

УДК 621.3:681.34

Н.Н. ПОНОМАРЕНКО, В.В. ЛУКИН, Д.В. ФЕВРАЛЕВ, А.А. ЗЕЛЕНСКИЙ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***СЖАТИЕ РСА-ИЗОБРАЖЕНИЙ БЕЗ ВИЗУАЛЬНО-ЗАМЕТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ**

Проанализирован метод сжатия с потерями изображений, сформированных радиолокаторами с синтезированной апертурой (РСА) и искаженных пространственно-коррелированным спекл-шумом. Параметры сжатия на основе дискретного косинусного преобразования (ДКП) подобраны таким образом, чтобы вносимые искажения были визуально незаметны, что позволяет в дальнейшем применять к декомпрессированным изображениям различные процедуры вторичной обработки. Исследованы статистические характеристики остаточных помех и значения метрик, характеризующих визуальное качество изображений после сжатия. Сформулированы задачи дальнейших исследований.

Ключевые слова: сжатие изображений с потерями, мультипликативный шум, метрики визуального качества.

Введение

Радиолокаторы с синтезированной апертурой стали в настоящее время основным средством радиолокационного дистанционного зондирования, особенно для систем космического базирования [1]. Изображения, формируемые РСА, характеризуются высоким пространственным разрешением (порядка единиц метров и даже десятков сантиметров) благодаря использованию специальных широкополосных сигналов и большому размеру синтезированной антенны. Однако формируемые изображения характеризуются тремя основными особенностями.

Во-первых, для зондируемых территорий (полос обзора) заданного размера при улучшении разрешающей способности резко возрастает размер (количество элементов разрешения и пикселей) формируемого изображения. Это может вызвать определенные проблемы при передаче данных ДЗ по каналу связи в наземный центр обработки информации ДЗ и потенциальным пользователям [2, 3], если канал имеет ограниченную пропускную способность. Во-вторых, исходные (первичные) РСА-изображения искажены спекл-шумом, который имеет особо высокую интенсивность при использовании одновзглядового режима (для которого разрешающая способность наилучшая) [1]. В-третьих, спекл-шум является особым случаем мультипликативных помех, к тому же пространственно-коррелированным, что часто не учитывается при сжатии и обработке (фильтрации, обнаружении границ и т.д.) [1, 4]. Поэтому желательна разработка методов и алгоритмов сжатия РСА-изображений с учетом перечисленных особенностей спекла.

Сжатие РСА-изображений без потерь неэффективно. Вследствие присутствия на них интенсивных помех, обеспечиваемый даже лучшими кодерами

коэффициент сжатия лишь немного превосходит единицу. Поэтому желательно (или приходится) использовать сжатие с потерями. При этом необходимо вносить минимальные (приемлемые) искажения полезной информации, содержащейся в изображении [2, 3, 5].

При сжатии, в принципе, могут применяться как стандартные методы (например, JPEG [6] или JPEG2000 [7]), так и специализированные методы сжатия на основе ортогональных преобразований [8, 9]. Однако необходимо учитывать, что сжатие изображений с потерями, которые искажены помехами, имеет свою специфику [5, 9]. Она заключается в том, что при определенных условиях (выборе параметров кодеров) при сжатии с потерями имеет место эффект подавления помех («фильтрации») [2, 5, 9-12]. Однако, во-первых, такая «фильтрация» менее эффективна, чем обычная фильтрация [10, 13]. Во-вторых, при сигнально-зависимых помехах, частным случаем которых является спекл, эффекты фильтрации (подавления помех) проявляются по-разному на участках с различным средним [2, 13]. Поэтому часто используют трехэтапные процедуры [8, 12, 13], где до сжатия применяют гомоморфное (стабилизирующее дисперсию) прямое преобразование, а после декомпрессии применяют соответствующее обратное гомоморфное преобразование, хотя возможны варианты сжатия с использованием переменного шага квантования в блоках, адаптированного к локальным свойствам помех [14, 15].

Поскольку подавление помех при сжатии с потерями является недостаточно эффективным, операции сжатия с потерями и собственно фильтрации могут быть реализованы отдельно [16]. При этом к сжатию с потерями предъявляется требование вносить такие искажения, чтобы они были практически незаметны и сохраняли статистические свойства помех.

Недавно нами были предложены методы сжатия с потерями с внесением визуально незаметных искажений применительно к сжатию изображений, на которых практически отсутствует шум [17]. С учетом этого подхода цель данной статьи заключается в разработке и анализе эффективности метода сжатия РСА-изображений без визуально-заметных искажений, принимая во внимание указанные выше особенности спекл-шума.

