

## **МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ТЕКСТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

*Дистанционное зондирование земной поверхности обеспечивает уникальные возможности оперативного сбора данных с высоким пространственным, спектральным и временным разрешением. Автоматизированная обработка изображений земной поверхности позволяет эффективно решать научные и прикладные задачи в области картографии, исследования природной среды, океанологии, поиска и освоения полезных ископаемых, сельского и лесного хозяйства и во многих других областях.*

*В статье рассматриваются модели и методы описания цифровых текстурных изображений. Проведен обзор современного состояния автоматизированной обработки изображений в системах воздушного мониторинга. Дано определение модели текстурного изображения. Для математического описания текстур используются два основных подхода – структурный и статистический. Рассмотрены три основных способа сегментации изображений: пороговая сегментация, сегментация путем наращивания областей и сегментация путем выделения границ. Обзор существующих методов сегментации текстурных областей изображений позволяет сформулировать требования к алгоритмам обработки изображений для оперативной обработки визуальных данных в системах аэрокосмического мониторинга.*

**Ключевые слова:** изображение; текстура, пиксель; аэрофотоизображение; цифровая матрица; модели текстур; сегментация; гистограмма.

Автоматизированная обработка изображений земной поверхности позволяет эффективно решать научные и прикладные задачи в области картографии, исследования природной среды, океанологии, поиска и освоения полезных ископаемых, сельского и лесного хозяйства и многих других областях. Например, тематическая классификация почвенно-растительного покрова по материалам аэрокосмической съёмки является необходимым этапом большинства задач ландшафтно-экологического картографирования. Автоматический анализ изображений наблюдения широко применяется в системах дистанционного зондирования при анализе местности, в лесном хозяйстве, например, для автоматического подсчета площади вырубок, для наблюдения за созреванием урожая, при разведке, в системах противопожарной безопасности, проведении воздушного мониторинга окружающей среды [1].

Воздушный мониторинг окружающей среды – регулярные, выполняемые по заданной программе наблюдения природных сред, природных ресурсов, растительного и животного мира. Современный термин «мониторинг» обозначает систематическое наблюдение, анализ и оценку состояния окружающей среды, её изменение в ходе естественной эволюции и хозяйственной деятельности человека, а также прогнозирование

этих изменений для целей управления и контроля. Объектом мониторинга являются природные и антропогенные экосистемы подстилающей поверхности Земли, состояние аэрозольных и облачных полей атмосферы [2].

Использование изображений воздушного мониторинга (далее аэрофотоснимков, аэроснимков, аэрофотоизображений) в различных сферах деятельности человека ставит задачи не только по созданию средств и способов их получения, но и по разработке и применению новых методов и алгоритмов для компьютерной обработки изображений, приведения их к виду, удобному для анализа.

Одной из задач, обеспечивающих извлечение из изображений воздушного мониторинга полезной информации, является задача сегментации или выделения однородных областей природных объектов.

**Анализ литературных источников и постановка задачи исследования.**

Под цифровым аэрофотоизображением будем понимать двумерное цифровое фотографическое изображение отображающее данные, необходимые пользователю. Цифровые аэрофотоизображения формируются при регистрации сканирующими системами с аэроносителей.

Для каждой единицы площади аналогового изображения рассчитывается средняя плотность затенения и ставится соответствующее этой плотности числовое значение. Результатом такой операции является цифровая матрица. Далее цифровая матрица на дисплее преобразуется в видимые элементы изображения - пиксели. Таким образом, видимое изображение складывается из отдельных пикселей, окрашенных в тона шкалы цвета в соответствии с приданными им числовыми значениями.

Пиксель цифрового изображения является оптически однородным и внутри его отдельные элементы не выделяются [3]. Геометрические размеры цифрового изображения ограничены характеристиками формирующей системы и параметрами фоторегистрирующей.

Анализ литературы [1, 4, 5, 6] показал, что с точки зрения математического представления цифровое

изображение – это двумерная функция  $f(x, y)$ , где  $x$  и  $y$  – пространственные координаты, а  $f$  – яркость для каждой пары координат  $(x, y)$ , которая также называется интенсивностью или цветом изображения в точке с этими координатами [7].

