

УДК 621.375

Д.П. Пашков

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев

ПРИНЦИПЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

На основе анализа технических средств бортового специального комплекса исследованы основные принципы построения космических систем оптико-электронного наблюдения для оперативной передачи информации при проведении экологического мониторинга поверхности Земли. В статье рассматриваются особенности и основные этапы обработки многоспектральных снимков в космической системе оптического наблюдения для решения экологических задач.

Ключевые слова: космические системы, оптико-электронное наблюдение, мониторинг, принципы.

Введение

Актуальность выбранной темы. Провозгласив независимость, Украина определила космическую отрасль как приоритетное направление, что подтверждается принятием Концепции реализации государственной политики в сфере космической деятельности на период до 2032 года и выполнением Национальной целевой научно-технической космической программы Украины на 2013 – 2017 годы [1, 2].

Одним из перспективных направлений решения задач экологического мониторинга поверхности Земли, является применение космических систем (КС) оптико-электронного наблюдения (ОЭН) [3]. При этом требования к разрешающей способности оптико-электронных устройств и достоверности информации постоянно повышаются, а к времени доставки снимков с космических аппаратов на наземный информационный комплекс (НИК) сокращается, что способствует развитию технологий построения бортового специального комплекса (БСК) КА ОЭН, а также технических средств передачи данных в космической системе [4].

Анализ литературы [3 – 6] показал, что одним из перспективных направлений для экологического контроля является использование видеоспектральной съемки. Однако при этом количество спектральных каналов увеличивается в сотни раз [4]. Это приводит к резкому увеличению объема изображения, связанных с регистрацией, запоминанием на борту космического аппарата (КА) и передачей информации по радиоканалу. На сегодняшний день недостаточно уделено внимание комплексной обработки многоспектральных изображений. В связи с этим возникает противоречие, которое заключается с одной стороны с увеличением объема многоспектральных изображений, получаемых от видеоспектральных оптико-электронных устройств, а с другой стороны ограниченность радиоканала для передачи информации в реальном масштабе времени.

Поэтому **целью статьи** является определение основных принципов обработки многоспектральных изображений в космических системах экологического наблюдения.

Изложение основного материала

Независимо от типа КА оптико-электронного наблюдения можно выделить основные этапы обработки многоспектральных изображений при их формировании и передаче на наземный информационный комплекс по радиоканалу (рис. 1, 2).

Для определения основных направлений совершенствования космических систем оптико-электронного наблюдения необходимо провести декомпозицию поставленной задачи исследования для решения частных подзадач связанных с определенными этапами обработки многоспектральных изображений. Тогда, в ходе синтеза принципов комплексной обработки многоспектральных изображений в космической системе ОЭН можно выделить следующие основные этапы:

1. этап. *Оптимальный прием оптического сигнала в видеоспектрометре БСК КА ОЭН.*

Одним из современных средств получения космической видеoinформации являются многоспектральные сканирующие системы, использующие в качестве приемников излучения детекторы различных типов в сочетании с оптико-механическими или электронно-сканирующими устройствами. Анализ литературы [4 – 6] показал, что принципиального отличия при применении линейного, продольного или поперечного типа сканирования нет. В любом случае в процессе обработки изображения в бортовом специальном комплексе необходимо формировать многомерное пространственно-спектральное изображение, в котором каждый элементарный участок (пиксель) изображения характеризуется собственным спектром [3, 6].

В связи с этим необходимо решать обратную задачу наблюдения (распознавания), которая заклю-

чається в досягненні максимуму сигнатури к априорним обмеженням. То єсть, вирішується задача відновлення характеристик досліджуваного об'єкта по спектральним характеристикам (или признакам)

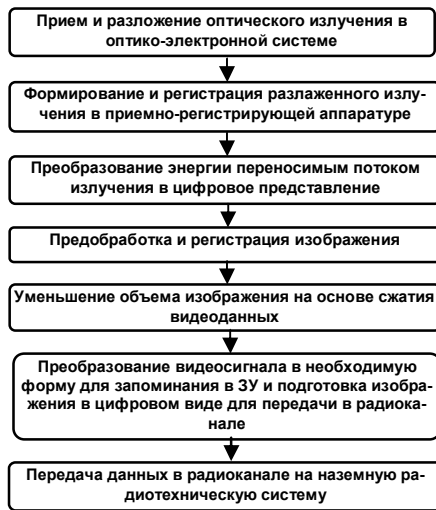


Рис. 1. Этапы обработки многоспектральных изображений в БСК КА ОЭН

Это возможно осуществить во время формирования изображения в преддетекторной области при выделении оптического сигнала на основе управления полосой пропускания в диспергирующем устройстве оптико-электронной системы наблюдения [7, 8]. При этом выбор спектрального участка для экологического мониторинга базируется на определении оптимальных спектральных участков в видеоспектрометре в основу которых положены следующие положения:

- экологический объект наблюдения излучает и несет разнообразную информацию о свойствах (объекта) как от прямого, отраженного или рассеянного излучения, что в значительной мере определяется длиной волны излучения;
- для идентификации экологического объекта наблюдения достаточно трех спектральных каналов;
- выбор спектральной ширины канала и его диапазона базируется на информативности спектральных измерений относительно характеристик исследуемого объекта. При этом, количественная оценка информативности, в свою очередь, связана с возможностью в известной мере восстановить характеристики исследуемого процесса (объекта) за наблюдаемыми величинами.

2 этап. *Формирование многоспектрального изображения по спектральным признакам и преобразование его в цифровой вид.*

Непосредственное формирование многомерно-пространственно-спектрального изображения начинается с момента разложения оптического сигнала в диспергирующем элементе [5]. Так в диспергирующем элементе оптико-электронного устрой-

ства осуществляется выбор оптимального участка и управление шириной полосы пропускания для выделения необходимого частотного диапазона.

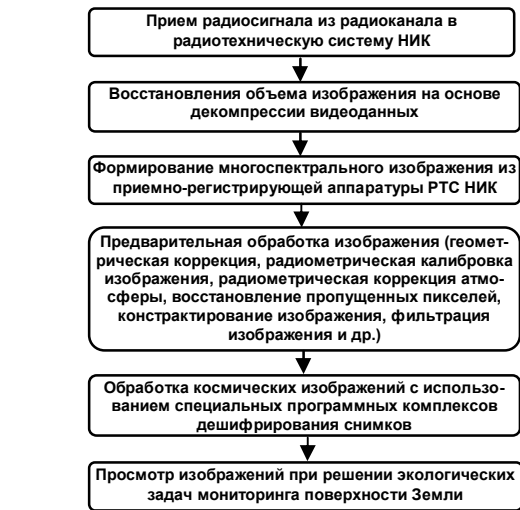


Рис. 2. Этапы обработки многоспектральных изображений в НИК

ства осуществляется выбор оптимального участка и управление шириной полосы пропускания для выделения необходимого частотного диапазона.

При этом, особенностью видеоспектральной является возможность получить информацию как по пространственной распределению яркости наблюдаемой сцены, так и спектральном составе излучения, приходящего от отдельных участков сцены. Анализ литературы [3, 5] показал, что основная информация о состоянии объекта содержится в зависимости наблюдаемой яркости от длины волны излучения, для точки сканирования поверхности в узком спектральном интервале. Поэтому непосредственное формирование изображения в многоспектральных оптико-электронных системах космического базирования, основано на возможности перенастройки спектральной полосы пропускания в диспергирующем устройстве, которое можно осуществить на основе методов управления шириной полосы пропускания [7] и динамической спектральной фильтрации изображений [8, 9]. В источниках [7–9] достаточно подробно описаны данные методы.

3 этап. *Оптимальная передача космических снимков по радиоканалу в КС ОЭН с учетом методов сжатия данных в подсистеме связи БСК КА ОЭН и восстановления изображений в наземном информационном комплексе в реальном масштабе времени.*

Для передачи сформированного изображения предлагается использовать оптимальные методы сжатия, обеспечивающих свою работу в реальном масштабе времени. Анализ источников литературы показал, что существующие методы обработки изо-

бражений являються комплексними і можуть состоять из последовательных определенных процедур которые достаточно хорошо описаны.

При этом, основной процедурой при формировании изображения, является ортогональное преобразование [10, 11]. Причем, временные затраты на выполнение ортогонального преобразования могут достигать до 90 % от общего времени выполнения того или иного алгоритма обработки изображения. Поэтому, необходима разработка более эффективных методов сжатия изображения на основе оптимального ортогональным преобразованием в алгоритмах сжатия и восстановления данных в реальном масштабе времени.