1. Модели изображений и помех

В общем случае зависимость дисперсии помех от истинного значения I_{ij}^{true} описывается выражением $I_{ij}^n = I_{ij}^{\text{true}} + n_{ij}(I_{ij}^{\text{true}})$, где I_{ij}^n - зашумленное (наблюдаемое) значение изображения в ij -м пикселе, n_{ij} - шум в этом пикселе, статистические характеристики которого зависят от I_{ij}^{true} . Для чисто мультипликативных помех дисперсия $\sigma_{n_{ij}}^2 = \sigma_{\mu}^2 (I_{ij}^{\text{true}})^2$, где σ_{μ}^2 - относительная дисперсия (ее значение обычно меньше единицы и зависит от режима работы системы формирования изображений). Можно использовать и другую форму записи для изображений, искаженных спекл-шумом

$$I_{ij}^n = \mu_{ij} I_{ij}^{\text{true}}, \quad (1)$$

где мультипликативный множитель μ_{ij} имеет среднее, равное единице, и дисперсию σ_{μ}^2 [1, 18].

Спекл ниже полагается пространственно-коррелированным. Пространственная коррелированность помех имеет место вследствие неопредельной пространственной дискретизации данных при формировании РСА-изображений [1, 4].

Еще одной особенностью РСА-изображений и анализа эффективности методов их обработки является отсутствие общепринятых (стандартных) тестовых изображений. Это связано, по-видимому, с двумя факторами. Во-первых, РСА являются системами бокового обзора в отличие от многих других систем дистанционного зондирования, вследствие чего для РСА-изображений достаточно часто наблюдаются эффекты затенения [1], особенно для участков городской застройки. Во-вторых, имеются и другие эффекты (например, многократных отражений), которые сложно моделировать [19].

Поэтому нами использовались в качестве основы (незашумленных изображений) оптические изображения, на которых есть эффекты затенения (примеры см. на рис. 1).

2. Предлагаемый метод сжатия

Структурная схема предлагаемого метода сжатия приведена на рис. 2. Для заданного РСА-изо-

бражения оценивается спектр шума, если он априорно неизвестен. Для этой цели предлагается использовать метод слепой оценки спектра шума, описанный в [20], который сохраняет работоспособность даже на сильно текстурных изображениях.

В табл. 1 приведен результат оценки этим методом спектра шума радиолокационных изображений системы ДЗ TerraSAR-X, доступных в [21].

В виде столбиков различной высоты этот ДКП-спектр представлен на рис. 2 в нижней левой части. Неравномерность полученного спектра шума, представляющего собой матрицу 8×8 значений относительных дисперсий шума для соответствующих коэффициентов дискретного косинусного преобразования, свидетельствует о пространственной коррелированности помех.



а



б

Рис. 1. Незашумленные тестовые изображения Fr1 и Fr2

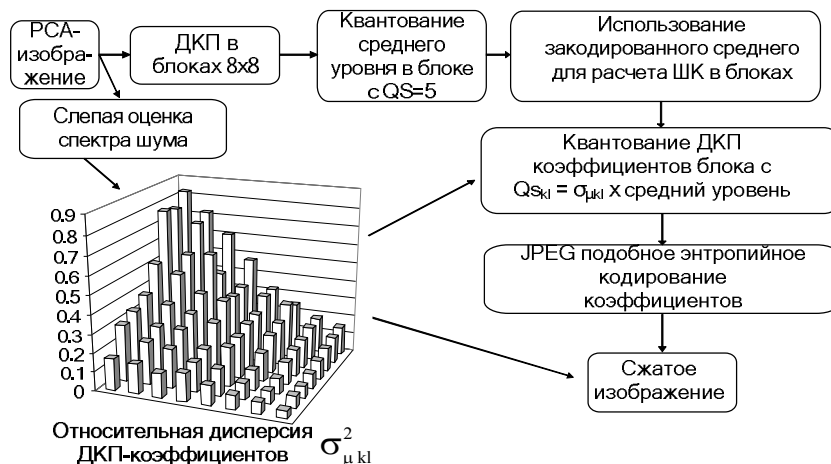


Рис. 2. Структурная схема предлагаемого метода и пример ДКП-спектра

Таблица 1

ДКП-спектр σ_{μ}^2

0,828	0,722	0,608	0,476	0,325	0,25	0,185	0,152
0,757	0,689	0,423	0,36	0,325	0,292	0,176	0,137
0,774	0,548	0,563	0,348	0,26	0,23	0,152	0,122
0,518	0,476	0,384	0,36	0,25	0,203	0,144	0,102
0,384	0,348	0,314	0,281	0,221	0,152	0,122	0,078
0,336	0,27	0,27	0,185	0,212	0,109	0,084	0,063
0,303	0,23	0,212	0,16	0,144	0,09	0,068	0,063
0,168	0,16	0,13	0,152	0,109	0,078	0,063	0,04

Далее изображение предлагается разбивать на блоки 8x8, выполнить в каждом из них дискретное косинусное преобразование и квантовать полученные коэффициенты с шагом квантования, равным $\sigma_{\mu kl}$, умноженным на средний уровень блока, где k, l – индекс данного коэффициента ДКП, а $\sigma_{\mu kl}$ берется из таблицы, аналогичной табл. 1, полученной для данного изображения. Средний уровень при представлении изображений 8-битными целыми числами квантуется с шагом квантования, равным 5. Если же данные имеют другой динамический диапазон, то шаг квантования принимается равным 1/50 динамического диапазона.

