

УДК 681.3.21

А.С. РУБЕЛЬ, В.В. ЛУКИН

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Украина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОИСКА ПОДОБНЫХ БЛОКОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ИСКАЖЕННЫХ АДДИТИВНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННО-КОРРЕЛИРОВАННЫМ ШУМОМ

Проанализирована эффективность поиска подобных блоков на изображениях, искаженных аддитивными пространственно-коррелированными помехами, в трех областях представления (пространственной области, спектральных областях дискретного косинусного преобразования (ДКП) и преобразования Хаара). Исследование проведено для девяти метрик подобия, в том числе классических метрик (Manhattan и расстояние Евклида), для пяти тестовых изображений. Введена оценка эффективности поиска подобных блоков, основанная на рангах блоков в отсортированных картах метрик по величине расстояния. Показано, что среди исследуемых метрик для всех областей представления есть более эффективные, чем классические.

Ключевые слова: *подобие блоков, метрики, изображение, эффективность, поиск, аддитивные помехи.*

Введение

Развитие систем обработки и повышение качества визуальных данных связано, в том числе, с быстрорастущей производительностью вычислительных систем и совершенствованием устройств формирования изображений. Сложившаяся ситуация позволяет рассматривать цифровые изображения как сложные многомерные структуры. Анализ таких структур и синтез их моделей являются одними из ключевых задач обработки визуальных данных. Решение практических задач обработки изображений с помощью структурного анализа приносит немалый выигрыш во многих приложениях: в нелокальной фильтрации [1-4], оптической навигации [5], задачах сжатия [6-9], компьютерном зрении и распознавании образов и т.д.

Предположение о наличии структуры подобных блоков (фрагментов) на изображениях [2] позволяет нелокальным методам фильтрации выйти за рамки ограничений при локально-адаптивной фильтрации изображений [4]. На практике поиск подобных блоков часто происходит в условиях присутствия интенсивных помех и требует высокой эффективности от используемых фильтров. При этом эффективность поиска подобных блоков в значительной степени влияет на эффективность подавления помех и степень искажений, вносимых непосредственно самим фильтром.

В последнее время существенно возросло число методов совместной обработки подобных блоков, работающих в спектральных областях представле-

ния данных. Подобные тенденции достаточно четко прослеживаются при решении задач фильтрации изображений [3, 7] и компенсации движения в кодировании видео [8, 9]. Несмотря на большое количество разработанных к настоящему времени алгоритмов поиска, среди них нет универсальных, способных успешно работать для различных приложений, типов шума и областей представления данных.

Для поиска подобных блоков (фрагментов) необходима количественная оценка подобия между двумя блоками. Такой оценкой чаще всего являются метрики-расстояния (величины, обратные подобию). Эффективность метрик подобия и расстояний, рассчитываемых в спектральных областях, остается неудовлетворительной. При этом для представления данных могут использоваться различные ортогональные преобразования, свойства которых по той или иной причине могут быть полезны в задачах обработки изображений. На данный момент интенсивно используются дискретное косинусное преобразование (ДКП), дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и ряд вейвлетных преобразований [3, 6].

Превалирующим деструктивным фактором на практике выступают помехи, особенно при их высокой интенсивности [2]. В качестве модели шума в большинстве случаев используют гауссов аддитивный пространственно-некоррелированный шум. Предполагается, что его дисперсия априорно известна или оценена достаточно точно. Допущение о таком типе шума и определенности его характеристик является идеализированным, поскольку в настоящее время существуют более адекватные моде-

ли сигнально-зависимых и пространственно-коррелированных помех [4]. В связи с этим актуальной является задача исследования эффективности метрик подобия блоков (фрагментов) изображений для различных моделей помех. Также интерес представляет эффективность поиска подобных блоков в спектральных областях представления.

Постановка проблемы

Как уже было сказано ранее, задача поиска подобных блоков может быть поставлена как подзадача в более сложном приложении. Эффективность ее решения впоследствии будет влиять на эффективность алгоритма обработки в целом. На сегодняшний день классические метрики подобия не отвечают всем предъявляемым требованиям, в частности, не работают одинаково успешно в различных областях представления и при различных моделях шума. Все это вынуждает искать более эффективные метрики, чем классические.

При структурном анализе изображения предполагается, что изображение можно считать совокупностью групп подобных блоков (в первом приближении). Выбор опорного блока при идентификации группы подобных блоков оказывается существенным, т.к. именно от него будут зависеть величины расстояний от блоков-кандидатов до опорного. Часто желательным является выбор такого блока, расстояние от которого до блоков, относящихся к конкретной группе, было бы минимальным. Неопределенность относительно опорного блока влияет на оценку эффективности. Другими словами, реализация шума на выбранном опорном блоке влияет в значительной степени на идентификацию группы.

Следующим важным пунктом является непосредственно сама метрика подобия. В различных приложениях может возникать множество требований, но наиболее существенные из них следующие: невысокая сложность вычисления, робастность в широком смысле, эффективная работа в разных областях представления. Но на практике эти требования, как правило, либо не выполняются в полной мере, либо входят в противоречие друг с другом.

Выбор области представления не менее важен. Использование некоторых полезных свойств ортогональных преобразований (например, свойства «уплотнения» энергии сигнала) может обеспечить выигрыш по сравнению с обработкой в пространственной области. Вычислительная сложность ограничивает выбор того или иного преобразования.

Структура изображения и его сложность существенно сказывается на эффективности поиска подобных блоков. Сложность моделирования реальных изображений препятствует предварительному

анализу эффективности метрик для получения исчерпывающих результатов. При применении поиска на специфических изображениях, характерных для конкретных приложений, результаты могут существенно отличаться.

В связи с вышесказанным оценивание эффективности поиска подобных блоков с использованием различных метрик и представлений данных является основной задачей в данной работе. Оценка эффективности поиска подобных блоков должна быть информативной, адекватной и учитывать существенные особенности анализируемых результатов. Основное внимание ниже уделено рассмотрению следующих вопросов: выбор метрики и области представления, влияние структуры изображения на конечные результаты поиска, выбор опорного блока при идентификации групп, необходимое количество реализаций шума для адекватной оценки, оценка эффективности поиска.