4. этап. *Повышения качества приема радиосигналов в радиопередающем тракте.*

Одним из направлений традиционных исследований, является повышение качества приема сигналов в радиотехнических систем (РТС) наземного информационного комплекса (НИК). На сегодняшний день по данному направлению достаточно много опубликовано и проведено исследований. Однако данное направление также заслуживает внимание,

так как на сегодня в Украине можно реализовать прием специальной информации только по одно-пунктной технологии. Поэтому данную особенность нужно не только учитывать, но и использовать как временное ограничение при пролете КА ОЭН в зоне радиовидимости.

5. этап. *Обработка и использование космических снимков для решения задач экологического мониторинга.*

На сегодняшний день при дешифрировании космических снимков одной из главных задач остается выделение признаков (прямых и косвенных) для распознавания предметов (объектов). При этом стремительное развитие географических информационных систем (ГИС) дало возможность не только анализировать текущее состояние сцены мониторинга, но и проводить прогнозирования экологической ситуации (моделирование происходящих событий), а также принимать при необходимости обоснованные управленческие решения.

На рис. 3 представлена обобщенная структурная схема анализа космических снимков для решения задач экологического мониторинга.

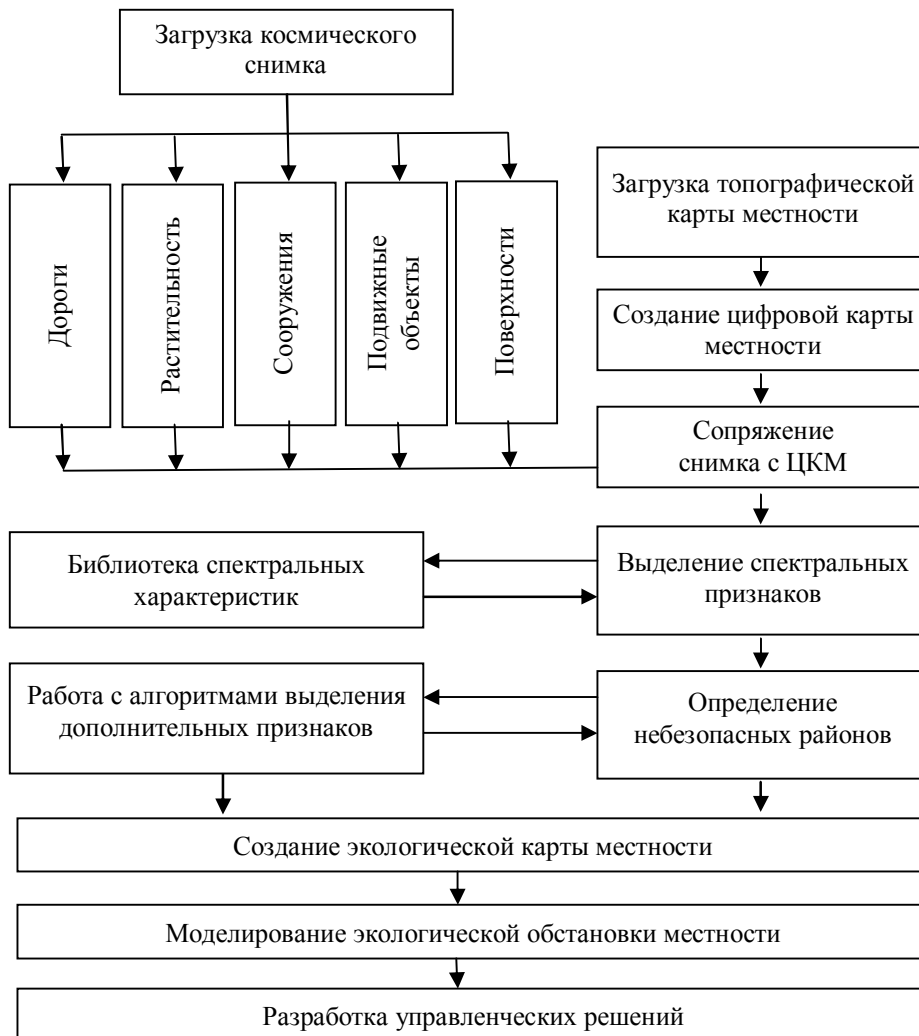


Рис. 3. Структурная схема проведения экологического мониторинга с использованием космических снимков

На основе представленной обобщенной структурной схемы можно реализовать алгоритмы обработки космических снимков для решения экологических задач на основе анализа выделенных дополнительных спектральных признаков.

