

- for applied urban research], Moscow: Arhitektura-S, 2006, 112 p. (in Russian).
3. Skaterschikov S.V. 15 let ispol'zovaniya GIS-tehnologij v razrabotke dokumentov territorial'nogo planirovaniya [15 years of use of GIS technology in the development of documents of territorial planning], Upravlenie razvitiem territorii, 2007, No 1 (in Russian).
  4. Chistobaev A.I. Prostranstvennoe planirovanie v Rossii: sostoyanie, problemy, zadachi geografov [Spatial planning in Russia: status, problems, geographers challenges], Vestnik ARGO, 2013, Pp. 15–24 (in Russian).
  5. Chistobaev A.I., Krasovskaya O.V., Skaterschikov S.V. Territorial'noe planirovanie na urovne sub'ektov Rossii: Monografiya [Territorial planning at the level of subjects of Russia: Monograph], St. Petersburg: St. Petersburg State University, NPI "ENCO", Izdat. dom "Inkeri", 2010, 296 p. (in Russian).

УДК 528.77

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23-199-209

Е.П. Крупочкин<sup>1</sup>, С.И. Суханов<sup>2</sup>

### ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «DETECTION ARTIFACTS»: ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГЕОАРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

#### АННОТАЦИЯ

*Естественнаучные и математические методы занимают важное место в современных геоархеологических исследованиях. Они способствуют разработке новых компьютерных технологий и их внедрению в геоархеологические изыскания, среди которых не последнюю роль играют дешифрирование и фотограмметрическая обработка материалов космической съёмки.*

*В статье описывается программный комплекс «DetectionArtifacts», предназначенный для тематического дешифрирования аэрокосмических снимков с целью автоматизации поиска объектов различного происхождения – как природных, так и искусственно созданных. Основное внимание акцентировано на дешифровке археологических объектов с помощью приёмов морфологического анализа и индикационного дешифрирования.*

*Работа программного комплекса базируется на двух группах методов компьютерной обработки снимков: 1) методе улучшения изображений с помощью пространственно-частотной фильтрации и 2) методе морфометрического анализа. Группа методов пространственной фильтрации решает две задачи – минимизация информационного шума и подчёркивание границ. Для достижения наилучшего результата при применении пространственной фильтрации необходимо владеть полной информацией об объектах поиска.*

*Непосредственно поиск различных археологических памятников не является задачей фотограмметрии в явном виде. По сути, данная область интересов лежит в нескольких плоскостях – на стыке фотограмметрии, аэрокосмических и компьютерных методов и др. Авторы акцентируют внимание на этой позиции для того, чтобы в дальнейшем исключить путаницы в терминологии и содержании описываемых методов и процедур. Следует отметить важность строгой последовательности выполнения работ со снимками, где в первую очередь должна выполняться фотограмметрическая обработка – атмосферная коррекция, геометрическая коррекция, трансформирование и геопривязка. Только после этого можно приступить собственно к дешифрированию.*

<sup>1</sup> Алтайский государственный университет; 656000, Россия, Барнаул, пр. Ленина, 61; e-mail: krupochkin@mail.ru

<sup>2</sup> Алтайский государственный университет; 656000, Россия, Барнаул, пр. Ленина, 61; e-mail: sukhanov-s@yandex.ru

*При создании программного комплекса применялась модульная структура, что благоприятно сказалось на решаемых задачах и соответствовало концепции поиска археологических объектов на аэрокосмических снимках.*

## **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*программный комплекс, аэрокосмические снимки, археологические памятники, пространственно-частотная фильтрация, морфометрический анализ*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Большинство археологических памятников скифской эпохи (в основном все объекты, приведённые в нашей статье, относятся к данной эпохе) имеют чётко выраженную геометрическую форму: квадратную, прямоугольную и *n*-угольную. Курганные насыпи формируют довольно чёткие очертания кругов или прямоугольников. В основе таких сложных сооружений, как херексуры, положен принцип подобия многоугольникам, кругам, эллипсам и др. геометрическим фигурам. При этом нельзя не отметить, что среди них есть и своеобразные объекты, которые сложно отнести к объектам правильной геометрической формы [Кубарев, 1980].

