

Текстурная сегментация одноканальных изображений: примеры применения

Н.В. Родионова

*Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН,
141190, Фрязино, Московской обл., пл. им. акад. Б.А. Введенского, 1,
e-mail: rnv@ire.rssi.ru*

В данной работе осуществлена текстурная RGB сегментация одноканальных изображений с использованием статистик второго порядка Харалика. Приведены примеры применения текстурной сегментации при обработке данных дистанционного зондирования Земли.

Ключевые слова: одноканальное изображение, сегментация, текстурные признаки, статистики второго порядка.

Введение

Одним из инструментов, позволяющих осуществлять компьютерную обработку цифровых изображений (ЦИ), является текстурная сегментация, т. е. выделение областей с однородной текстурой, под которой понимается матрица или фрагмент пространственных свойств участков изображений с однородными статистическими характеристиками. Диапазон применений текстурной информации при обработке ЦИ весьма широк — это обработка данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), медицинские изображения, биометрия, металлография, обработка документов, автоматический контроль качества поверхности, неразрушающий контроль качества пищевых продуктов и др. В данной работе предлагается использовать некоррелирующие текстурные признаки Харалика (Haralick, 1973) для сегментации одноканальных изображений.

К одноканальным в радиолокации относятся данные, полученные для одной частоты и одной поляризации (к примеру, данные спутников ERS-1, -2, ALMAZ, JERS, Radarsat-1 и др.). Для поляриметрических радиолокационных изображений (РЛИ) каждый поляризационный канал также относится к категории одноканальных. В оптике — это панхроматические снимки и отдельные спектральные каналы мультиспектральных изображений. В медицине — ультразвуковые, магнитно-резонансные изображения, рентгеновские снимки и т. д. Информация в одноканальных данных ограничена интенсивностью и текстурой, и очень трудно интерпретировать такие изображения без априорного знания. Следует отметить, что пространственное разрешение изображений должно быть достаточно высоким для возможности получения надежной текстурной информации.

Более подробные сведения об областях применения текстурной информации при обработке данных ДЗЗ приведены ниже.

Области применения текстурной информации при обработке данных ДЗЗ

- 1 Улучшение точности оценки биомассы по радиолокационным данным (Kuplich et al., 2005).
- 2 Улучшение точности классификации типов земной поверхности, морского льда на оптических снимках (многозональные (МС), панхроматические) и РЛИ (Soh, Tsatsoulis, 1999; Puissant et al., 2005).
- 3 Применение текстурных признаков наряду со спектральными для разделения снежного покрова и облачных полей друг от друга на снимках, полученных радиометром (Мицель и др., 2005), и для классификации облаков (Астафуров, Скороходов, 2011).

- 4 Для классификации одноканальных цифровых изображений (РЛИ, панхроматических, отдельных МС-каналов и др.) (Rodionova, 2011; Caridade et al., 2007).
- 5 Подповерхностное зондирование: обнаружение подповерхностных мин по самолетным МС-изображениям по текстурным признакам (Tiwari et al., 2008).
- 6 Геологические применения: для картирования на РЛИ месторождений железа во влажных тропиках (De Morais et al., 2007); для дешифровки изображений морского шельфа (Козлов и др., 2006).

Описание текстуры и вычисление текстурных признаков

Математические методы для описания текстуры делятся на четыре основные группы: статистические, геометрические, методы на базе моделей и методы, связанные с обработкой сигналов. В данной работе для формирования локальных характеристик текстуры были использованы ее статистические свойства, описываемые статистиками второго порядка Харалика (Haralick, 1973). При первичном отборе статистик учитывалась прежде всего независимость текстурных признаков (ТП), и по результатам работы (Ulaby et al., 1986) были выбраны независимые «контраст», «обратный момент», «сумма квадратов» и «корреляция», а также «энтропия» как мера беспорядка на изображении:

- контраст — мера распространения уровней яркости —
$$\tilde{N} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (i-j)^2 P_{ij}, \quad (1)$$

- обратный момент — мера локального сходства —
$$IM = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{P_{ij}}{1+|i-j|}, \quad (2)$$