И, наконец, квантованные коэффициенты кодируются каким-либо энтропийным кодером. В данной работе используется модификация для размера блоков 8x8 кодера, описанного в [22].

При декомпрессии сначала определяются средние в блоках, затем другие ДКП-коэффициенты и, наконец, реализуются обратные ДКП в блоках.

3. Анализ для тестовых изображений

Рассмотрим результаты применения предложенного метода, полученные для четырех тестовых изображений. Изображения, практически без собственных помех, были сформированы из больших по размеру оптических изображения хорошего качества.

Каждое из них было уменьшено путем усреднения в 5 раз по вертикали и горизонтали, чтобы уменьшить тот небольшой шум, который там исходно был. В результате были получены изображения стандартного размера 512x512 пикселей, два примера которых приведены на рис. 1. Затем изображения были искажены мультипликативным шумом с плотностью распределения Рэля, что характерно для однозглядовых амплитудных PCA [1], в соответствии с его спектром, приведенным в табл. 1. В результате были получены зашумленные изображения, показанные на рис. 3 и 4.

Эти тестовые изображения были сжаты предложенным методом, а также методом Calic [23], который является одним из наиболее эффективных методов сжатия изображений без потерь. В таблице 2 приведены коэффициенты сжатия (CR) для сравниваемых методов, а также оценки визуального качества декодированных изображений для предложенного метода. Для этого использовались метрики PSNR, PSNR-HVS-M [24] и MSSIM [25], рассчитанные для зашумленного и декомпрессированного изображений. Именно метрики PSNR-HVS-M и MSSIM, как показано в [17] и [26], являются наилучшими для описания визуального качества декомпрессированных изображений и контроля заметности искажений, внесенных при сжатии с потерями. При этом согласно результатам [17] и [26] для метрики PSNR-HVS-M значения должны быть не ниже 40 дБ, а для метрики MSSIM не меньше 0,985.

Таблица 2

Характеристики сжатия для тестовых изображений

Тест. изобр.	КС для CALIC	КС для предл. метода	PSNR, дБ	PSNR-HVS-M, дБ	MSSIM
Fr1	1,02	3,42	25,12	27,59	0,986
Fr2	1,01	3,44	25,08	27,21	0,986
Fr3	0,99	3,49	24,68	26,74	0,984
Fr4	1,03	3,52	25,08	26,89	0,982

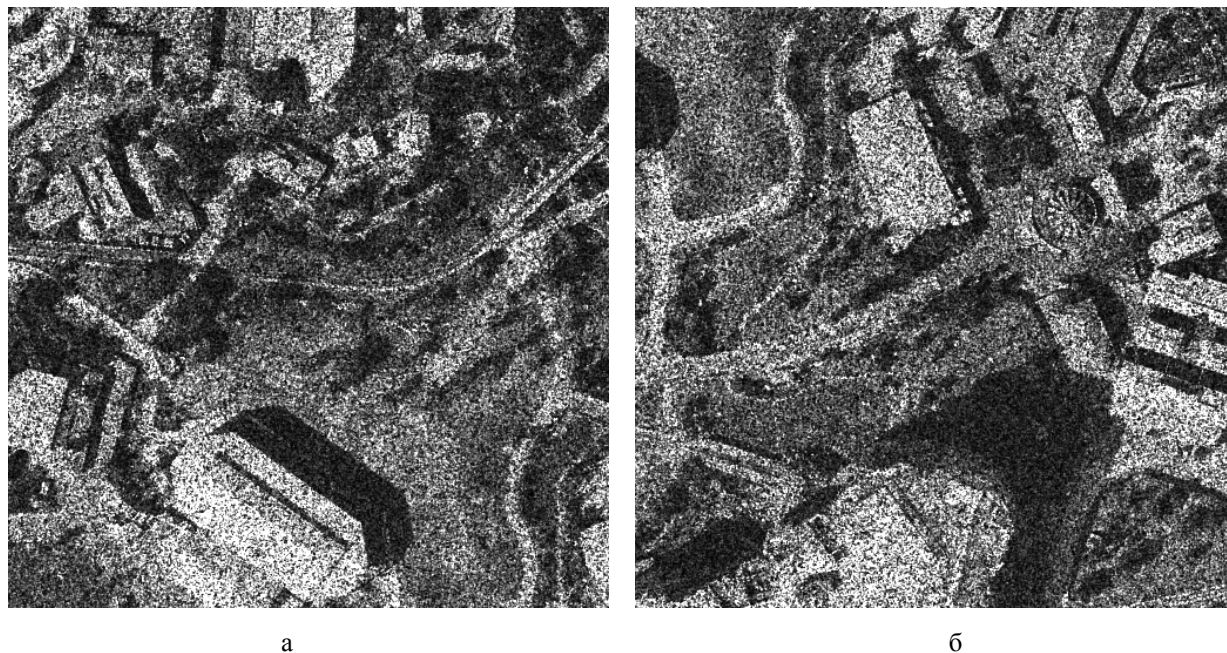


Рис. 3. Зашумленные тестовые изображения Fr1 и Fr2, полученные для изображений на рис. 1

