять из миллионов полигонов. Работать с такими сложными моделями возможно в специальных редакторах, однако, в наиболее распространенных программах для просмотра (таких как Adobe Reader или Google Earth) излишняя детализация модели может приводить к заметному уменьшению производительности. Высокая сложность модели также требует гораздо более длительного времени для построения текстуры и экспорта модели в pdf формат.

В некоторых случаях требуется хранить наиболее детализированную геометрию модели для научных или архивных целей. Однако, при отсутствии специальных требований рекомендуется упростить модель до 100 000 - 200 000 полигонов для экспорта в pdf и до 100 000 (и меньше) для визуализации в Google Earth или ей подобных средах.

### Для упрощения 3D модели

1. В меню *Инструменты* выберите пункт *Упростить модель...*
2. В диалоговом окне *Упростить модель* укажите желаемое число полигонов, которые останутся в итоговой модели. Нажмите кнопку *ОК*.
3. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

### Примечание

- При упрощении модели происходит удаление текстурного атласа. В случае необходимости текстурный атлас можно построить заново.

## Уточнение модели

Metashape позволяет уточнить построенную модель на основе снимков, а также смоделировать дополнительные детали поверхности (барельефы, углубления, каналы и т.д.).

### Для уточнения модели

1. Для сохранения копии исходной модели (до ее уточнения) используйте команду *Создать копию....*
2. В меню *Инструменты* из подменю *Модель* выберите команду *Уточнить модель...*
3. В диалоговом окне задайте желаемое качество, количество итераций и уровень сглаживания. Нажмите кнопку *ОК* для запуска операции.
4. Ход выполнения текущей операции будет отображаться в диалоговом окне. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

## Параметры уточнения модели

### Качество

Задаёт целевое качество уточнения. Для построения более подробной модели и уточнения геометрии можно использовать Высокое и Очень высокое качество, но обработка займет большее время. Смысл параметра Качество здесь аналогичен параметру качества, приведенному в разделе [«Построение плотного облака точек»](#).

### Количество итераций

В некоторых случаях дополнительные итерации помогают построить более подробную модель. Увеличение числа итераций приведет к пропорциональному замедлению процесса.

### Уровень сглаживания

Небольшое значение параметра даст более хорошие результаты, но также может увеличить количество шумов. Увеличение уровня сглаживания позволяет уменьшить

количество шумов, но также может излишне сгладить детали. Необходимо подобрать оптимальное значение для подавления шума и достаточной детализации модели.

## Расчет цветов вершин модели

Metashape позволяет рассчитывать цвета вершин полигональной модели на основании данных снимков, разреженного и плотного облаков точек.

### Для расчета цветов вершин модели

1. В меню *Инструменты* выберите пункт *Модель* и из представленного списка выберите опцию *Рассчитать цвета вершин....*
2. В диалоговом окне *Рассчитать цвета вершин* выберите источник исходных данных.
3. Нажмите *ОК* для запуска процедуры.
4. Ход выполнения текущей операции будет отображаться в диалоговом окне. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

## Заполнение отверстий

Процедура заполнения отверстий применяется для моделей, содержащих отверстия. Появление отверстий в модели может являться результатом, например, недостаточного перекрытия исходных снимков.

Заполнение отверстий производится на основании данных экстраполяции. Пользователь может контролировать уровень точности модели по средством задания максимального размера отверстия, для которого будет выполнена процедура заполнения отверстий.

### Для заполнения отверстий 3D модели

1. В меню *Инструменты* выберите пункт *Заполнить отверстия...*
2. В диалоговом окне *Заполнение отверстий* при помощи ползунка задайте максимальный размер отверстия, которое будет заполнено на основе данных экстраполяции. Нажмите кнопку *ОК*.
3. Ход выполнения текущей операции будет отображаться в диалоговом окне. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

### **Примечание**

- Ползунок позволяет задать максимальный размер отверстия по отношению к площади поверхности всей модели.

## Сглаживание модели

Инструмент сглаживания позволяет сделать поверхность модели более плавной и удалить неровности на поверхности. Некоторые задачи требуют более гладкой поверхности, чем исходная модель, без мелких деталей или некоторых реальных объектов. Инструмент можно применить ко всей модели или только к выбранной области.

## Примечание

- Чтобы применить сглаживание к определенной области, необходимо сначала выбрать ее, а затем провести операцию сглаживания.

### Для сглаживания модели

1. В меню *Инструменты* выберите пункт *Сгладить модель...*
2. В диалоговом окне *Сгладить модель* отрегулируйте значение параметра *Сила* при помощи слайдера. Если необходимо, выберите опцию *Применить к выбранным полигонам*.
3. Нажмите кнопку *ОК*. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

## Примечание

- Для модели с открытыми краями можно применить опцию *Зафиксировать границы модели*, которая позволяет сохранить позиции вершин полигонов на внешнем крае модели во время процедуры сглаживания.

## Фильтрация полигонов на основе выбранного критерия

Фильтрация полигонов с использованием различных критериев позволяет выделить ошибочные или ненужные полигоны и удалить их. Это могут быть как слишком большие полигоны в составе модели, так и небольшие изолированные области, находящиеся близко с основной моделью, но не представляющие интереса, либо загромождающие модель.

Metashape поддерживает следующие критерии фильтрации полигонов:

### Размер связанных компонент

Этот критерий фильтрации позволяет выделять изолированные фрагменты исходя из относительного числа полигонов в их составе. Число полигонов во всех компонентах, подлежащих выделению, определяется значением параметра *Уровень* и указывается в процентном отношении к общему числу полигонов во всей модели. Все изолированные компоненты фильтруются по числу полигонов в их составе, и выделение происходит в порядке возрастания числа полигонов.

### Размер полигонов

Этот критерий фильтрации позволяет выделять полигоны определенного размера. Значение параметра *Уровень* отражает, какой процент от общей площади поверхности модели составляет площадь выделенных полигонов. Выделение полигонов происходит в порядке уменьшения их площади, исходя из предварительно отсортированного по размеру списка. Эта функция может оказаться полезной при работе с геометрией гладкого типа, когда возникает необходимость удалить полигоны, являющиеся результатом автоматического заполнения отверстий, поскольку они, как правило, имеют большую площадь по сравнению с остальными полигонами.

### Для удаления небольших изолированных фрагментов

1. В меню *Редактировать* выберите пункт *Плавное выделение...*

2. В диалоговом окне *Плавное выделение* выберите критерий *Размер связанных компонент*.
3. Укажите размеры изолированных компонент с помощью слайдера. Изменение выделенных областей можно наблюдать при перемещении слайдера. Нажмите кнопку *OK* для подтверждения сделанного выделения.
4. Для удаления выбранных компонент выберите пункт *Удалить выделенное* в меню *Редактирование*, или нажмите кнопку  на панели инструментов (либо просто нажмите клавишу **Del** на клавиатуре).

### Для удаления чрезмерно больших полигонов

1. В меню *Редактировать* выберите пункт *Плавное выделение...*
2. В диалоговом окне *Плавное выделение* выберите критерий *Размер полигонов*.
3. Укажите размеры больших полигонов с помощью слайдера. Изменение выделенных областей можно наблюдать при перемещении слайдера. Нажмите кнопку *OK* для подтверждения сделанного выделения.
4. Для удаления выбранных компонент выберите пункт *Удалить выделенное* в меню *Редактирование*, или нажмите кнопку  на панели инструментов (либо просто нажмите клавишу **Del** на клавиатуре).

Обратите внимание, что Metashape выделяет фрагменты, начиная с самых мелких по размеру. Таким образом, для модели, состоящей из одного фрагмента, выделение будет пустым.

## Удаление полигонов вручную

Ненужные или лишние области геометрии модели могут быть удалены вручную.

