

УДК 77.058

О.В. Шитова

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

## КОМПЛЕКСНОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ АЭРОФОТОРАЗВЕДКИ ЦИФРОВЫМИ МЕТОДАМИ

*В статье представлена концепция автоматизированного дешифрирования изображений аэрофото-разведки методами цифровой обработки изображений. Особенностью концепции является реализация параллельной обработки изображений методами, предназначенными для распознавания каждого отдельного объекта или участка аэрофотоснимка, и последующее совмещение полученных результатов. Приведен анализ методов цифровой обработки изображений, применяемых для каждого отдельного класса объектов аэрофотоснимков.*

**Ключевые слова:** аэрофотоустановка, аэрофотоснимок, дешифрирование, распознавание, объект изображения, обработка изображения.

### Введение

**Постановка проблемы** Быстрое развитие цифровых технологий привело к заинтересованности специалистов, занимающихся воздушной разведкой, в разработке автоматизированных систем управления разведкой, в состав которых входят автоматизированные системы обработки изображений - данных воздушной разведки и уже в настоящее время цифровые технологии широко применяются в новых разработках аппаратуры разведки [1]. Однако, как показывает опыт войн последних десятилетий, существует необходимость повышения уровня оперативности и достоверности анализа разведывательных данных [2]. Так, локальная война многонациональных сил против Ирака (1991 год) вскрыла значительные недостатки в сфере распределения разведанных и передачи информации. За период боевых действий вооруженные силы США и их союзники обработали около сорока миллионов отснятых разведывательных снимков. Для получения оперативной информации на основе анализа снимков после проявления аэрофотоплёнок и использования этой информации для планирования боевых операций было необходимо около суток. За это время боевая обстановка, естественно, изменялась, поэтому информация, получаемая от воздушной разведки, практически становилась бесполезной [2]. Известно, что аэрофотоснимки и фотодокументы, которые не удалось использовать своевременно для принятия решения, имеют лишь историческую ценность [3].

Учитывая тот факт, что аэрофотоустановка продолжает оставаться наиболее эффективным способом разведки в интересах всех видов вооруженных сил [3], существует необходимость применения достижений в области теории обработки цифровых изображений для анализа изображений аэрофотоустановки с целью повышения оперативности получения достоверных разведанных.

**Анализ литературы.** Проведенный анализ литературы [4 – 6] показал, что современные исследования по автоматизации дешифрирования аэрофотоснимков направлены на решение целевых задач воздушного мониторинга окружающей среды, таких как анализ изображений экологического, биологического, геологического мониторинга, выявление чрезвычайных ситуаций по изображениям поверхности Земли и т.д. Автоматизация обработки аэрофотоснимков для целей отечественной воздушной разведки остается малоизученной нерешенной проблемой [2, 7].

**Целью статьи** является разработка подхода к комплексному автоматизированному дешифрированию изображений аэрофотоустановки методами цифровой обработки изображений.

### Основная часть

Согласно [8] дешифрирование снимков (изображений) – процесс получения информации об объектах местности (или, в более широком понимании, об объектах и явлениях географической оболочки) по их изображениям на снимках. Дешифрирование снимков базируется на знаниях закономерностей отображения свойств объектов на изображениях. Согласно [3] дешифрирование военного аэрофотоснимка - это получение информации об объектах местности по их фотографическому снимку. Полностью отдешифрированные аэрофотоснимки – документы для непосредственного принятия решения командирами [3].

В данной работе под термином «автоматизированное дешифрирование аэрофотоснимка» понимается обработка аэрофотоснимка методами цифровой обработки изображений с целью обнаружения, распознавания и классификации объектов и участков аэрофотоснимка, представляющих интерес для принятия решений.

Место методов обработки цифровых изображений в процессе обработки данных воздушной разведки показано на рис. 1.

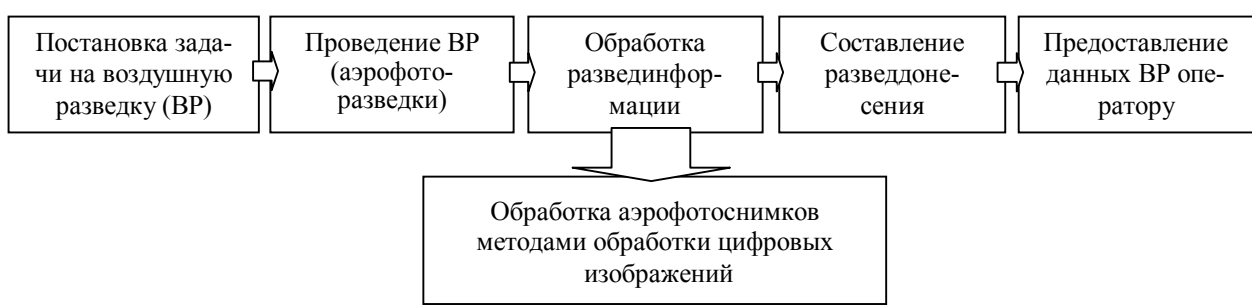


Рис. 1. Место методов обработки цифровых изображений в процессе обработки данных воздушной разведки

