

# Фотограмметрическая система PHOTOMOD – новые ВОЗМОЖНОСТИ

А.Ю. Сечин  
Научный. директор, АО «РАКУРС»

Февраль 2019, Москва

# Факторы развития фотограмметрических систем



# Направления и тенденции развития PHOTOMOD в 2018 г.

- Рост объемов данных
- Повышение скорости обработки
- Адаптация к новому оборудованию и технологиям
- Стандартизация
- Интеграция с другими разработками



Совершенствование существующих алгоритмов

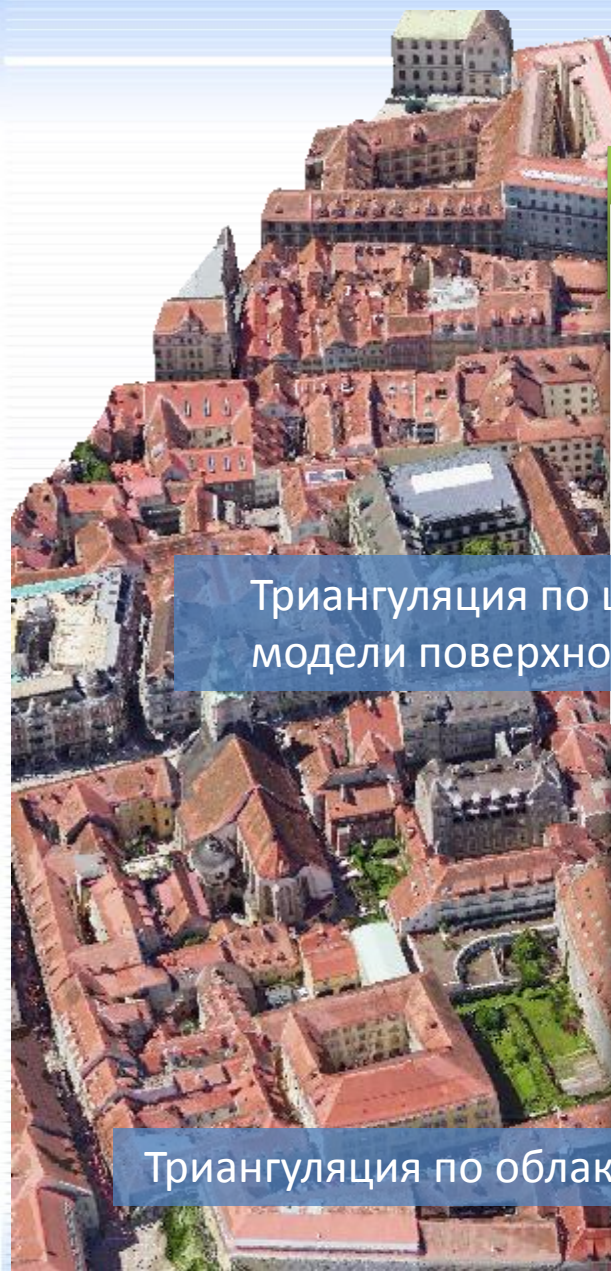
Появление нового функционала

Появление новых продуктов

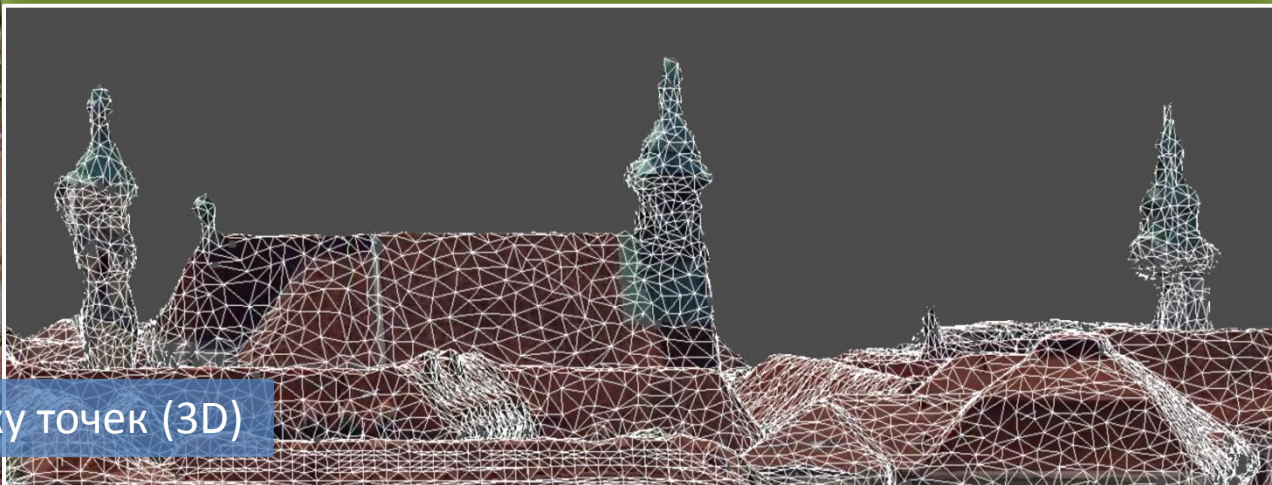
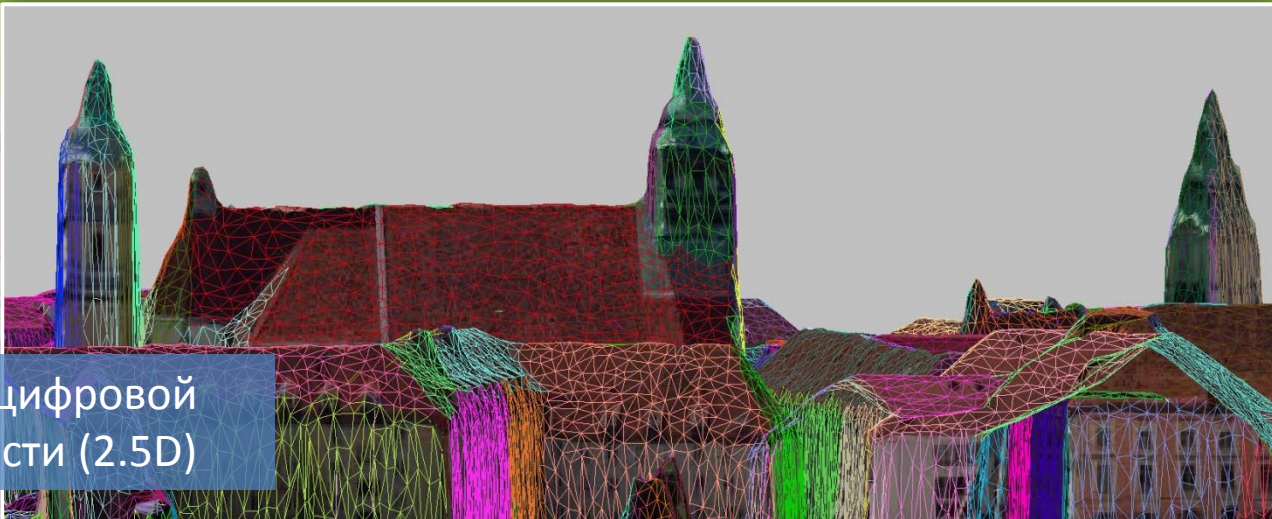
# Новое в PHOTOMOD в 2018

