

МОДЕЛИ И МЕТОДИКИ НАЗЕМНО-АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АКВАТОРИИ И ИНФРАСТРУКТУРЫ МОРСКОГО ПОРТА

О. В. Бровкина, Д. В. Жуков, В. Ф. Мочалов, В. А. Матьяш
(Санкт-Петербург)

Представлены общие характеристики объекта мониторинга, перечень основных практических задач, которые можно решать на основе данных от авиационно-космических средств наблюдения и результатов наземных (морских) измерений. Сформулированы требования к исходным данным аэрокосмического мониторинга. Приведена структура методического аппарата, задействованного при выполнении работ. Показана роль имитационного моделирования при оптимизации аэросъемочных работ, выборе оптимальных условий и параметров космической съемки, при тематической обработке материалов съемки и прогнозировании развития контролируемых ситуаций.

Акватория и территория морского порта являются сложными площадными объектами, состояние которых можно описать и построить соответствующие имитационные модели на основе инфраструктуры пространственных данных /1/. В качестве формы представления результатов моделирования частных и обобщенных оценок, характеризующих состояние объекта мониторинга выбраны средства геоинформационного обеспечения /2/.

В состав акватории морского порта входят водные подходы, рейды, внутренние гавани и бассейны, в пределах которых размещены причальные сооружения, прилегающая водная территория водоема. Территория порта представляет собой земельные участки непокрытые поверхностными водами, в том числе искусственного происхождения, на которых размещены объекты инфраструктуры порта.

На основе мониторинга акватории и инфраструктуры морского порта можно решать следующие актуальные практические задачи /3–6/:

- инвентаризация и районирование акватории, прилегающих территорий и объектов порта;
- актуализация карт, планов и схем размещения объектов на территории порта;
- контроль грузооборота и порядка прохождения грузов через порт;
- контроль выполнения требований нормативных документов, касающихся пространственного размещения объектов инфраструктуры порта в части промышленной и пожарной безопасности;
- контроль экологического состояния акватории и территории порта;
- выявление источников и причин возможного неблагоприятного воздействия на состояние объектов контроля.

В качестве исходных данных для решения практических задач на больших по площади территориях принимаются материалы космической и авиационной съемки, данные морских и наземных измерений.

Состав средств, задействованных при мониторинге инфраструктуры порта, приведен на рис. 1.

В качестве примера морских средств, которые привлекаются к мониторингу состояния акватории порта можно привести судно «Петр Градов» (Черноморский Флот). Для выполнения аэросъемочных работ часто используется авиационный комплект экологического мониторинга «АКЭМ-Обзор», размещенный на борту самолета Ан-30. В качестве источника данных космической съемки привлекаются космические аппараты «Ресурс-ДК», «Канопус-В». При выполнении наземных измерений можно использовать укладку эколога, которой оснащены экологические службы флотов.

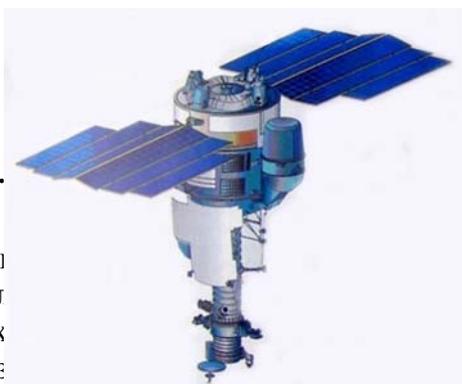


Рисунок 1.

Решени
ринг контрол
методических
обеспечение э

кие и наз
ры порта

ает опти
е наиб
представ
едств

На основе анализа технических средств, составляющих систему аэрокосмического мониторинга необходимо:

- выбрать в качестве источника исходных данных (материалов съемки) один или несколько эксплуатируемых космических аппаратов и (или) бортовой комплект аэро-съемочного оборудования;
- выбрать наиболее оптимальные условия для проведения съемочных работ с учетом сезонно-суточной изменчивости отражательно-излучательных характеристик объекта контроля и их влияния на качество формируемых изображений, а также режимы работы съемочного оборудования;
- организовать обработку материалов съемки и результатов тестовых морских и наземных измерений на основе аппаратно-программных средств;
- обеспечить представление результатов мониторинга в форме, позволяющей оперативно и обоснованно принимать управленческие решения.

