



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВУ

Факультет городского кадастра
Кафедра Аэрофотогеодезии

ЛЕКЦИЯ № 5

**ТЕМА: ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ И ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ**

Разработал Левичев Олег Анатольевич
кандидат военных наук, доцент

2019 год

Учебные вопросы

- 1. Предварительная обработка материалов дистанционного зондирования.**
- 2. Фотограмметрическая обработка материалов оптико-электронного сканирования.**
- 3. Математически строгий метод.**
- 4. Параметрический метод.**
- 5. Аппроксимационный метод.**
- 6. Полиномиальные методы.**

Первый учебный вопрос

Предварительная обработка материалов дистанционного зондирования.

Цифровые снимки, полученные с помощью съемочных систем, поступают в центры приема информации, где и проходят первичную обработку, содержание которой зависит от типа съемочной системы, качества данных и в общем случае включает сенсорную, геометрическую и радиометрическую коррекции. В некоторых случаях отдельные элементы первичной обработки, не требующие вмешательства специалиста, выполняются непосредственно на борту спутника.

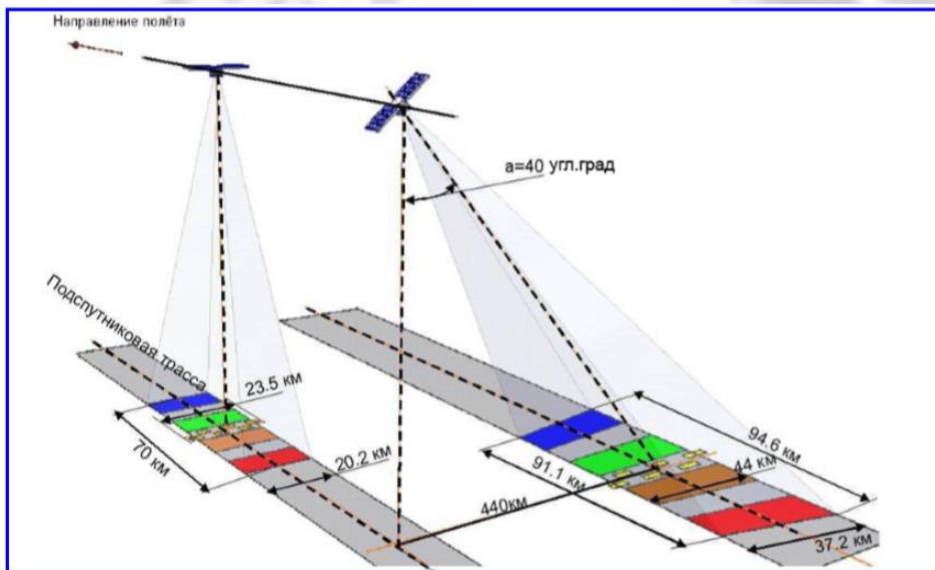


Рис. 23. Схема проекций фотоприемных матриц на поверхность Земли при съемке в надир

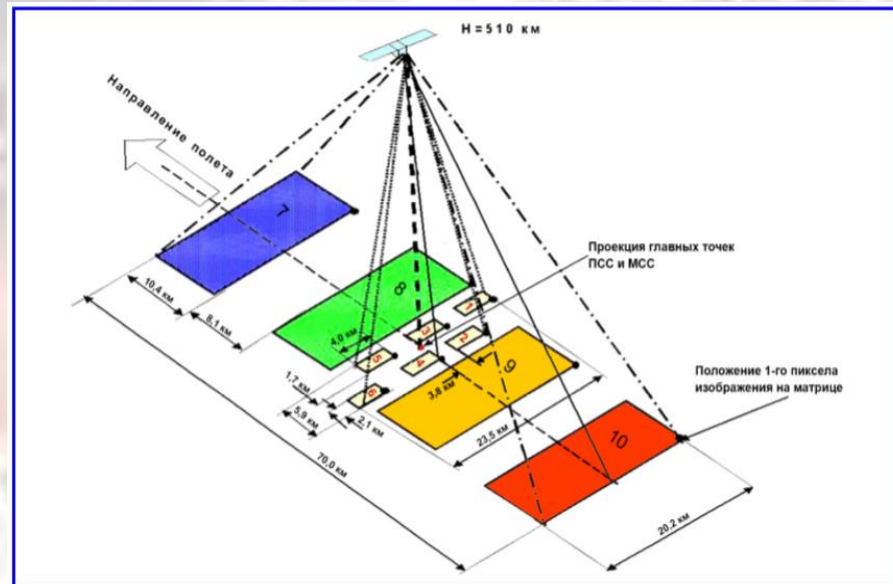
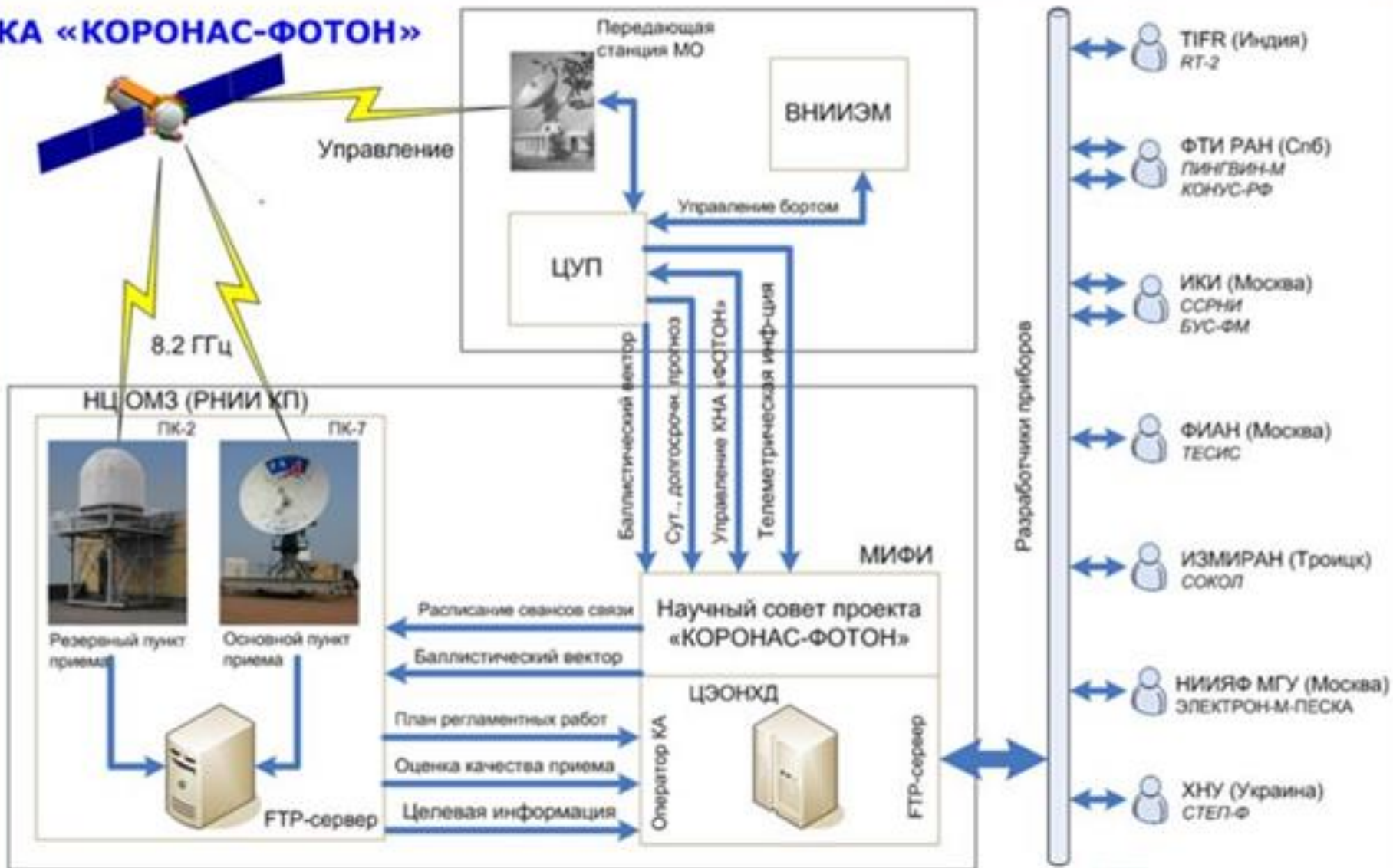


Рис. 24. Схема съемки с углом крена КА 0 и 40 угл. град

Наземный комплекс приема, обработки и распространения

КА «КОРОНАС-ФОТОН»



Средства получения данных

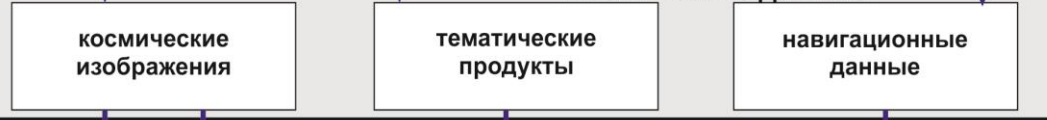
Средства дистанционного зондирования Земли