- Построение трехмерных моделей местности на основе 3D – TIN / 2.5D – TIN
- Новые функции фильтрации фотограмметрических облаков точек
- Значительное ускорение уравнивания блоков космических изображений
- Трехмерное моделирование по данным космической съемки
- Поддержка новых сенсоров
- Улучшение обработки данных БПЛА при низкой точности накидного монтажа
- Экспорт уравненных RPC-коэффициентов с аффинным преобразованием
- Новый формат экспорта трехмерных моделей (Cesium platform)
- Дополнительные инструменты стереовекторизации
- Удаленный стереоклиент (стереовекторизация в облаке)
- Улучшение True-Ortho
- Полная поддержка ГСК 2011 в соответствии с ГОСТ 32453-2017
- Модификации PHOTOMOD Conveyor. Расширение функциональности PHOTOMOD Conveyor за счет появления возможности обработки съемки от беспилотных аппаратов
- Поддержка веб-слоев из ГИС «Панорама»

# 3D-TIN и "2.5"D-TIN

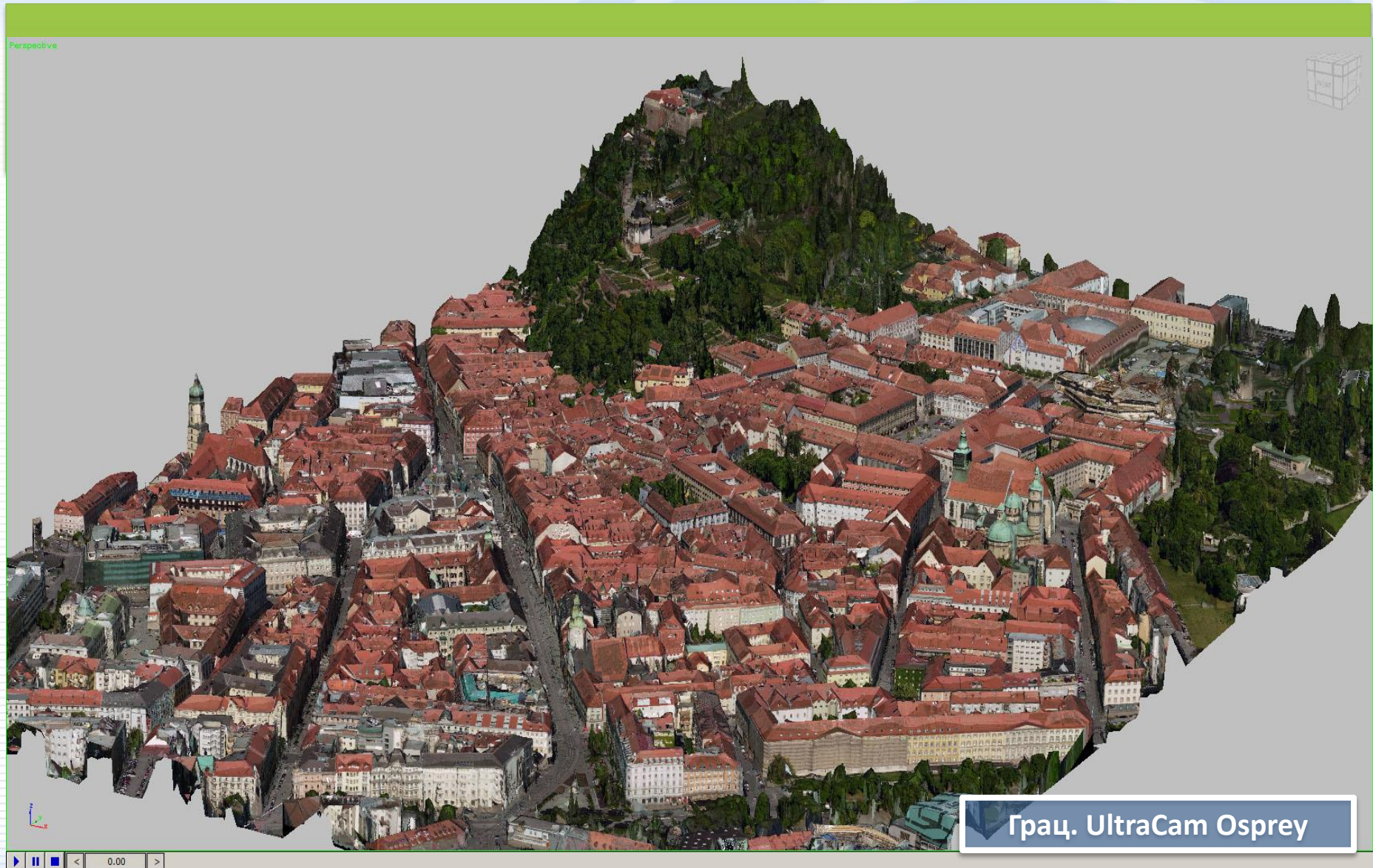


Триангуляция по цифровой модели поверхности (2.5D)



Триангуляция по облаку точек (3D)

# Текстурированная модель местности по 3D-TIN



# Текстурированная модель местности



Дортмунд. Hasselblad  
GSD 10 см

# Текстурированная модель местности по 3D-TIN



Швейцарская деревня. SenseFly Ebee  
GSD 3.4 см



# Текстурированная модель местности по 3D-TIN



## Германия, Круговая съемка БПЛА

Кол-во снимков – **36**, GSD – **20** мм  
CPU Intel Core i7 (8 ядер), RAM 16 ГБ  
Аэротриангуляция – **10** минут (на 8 ядрах)  
DSM (20 мм)/LAS – **100** минут (на 5 ядрах,  
включая построение TrueOrtho)  
3D-TIN по LAS – **15** минут

# Текстурированные модели военной техники



## БМП, DJI Phantom

Кол-во снимков – **100**, GSD – 2 мм  
CPU Intel Core i7 (8 ядер), RAM 16 ГБ  
Аэротриангуляция – **80** минут (на 8 ядрах)  
DSM (10 мм)/LAS – **150** минут (на 5 ядрах)  
3D-TIN по LAS – **15** минут