В отношении демаскирующих свойств этих объектов ситуация не является однозначной. Например, объекты, легко распознаваемые на открытой местности без густой древесной и древесно-кустарниковой растительности, будут гораздо хуже дешифрироваться в зарослях кустарников. Таким образом, немаловажными факторами являются: географическое местоположение объектов поиска, физико-географические и геоморфологические условия. В ряде случаев требуется предварительное выделение ключевых элементов ландшафта и далее, по возможности, их включение в перечень индикаторов поиска.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В основу предлагаемой технологии положен метод морфометрического дешифрирования снимков. Понятие морфометрического дешифрирования входит в группу индикационно-го дешифрирования, основанного на использовании косвенных демаскирующих свойств объектов на снимке. Согласно классификации Ю.Ф.Книжникова, «...морфометрическое дешифрирование основано на определении количественных показателей, характеризующих форму объектов, размеры, особенности их пространственного распределения [Книжников и др., 2011].

В территориальном плане объекты поиска располагаются в долинах рек: Юстыт, Уландрык, Курайка, Чуя, Барбургазы и др., что соответствует в целом довольно благоприятным условиям с точки зрения демаскирующих свойств. Ландшафт здесь довольно скудный, с редко расположенными лесными колками местами с наличием древесно-кустарниковой растительности. Всё это создаёт свои плюсы и минусы в отношении разрабатываемых программных инструментов.

На рисунке 1 схематично показан процесс математического дешифрирования, который включает в себя этапы предварительной обработки, ввода-вывода и эталонирования. Например, для удовлетворения заданных критериев можно рекомендовать применение низко- или высокочастотных фильтров, прослеживание контуров и подавление немаксимальных локальных значений компонент градиента. Главный элемент схемы – блок «морфологического анализа», определяющий основу морфометрического дешифрирования в целом.

Между тем процедуру выделения объектов на снимках нельзя отнести в чистом виде только к области дешифрирования. Морфология известна, как «наука о форме», а также как совокупность методов анализа изображений, основанных на содержательных яркостно-геометрических моделях и критериях. Морфологический анализ предполагает оптимальное формализованное представление и математическое описание скрытых характеристик, кото-

рые представляют объект или группу объектов. Он основан на таких процедурах, как сегментация, дилатация, реконструкция [Гонсалес Р. и др., 2006].

Морфологический анализ мы рассматриваем в первую очередь в контексте компьютерного распознавания образов, таким образом, это в большей степени относится к машинному зрению, а не к дешифрированию в традиционном понимании.

### **Описание программного комплекса**

Исходным посылом наших разработок стала идея создания программного комплекса для археологов и географов, активно занимающиеся геоархеологическими и другими изысканиями с использованием материалов аэрокосмической съёмки. В большинстве специализированных пакетов для фотограмметрической обработки и дешифрирования данных дистанционного зондирования (ДДЗ), таких как ENVI, ErdasImagine и др., не существует гибкого инструментария для целенаправленного морфологического анализа с возможностью варьирования детектируемых параметров. По этой причине платформой для создания программного комплекса «**Detectionartifacts**» была выбрана среда программирования «Matlab». Алгоритм работы программного комплекса «**Detectionartifacts**» приведён на рисунке 2, а интерфейс – на рисунке 3.

Созданный продукт функционально предназначен для тематического дешифрирования аэрокосмических снимков с целью автоматизации поиска различных объектов – как природных, так и искусственно созданных. Его работа базируется на двух группах методов компьютерной обработки снимков:

1. методы улучшения изображений с помощью пространственно-частотной фильтрации;
2. методы морфометрического анализа.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Группа методов пространственной фильтрации решает задачи минимизации информационного шума и подчёркивания границ. Суть пространственной фильтрации заключается в смещении маски фильтра по изображению с шагом один пиксель слева направо и сверху вниз. Линейная разновидность масочной фильтрации является одним из вариантов двумерной фильтрации, она наиболее широко применяется в практике цифровой обработки изображений. Стандартный размер линейного фильтра составляет  $3 \times 3$  с рабочим элементом в центре. Процедура линейной фильтрации в частотной области аналогична операции свёртки коэффициентов маски с отсчётами исходного изображения. В результате обработки значение отклика задаётся суммой произведений коэффициентов фильтра на соответствующие значения пикселей в рабочей области [Федоров А.А., 2015]. В нашем случае данную процедуру можно выполнить с помощью функции «Freemask», которая возвращает маску предопределённого двумерного линейного фильтра по заданным параметрам (рисунок 3).

Возможно применение экстраполяции более высокого порядка, когда недостающие отсчёты определяются как взвешенная сумма крайних заданных отсчётов последовательности. В таких случаях вес показателей может выбираться из статистических соображений по критерию минимума среднеквадратической ошибки экстраполяции, если известна статистическая корреляционная функция сигнала, или классическими методами, сохраняющими значения первых, вторых и более высоких разностей сигнала [Богущ Р.П., 2009].

