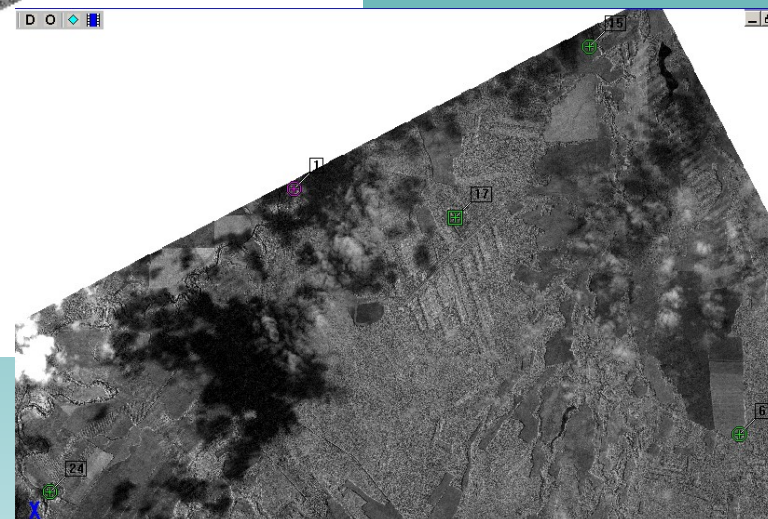
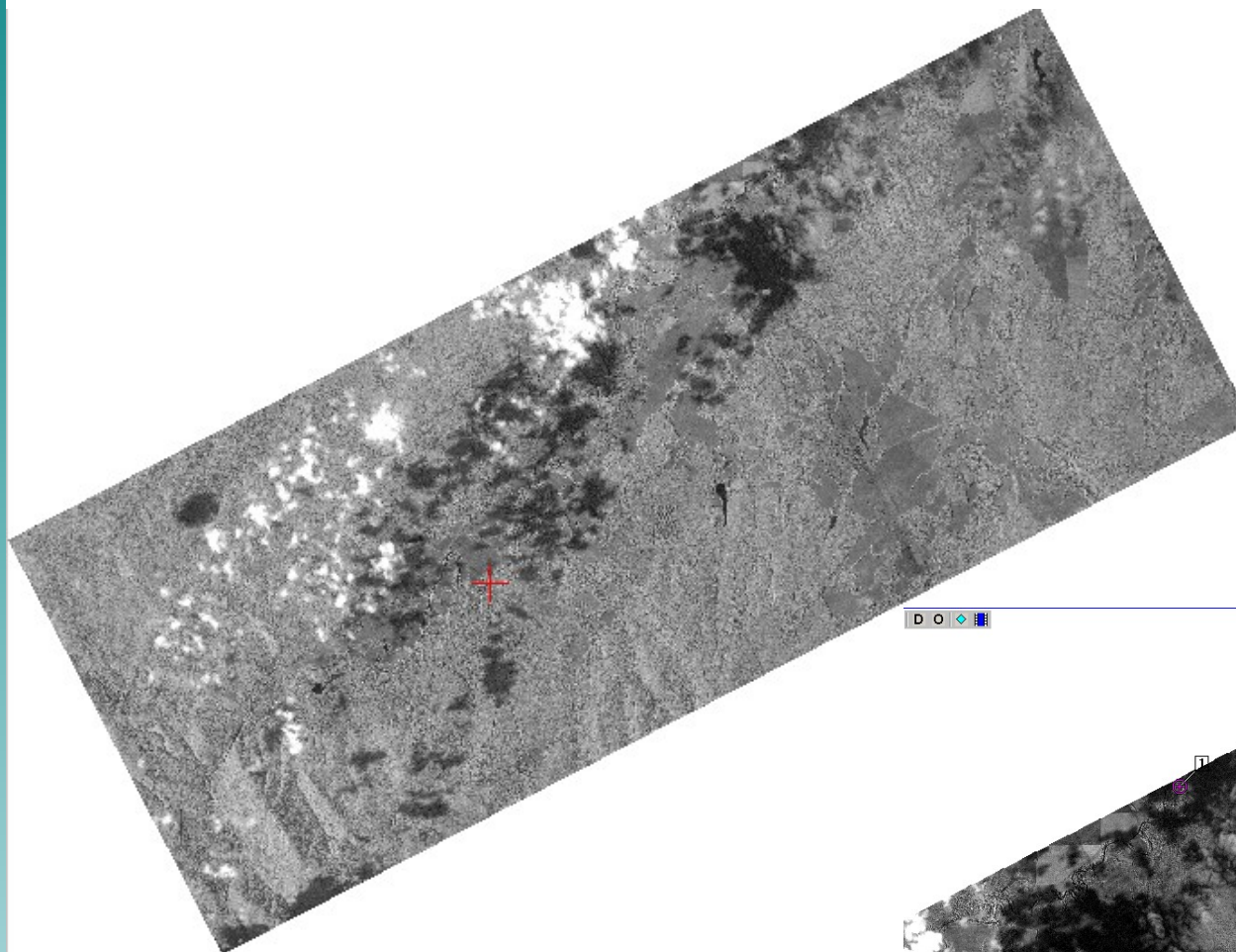