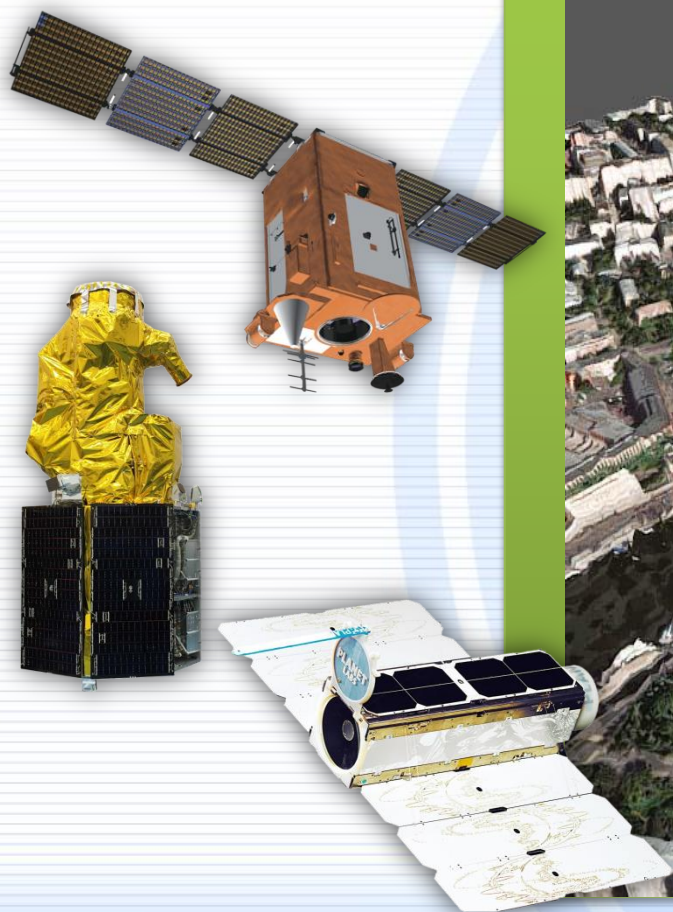
## Т-90, DJI Phantom

Кол-во снимков – **53**, GSD – 2 мм  
4 НПС Intel Xeon (4 x 4 ядра), RAM 96 ГБ  
Аэротриангуляция – **15** минут (на 16 ядрах)  
DSM (10 мм)/LAS – **35** минут (на 16 ядрах)  
3D-TIN по LAS – **15** минут

# Обработка космических изображений

## Поддержка новых сенсоров

- Aist – 2D (РФ)
- PlanetScope (США)
- TripleSat (Китай)



## Трёхмерная модель по космическим разновременным снимкам высокого разрешения



# Ускорение уравнивания блока космических снимков

проект г.Новокузнецк сору Dima - PHOTOMOD  
Project Block Orientation Grid Terrain Vectors Rasters Edit Service Window Help

1: 1:40 Block scheme (1: 113385.827)  
1 px ~ 40 м  
1: 113386

Оптимизация вкл. – 45 сек.  
Оптимизация выкл. – 13 мин.  
(около 100 снимков GeoEye)

| Имя                                     | Сенсор | Отск. от надир. | Параметры |
|---|--------|-----------------|-----------|
| spot5_pms_201408160702346_sen_996847101 | SPOT 6 | 6.525320        | RPC=shift |
| spot5_pms_201408160702402_sen_996846101 | SPOT 6 | 6.051311        | RPC=shift |
| spot5_pms_201408160702077_sen_996847101 | SPOT 6 | 19.393620       | RPC=shift |

Метод  
 Строгий  
 RPC  
 Универсальный  
 Импорти уравнивания

Вычислительное устройство  
CPU

Объединения  
 Не объединять  
 Объединять вручную

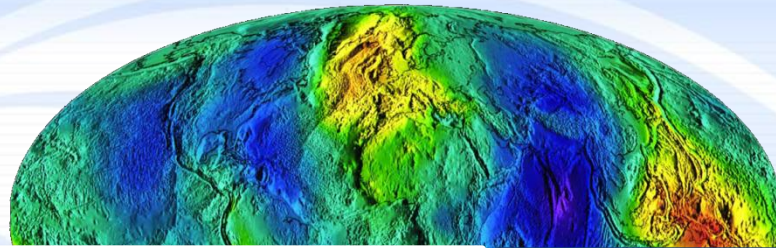
Стереобработка  
 Создавать стереопары  
 Создавать стереопары из снимков маршрута  
 Расширенные возможности задания стереопар

Этапы уравнивания  
 Поэтапное уравнивание  
 Включить оптимизацию

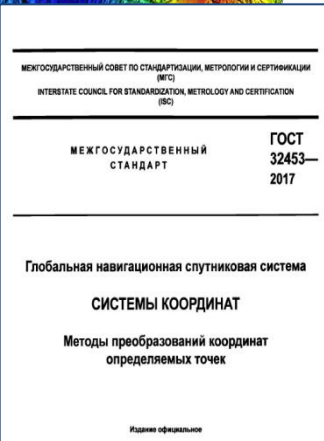
5963235.286636 м; 15510783.705019 м; 0.000000 м (R=192 G=192 B=192)  
СК-42, зона 15

# Поддержка ГОСТ 32453-2017

ГОСТ 32453-2013  
СК 42/95  
ПЗ 90.02  
Эллипсоид Красовского



ГОСТ 32453-2017  
ГСК 2011  
ПЗ 90.11  
Общеземной эллипсоид ГСК 2011

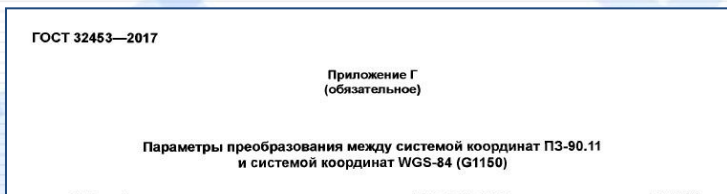


База систем координат «ГСК-2011»

Поиск:

| №  | Название   | Примечание                         |
|----|--|------------------------------------|
| 47 | ГСК-2011, зона 45 (ГОСТ 32453-2017)                  | 96°з.д.-90°з.д. Северное полушарие |
| 48 | ГСК-2011, зона 46 (ГОСТ 32453-2017)                  | 90°з.д.-84°з.д. Северное полушарие |
| 49 | ГСК-2011, зона 47 (ГОСТ 32453-2017)                  | 84°з.д.-78°з.д. Северное полушарие |
| 50 | ГСК-2011, зона 48 (ГОСТ 32453-2017)                  | 78°з.д.-72°з.д. Северное полушарие |
| 51 | ГСК-2011, зона 49 (ГОСТ 32453-2017)                  | 72°з.д.-66°з.д. Северное полушарие |
| 52 | ГСК-2011, зона 50 (ГОСТ 32453-2017)                  | 66°з.д.-60°з.д. Северное полушарие |
| 53 | ГСК-2011, зона 51 (ГОСТ 32453-2017)                  | 60°з.д.-54°з.д. Северное полушарие |
| 54 | ГСК-2011, зона 52 (ГОСТ 32453-2017)                  | 54°з.д.-48°з.д. Северное полушарие |
| 55 | ГСК-2011, зона 53 (ГОСТ 32453-2017)                  | 48°з.д.-42°з.д. Северное полушарие |
| 56 | ГСК-2011, зона 54 (ГОСТ 32453-2017)                  | 42°з.д.-36°з.д. Северное полушарие |
| 57 | ГСК-2011, зона 55 (ГОСТ 32453-2017)                  | 36°з.д.-30°з.д. Северное полушарие |
| 58 | ГСК-2011, зона 56 (ГОСТ 32453-2017)                  | 30°з.д.-24°з.д. Северное полушарие |
| 59 | ГСК-2011, зона 57 (ГОСТ 32453-2017)                  | 24°з.д.-18°з.д. Северное полушарие |
| 60 | ГСК-2011, зона 58 (ГОСТ 32453-2017)                  | 18°з.д.-12°з.д. Северное полушарие |
| 61 | ГСК-2011, зона 59 (ГОСТ 32453-2017)                  | 12°з.д.-6°з.д. Северное полушарие  |
| 62 | ГСК-2011, зона 60 (ГОСТ 32453-2017)                  | 6°з.д.-0°з.д. Северное полушарие   |
| 63 | ГСК-2011, зона 1, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017)  | 0°з.д.-6°з.д. Южное полушарие      |
| 64 | ГСК-2011, зона 2, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017)  | 6°з.д.-12°з.д. Южное полушарие     |
| 65 | ГСК-2011, зона 3, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017)  | 12°з.д.-18°з.д. Южное полушарие    |
| 66 | ГСК-2011, зона 4, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017)  | 18°з.д.-24°з.д. Южное полушарие    |
| 67 | ГСК-2011, зона 5, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017)  | 24°з.д.-30°з.д. Южное полушарие    |
| 68 | ГСК-2011, зона 6, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017)  | 30°з.д.-36°з.д. Южное полушарие    |
| 69 | ГСК-2011, зона 7, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017)  | 36°з.д.-42°з.д. Южное полушарие    |
| 70 | ГСК-2011, зона 8, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017)  | 42°з.д.-48°з.д. Южное полушарие    |
| 71 | ГСК-2011, зона 9, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017)  | 48°з.д.-54°з.д. Южное полушарие    |
| 72 | ГСК-2011, зона 10, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017) | 54°з.д.-60°з.д. Южное полушарие    |
| 73 | ГСК-2011, зона 11, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017) | 60°з.д.-66°з.д. Южное полушарие    |
| 74 | ГСК-2011, зона 12, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017) | 66°з.д.-72°з.д. Южное полушарие    |
| 75 | ГСК-2011, зона 13, Южное полушарие (ГОСТ 32453-2017) | 72°з.д.-78°з.д. Южное полушарие    |

OK Отмена



ГОСТ 32453—2017

Приложение Г  
(обязательное)

Параметры преобразования между системой координат ПЗ-90.11 и системой координат WGS-84 (G1150)

Г.1 Преобразование координат из системы координат ПЗ-90.11 в систему координат WGS-84 (G1150)

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{WGS-84(G1150)}} = [1 + (-0,008)10^{-6}] \begin{bmatrix} 1 & -2,041066 \cdot 10^{-6} \\ +2,041066 \cdot 10^{-6} & 1 \\ +1,716240 \cdot 10^{-8} & +1,115071 \cdot 10^{-8} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90.11}} + \begin{bmatrix} \Delta x = -0,013 \text{ м;} \\ \Delta y = +0,106 \text{ м;} \\ \Delta z = +0,022 \text{ м;} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} + m = (-0,008)10^{-6}$$

Г.2 Преобразование координат из системы координат WGS-84 (G1150) в систему координат ПЗ-90.11

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90.11}} = [1 - (-0,008)10^{-6}] \begin{bmatrix} 1 & +2,041066 \cdot 10^{-6} \\ -2,041066 \cdot 10^{-6} & 1 \\ -1,716240 \cdot 10^{-8} & -1,115071 \cdot 10^{-8} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{WGS-84(G1150)}} + \begin{bmatrix} \Delta x = -0,013 \text{ м;} \\ \Delta y = +0,106 \text{ м;} \\ \Delta z = +0,022 \text{ м;} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} + m = (-0,008)10^{-6}$$

ГОСТ 32453—2017

А.5 Преобразование координат из референцной системы координат ГСК-2011 в систему координат ПЗ-90.11

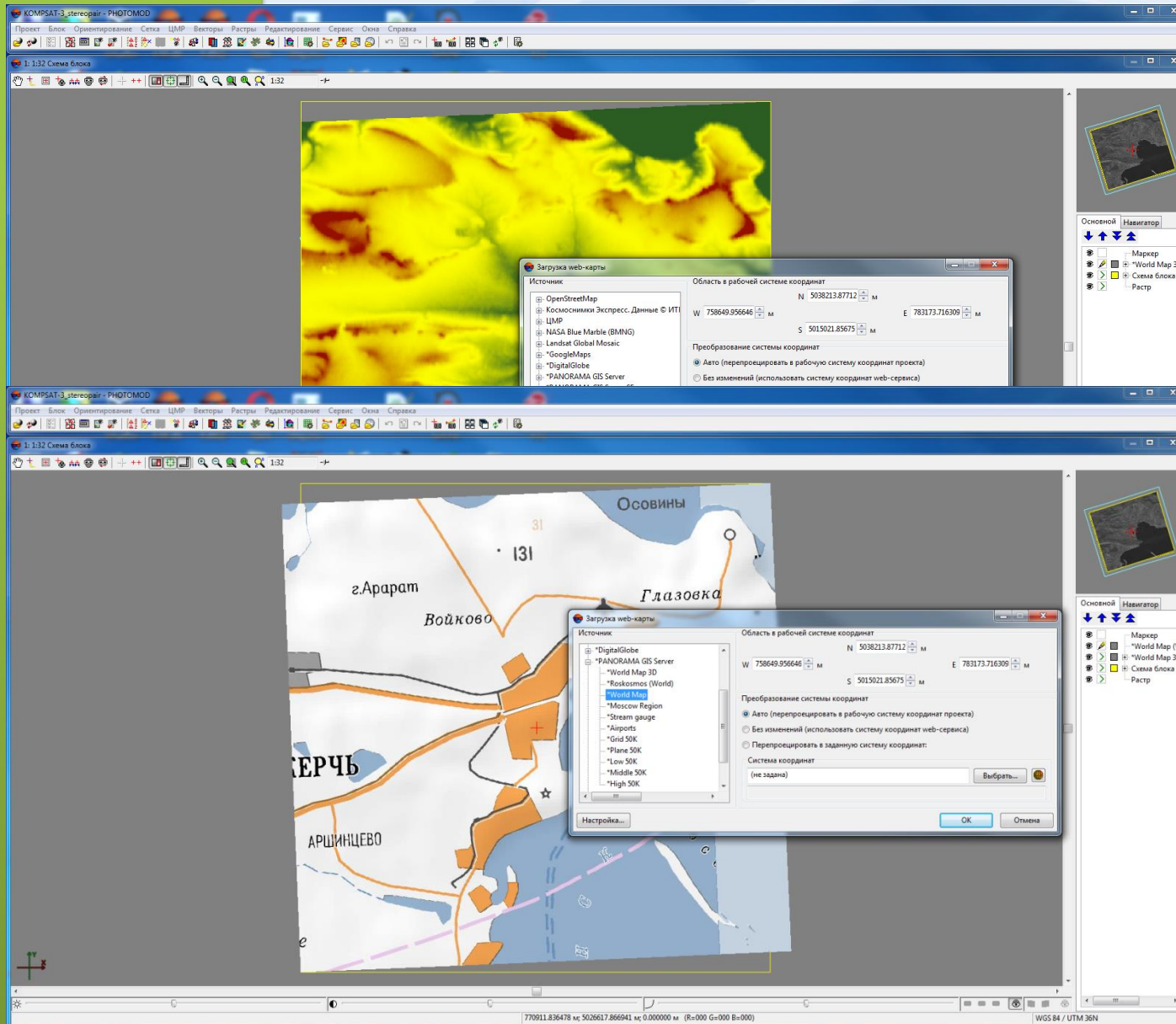
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90.11}} = [1 + (-0,0006)10^{-6}] \begin{bmatrix} 1 & +2,569513 \cdot 10^{-10} & +9,211460 \cdot 10^{-11} \\ -2,569513 \cdot 10^{-10} & 1 & -2,724653 \cdot 10^{-9} \\ -9,211460 \cdot 10^{-11} & +2,724653 \cdot 10^{-9} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ГСК-2011}} + \begin{bmatrix} 0,000 \\ +0,014 \\ -0,008 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x = 0,000 \text{ м;} \\ \Delta y = +0,014 \text{ м;} \\ \Delta z = -0,008 \text{ м;} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_x = -0,000562'' \\ \omega_y = -0,000019'' \\ \omega_z = +0,000053'' \end{bmatrix} + m = (-0,0006)10^{-6}$$