Методика проведения исследования

Для исследования было выбрано девять метрик подобия, которые можно поделить на две группы: корреляционные и метрики-расстояния [10]. Среди метрик-расстояний были выбраны: Евклидово расстояние [11], метрики Manhattan, Canberra [12], расстояния Брея-Кертиса [13], Хеллингера [14], Махаланобиса [15], Чебышева. Среди корреляционных метрик: корреляция Пирсона и косинусное расстояние [16], соответственно. Все эти метрики успешно работают с векторными данными, что является удобным при работе с изображениями. Но следует обращать внимание на специфику решаемой задачи и начальную природу данных [17].

Выбор области представления, как правило, ограничивается сложностью вычисления преобразования. Большинство методов обработки видео работают с пространственной областью представления, поскольку работа в режиме реального времени накладывает ограничения на вычисления. С другой стороны, в задачах сжатия изображений используют ДКП и другие вейвлетные преобразования. Исходя из соображений сложности преобразования, для исследования были выбраны: пространственная область, спектральные области ДКП и преобразования Хаара. В нашей работе [18] было показано, что результаты в спектральной области дискретного преобразования Фурье мало отличаются от результатов в области ДКП. К изображениям во всех областях представления не применялись никакие дополнительные операции, расстояния вычислялись между блоками, представленными в векторном виде.

Выводы о преимуществах той или иной метрики могут считаться обоснованными только при ус-

ловии, что метрика обеспечивает лучшие результаты по сравнению с остальными для различных типов блоков, изображений и в широком диапазоне интенсивности помех. В изображениях должна быть хотя бы одна достаточно большая группа подобных и идентифицируемых блоков. В пять рассмотренных тестовых изображений (Airfield, Bay, Pentagon, San Diego, Weald) были внедрены группы (33 блока) идентичных блоков (три изображения показаны на рис. 1, а-б; блоки в увеличенном масштабе показаны на рис. 1, г).

Размер блоков (8x8 пикселей) является достаточным для содержания информативных признаков участка изображения и обеспечивает высокое быстродействие при поиске. Исходные тестовые изображения (256x256 пикселей) являются цветными с RGB компонентами, которые сильно коррелированы между собой. Изображения имеют различную сложность и достаточно высокое качество: хорошо различимые мелкие детали и объекты, четкие границы, низкий уровень собственных помех. Для сокращения вычислительных затрат на обработку трех цветовых компонент и декорреляцию данных, изображения были преобразованы в цветоразностное пространство YCbCr. Для поиска использовалась только яркостная компонента Y, поскольку большая

часть информации об объектах находится именно в этой компоненте.

Во избежание ситуации с «неудачным» выбором опорного блока, в данном исследовании из числа внедренных блоков произвольно выбирались 10 блоков в качестве опорного для каждой из 10 реализаций шума на всем изображении. Именно таким образом обеспечивалась адекватность оценки эффективности поиска в статистическом плане.

Традиционной оценкой эффективности в задачах поиска и обнаружения является вероятность правильного обнаружения при фиксированной вероятности ложной тревоги (неправильного обнаружения) [19]. Можно также зафиксировать вероятность правильного обнаружения и анализировать вероятность ложной тревоги. В нашем исследовании фиксировалась вероятность правильного обнаружения (0,95) и анализировалась вероятность ложной тревоги (количество неверно обнаруженных блоков), которая характеризовала эффективность метрик подобия с одной стороны. Чем меньше количество таких неверно обнаруженных блоков, тем лучше метрика.

Помимо подсчета числа неверно обнаруженных блоков, нами предложено использовать ранговую оценку, основанную на положении искомых