Построение и исследование ортофотопланов, полученных по космическим изображениям со спутника «Ресурс-ДК1»



Филиал «Землемер» - ФГУП
«Госземкадастрсъёмка» - ВИСХАГИ
тел.: (495) 942-90-90 факс: (495) 942-83-88
E-mail: zemlemer@zemlemer.vishagi.com



Цели и задачи

В настоящее время, в эпоху экономического кризиса очень актуален вопрос получения недорогих материалов ДЗЗ для выполнения различных задач народного хозяйства, в том числе и для создания инфраструктуры пространственных данных земельного кадастра и мониторинга земель.

Финансовые затраты на приобретение фотоизображений высокого разрешения от одного до двух метров с космического аппарата «Ресурс-ДК1» минимальны по сравнению с космоснимками других спутников. В таблице показана стоимость космических изображений со спутника «Ресурс-ДК1».

Стоимость (1кв.км) космических изображений по госконтрактам (руб)			Коммерческая стоимость (1кв.км) космических изображений (руб)		
Пан-хром	Комплект отдельно по спектральным каналам (З, К, ближний ИК)	Синтезированные	Пан-хром	Комплект отдельно по спектральным каналам	Синтезированные
1.7 (0.06\$)	2.0 (0.07\$)	66.7 (2.2\$)	архивы		
			124 (4\$)	154 (5\$)	189 (6\$)
			оперативная съёмка		
			156 (5\$)	186 (6\$)	221 (7.5\$)

Учитывая весьма выгодные экономические аспекты, были проведены экспериментальные работы для принятия решения и оценки возможности использования, данных для создания ортофотопланов М 1: 10000 с космического аппарата «Ресурс-ДК1».

Работы по получению ортофотопланов проводились на двух фотограмметрических системах: «Фотомод 4.4» и «Талка-3.6».



Исходные данные

Для исследования использовались материалы на территорию Краснодарского края, район Горячего Ключа. Местность горная. Перепад высот составил 400 м

- данные аэрофотосъёмки М 1:40000, выполненной в 2006 году институтом «Госземкадастрсъёмка» - ВИСХАГИ аэрофотоаппаратом РС-30 с фокусом 150мм;

- материалы полевой планово-высотной привязки аэрофотосъёмки;

- ЦМР - в формате *.dxf;

