

ТЕХНОЛОГИЯ СЪЕМКИ С НАКОПЛЕНИЕМ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЗЗ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Ю. С. Долинец

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

ТЕХНОЛОГИЯ ЗЙОМКИ З НАКОПИЧЕННЯМ ДЛЯ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ ДЗЗ ВИСОКОГО РОЗРІЗНЕННЯ

Для підвищення експлуатаційних показників та покращення якості знімків у сучасних космічних апаратах ДЗЗ застосовується режим зйомки з накопиченням. У статті наведена методика її здійснення, результати оцінки впливу різних факторів на точносні характеристики розрахункової моделі, визначені діапазони припустимих кутів зйомки.

Ключові слова: дистанційне зондування, зйомка з накопиченням, зйомка зі збільшенням часом експозиції.

J. S. Dolinets

O. Gonchar Dnipropetrovsk national university

A PHOTOGRAPHING TECHNOLOGY FOR THE HIGH-RESOLUTION REMOTE SENSING SPACE VEHICLES

It is a storage shooting mode that is used in the modern remote sensing space vehicles for the improvement of satellite data quality and performance parameters. Methods of its realization and the different factors' impact assessment on the accuracy characteristics of the design model are given. Diapasons of the acceptable angles of shooting are specified.

Keywords: remote sensing, storage shooting mode.

Достоинства съемки с накоплением

Для повышения чувствительности съемочной аппаратуры в современных КА ДЗЗ высокого разрешения (Ikonos, QuickBird, EROS и др.) используется режим съемки с накоплением, позволяющий увеличить время экспозиции строки за счет снижения скорости перемещения проекции строки фотоприемника (линейки ПЗС) по поверхности Земли путем перенацеливания спутника во время съемки (рис. 1).

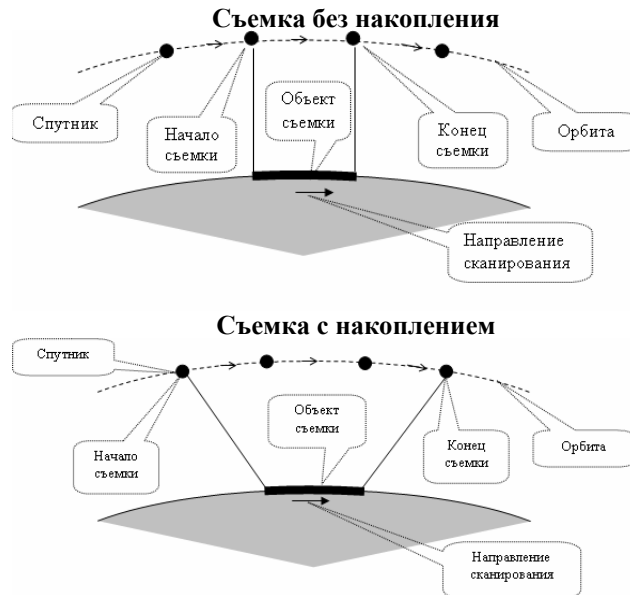


Рис. 1. Перенацеливание спутника для осуществления съемки с накоплением

При этом возрастает отношение сигнал/шум для получаемых снимков при одних и тех же параметрах оптико-электронной системы (рис. 2).