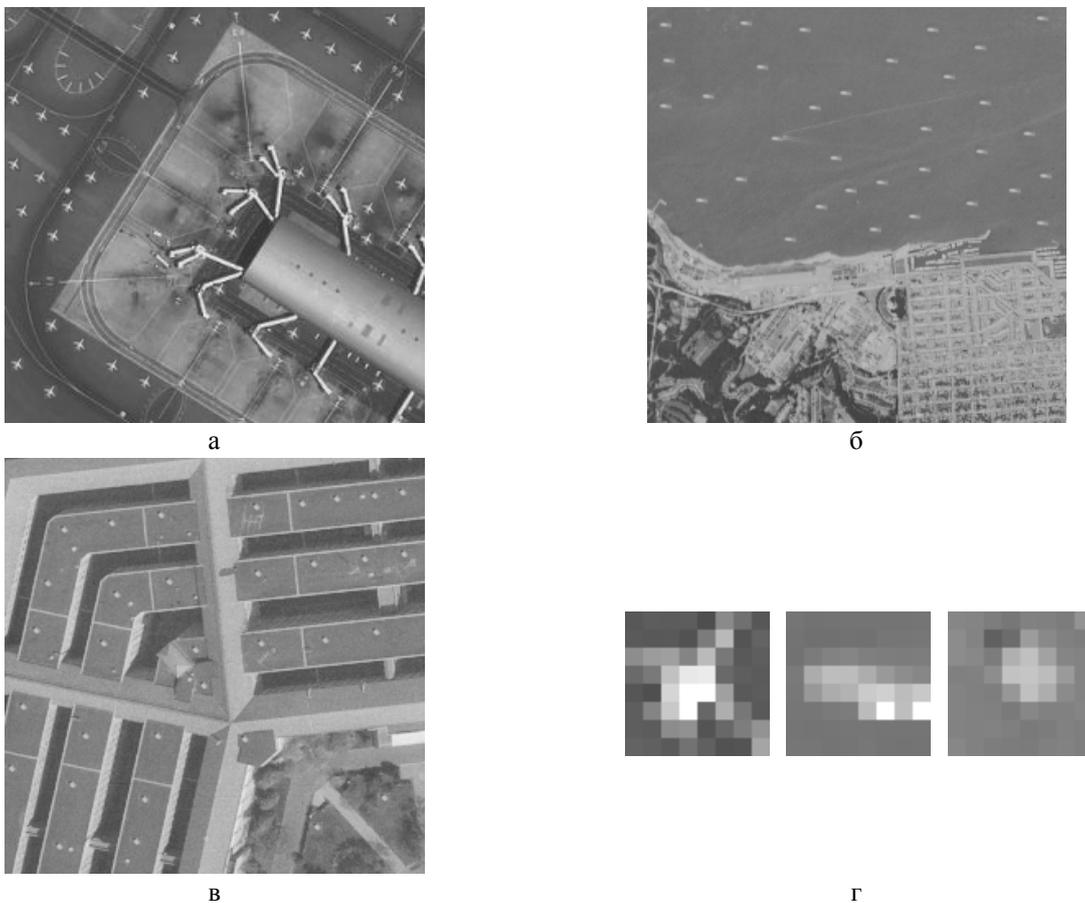


Рис. 1. Тестовые изображения с группой внедренных блоков: Airfield (а), Bay (б), Pentagon (в); увеличенные блоки (г)

блоков в отсортированной карте метрик:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{\sum_{i=1}^n i}, \quad (1)$$

где n – количество искомых блоков, i – номер искомого блока, r_i – ранг (положение) искомого блока в отсортированной карте метрик. Целесообразность рассмотрения этой оценки обусловлена следующим. Желательно, чтобы подобные блоки в отсортированной выборке значений метрики занимали первые позиции. Если это выполняется, то значение E оказывается равным единице. Чем меньше E , тем ниже эффективность метрики.

На рис. 2, а-б в качестве примера показаны гистограммы значений расстояния Евклида при двух разных значениях СКО помех. Видно, что с ростом уровня шума увеличиваются и расстояния от опорного до искомых блоков (диапазон величин расстояний до искомых блоков находится между 0 и отмеченным пределом). При увеличении СКО помех значения расстояний до искомых блоков оказываются такими же, как и расстояния до многих блоков изображения, которые не являются подобными. На рис. 2, в представлен график рангов блоков по их расстояниям до опорного. Очевидно, что ранги искомых блоков являются важными для оценивания эффективности поиска.

Экспериментальные результаты

Исследованиям влияния пространственно-коррелированных помех на эффективность обработки изображений уделяется меньше внимания, чем некоррелированным помехам. Наше исследование посвящено анализу эффективности метрик подобия в условиях присутствия гауссова аддитивного пространственно-коррелированного шума. Результаты при работе в различных областях представления (пространственная, спектральные ДКП и преобразования Хаара) показаны на рис. 3-5, на рис. 6 – сравнительные графики эффективностей лучших метрик в 3 областях представления.

Реализации шума были получены посредством применения линейно-усредняющего фильтра к реализациям пространственно-некоррелированного гауссова шума. Для каждого из 10 опорных блоков и каждой из 10 реализаций шума производились оценки эффективности, затем оценки усреднялись для каждого СКО шума (от 5 до 30 с шагом 5).

Решение об идентификации блока как внедренного производилось путем сравнения расстояния от него до опорного блока с заранее выбранным порогом. Порог приравнивался к расстоянию от 31 внедренного блока (всего их было 33, включая опорный) в ранжированной карте метрики до опорного.

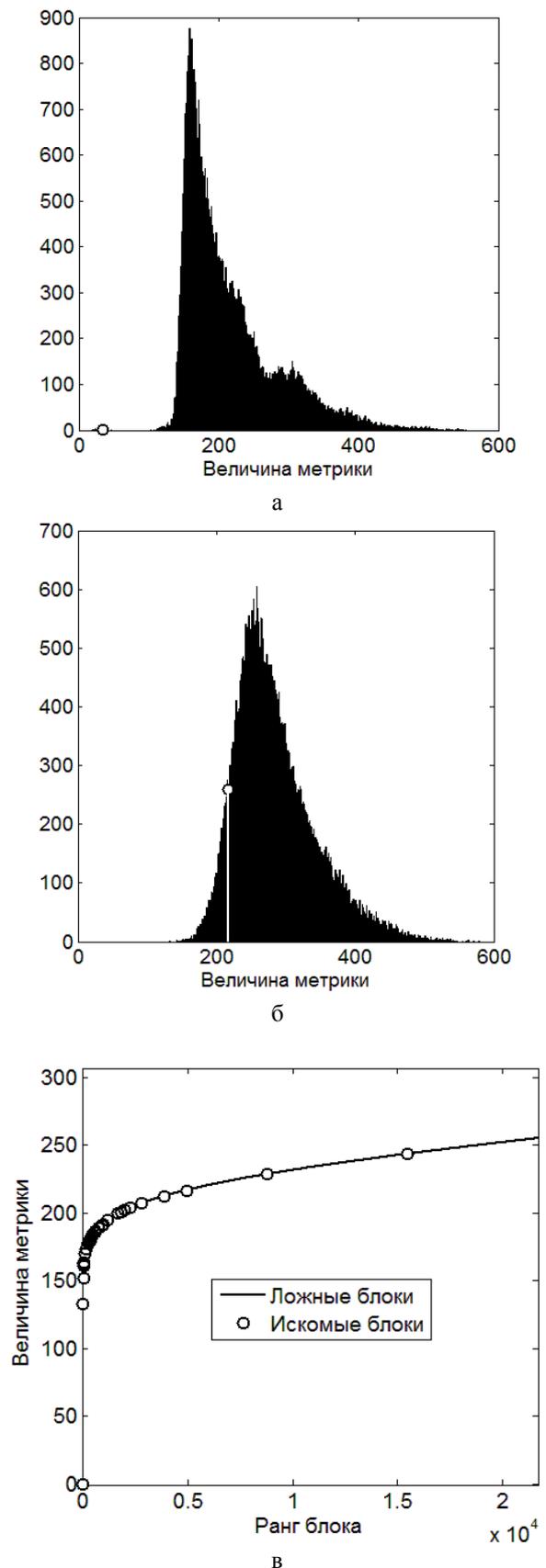


Рис. 2. Гистограммы карт расстояния Евклида изображения Вау искаженного шумом с СКО, равным 5 (а), СКО, равным 30 (б); график ранжирования блоков по величине метрики с СКО, равным 30 (в)

