

Литература

1. Киреева Н.В., Буранова М.А., Поздняк И.С. Исследование трафика IP-телефонии с использованием пакета Fractan // Цифровая обработка сигналов и ее применение. Вып. XIV; Т. 2, 2012. – С. 501-503.
2. Шелухин О.И., Тенякишев А.М., Осин А.В. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. М.: Радиотехника, 2003. – 480 с.
3. Лидбеттер М., Линдгрэн Г., Ротсен Х. Экстремумы случайных последовательностей и процессов. М.: Мир, 1989. – 392 с.
4. Кобякова И.А. Асимптотическое распределение экстремумов, индуцированных распределением WAK (5) // Тезисы X ВС по ППМ (осенняя открытая сессия). Сочи-Дагомыс, 2009. <http://www.tvp.ru/conferen/vsppm10/speso423.pdf>

RESEARCH OF STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE SELF-SIMILAR TELECOMMUNICATION TRAFFIC

Buranova M.A.

Research of degree of self-similar of a traffic of the Internet (at level of the user) is carried out. The mathematical model of a studied traffic is analysed, laws of distributions of duration of packets and intervals between receipts of packets are received, but as theirs arrival density.

Keywords: self-similar, Hurst's parameter, laws of distributions, distribution with a «heavy tail».

Буранова Марина Анатольевна, старший преподаватель Кафедры «Мультисервисные сети и информационная безопасность» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. (8-846) 333-53-50; 8-917-148-23-94. E-mail: buranova@psati.ru

ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

УДК 004.932.4

МЕТОД ТЕКСТУРНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Карлушин К.А., Курбатова Е.Е., Медведева Е.В.

Предложен метод текстурной сегментации аэрокосмических изображений на основе двумерных цепей Маркова. В качестве текстурного признака используется оценка вероятности перехода между элементами изображения. Проведено экспериментальное исследование разработанного метода сегментации и сравнение его с известными контурными методами (Канни, Собела, Лапласиана гауссиана). Метод эффективно выделяет текстурные области с разными статистическими характеристиками и позволяет снизить вычислительные затраты.

Ключевые слова: текстурная сегментация, цифровые полутоновые изображения, марковский процесс, энтропия, оценка вероятности перехода.

Введение

В системах аэрокосмического мониторинга земной поверхности для решения задач анализа изображений широко применяется сегментация, которая позволяет выделить на изображениях интересные области. Все известные методы сегментации изображений можно условно разделить

на методы контурной сегментации и методы, основанные на выделении однородных (текстурных) областей. Методы на основе выделения контуров обладают высоким быстродействием, но не всегда оказываются приемлемыми при выделении на изображении областей, не имеющих четко выраженных границ и лишенных существенных деталей. В этом случае необходимо использовать идентификацию областей изображений на основе анализа их текстуры.

В [1] показано, что для описания текстуры могут быть использованы марковские случайные поля. Однако при обработке аэрокосмических изображений, представляющих собой полутоновые (или цветные) изображения с числом уровней яркости 2^g , возникает проблема хранения в памяти и оперирования с матрицами вероятностей переходов размерностью $2^g \times 2^g$. Такая обработка изображений требует больших вычислительных ресурсов. Представление g -разрядных полутоновых изображений g -разрядными двоичными изображениями (РДИ) в [2-3] позволило

снизить вычислительные ресурсы за счет оперирования с матрицами вероятностей переходов размером 2×2 . В статье предложен метод текстурной сегментации аэрокосмических изображений на основе марковских случайных полей, позволяющий при меньших вычислительных ресурсах эффективно выделять протяженные области с однородными статистическими характеристиками.

Метод текстурной сегментации

Пусть g -разрядное цифровое полутоновое изображение (ЦПИ) представлено набором g -РДИ. Учитывая характер статистической связи между элементами изображения, будем считать, что элементы ЦПИ образуют двумерную цепь Маркова с несколькими состояниями, а РДИ – двумерную цепь Маркова с двумя равновероятными состояниями $M_1^{(l)}$, $M_2^{(l)}$ и матрицами вероятностей переходов по горизонтали ${}^1\Pi = \left\| \pi_{ij}^{(l)} \right\|_{2 \times 2}$ и вертикали ${}^2\Pi = \left\| \pi_{ij}^{(l)} \right\|_{2 \times 2}$.

На рис. 1 представлен фрагмент двумерного l -го РДИ, соответствующего марковскому случаю. Элементами ближайшей окрестности анализируемого элемента $v_3^{(l)}$ являются элементы $v_1^{(l)}$, $v_2^{(l)}$.