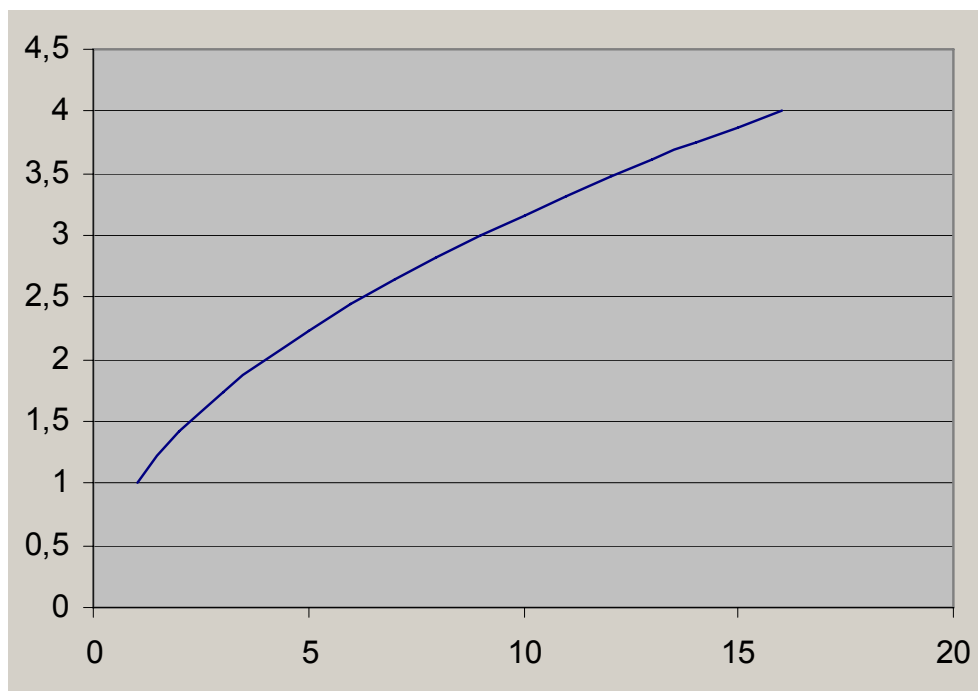


Рис. 2. Зависимость увеличения отношения сигнал/шум от коэффициента накопления

Это позволяет:

- производить съемку при меньших углах места Солнца с заданным отношением сигнал/шум;
- обнаруживать на снимках менее контрастные объекты в заданных условиях освещенности;
- исключить из процедур обработки снимков операции статистической фильтрации шумов и тем самым повысить достоверность получаемой информации;
- выполнять более качественно процедуры классификации снимка, использующие радиометрические и спектральные признаки;
- при съемке в режиме «с перекрытием», применяя соответствующие способы обработки, повысить пространственное разрешение снимка по строкам.

Кроме того, при работе в режиме с накоплением увеличивается длительность сеанса связи (для одной и той же снимаемой территории и одинаковой обработки на борту), что позволяет использовать приемные станции с меньшими антеннами с теми же параметрами бортовой передающей аппаратуры.

Спутники, реализующие режим съемки с накоплением, также позволяют получать снимки с заданной ориентацией (например, в направлении север–юг), а также снимать произвольно ориентированные протяженные объекты за один виток (рис. 3).

Особенности съемки с накоплением

Режим съемки с накоплением предъявляет соответствующие требования как к спутнику (в части обеспечения требуемой переориентации КА в процессе съемки и возможности работы с различными частотами сканирования по строкам), так и к программным средствам (планирование съемки, управление спутником и обработка снимков).

При реализации такой технологии необходимо учитывать множество факторов, основными из которых являются:

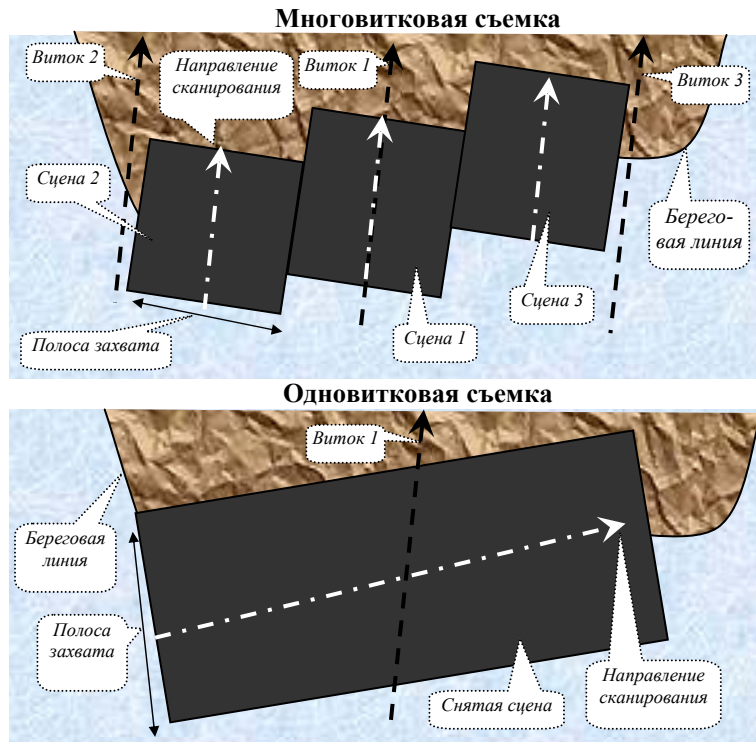


Рис. 3. Сравнение одновитковой и многовитковых съемок

– различная наклонная дальность и угол съемки для строк, соответствующих началу, середине и концу сцены, что приводит к соответствующим различиям в размерах проекции линейки ПЗС на поверхности Земли (рис. 4);

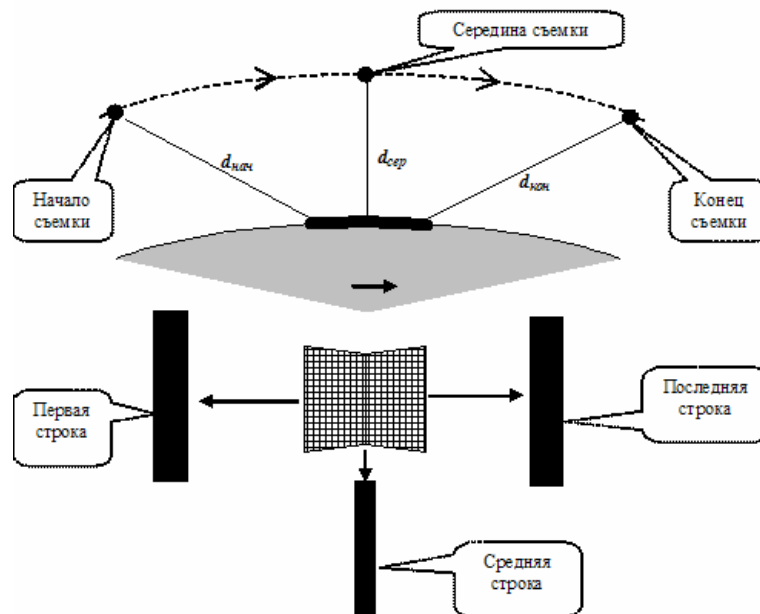


Рис. 4. Искажение снимка из-за различной длины проекции линейки ПЗС на Землю

– значительное отклонение от надира в начале и в конце съемки, необходимое при больших значениях коэффициента накопления (отношения времени съемки с накоплением к времени съемки без накопления), что приводит к необходимости учета высоты рельефа (рис 5);

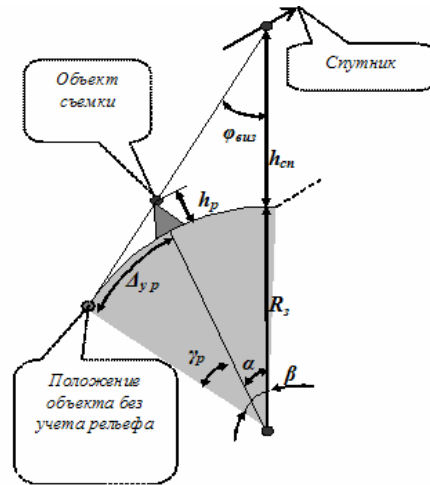


Рис. 5. Влияние высоты рельефа на точность съемки, где

$\varphi_{\text{виз}}$ – угол визирования;
 α, β – геоцентрические углы;

$$\alpha = \arcsin \frac{(R_з + h_{\text{сп}}) \sin \varphi_{\text{виз}}}{h_р + R_з} - \varphi_{\text{виз}},$$

$$\beta = \arcsin \frac{(R_з + h_{\text{сп}}) \sin \varphi_{\text{виз}}}{R_з} - \varphi_{\text{виз}};$$

$\gamma_р = \beta - \alpha$ – угловая погрешность;

$\Delta_{ур} = R_з \gamma_р$ – линейная погрешность.