Выполнение приведенных требований является актуальной научно-технической задачей. В настоящее время она решается на основе моделирования отдельных структурных частей системы аэрокосмического мониторинга, определения параметров системы на примере выполненных работ, а также на основе экспертного анализа перспектив решения прикладных задач.

Структура методических основ технологии решения прикладных задач на основе аэрокосмического мониторинга может быть представлена в виде сложной технической системы, схема которой приведена на рис. 2.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ
СЪЕМКИ ПРИ РЕШЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**



Рисунок 2. Структура методического аппарата, привлекаемого для решения прикладных задач в системе авиационно-космического мониторинга

Системный анализ сложной технической системы, задействованной при решении рассматриваемых прикладных задач включает реализацию следующих направлений:

- построение модели системы авиационно-космического и наземного (морского) мониторинга;
- постановка задачи исследований, направленных на оптимизацию затрат при выполнении прикладных задач, повышение результативности выполняемых операций, качества представления выходной информации;
- разработка практических рекомендаций по выбору составных частей сложной технической системы, их параметров, порядка использования аппаратно-программных средств, задействованных в сборе, обработке и представлении результатов работ.

Задача системного анализа состоит в проведении необходимого анализа неопределенностей, ограничений, и формулировании, в конечном счете, некоторой оптимизационной задачи.

В исследуемой системе рассматриваются следующие источники информации:

- космические средства наблюдения, обеспечивающие сбор данных в видимом, инфракрасном и сверхвысокочастотном диапазонах спектра;
- оптико-электронные средства наблюдения, размещенные на борту самолетов (вертолетов);
- беспилотные летательные аппараты, оснащенные оптико-электронной аппаратурой наблюдения;
- результаты выборочных тестовых наземных измерений.

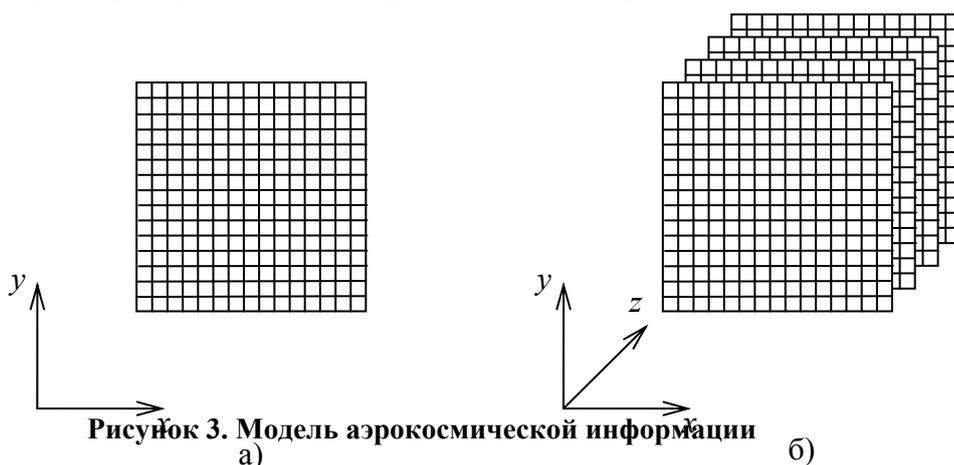
Источником аэрокосмической информации являются системы дистанционного зондирования Земли, установленные на различных космических или летательных аппаратах. При современном дистанционном зондировании Земли используются сканирующие системы, которые работают в очень узком диапазоне электромагнитного спектра и регистрируют информацию об определенных свойствах объекта в цифровом виде.

В процессе сканирования сенсором фиксирует интенсивность, которая изменяется в зависимости от яркости участка земной поверхности. При многозональной съемке различным спектральным диапазонам соответствуют отдельные независимые сигналы. В современных системах используется исключительно цифровое представление данных. Традиционно аэрокосмическую информацию называют снимками, хотя это может привести к некоторой путанице, поэтому остановимся на термине изображения.