Цифровое изображение  $f(x, y)$  представляется в виде матрицы размерами  $M \times N$  [8]. Значения  $(x, y)$  являются дискретными величинами. Для удобства и ясности значения координат принимаются целочисленными. За начало координат принимается верхний левый угол изображения, координатами которого служит пара  $(x, y) = (0, 0)$ . Следующая точка в первой строке изображения имеет координаты  $(x, y) = (0, 1)$ , причем  $x \in [0, N - 1], y \in [0, M - 1]$ , как показано на рис. 1.

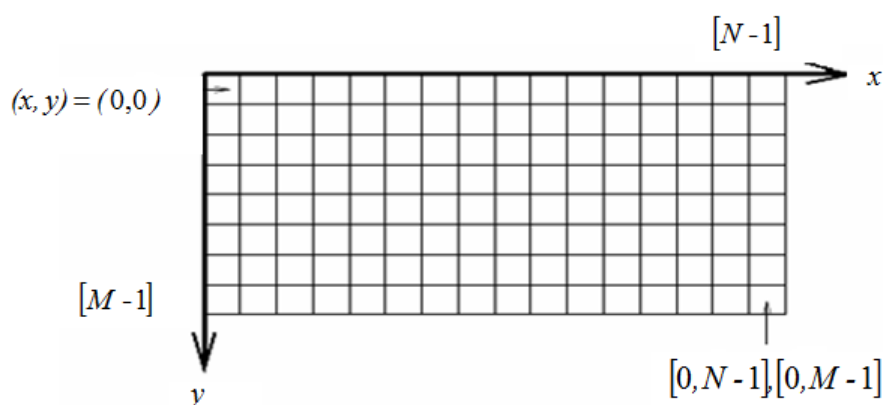


Рис. 1. Представление аэрофотоизображений в системе координат

Исходя из вышесказанного, математическая модель цифрового аэрофотоизображения имеет вид (1):

$$f(x, y) = \begin{pmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Такое представление цифровых снимков используется в датчиках изображений – сканерах авиационного и космического базирования [8].

**Модель текстурного изображения.**

В [9] под текстурой понимают «пространственную организацию элементов в пределах некоторого участка поверхности». В приведенном исследовании объясняется, что эта организация обусловлена определенным статистическим распределением интенсивности серых тонов или тонов различного цвета. Участок может считаться текстурным, если количество отмечаемых на нем перепадов интенсивности или изменений цвета достаточно велико. Дадим определение текстур, разделяя их следующим образом:

- по происхождению: искусственные – графические знаки и узоры, расположенные на нейтральном поле, и естественные – песок, вода, трава, лес, срезы дерева;
- по структуре поверхности: структурные, состоящие из геометрически правильных повторяющихся

элементов, и стохастические, сформированные преобразованием последовательности коррелированных случайных чисел в соответствии с определенными алгоритмами и относительным размерам элементов текстуры: мелкозернистые и крупнозернистые;

– по форме элементов текстуры: волнистые, пятнистые, неправильные, линейчатые и т.д.

В общем понимании моделью изображения является комплекс характеристик, описывающих распределение яркости на плоскости, которыми аппроксимируется рассматриваемый класс изображений. Модель должна удовлетворять противоречивым требованиям достаточной близости к реальным изображениям и простоты теоретического анализа. При разработке модели существенное значение имеет также степень общности результатов, которые могут быть получены при ее использовании. В зависимости от того, какое из требований приобретает большее значение, используют ту или иную модель изображения различной степени сложности.

Существующие модели текстур делят на структурные, статистические и спектральные [9]. Статистические модели текстур оценивают наличие или отсутствие пространственного взаимодействия между производными элементами текстуры. Под производными элементами понимаются области изображения с определенным изменением значений интенсивности.

Спектральные модели текстур выражают каждый из фрагментов текстуры в некоторой новой системе координат, базисные векторы которой интерпретируются в терминах пространственной частоты или других параметров описания текстуры.