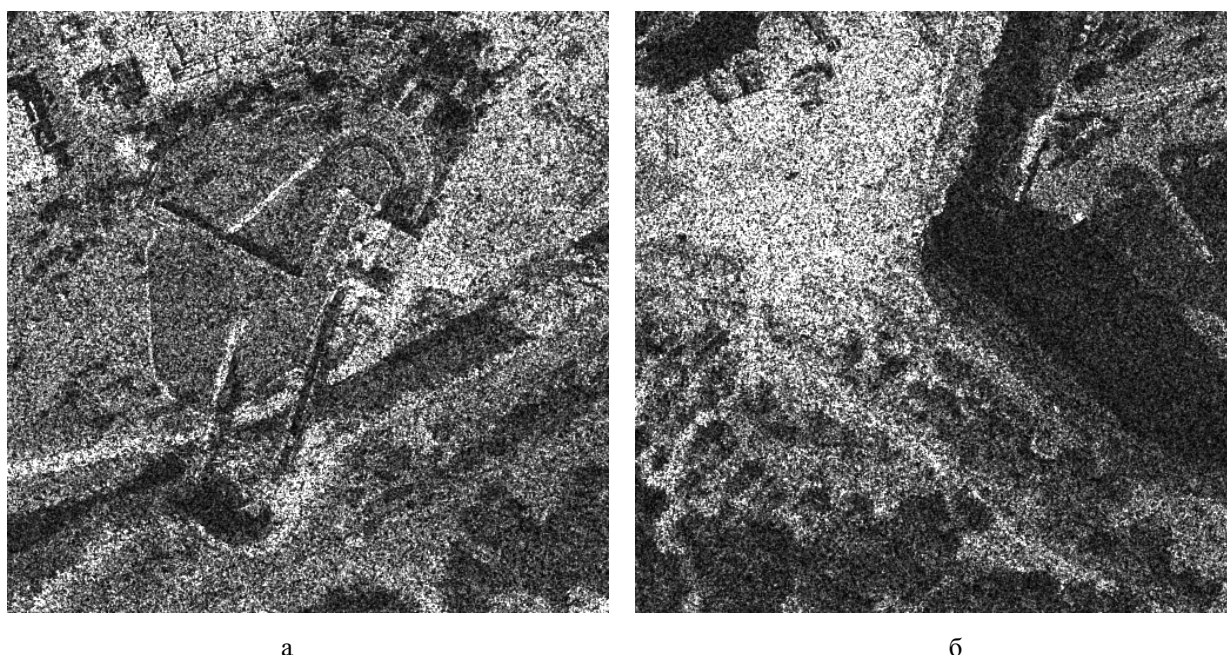


Рис. 4. Два других зашумленных тестовых изображения (Fr3 и Fr4)

Как видно из приведенных данных, предложенный метод обеспечивает сжатие изображений примерно в 3,5 раза. В то же время применение метода сжатия без потерь Calic для этих изображений практически бесполезно.

Значения метрики MSSIM находятся примерно на том уровне, который рекомендован в [17] и [26]. А вот значения метрики PSNR-HVS-M значительно меньше 40 дБ (значения обычного PSNR примерно равны 25 дБ, что для большинства известных приложений соответствует визуально заметным искажениям). Поэтому проверим, заметны ли внесенные искажения визуально. На рис. 5 в увеличенном мас-

штабе приведены фрагмент изображения на рис. 3, а до сжатия и тот же фрагмент после сжатия. На наш взгляд (подтвержденный мнениями более двадцати опрошенных) визуально эти изображения не отличаются.