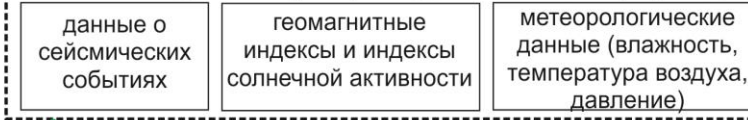
Средства наземного мониторинга



Космические данные



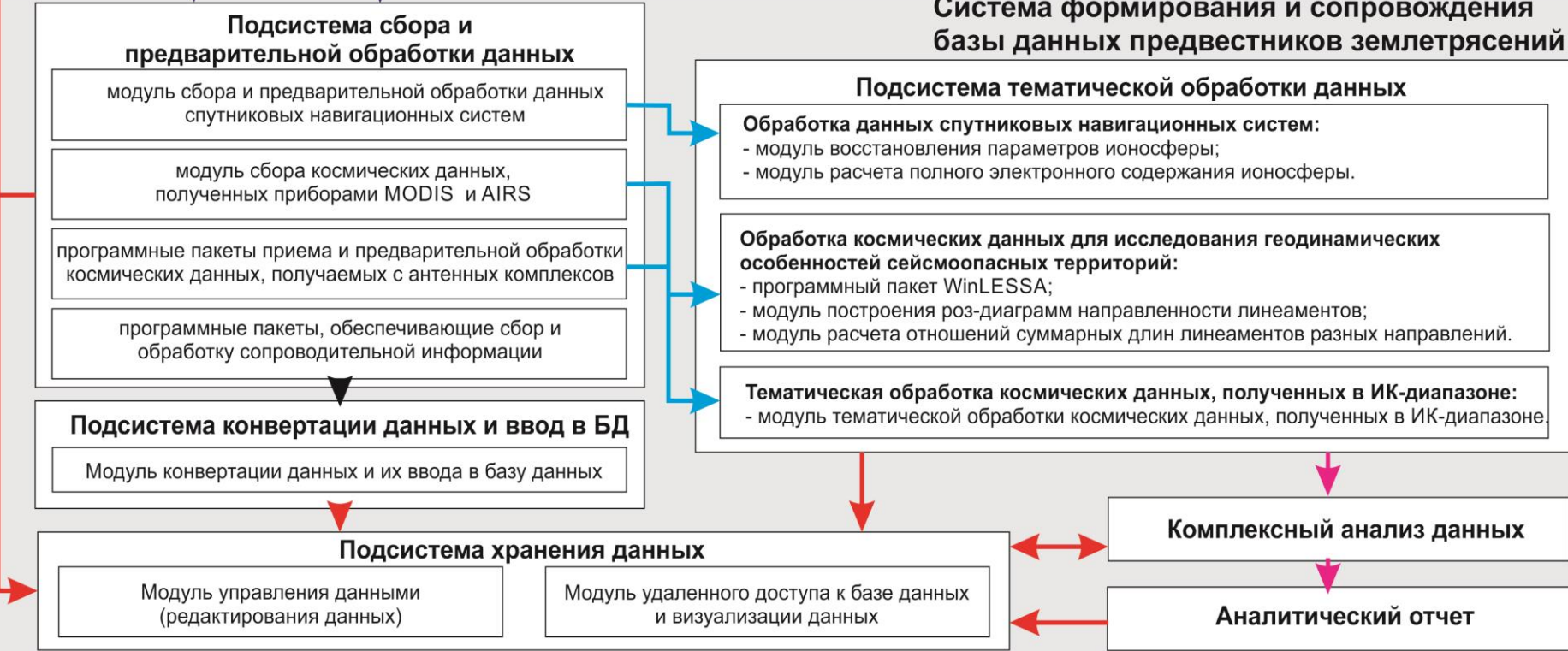
Наземные данные (сопроводительная информация)



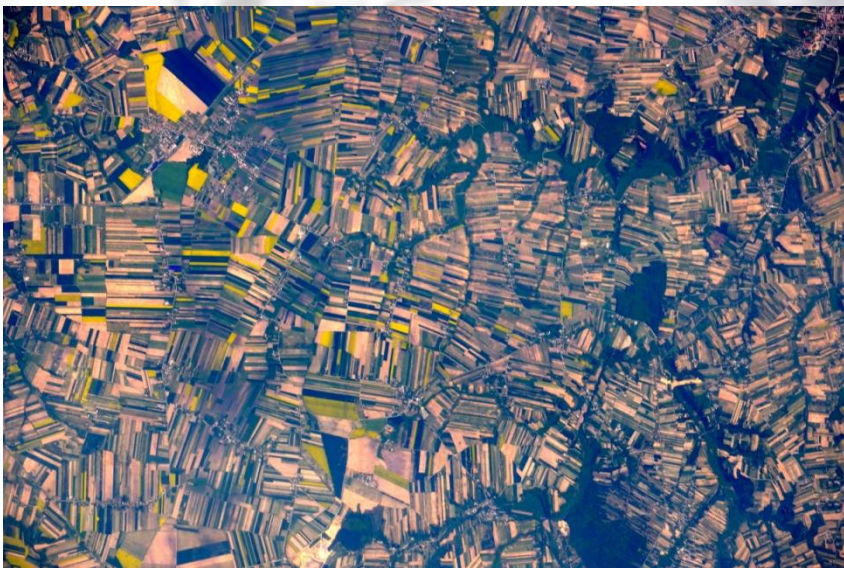
Источники получения данных



Система формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений



Требований к составу и содержанию предварительной обработки материалов дистанционного зондирования пока не стандартизованы, и каждая фирма, владеющая данными, устанавливает их исходя из специфики получения изображений и своих собственных представлений об уровнях ее обработки.

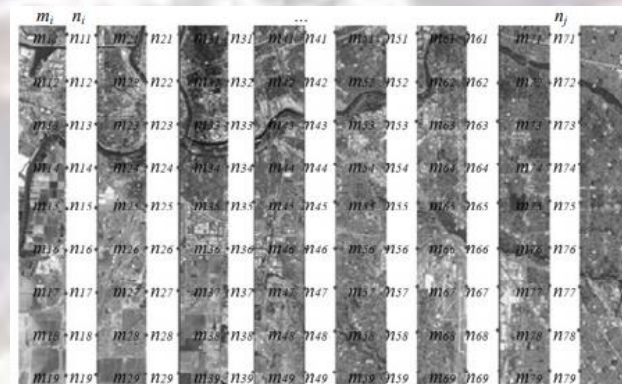
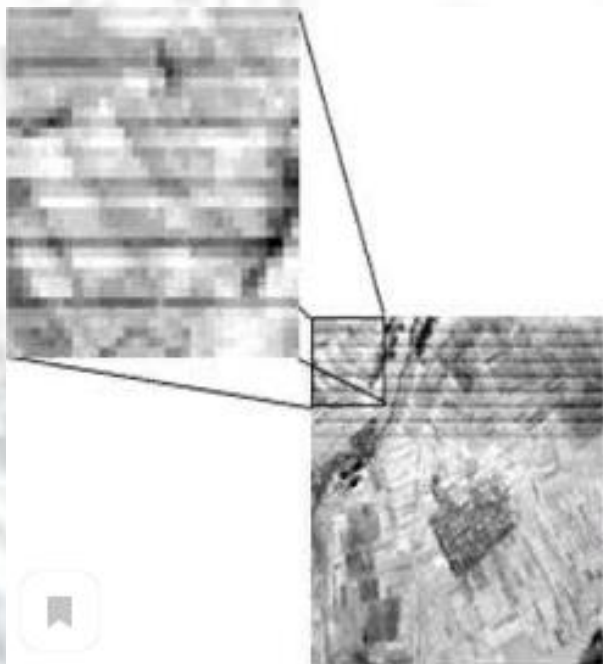


Вместе с тем общий смысл предварительной обработки заключается в том, чтобы освободить пользователя от необходимости учета тонкостей конструкции съемочной системы, исправления дефектов изображения, возникающих из-за ее локальных отказов или неисправностей, а также перемещения носителя по орбите и т.п. Кроме того, поставщики информации заинтересованы в выполнении некоторых стандартных операций по преобразованию изображений, с тем, чтобы иметь возможность предложить пользователю готовую продукцию.

Ниже рассмотрено содержание предварительной обработки применительно к снимкам оптико-электронного сканирования. При этом условно выделим геометрическую и фотометрическую коррекцию, полагая, что первая связана с восстановлением или преобразованием «решетки пикселей», а вторая - с радиометрическими характеристиками пикселей изображения.

Геометрическая коррекция изображения выполняется с целью преобразования его к виду, позволяющему **выполнять измерительные действия** и последующую фотограмметрическую обработку. К числу таких операций относятся:

формирование участка местности, называемого сценой, из отдельных строк или матриц панорамы с учетом их перекрытия («сшивка изображения»);



восстановление отдельных пикселей изображения при случайном «выпадении» отдельных детекторов;