Так как однородная двумерная цепь Маркова полностью определяется матрицами вероятностей переходов вместе с вектором начальных вероятностей, то в качестве текстурного признака предлагается использовать оценку вероятностей перехода в двумерной цепи Маркова. Предполагается, что текстурный признак внутри одной области изменяется незначительно, а на разных областях принимает существенно различные значения. Учитывая, что основные детальные области выражены на старших разрядах ЦПИ, для их выделения необходимо обработать РДИ старших разрядов ЦПИ с наиболее выраженными текстурными признаками.

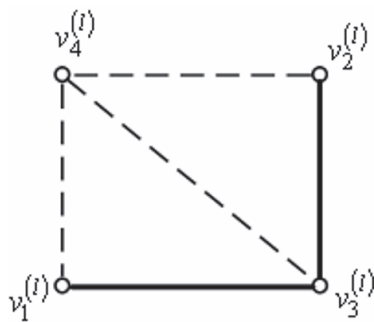


Рис. 1. Фрагмент двоичного изображения

Для определения вероятности перехода $\pi_{ii}^{(l)}$ в двумерной цепи Маркова воспользуемся многомерной математической моделью изображения, синтезируемой в [2]. Вероятность состояния элемента $v_3^{(l)}$ (см. рис. 1) определится энтропией элемента $v_3^{(l)}$ относительно состояний элементов ближайшей окрестности $\Lambda_{ij}^{(l)} = \{v_1^{(l)}, v_2^{(l)}\}$:

$$H(v_3^{(l)} | v_2^{(l)}, v_1^{(l)}) = -\log \frac{w(v_3^{(l)} | v_1^{(l)}) w(v_3^{(l)} | v_2^{(l)})}{w(v_3^{(l)} | v_2^{(l)}, v_1^{(l)})}, \quad (1)$$

где $w(v_3^{(l)} | v_1^{(l)})$, $w(v_3^{(l)} | v_2^{(l)})$ – одномерные плотности вероятностей перехода между соседними значениями; $w(v_3^{(l)} | v_1^{(l)}, v_2^{(l)})$ – плотность вероятности перехода в двумерной цепи Маркова. Плотность вероятности перехода в двумерной двоичной цепи Маркова можно выразить как

$$\begin{aligned} w(v_3^{(l)} | v_2^{(l)}, v_1^{(l)}) &= \\ &= \sum_{i,j,q=1}^2 \pi(v_3^{(l)} = M_i^{(l)} | v_1^{(l)} = M_j^{(l)}; v_2^{(l)} = M_q^{(l)}) \times \\ &\times \delta(v_1^{(l)} - M_j^{(l)}) \times \delta(v_2^{(l)} - M_q^{(l)}), \end{aligned} \quad (2)$$

где $\delta(\cdot)$ – дельта функция. На основании аргумента (1) матрица $\Pi^{(l)}$ для сочетаний состояний элементов окрестности $\Lambda_{ij}^{(l)}$ имеет вид:

$$\Pi^{(l)} = \begin{pmatrix} \pi_{ii}^{(l)} & \pi_{ij}^{(l)} \\ \pi_{ji}^{(l)} & \pi_{jj}^{(l)} \\ \pi_{ji}^{(l)} & \pi_{jj}^{(l)} \\ \pi_{ji}^{(l)} & \pi_{jj}^{(l)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1^{(l)} & \alpha_1^{(l)} \\ \alpha_2^{(l)} & \alpha_2^{(l)} \\ \alpha_3^{(l)} & \alpha_3^{(l)} \\ \alpha_4^{(l)} & \alpha_4^{(l)} \end{pmatrix}; \quad \begin{aligned} &i, j = \overline{1, 2}; \\ &i \neq j; \\ &l = \overline{1, g}; \end{aligned} \quad (3)$$

элементы которой симметричны и удовлетворяют условию нормировки $\alpha_q^{(l)} + \alpha_q^{(l)} = 1$.

Элементы матрицы $\Pi^{(l)}$ (3) связаны с элементами матриц ${}^1\Pi^{(l)}$ и ${}^2\Pi^{(l)}$ как где ${}^3\Pi_{ij}^{(l)}$ – элемент матрицы вероятностей переходов ${}^3\Pi^{(l)} = {}^1\Pi^{(l)} \times {}^2\Pi^{(l)}$.

Вычисление оценки ${}^1\hat{\pi}_{ii}^{(l)}$ вероятности перехода по горизонтали сводится к вычислению средней длины последовательности элементов одного знака [3]:

$${}^1\hat{\pi}_{ii}^{(l)} = 1 - \frac{2p_1^{(l)}}{\hat{\chi}^{(l,r)}}, \quad (4)$$

где $\hat{\chi}^{(l,r)}$ – оценка средней длины последовательности одинаковых элементов l -го разряда на r -ом шаге уточнения оценки.