Таким образом, метрика PSNR-HVS-M в рассматриваемой ситуации дает явно заниженные значения и не способна адекватно оценивать визуальное качество сжатых изображений. Причина, по-видимому, заключается в том, что эта метрика не учитывает некоторых особенностей зрения человека, в частности, большей чувствительности к искажениям при малых и средних интенсивностях (метри-

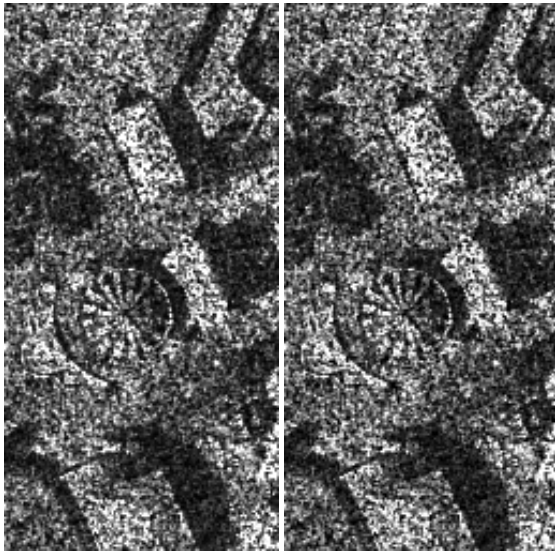


Рис. 5. Фрагмент тестового изображения до и после сжатия

ка MSSIM учитывает эту особенность, описываемую законом Вебера-Фехнера). Еще одна причина состоит в том, что все из известных баз искаженных изображений (TID2008, LIVE, Toyota и другие) содержат только изображения, искаженные аддитивным шумом, но не содержат изображения, искаженные различными сигнально-зависимыми помехами, что следует признать общим недостатком всех этих баз.

4. Анализ для реальных PCA-изображений

Для верификация предложенного метода на реальных изображениях были использованы изображения TerraSAR-X регионов Rosenheim and Uluru, полученные с указанного выше сайта изображений. Из каждого из этих регионов было вырезано по 2 фрагмента 512x512 pixels, соответственно Ros1, Ros2, Uluru1 and Uluru2. Результаты приведены в таблице 3. Значения КС для метода CALIC несколько лучше, чем для тестовых изображений, однако и в этом случае они лишь немного больше единицы, что свидетельствует об ограниченной применимости методов сжатия без потерь. Значения PSNR и PSNR-HVS-M также несколько больше, чем для тестовых изображений (см. данные в таблице 2), но снова согласно метрике PSNR-HVS-M внесенные при сжатии искажения должны быть заметны. Согласно же метрике MSSIM внесенные искажения либо незаметны, либо слабо заметны визуально.

Как и для тестовых изображений, предложенный метод для всех рассматриваемых изображений обеспечивает КС порядка 3,5, что значительно больше, чем для методов сжатия без потерь.

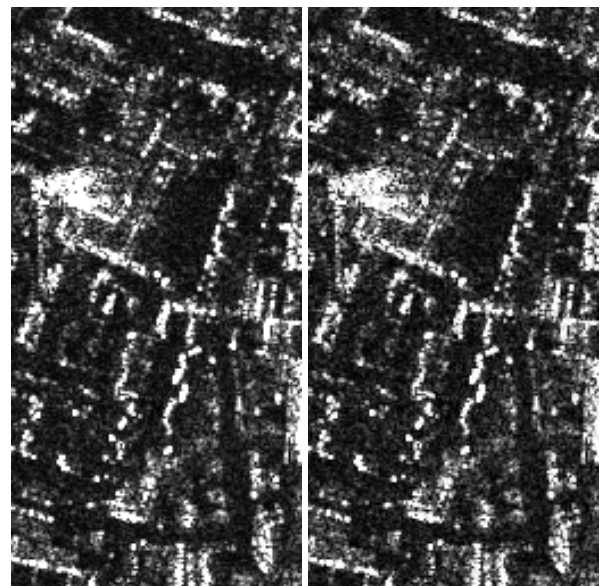
Таблица 3

Характеристики сжатия для тестовых изображений

Тест. изобр.	КС для CALIC	КС для предл. метода	PSNR, дБ	PSNR-HVS-M, дБ	MSSIM
Ros1	1,09	3,19	27,40	30,68	0,992
Ros2	1,09	3,50	28,86	30,78	0,979
Uluru1	1,23	3,34	32,26	35,51	0,989
Uluru2	1,27	3,46	31,94	33,90	0,986



а



б

в

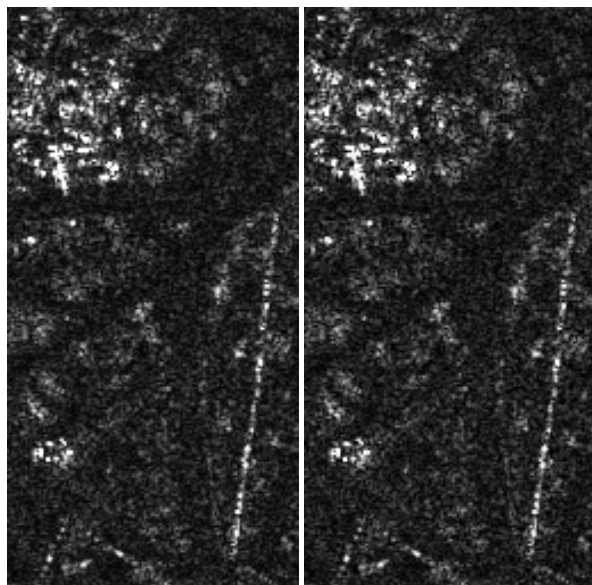
Рис. 6. Реальное изображение Ros1 (а), его увеличенный фрагмент до сжатия (б) и после сжатия с потерями (в)

На рис. 6 приведены изображения Ros1 и Ros2, а также увеличенные фрагменты этих изображений до и после сжатия, а на рис. 7 – то же самое для изо-

бражений Uluru1 and Uluru2. Согласно мнению более двадцати опрошенных, визуально исходные и сжатые с потерями изображения идентичны.