Эпоха параметров преобразования 2011,0

А.6 Преобразование координат из системы координат ПЗ-90.11 в референцную систему координат ГСК-2011

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ГСК-2011}} = [1 - (-0,0006)10^{-6}] \begin{bmatrix} 1 & -2,569513 \cdot 10^{-10} & -9,211460 \cdot 10^{-11} \\ +2,569513 \cdot 10^{-10} & 1 & -2,724653 \cdot 10^{-9} \\ +9,211460 \cdot 10^{-11} & -2,724653 \cdot 10^{-9} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90.11}} + \begin{bmatrix} 0,000 \\ +0,014 \\ -0,008 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x = 0,000 \text{ м;} \\ \Delta y = +0,014 \text{ м;} \\ \Delta z = -0,008 \text{ м;} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_x = -0,000562'' \\ \omega_y = -0,000019'' \\ \omega_z = +0,000053'' \end{bmatrix} + m = (-0,0006)10^{-6}$$

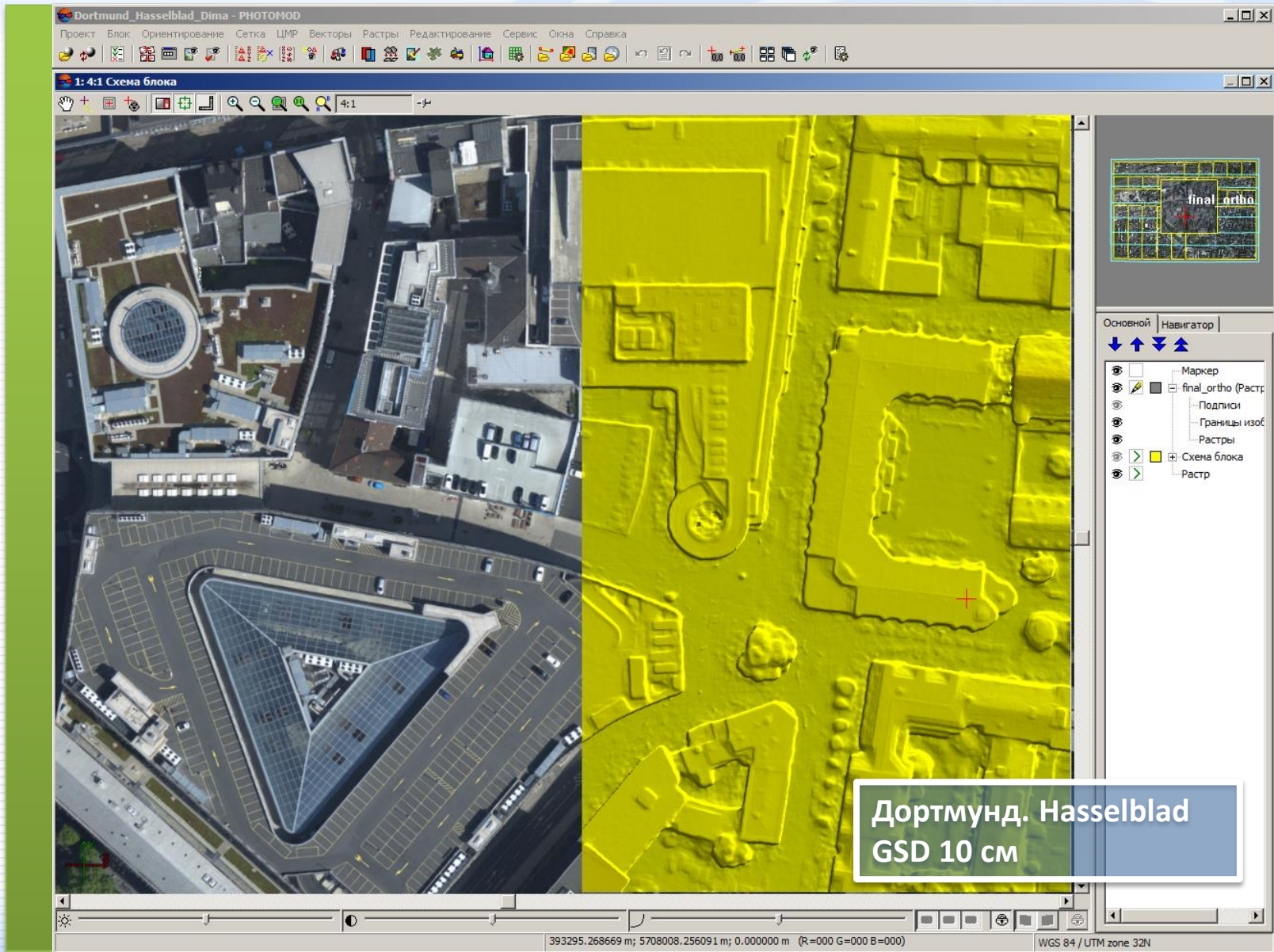
# Импорт web-слоев «Панорама»



# Получение ЦМР по ЦММ



# Улучшение TrueOrtho





# Экспорт в CESIUM



An open-source JavaScript library for world-class 3D globe and maps

Tap to interact

.obj, .b3dm, .json, .glTF  
formats



# PHOTOMOD и облачные технологии

## CLOUDEO

The screenshot displays the CLOUDEO website interface. On the left is a navigation menu with categories like Geo-IT, Imagery, Maps | Geo-Information, and Partners. The main content area lists various software products with small thumbnail images and brief descriptions:

- FieldScout**: The remote field scout for land planner and decision makers in agriculture.
- FieldSense**: Use this IOS or Android APP and monitor crop health most er.
- LandMask**: Monitor land and shoreline extent over time.
- PHOTOMOD Radar Workbench**: Use for full-scale processing of SAR.