### Для удаления полигонов вручную

1. Выберите инструмент прямоугольного, овального или произвольного выделения, используя кнопки  *Прямоугольное выделение*,  *Овальное выделение* или  *Произвольное выделение* на панели инструментов.
2. Выполните выделение с использованием мыши. Для добавления новых полигонов к текущему выделению, удерживайте клавишу **Ctrl** на клавиатуре во время выделения. Для удаления полигонов из текущего выделения, удерживайте клавишу **Shift**.
3. Для удаления выделенных полигонов нажмите кнопку  *Удалить выделенное* на панели инструментов. Для удаления всех полигонов кроме выделенных, нажмите кнопку  *Обрезать выделенное* на панели инструментов либо выберите пункт *Обрезать выделенное* в меню *Редактировать*.

### Для увеличения или уменьшения текущего выделения

1. Для увеличения текущего выделения путем добавления к нему приграничных полигонов нажмите клавишу **PageUp** на клавиатуре в режиме выделения. Для увеличения выделения резким скачком нажмите **PageUp** при зажатой клавише **Shift**.

2. Для уменьшения текущего выделения путем удаления из него приграничных полигонов нажмите клавишу **PageDown** на клавиатуре в режиме выделения. Для уменьшения выделения резким скачком нажмите **PageDown** при зажатой клавише **Shift**.

## Исправление топологических нарушений в модели

В Metashape возможно исправление основных топологических нарушений на модели.

### Для исправления топологии модели

1. В меню *Инструменты* выберите пункт *Информация о модели...*
2. В диалоговом окне *Информация о модели* представлены параметры построенной полигональной модели. В случае если имеются проблемы в топологии, будет активна кнопка *Исправить*. Нажатие кнопки *Исправить* запускает процедуру исправления топологических нарушений.
3. В диалоговом окне состояния будет отображаться ход выполнения текущей операции. Чтобы прервать обработку, нажмите кнопку *Отмена*.

## Редактирование полигональной модели с помощью внешней программы

### Для экспорта полигональной модели с целью последующего ее редактирования во внешней программе

1. В меню *Файл* выберите пункт *Экспорт модели...*
2. В диалоговом окне сохранения выберите желаемый формат экспортируемой модели в поле *Тип сохранения*. Укажите имя, которое будет присвоено файлу, и нажмите кнопку *Сохранить*.
3. В открывшемся диалоговом окне укажите дополнительные параметры, соответствующие выбранному формату файла. Нажмите кнопку *ОК*.

### Для импорта отредактированной модели

1. В меню *Инструменты* выберите пункт *Импорт модели...*
2. В открывшемся диалоговом окне найдите и выберите файл с моделью. Нажмите *Открыть*.

### **Примечание**

- Metashape поддерживает загрузку моделей только в форматах Wavefront OBJ, 3DS, STL, COLLADA, Stanford PLY, Autodesk FBX, Autodesk DXF, OpenCTM and U3D. Убедитесь в правильности формата при экспорте модели из стороннего 3D-редактора.

---

# Глава 6. Автоматизация

## Использование блоков

При работе с типовыми наборами данных рутинные этапы обработки могут быть в значительной степени автоматизированы. Функция пакетной обработки в Metashape позволяет выполнять несколько этапов обработки один за другим. При этом участие пользователя может быть сведено к минимуму благодаря концепции многоблочных проектов, где каждый блок содержит один типовой набор данных. В проектах с несколькими блоками, содержащими схожие данные, каждая операция, включенная в сценарий пакетной обработки, производится последовательно для каждого выделенного блока, что позволяет обрабатывать несколько наборов данных по очереди.

Кроме того, концепция многоблочных проектов может быть полезна в тех случаях, когда сложно или даже невозможно построить трехмерную модель поверхности за один раз. Например, если общее количество снимков слишком большое для одновременной обработки. Metashape позволяет разделить набор снимков на несколько отдельных блоков внутри проекта. Этапы выравнивание снимков, построение плотного облака, ортофотоплана и трехмерной модели, а также построение текстурного атласа будут выполняться для каждого блока в отдельности, после чего блоки со всеми результатами построения могут быть объединены.

Работа с блоками не сложнее обычной работы с Metashape. Любой проект Metashape содержит в себе как минимум один блок, для которого выполняются все операции построения трехмерной модели из набора снимков.

Все, что следует дополнительно знать о работе с блоками: как создавать новые блоки и как совмещать результирующие данные из разных блоков в одно целое.

## Создание блоков

Для того чтобы создать новый блок, нажмите на кнопку  *Добавить блок* на панели *Проект* или выберите команду *Добавить блок* из контекстного меню панели *Проект* (доступно при щелчке правой клавишей мыши на корневом элементе панели *Проект*).

В новый блок, после его создания, можно загружать снимки, выравнивать их, строить плотное облако, строить геометрию модели, создавать текстурный атлас, экспортировать модели и т. д. Модели в разных блоках никак не связаны друг с другом.

Список всех блоков в текущем проекте отображается на панели *Проект*, статус блоков отображается в виде следующих меток:

### **R (Привязан)**

Уведомляет о том, что два или более блоков выровнены относительно друг друга.

Для переноса снимков из одного блока в другой просто выберите необходимые снимки из списка на панели *Проект*, после чего перетащите их при помощи зажатой левой кнопки мыши в целевой блок.

### **Примечание**

- Блок может содержать несколько экземпляров одного и того же объекта (облако точек, полигональная модель и т.д.).

## Работа с блоками

Все операции с отдельным блоком выполняются в обычной последовательности работы с Metashape: загрузка снимков, выравнивание снимков, построение плотного облака, построение модели, построение текстурного атласа, экспорт 3D модели и т. д.

Обратите внимание, что все эти операции применяются к активному блоку. Создание нового блока автоматически активирует его. Операция сохранения проекта сохраняет состояние и содержание всех блоков. Для сохранения выделенных блоков в отдельном проекте используется команда *Сохранить блоки* в контекстном меню блоков.

### Для смены активного блока

1. Щелкните правой кнопкой мыши на названии блока на панели *Проект*.
2. Выберите в появившемся контекстном меню пункт *Выбрать активным*.

### Для удаления блока

1. Щелкните правой кнопкой мыши на названии блока в поле *Проект*.
2. Выберите в появившемся контекстном меню пункт *Удалить блоки*.

Чтобы изменить порядок блоков в списке на панели *Проект*, просто перетащите их.

## Выравнивание блоков

Модели, построенные в отдельных блоках, могут быть объединены в одну. Для этого необходимо предварительно выровнять блоки.

### Для выравнивания нескольких блоков

1. В меню *Обработка* выберите пункт *Выровнять блоки*.
2. В диалоговом окне *Выровнять блоки* выберите блоки, которые необходимо выровнять; двойным щелчком мыши укажите опорный блок (блок, положение которого меняться не будет). Выберите необходимые значения параметров. Нажмите кнопку *ОК*.
3. В диалоговом окне будет отображаться ход выполнения текущей операции. Для отмены процесса нажмите кнопку *Отмена*.

## Параметры выравнивания блоков

### Диалоговое окно "Выровнять блоки"

В диалоговом окне *Выровнять блоки* необходимо задать параметры выравнивания, приведенные ниже.

#### Способ

Определяет метод выравнивания. При способе *По связующим точкам* блоки выравниваются в соответствии с результатами отождествления снимков из разных блоков. Способ *По камерам* используется для выравнивания блоков по рассчитанным положениям центров фотографирования. Снимки, соответствующие одинаковым позициям съемки в выравниваемых блоках, должны иметь одинаковые названия.

**Точность (доступен только для способа *По связующим точкам*)**

Значение этого параметра *Высокая* позволяет получить наиболее точное выравнивание блоков. Значение *Низкая* может использоваться для получение грубого выравнивания в более короткий срок.

**Максимальное количество точек (Доступен только при выравнивании по связующим точкам)**

Обозначает верхний предел количества связующих точек на каждом снимке, используемых в процессе выравнивания блоков.

**Сохранить масштаб**

Эта функция применима в том случае, если масштабы моделей в разных блоках были точно заданы и должны оставаться неизменными в процессе выравнивания блоков.