а



б

в

Рис. 7. Реальное изображение Ros1 (а), его увеличенный фрагмент до сжатия (б) и после сжатия с потерями (в)

Во введении указывалось, что одним из требований к сжатию с потерями может быть сохранение статистических характеристик спекл-шума. Проведем небольшой анализ, выполняется ли это требование для предложенного метода сжатия. С этой целью получим гистограммы распределения значений для однородного участка реального РСА-изображения до и после сжатия. Множество таких участков содержит реальное изображение Ros2,

приведенное на рис. 8, которое получено для сельскохозяйственного района. Гистограммы для одного интерактивно выбранного однородного участка приведены на рис. 9. Их визуальный анализ позволяет сделать вывод, что закон распределения значений после сжатия практически не изменился.

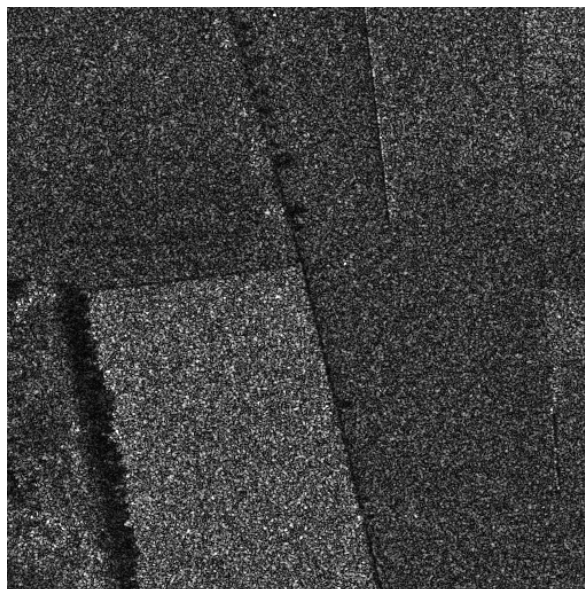
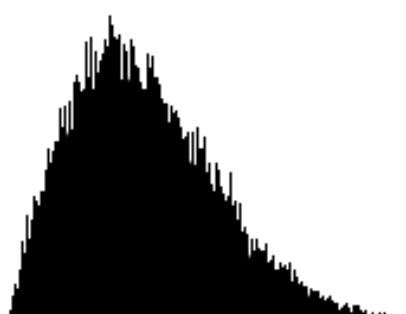
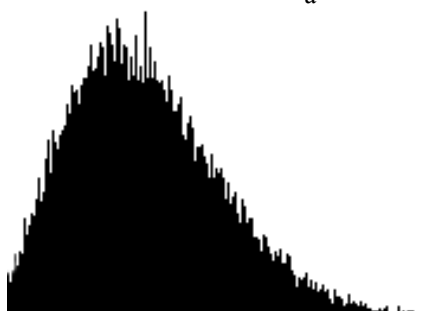


Рис. 8. Изображение Ros2



а



б

Рис. 9. Гистограммы значений однородного участка изображения на рис. 8 до (а) и после (б) сжатия с потерями

К такому же выводу можно прийти и в результате анализа количественных характеристик. Например, оценки параметра σ_{μ}^2 равны 0,285 и 0,303,

значения коэффициента асимметрии равны 0,67 и 0,63, а коэффициента эксцесса 0,32 и 0,35, что примерно соответствует закону распределения Рэлея.

Таким образом, предложенный метод сжатия с потерями практически не изменяет статистические характеристики спекл-шума. Вследствие адаптации к пространственному спектру шагов квантования, выбранных достаточно малыми, практически не изменяются и пространственно-корреляционные свойства помехи.

Заключение

Предложен метод сжатия РСА-изображений с потерями, но без внесения визуально-заметных искажений и изменения статистических и пространственно-корреляционных характеристик спекл-шума. Достигнут КС порядка 3,5, что примерно в 3 раза больше, чем при сжатии без потерь. Продемонстрирована применимость предложенного метода для сжатия одновзглядовых РСА-изображений, но он может быть использован и при сжатии изображений с большим числом взглядов. При этом несколько уменьшится КС, поскольку значения шагов квантования будут меньше. Обнаружены условия, когда метрика визуального качества PSNR-HVS-M дает неадекватные результаты, что, надеемся, повысит ее работоспособность в будущем.