Структурные модели текстур основаны на предположении, что текстура составлена из регулярно или почти регулярно распределенных по пространству непроектируемых элементов. Предполагается, что изображение включает несколько областей, текстурные различия которых обусловлены изменением типа или пространственной организации непроектируемых элементов. Структурные модели текстур позволяют представить упорядоченные текстуры, которые по уровню сложности целесообразно разделить на равномерные и неравномерные. Равномерные текстуры характеризуются совокупностью равноотстоящих непроектируемых элементов, идентичных по форме и ориентации. Для неравномерных текстур непроектируемые элементы в пределах текстурно-однородных областей изображения могут содержать случайные изменения координат их пространственного положения, ориентации и искажения формы.

Для математического описания текстур используются два основных подхода – структурный и статистический [10]. Первый подход описывает базовые области текстур и пространственные связи между ними, что хорошо подходит для описания искусственных и регулярных текстур. Во втором подходе в качестве описания текстуры используется количественное и статистическое распределение значений интенсивности пикселей в области изображения. Такой подход более подходит для описания реальных текстур.

Тектурные математические модели обычно применяются для воспроизводства внешнего вида текстуры. Натуральные текстуры проявляют локальные свойства, которые обычно можно моделировать случайными процессами, хотя с других точек зрения эти характеристики далеко не случайны. Ниже приведено краткое описание наиболее часто встречаемых в литературе текстурных моделей.

Time-series модель рассматривает периодичность в пространственном сканировании изображения. В процессе сканирования, каждый последующий пиксель определяется на основе предшествующих. Тектурное поле моделируется построчно, пиксель за пикселем, пока все строки не будут заполнены. Недостатком такой модели является то, что она плохо описывает структуру текстуры в направлении (направлениях) перпендикулярных сканированию.

Для моделирования натуральных ячеистых текстур используется ячеистая модель. Моделирование происходит в два этапа. На первом текстурное поле

разделяется на некоторое количество ячеек и для каждой из них вычисляется центр инерции (ядро). На втором этапе происходит последовательное сканирование изображения и сравнения расстояния от точки до всех центров инерции. В результате пиксель назначается в группу, соответствующую ближайшему ядру.

Проведенные эксперименты показали хорошее визуальное сходство смоделированной текстуры с натуральной ячеистой текстурой. Синтаксические текстурные модели сравнивают символы формальной грамматики со структурными примитивами текстуры. Для моделирования текстур были расширены и переработаны ряд правил грамматики применительно к теории вероятности. Синтаксические модели применяются для описания сильно структурированных текстур. Двумерная модель случайного марковского поля рассматривает условные вероятности яркостей на элементарном текстурном образце. Марковские свойства модифицируются определением переходной вероятности на окрестности смежных или несмежных точек.

#### **Исследование методов сегментации областей изображений в системах воздушного мониторинга.**

Одним из самых распространенных методов выделения объектов в системах оперативного анализа данных является сегментация [11]. Под сегментацией, в широком смысле, понимают преобразование полутоновых или цветных изображений в изображения, имеющие меньшее число тонов или цветов, чем исходные. Целью сегментации является выделение областей (сегментов), однородных в каком-то определенном смысле. Однородность является признаком принадлежности области к определенному классу.

Применяются три основных способа сегментации изображений: пороговая сегментация, сегментация путем наращивания областей, сегментация путем выделения границ. Пороговая сегментация состоит в объединении близких по характеристикам областей изображения в небольшое число сегментов. Если яркость превышает порог, то область относят к одному сегменту, если она ниже порога – то к другому. Простейший случай – разбиение на два сегмента (бинаризация). Пороговая сегментация может выполняться на основе априорно заданных порогов. Другой, более адекватный, способ заключается в том, что пороги выбираются как границы мод гистограммы изображения. Примером является бинаризации полутонового изображения, у которого гистограмма содержит две моды. Этот случай типичен для задачи выделения площадей, покрытых снегом и льдом, на фоне леса и оттаявшей земли по результатам дистанционных исследований (рис. 2 а – исходное изображение).