- сумма квадратов —
$$\sigma^2_i = \sum_{i=0}^{N-1} (i-\mu_i)^2 \sum_{j=0}^{N-1} P_{ij}, \text{ где } \mu_i = \sum_{i=0}^{N-1} i \sum_{j=0}^{N-1} P_{ij}, \quad (3)$$

- корреляция —
$$COR = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)P_{ij}}{\sigma_i \sigma_j}, \quad (4)$$

- энтропия — мера «беспорядка» на изображении —
$$E = -\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N P_{ij} \log(P_{ij}), \quad (5)$$

где N — число градаций уровней яркости; P_{ij} — матрица совместного появления уровней яркости пар смежных точек i и j , означающая частоту, с которой пара точек (одна с яркостью i , другая с яркостью j), отстоящих на расстоянии δ в направлении ξ , встречаются на изображении. При $\delta=1$ у центральной точки окна есть четыре различных направления: $\xi=0, 45, 90, 135^\circ$. Средняя по направлениям матрица $P_{ij} = \frac{1}{4}(P_{1,0} + P_{1,45} + P_{1,90} + P_{1,135})$ используется для нахождения ТП.

Текстурные признаки вычислялись на РЛИ в движущемся окне 5×5 пикселей при $N=32$.

Текстурная сегментация

Текстурная сегментация осуществлена путем слияния трех текстурных изображений в RGB-изображение. Количество возможных размещений из пяти ТП по три равно $N = 5!/(5-3)! = 60$ вариантам. Но легко заметить, что ТП (1)–(5) можно объединить в две группы по перепадам значений яркости в соседних точках окна, а именно, в первую группу входят ТП контраст, сумма квадратов и энтропия, для которых характерен рост значений при увеличении перепадов значений яркости пикселей в исследуемом окне, и во вторую группу входят ТП обратный момент и корреляция, значения которых тем больше, чем меньше перепад значений яркости пикселей в соседних точках. Другими словами, для однородной области

значения признаков первой группы небольшие, а второй группы — наоборот, т. е. ТП второй группы желательно использовать для идентификации водных (снимки ДЗЗ) и других гладких поверхностей и определить им синий цвет при RGB-сегментации. ТП первой группы желательно связать с красным и зеленым цветами. Следует отметить, что от перемены местами ТП первой группы цветовая гамма меняется незначительно при RGB-слиянии изображений.

Преимуществом текстурной сегментации в сравнении с кластеризацией является возможность в той или иной степени интерпретировать изображение без априорной информации, что недоступно для кластеризации. Так, при обработке изображений, полученных при ДЗЗ, ТП первой группы прекрасно выделяют урбанизированные районы, а ТП второй группы позволяют идентифицировать гладкие относительно длины волны поверхности (гладкие водные поверхности, голую почву и др.). То есть текстурная сегментация дает предварительную информацию для дальнейшей классификации изображения с обучением.

Примеры текстурной сегментации одноканальных изображений

Радиолокационные изображения

Текстурная RGB сегментация дает возможность, используя только одну поляризацию, осуществить сегментацию РЛИ, сравнимую с классификацией, использующей полную поляризацию. Для примера на рис. 1а дано текстурное RGB РЛИ со следующей цветовой кодировкой: энтропия — красный цвет, контраст — зеленый, обратный момент — синий цвет. Исходным является РЛИ L-диапазона HV-поляризации северо-восточного района Москвы и Московской области, полученное 1994.10.09 аппаратом SIR-C/X-SAR (азимутальное разрешение — 7,5 м, разрешение по дальности — 15 м). Текстура вычислялась на предварительно фильтрованном с помощью поляриметрического фильтра Lee (Lee et al., 1999) изображении. При сравнении текстурного РЛИ на рис. 1а, полученного для одной поляризации, с рис. 1б, где дана классификация по механизмам рассеяния Фримана и Дурдена (Freeman, Durden, 1998) для РЛИ с полной поляризацией (поверхностное рассеяние — синий цвет, объемное рассеяние — зеленый, рассеяние с двойным переотражением — красный цвет) после фильтрации спеклов (Lee et al., 1999), обнаруживаем сходство обоих изображений в сегментации областей с определенным механизмом рассеяния.