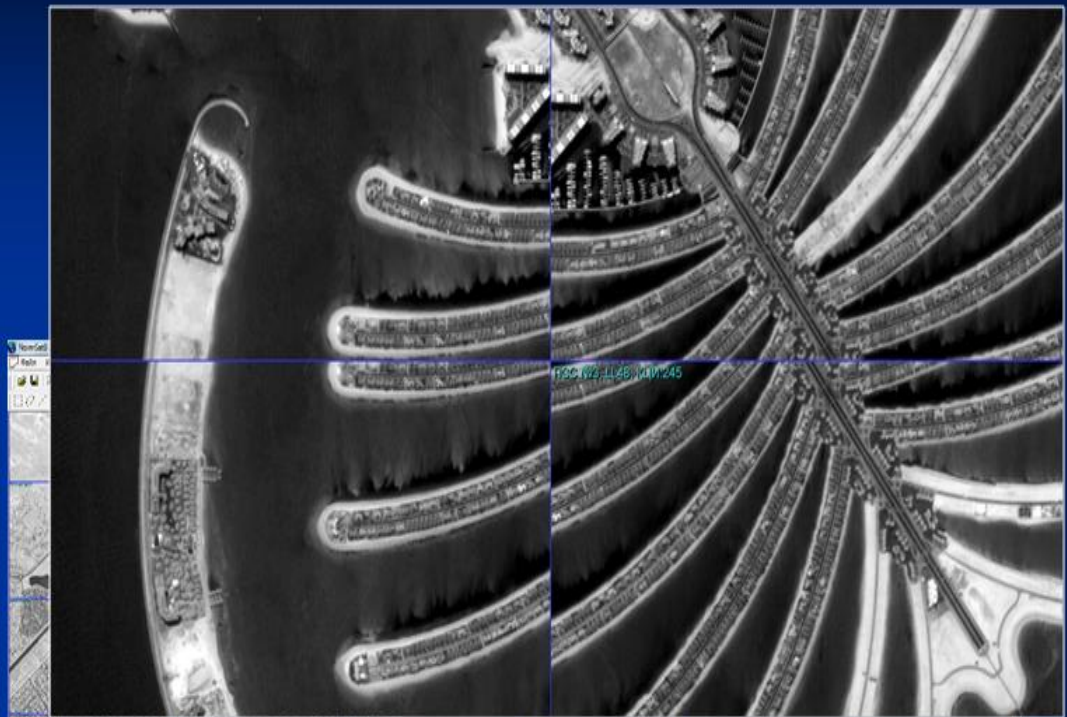
восстановление по какой-либо причине пропущенных строк изображения;

преобразование изображения с целью устранения ошибок, вызванных перемещением носителя в процессе формирования строки, изменения углового положения сенсора и др.

Подсистема первичной обработки (декоммутиация и восстановление структуры микрокадров)



Регистрация



Восстановление структуры
микрокадров

Формирование сцены выполняется с учетом конструктивных особенностей съемочной аппаратуры, зачастую формирующей перекрывающиеся на заданную величину изображения. Причем, это могут быть перекрывающиеся строки пикселей либо прямоугольных матриц, каждая из которых представляет собой несколько линеек.

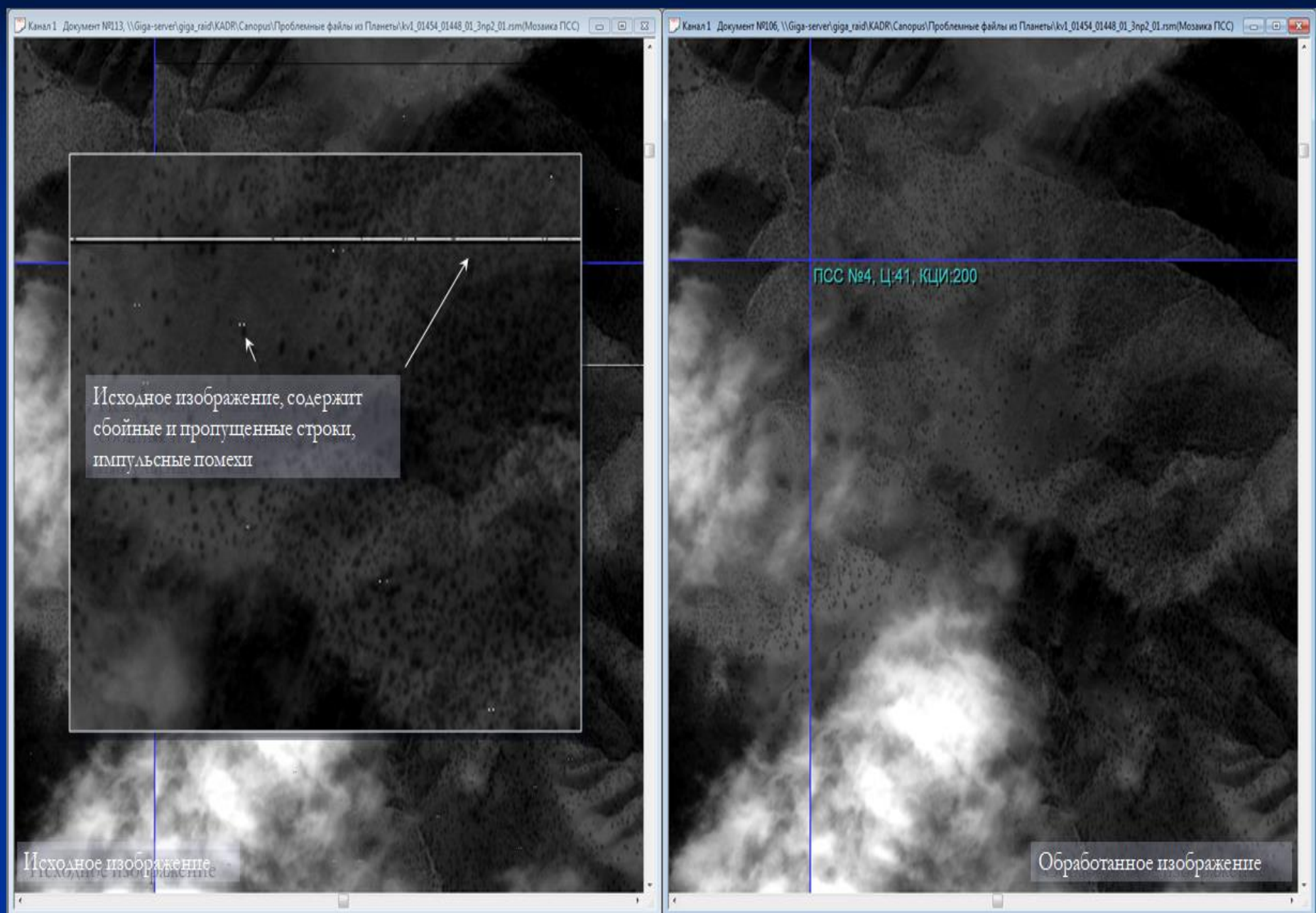


Преобразования с целью устранения искажений космических снимков выполняются с целью придания изображенным на нем объектам местности правильной формы, искаженной вследствие перемещения спутника во время экспонирования строки, вращения Земли, ее сферичности и др.

Восстановление пикселей или *целых строк* изображения выполняется при их утрате при съемке или передаче изображения и сводится к присвоению пропущенным пикселям яркостей либо соседних пикселей, либо каким-либо образом вычисленных с учетом яркостей окружающих пикселей. Эта операция, конечно, не восстанавливает пропущенную информацию, а лишь облегчает использование изображений.



Подсистема первичной обработки (фильтрация сбоев)



Радиометрическая коррекция изображения выполняется с целью улучшения их изобразительных свойств и в общем случае включает изменение яркостей пикселей с целью:

учета параметров калибровки радиометра K_λ и C_λ ;

$$B_\lambda^* = K_\lambda DN + C_\lambda, \quad (16.6)$$

где B_λ^* – энергетическая яркость для спектральной зоны λ ; K_λ – коэффициент пропорциональности; DN (Digital Number) – значение яркости пиксела, полученное при сканировании местности; C_λ – константа.

атмосферы и воздушной дымки;

Подсистема каталогизации (общая схема обработки)

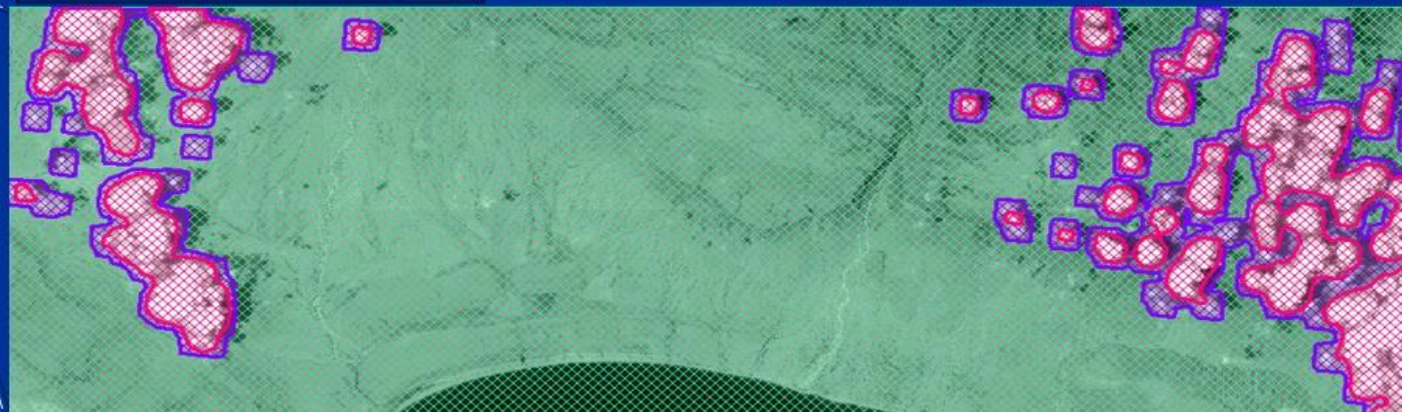
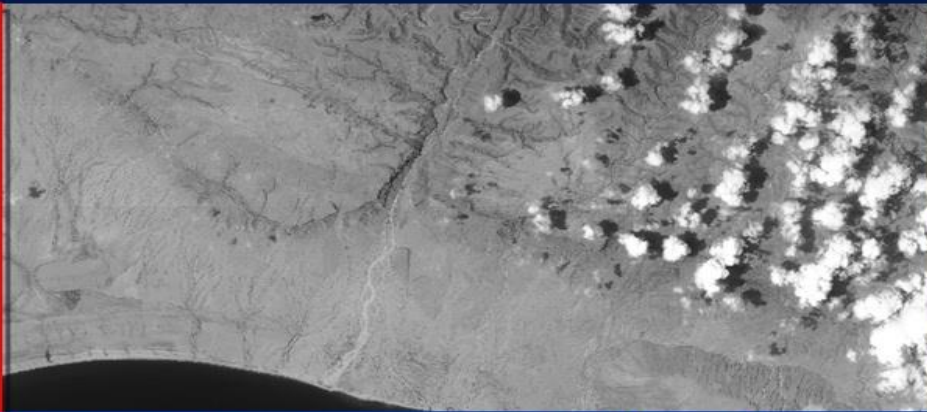
Синтез обзорного изображения и разбивка на кадры