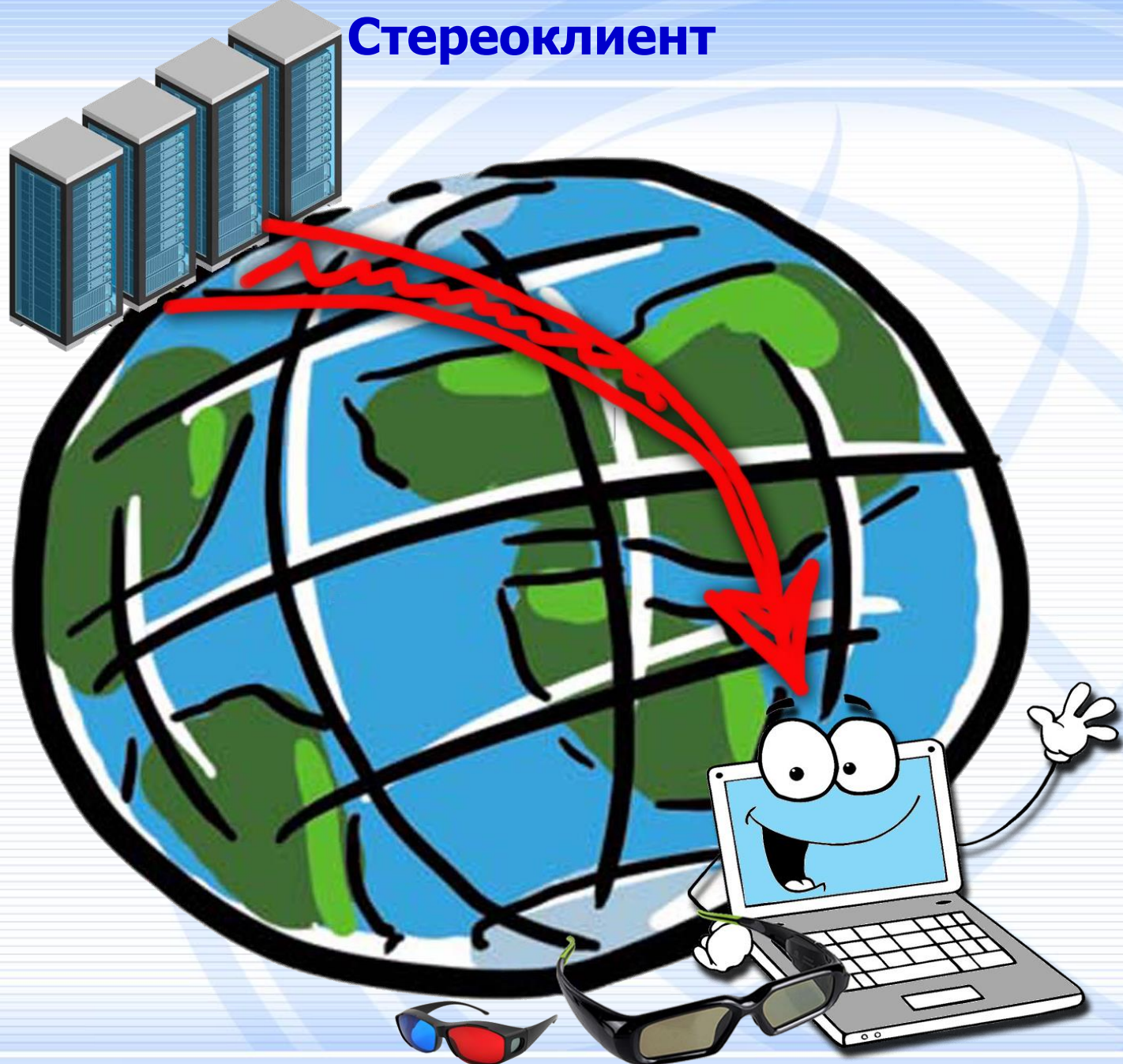
The screenshot shows the 'Software' page with a table listing various products. The table has columns for Categories, Company, and US\$/Hour.

| Categories  | Company                    | US\$/Hour       |
|---|----------------------------|-----------------|
| AT & Camera calibration ...   | Racurs                     | \$4.76 → \$1.95 |
| Digital Photogrammetric Workstation   | info ⓘ                     |                 |
| AT & Camera calibration ...   | Racurs                     | \$0.69 → \$0.51 |
| PHOTOMOD for small scientific and educational projects  | info ⓘ                     |                 |
| Photomod GeoCalculator  | Racurs                     | \$0.50 → \$0.37 |
| Coordinate Systems  | info ⓘ                     |                 |
| GeoCalculator & Direct Georeferencing & Datum Seven Parameters Calculator                       | info ⓘ                     |                 |
| Photomod GeoMosaic  | Racurs                     | \$1.30 → \$0.68 |
| Orthophoto  | info ⓘ                     |                 |
| Combine georeferenced images from any sources into a single seamless color-balanced mosaic      | info ⓘ                     |                 |
| Photomod UAS  | Racurs                     | \$1.52 → \$0.76 |
| AT & Camera calibration ...   | info ⓘ                     |                 |
| Full photogrammetric UAS-oriented software  | info ⓘ                     |                 |
| Photomod Radar  | Racurs                     | \$2.76 → \$1.28 |
| SAR Processing  | info ⓘ                     |                 |
| Photomod Radar Viewer   | Racurs                     | \$0.86 → \$0.56 |
| SAR viewer  | info ⓘ                     |                 |
| QGIS & GRASS GIS  | QGIS                       | \$0.86 → \$0.51 |
| QGIS - Open Source Desktop GIS: GRASS - Geographic Resources Analysis Support System            | info ⓘ                     |                 |
| GeoDa   | Chicago University (GeoDa) | \$0.86 → \$0.51 |
| Introduction to Spatial Data Analysis: Exploratory (Spatial) Data Analysis & Spatial Regression | info ⓘ                     |                 |
| SAGA  | Hamburg University (SAGA)  | \$0.86 → \$0.51 |
| System for Automated Geoscientific Analyses and effective implementation of spatial algorithms  | info ⓘ                     |                 |