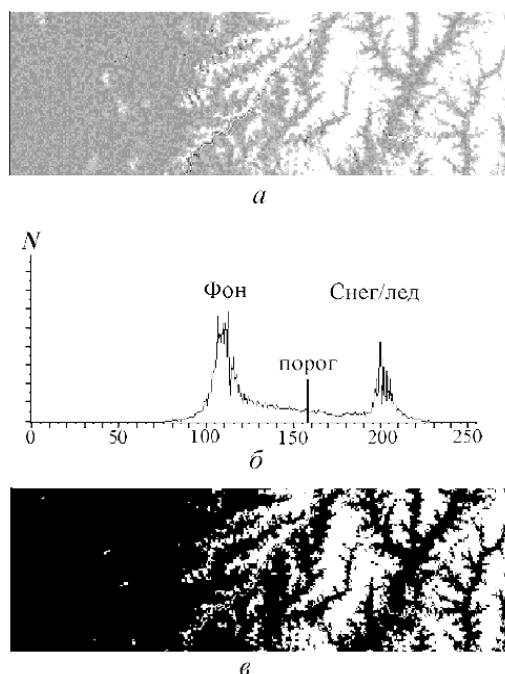


Рис. 2. Пороговая сегментация

Гистограмма изображения (рис. 2 б) имеет две моды – одна отвечает более темному фону, вторая – объектам с большей яркостью, т. е. снегу/льду, между модами видна зона минимума. Моды перекрываются слабо, порог выбран посередине зоны между максимумами мод. Бинаризованное изображение показано на рис. 2 в.

Таким образом, относительно яркости текущего пикселя  $f$  может быть принято два решения:  $d = 1$  или  $d = 2$ , соответствующих отнесению  $f$  к первой либо ко второй области. Пусть  $d = 1$  соответствует яркости  $f < b$ ,  $d = 2$  соответствует яркости  $f > b$ , где  $b$  – порог яркости.

Решающее правило  $d(2)$ , которое минимизировало бы функцию

$$c(i, d) = c_{11}p_{11} + c_{12}p_{12} + c_{21}p_{21} + c_{22}p_{22} \quad (2)$$

где  $p_{ij}$  – вероятность принятия решения  $j$ , если  $f$  принадлежит  $U_i$ .

Для учета возможных ошибок введена функция потерь  $c(i, d)$ , представляющая собой количественную меру потерь, возникающих при принятии решения  $d$ , если на самом деле  $f$  принадлежит классу  $U_1$ . Функцию  $c(i, d)$  иногда также называют функцией (или матрицей) штрафов (штрафной функцией) или функцией риска. В случае двух классов функция потерь принимает 4 значения:  $c_{11}$  отвечает случаю, когда принято решение, что  $f$  принадлежит классу

$U_1$ , если  $f$  действительно принадлежит этому классу;  $c_{22}$  отвечает случаю, когда принято решение, что  $f$  принадлежит классу  $U_2$ , если  $f$  действительно принадлежит этому классу;  $c_{12}$  отвечает ошибочному решению отнесения первого класса ко второму;  $c_{21}$  – отнесению второго класса к первому. Пусть  $p$  – априорная вероятность появления первого класса, тогда вероятность появления второго класса будет  $1 - p$ . Плотность вероятности распределения яркости пикселей первого класса  $w_1(f)$ , второго –  $w_2(f)$ . Плотности вероятности  $w_1(f)$  и  $w_2(f)$  считаются известными или могут быть найдены из гистограммы. Средние суммарные потери записываются в виде (3):

$$c(i, d) = c_{11}p \int_0^b w_1(f)df + c_{12}p \int_b^\infty w_1(f)df + c_{21}(1-p) \int_0^b w_2(f)df + c_{22}(1-p) \int_b^\infty w_2(f)df \quad (3)$$

Величины  $c(i, j)$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, p$ , считаются известными. Неизвестна граница  $b$  (порог) в пространстве признаков  $U$ , разделяющая классы  $U_1$  и  $U_2$ . Оптимальное в смысле минимума суммарных средних потерь решающее правило определяется значением по-