Начиная со второй строки РДИ, используя множество элементов $\Psi = \{v_1^{(l)}, v_2^{(l)}, v_3^{(l)}, v_4^{(l)}\}$ и ранее вычисленную оценку ${}^1\hat{\pi}_{ii}^{(l)}$ вероятности переходов по горизонтали, вычисляются оценки ${}^2\hat{\pi}_{ii}^{(l)}$ и $\hat{\pi}_{iii}^{(l)}$. Учитывая локальные изменения статистических характеристик на изображении, для их вычисления используется метод «сканирующего окна» [4]. Размер окна задается исходя из заданной точности оценки и минимальных вычислительных затрат.

При обработке первых строк и столбцов изображения размер окна будет увеличиваться по мере увеличения номера обрабатываемого элемента, пока не достигнет заданных размеров. Размер окна на каждом этапе обработки определяется из пары соотношений:

$$\begin{aligned} m &= \overline{1, (2i - 1)}, & i &= \overline{2, (M - 1)/2}, \\ n &= \overline{1, (2j - 1)}, & j &= \overline{2, (N - 1)/2}, \end{aligned} \quad (5)$$

где i, j – координаты обрабатываемого изображения, M, N – заданные ширина и высота сканирующего окна. Усредняя оценки вероятностей переходов в пределах окна, вычисляется оценка средней вероятности перехода $\tilde{\pi}_{iii}^{(l)}$ для элемента, соответствующего центральному элементу окна:

$$\tilde{\pi}_{iii}^{(l,r,k)} = \frac{1}{m \times n} \sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^n \hat{\pi}_{iii}^{(l,r,k)}. \quad (6)$$

На каждом последующем шаге окно перемещается на один элемент (слева-направо, сверху-вниз) и вычисляется оценка средней вероятности перехода для каждого элемента РДИ.

Для выделения областей с разной текстурой вычисленная оценка $\tilde{\pi}_{iii}^{(l)}$ сравнивается с порогом. Пороговым значением h между двумя разными текстурными областями является оценка $\tilde{\pi}_{iii}^{(l)}$, которая для текстурных областей с разными вероятностными характеристиками может быть выбрана на основе анализа гистограмм изображения. В случае когда априорно известно, что изображение содержит области двух текстур с разными статистическими характеристиками, для их выделения будет достаточно двух меток (0 и 1). Всем элементам, для которых оценка $\tilde{\pi}_{iii}^{(l)}$ превышает порог, присваивается метка 1, остальным элементам – метка 0.

В случае когда ЦПИ содержит несколько текстур, необходимо каждой из них присвоить свою метку. При этом используется несколько пороговых значений, соответствующих нескольким текстурам на изображении. Если ЦПИ содержит несколько текстур, необходимо каждой из них присвоить свою метку. При этом используется несколько пороговых значений, соответствующих нескольким текстурам на изображении.

На рис. 2 приведен пример гистограммы текстурного признака изображения, содержащего области четырех текстур с матрицами вероятности переходов равными: ${}^1\Pi = {}^2\Pi = \begin{bmatrix} 0,95 & 0,05 \\ 0,05 & 0,95 \end{bmatrix}$,

$${}^1\Pi = {}^2\Pi = \begin{bmatrix} 0,75 & 0,25 \\ 0,25 & 0,75 \end{bmatrix}, \quad {}^1\Pi = {}^2\Pi = \begin{bmatrix} 0,6 & 0,4 \\ 0,4 & 0,6 \end{bmatrix} \quad \text{и}$$

$${}^1\Pi = {}^2\Pi = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 \end{bmatrix}.$$

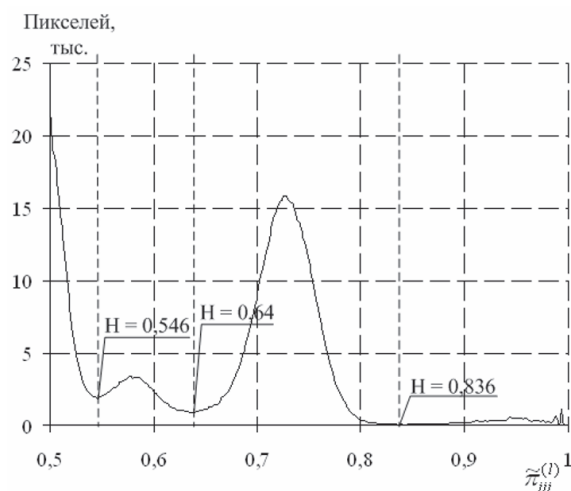


Рис. 2. Гистограмма текстурного признака

Число пиков на гистограмме текстурного признака изображения соответствует количеству текстур на текстурном изображении. Пороговое значение выбирается как минимальное значение между двумя соседними пиками гистограммы. Выбрав порог по тестовому набору изображений с разными статистическими характеристиками, данное пороговое значение можно использовать для сегментации других изображений, содержащих области с такими же статистическими характеристиками.