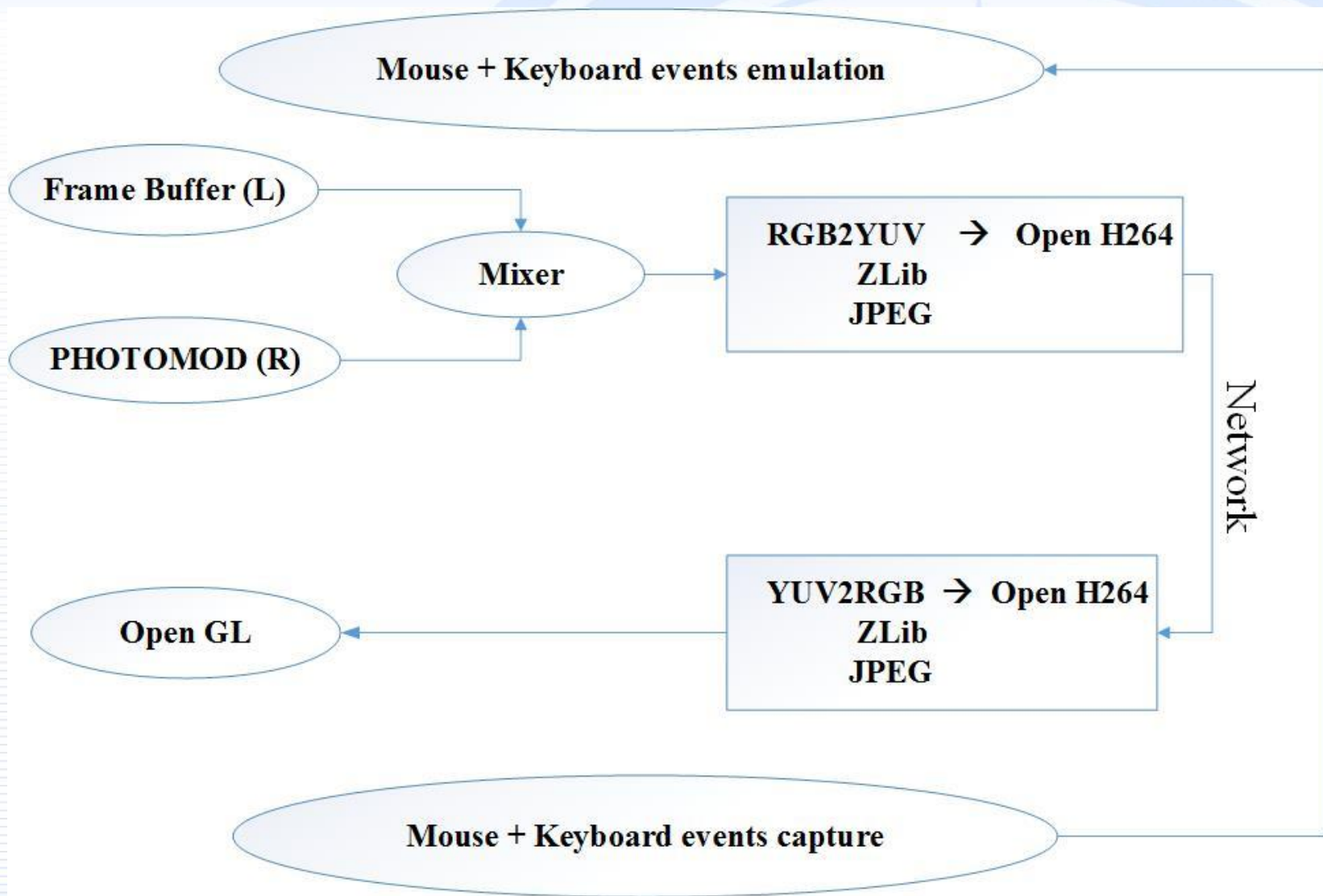


The footer contains several logos and text: "STRATEGIC LEADERS WORK WITH US" followed by logos for RACURS, QGIS, SuperMap, and INNOVATIVE CENTRE.