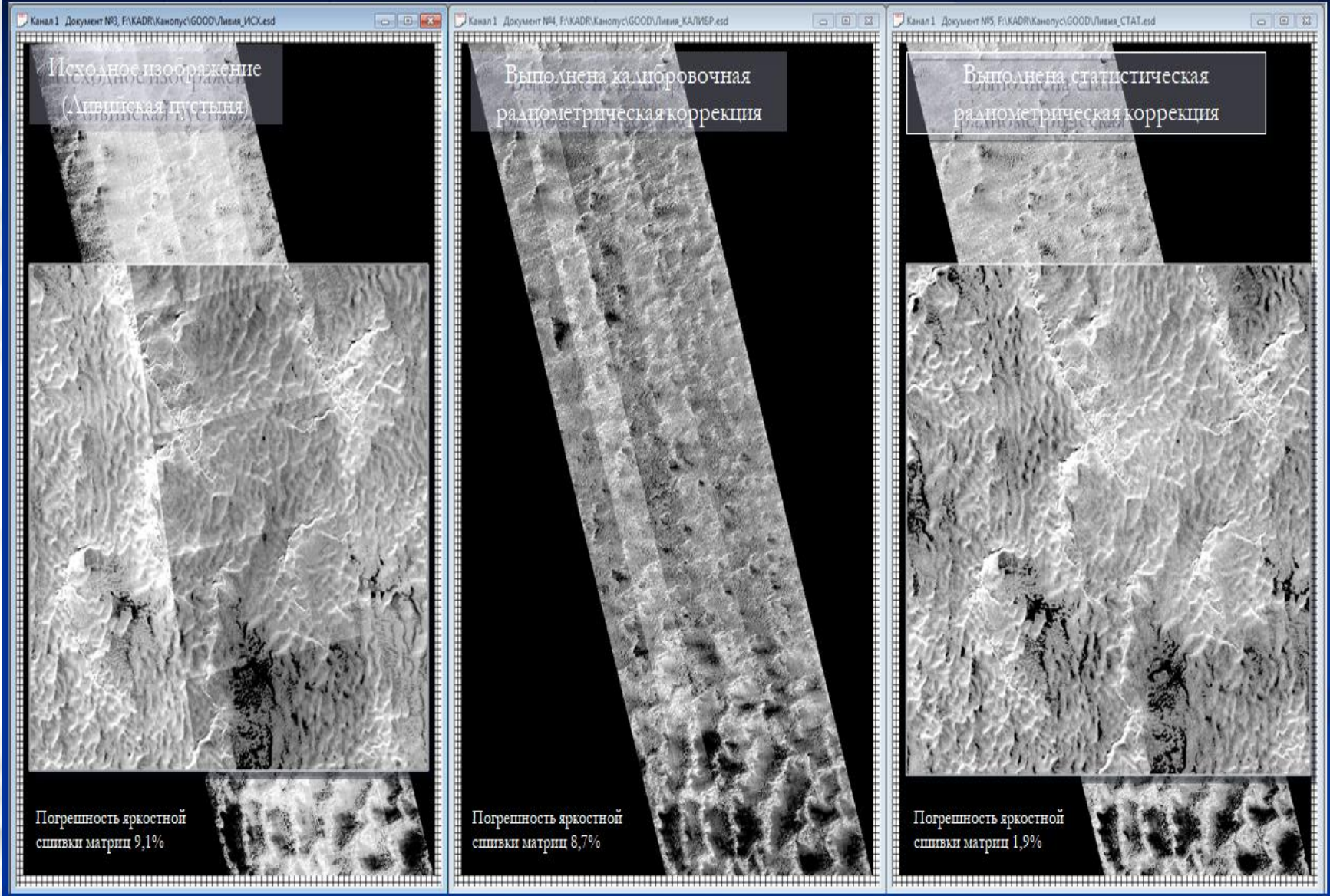
Выделение облачности



Запись в БД в автоматическом режиме



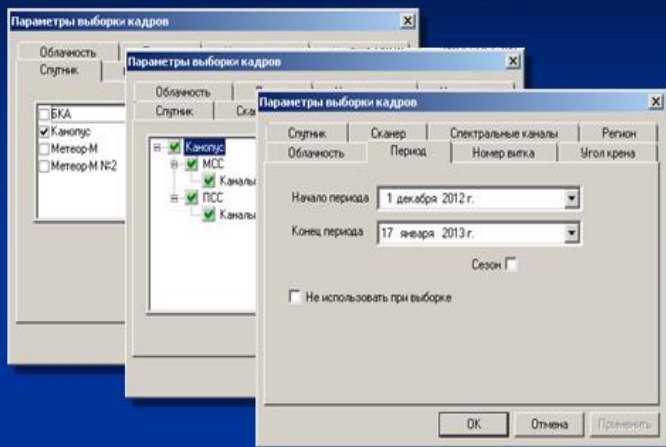
Подсистема формирования стандартных продуктов (радиометрическая обработка, датчик ПСС)



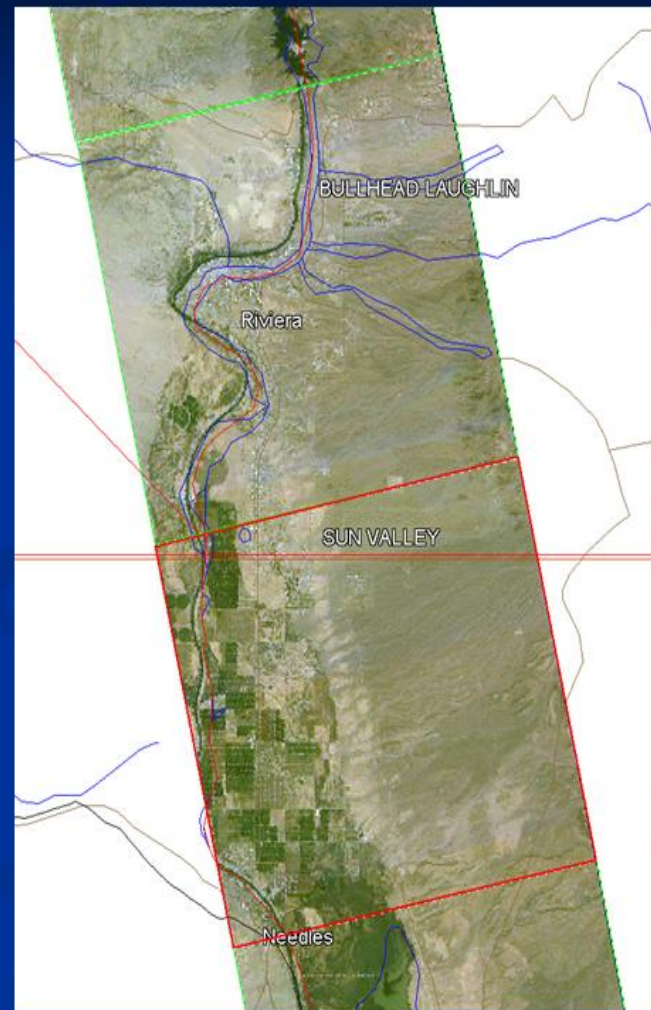
исправления последствий сбоев, неисправностей или неправильной калибровки детекторов и др.

Подсистема каталогизации (выборка информации и поиск по каталогу)

Задание параметров выборки



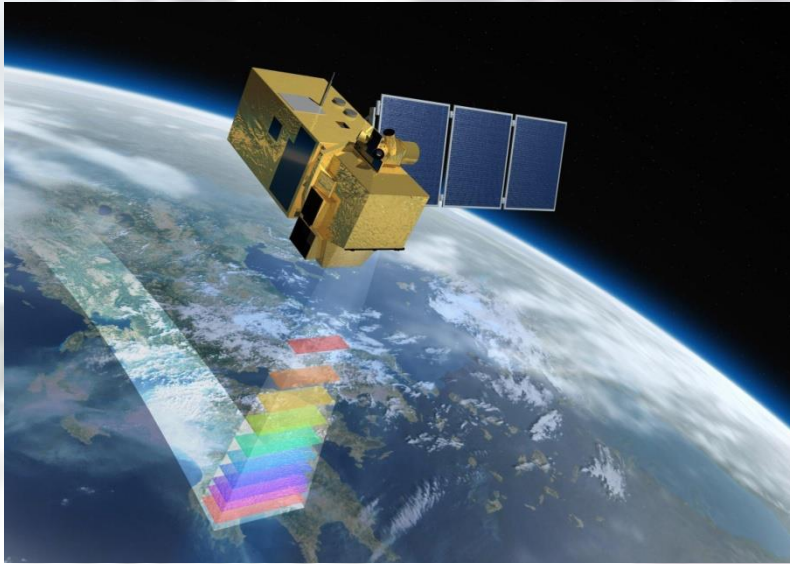
Отображение кадров



Отбор потоков

Спутник	№ ви...	Сканер	Поток	Центр приема	Станция приема	Режим съема	Время начала
Канопус	579	МСС	Дубай_KV1_00579_00579_01_3NP...	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	10:34:38.0
Канопус	890	ПСС	KV1_00892_00890_01_3NP1_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	18:45:21.0
Канопус	890	МСС	KV1_00892_00890_01_3NP1_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	18:45:22.0
Канопус	1011	ПСС	KV1_01013_01011_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	20:53:01.0
Канопус	1051	ПСС	KV1_01051_01051_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	9:02:39.0
Канопус	1057	ПСС	KV1_01060_01057_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	18:29:09.0
Канопус	1103	ПСС	KV1_01105_01103_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	19:07:49.0
Канопус	1103	МСС	KV1_01105_01103_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	19:07:51.0
Канопус	1113	МСС	KV1_01119_01113_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	10:57:26.0
Канопус	1113	ПСС	KV1_01119_01113_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	13:57:08.0
Канопус	1123	МСС	KV1_01126_01123_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	2:42:58.0
Канопус	1126	МСС	KV1_01126_01126_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	7:23:33.0
Канопус	1381	МСС	KV1_01401_01381_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	5:07:00.0
Канопус	1531	ПСС	KV1_01538_01531_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	3:14:35.0
Канопус	1533	ПСС	KV1_01538_01533_01_3NP2_08.rsm	НЦ ОМЗ	ПК-2	ВИ	5:11:44.0

Уровни обработки данных



Уровни обработки данных EOSDOS.