**Предварительный выбор пар снимков (доступен только для способа *По связующим точкам*)**

Процесс выравнивания большого количества блоков может занять долгое время. Значительная часть этого времени тратится на поиск соответствующих элементов на снимках. *Предварительный выбор пар снимков* может ускорить этот процесс благодаря выделению поднабора пар снимков, для которых будет произведено отождествление.

**Маскировать: использовать маску для фильтрации точек (доступен только в режиме *По связующим точкам*)**

При включении этой опции соответствующие точки, обнаруженные в области снимка под маской, не учитываются. Если выбран параметр *Маскировать характерные точки*, то замаскированные области исключаются из процедуры отождествления для конкретных снимков, на которых применена маска. При этом, если эта же область не закрыта маской на других снимках, то будет выполнено отождествление точек в этой области. Опция *Маскировать связующие точки* означает, что определенные связующие точки исключаются из процедуры выравнивания. Фактически это означает, что если некоторая область маскируется по крайней мере на одном снимке, соответствующие характерные точки на остальных снимках, на которые попадает данная область, также будут игнорироваться во время процедуры выравнивания (связующая точка - это результат отождествления характерных точек, которые были выявлены как проекции одной и той же трехмерной точки на разных снимках). Это может быть полезно для исключения фона в сценарии съемки с поворотным столом только с одной маской. Подробнее об использовании масок можно прочесть в разделе [«Использование масок»](#).

 **Примечание**

- Операция выравнивания блоков может быть произведена только для предварительно выровненных снимков.

## Объединение нескольких блоков

После того как произведено выравнивание блоков, их можно объединить в один.

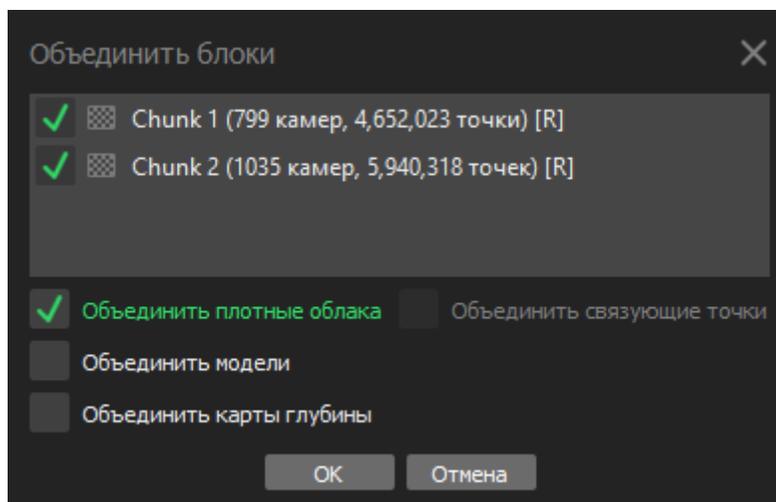
 **Примечание**

- Для большей точности результатов рекомендуется производить обработку у одном блоке. Метод разбивки на блоки с последующим их объединением должен использоваться только в тех случаях, когда это необходимо.

## Для объединения блоков

1. В меню *Обработка* выберите пункт *Объединить блоки*.
2. В диалоговом окне *Объединение блоков* выберите блоки, подлежащие объединению, и необходимые значения параметров. Нажмите кнопку *ОК*.
3. Metashape объединит блоки в один. Результирующий блок появится в списке содержимого проекта на панели *Проект*.

## Параметры объединения блоков



Диалоговое окно "Объединение блоков"

Следующие параметры определяют процедуру объединения блоков. Их значения можно задать в диалоговом окне *Объединить блоки*.

### Объединить связующие точки

Задаёт объединение проекций связующих точек для соответствующих объектов. Поскольку операция объединения связующих точек предполагает повторное отождествление объектов из разных блоков, операция может занять много времени. Поэтому рекомендуется отключить объединение связующих точек, если это не требуется.

### Объединить плотные облака

Задаёт объединение плотных облаков из выбранных блоков.

### Объединить модели

Задаёт объединение моделей из выбранных блоков.

### Объединить карты глубины

Задаёт объединение карты глубины из выбранных блоков.

Результат объединения блоков (т. е. снимки, облако точек и геометрия модели) сохраняется в новом блоке, с которым можно продолжить работу как с обычным блоком.

## Примечание

- Операции объединения плотных облаков и полигональных моделей будут применяться только к активным элементам. Отключенные (неактивные) элементы не будут переданы объединенному блоку.

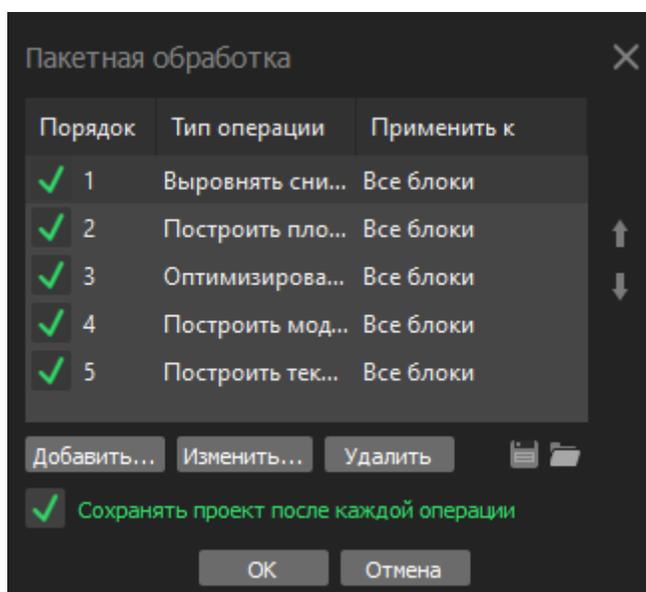
## Пакетная обработка

Metashape позволяет применять различные этапы обработки к нескольким блокам в автоматическом режиме. Это особенно полезно при работе с большим количеством блоков.

Пакетная обработка может быть применена ко всем блокам на панели *Проект*, только к необработанным блокам, или к блокам, выбранным пользователем. Каждая операция, выбранная в диалоговом окне *Пакетная обработка*, сперва применяется к каждому выделенному блоку, после этого выполняется следующая операция.

Выровнять снимки	Выровнять/Объединить блоки	Сохранить/Загрузить проект
Оптимизировать выравнивание	Упростить модель	Экспортировать/Импортировать камеры
Построить плотное облако	Сгладить модель	Экспортировать облака точек
Построить модель	Заполнить отверстия	Экспортировать модель
Построить текстуру	Рассчитать коррекцию цветов	Экспортировать текстуру
Уточнить модель	Импортировать маски	Сбросить область реконструкции
Дискретизация поверхности	Создать маски	Преобразовать снимки
Создать отчет	Рассчитать цвета точек / Рассчитать цвета вершин	

### Для запуска пакетной обработки



Диалоговое окно "Пакетная обработка"

1. В меню *Обработка* выберите пункт *Пакетная обработка...*

2. Нажмите кнопку *Добавить...* для добавления необходимой операции обработки.
3. В диалоговом окне *Добавить операцию* выберите тип операции, которую необходимо выполнить, список блоков, к которым ее следует применить, и подходящие параметры обработки. Нажмите кнопку *ОК*.
4. Повторите предыдущие шаги, чтобы добавить другие операции, в случае необходимости.
5. При необходимости измените порядок выполнения задач с помощью стрелок Вверх и Вниз справа от списка задач в диалоговом окне *Пакетная обработка...*
6. Нажмите кнопку *ОК* для запуска пакетной обработки.
7. В диалоговом окне будет отображаться список и статус запланированных задач, а также ход выполнения текущей операции. Для отмены процесса нажмите кнопку *Отмена*.