Комплексное дешифрирование изображений, полученных в результате воздушного фотографирования состоит из трех основных этапов. На первом этапе происходит предварительная обработка полученного аерофотоснимка в зависимости от факторов проведенного полета. К наиболее существенным факторам полета, влияющим на качество получаемого снимка, относятся [9]:

1. Высота аэросъемки. От высоты зависит пространственное разрешение снимка. Чем она больше, тем разрешение меньше, что затрудняет распознавание.

2. Влияние атмосферы. При аэросъемке с больших высот оптическое излучение, несущее информацию об объектах разведки, проходит через атмосферу. Атмосфера уменьшает контраст между объектами тем в большей степени, чем меньше размеры объектов. Если под влиянием атмосферы контраст объектов уменьшится настолько, что станет меньше порогового контраста оптико-электронной системы воздушной разведки, то такие объекты не будут обнаруживаться на аерофотоснимках.

3. Изменение величины освещенности Земли. Освещенность земной поверхности зависит от высоты солнца над горизонтом.

4. Линейные и угловые перемещения летательного аппарата (ЛА), а также вибрации ЛА приводят к сдвигам изображения в плоскости аэроснимка, что приводит к ухудшению резкости изображения [4].

В работе [4] описаны следующие методы предварительной обработки изображений, применяемые с целью устранения или коррекции факторов полета для цифровых аерофотоснимков.

1. Цифровая коррекция изображения:
  - устранение нелинейности функции тонопередачи;
  - улучшение резкостных свойств изображения;
  - геометрическая коррекция.
2. Яркостные преобразования изображения:
  - изменение контраста;
  - устранение шумов;
  - подчеркивание границ.

В зависимости от задач предварительной обработки для их решения применяются соответствующие методы обработки изображений. Так, для решения задач приглушения шумов применяются ме-

тоды низкочастотной фильтрации [4]. Для повышения контрастности снимка для его наилучшего отображения выполняется изменение гистограммы значений яркости; фильтрация, квантование снимка по яркости и т.д.

На втором этапе комплексной обработки происходит распознавание аерофотоснимка с целью классификации его объектов и участков. Рассмотрим цифровые методы обработки изображений, применение которых позволит дешифрировать основные объекты и участки аерофотоснимка. В качестве примера выбраны следующие области изображения:

- текстурные участки: растительность (трава, лес) (рис. 2). Для распознавания применяются методы сегментации текстур [10];

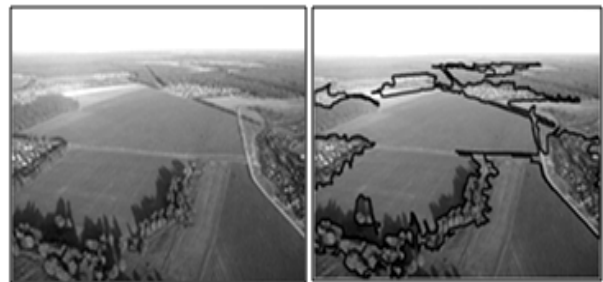


Рис. 2. Исходное изображение (слева) и изображение с выделенными распознанными текстурными участками растительности (справа)

- водоемы (рис. 3). Для распознавания водоемов применяются методы сегментации по цвету [11], при этом на этапе предобработки не должны использоваться процедуры бинаризации или преобразования изображения в полутоновое;

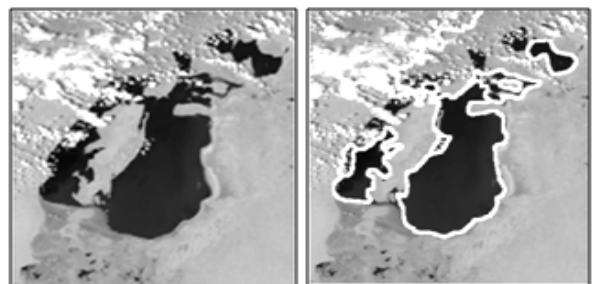


Рис. 3. Исходное изображение области Аральского моря (слева), результат алгоритма сегментации области (справа) [11]