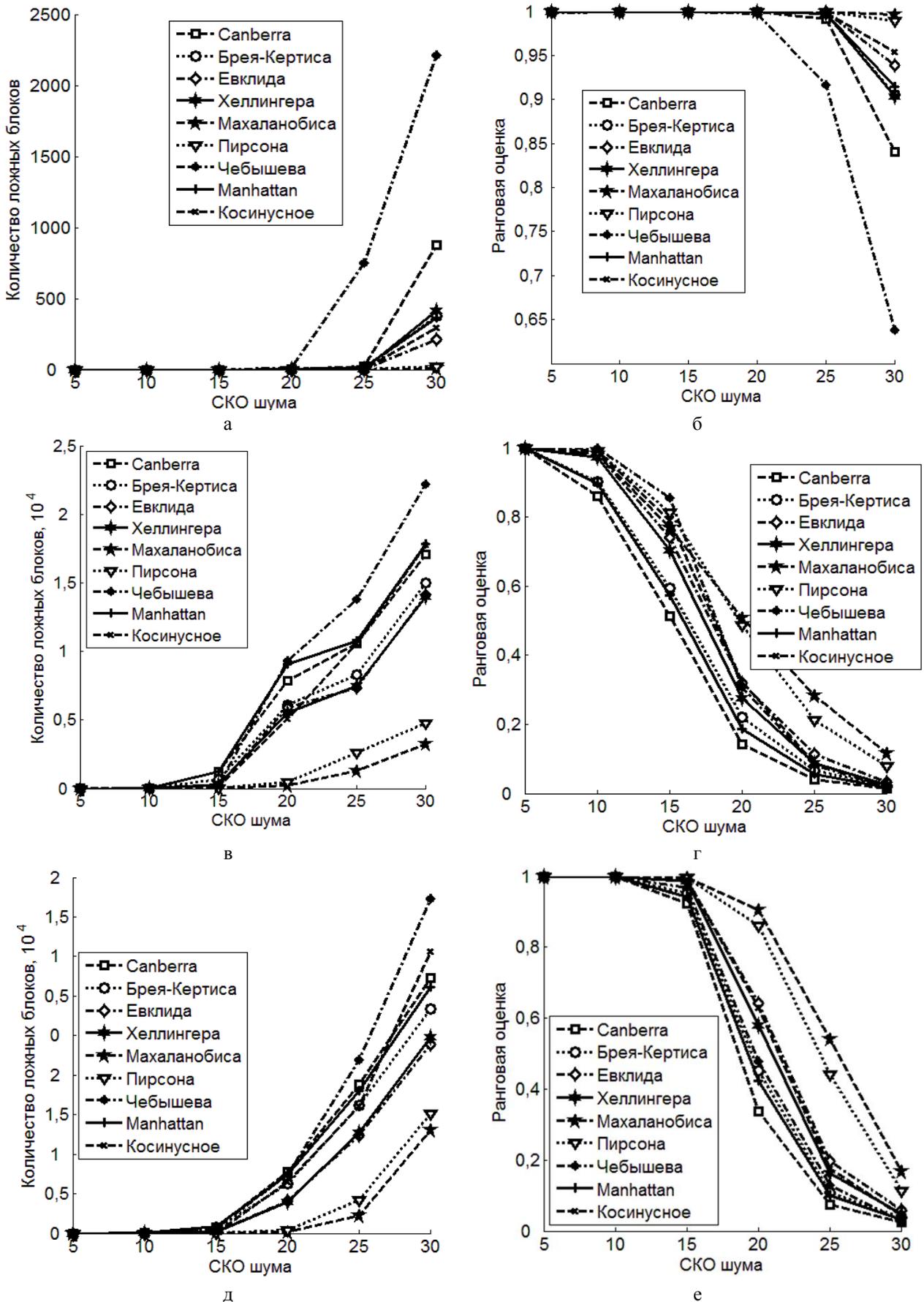


Рис. 3. Эффективность (количество ложных блоков, ранговая оценка) исследуемых метрик в пространственной области для изображений Airfield (а, б), Bay (в, г), Pentagon (д, е)