Уровень данных	Описание
0	Восстановленные и необработанные данные прибора. В большинстве случаев Система управления данными EOS EDOS предоставляет эти данные центрам обработки данных в качестве наборов производственных данных для обработки.
1A	Восстановленные и необработанные данные приборов в полном разрешении, с привязкой ко времени и вспомогательной информацией.
1B	Данные уровня 1A, которые были обработаны, до представления в физических единиц (не все приборы имеют исходные данные уровня 1B).
2	Геофизические переменные при том же разрешении и местоположении, что и исходные данные уровня 1.
3	Переменные, привязанные к пространственно-временной шкале, обычно с некоторой полнотой и согласованностью.
4	Результаты анализа данных нижнего уровня представления (например, переменные, полученные из нескольких измерений).

Уровни обработки данных CEOS.

Уровень данных	Описание
0	“Сырые” данные (присутствие вспомогательной информации для последующей обработки)
0A	Неоткорректированные данные в телеметрическом ² формате.
0B	Неоткорректированные данные в виде оригинальной телеметрии.
0C	По каналное представление данных. Данные могут быть переформатированы с учётом сохранения возможности обратного восстановления, а также упакованы с метаданными, необходимыми для одновременного восстановления.
1	По канално откорректированные данные, представленные в полном разрешении.
1A	Радиометрически откорректированные данные
1B	Радиометрически и геометрически откорректированные данные
1C	Данные с географической привязкой
1D	Ортокорректированные данные
2	Восстановленные геофизические параметры, в том же месте и с тем же разрешением, что и их исходные данные.
2G	Данные второго уровня, то есть содержащие данные о привязке пикселей к некой равномерной сетке внутри файла данных.
3	Восстановленные геофизические параметры, которые реорганизованы по пространству и времени из данных более низкого уровня.



Второй учебный вопрос

Фотограмметрическая обработка материалов опто-электронного сканирования.

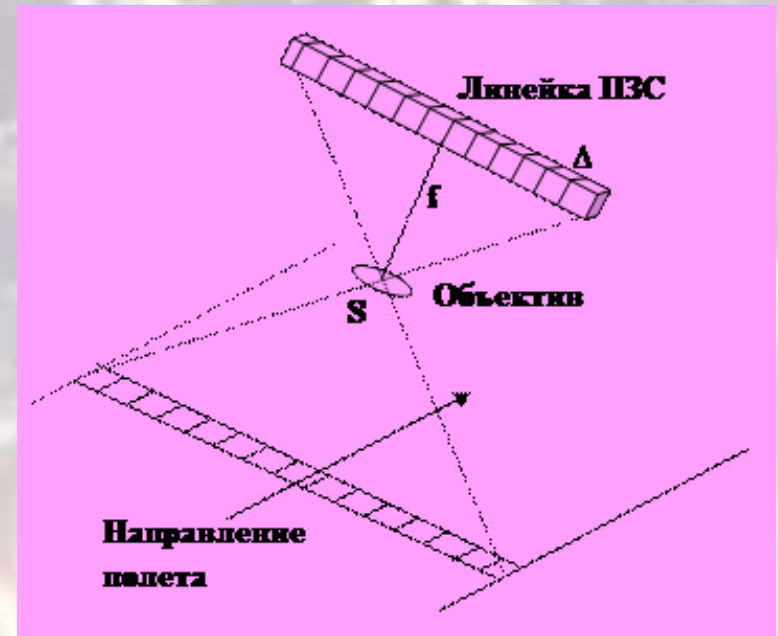
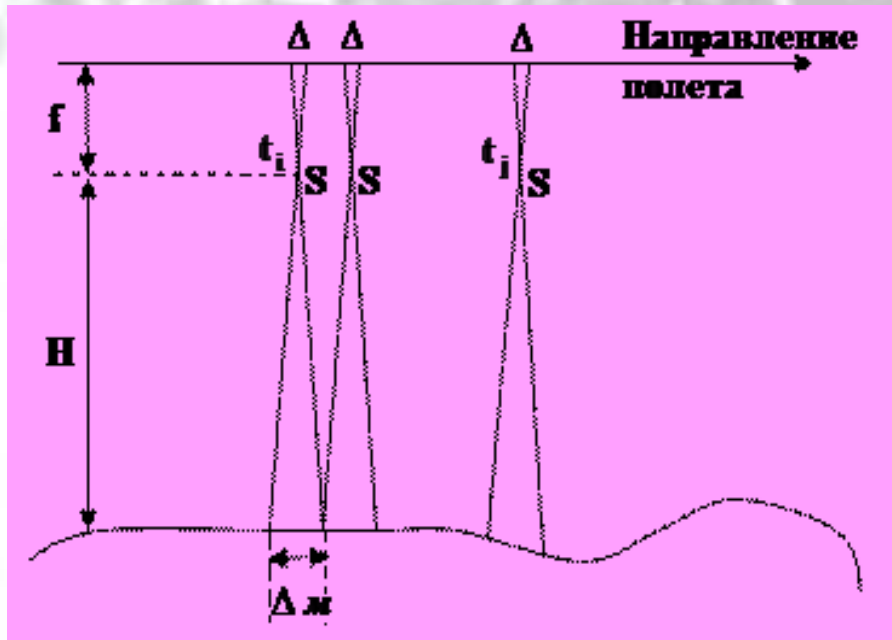
Особенности фотограмметрической обработки снимков, получаемых съемочными системами дистанционного зондирования

Все системы дистанционного зондирования можно условно разделить на две группы. Это кадровые и сканерные съемочные системы. **В кадровых съемочных системах все изображение получается в один момент времени.** Сканерная съемочная система позволяет получать непрерывное изображение снимаемой поверхности за счет перемещения носителя (самолета, спутника). В сканерной системе в один момент времени формируется изображение одной **точка или** строки в зависимости от типа съемочной системы. Поэтому у каждой строки или пикселя сканерного изображения свои элементы внешнего ориентирования.



Принцип формирования изображения с помощью оптико-электронной сканерной съемочной системы. Системы координат сканера.

Оптико-электронные сканеры, основаны на применении линеек ПЗС, формирующие в один момент времени строку изображения. На рис. показан принцип сканирования с помощью оптико-электронной сканерной съемочной системы. Линейка ПЗС располагается в фокальной плоскости объектива. Изображение формируется за счет перемещения носителя камеры.

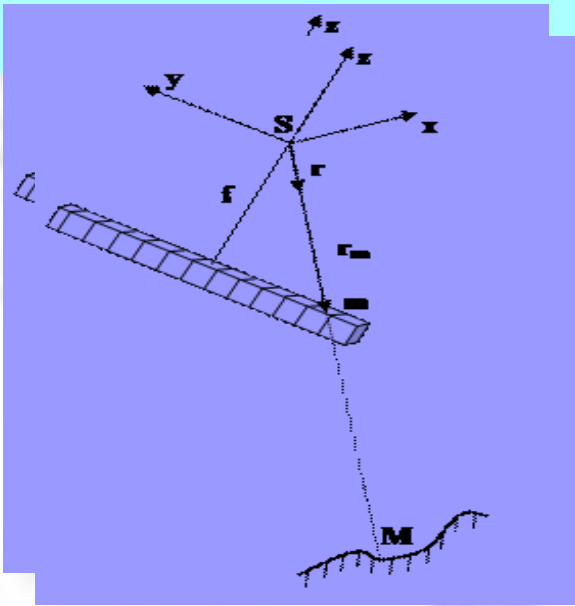


Здесь Δ размер пикселя линейки ПЗС, а Δm – его размер на местности в метрах. В результате получают непрерывное изображение снимаемого участка местности, состоящее из множества строк. В пределах одной строки изображение соответствует центральной проекции со своими элементами внешнего ориентирования, которые фиксируются во время съемки. Знание элементов внешнего ориентирования каждой строки изображения необходимо для корректной фотограмметрической обработки таких изображений.

У космических сканерных съемочных систем фокусное расстояния f , как правило, более метра.