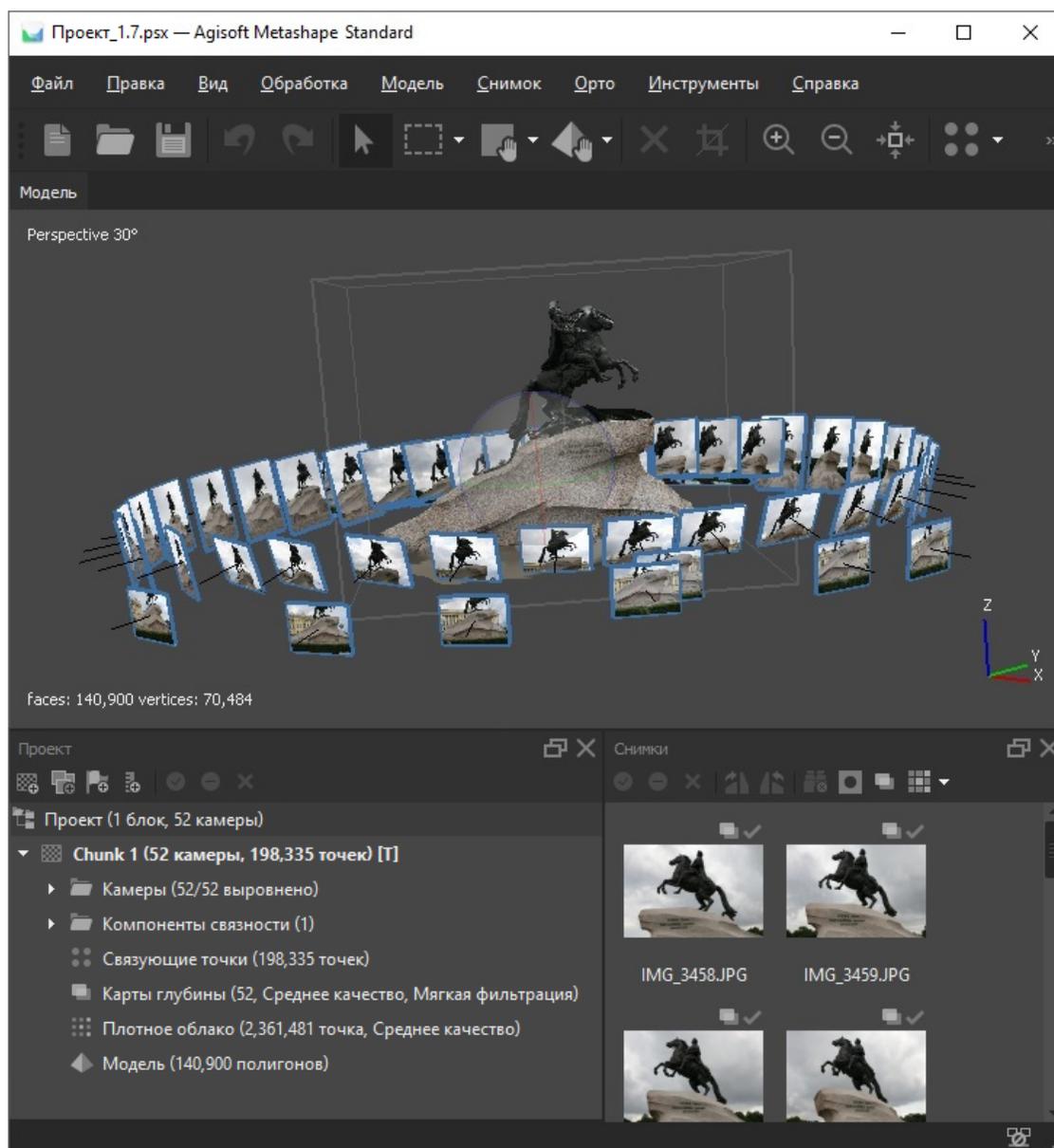
Если пакетная обработка для нескольких блоков включает функции импорта/экспорта, предлагается использовать следующие команды в строке Путь процедур импорта/экспорта:

- *{filename}* - имя файла (без расширения),
- *{fileext}* - расширение файла,
- *{camera}* - имя снимка,
- *{frame}* - индекс кадра,
- *{chunklabel}* - название блока,
- *{imagefolder}* - папка, содержащая снимки в активном блоке,
- *{projectfolder}* - путь к папке текущего проекта,
- *{projectname}* - название текущего проекта.
- *{projectpath}* - абсолютный путь к текущему проекту.

Список задач для пакетной обработки может быть экспортирован в файле формата XML при помощи кнопки  *Сохранить* диалогового окна *Пакетная обработка* и импортирован в другой проект при помощи кнопки  *Открыть*.

# Приложение А. Графический интерфейс

## Окно приложения



Общий вид окна приложения

## Окно просмотра модели

Режим просмотра модели используется для визуализации трехмерных данных, а также для редактирования полигональной модели или облака точек. Вид модели зависит от

текущей стадии обработки, для переключения в другой режим отображения используются соответствующие кнопки панели инструментов или опции меню *Вид*.

Модель может быть представлена в виде плотного облака точек или как полигональная модель в текстурированном, затененном, сплошном виде или в виде каркаса. Помимо самой модели в режиме просмотра могут быть отображены результаты выравнивания снимков (разреженное облако точек и положения центров фотографирования).

Metashape позволяет использовать следующие инструменты навигации при 3D просмотре:

<b>Инструмент</b>	<b>Модификатор на клавиатуре</b>
Вращение	По умолчанию
Сдвиг	Зажатая клавиша <b>Ctrl</b>
Масштабирование	Зажатая клавиша <b>Shift</b>

Все перечисленные инструменты доступны только в режиме навигации. Режим навигации включается с помощью кнопки  *Навигация* на панели инструментов.

### **Примечание**

- Масштабирование модели осуществляется с помощью колесика мыши.

## Окно просмотра снимка

Режим просмотра снимка используется для отображения отдельных снимков, загруженных в проект, а также соответствующих полупрозрачных карт глубины и масок.

В режиме просмотра снимка можно рисовать маски на снимках. Кроме того, в режиме просмотра снимка можно отобразить остаточные ошибки для связующих точек, при условии, что снимки были предварительно выровнены.

Режим просмотра снимка активируется только при открытии какого-либо снимка. Для открытия снимка в режиме просмотра необходимо дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на его названии на панели *Проект* или на панели *Снимки*.

Переключение в режим просмотра снимков изменяет конфигурацию панели инструментов: появляются инструменты работы со снимками, а лишние кнопки скрываются.

## Панель Проект

На панели *Проект* отображаются все элементы текущего проекта. Эти элементы могут включать в себя:

- Список блоков проекта.
- Список камер и групп камер для отдельных блоков
- Связующие точки для отдельных блоков
- Компоненты для отдельных блоков
- Карты глубины для отдельных блоков

- Плотное облако точек для отдельных блоков
- 3D модель для отдельных блоков

Расположенные на панели *Проект* кнопки позволяют:

- Добавлять блоки.
- Добавлять камеры.
- Включать или отключать некоторые камеры или блоки для их использования на дальнейших стадиях обработки.
- Удалять элементы.

Каждый элемент списка связан с контекстным меню, позволяющим быстро обращаться к некоторым стандартным функциям.

## Панель Снимки

Панель *Снимки* позволяет отображать список снимков / масок / карт глубины для активного блока в виде эскизов.

Расположенные на панели *Снимки* кнопки позволяют:

- Включать или отключать некоторые снимки.
- Удалять снимки.
- Поворачивать выделенные снимки по/против часовой стрелки
- Сбрасывать текущий фильтр для снимков
- Переключаться между эскизами изображений, масок и карт глубины.
- Увеличивать / уменьшать размер эскизов или отображать детальную информацию о снимке, включая данные EXIF.

## Панель Консоль

Панель *Консоль* используется для:

- Отображения вспомогательной информации.
- Отображения сообщений об ошибках.