Метод сжатия основан на использовании ДКП в блоках 8x8 пикселей, что обеспечивает простоту и высокое быстродействие его аппаратурной или алгоритмической реализации.

Литература

1. Oliver, C. *Understanding Synthetic Aperture Radar Images* [Текст] / C. Oliver, S. Quegan – SciTech Publishing. – 2004. – 464 p.
2. *Quasi-optimal compression of noisy optical and radar images* [Текст] / V. Lukin, N. Ponomarenko, M. Zriakhov, A. Zelensky, K. Egiazarian, J. Astola // *Proc. of SPIE Conference "Image and Signal Processing for Remote Sensing XII"*. – 2006. – Vol. 6365. – 12 p.
3. Zeng, Z. *SAR Image Data Compression Using a Tree-Structured Wavelet Transform* [Текст] / Z. Zeng, I.G. Cumming // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2001. – Vol. 39, No 3. – P. 546–552.
4. *Adaptive DCT-based filtering of images corrupted by spatially correlated noise* [Текст] / V. Lukin, N. Ponomarenko, K. Egiazarian, J. Astola // *Proceedings of SPIE Conference Image Processing: Algorithms and Systems*, 28 January 2008. – San Jose, 2008. – Vol. 6812. – 12 p.
5. Al-Chaykh, O.K. *Restoration of Lossy Compressed Images* [Текст] / O.K. Al-Chaykh, R.M. Mersereau // *IEEE Transactions on Image Processing*. – 1999. – Vol. 8 (10). – P. 1348–1360.
6. Wallace, G. *JPEG still image compression standard* [Текст] / G. Wallace // *Communications of the ACM – Special issue on digital multimedia systems*. – 1991. – Vol. 34, No 4. – P. 30–44.
7. Said, A. *A new fast and efficient image codec based on the partitioning in hierarchical trees* [Текст] / A. Said, W. Pearlman // *IEEE Transactions on Circuits System and Video Technology*. – 1996. – Vol. 6. – P. 243–250.
8. Valade, C. *Homomorphic Wavelet Transform and New Subband Statistics Models for SAR Image Compression* [Текст] / C. Valade, J.M. Nicolas // *IEEE Transactions on Signal Processing*. – 2006. – Vol. 86, No 3. – P. 533–548.
9. Al-Chaykh, O.K. *Lossy compression of noisy images* [Текст] / O.K. Al-Chaykh, R.M. Mersereau // *IEEE Transactions on Image Processing*. – 1998. – Vol. 7 (12). – P. 1641–1652.
10. *Lossy compression of images with additive noise* [Текст] / N.N. Ponomarenko, V.V. Lukin, M.S. Zriakhov, K. Egiazarian // *Proceedings International Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems*. – 2005. – P. 381–386.
11. *Lossy Compression of Noisy Images Based on Visual Quality: a Comprehensive Study* [Текст] / N. Ponomarenko, S. Krivenko, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola // *Open access paper in: EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. – 2010. – 13 p. – Article ID 976436.
12. *An Automatic Approach to Lossy Compression of Images Corrupted by Poisson Noise* [Текст] / V.V. Lukin, M.S. Zriakhov, N.N. Ponomarenko, A. Kaarna // *Processing Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium MRRS-2008, 22–24 Sept. 2008*. – Kiev, 2008. – P. 139–142.
13. *Особенности сжатия изображений при сигнально-зависимых помехах* [Текст] / М.С. Зряхов, С.С. Кривенко, С.К. Абрамов, Н.Н. Пономаренко, В.В. Лукин // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2011. – № 2/79. – С. 87–95.
14. *Lossy compression of images corrupted by mixed Poisson and additive noise* [Текст] / V. Lukin, S. Krivenko, M. Zriakhov, N. Ponomarenko, S. Abramov, A. Kaarna, K. Egiazarian // *Proceedings of LNLA, August 2009*. – Helsinki, 2009. – P. 33–40.
15. *Compression of noisy Bayer pattern color filter array images* [Текст] / N. Ponomarenko, A. Bazhyna, K. Egiazarian, V. Lukin // *Proceedings of SPIE Photonics West Symp.*, Jan. 2007. – San Jose, 2007. – Vol. 6498. – 9 p.
16. *An automatic approach to lossy compression of AVIRIS images* [Текст] / N. Ponomarenko, V. Lukin, M. Zriakhov, A. Kaarna, J. Astola // *Proceedings of IGARSS, July 2007*. – Barcelona, 2007. – P. 472–475.
17. *Lossy compression of images without visible distortions and its applications* [Текст] / V. Lukin, M. Zriakhov, S. Krivenko, N. Ponomarenko, Z. Miao // *Proc. of ICSP, 24–28 Oct. 2010*. – Beijing, 2010. – P. 694–697.
18. *Locally Adaptive DCT Filtering for Signal-Dependent Noise Removal* / R. Oktem, K. Egiazarian, V. Lukin, N. Ponomarenko, O. Tsymbal // *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. – 2007. – 10 p. – Article ID 42472.