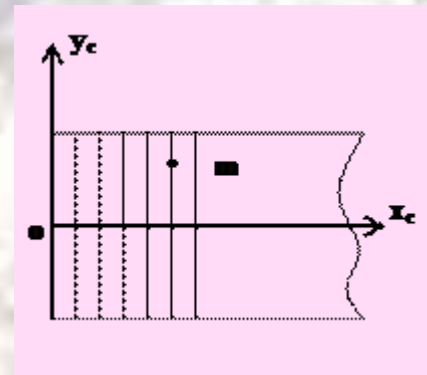
Угол поля зрения у таких сканеров **маленький**, что позволяет снимать полосу поверхности земли шириной примерно 60 км при съемке в надир с разрешением 1 м.

На рис. показана система координат сканера с одной линейкой ПЗС.



Начало системы координат сканера **SXYZ** совпадает с центром проекции **S**; ось **Z** проходит через центр проекции перпендикулярно линейке ПЗС; ось **Y** – параллельна линейке ПЗС; ось **X** – дополняет систему координат до правой (совпадает с направлением полета носителя).

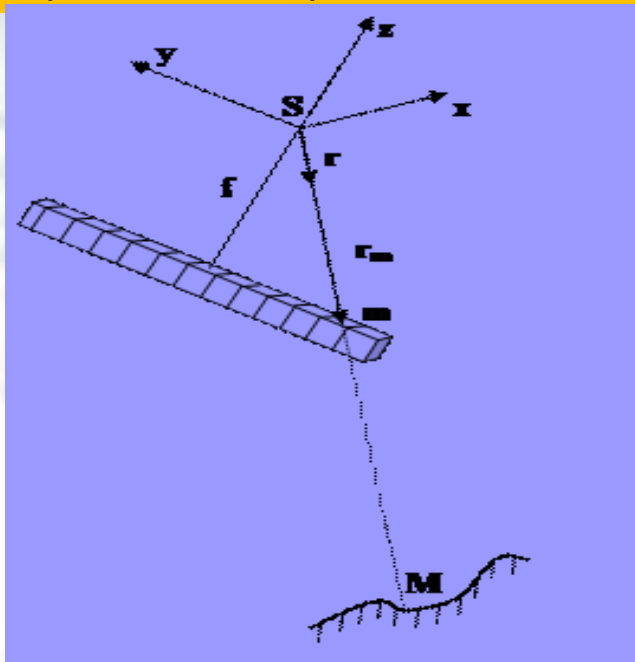
На рис. показана система координат сканерного изображения:



Ось y_c совпадает с одной из строк изображения, начало системы координат o находится в середине строки, а ось x_c – дополняет систему до правой.

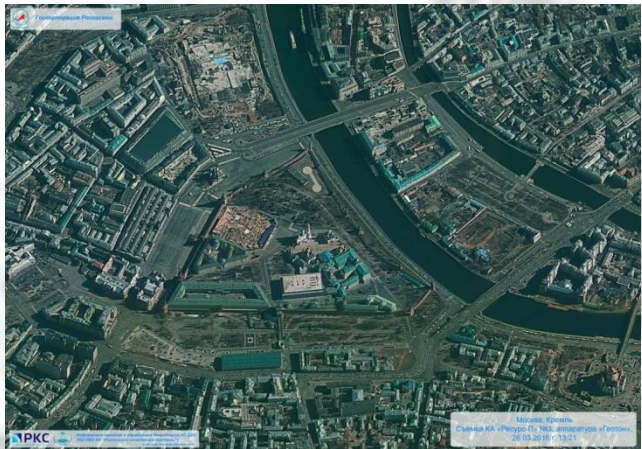
По измеренной координате x_c точки изображения $m(x_c, y_c)$ можно узнать в какой строке находится данная точка, а следовательно и время формирования изображения этой строки и ее элементы внешнего ориентирования.

Измерив координату y_c можно восстановить проектирующий луч, определяющий направление на точку местности, т.е. вектор имеет следующие координаты в системе координат сканера:



$$\mathbf{r}_M = \begin{pmatrix} x = 0 \\ y_c - y_0 \\ -f \end{pmatrix} \quad (1)$$

Где y_0 - ордината главной точки линейки ПЗС.
Координаты соответствующего единичного вектора \mathbf{r} можно подсчитать по следующей формуле:



$$\mathbf{r} = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{y_c - y_0}{|\mathbf{r}_M|} \\ -\frac{f}{|\mathbf{r}_M|} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

где $|\mathbf{r}_M| = \sqrt{(y_c - y_0)^2 + f^2}$ (2)

Третий учебный вопрос

Математически строгий метод.

Математически строгий, точный подход к обработке сканерных снимков основан на восстановлении связки лучей, существовавших в момент формирования изображения каждым ПЗС-элементом, и, таким образом, математическом описании съемочного процесса с использованием трех моделей: перемещения сенсора, вращения и сканирования



Рис. 16.8. Элементы орбиты носителя съемочной аппаратуры

Модель перемещения, или орбитальная модель, должна обеспечивать получение пространственных координат мгновенных центров проектирования, аналогичных линейным элементам внешнего ориентирования аэроснимка. Моделирование осуществляется в инерциальной системе координат и описывается через шесть параметров орбиты Кеплера.

Эти параметры, дополненные зональным компонентом гравитационного потенциала Земли, позволяют описать движение спутника с достаточной для обработки точностью и отыскать параметры уравнения движения по орбитальным данным или по опорным точкам, методом наименьших квадратов.

Модель вращения сенсора или пространственная модель, определяет матрицу мгновенных поворотов съемочной системы, аналогичных угловым элементам внешнего ориентирования аэроснимков, в гринвичской системе координат.

Одним из элементов этой модели является уточнение углового положения носителя α , ω и χ на заданный момент времени, осуществляемое на основе зафиксированных датчиками наклонов платформы $(\alpha_0, \omega_0, \chi_0)$ и поправок к ним, определяемым полиномом второй степени от времени t :

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \alpha_0 + a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \\ \omega &= \omega_0 + b_0 + b_1 t + b_2 t^2, \\ \chi &= \chi_0 + c_0 + c_1 t + c_2 t^2 \end{aligned} \right\}, \quad (16.12)$$

где a_i, b_i, c_i ($i = 0, 1, 2$) – коэффициенты полинома, поставляемые вместе с соответствующими изображениями.

Геометрическая модель сенсора, или *модель сканирования*, определяет направление проектирующего луча ортогонального к оси вращения сенсора и идущего от датчика в фокальной плоскости приемной оптики, через центр проектирования и далее к точке местности. Такое моделирование базируется на конструктивных особенностях сканирующей системы и не может быть выполнено по косвенным данным.

Всего в трех рассмотренных выше моделях определяются или уточняются 13 параметров. Построение таких моделей не составляет особых затруднений, если параметры геометрической модели сенсора являются доступными. Последнее имеет место далеко не всегда, особенно в последние годы, когда появились и широко используются материалы дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения, полученные коммерческими оптико-электронными системами.

Подсистема формирования стандартных продуктов

Автоматический поиск опорных точек с использованием сервиса Google

NormSatB 2.0 - Документ №23, ВКА_01946_01943_02_3NP2_08_ORТ_PSS1_444116_050213

Канал 1 Документ №23, ВКА_01946_01943_02_3NP2_08_ORТ_PSS1_444116_050... | RGB, Документ №61

Автоматически найденная опорная точка через сервис Google

Поиск опорных точек

№	Тип точки	X изм.	Y изм.	X оп.	Y оп.	Широта	Долгота	Высота	Тип высоты	КО изм.[пикс]	КО п.к.[м]	КО выс.[м]
1	Оп. плн.-выс.	19322...	47203.0...	168.850	257.733	40° 4'55".017 сш	116° 36'16".509 вд	65.060	Геодезическая	0.500	0.923	152.703

Область поиска: 100 | Источник: Google Maps

X=19393.00 Y=47207.00 | 40°04'55.79"сш 116°36'25.21"вд WGS | J=102.00

Слева – исходное изображение ПСС, справа – опорный снимок Google).
Входные данные: список опорных точек для процедуры геодезического ориентирования.

Четвёртый учебный вопрос

Параметрический метод.

Параметрический метод фотограмметрической обработки основан на применении проективных или аффинных преобразований координат соответственных точек снимков и местности. Один из таких методов был предложен в 1971 году и известен как метод *прямого линейного трансформирования* DLT (Direct Linear Transformation). В его основе лежат широко используемые формулы связи координат соответственных точек двух взаимно проективных плоскостей:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{a_1X + a_2Y + a_3Z + a_4}{c_1X + c_2Y + c_3Z + 1}, & y &= \frac{b_1X + b_2Y + b_3Z + b_4}{c_1X + c_2Y + c_3Z + 1} \end{aligned} \right\}, \quad (16.13)$$

или в случае равнинной местности:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{a_1X + a_2Y + a_3}{c_1X + c_2Y + 1}, & y &= \frac{b_1X + b_2Y + b_3}{c_1X + c_2Y + 1} \end{aligned} \right\}, \quad (16.14)$$

где x, y – координаты точки в системе изображения; X, Y, Z – координаты той же точки в системе местности; a_i, b_i, c_i – параметры проективного преобразования.

Уравнения (16.13) или (16.14) приводят к линейному виду путем разложения в ряд Тейлора, после чего для каждой опорной точки с известными координатами составляют два уравнения поправок вида

$$\left. \begin{aligned} d_{1X}\delta a_1 + d_{2X}\delta a_2 + d_{3X}\delta a_3 + d_{4X}\delta a_4 + d_{5X}\delta c_1 + d_{6X}\delta c_2 + d_{7X}\delta c_3 + l_x &= v_x, \\ d_{1Y}\delta b_1 + d_{2Y}\delta b_2 + d_{3Y}\delta b_3 + d_{4Y}\delta b_4 + d_{5Y}\delta c_1 + d_{6Y}\delta c_2 + d_{7Y}\delta c_3 + l_y &= v_y \end{aligned} \right\}, \quad (16.15)$$

где $d_{1X}, d_{2X}, \dots, d_{7Y}$ – частные производные от функций (16.13) или (16.14) по соответствующим неизвестным.