– дороги. С целью распознавания участков дорог на изображениях применяются структурные методы, суть которых заключается в формировании на основе производных элементов изображения составных структурных элементов объекта. В качестве составных структур служат элементы изображения объекта, составленные из отрезков прямых линий: проекции прямоугольных параллелепипедов на плоскость. Примером структурного метода локализации объектов является классическое преобразование Хафа [12];

– здания, сооружения (рис. 4). Для выявления данных объектов применяются методы роста регионов, построения гистограмм и выделения контуров [12];

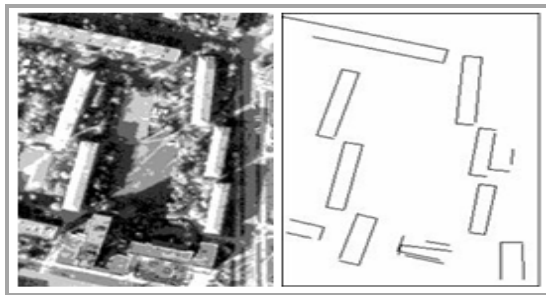


Рис. 4. Исходное изображение (слева) и изображение после выполнения сегментации методом классического преобразования Хафа [13]

– объекты техники (рис. 5). Для распознавания применяются автоматизированные методы поиска, обнаружения, локализации и классификации объектов по прямым и косвенным дешифровочным признакам. Исследования показали [12], что каждый класс объектов на изображениях имеет свой набор наиболее информативных признаков, использование которых в качестве дешифровочных признаков позволит повысить эффективность дешифрирования.

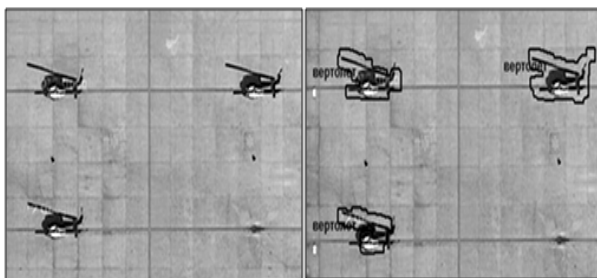


Рис. 5. Фрагмент изображения военного аэродрома (слева) и изображение этого фрагмента с распознанными вертолетами (справа)

– скрытые объекты. Известные методы распознавания аэрофотоснимков направлены в основном на работу с объектами, которые хорошо видны на изображениях и подвержены минимальным искажениям. Однако в процессе развития информационных технологий для систем технического зрения на борту летательных аппаратов возникает задача автоматиза-

ции обработки изображений разведки с объектами, частично или полностью скрытыми в результате умышленной маскировки человеком или естественной маскировки растительностью [14]. Решение этой задачи возможно в результате применения методов сегментации текстур, если речь идет о маскировке маскировочными сетями или растительностью, а также методами сравнения эталонов существующих маскировочных сетей с участками изображения. Следует отметить, что проблема распознавания скрытых объектов на изображении остается на данный момент нерешенной и требует разработки новых методов.

Схема комплексной обработки изображений, полученных в результате воздушного фотографирования, представлена на рис. 6. Распознавание участков аэрофотоснимка в данной работе предлагается организовывать на основе параллельных вычислений, применяя методы обработки изображений целенаправленно для каждого типа объектов. После завершения дешифрирования полученные результаты совмещаются в одно изображение, которое предоставляется оператору-дешифровщику для принятия окончательного решения относительно достоверности обработки аэрофотоснимка автоматизированной системой.

Известно, что основными показателями надежности результатов дешифрирования являются полнота и достоверность [5].

Полнота результатов дешифрирования характеризуется отсутствием пропусков и оценивается как отношение полученной информации из снимка в результате дешифрирования к содержащейся в снимке. Достоверность результатов характеризует отсутствие ошибочной (ложной) информации. Для оценки эффективности комплексного дешифрирования снимков необходимо учитывать время предобработки изображения, а также совокупность показателей полноты и достоверности дешифрирования по каждому классу объектов снимка.

## Выводы

1. Существует необходимость применения достижений в области теории обработки цифровых изображений для анализа изображений аэрофоторазведки с целью повышения оперативности получения достоверных разведанных.