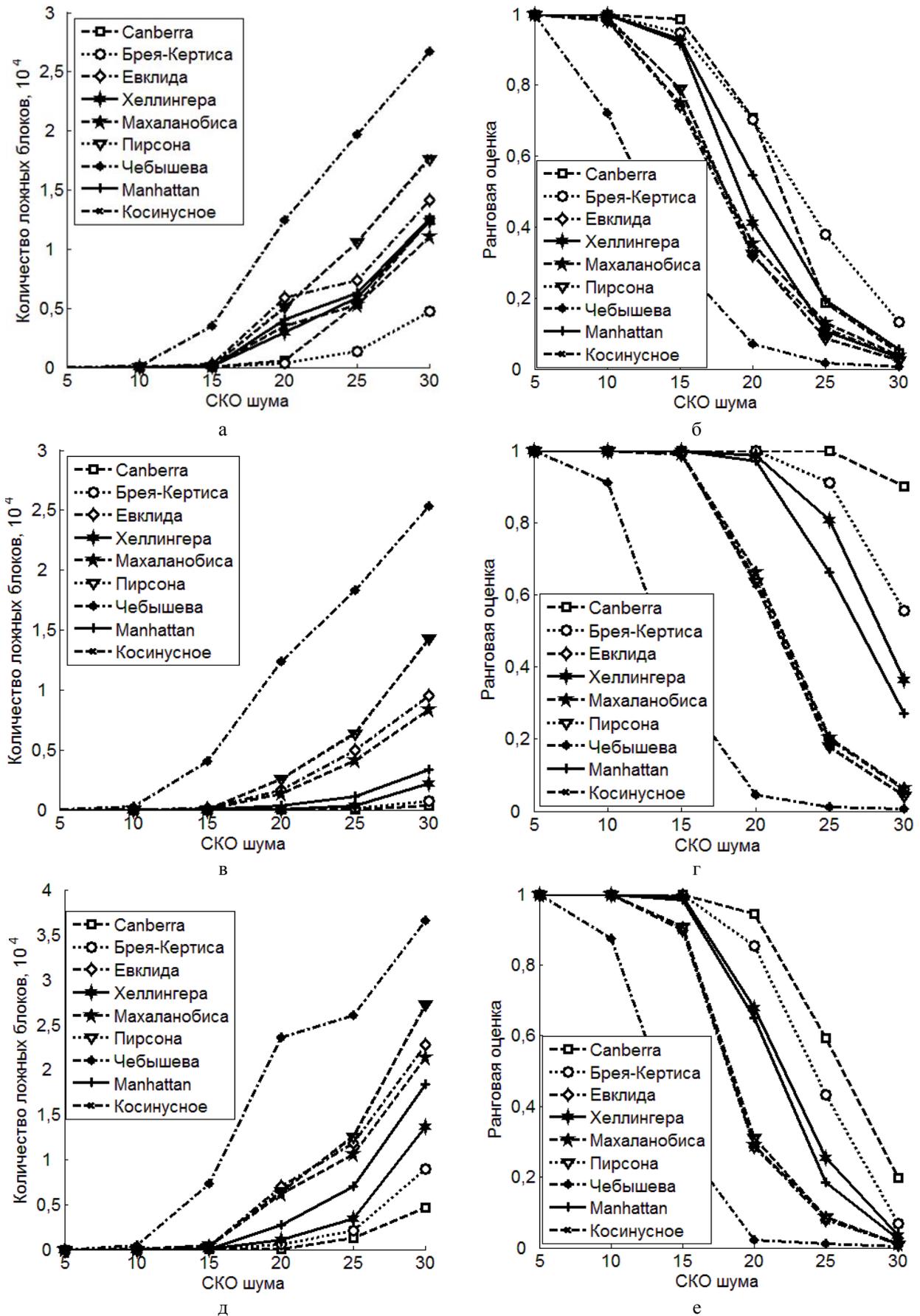


Рис. 4. Эффективность (количество ложных блоков, ранговая оценка) исследуемых метрик в спектральной области ДКП для изображений Bay (а, б), Pentagon (в, г), Weald (д, е)

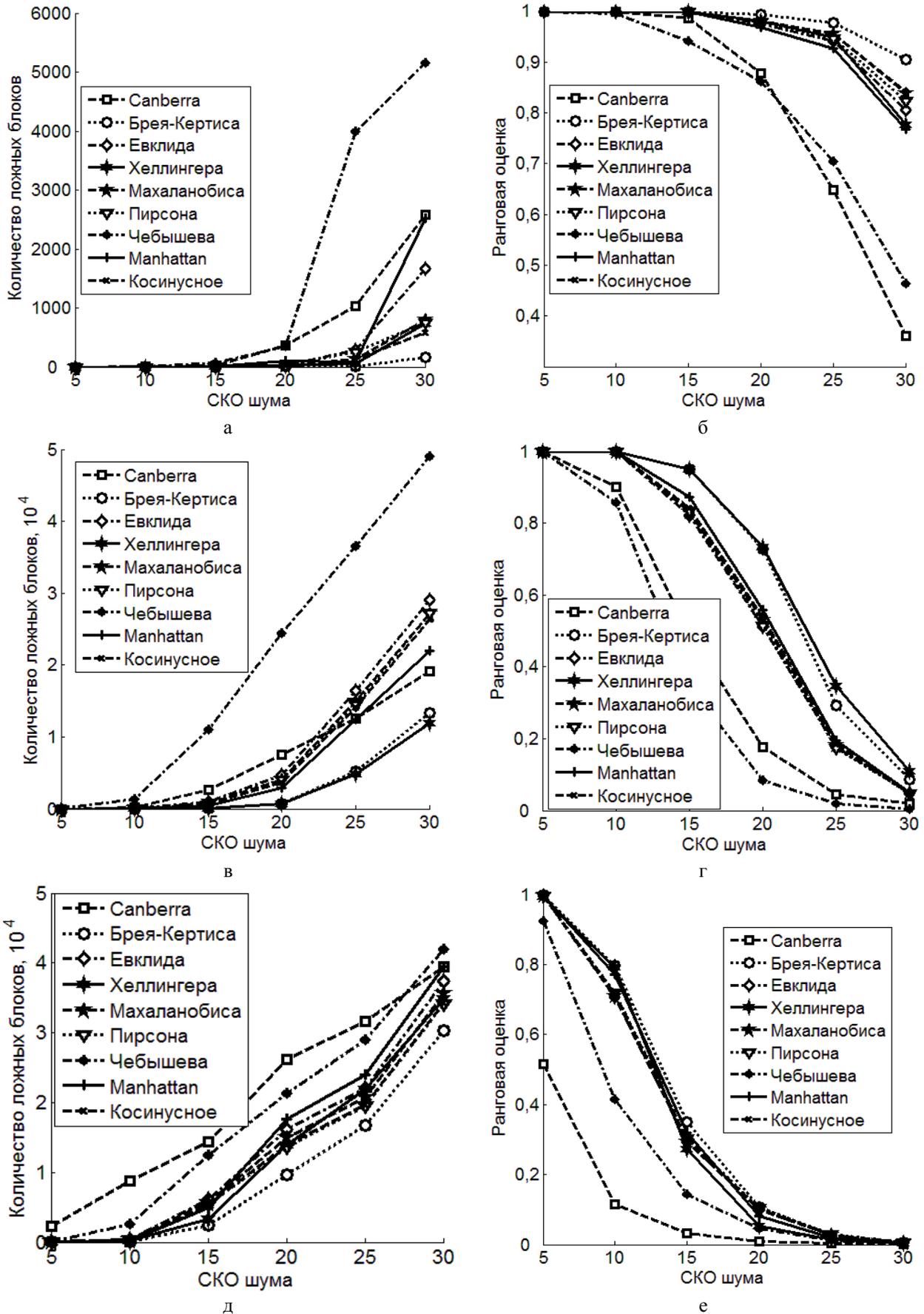


Рис. 5. Эффективность (количество ложных блоков, ранговая оценка) исследуемых метрик в спектральной области преобразования Хаара для изображений Airfield (а, б), San Diego (в, г), Weald (д, е)