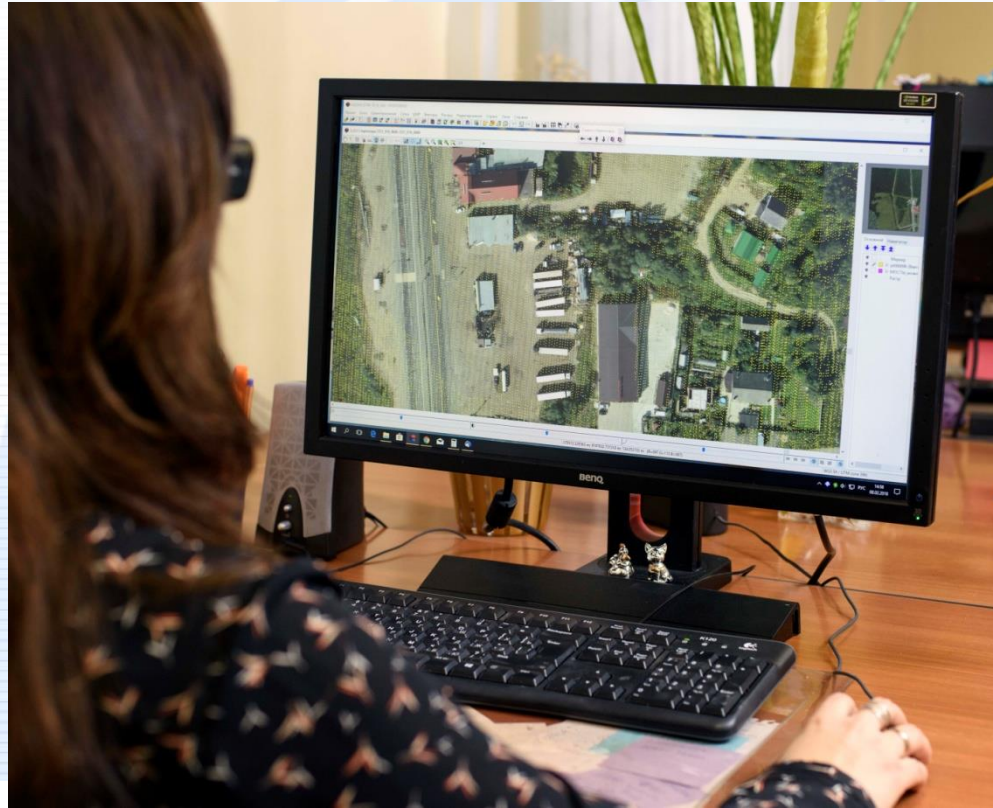
# Стереоклиент



# Стереоклиент



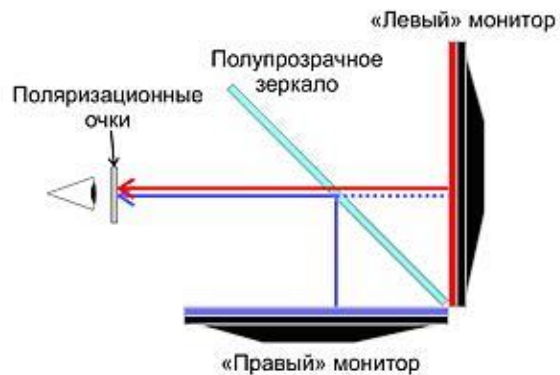
# Стереоклиент



# Стереоклиент



**«Зеркальные»  
мониторы**



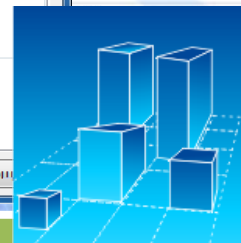
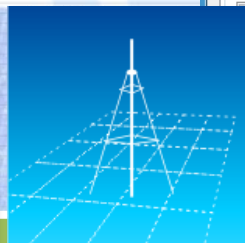
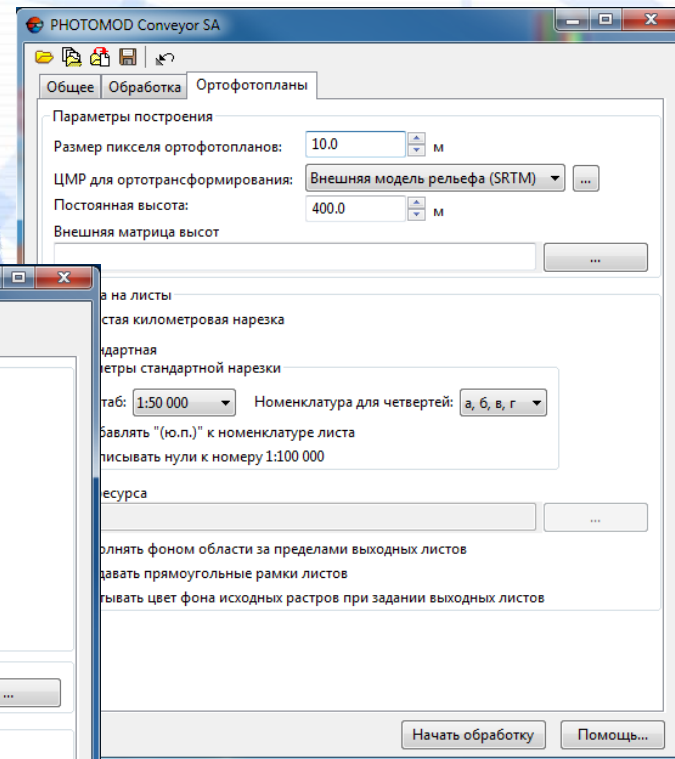
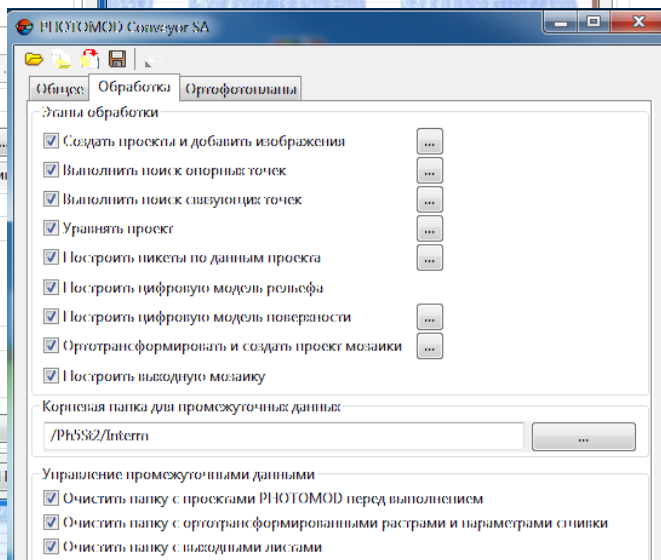
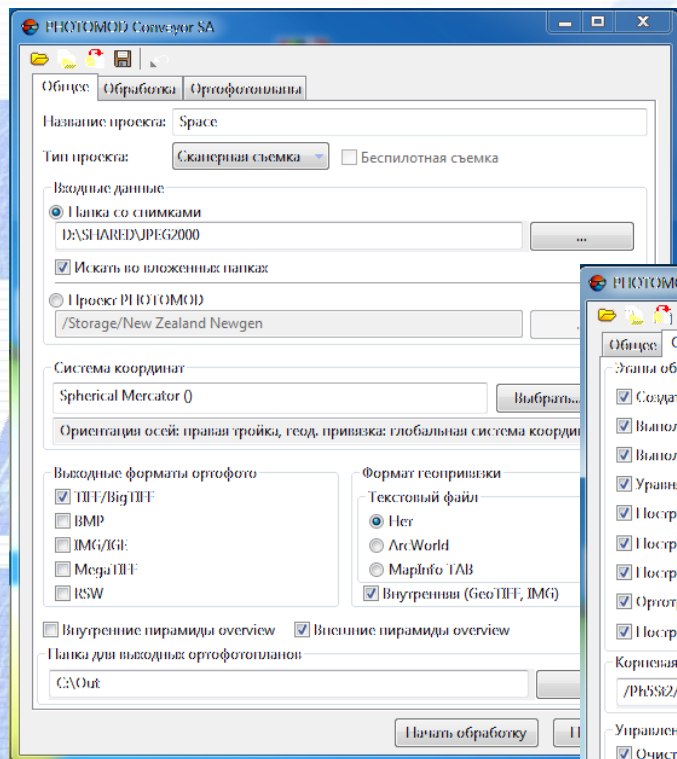
# Стереоклиент

## VR очки



# «Однокнопочное» решение для «больших» данных

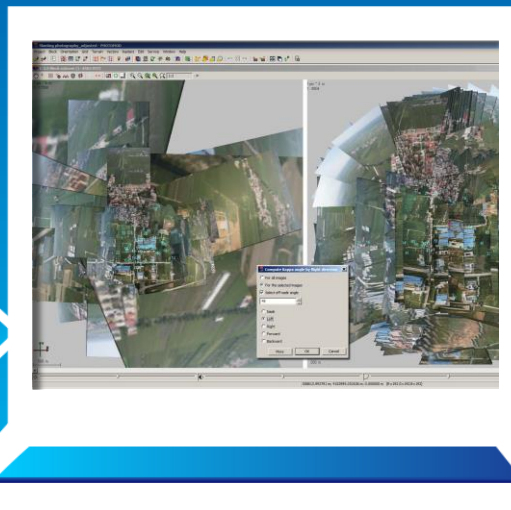
## PHOTOMOD Conveyor





# PHOTOMOD Conveyor. Обработка съемки БПЛА

Автоматическая фотограмметрическая  
высокопроизводительная система



## Рекомендуемая спецификация:

MSI, Core i7, 2.4 GHz, 4 ядра, ОЗУ 16 Гб, SSD на 1 Тб, видео карта Geforce  
Камера Sony RX1

Кол-во снимков – **800**, GSD – **19** мм

Аэротриангуляция – **150** минут (на 4 ядрах)

ЦМР (20 м) – **95** минут (на 4 ядрах)

Ортотрансформирование и построение мозаики – **80** минут (на 4 ядрах)

Общее время обработки проекта – **7** часов **35** минут

# Итоги 2018

- Развитие фотограмметрических технологий определяется появлением новых съемочных сенсоров, ростом производительности вычислительных средств и разработкой новых эффективных алгоритмов.
- Одним из направлений современного развития фотограмметрических технологий является создание высокопроизводительных специальных технологических решений, обеспечивающих получение определенного набора конечной продукции в полностью автоматическом режиме обработки.
- Развитие облачных технологий и сервисов ведет к использованию новых моделей построения фотограмметрического производства.
- Современные фотограмметрические методы позволяют эффективно создавать точные 3D модели городов и объектов, как в виде облаков точек и TIN, так и векторных.

**Спасибо за внимание!**