Получить выражения (16.13) в линейном виде можно также путем приведения каждого из них к общему знаменателю и записи в правых частях поправок u_x и u_y к непосредственно измеренным величинам:

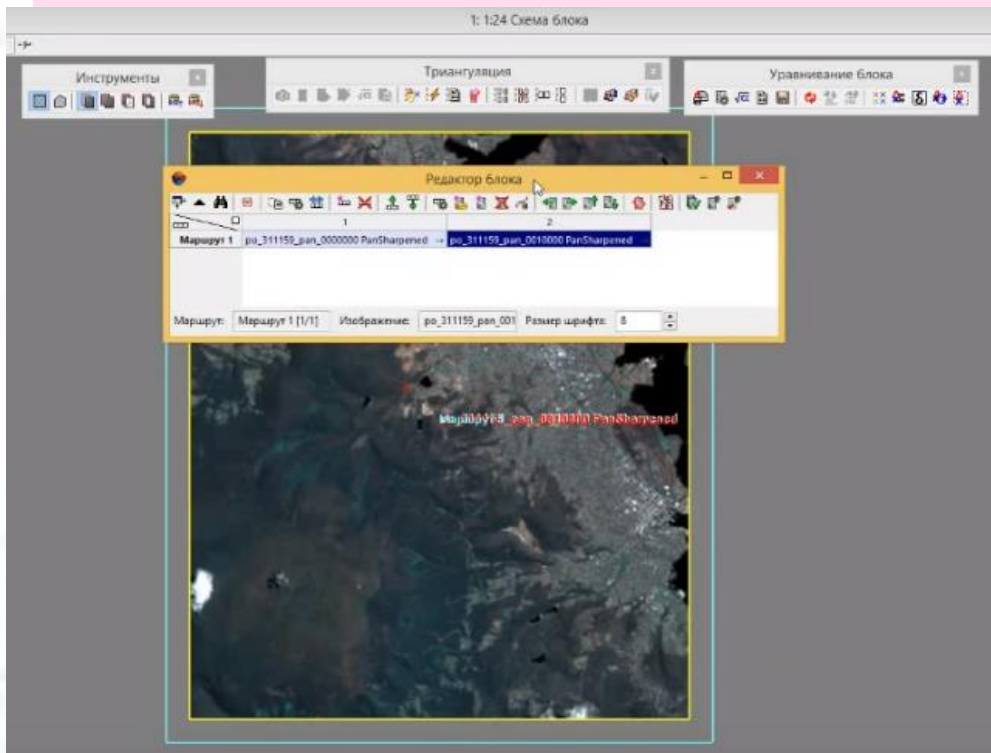
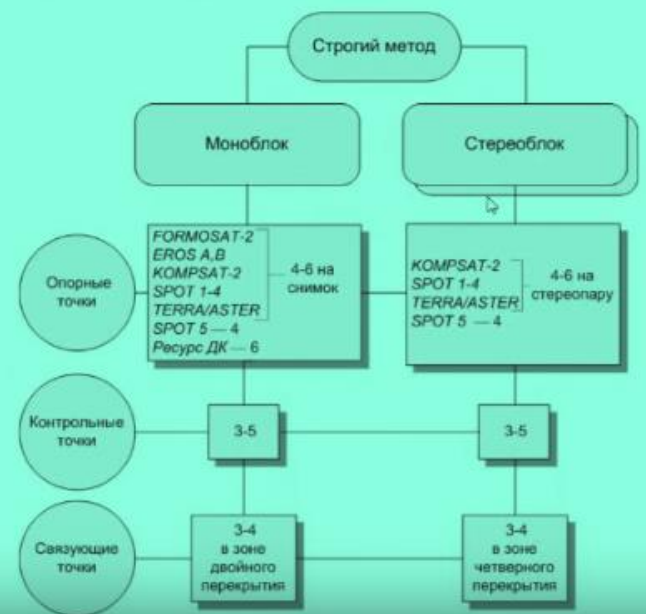
$$\left. \begin{aligned} xXc_1 + xYc_2 + xZc_3 - Xa_1 - Ya_2 - Za_3 - a_4 + x &= v_x, \\ yXc_1 + yYc_2 + yZc_3 - Xb_1 - Yb_2 - Zb_3 - b_4 + y &= v_y \end{aligned} \right\}. \quad (16.16)$$

Решение уравнений (16.15) или (16.16) методом наименьших квадратов, под условием $[vvp] = \min$ дает неизвестные параметры преобразования α_i , b_i , c_i .

К недостаткам метода относится относительно невысокая устойчивость численного решения системы нормальных уравнений и необходимость использования относительно большого числа опорных точек.

При уравнивании снимков сканерных моно/стереоблоков различными методами существуют рекомендации по количеству используемых контрольных и опорных точек.

Для космических сканерных изображений используются только планово-высотные опорные точки (с координатами X, Y, Z).



Пятый учебный вопрос

Аппроксимационный метод.

Аппроксимационный метод фотограмметрической обработки известен как метод RPC (Rational Polynomial Coefficients или Rapid Positioning Capability), базирующийся на использовании полиномиальной модели съёмочной камеры и следующих формул связи координат точек местности и изображения:

$$x_N = \frac{P_1(\varphi_N, \lambda_N, h_N)}{P_2(\varphi_N, \lambda_N, h_N)}, \quad y_N = \frac{P_3(\varphi_N, \lambda_N, h_N)}{P_4(\varphi_N, \lambda_N, h_N)}, \quad (16.17)$$

где $x_N, y_N, \varphi_N, \lambda_N, h_N$ – нормированные координаты соответственных точек снимка и местности, вычисляемые по формулам

$$\left. \begin{aligned} \varphi_N &= \frac{\varphi - O_\varphi}{S_\varphi}, & \lambda_N &= \frac{\lambda - O_\lambda}{S_\lambda}, & h_N &= \frac{h - O_h}{S_h}, \\ x_N &= \frac{x - o_x}{s_x}, & y_N &= \frac{y - o_y}{s_y} \end{aligned} \right\}; \quad (16.18)$$

$\varphi_N, \lambda_N, h_N$ – широта, долгота и геодезическая высота искомой точки на местности; x, y – координаты искомой точки в системе изображения; $O_\varphi, O_\lambda, O_h$ – широта, долгота и геодезическая высота проекции центральной точки изображения; o_x, o_y – растровые координаты центральной точки изображения в виде номеров строк и столбцов; $s_x, s_y, S_\varphi, S_\lambda, S_h$ – масштабные коэффициенты соответствующих величин.

Величины $O_\varphi, O_\lambda, S_\varphi, S_\lambda$ представляются в десятичных градусах, O_h и S_h в метрах, а o_x, o_y, s_x, s_y – в пикселах. Их численные значения передаются пользователю в специальных файлах, сопровождающих космические изображения.

Каждый из четырех полиномов в выражениях (16.17) имеет вид:

$$P_1(\varphi_N, \lambda_N, h_N) = a_1 + a_2\lambda_N + a_3\varphi_N + a_4h_N + a_5\varphi_N\lambda_N + a_6\lambda_Nh_N + \left. \begin{aligned} &+ a_7\varphi_Nh_N + a_8\lambda_N^2 + a_9\varphi_N^2 + a_{10}h_N^2 + a_{11}\varphi_N\lambda_Nh_N + \\ &+ a_{12}\lambda_N^3 + a_{13}\lambda_N\varphi_N^2 + a_{14}\lambda_Nh_N^2 + a_{15}\lambda_N^2\varphi_N + a_{16}\varphi_N^3 + \\ &+ a_{17}\varphi_Nh_N^2 + a_{18}\lambda_N^2h_N + a_{19}\varphi_N^2h_N + a_{20}h_N^3 \end{aligned} \right\} .(16.19)$$

а их совокупность определяет *кубическую полиномиальную модель съёмочной камеры*.

В классической фотограмметрии направление любого проектирующего луча, проходящего через центр проектирования, точку снимка (изображения) и местности, определяется косвенным путем - через координаты точки на снимке, элементы внутреннего и внешнего ориентирования. Очевидно, что это направление задается в той координатной системе, в которой определены элементы внешнего ориентирования снимка.