Выводы

Таким образом, в статье на основе анализа технических средств бортового специального комплекса исследованы основные принципы построения космических систем оптико-электронного наблюдения для оперативной передачи информации при проведении экологического мониторинга поверхности Земли.

Результаты анализа позволили представить основные направления развития и построения видеоспектрометров бортового специального комплекса космического аппарата оптико-электронного наблюдения, а также обобщенную структурную схему обработки космических снимков в программно-аппаратных комплексах наземного информационного комплекса в интересах оперативного решения задач экологического мониторинга на основе анализа поэтапной обработки многоспектральных изображений в космической системе экологического наблюдения.

Список литературы

1. Концепція реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року. – К.: ДКА України, 2012. – 48 с.
2. Закон України від 5 вересня 2013 р. № 439-VII «Загальнодержавна цільова науково-технічна космічна програма України на 2013 – 2017 роки».
3. Волошин В.И. Экология и космос / В.И. Волошин, В.И. Драновский, Е.И. Бушуев // Космічна наука і технологія. – 2002. – Т. 8, № 2/3. – С. 52-56.

4. Дистанційне зондування Землі інформаційні технології збирання, оброблення та використання даних аерокосмічного спостереження Землі / Під ред. В.І. Волошина та В.М. Корчинського. – Д.: Проспект, 2007. – 208 с.

5. Информационные технологии в управлении работой полезной нагрузки космических аппаратов по дистанционному зондированию Земли / В.И. Волошин, Е.И. Капустин, А.И. Кириллов, [и др.] // Космічна наука і технологія, – 2005. – Т. 11, № 3/4. – С. 88-91.

6. Пашков Д.П. Анализ развития оптико-электронных систем дистанционного зондирования Земли / Д.П. Пашков // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІНУ, 2008. – Вип. 4 (8). – С. 15-17.

7. Пашков Д.П. Выбор участка спектра для дистанционного зондирования объекта на поверхности Земли / Д.П. Пашков // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІНУ, – 2008. – Вип. 1 (5). – С. 33-34.

8. Купченко Л.Ф. Метод спектральной фильтрации изображения объекта при наличии сигнала атмосферной помехи / Л.Ф. Купченко, А.С. Рыбьяк, Д.П. Пашков // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС. – 2007. – Вип. 3 (15). – С. 40-45.

9. Купченко Л.Ф. Уменьшение избыточности информации в гиперспектральных системах дистанционного зондирования Земли с использованием динамической спектральной фильтрации / Л.Ф. Купченко, А.С. Рыбьяк, Д.П. Пашков // Моделивання та інформаційні технології: зб. наук. пр. – К.: ІПМЕ НАНУ. – 2010. – Вип. 58. – С. 19-26.

10. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р.А. Шовенгердт. – М.: Техносфера. 2010. – 560 с.

11. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош. – М.: Техносфера. 2008. – 312 с.

Поступила в редколлегию 5.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ПРИНЦИПИ КОМПЛЕКСНОЇ ОБРОБКИ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У КОСМІЧНИХ СИСТЕМАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Д.П. Пашков

На основі аналізу технічних засобів бортового спеціального комплексу досліджені основні принципи побудови космічних систем оптико-електронного спостереження для оперативної передачі інформації при проведенні екологічного моніторингу поверхні Землі. У статті розглядаються особливості та основні етапи обробки багатоспектральних знімків в космічній системі оптичного спостереження для вирішення екологічних завдань.

Ключові слова: космічні системи, оптико-електронне спостереження, моніторинг, принципи.

PRINCIPLES OF COMPLEX PROCESSING OF MULTISPECTRAL IMAGES ARE IN SPACE SYSTEMS OF SUPERVISION FOR OPERATIVE ECOLOGICAL MONITORING

D.P. Pashkov

On the basis of analysis of hardwares of the side special complex basic principles of construction of the space systems of optic-electronic supervision are probed for the operative passing to information during conducting of the ecological monitoring of terrene. In the article features and basic stages of treatment of multispectral pictures are examined in the space system of optical supervision for the decision of ecological tasks.

Keywords: space systems, optic-electronic supervision, monitoring, principles.