рога  $b$ , при котором  $Q = c(i, d)$  имеет минимум. Это значение можно найти из условия  $dQ/db = 0$ , т. е.

$$\Delta Q/db = (c_{11} - c_{12})pw_1(b) + (c_{11} + c_{12})p + (c_{21} - c_{22})(1-p)w_2(b) + (c_{21} + c_{22})(1-p) = 0 \quad (4)$$

Отсюда получаем уравнение для определения порога (5):

$$\Delta(b) = \Delta c = w_2(b)/w_1(b) = p(c_{11} - c_{12}) / ((1-p)(c_{22} - c_{21})) \quad (5)$$

Решив это уравнение, получим оптимальное в смысле минимума средних потерь значение граничного порога  $b$ . Величина  $\Lambda(f) = w_2(f)/w_1(f)$  называется отношением правдоподобия, а величина  $\Lambda_c =$

$$\Lambda_c = p(c_{11} - c_{12}) / (1-p)(c_{22} - c_{21}) \quad (6)$$

Отношение правдоподобия сравнивается с  $\Lambda_c$ , решающее правило, соответствующее минимуму средних потерь, имеет вид (7):

$$\begin{cases} \Lambda(f) > \Lambda_c \geq d = 2 \\ \Lambda(f) > \Lambda_c \geq d = 1 \\ \Lambda(f) > \Lambda_c \geq \text{граница} \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{cases} f > b \geq d = 2 \\ f > b \geq d = 1 \\ f > b \geq \text{граница} \end{cases} \quad (7)$$

В случае, когда число классов больше двух, исходное множество  $U$  последовательным делением на два подмножества разбивают на необходимое число классов. Сначала выделяют два подмножества первого уровня  $U_1$  и  $U_2$ :  $U_1 \cup U_2 = U$ ,  $U_1 \cap U_2 = \emptyset$ .

Затем  $U_1$  и  $U_2$  также разбивают на два подмножества второго уровня  $U_{11}$ ,  $U_{12}$ ,  $U_{21}$  и

$$U_{22}: U_{11} \cup U_{12} = U_1,$$

$$U_{11} \cap U_{12} = \emptyset, U_{21} \cup U_{22} = U_2,$$

$$U_{21} \cap U_{22} = \emptyset \text{ и т. д.}$$

Процесс принятия решения при этом также сводится к последовательному отнесению  $f$  к одному из двух классов текущего уровня, т.е. реализуется метод последовательных дихотомий. В способе сегментации путем наращивания областей выделяются однородные области.

Рассмотрим сегментацию путем наращивания областей с использованием критерия однородности по величине вектора яркости. Схема алгоритма этого метода предусматривает выбор стартового пикселя и

$$F(R) = \max_{(i,j) \in R} f_{ij} - \min_{(k,m) \in R} f_{km} \quad (8)$$

либо выборочные дисперсии (9):

$$F(R) = 1/n \sum_{(i,j) \in R} \left( f_{ij} - 1/n \sum_{(k,m) \in R} f_{km} \right)^2, \quad (9)$$

где  $n$  – площадь (число пикселей) области  $R$ .

При обработке многоспектральных данных дистанционного зондирования в качестве  $F(R)$  обычно

$$F(R) = [A_1(f_{1ij} - f_{1km})^2 + A_2(f_{2ij} - f_{2km})^2 + A_3(f_{3ij} - f_{3km})^2 + \dots] / 2 \quad (10)$$

Здесь  $f_{1ij}$  – яркость  $(i,j)$ -го пикселя в первом канале,  $f_{2ij}$  – яркость во втором канале и т. д.;  $A_k$  – весовые коэффициенты, учитывающие зависимость яркостей объектов в каналах; ниже в примере  $A_k = 1$  для всех  $k$ .

В более сложных вариантах метода сегментации путем наращивания областей могут быть использованы скалярные характеристики текстурной матрицы. В некоторых случаях одним из показателей однородности может служить след текстурной матрицы.