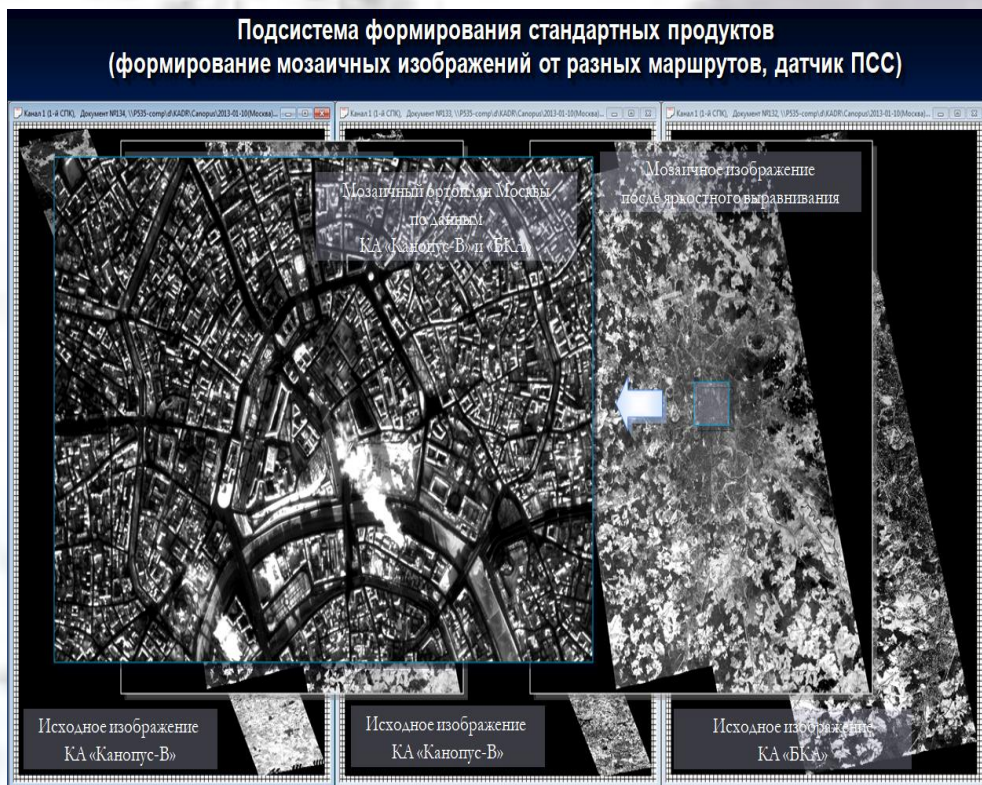
В кубической полиномиальной модели камеры направление любого проектирующего луча определяется явно, без непосредственного участия элементов внутреннего и внешнего ориентирования. Делается это с помощью выражений (16.17), нормированных значений координат (16.18) точек изображения и 80-ти коэффициентов a_i, b_i, c_i, d_i модели съёмочной камеры. Причем, эти коэффициенты определяются для каждого космического снимка на основе точной геометрической модели камеры, «привязаны» к системе координат WGS-84 и передаются пользователям вместе с некоторыми продуктами обработки исходных изображений (табл. 16.4). Естественно, что эти коэффициенты могут использоваться для обработки только того снимка, для которого они определены.

Шестой учебный вопрос

Полиномиальные методы.

Полиномиальные методы фотограмметрической обработки материалов опико-электронного сканирования основаны на использовании обобщенных (13.18), конформных (13.19) или пространственных (13.20) полиномов второго - третьего и более высокого порядка.

Считается, что для трансформирования снимков, имеющих искажения вследствие влияния погрешностей съемочных систем, угла наклона снимка, кривизны Земли и ее вращения, пригодны полиномы второго порядка, а при наличии более сложных искажений - третьего и более высокого порядка. Однако при их применении следует иметь в виду три обстоятельства:

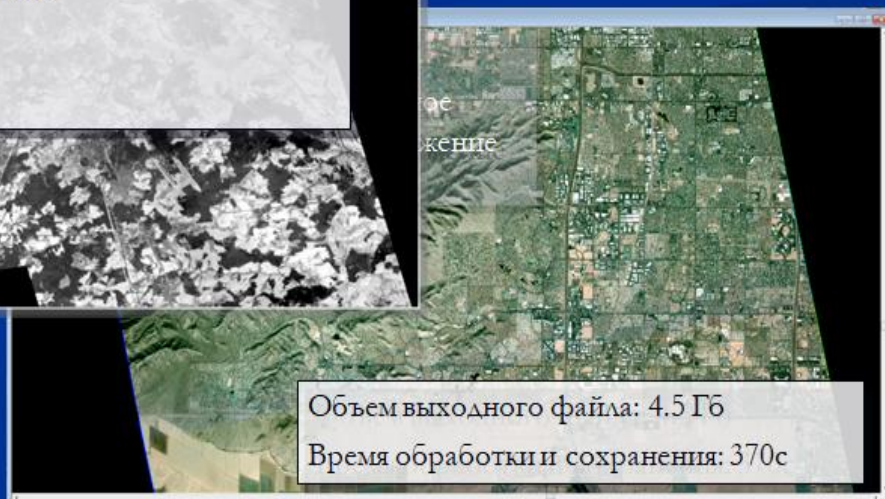
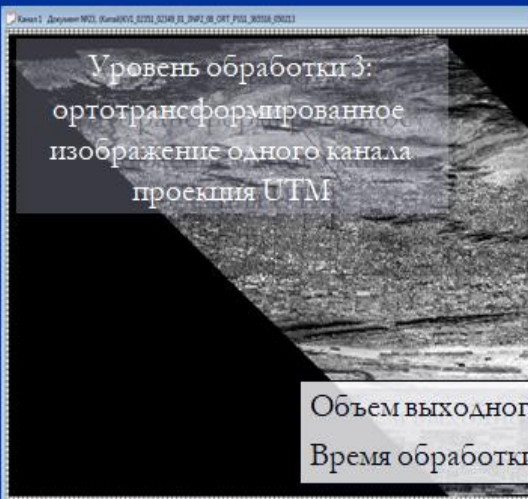
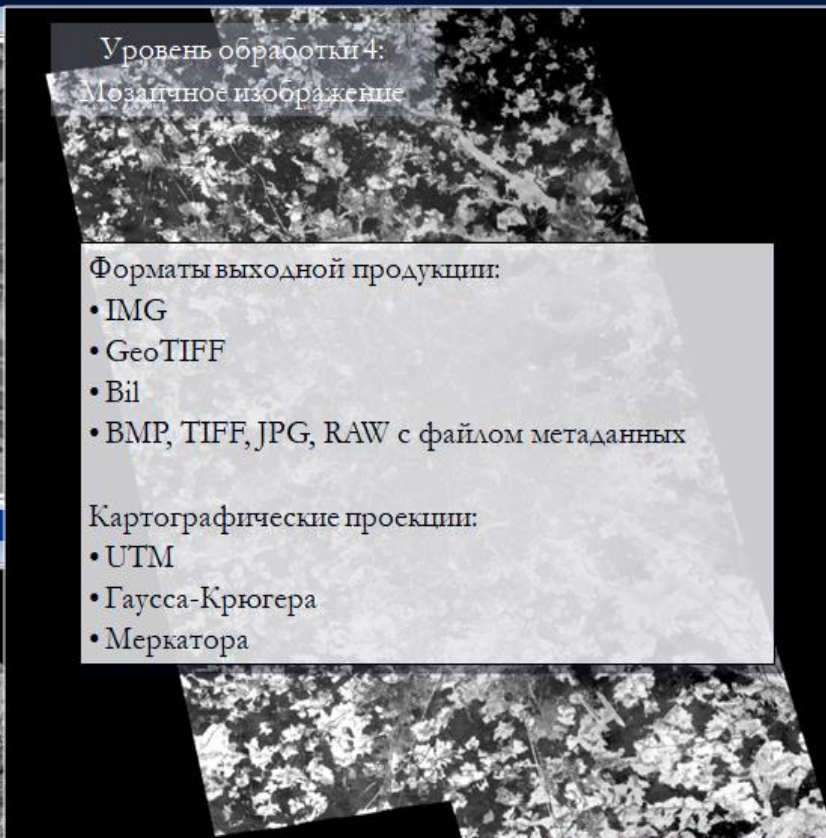
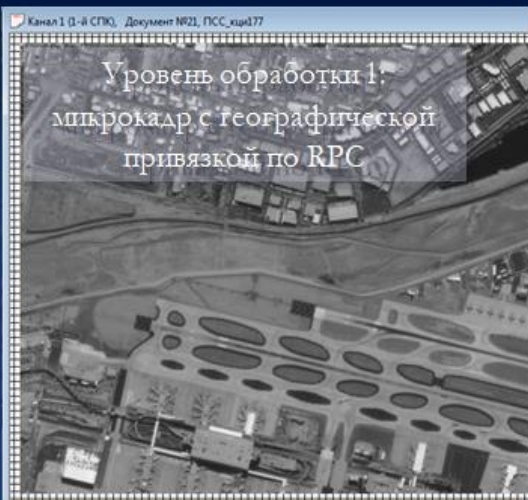


опорные точки для определения коэффициентов полиномов обобщенного типа (13.18), довольно чувствительных к схеме их размещения, должны располагаться по стандартной схеме, за границами области обработки;

чем меньше число избыточных данных, тем меньше остаточные расхождения координат опорных точек, по которым определяются коэффициенты полинома;

хорошее совпадение координат опорных точек еще не гарантирует удовлетворительных погрешностей положения других точек снимка.

Виды выходной продукции (временные характеристики получены на компьютере с CPU Intel i7 3 ГГц)



Вопросы на самостоятельную работу

1. Что общего и в чем различие в стереофотограмметрической обработке наземных и аэрофотоснимков?
2. Какие факторы проведения космических съёмок определяют особые геометрические и изобразительные свойства получаемых снимков?
3. По каким орбитам происходит движение КПА при производстве съёмок? В чём преимущества каждой из них?
4. Программное обеспечение для фотограмметрического преобразования снимков.
5. Обзор технологий создания ортофотопланов по материалам космических съёмок.
6. Методы аналитической фототриангуляции при построении 3D-изображений.
7. Использование 3D-изображений в ГИС-технологиях.
8. Программное обеспечение фотограмметрического преобразования снимков.
9. Обзор отечественных и зарубежных систем ввода-вывода изображений.

Литература

1. Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. «Научные основы фотограмметрии и дистанционного зондирования». Научно-методическое пособие, электронная версия, 2013.
2. Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. «Фотограмметрия и дистанционное зондирование», М. Академпроект, 2016 г.
3. Лобанов А.Н. Фотограмметрия. М. Недра.1984.