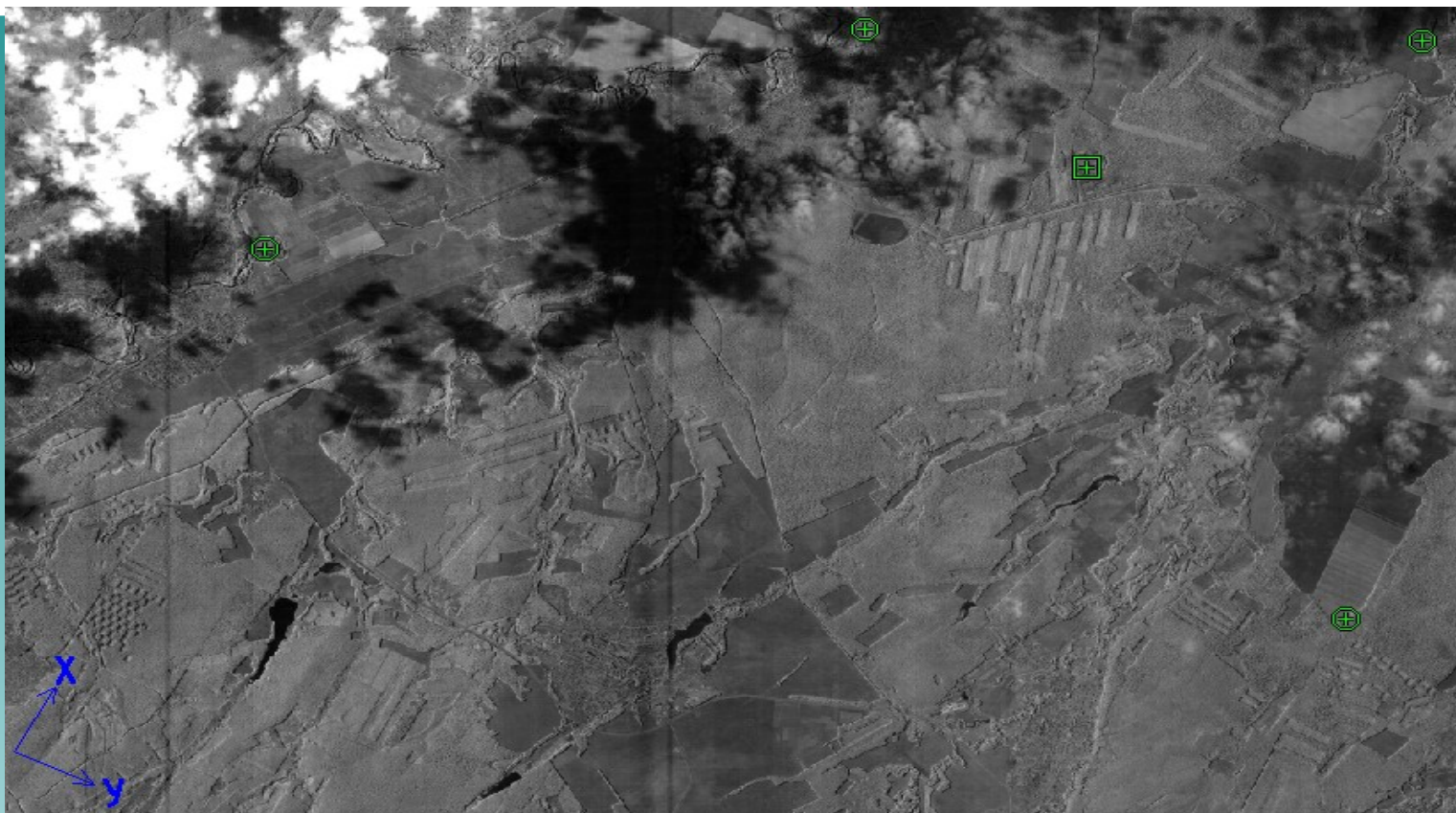
- ортофотопланы М 1:10000, построенные по материалам аэрофотосъёмки;

- фрагмент космического изображения со спутника «Ресурс-ДК1» от 07/08/2007 с разрешением 1.0 метр, с полной полосой захвата (28 км) и шириной ~ 12.8 км, в формате *.tiff с высотой Солнца над горизонтом - 38°55'51.56 и углом наклона изображения - 1°37'04,1".



Построение ортофотопланов на стереофотограмметрической системе «Талка-3.6»

Схема расположения планово-высотных опознаков на космическом изображении Ресурс-ДК



На космическом изображении было выполнено опознавание 4 опорных точек. 1 точка взята в контроль. В качестве опоры были взяты хорошо читаемые контурные точки со стереомодели, полученной в результате планово-высотной привязки по материалам аэрофотосъёмки 2006 года.



Расчёт RPC-коэффициентов

В «Талке» отсутствуют строгие методы уравнивания космических изображений «Ресурс-ДК1»

Отличительной особенностью уравнивания в «Талке 3.6» космического изображения с неизвестными параметрами камеры является предварительный расчёт RPC-коэффициентов по опорным точкам.

По 4-м опорным точкам был выполнен расчёт RPC-коэффициентов



Точки/Снимки/Растры(задачи)

Выполнить Настройки Отчет ? ??

Дерево Norton Список

Все задачи\Снимки

	Время	↑ Название
<input checked="" type="checkbox"/>	15.09.2009 16:45:24	Расчет камеры РПК

Параметры:   ☐ Показывать только основные

Точки: ☒ Все ☐ Отмеченные ☐ Активная

№	R	Значение	Название
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Все снимки	Список снимков
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Кусочно-аффинная	Тип модели
3	<input checked="" type="checkbox"/>	НЕТ	Фильтровать точки

Отчет

Задача расчёта РПК-камеры для снимка № 1 выполнена успешно



Результаты уравнивания опорных точек

Результаты уравнивания

Расчёт засечек и невязок

Опорные точки:

номер	x	y	z	dx	dy	dz	dxy	dl
*1	449062.488	1403604.600	49.596	-0.882	-1.000	-0.404	1.333	1.393
*6	444603.040	1411690.818	99.490	-1.160	-1.482	0.090	1.882	1.884
*15	451657.620	1408966.034	77.513	1.570	1.954	-0.087	2.507	2.508
*24	443561.303	1399180.878	50.362	0.503	0.608	-0.148	0.790	0.803

Отклонение опорных точек:

среднее: 1.763

среднее в плане: 1.748

среднее по высоте: 0.224

максимальное: 2.508

максимальное в плане: 2.507

максимальное по высоте: 0.404

Контрольная точка:

номер	x	y	z	dx	dy	dz	dxy	dl
*17	448548.858	1406533.734	97.699	-1.072	-1.266	0.299	1.659	1.686

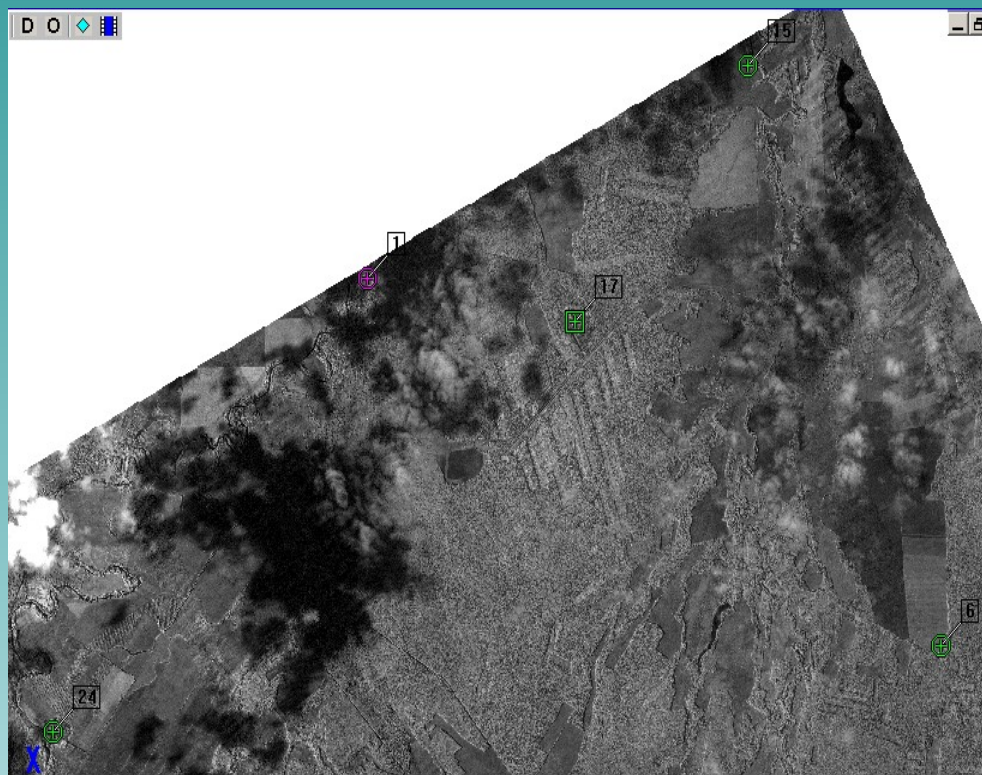
Точность триангуляции соответствует точности уравнивания плановых координат опорных точек для создания карт и планов М 1:10000.



Построение ортофотоизображения на «Талке v3.6.1»

Для построения ортофотоплана были использованы следующие параметры:

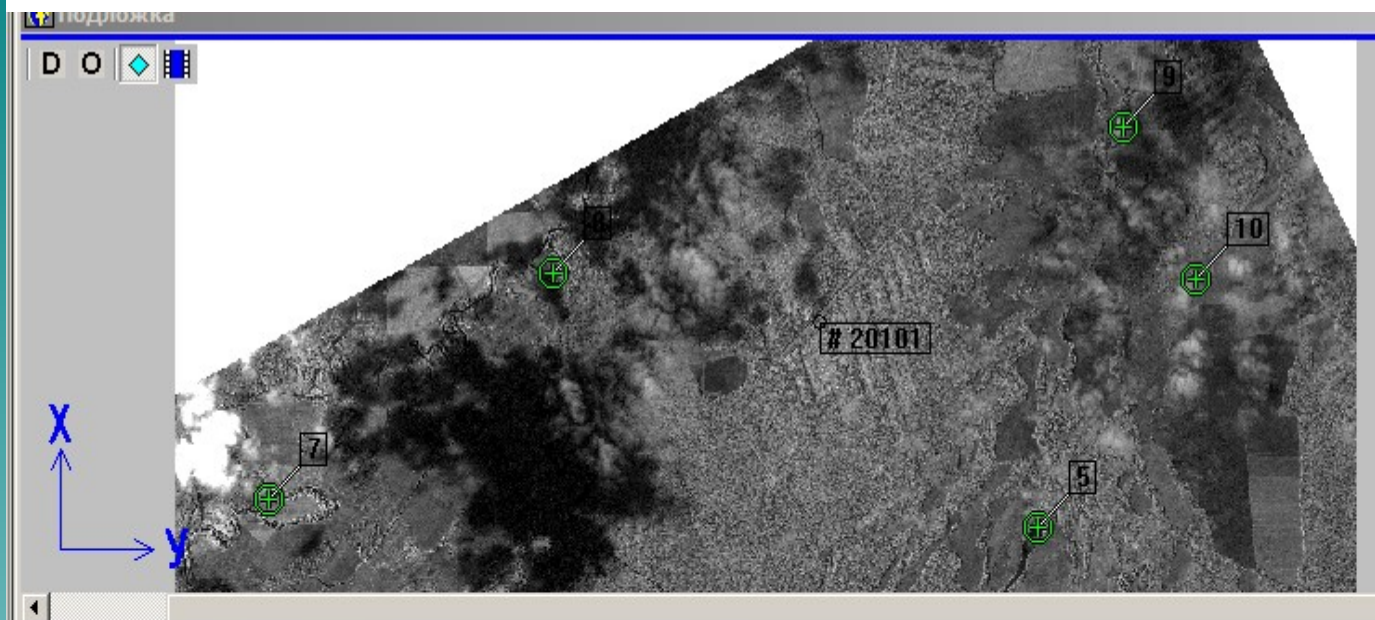
- 1) изображение Ресурс-ДК1;
- 2) результаты уравнивания триангуляции по опорным точкам с предварительным расчётом RPC-коэффициентов;
- 3) ЦМР- в формате *. dxf, импортированная из раннее сделанного проекта по аэроснимкам.
- 4) - размер пикселя ортофотоплана - 1метр.



Ортофотоплан построен в формате *.tiff



Оценка точности полученного ортофотоплана



Ортофотоплан,
полученный по
материалам
космической
съёмки «Ресурс-ДК-
1»



Контроль производился по 5-ти независимым точкам.

Ортофотоплан,
полученный по
материалам
аэрофотосъёмки



Сравнение ортофотопланов по независимым точкам

Талка 3.6.1 : Проект 'krs' (D:\АРХИВ\сравнение_орто_Гор.Ключ)

Проект Задача Сервис Настройки Точки Фото Ст.пара Карта Окна Справка ?

Точки

Подложка

Ортофотоплан, полученный по материалам космической съёмки «Ресурс-ДК-1»

Ортофотоплан, полученный по материалам аэрофотосъёмки

трансп.
уравнив.
фиксиров.
контрольн.
фикс. 3D
445137,354
1408661,651

	вес 'П'	вес 'П'
2D		
3D		

Переслать

с все снимки
на все снимки
... быстро

активный

Нет активного объекта



Сравнение ортофотопланов по независимым точкам





Контроль точности полученного ортофотоплана

Таблица уклонений независимых точек ортофотоизображений, построенных по материалам аэрофотосъемки космической съемки.

	$\Delta x = x_{aэ} - x$ кос. (м)	$\Delta y = y_{aэ} - y$ кос. (м)	$\sqrt{(x^2 + \Delta y^2)}$ (м)
5	-3.06	-4.31	4.23
7	-2.51	-3.21	4.07
8	0.16	-2.18	2.18
9	-3.05	-2.41	3.89
10	-4.92	-4.62	6.75
	Ср. -2.68	Ср. -3.35	Ср. 4.23

Контроль планового положения по независимым фотограмметрическим точкам соответствует точности создания цифровых ортофотопланов М 1: 10000.

Таким образом, в нашем конкретном случае, при использовании метода предварительного получения RPC – коэффициентов удалось сократить количество опорных точек и получить ортофотоплан, геометрически удовлетворяющий точности М 1:10000.



Построение ортофотопланов на стереофотограмметрической системе «Фотомод»