Панхроматические изображения

Панхроматическая мода выполняется в одном спектральном канале, соответствующем видимой части электромагнитного спектра. Единственный канал моды дает черно-белое изображение. На рис. 2а показано ESA/Compsat-1 панхроматическое изображение (диапазон спектра 510...730 нм) западной части Москвы, размер изображения 1280×1024 пикселей, дата съемки 05.06.2004, пространственное разрешение 6,6 м [<http://eopi.esa.int/esa/esa?cmd=aodetail&aoname=Compsat>]. Одно из текстурных RGB-изображений (контраст — красный цвет, энтропия — зеленый, обратный момент — синий цвет) приведено на рис. 2б. Для сравнения с текстурной сегментацией приведен пример кластеризации исходного изображения с числом кластеров 6 (рис. 2в). Кластеризация осуществлялась с помощью пакета Ilwis [<http://www.52north.org/>].

На текстурном изображении рис. 2б желтый цвет соответствует городской застройке, строения с большим перепадом высот имеют малиновый цвет, река — синий цвет, парки — темно-синий цвет. На изображении, полученном кластеризацией (рис. 2в), обнаруживаются неверно классифицированные группы пикселей — это парковые зоны в левой части изображения (красный цвет) и изгиб реки в нижнем правом углу (красный цвет).

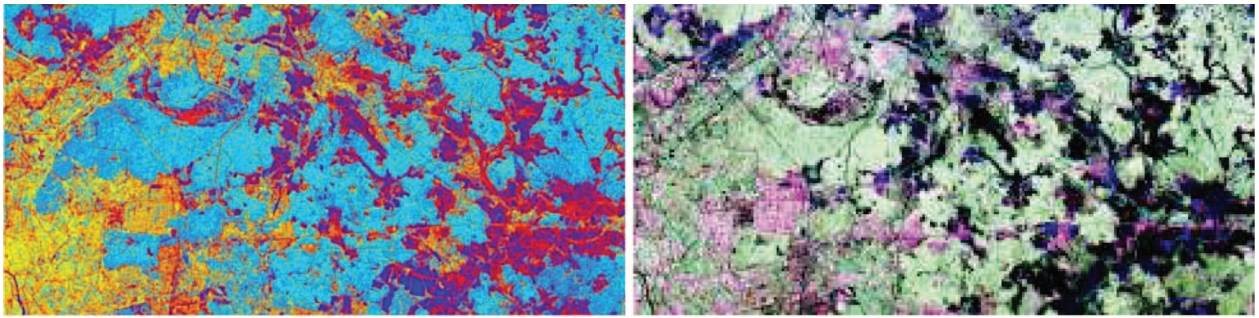


Рис. 1. а — текстурное RGB РЛИ (энтропия — красный цвет, контраст — зеленый, обратный момент — синий цвет);
 б — RGB РЛИ разложения по механизмам рассеяния Фримана и Дурдена (синий цвет — поверхностное рассеяние, зеленый — объемное рассеяние, красный — четное рассеяние)

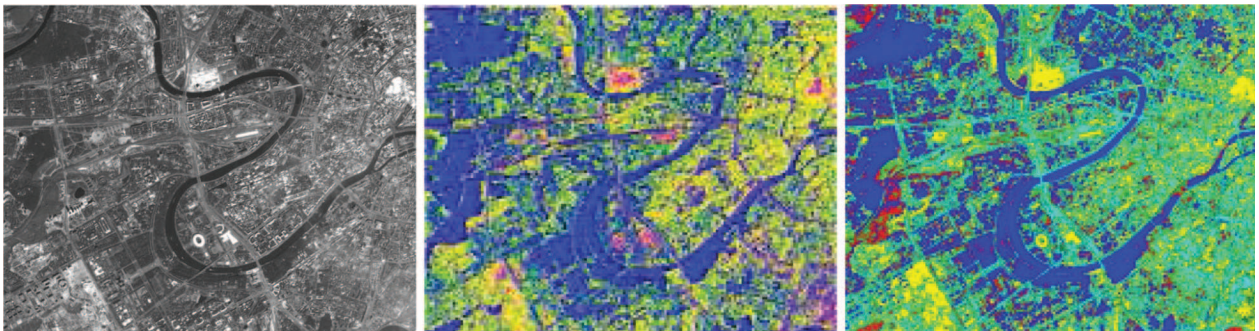


Рис. 2. а — исходное Kompsat-1-изображение; б — текстурное RGB-изображение (контраст — энтропия — обратный момент); в — кластеризация с шестью кластерами