Расположенные на панели *Консоль* кнопки позволяют:

- Сохранить журнал (в HTML, XHTML или текстовом формате).
- Очистить журнал.

## Панель Очередь задач

Панель *Очередь задач* предназначена для:

- Контроля за состоянием обработки активных и фоновых проектов
- Организации очереди фоновой обработки
- Переключения между проектами

Расположенные на панели *Очередь задач* кнопки позволяют:

- Запустить / приостановить / отменить выбранные задачи
- Изменить порядок выполнения задач в очереди обработки
- Очистить историю задач обработки

### **Примечание**

- Для переключения между проектами, следует нажать правой кнопкой мыши по имени проекта.

## **Панель анимации**

Панель *Анимация* используется для:

- Создания нового трека камеры на основании доступных шаблонов (горизонтальный, вертикальный) с заданным количеством кадров
- Загрузки трека камеры из внешнего файла в поддерживаемых форматах (Autodesk FBX, Camera Path)
- Экспорта трека камеры
- Воспроизведения движения точки обзора камеры по треку
- Отображения последовательности кадров в виде отдельных изображений для ключевых кадров
- Отображения последовательности кадров в виде видеофайла
- Добавления текущей точки зрения к треку камеры
- Удаления ключевых кадров из трека камеры
- Изменения выбранных позиций ключевых кадров в текущей последовательности трека камеры
- Настройки параметров трека камеры (название, длительность, поле зрения, циклический режим)

Расположенные на панели *Анимация* кнопки позволяют:

- Создать новый трек
- Загрузить трек

- Сохранить трек
- Воспроизвести/остановить воспроизведение анимации в соответствии с треком камеры
- Записать файл видео
- Добавить текущую точку зрения к активному треку камеры
- Удалить выбранные кадры из активного трека камеры
- Переместить выбранные ключевые кадры вверх / вниз
- Обновить выбранный ключевой кадр до текущей точки зрения
- Изменить настройки трека камеры



### Примечание

- Для показа / скрытия любой из перечисленных панелей используйте соответствующий пункт в меню *Вид*.
- Чтобы отобразить трек камеры, в меню *Модель* в подменю *Показать/скрыть* выберите *Показать трек*.
- Положение точки обзора в окне просмотра *Модель* можно изменить, перетащив его с зажатой левой кнопкой мыши.

## Команды меню

### Меню *Файл*

 Новый

Создать новый файл проекта.

 Открыть...

Открыть существующий файл Metashape проекта.

Добавить...

Добавить существующий файл Metashape проекта к текущему проекту.

 Сохранить

Сохранить файл Metashape проекта.

Сохранить как...

Сохранить файл Metashape проекта под новым именем.

Экспорт облака точек...

Сохранить разреженное / плотное облако точек.

Экспорт модели

Сохранить 3D модель.

Экспорт камер...

Экспортировать параметры внутренней и внешней ориентации камер и связующие точки.

Экспорт масок...

Экспортировать маски.

Экспорт текстуры...

Экспортировать текстуру модели.

Экспорт панорамы...

Экспортировать сферические панорамы для камер-станций.

### Меню *Файл*

Преобразовать снимки...	Экспортировать снимки, соответствующие исходным кадрам с компенсацией нелинейных искажений или с применением коррекции цвета.
Сгенерировать фотографии...	Создать лентичулярные изображения
Импорт камер...	Импортировать параметры внутренней и внешней ориентации камер.
Импорт масок...	Импортировать маски или создать маски из модели или снимка фона.
Импорт точек...	Импортировать плотное облако точек.
Импорт модели...	Импортировать полигональную модель.
Импорт текстуры...	Импортировать текстуру для текущей модели.
Импорт лазерных сканов...	Импортировать данные лазерного сканирования.
Импорт видео...	Импортировать разбитое на кадры видео и сохранить каждый кадр как отдельное изображение.
Загрузить данные...	Загрузить созданные данные (разреженное облако, текстурированные модели ) на один из поддерживаемых веб-сайтов.
Выйти	Выйти из программы. Будет предложено сохранить текущий проект.

### Меню *Правка*

 Отмена	Отменить последнее действие.
 Повтор	Повторить последнее отмененное действие.
 Режим примыкания	Включить или отключить режим примыкания (к осям, к вершинам, к ребрам, 2D примыкание).
 Добавить выделение	Добавить выделенную область снимка к маске.
 Вычесть выделение	Вычесть выделенную область снимка из маски.
 Инвертировать выделение	Инвертировать текущее выделение на снимке.
Инвертировать выделение	Инвертировать текущее выделение.
Расширить выделение	Расширить текущее выделение точек разреженного облака/ полигонов.
Сузить выделение	Сузить текущее выделение точек разреженного облака/ полигонов.
 Удалить выделение	Удалить выделенные точки / полигоны.

### Меню Правка

 Обрезать выделение	Обрезать выделенные точки / полигоны.
Инвертировать маску	Инвертировать маску для текущего изображения.
 Удалить маску	Удалить маску для текущего изображения.
 Повернуть направо	Повернуть текущее изображение на 90 градусов по часовой стрелке.
 Повернуть налево	Повернуть текущее изображение на 90 градусов против часовой стрелки.

### Меню Вид

 Увеличить масштаб	Приблизить изображение в текущем режиме просмотра.
 Уменьшить масштаб	Отдалить изображение в текущем режиме просмотра.
 Сбросить ракурс	Сбросить область просмотра для визуализации модели/снимка целиком.
Сохранить изображение	Сохранить текущий вид окна проекта (Модель, Снимки)
 Проект	Показать или скрыть панель Проект.
 Анимация	Показать или скрыть панель Анимация.
Свойства	Показать или скрыть панель Свойства для фигур.
 Снимки	Показать или скрыть панель Снимки.
 Консоль	Показать или скрыть Консоль.
 Очередь задач	Показать или скрыть панель Очередь задач.
Панель инструментов	Показать или скрыть Панель инструментов.
Во весь экран	Переключиться в полноэкранный режим и обратно.

### Меню Обработка

 Добавить снимки...	Загрузить дополнительные снимки в проект для обработки в Metashape.
 Добавить папку...	Загрузить дополнительные снимки из папок для обработки в Metashape.
Выровнять снимки...	Рассчитать положения камер и разреженное облако точек.
Построить плотное облако...	Построить плотное облако точек.
Построить модель...	Построить трехмерную полигональную модель.

### Меню Обработка

Построить текстуру...

Выровнять блоки...

Объединить блоки...

Пакетная обработка...

Построить текстурный атлас 3D модели.

Выровнять блоки.

Объединить блоки в единый блок.

Открыть диалоговое окно Пакетная обработка.

### Меню Модель

 Навигация

 Прямоугольное выделение

 Овальное выделение

 Произвольное выделение

Плавное выделение...

 Переместить объект

 Повернуть объект

 Масштабировать объект

Сбросить привязку

 Переместить область

 Повернуть область

 Изменить размер области

Сбросить область реконструкции

Показать картографическую основу

 Показать камеры

Показать эскизы снимков

 Показывать подписи

Перейти в режим навигации.

Подключить инструмент прямоугольно выделения элементов в окне просмотра Модель.

Подключить инструмент овального выделения элементов в окне просмотра Модель.

Подключить инструмент выделения произвольной формы в окне просмотра Модель.

Выделить полигоны/точки на основе заданного критерия.

Подключить инструмент перемещения объекта.

Подключить инструмент вращения.

Подключить инструмент масштабирования.

Отменить трансформации объекта.

Подключить инструмент перемещения области построения.

Подключить инструмент вращения области построения.

Позволяет изменить размер области построения.

Отменить трансформации области построения и вернуть конфигурацию области к начальной.

Показать или скрыть картографическую основу.

Показать или скрыть положения камер, полученные в процессе выравнивания снимков.

Показать или скрыть эскизы снимков согласно позициям камер на вкладке Модель.

Показать или скрыть подписи к объектам.