#### Выводы.

$w_2(b)/w_1(b)$  – критическим значением отношения правдоподобия. Критическое значение определяется из соотношения (6):

рассмотрение смежных с ним пикселей для проверки близости их значений, например, по евклидову расстоянию. Если значения яркости текущего и какого-либо смежного пикселя оказываются близкими, то эти пиксели зачисляются в одну область. Таким образом, область формируется в результате сращивания отдельных пикселей. На следующем этапе область проверяется на однородность и, если результат проверки оказывается отрицательным, то область разбивается на более мелкие участки. Процесс продолжается до тех пор, пока все выделенные области не выдержат проверку на однородность. Возможны реализации алгоритма, использующие формирование областей, как сращиванием отдельных пикселей, так и сращиванием небольших областей.

Общая схема проверки области на однородность состоит в следующем. Пусть  $F(R)$  – заданная мера однородности области  $R$ . Если  $R12 = R1 \cap R2$ , то критерий однородности можно задать, потребовав, чтобы выполнялось условие  $F(R12) \leq \epsilon$ ,  $\epsilon$  – заданный порог. Различные алгоритмы сегментации классифицируются по виду меры  $F(R)$ . В самых простых случаях в качестве  $F$  могут использоваться величины размаха (8):

выбирают расстояние между пикселями в пространстве яркостей в спектральных каналах по метрике Евклида (10):

В результате проведенных исследований рассмотрены основные подходы к решению задачи сегментации изображений, полученных на основе технологии аэрофотосъемки. Рассмотрены методы сегментации оцифрованных изображений: пороговая сегментация, сегментация путем наращивания областей и сегментация путем выделения границ. Пороговая сегментация состоит в объединении близких по характеристикам областей изображения в небольшое число сегментов. Особенностью предлагаемого в статье подхода является введение функции потерь, представляющей собой количественную меру, при принятии ре-

шения. Сегментация путем выделения границ предусматривает использование оператора градиента. Для установления факта, что действительно обнаружена граница, применяется процедура разделения по порогу. Пиксели, идентифицированные как граничные, соединяются в замкнутые кривые, окружающие соответствующие области. В этом методе, как и в других методах сегментации, существенным является критерий однородности области, по характеристике которой и вычисляются значения градиента. Прямые методы сегментации путем выделения границ предусматривают применение к исходному изображению градиентных фильтров (Робертса, Собела, Лапласа и др.).

Задача построения границ сегментов на изображении градиента выступает в качестве самостоятельной и может быть решена лишь в самых простейших случаях. Например, можно выделять локальные максимумы градиента всех строк и столбцов изображения. Для границ простой формы может быть использована процедура аппроксимации исходного изображения градиента параметрической функцией.

Проведенный анализ методов сегментации изображений позволяет сформировать требования к множеству признаков для разработки метода и информационной технологии сегментации текстурных изображений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кашкин В. Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: [учебное пособие] / В. Б. Кашкин, А. И. Сухинин. – М. : Логос, 2001. – 264 с.
2. Протасов А. П. Непараметрический алгоритм распознавания объектов подстилающей поверхности земли по данным аэрокосмической съемки / А. П. Протасов, А. И. Рюмкин // Вестник томского государственного университета: Сибгеоинформатика, вып. 275, 2002. – С. 43–46.
3. Прэйт У. Цифровая обработка изображений: [в 2-х томах]. / У. Прэйт. – М. : Мир, 1982. – Т. 1. – 312 с. – Т. 2 – 480 с.
4. Абламейко С. В. Обработка изображений: технология, методы, применение / С. В. Абламейко, Д. М. Лагуновский. – Минск : Ин-т технической кибернетики НАН Беларуси, 1999. – 300 с.
5. Визильтер Ю. В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: курс лекций и практических занятий / Ю. В. Визильтер, С. Ю. Желтов и др. – М. : Физматкнига, 2010. – 672 с.
6. Дворкович А. В. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений / А. В. Дворкович, Ю. Б. Зубарев // М. : Международный центр научной и технической информации, 1997. – 212 с.
7. Гонсалес Р. Обработка изображений в среде Matlab / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М. : Техносфера, 2006. – 616 с.
8. Gonzalez R. R. Woods Digital Image Processing. Second Edition / R. R. Gonzalez. – Prentice Hall, 2002. – 793 p.
9. Howarth P., S. Ruger. Robust texture features for still image retrieval. In Proc. IEE Vis. Image Signal Processing, vol. 152, No. 6, December 2006.
10. Фисенко В. Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений: [учебное пособие] / В. Т. Фисенко, Т. Ю. Фисенко. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
11. Кашкин В. Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: [учебное пособие] / В. Б. Кашкин, А. И. Сухинин. – М. : Логос, 2001. – 264 с.