2. На основе анализа существующих методов цифровой обработки изображений в статье предложена концептуальная схема комплексного автоматизированного дешифрирования аэрофотоснимков – результатов аэрофоторазведки.

3. В ходе дальнейшей работы целесообразно проведение экспериментальных исследований сочетания методов предобработки и распознавания целенаправленно для каждого объекта, и выбор методов для достижения наиболее высоких показателей полноты и достоверности дешифрирования.

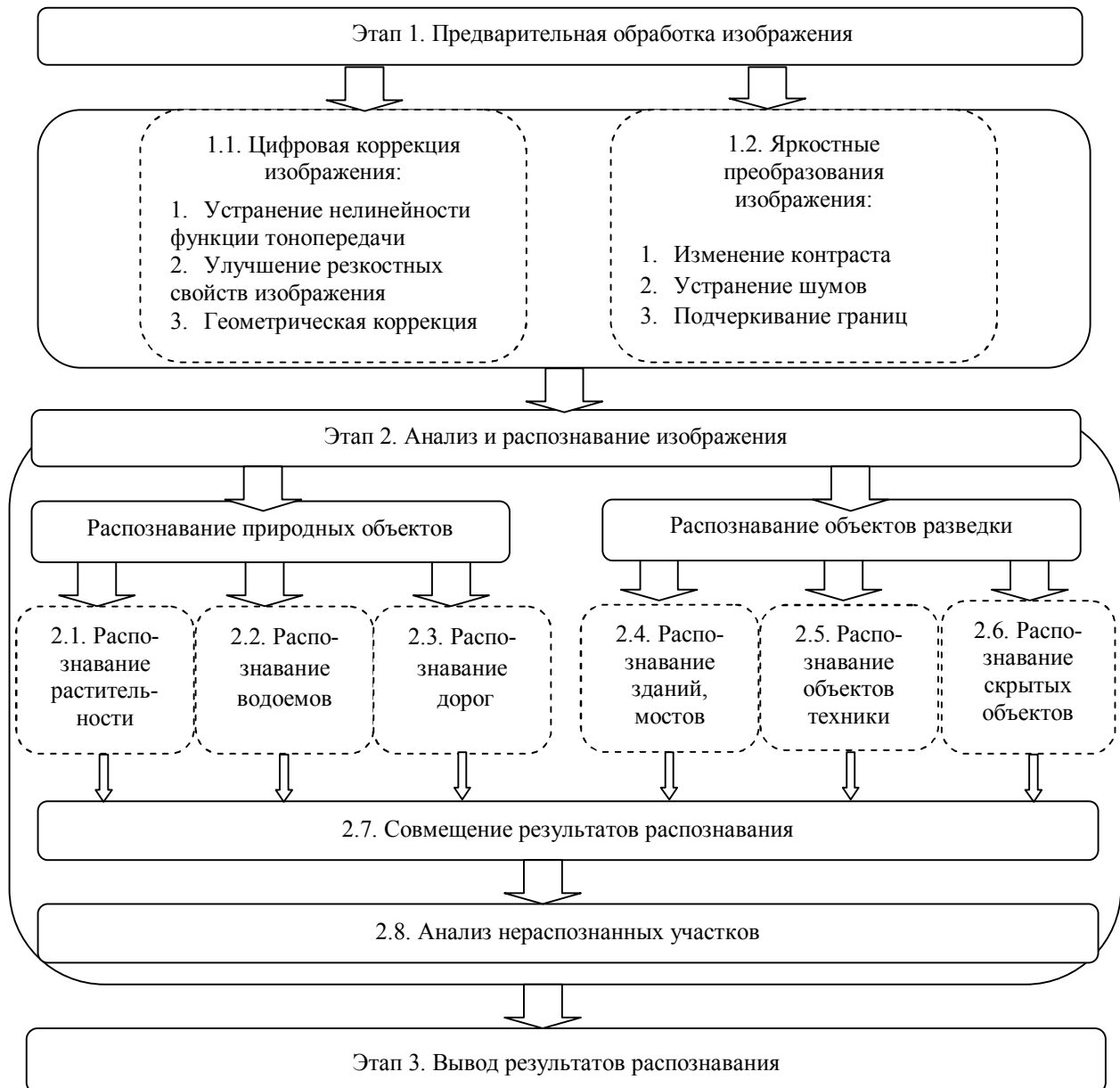


Рис. 6. Концепция комплексного дешифрирования и изображений аэрофоторазведки

4. С целью достижения наиболее высоких показателей полноты и достоверности дешифрирования целесообразно проведение экспериментальных исследований для выбора наиболее информативных признаков для каждого класса объектов техники.