### Меню Модель

 Показать область	Показать или скрыть область реконструкции.
 Показать трек	Показать или скрыть трек камеры.
 Показать трекбол	Показать или скрыть трекбол.
 Показать информацию	Показать или скрыть подсказки.
 Показать сетку	Показать или скрыть сетку на плоскости XY.
Показать выровненные блоки	Показать все активные выровненные блоки в проекте.
Показать все	Показать все элементы одновременно.
Скрыть все	Скрыть все элементы.
 Облако точек	Показать или скрыть разреженное облако точек, полученное в процессе выравнивания снимков.
 Дисперсия облака точек	Показать или скрыть разреженное облако точек с показанной цветом дисперсией.
 Плотное облако	Показать или скрыть плотное облако точек.
 Достоверность плотного облака	Показать точки плотного облака, раскрашенные в соответствии с достоверностью.
 Затененный	Показать 3D модель в затененном режиме.
 Сплошной	Показать 3D модель в сплошном режиме.
 Каркас	Показать 3D модель в каркасном режиме.
 Текстурированный	Показать 3D модель с наложенной текстурой.
 Достоверность вершин модели	Показать 3D модель, раскрашенную в соответствии с достоверностью вершин.
Перспективный/Ортографический	Переключить режим визуализации между перспективным и ортографическим.
Сtereo режим	Включить/отключить стереоскопический режим в соответствии с параметрами в диалоге Настройки Metashape.
Ракурс	Переключиться в режим просмотра с одного из заданных ракурсов.

### Меню Снимок

 Навигация	Перейти в режим навигации.
 Прямоугольное выделение	Подключить инструмент прямоугольного выделения.
 Выделение контура	Подключить инструмент выделения контура.

### Меню Снимок

 Выделение области	Подключить инструмент выделения области.
 Выделение связанных областей	Подключить инструмент Выделения связанных областей.
Следующий снимок	Открыть следующий снимок из списка на панели Снимки.
Предыдущий снимок	Открыть предыдущий снимок из списка на панели Снимки.
 Показать маски	Показать или скрыть затенение маской.
 Показывать карты глубины	Показать или скрыть карты глубины поверх снимка.
 Показывать подписи	Показать или скрыть подписи к объектам.
 Показать точки	Показать найденные связующие точки на выбранном снимке, используемые для выравнивания.
Показать невязки по связующим точкам	Показать или скрыть невязки по каждой связующей точке.
Показать все	Отобразить все элементы одновременно.
Скрыть все	Скрыть все элементы.

### Меню Инструменты

Построить облако точек...	Построить разреженное облако точек на основании доступных элементов ориентирования камер.
Проредить связующие точки...	Проредить облако точек путем уменьшения количества проекций для каждого снимка в соответствии с заданным пределом.
Показать соответствия...	Открыть диалог просмотра связующих точек между парами изображений.
Инвертировать нормали точек...	Инвертировать нормали для выделенных точек плотного облака.
Выделить точки по маскам...	Выделить точки плотного облака, закрытые маской.
Выделить точки по цвету...	Выделить точки плотного облака в соответствии с цветом и чувствительностью.
Отфильтровать по достоверности	Отфильтровать точки плотного облака по рассчитанному значению достоверности.
Отфильтровать по выделению	Отобразить только выделенные точки плотного облака.
Сбросить фильтр	Сбросить фильтры отображения точек плотного облака.
Сжать плотное облако...	Стереть ранее удаленные точки плотного облака, без возможности их восстановить.

## Меню Инструменты

Восстановить плотное облако...	Вернуть те ранее удаленные точки плотного облака, которые не были стерты окончательно.
Обновить плотное облако...	Обновить информацию о плотном облаке точек, включая число точек и назначенные классы.
Уточнить модель...	Запустить операцию уточнения модели с учетом деталей на снимках.
Упростить модель...	Упростить полигональную модель до указанного числа полигонов.
Сгладить модель...	Сгладить полигональную модель.
Заполнить отверстия...	Заполнить отверстия на поверхности модели.
Рассчитать цвета вершин...	Рассчитать цвета вершин полигональной модели на основании исходных снимков или облака точек.
Изменить размер текстуры...	Запустить операцию пересчета размера текстуры для полигональной модели.
Информация о модели...	Собрать и показать информацию о полигональной модели.
Просмотр UV координат...	Отобразить значения UV координат.
Отфильтровать по выделению	Отобразить только выделенные полигоны 3D модели.
Сбросить фильтр	Сбросить фильтр отображения полигональной модели.
Калибровать объектив...	Перейти в диалоговое окно калибровки объектива.
Показать калибровочную таблицу...	Показать калибровочную таблицу на экране монитора.
 Калибровка камеры...	Задать параметры калибровки камер.
 Оптимизировать камеры...	Открыть диалоговое окно оптимизации выравнивания камер.
Коррекция цветов...	Вызвать диалог коррекции цветов для настройки яркости и баланса белого снимков.
Задать основной канал...	Задать основной канал для снимков.
Изменить яркость...	Скорректировать яркость снимков для удобства просмотра.
 Настройки...	Открыть диалоговое окно настроек.

## Меню Справка

 Содержание	Показать справку.
--	-------------------

### Меню Справка

Проверить наличие обновлений...	Проверить наличие обновлений для Metashape.
Активировать программу...	Вызвать диалоговое окно для для активации программы Metashape с помощью ключа активации либо ее деактивации.
 О программе Metashape...	Показать информацию о программе, включая номер версии и авторские права.

## Элементы панели инструментов

### Основные команды

 Новый	Создать новый файл проекта Metashape.
 Открыть	Открыть существующий файл проекта Metashape.
 Сохранить	Сохранить файл проекта Metashape.

### Команды 3D режима

 Отмена	Отменить последнее действие редактирования.
 Повтор	Повторить последнее отмененное действие.
 Навигация	Перейти в режим навигации.
 Прямоугольное выделение	Подключить инструмент прямоугольного выделения.
 Овальное выделение	Подключить инструмент овального выделения.
 Произвольное выделение	Подключить инструмент произвольного выделения.
Сбросить выделение	Сбросить текущее выделение.
 Переместить область	Подключить инструмент переноса рабочей области.
 Изменить размер области	Подключить инструмент изменения размера рабочей области.
 Повернуть область	Подключить инструмент поворота рабочей области.
Сбросить область реконструкции	Сбросить область построения до размера плотного облака.
 Переместить объект	Подключить инструмент переноса модели.
 Повернуть объект	Подключить инструмент поворота модели.
 Масштабировать объект	Подключить инструмент изменения масштаба модели.

### Команды 3D режима

 Сбросить трансформацию

 Удалить выделение

 Обрезать выделение

### Режимы 3D просмотра

 Увеличить масштаб

 Уменьшить масштаб

 Сбросить ракурс

 Облако точек

 Дисперсия облака точек

 Плотное облако

 Достоверность плотного облака

 Затененный

 Сплошной

 Каркас

 Достоверность вершин модели

 Текстурированный

Карта цветов

Карта нормалей

Карта затенённости

Показать картографическую основу

 Показать камеры

Показать эскизы изображений

 Показать выровненные блоки

### Команды режима Снимок

 Отмена

Сбросить все предыдущие процедуры трансформации модели.

Удалить выделенные точки / полигоны.

Обрезать выделенные точки / полигоны.

Приблизить модель.

Отдалить модель.

Вернуться к начальному ракурсу.

Показать или скрыть разреженное облако точек, полученное в процессе выравнивания снимков.

Показать или скрыть разреженное облако точек с показанной цветом дисперсией.

Показать или скрыть плотное облако точек.

Показать цвета точек плотного облака в соответствии с их достоверностью.

Показать 3D модель в затененном режиме.

Показать 3D модель в сплошном режиме.

Показать 3D модель в каркасном режиме.

Показать цвета вершин 3D модели в соответствии с их достоверностью.

Показать 3D модель с наложенной текстурой.