Результаты моделирования

Моделирование проводилось на реальных и искусственных изображениях, имитирующих реальные аэрокосмические изображения и содержащее естественные текстурные области в среде Matlab.

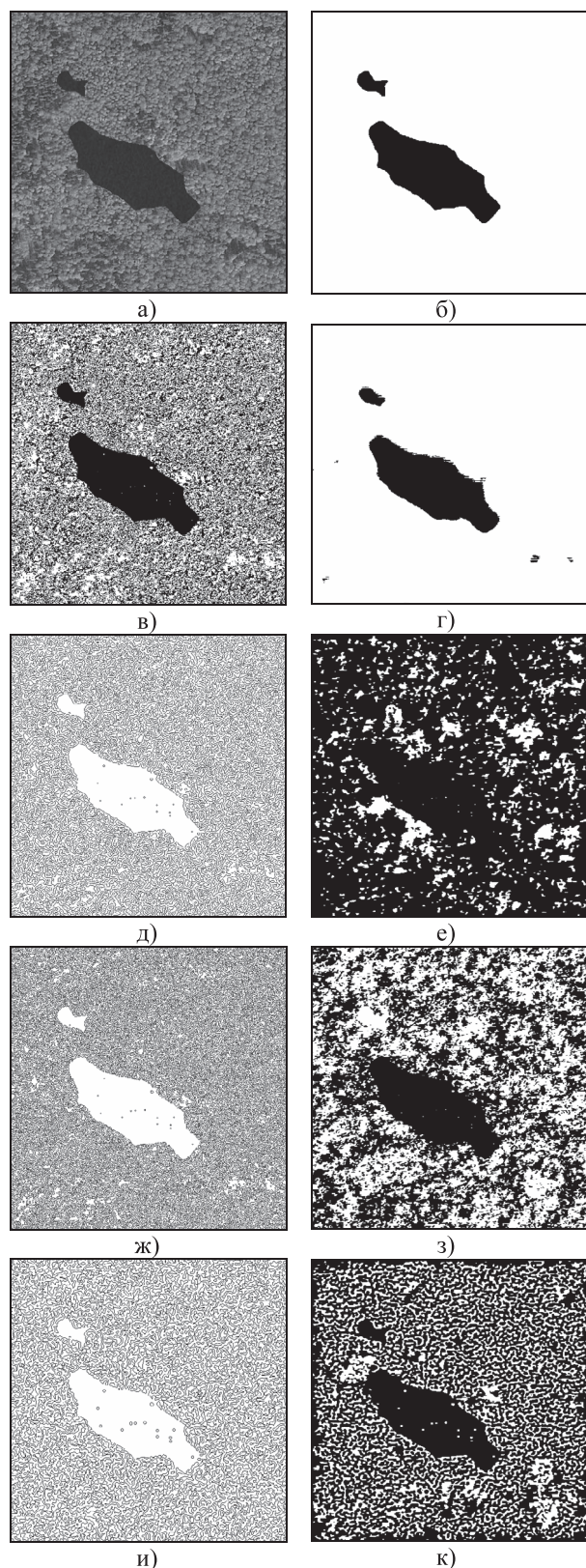


Рис. 3. Результаты сегментации искусственного изображения: а) исходное изображение; б) разметка; в) РДИ; г) результат сегментации разработанным методом; д, ж, и) контуры, выделенные методами Канни, Собела, Лапласиана гауссиана, соответственно; е, з, к) сегментированные изображения, полученные методами Канни, Собела, Лапласиана гауссиана, соответственно

Для получения оценки качества сегментированного изображения искусственное изображение формировалось по заданной разметке. На рис.3 представлены результаты сегментации искусственного аэрокосмического изображения (размер 1024×1024 пикселей) разработанным и известными контурными методами. Сегментация разработанным и известными методами осуществлялась по 6-му РДИ. Для закрашивания контурных областей (см. рис. 3 д, ж, з), полученных известными методами, применялся построчный алгоритм заполнения с затравкой [5].