– суммарное отклонение от надира при перенацеливании и накоплении может достигать 30° и более, что приводит к необходимости дополнительного учета атмосферной рефракции (рис. 6).

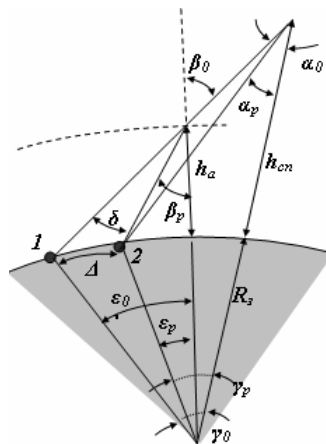


Рис. 6. Влияние атмосферы на качество снимка,

где 1 – кажущееся положение визируемой точки (без учета рефракции);
 2 – действительное положение визируемой точки (с учетом рефракции);
 Δ – линейная погрешность за счет рефракции;

$h_{сп}$ – высота спутника;
 h_a – эффект. высота атмосфер;
 α_0 – угол визирования без учета рефракции;
 β_0 – зенитный угол входа вектора визирования в атмосферу;
 ε_0 – геоцентрический угол точки входа без учета рефракции;
 γ_0 – геоцентрический угол спутника без учета рефракции;
 δ – рефракционная поправка;
 β_p – зенитный угол входа с учетом рефракции;
 α_p – угол визирования с учетом рефракции;
 ε_p – геоцентрический угол точки входа с учетом рефракции;
 γ_p – геоцентрический угол спутника с учетом рефракции

Особенности съемки с накоплением должны быть учтены на этапах планирования съемки, управления спутником и обработки снимков.

Результаты предварительных расчетов

Ниже приведены зависимости погрешностей определения координат проекции фотоприемника на поверхности Земли от угла отклонения от надира, определяемые высотой рельефа (рис. 7) и атмосферной рефракцией (рис. 8).

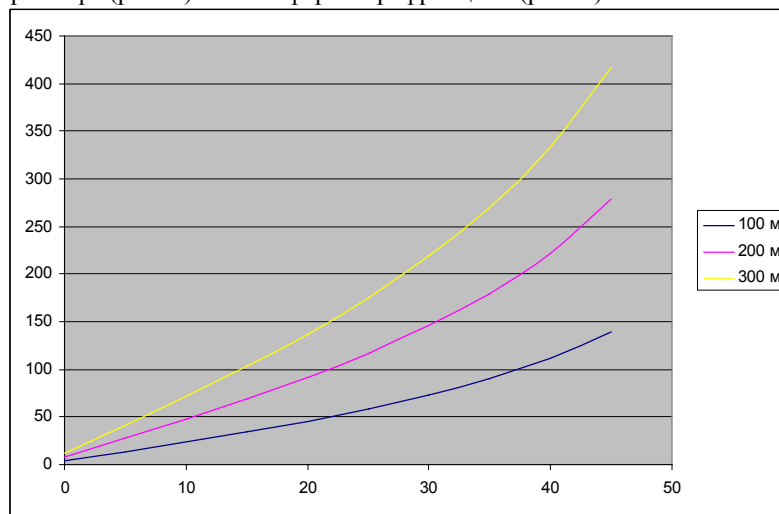


Рис. 7. Зависимость погрешности определения координат проекции фотоприемника от высоты рельефа