Заключение

Предложенная и продемонстрированная на нескольких примерах текстурная RGB сегментация на базе статистик второго порядка Харалика позволяет получить предварительную информацию об объектах на изображении без априорного знания, что является преимуществом перед кластеризацией и является шагом к классификации изображения.

Литература

1. Астафуров В.Г., Скороходов А.В. Классификация облаков по спутниковым снимкам на основе технологии нейронных сетей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 65–72.
2. Козлов З.В., Павлюков С.С., Суханов К.Ю. Дешифрирование космических снимков нефтегазо-перспективных участков морского шельфа на основе текстурных признаков // Гідроакустичний журнал. 2006. № 3. С. 25–31.
3. Мицель А.А., Колодникова Н.В., Протасов К.Т. Непараметрический алгоритм текстурного анализа аэрокосмических снимков // Изв. Томского политехнич. ун-та. 2005. Т. 308. № 1. С. 65–70.
4. Caridade C.M.R., Marçal A.R.S., Mendonça T. The use of texture for image classification of black & white air-photographs // New Developments and Challenges in Remote Sensing / Ed. Z. Bochenek. Rotterdam: Millpress, 2007.
5. Freeman A., Durden S.L. A three-component scattering model for polarimetric SAR data // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. 1998. V. 36. N. 3. P. 963–973.
6. Haralick R.M. Textural Features for Image Classification // IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics. 1973. V. 3. N. 6. P. 610–621.

7. *Kuplich T., Curran P., Atkinson P.* Relating SAR image texture to the biomass of regenerating tropical Forests // Intern. J. Remote Sensing. 2005. V. 26. N. 21. P. 4829–4854.
8. *Lee J.-S., Grunes M.R., De Grandi G.* Polarimetric SAR speckle filtering and its implication for classification // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. 1999. V. 37. N. 5. P. 2363–2373.
9. *De Moraes M. C., Junior P.M.P., Paradella W. R.* Potential of SAR data (L-hh-hv-vv) to discriminate iron-mineralised laterites in the Amazon Region (Carajás Province) based on textural attributes // Anais 13 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis. Brasil. 2007. INPE. P. 2069-2078.
10. *Puissant J., Hirsch J., Weber C.* The utility of texture analysis to improve per-pixel classification for high to very high spatial resolution imagery // Intern. J. Remote Sensing. 2005. V. 26, N. 4. P. 733–745.
11. *Rodionova N.V.* One channel image texture based interpretation // Proc. PolInSAR-2011. Frascati. 2011. [Электрон. текст]. CD-ROM.
12. *Soh L.-K., Tsatsoulis C.* Texture Analysis of SAR Sea Ice Imagery Using Gray Level Co-Occurrence Matrices // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. 1999. V 7. N. 2.
13. *Tiwari S., Agarwal S., Trang A.* Texture Feature Selection for Buried Mine Detection in Airborne Multispectral Imagery // Proc. IGARSS'2008. Boston. 2008. [Электрон. текст]. CD-ROM.
14. *Ulabiy F.T., Kouyate F., Brisco B. et al.* Textural Information in SAR Images // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. 1986. V. GE-24 (2). P. 235–245.

One channel texture based segmentation: application examples

N.V. Rodionova

*Institute of Radioengineering and Electronics RAN, Fryazino, Vvedensky sq., 1,
e-mail:rnv@ire.rssi.ru*

The paper proposes to use the textural features, obtained from grey level co-occurrence matrix (GLCM), to segment one channel images. Some texture segmentation examples of SAR and optical images are demonstrated.

Keywords: one channel image, segmentation, texture features, second order statistics.