Показать диффузную текстурную карту.

Показать текстурную карту нормалей.

Показать текстурную карту затенённости.

Показать или скрыть картографическую основу.

Показать или скрыть положения камер, полученные в процессе выравнивания снимков.

Показать или скрыть эскизы изображений на позициях камер.

Показать или скрыть выровненные блоки.

Отменить последнее действие редактирования маски.

### Команды режима Снимок

 Повтор	Повторить последнее отмененное действие.
 Навигация	Перейти в режим навигации.
 Прямоугольное выделение	Подключить инструмент прямоугольного выделения.
 Выделение контура	Подключить инструмент выделения контура.
 Выделение области	Подключить инструмент выделения области.
 Выделение связанных областей	Подключить инструмент выделения связанных областей.
 Параметры инструмента выделения связанных областей...	Подключить инструмент изменения параметров функции
 Сбросить выделение	Подключить инструмент сброса текущего выделения.
 Добавить выделение	Добавить текущее выделение к маске.
 Вычесть выделение	Вычесть текущее выделение из маски.
 Инвертировать выделение	Инвертировать текущее выделение.
 Изменить яркость	Настроить яркость для лучшей визуализации.
 Повернуть направо	Повернуть снимок по часовой стрелке.
 Повернуть налево	Повернуть снимок против часовой стрелки.
 Увеличить масштаб	Увеличить масштаб.
 Уменьшить масштаб	Уменьшить масштаб.
 Сбросить ракурс	Сбросить текущий ракурс и отобразить снимок целиком.
 Показать маски	Показать/скрыть затенение маской.
 Показать карты глубин	Показать/скрыть карты глубин.
 Показать точки	Показать найденные связующие точки на выбранном снимке, используемые для выравнивания.
 Показать невязки по связующим точкам	Отобразить или скрыть невязки по проекциям связующих точек.

## Горячие клавиши

Для удобства работы Metashape поддерживает горячие клавиши. Ниже приведен список горячих клавиш и их функций по умолчанию, при необходимости функции могут быть переназначены в диалоговом окне *Настройки*. Рядом с пунктом меню *Быстрые клавиши* следует нажать кнопку *Настроить...*

## Основные

Создать новый проект	Ctrl + N
Сохранить проект	Ctrl + S
Открыть проект	Ctrl + O
Запустить скрипт	Ctrl + R
Развернуть во весь экран	F11

## Просмотр модели

Отменить (только для операций: Удалить, Маскировать и Закрыть отверстия)	Ctrl + Z
Повторить (только для операций: Удалить, Маскировать и Закрыть отверстия)	Ctrl + Y
Переключиться между навигацией и любым другим предыдущим режимом	Пробел
Приблизить	Ctrl + +
Отдалить	Ctrl + -
Сбросить ракурс	0
Переключиться в стерео режим	9
Переключиться между перспективным и ортографическим режимами просмотра	5
Изменить угол просмотра для перспективного режима	Ctrl + колесико мыши
<b>Просмотр с определенного ракурса</b>	
Сверху	7
Снизу	Ctrl + 7
Справа	3
Слева	Ctrl + 3
Спереди	1
Сзади	Ctrl + 1
<b>Повернуть модель</b>	
Повернуть вверх	8
Повернуть вниз	2
Повернуть налево	4
Повернуть направо	6

## Просмотр снимков

Следующий снимок (в соответствии с порядком на панели Снимки)	Page Up
Предыдущий снимок (в соответствии с порядком на панели Снимки)	Page Dn

Переход к следующему маркеру на том же снимке	Tab
Переход к предыдущему маркеру на том же снимке	Shift + Tab
Режим навигации	V
<b>Инструменты выделения</b>	
Прямоугольное выделение	M
Выделение контура	L
Выделение области	P
Выделение связанных областей	W
Добавить выделение	Ctrl + Shift + A
Вычесть выделение	Ctrl + Shift + S
Инвертировать выделение	Ctrl + Shift + I

---

# Приложение В. Поддерживаемые форматы

## Снимки

### Форматы ввода

JPG  
TIFF  
PNG  
BMP  
OpenEXR  
JPEG 2000  
TARGA  
Цифровой негатив (DNG)  
Portable Bit Map (PGM, PPM)  
Multi-Picture Object (MPO)  
Norpix Sequence (SEQ)  
AscTec Thermal Images (ARA)

### Форматы компенсации дисторсий

JPG  
TIFF  
PNG  
BMP  
OpenEXR  
JPEG 2000

## Калибровка камеры

### Форматы ввода

Agisoft Camera Calibration (\*.xml)  
Australis Camera Parameters (\*.txt)  
Australis v.7 Camera Parameters (\*.txt)  
PhotoModeler Camera Calibration (\*.ini)  
3DM CalibCam Camera Parameters (\*.txt)  
CalCam Camera Calibration (\*.cal)  
Inpho Camera Calibration (\*.txt)  
USGS Camera Calibration (\*.txt)  
Pix4D Camera Calibration (\*.cam)  
OpenCV Camera Calibration (\*.xml)  
PHOTOMOD Camera Calibration (\*.x-cam)  
Z/I Distortion Grid (\*.dat)

### Форматы экспорта

Agisoft Camera Calibration (\*.xml)  
Australis Camera Parameters (\*.txt)  
Australis v.7 Camera Parameters (\*.txt)  
PhotoModeler Camera Calibration (\*.ini)  
3DM CalibCam Camera Parameters (\*.txt)  
CalCam Camera Calibration (\*.cal)  
Inpho Camera Calibration (\*.txt)  
USGS Camera Calibration (\*.txt)  
Pix4D Camera Calibration (\*.cam)  
OpenCV Camera Calibration (\*.xml)  
PHOTOMOD Camera Calibration (\*.x-cam)  
Z/I Distortion Grid (\*.dat)

## Журнал полета

### Форматы ввода

Agisoft XML (\*.xml)

### Рассчитанное положение камер

Agisoft XML (\*.xml)

#### Форматы ввода

Character-separated values (\*.txt, \*.csv)  
мета данные EXIF  
MAVinci CSV (\*.csv)  
APM/PixHawk Log (\*.log)  
C-Astral Bramor log (\*.log)  
ТопоAxis telemetry (\*.tel)

#### Рассчитанное положение камер

Character-separated values (\*.txt)

## Положение опорных точек (GCP)

#### Форматы ввода

Character-separated values (\*.txt, \*.csv)  
Agisoft XML (\*.xml)

#### Рассчитанные положения

Character-separated values (\*.txt)  
Agisoft XML (\*.xml)

## Элементы внутреннего и внешнего ориентирования камеры

#### Форматы импорта

Agisoft XML (\*.xml)  
Autodesk FBX (\*.fbx)  
Alembic (\*.abc)  
Realviz RZML (\*.rzml)  
Bundler (\*.out)  
Inpho Project File (\*.prj)  
BINGO (\*.dat)  
Blocks Exchange (\*.xml)  
N-View Match (\*.nvm)  
PATB Camera Orientation (\*.ori)  
VisionMap Detailed Report (\*.txt)

#### Форматы экспорта

Agisoft XML (\*.xml)  
Autodesk FBX (\*.fbx)  
Alembic (\*.abc)  
Realviz RZML (\*.rzml)  
Bundler (\*.out)  
Inpho Project File (\*.prj)  
BINGO Project (\*.dat)  
Blocks Exchange (\*.xml)  
N-View Match (\*.nvm)  
PATB Project (\*.pro)  
Boujou (\*.txt)  
CHAN files (\*.chan)  
ORIMA (\*.txt)  
AeroSys Exterior Orientation (\*.orn)  
Summit Evolution Project (\*.smtxml)  
Omega Phi Kappa (\*.txt)

## Связующие точки

Bundler (\*.out)

#### Экспорт связующих точек

Bundler (\*.out)  
BINGO (\*.dat)