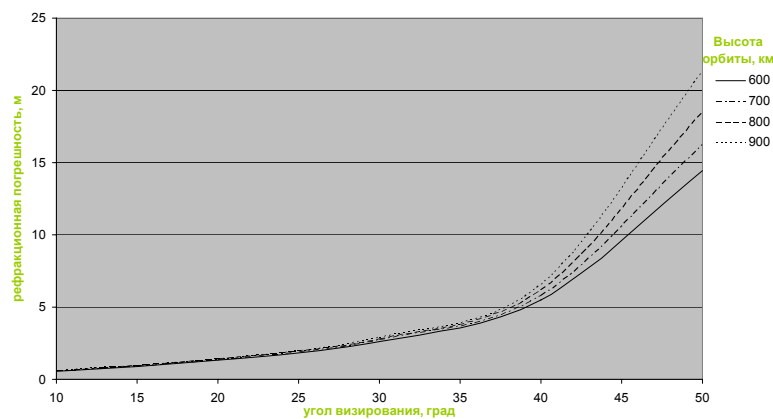


Рис. 8. Зависимость погрешности определения координат проекции фотоприемника от атмосферной рефракции

Учитывая вышесказанное, при разработке методики съемки с накоплением должна быть выполнена оценка влияния различных факторов (в т.ч. влияние погрешностей определения ориентации и местоположения спутника, рельефа местности, атмосферной рефракции и др.) на точностные характеристики расчетной модели, в том числе:

- на погрешности определения параметров углового движения спутника при планировании съемки;
- на точность определения координат снятых участков в процессе моделирования съемки и при выполнении географической привязки спутниковых снимков.

Кроме того, должны быть определены диапазоны допустимых углов съемки в зависимости от высоты рельефа, застроек и растительности, которые окружают объект съемки.

Ниже приведены предварительные результаты моделирования съемки с накоплением. На рис. 9, 10, 11 показаны графики изменения углов ориентации во времени для осуществления съемки с накоплением.

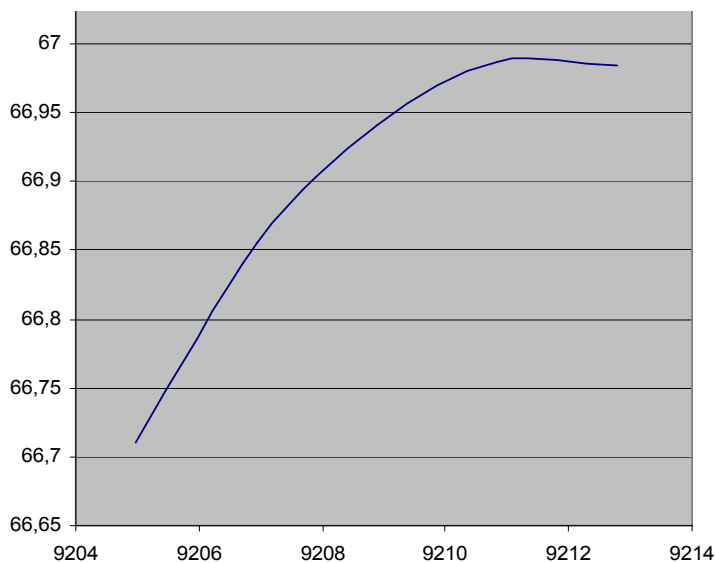


Рис. 9. График изменения угла по крену для осуществления съемки с накоплением

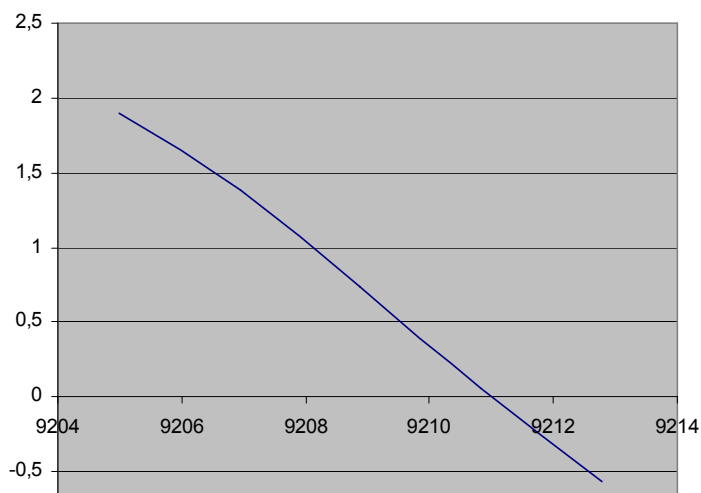


Рис. 10. График изменения угла по рысканью для осуществления съемки с накоплением