19. Dogan, O. *Time Domain SAR Raw Data Simulation of Distributed Targets [Текст]* / O. Dogan, M. Kartal // *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. – 2010. – 11 p. – Article ID 784815.

20. *A method for blind estimation of spatially correlated noise characteristics [Текст]* / N. Ponomarenko, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola // *Proc. of SPIE Conf. Image Proc.: Algorithms and Systems VII*, 19 January 2010. – San Jose, 2010. – Vol. 7532. – 12 p.

21. *Free TerraSAR-X Data Samples [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: <http://www.infoterra.de/free-sample-data>. – (30.09.11)

22. *DCT Based High Quality Image Compression [Текст]* / N.N. Ponomarenko, V.V. Lukin, K.O. Egiazarian, J.T. Astola // *Proc. Scand. Conf. on Image Analysis, Springer Series: Lect. Notes in Comp. Sc.* – 2005. – Vol. 3540. – P. 1177–1185.

23. Wu, X. *Context-based, adaptive, lossless image coding [Текст]* / X. Wu and N. D. Memon // *IEEE Trans. On Communications*. – 1997. – Vol. 45 (4). – P. 437–444.

24. *On between-coefficient contrast masking of DCT basis functions [Текст]* / N. Ponomarenko, F. Silvestri, K. Egiazarian, M. Carli, J. Astola, V. Lukin // *CD-ROM Proc. of the Third Int. Workshop on Video Proc. and Quality Metrics*, 25–26 January 2007. – Arizona, 2007. – 4 p.

25. Wang, Z. *Multi-scale Structural Similarity for Visual Quality Assessment [Текст]* / Z. Wang, E.P. Simoncelli, A.C. Bovik // *Proceedings of the 37th IEEE Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*. – 2003. – Vol. 2. – P. 1398–1402.

26. *Оценка визуальных искажений при внедрении в изображения цифровых водяных знаков [Текст]* / О.И. Еремеев, Н.Н. Пономаренко, В.В. Лукин, А.А. Зеленский // *Матеріали 7-ї наукової конференції ДУІКТ «Сучасні тенденції розвитку технологій в інфокомунікаціях та освіті»*, листопад 2010 р. – X., 2010. – С. 20–23.

Поступила в редакцию 10.09.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. каф. «Проектирование радиоэлектронных систем летательных аппаратов» Э.Н. Хомяков, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.

СТИСНЕННЯ РСА-ЗОБРАЖЕНЬ БЕЗ ВІЗУАЛЬНО ПОМІТНИХ СПОТВОРЕНЬ

М.М. Пономаренко, В.В. Лукін, Д.В. Февральов, О.О. Зеленський

Проаналізовано метод стиснення з втратами зображень, які сформовані радіолокаторами з синтезованою апертурою (РСА) і спотворені просторово-корельованим спекл-шумом. Параметри стиснення на основі дискретного косинусного перетворення (ДКП) підібрані таким чином, щоб спотворення, які додаються, були візуально непомітні, що дозволяє надалі застосовувати до декомпресованих зображень різні процедури вторинної обробки. Досліджено статистичні властивості залишкових завад і значення метрик, що характеризують візуальну якість зображень після стиснення. Сформульовано завдання подальших досліджень.

Ключеві слова: стиснення РСА-зображень з втратами, мультиплікативний шум, метрики візуальної якості

SAR IMAGE LOSSY COMPRESSION WITHOUT VISUALLY NOTICEABLE DISTORTIONS

N.N. Ponomarenko, V.V. Lukin, D.V. Fevralev, A.A. Zelensky

The methods of lossy compression of images formed by synthetic aperture radar (SAR) and distorted by spatially-correlated speckle are analyzed. Compression settings for discrete cosine transform (DCT) based compression are chosen so that the distortions introduced are not visually noticeable that allows further using different procedures secondary processing applied to decompressed images. The statistical characteristics of residual noise and the values of metrics that characterize visual image quality after compression are studied. The tasks of further investigations are formulated.

Keywords: image lossy compression, multiplicative noise, visual quality metric

Пономаренко Николай Николаевич – канд. техн. наук, докторант каф. «Прием, передача и обработка сигналов», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: uagames@mail.ru.

Лукин Владимир Васильевич – д-р техн. наук, проф., проф. каф. «Прием, передача и обработка сигналов», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: lukin@xai.kharkov.ua.

Февральев Дмитрий Владимирович – канд. техн. наук, с.н.с. каф. «Прием, передача и обработка сигналов», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: fevralev@mail.ru.

Зеленский Александр Алексеевич – д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Прием, передача и обработка сигналов», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: azelens@mail.ru.