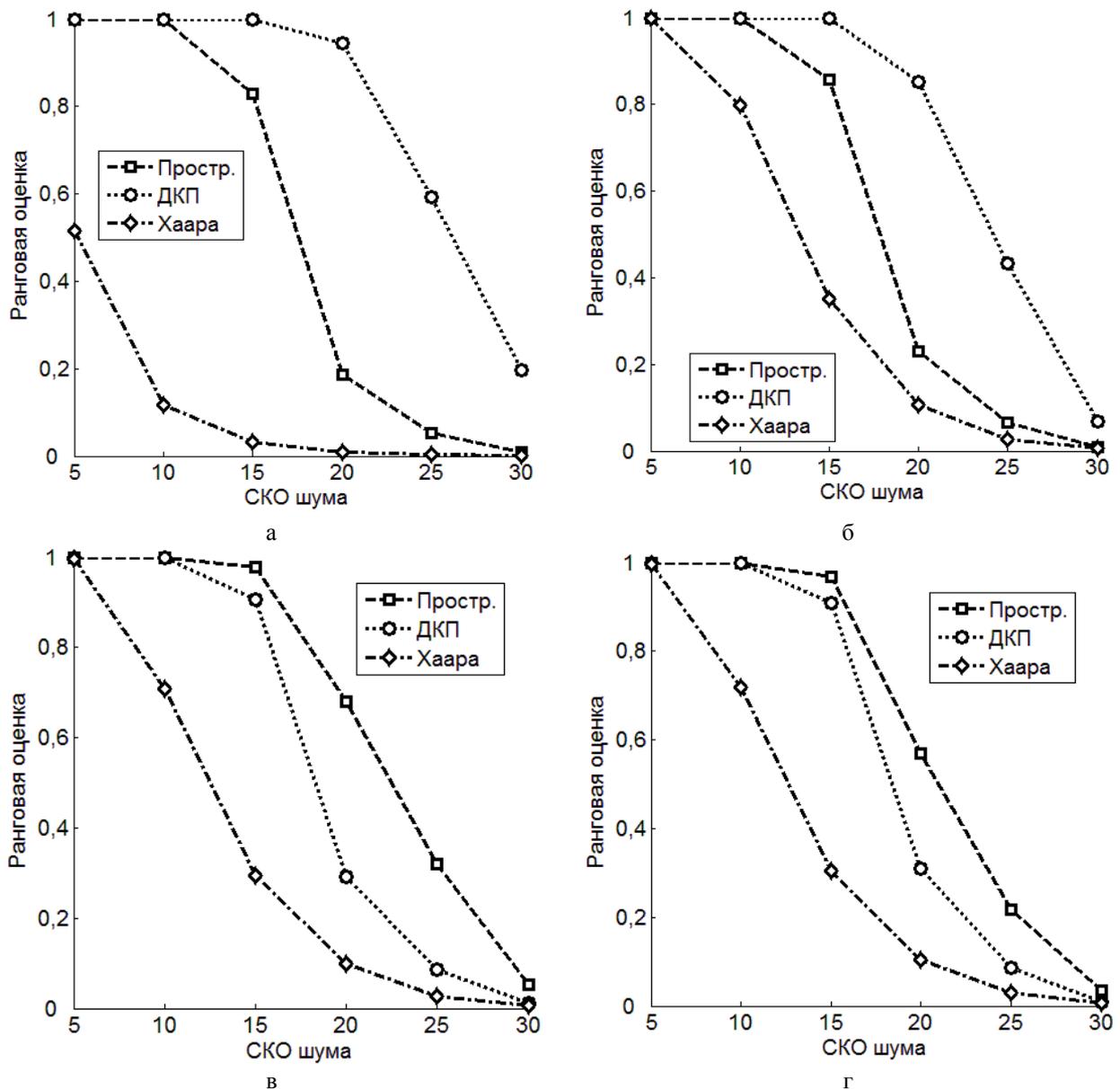


Рис. 6. Эффективность (ранговая оценка) для тестового изображения Weald метрик: Canberra (а), расстояния Брея-Кертиса (б), расстояния Махаланобиса (в) и корреляции Пирсона (г) в разных областях представления

На рис. 3 показаны данные для анализа эффективности метрик подобия, рассчитанных в пространственной области. Из графиков видно, что классические метрики (например, Евклида) не являются лучшими и наиболее эффективными оказываются расстояние Махаланобиса и корреляция Пирсона. С другой стороны, эти две метрики достаточно сложные с точки зрения вычисления [18]. Стоит отметить также сравнительно низкую эффективность расстояния Чебышева.

В спектральной области ДКП самую высокую эффективность поиска обеспечивают расстояние Брея-Кертиса и метрика Canberra (рис. 4). По сравнению с расстоянием Евклида эффективность этих метрик значительно выше. Расстояние Махаланобиса и корреляция Пирсона гораздо менее эффективны

в спектральной области ДКП, чем в пространственной области. В спектральной области преобразования Хаара (рис. 5) следует отметить расстояние Брея-Кертиса и корреляцию Пирсона. В целом, классические метрики оказались далеко не самыми лучшими во всех областях представления.

На рис. 6 представлены зависимости, характеризующие эффективность наилучших метрик (Canberra, расстояния Брея-Кертиса и Махаланобиса, корреляция Пирсона) в различных областях представления. Из результатов видно, что метрика Canberra и расстояние Брея-Кертиса более эффективны в спектральной области ДКП, в то время как расстояние Махаланобиса и корреляция Пирсона - в пространственной. Общее сравнение эффективностей данных метрик для различных областей представления приведено в табл. 1.