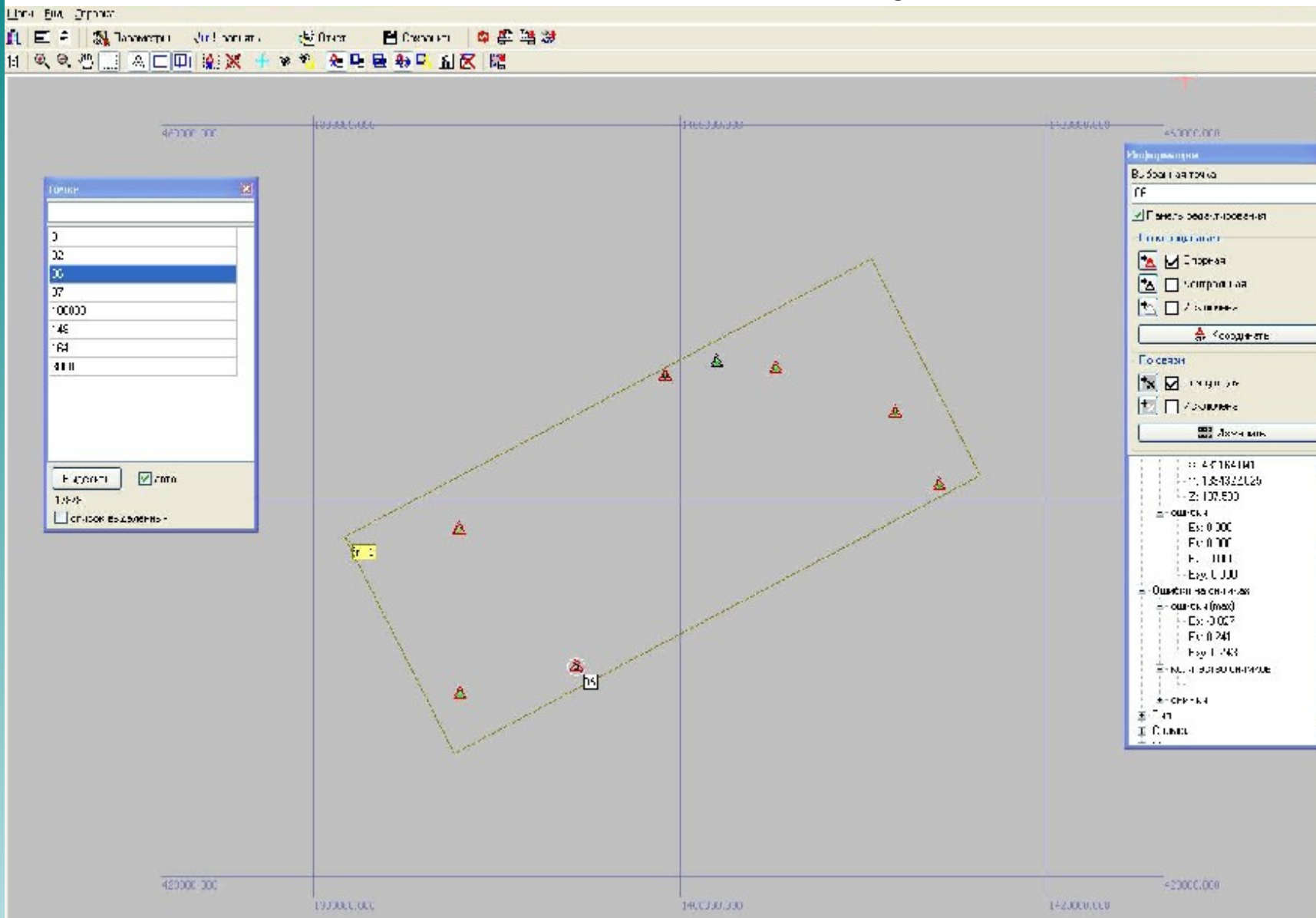
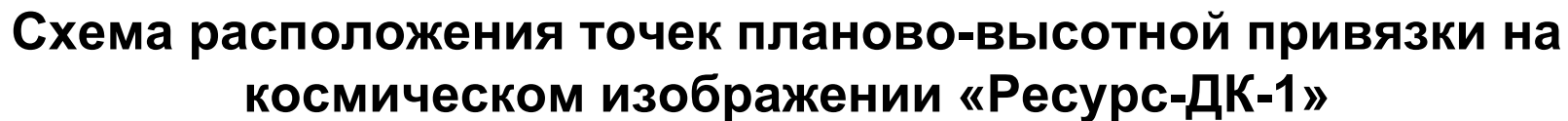
Фотомод версии 4.4 даёт возможность обработки космических изображений Ресурс –ДК-1 строгими методами.

Для обработки был взят фрагмент космического изображения с разрешением 1 метр. Снимок «Ресурс-ДК» на территорию района Горячий Ключ был получен 07/08/2007 г. с углом отклонения от вертикали равном

$\alpha = 1^{\circ}37'04,1''$ и высотой солнца над горизонтом $38^{\circ}55'51,56''$.

В «Фотомоде - 4.4» был создан проект по обработке одиночного сканерного снимка.

На космическом изображении было выполнено опознавание геодезических опорных точек, полученных в результате полевой планово-высотной привязки по материалам аэрофотосъёмки 2006 года.