#### Экспорт связующих точек

ORIMA (\*.txt)  
PATB (\*.ptb)  
Summit Evolution Project (\*.smtxml)  
Blocks Exchange (\*.xml)

## Разреженное/Плотное облако точек

#### Форматы импорта

Wavefront OBJ (\*.obj)  
Stanford PLY (\*.ply)  
ASCII PTS (\*.pts)  
ASPRS LAS (\*.las)  
LAZ (\*.laz)  
ASTM E57 (\*.e57)  
Point Cloud Data (\*.pcd)  
PTX format (\*.ptx)

#### Форматы экспорта

Wavefront OBJ (\*.obj)  
Stanford PLY (\*.ply)  
ASCII PTS (\*.pts)  
ASPRS LAS (\*.las)  
LAZ (\*.laz)  
ASTM E57 (\*.e57)  
Point Cloud Data (\*.pcd)  
XYZ Point Cloud (\*.txt)

Universal 3D (\*.u3d)  
Autodesk DXF (\*.dxf)  
potree (\*.zip)  
Agisoft OC3 (\*.oc3)

Adobe 3D PDF (\*.pdf)

## Полигональная модель

#### Импорт модели

Wavefront OBJ (\*.obj)  
3DS models (\*.3ds)  
COLLADA (\*.dae)  
Stanford PLY (\*.ply)  
Alembic (\*.abc)  
STL models (\*.stl)  
OpenCTM models (\*.ctm)  
Universal 3D models (\*.u3d)  
Autodesk FBX (\*.fbx)  
Autodesk DXF (\*.dxf)

#### Экспорт модели

Wavefront OBJ (\*.obj)  
3DS models (\*.3ds)  
COLLADA (\*.dae)  
Stanford PLY (\*.ply)  
Alembic (\*.abc)  
STL models (\*.stl)  
VRML models (\*.wrl)  
Universal 3D models (\*.u3d)  
Autodesk FBX (\*.fbx)  
Autodesk DXF Polyline (\*.dxf)  
Autodesk DXF 3DFace (\*.dxf)  
Binary glTF (\*.glb)

**Импорт модели**

**Экспорт модели**

X3D models (\*.x3d)

OpenSceneGraph (\*.osgb)

Adobe PDF (\*.pdf)

## Текстура

**Импорт текстуры**

JPG

TIFF

PNG

BMP

TARGA

JPEG 2000

OpenEXR

Portable Bit Map

Digital negative

Multi-Picture Object

Norpix Sequence File

AscTec Thermal Images

**Экспорт текстуры**

JPG

TIFF

PNG

BMP

TARGA

JPEG 2000

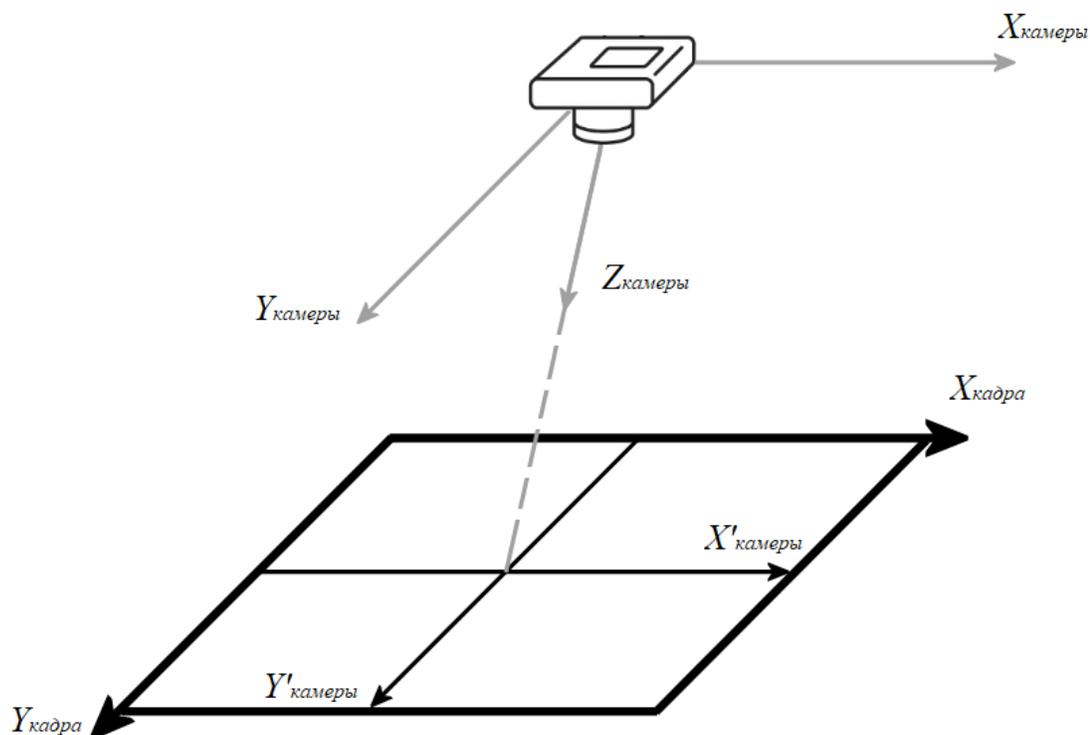
OpenEXR

# Приложение С. Модели дисторсии камеры

Модель дисторсии описывает трансформацию координат точки в локальной системе координат камеры в координаты в пикселях кадра (сенсора).

Начало координат локальной системы координат камеры находится в центре проецирования камеры. Ось  $Z$  указывает в направлении взгляда, ось  $X$  направлена вправо, ось  $Y$  - вниз.

Начало системы координат кадра (сенсора) находится в верхнем левом пикселе кадра, координаты центра которого  $(0.5, 0.5)$ . Ось  $X$  направлена вправо, ось  $Y$  - вниз. Координаты кадра измеряются в пикселях.



Системы координат камеры и сенсора (кадра)

Ниже приведены уравнения для расчета проекции точек локальной системы координат камеры на плоскость кадра для каждой из поддерживаемых моделей дисторсии.

В уравнениях использованы следующие параметры:

$(X, Y, Z)$  - координаты точки в локальной системе координат камеры,

$(u, v)$  - координаты точки, в проекции на плоскость кадра (в пикселях),

$f$  - фокусное расстояние (в пикселях),

$c_x, c_y$  - смещение кардинальной точки (в пикселях),

$K_1, K_2, K_3, K_4$  - коэффициенты радиальной дисторсии (безразмерные величины),

$P_1, P_2$  - коэффициенты тангенциальной дисторсии (безразмерные величины),

$B_1, B_2$  - коэффициенты аффинитета и неортогональности (в пикселях),

$w$  - ширина кадра в пикселях,

$h$  - высота кадра в пикселях.

## Кадровая камера

$$x = X / Z$$

$$y = Y / Z$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$x' = x(1 + K_1r^2 + K_2r^4 + K_3r^6 + K_4r^8) + (P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2xy)$$

$$y' = y(1 + K_1r^2 + K_2r^4 + K_3r^6 + K_4r^8) + (P_2(r^2 + 2y^2) + 2P_1xy)$$

$$u = w * 0.5 + c_x + x'f + x'B_1 + y'B_2$$

$$v = h * 0.5 + c_y + y'f$$

## Камера "рыбий глаз"

$$x_0 = X / Z$$

$$y_0 = Y / Z$$

$$r_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}$$

$$x = x_0 * \tan^{-1}r_0 / r_0$$

$$y = y_0 * \tan^{-1}r_0 / r_0$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$x' = x(1 + K_1r^2 + K_2r^4 + K_3r^6 + K_4r^8) + (P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2xy)$$

$$y' = y(1 + K_1r^2 + K_2r^4 + K_3r^6 + K_4r^8) + (P_2(r^2 + 2y^2) + 2P_1xy)$$

$$u = w * 0.5 + c_x + x'f + x'B_1 + y'B_2$$

$$v = h * 0.5 + c_y + y'f$$