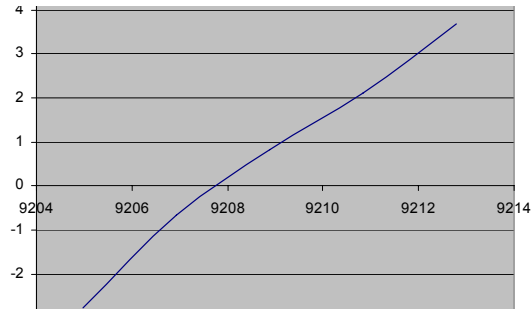


Рис. 11. График изменения угла по тангажу для осуществления съемки с накоплением

Выводы по результатам предварительной проработки темы

Техническая реализация режима съемки с накоплением для перспективных КА ДЗЗ высокого разрешения может быть реализована следующими путями:

- с использованием оптико-электронного сканера с одной фиксированной частотой сканирования по строкам и реализацией режима "съемка с перекрытием" (коэффициент накопления в диапазоне 2–4);
- с использованием оптико-электронного сканера с кратными частотами сканирования по строкам (коэффициент накопления в диапазоне 4–16);
- с использованием оптико-электронного сканера с «плавающей» частотой сканирования по строкам (коэффициент накопления в диапазоне 4–16).

Режим съемки с накоплением целесообразно использовать при кадровой съемке (протяженность трассы соизмерима с полосой захвата), т.е. для длительности сеанса съемки до 5–10 с.

При разработке математических моделей технологии съемки с накоплением необходимо использовать цифровые модели рельефа масштаба М1:200 000 или крупнее (в зависимости от пересеченности рельефа снимаемых участков).

Разработку технологии съемки с накоплением целесообразно разбить на следующие этапы:

- разработка методики съемки с накоплением и соответствующих алгоритмов;
- создание программного обеспечения планирования съемки, управления спутником и обработки данных ДЗЗ;
- отработка технологии съемки с накоплением и программного обеспечения в процессе летных испытаний КА ДЗЗ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Долинец Ю. С. Технология спутниковой съемки с ненулевыми угловыми скоростями / Ю. С. Долинец, Д. К. Мозговой // 10-й Міжнар. молод. наук.-практ. конф. «Людина і космос»: Зб. тез. – Д.: НЦАОМУ, 2008. – С. 495.

Мозговой Д. К. Использование новых технологий съемки для повышения эффективности КА МС-2-8 / Д. К. Мозговой, В. И. Волошин, Е. И. Бушуев и др. // Седьмая Украинская конференция по космическим исследованиям: Сб. тез. 3-8 сентября 2007 г., НЦУИКС. – Евпатория, 2007. – С. 182-183.

Мозговой Д. К. Спутниковая съемка протяженных объектов / Д. К. Мозговой, В. И. Волошин // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Сер. Ракетно-космічна техніка. Вип. 10. – Т. 2, № 9/2. – Д., 2006. – С. 239-241.

Мозговой Д. К. Технология съемки протяженных объектов // 9-та Міжнар. молод. наук.-практ. конф. «Людина і космос»: Зб. тез. – Д.: НЦАОМУ, 2007. – С. 439.

Мозговой Д. К. Технология съемки прибрежных зон / Д. К. Мозговой, В. И. Волошин // Современные проблемы рационального природопользования в прибрежных морских акваториях Украины: Тез. докл. Междунар. конф. молодых ученых (г. Севастополь – п. Качивели, 12-14 июня 2007 г.). – Севастополь: НПП «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2007. – С. 21-22.

Надійшла до редколегії 11.06.08