Результаты уравнивание опознаков, выполненных строгим методом на «Фотомоде 4.4»

Отчет по координатам на снимках

Расхождения на опорных точках

	dx	dy	dS
	Пиксели	Пиксели	м
02	1.876*	0.059	1.684
06	-0.027	-0.241	0.217
07	-0.646	0.223	0.613
100000	0.202	0.052	0.187
148	-1.863*	-0.455	1.719
164	0.302	0.329	0.399
3000	0.156	0.034	0.143

СКО:	1.040*	0.248	0.958
Средний модуль:	0.725	0.199	0.709
МАХ:	1.876*	0.455	1.719
количество точек:	7		

Расхождения на контрольных точках

	dx	dy	dS
	Пиксели	Пиксели	м
01	-1.485*	-0.844	1.530

СКО:	1.485*	0.844	1.530
Средний модуль:	1.485*	0.844	1.530
МАХ:	1.485*	0.844	1.530
количество точек:	1		



Используемые данные для построения ортофотоплана по космическому изображению «Ресурс-ДК1»

Ортофотоизображение было построено в модуле PHOTOMOD Mosaic.

Для построения ортофотоплана в системе координат МСК-23-1 были использованы следующие параметры:

1) изображение Ресурс-ДК1 от 07/08/2007 изображение: с разрешением 1.0 метр, с полной полосой захвата (28 км), в формате *.tiff, высотой Солнца над горизонтом - $38^{\circ}55'51.56''$, углом наклона изображения - $1^{\circ}37'04,1''$

2) результаты уравнивания триангуляции по опорным точкам, выполненное строгим методом;

3) ЦМР, полученная по данным радарной топографической съемки (SRTM) с шагом 90 метров и точностью 30м ;

Предрасчётная точность определялась по формуле

$\Delta h_{\text{пред.}} = 0,3 \times M_k / \text{tg } \alpha$

где 0,3 мм - графическая точность топографической карты (плана);

M_k - знаменатель масштаба создаваемого фотоплана;

α - угол наклона линии визирования на точку.

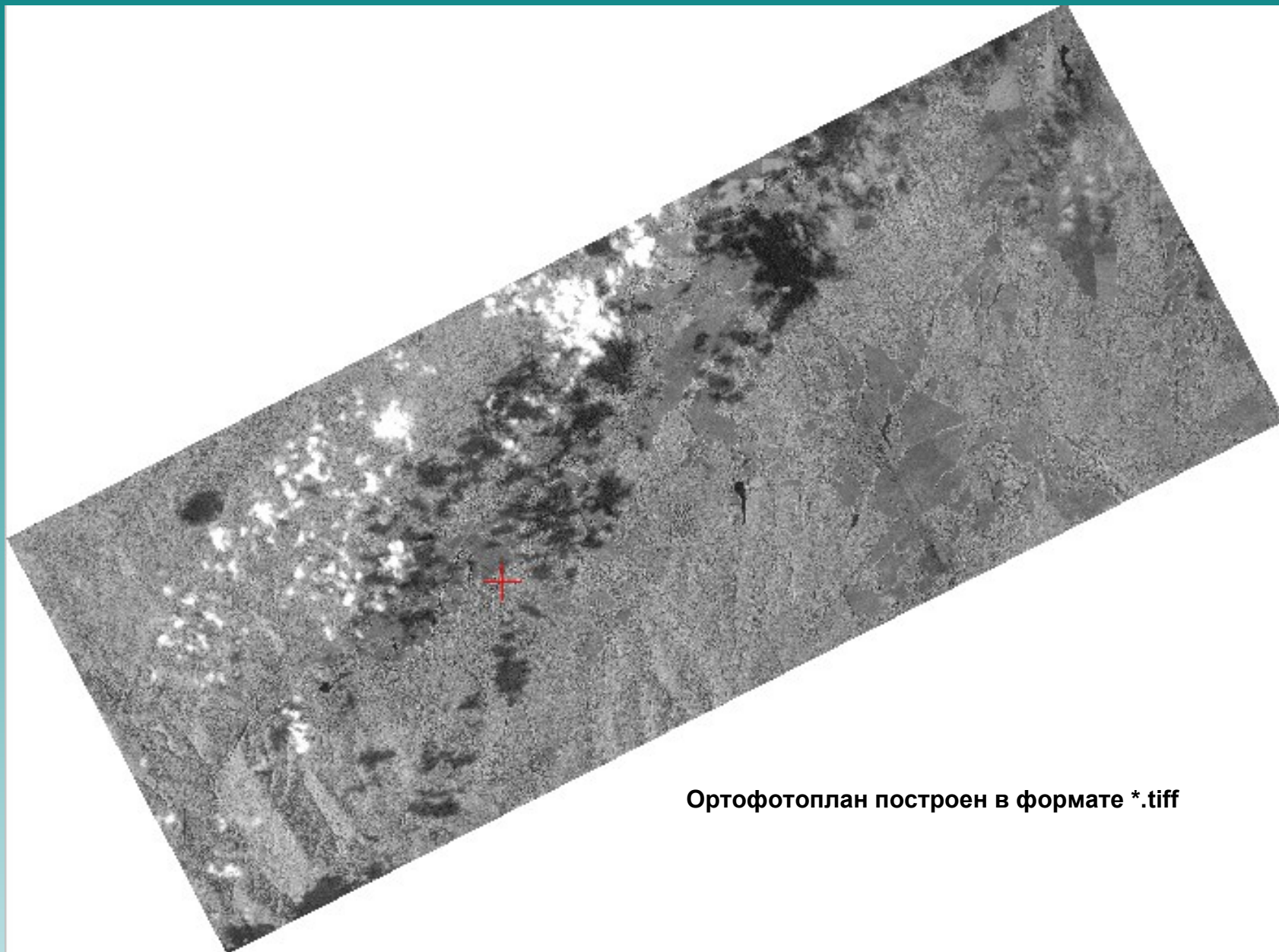
В нашем случае $\alpha = 1^{\circ}37'04,1''$