Из приведенных на рис. 3 данных следует, что разработанный метод эффективно выделяет на изображении два сегмента, один из которых относится к области леса, а другой к области озера (см. рис. 3г). Область леса однородна с точки зрения текстуры, но при этом внутри этой области присутствует большое число перепадов яркости, которые воспринимаются методами, основанными на вычислении градиента как границы областей. Известные методы выделяют значительно большее количество сегментов.

Таблица 1

Тип ЦПИ	Разработанный метод	Метод Канни	Метод Собела	Метод Лапласиана гауссиана
Искусственное	0,0079	0,7665	0,4811	0,5956
Реальное	0,0388	0,7268	0,4707	0,5969

Для оценки качества работы метода выделения текстурных областей и сравнения его с известными контурными методами вычислялось количество ошибочно сегментированных элементов (ESE), для определения которых сегментированное изображение сравнивалось с разметкой. Результаты вычисленного критерия ESE приведены в таблице 1.

Из приведенных в таблице 1 данных следует, что ошибка сегментации разработанным методом более чем в 10 раз ниже по сравнению с известными методами, основанными на вычислении градиента. Таким образом, предложенный метод текстурной сегментации аэрокосмических изображений на основе марковских случайных полей при меньших вычислительных ресурсах эффективно выделяет протяженные области с однородными статистическими характеристиками.

Литература

1. Ковтун И.В. Текстульная сегментация изображений на основе марковских случайных полей // Управляющие системы и машины. №4, 2003. – С. 46-55.
2. Петров Е.П., Медведева Е.В., Меткелев А.П. Метод синтеза математических моделей видеоизображений на основе многомерных цепей Маркова // Нелинейный мир. № 4, 2011. – С. 213-231.
3. Медведева Е.В., Петров Е.П. Метод вычисления информационных характеристик цифровых полутоновых изображений // ИКТ. Т.6, №3, 2008. – С. 104-109.
4. Колодникова Н.В. Обзор текстурных признаков для задач распознавания образов // Доклады ТУСУРа. Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования, 2004. – С. 113-124.
5. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. Пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

METHOD OF TEXTURE SEGMENTATION OF AEROSPACE IMAGES

Karlushin K.A., Kurbatova E.E., Medvedeva E.V.

Method of texture segmentation of aerospace images based on two-dimensional Markov processes is offered. As a textural feature the probability of transition between image elements is used. The method of segmentation has been researched experimentally and compared with known contour methods (Canny, Sobel, Laplacian gaussian). The method effectively allocates texture regions with different statistical characteristics and allows to reduce computing resources.

Keywords: texture segmentation, digital grayscale images, Markov process, an entropy, the probability of transition.

Карлушин Константин Александрович, аспирант Кафедры «Радиоэлектронные средства» (РЭС) Вятского государственного университета (ВятГУ). Тел. (8-332) 35-72-59. E-mail: karlushin-work@mail.ru

Курбатова Екатерина Евгеньевна, аспирант Кафедры РЭС ВятГУ. Тел. (8-332) 35-72-59. E-mail: kurbatovae@gmail.com

Медведева Елена Викторовна, к.т.н., доцент Кафедры РЭС ВятГУ. Тел. (8-332) 35-72-59. E-mail: EMedv@mail.ru

УДК 681.324

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМ ДОСТУПОМ

Воронцов И.В., Ефимушкина Н.В.

Рассмотрены основные структуры современных вычислительных систем с телекоммуникационным доступом и аппаратуры передачи данных, а также принципы построения их моделей. С помощью имитационных моделей выполнен анализ наиболее важных характеристик таких систем и определены эффективные режимы их работы.

Ключевые слова: имитационная модель, коммутатор, телекоммуникационная обработка, распределенные системы, дерево связей.

Введение

Система с телекоммуникационным доступом (ВСТД), как известно, предназначена для обработки информации, поступающей от удаленных источников по каналам связи. Абоненты взаимодействуют с ЭВМ через абонентские пункты (АП) – термини-

альные устройства системы телеобработки. Абонентский пункт содержит в своем составе аппаратуру передачи данных (АПД), обслуживающую канал связи, набор периферийных устройств (ПУ), используемых для ввода-вывода данных, и обеспечивает обмен информацией между каналом связи и периферийными устройствами. В общем случае для подключения абонентов к ЭВМ используется значительное число каналов связи, которые подключаются к ней через коммутатор (мультиплексор передачи данных – МПД). Функционирование технических средств системы телеобработки поддерживается соответствующим программным обеспечением [1; 3].

В ВСТД применяются различные конфигурации связей между ЭВМ и абонентами, зависящие от состава и схемы размещения абонентов, типа используемых каналов связи и интенсивности потока