Таблица 1
Ранговая оценка эффективности при СКО = 30

Метрики	Области представления		
	Простр.	ДКП	Хаара
Изображение Airfield			
Canberra	0,8403	1	0,35995
Брея-Кертиса	0,90573	1	0,90424
Махаланобиса	0,99599	0,92972	0,8379
Пирсона	0,98985	0,95463	0,82359
Изображение Bay			
Canberra	0,01367	0,045513	0,00255
Брея-Кертиса	0,02132	0,1326	0,0464
Махаланобиса	0,11543	0,0383	0,05421
Пирсона	0,07878	0,024437	0,05441
Изображение Pentagon			
Canberra	0,0257	0,90122	0,01561
Брея-Кертиса	0,03709	0,55525	0,04192
Махаланобиса	0,16803	0,06437	0,0252
Пирсона	0,11257	0,04257	0,02424
Изображение San Diego			
Canberra	0,14914	0,99503	0,01957
Брея-Кертиса	0,16302	0,96094	0,08559
Махаланобиса	0,66788	0,26056	0,04911
Пирсона	0,60071	0,23101	0,04772
Изображение Weald			
Canberra	0,00853	0,19659	0,00255
Брея-Кертиса	0,00981	0,06893	0,00715
Махаланобиса	0,05249	0,01186	0,00727
Пирсона	0,03453	0,00873	0,00741

Как видно из результатов, наилучшими при поиске подобных блоков являются метрика Canberra и расстояние Брея-Кертиса, работающие в спектральной области ДКП. Данные также наглядно показывают влияние сложности изображений и признаков опорного блока на эффективность поиска. Если для изображений Airfield поиск эффективен даже при СКО помех, равном 30, и использовании разных метрик, то для изображений Bay и Weald надежно найти подобные блоки очень сложно при применении даже наилучших метрик.

В нашей предыдущей работе [18] было проведено исследование эффективности метрик в условиях присутствия гауссова аддитивного пространственно-некоррелированного шума. На основе полученных результатов было показано, что классические метрики не являются лучшими, причем в различных областях представления. Также была выявлена универсальность расстояния Евклида при работе в различных областях представления, в то время как для остальных метрик такое свойство не наблюдается.

Следует обратить внимание на то, что в предыдущем исследовании в случае пространственно-некоррелированного шума предпочтительно было использование метрики Canberra и расстояния Брея-Кертиса в пространственной области представления. Также положительным является тот факт, что данные метрики менее сложны, чем расстояние Махаланобиса и корреляция Пирсона, и не намного сложнее классических метрик. В [18] метрика Canberra при работе в спектральной области ДКП обладала низкой эффективностью. В случае пространственно-коррелированного шума ситуация обстоит с точностью наоборот (см. зависимости на рис. 7).

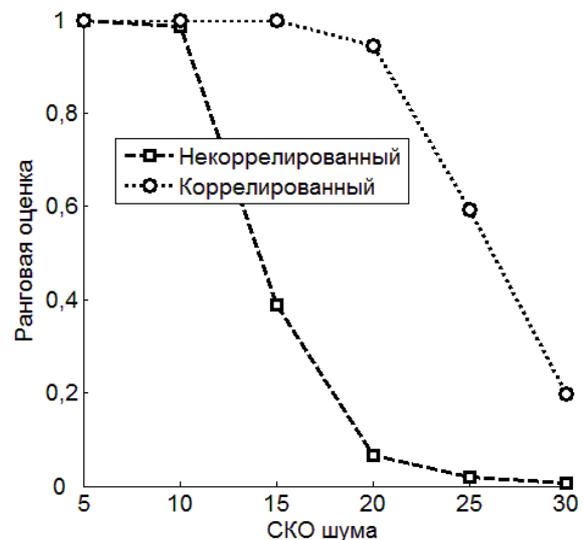


Рис. 7. Эффективность (ранговая оценка) метрики Canberra для изображения Weald при различных типах аддитивного шума

Данная ситуация показывает, что непросто обеспечить одинаково успешную работу конкретных метрик подобия в одной области представления (невозможно для различных типов помех, например, пространственно-некоррелированных и некоррелированных). Добиться универсальности той или иной метрики для разных областей представления, типов помех, изображений, блоков если не невозможно, то весьма сложно.

Если принимать во внимание тенденцию к использованию спектральных областей в задачах совместной обработки подобных блоков и недостаток средств борьбы с коррелированными помехами, полученные результаты могут быть полезными. В частности, для таких методов фильтрации как Non-Local Means [1] и BM3D [3] использование более робастных метрик вместо классических может обеспечить определенные преимущества при подавлении пространственно-коррелированных аддитивных помех. Полученные результаты могут быть полезными и в задаче компенсации движения в видеокодировании [7, 8] при работе в области ДКП.

Отметим также, что предложенная ранговая оценка эффективности, основанная на положении искомым блоком в выборке, оказалась достаточно информативной и может быть использована в дальнейших исследованиях.

Заключение

В работе предложена ранговая оценка эффективности поиска подобных блоков на изображениях. Исходя из полученных результатов, в условиях воздействия аддитивного пространственно-коррелированного шума более эффективными могут быть метрики, не являющиеся классическими. Показано, что наиболее эффективными метриками являются расстояние Брея-Кертиса и метрика Canberra, работающие в спектральной области ДКП. Также обратим внимание на отсутствие универсальности метрик при работе в различных областях представления и с различными типами помех. Данные выводы не являются окончательными, и требуют дополнительных исследований других типов помех и изображений, т.к. большинство метрик подобия изучено недостаточно. В дальнейшем исследования будут посвящены, в частности, аналитическому анализу исследованных метрик и исследованию эффективности лучших из них в практических приложениях.