$\Delta h_{\text{пред.}} = 150 \text{ м}$

4) размер пикселя ортофотоплана - 1 метр.



Ортофотоплан, построенный по космическому изображению «Ресурс-ДК1»



Ортофотоплан построен в формате *.tiff



Фрагмент ортофотоплана в местной системе координат МСК-23-1.





Точность построения ортофотоплана по опорным точкам

Блок: Гор_Ключ_Kosmos _project

Количество изображений в мозаике: 1

Размер пиксела: 1(м)

Отклонения:

N	Тип	Исп.	Изобр.	Ex	Ey	Exy
06	Опор.	+	fr_1	0.352	0.294	0.459
07	Опор.	+	fr_1	-0.104	-0.503	0.51
148	Опор.	+	fr_1	-1.621	-0.689	1.761
164	Опор.	+	fr_1	0.318	-0.274	0.420
02	Опор.	+	fr_1	1.673	0.509	1.748
3000	Опор.	+	fr_1	0.000	0.000	0.000
100000	Опор.	+	fr_1	0.261	0.061	0.268
01	Контр.	+	fr_1	-1.393	-0.264	1.417

Среднеквадратическое: 0.979 0.391 1.054

Средний модуль: 0.715 0.324 0.823

Максимальное "+": 1.673 0.509 1.761

Максимальное "-": -1.621 -0.689

Контроль планового положения опорных фотограмметрических точек соответствует точности создания цифровых фотопланов М 1: 5 000.



Контроль точности полученного ортофотоплана по независимым точкам

Для подтверждения точности полученного ортофотоплана по приведённой технологии был выполнен контроль по независимым точкам, расположенных на имеющихся ортофотопланах М 1:10000.

	$\Delta x = x_{аэ} - x_{кос} \text{ (м)}$	$\Delta y = y_{аэ} - y_{кос} \text{ (м)}$	$\Delta xy = \sqrt{(x^2 + y^2)} \text{ (м)}$
1	0.05	0.61	0.61
2	0.16	2.20	2.20
3	-0.18	-3.10	3.10
4	6.92	-0.90	7.01
5	0.3	3.41	3.42
Ср.	1.48	0.44	3.26

В таблице даны значения расхождений между точками на ортофотопланах М = 1:10000, полученных по материалам аэрофотосъёмки и ортофотоплану, полученному по материалам космической съёмки.

Контроль планового положения по независимым точкам соответствует точности создания цифровых фотопланов М 1: 10000.



Выводы

1. В результате построения ортофотопланов по материалам космической съёмки со спутника «Ресурс – ДК1» с разрешением изображения 1 м как в «Фотомоде», так и в «Талке» получили геометрическую точность ортофотоплана М 1:10000.
2. При использовании строгих методов уравнивания при создании ортофотоплана в Фотомоде точность ортофотоплана получилась выше в данном конкретном случае.
3. Строгие методы уравнивания в «Фотомоде» и вычисленные RPC-коэффициенты в «Талке» позволяют сократить объёмы геодезических работ по планово-высотной привязке космических изображений «Ресурс-ДК1».
4. Стоимость космических изображений «Ресурс-ДК1» являются более выгодными в экономическом отношении в сравнении с другими изображениями с аналогичным разрешением.
5. Однако следует обратить внимание при покупке фотоизображений «Ресурс-ДК1» разрешение изображений изменяется от 1 до 2 метров вследствие эллипсоидальной орбиты спутника. При разрешении близкой к 2 метрам выдержать точность М 1:10000 будет сложно.

Спасибо за внимание!