Характерно, что для таких изображений, как и во многих других случаях, присутствует наличие различного рода мешающих факторов – помех, переменчивости условий наблюдения, динамики наблюдаемого объекта, взаимного перемещения приемника и объекта и т. п. Полезный сигнал может быть очень слаб по отношению к помехам и визуально неразличим на их фоне.

Нередко объем исходных данных очень велик (сотни Мб – единицы Гб), они поступают с большой скоростью и иногда требуют обработки в режиме реального времени.

В простейшем случае монохроматическое изображение, полученное в определенный момент времени, может рассматриваться в виде плоской сетки, состоящей из пикселей. Значением пикселя является интенсивность излучения, принимающее целочисленное значение в диапазоне от 0 до $2^6 \dots 2^{16}$ (обычно от 0 до 2^8). Положение пикселя определяется двумя прямоугольными координатами x и y (рис. 3, а) /7/.



В случае многозонального изображения элементы сетки приобретают векторный вид. Компонентами вектора являются значения интенсивности излучения в определенных спектральных диапазонах, еще называемых каналами. В большинстве случаев векторные сетки удобнее представлять совокупностью скалярных сеток (рис. 3, б). Здесь координата z интерпретируется как номер канала.

Если данные представляют собой временную последовательность, то иногда удобно считать эту последовательность одним изображением, увеличив размерность сетки на единицу. В этом случае (при скалярном виде интенсивности излучения) координата z на рисунке 3, б интерпретируется как координата времени.

Следует отметить, что особенностью изображений, представляющие собой данные дистанционного зондирования Земли, является однозначное соответствие координат x и y географическим координатам, т.е. здесь изображения являются географически привязанными.

Интенсивность излучения, которая фиксируется в значениях пикселей рассматриваемых изображений, является в общем случае случайной величиной, изменяемой в пространстве (для разных пикселей эта величина может быть разной) и во времени (с течением времени, для одной и той же точки пространства она тоже может изменяться). Все это говорит о необходимости рассмотрения моделей случайных полей, т.е. случайных функций нескольких переменных.

Применительно к данным дистанционного зондирования Земли наибольший интерес представляют поля $\xi(t, \mathbf{r}) \equiv \xi(\mathbf{r}, t)$, являющиеся функциями времени t и координат пространства $\mathbf{r} = (x, y, z)$, где координата z – номера каналов.

Общие методы описания моделей случайных полей формально во многом близки к соответствующим методам описания случайных процессов.

Следует отметить, что из-за сложности аналитических выражений на практике не часто удается воспользоваться описанием случайных полей в виде n -мерных распределений, что имеет место при рассмотрении данных дистанционного зондирования Земли. В этом случае большинство задач решается на уровне корреляционной теории случайных полей.

В качестве примера можно рассмотреть одну из задач контроля экологического состояния акватории и территории порта, а именно мониторинг нефтяных загрязнений.

Методика мониторинга нефтяных загрязнений акваторий на основе аэрокосмических данных сегодня достигла уровня промышленной эксплуатации и широко применяется во многих странах. При этом используются и оптические и радиолокационные аэрокосмические данные. Получение оптических аэрокосмических данных зависит от метеорологических условий на территории мониторинга – при наличии облачного покрова эти данные не могут нести полезной информации. Радиолокационные аэрокосмические данные считаются всепогодными, но и у них есть эта зависимость, хоть и косвенная. Для выявления нефтяного пятна на фоне взволнованной водной поверхности в наблюдаемой акватории должно быть определенное волнение, создаваемое при скорости ветра 2–5...7 м/с. Достоверность обнаружения нефтяных пятен оценивается, по разным источникам, от 70% до 90%. Как правило, результаты, получаемые с использованием аэрокосмических данных требуют подтверждения, которое выполняют путем морских и наземных измерений.

Литература

1. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации, Одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 августа 2006 г. № 1157-р.
2. Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года, Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. N 2378-р.
3. Федеральный закон РФ № 261-ФЗ «О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 8 ноября 2007 г.
4. «Наставление по предотвращению загрязнения с судов» РД 31.04.23-94
5. «Правила охраны труда в морских портах» ПОТ РО-152-31.82.03-96
6. «Нормы технологического проектирования морских портов» РД 31.3.05-97
7. **Schowengerdt R. A.** Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Third Edition / R.A. Schowengerdt. Elsevier, 2007. 515 p.