**Т. В. Коваленко,**

Институт проблем реєстрації інформації НАНУ,  
м. Київ, Україна

## МОДЕЛІ І МЕТОДИ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ТЕКСТУРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В СИСТЕМАХ АЕРОКОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

*Дистанційне зондування земної поверхні забезпечує унікальні можливості оперативного збору даних з високою просторовою, спектральною і часовою доздільною здатністю. Автоматизована обробка зображень земної поверхні дозволяє ефективно вирішувати наукові та прикладні завдання в області картографії, дослідження природного середовища, океанології, пошуку і освоєння корисних копалин, сільського та лісового господарства і в багатьох інших областях. У статті розглядаються моделі і методи опису цифрових текстурних зображень. Проведено огляд сучасного стану автоматизованої обробки зображень в системах повітряного моніторингу. Дано визначення моделі текстурного зображення. Для математичного опису текстур використовуються два основні підходи – структурний і статистичний. Розглянуто три основних способи сегментації зображень: порогова сегментація, сегментація шляхом нарощування областей і сегментація шляхом виділення меж. Огляд існуючих методів сегментації текстур областей зображень дозволяє сформулювати вимоги до алгоритмів обробки зображень для оперативного опрацювання візуальних даних в системах аерокосмічного моніторингу.*

**Ключові слова:** зображення; текстура; піксель; аерофотозображення; цифрова матриця; моделі текстур; сегментація; гістограма.

**T. V. Kovalenko,**

Institute for Information Recording NAS of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine

## **MODELS AND METHODS PROCESSING OF DIGITAL TEXTURAL IMAGES IN AEROSPACE MONITORING SYSTEMS**

*Remote sensing of the land surface provides unique opportunities of operational data collection with high spatial, spectral and temporal resolution, which defines the great information opportunities of such systems. Automated image processing of the land surface allows to solve effectively scientific and applied problems in the field of cartography, research of the natural environment, oceanology, mineral exploration and development, agriculture and forestry and many other areas. For example, the thematic classification of a soil and vegetable cover by aerospace shooting data is a necessary stage of most tasks for landscape and ecological mapping.*

*Models and methods of the description of digital textural images are considered in article. The current state of automated image processing in air monitoring systems is reviewed. The concept of a model of a textural image is defined. There are two main methods – structural and statistical which used for the mathematical description of textures. The first approach describes basic areas of textures and spatial relationships between them that well is suitable for describing artificial and regular textures. In the second approach, the quantitative and statistical distribution of pixel intensity values in the image area is used as the texture description. Three main ways of image segmentation are considered in the article: threshold segmentation, segmentation by scaling up areas and segmentation by distinguish boundaries. Threshold segmentation consists in combining the image areas close in characteristics into a small number of segments. If brightness exceeds threshold, then area belongs to one segment, if it is below than threshold - to another. The review of existing methods of segmentation of textural image areas allowed to formulate requirements for image processing algorithms for the operative processing of visual data in aerospace monitoring systems.*

**Key words:** *image; texture; pixel; aerial image; digital matrix; texture models; segmentation; histogram.*

**Рецензенти:** д. т. н., проф. **М. Т. Фісун;**  
д. п. н., проф. **О. П. Мещанінов.**

© Коваленко Т. В., 2016

Дата надходження статті до редколегії 28.09.16