### Список литературы

1. Меньшаков Ю.К. Виды и средства иностранных технических разведок. / Ю.К. Меньшаков. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 654 с.
2. Мосов С.П. Аэрокосмическая разведка в современных военных конфликтах: [монография] / С.П. Мосов. – К.: Изд. дом «Румб», 2008. – 248 с.
3. Вельцер В. Аэроснимки в военном деле / В. Вельцер; [пер. с нем. Л.А. Молчановой]. – М.: Воениздат, 1990. – 288 с.
4. Абрамов Ю.А. Аэрокосмический мониторинг / Ю.А. Абрамов, В.В. Тютюник, Р.И. Шевченко. – Х.: АГЗУ, 2006. – 172 с.
5. Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: [учебное пособие] / И.А. Лабутина. – М.: Аспект-Пресс, 2004. – 184 с.
6. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р.А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
7. Современное состояние и перспективы развития оптико-электронных систем воздушной разведки / Ю.Г. Веселов, С.П. Гулевич, О.П. Еруков, Н.И. Сельвестюк // Вестник Академии военных наук. – 2011. – Вып. 3(36). – С. 124-128.
8. Словник із дистанційного зондування Землі [під ред. В.І. Лялька, М.О. Попова]. – К.: СМП "АВЕРС", 2004. – 170 с.
9. Потапов А.А. Новейшие методы обработки изображений / А.А. Потапов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 496 с.
10. Харалик Р.М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур / Р.М. Харалик // ТИИЭР. – 1979. – Т. 67, № 5. – С. 98-120.
11. Непомнящий П.В. Построение иерархического дерева детальности сегментации изображения через

поиск минимальных разрезов графа [Электронный ресурс] / П.В. Непомнящий, Д.В. Юрин // International Conference Graphicon. – 2003. – Режим доступа до журн.: [http://www.graphicon.ru/2003/Proceedings/Technical\\_ru/paper872.pdf](http://www.graphicon.ru/2003/Proceedings/Technical_ru/paper872.pdf).

12. Рубан І.В. Классификация методов обработки статических изображений для локализации объектов (областей «интереса») на них в системах технического зрения / И.В. Рубан, О.В. Шитова // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2009. – Вып. 3(11). – С. 139-143.

13. Бурак Д. Ю. Метод автоматизированного конструирования процедур обнаружения объектов по их структурному описанию [Электронный ресурс] /

Д. Ю. Бурак, Ю. В. Визильтер // Журнал радиоэлектроники. – 2003. – № 4. – Режим доступа до журн.: <http://jre.cplire.ru/iso/apr03/1/text.html>.

14. Рубан І. В. Анализ методов скрытия объектов на изображениях от визуально-оптических и фотографических средств разведки / И. В. Рубан, О. В. Шитова, А. Н. Пухляк // Системи управління, навігації та зв'язку. – К. : ЦНДІ НіУ, 2012. – Т. 2, Вып. 1(21). – С. 119-122.

Поступила в редколлегию 10.02.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Рубан, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## КОМПЛЕКСНЕ ДЕШИФРУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ АЕРОФОТОРОЗВІДКИ ЦИФРОВИМИ МЕТОДАМИ

О.В. Шитова

У статті представлена концептуальна схема комплексного автоматизованого дешифрування зображень аерофоторозвідки методами цифрової обробки зображень. Особливістю запропонованої схеми є реалізація паралельної обробки зображень методами, призначеними для розпізнавання кожного окремого об'єкта або ділянки аерофотознімку, і подальше сполучення отриманих результатів. Наведено аналіз методів цифрової обробки зображень, призначених для кожного окремого класу об'єктів аерофотознімків.

**Ключові слова:** аерофоторозвідка, аерофотознімок, дешифрування, розпізнавання, об'єкт зображення, обробка зображення.

## A COMPLEX DECODING OF RECONNAISSANCE PHOTOGRAPHY IMAGES BY THE USE OF DIGITAL TECHNIQUES

O.V. Shytova

The article presents a conceptual scheme of a complex automated decoding of reconnaissance photography images by means of images digital processing. The feature of the proposed scheme is an implementation of a parallel images processing by the use of techniques designed for recognition of each separate object facility or a zone of an aerial photograph, and further combining of obtained results. The analysis of images digital processing techniques used for each class of aerial photographs objects is given.

**Keywords:** air reconnaissance, aerial photograph, decoding, recognition, object of imaging, image processing.