Литература

1. Buades, A. A non-local algorithm for image denoising [Text] / A. Buades, B. Coll, J.-M.1 Morel // *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) IEEE Computer Society Conference*. – 2005. – Vol. 2. – P. 60-65.
2. Secrets of image denoising cuisine [Text] / M. Lebrun, M. Colom, A. Buades, J.M. Morel // *Acta Numerica*. – 2012. – Vol. 21. – P. 475-576.
3. Dabov, K. Image and Video Restoration with Nonlocal Transform-Domain Filtering: Thesis for the degree of Doctor of Technology [Text] / K. Dabov // *Tampere, (Finland)*. – 2010. – 181 p.
4. Потенциальная эффективность фильтрации изображений: есть ли предел и близок ли он? [Текст] / В.В. Лукин, Н.Н. Пономаренко, С.К. Абрамов, А.А. Зеленский // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2010. – № 3. – С. 38-43.
5. Метод оценки горизонтальной скорости полета беспилотного летательного аппарата по последовательности видеок кадров [Текст] / Н.Н. Пономаренко, А.С. Кравчук, А.С. Рубель, О.И. Еремеев // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2012. – №1 (88). – С. 100-108.
6. Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard [Text] / G. J. Sullivan, J.-R. Ohm, Woo-Jin Han, T. Wiegand // *pre-publication draft, to appear in IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. – December 2012. – 19 p.
7. Kumar, S. Global motion estimation in frequency and spatial domain [Text] / S. Kumar, M. Biswas, T. Q. Nguyen // *IEEE International Conference on Speech, Acoustics, and Signal Processing*. – 2004. – P. 14-23.
8. Kumar, S. Efficient phase correlation motion estimation using approximate normalization [Text] / S. Kumar, M. Biswas, T. Q. Nguyen // *Signals, Systems and Computers, Conference Record of the Thirty-Eighth Asilomar Conference*. – Nov. 2004. – Vol. 2. – P. 1727-1730.
9. Koc, U. DCT Pseudo-Phase Techniques for Video Coding and Image Registration [Text] / Ut-Va Koc, K.J. Ray Liu // *ISCAS '97 IEEE International Symposium*. – 1997. – Vol. 4. – 32 p.
10. Choi, Seung-Seok A survey of binary similarity and distance measures [Text] / Seung-Seok Choi, Sung-Hyuk Cha, Charles C. Tappert // *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*. – 2010. – Vol. 8, No. 1. – P. 43-48.
11. Jain, A.K. Data clustering: A review [Text] / A.K. Jain, M.N. Murty, P.J. Flynn // *ACM Computing Surveys*. – September 1999. – Vol. 31, Is. 3. – P. 264-323.
12. Emran, S.M. Robustness of Canberra metric in computer intrusion detection [Text] / S. M. Emran, Nong Ye // *Proceedings of the IEEE Workshop on Information Assurance and Security, United States Military Academy, (West Point)*. – June 2001. – 5 p.
13. Experiments of distance measurements in a foliage plant retrieval system [Text] / A. Kadir, L. Edi Nugroho, A. Susanto, P. Insap Santosa // *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*. – June 2012. – Vol. 5, No. 2. – 14 p.
14. Hellinger distance decision trees are robust and skew-insensitive [Text] / D. A. Cieslak, T. Ryan Hoens, N. V. Chawla, W. Philip Kegelmeyer // *Data Mining and Knowledge Discovery*. – January 2012. – Vol. 24, Is. 1. – P. 136-158.
15. Fraser, A.M. Incorporating invariants in Mahalanobis distance based classifiers: Application to Face Recognition [Text] / A. M. Fraser // *Neural Networks, Proceedings of the International Joint Conference*. – July 2003. – Vol. 4. – P. 3118-3123.
16. Van Dongen, S. Metric distances derived from cosine similarity and pearson and spearman correlations [Text] / Stijn Van Dongen, Anton J. Enright // *Proceedings of CoRR*. – 2012. – 5 p.
17. Cha, S. Comprehensive Survey on Distance / Similarity Measures between Probability Density Functions [Text] / Sung-Hyuk Cha // *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*. – 2007. – Vol. 1, No. 4. – P. 300-307.
18. Рубель, А.С. Эффективность поиска подобных блоков на изображении с помощью метрик-расстояний [Текст] / А.С. Рубель, В.В. Лукин // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2013. – № 1(60). – С. 66-75.
19. Трифонов, А.П. Совместное различение сигналов и оценка их параметров на фоне помех [Текст] / А.П. Трифонов, Ю.С. Шинаков. – М.: Радио и связь, 1986. – 264 с.

Поступила в редакцію 17.04.2013, рассмотрена на редколлегии 15.05.2013

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

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОШУКУ ПОДІБНИХ БЛОКІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ СПОТВОРЕНИХ АДИТИВНИМ ПРОСТОРОВО-КОРЕЛЬОВАНИМ ШУМОМ

О.С. Рубель, В.В. Лукін

Проаналізовано ефективність пошуку подібних блоків на зображеннях, що спотворені адитивними просторово-корельованими завадами, у трьох областях представлення (просторовій області, спектральних областях дискретного косинусного перетворення (ДКП) та перетворення Хаара). Дослідження проведено для дев'яти метрик, включаючи класичні (Manhattan і відстань Евкліда), для п'яти тестових зображень областях представлення. Введена оцінка ефективності пошуку подібних блоків яка базується на рангах блоків у відсортованих картах метрик за величиною відстаней. Показано, що серед досліджених метрик для всіх областей представлення є більш ефективні, ніж класичні.

Ключові слова: подібність блоків, метрики, зображення, ефективність, пошук, адитивні завади.

EFFICIENCY OF SIMILAR BLOCK SEARCH IN IMAGES DISTORTED BY ADITIVE SPATIALLY CORRELATED NOISE

A.S. Rubel, V.V. Lukin

Efficiency of similar block search in images corrupted by additive spatially correlated noise in three domains (spatial, spectral domain of DCT and Haar transform) is analyzed. Study is carried out using nine metrics, including classical ones (Manhattan and Euclidean distance), for five test images. New effectiveness estimate of searching based on block ranks in sorted metric maps is introduced. It is shown that among the considered metrics for three domains there are those ones that are more efficient than classical metrics.

Key words: block similarity, metrics, image, effectiveness, search, additive noise.

Рубель Алексей Сергеевич – инженер каф. «Приема, передачи и обработки сигналов», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: edu.rubel@gmail.com.

Лукін Владимир Васильевич – д-р техн. наук, профессор, профессор каф. «Приема, передачи и обработки сигналов», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: lukin@ai.kharkov.com.