Данный вопрос не является принципиальным для решения наших задач в условиях, когда дешифровка археологических объектов на снимках выполняется по небольшим пространственным выборкам. В качестве альтернативного метода в программе реализована произвольная фильтрация. Её основу составляют методы сглаживания и шумоподавления (низкочастотные), методы контрастирования и подчёркивания (высокочастотные). Так для метода «Freemask» предлагается 3 типа масок с размером апертуры  $3 \times 3$ . Размер маски и коэффициенты могут выбираться из заранее приготовленных наборов.

Для выделения границ и контрастирования применяется высокочастотная фильтрация (рисунок 4).

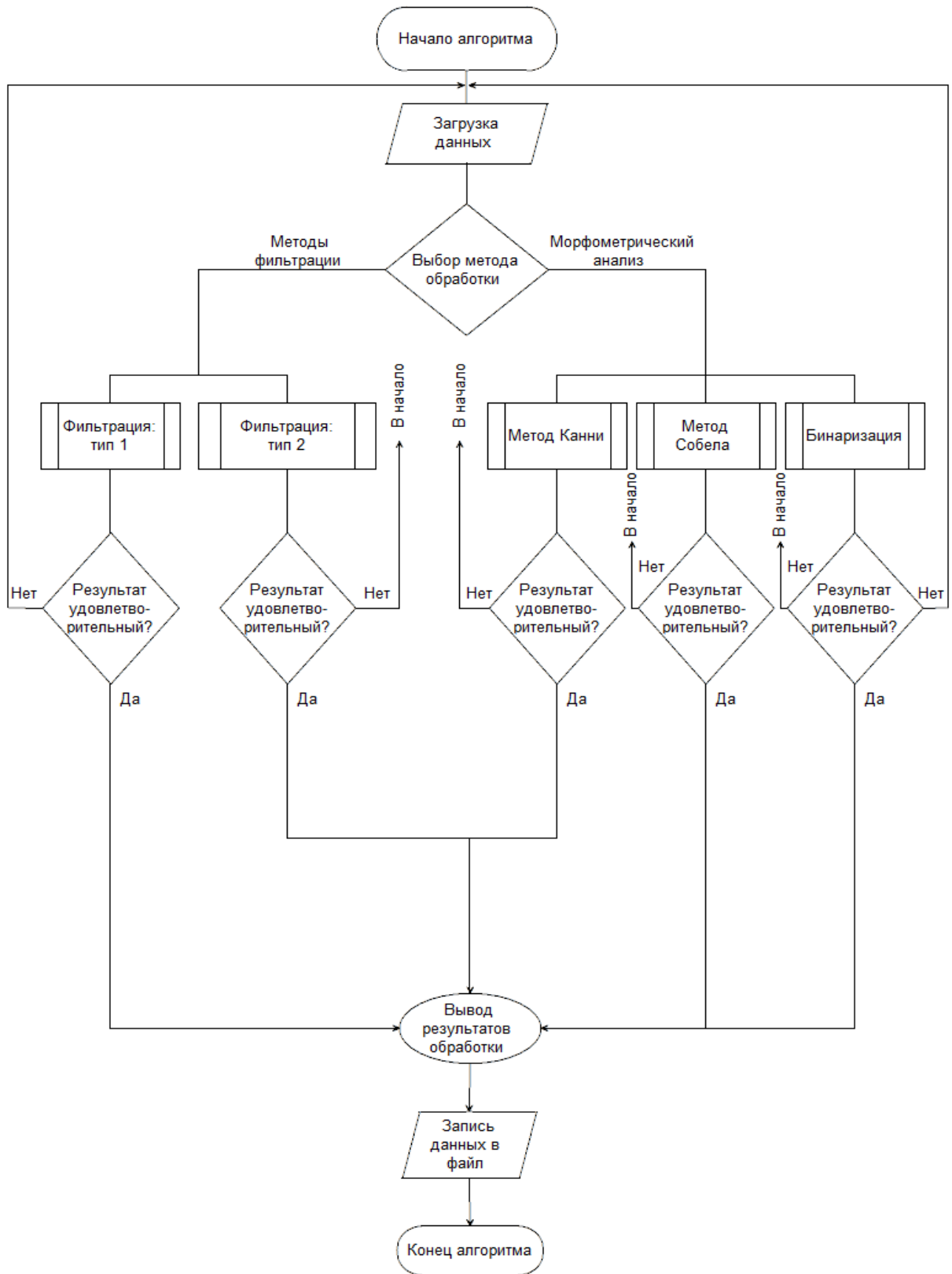


**Рисунок 1.** Алгоритмическая схема морфометрического дешифрирования  
**Figure 1.** The Algorithmic Scheme of Morphometric Decoding

Кроме шумоподавления, важной задачей является повышение резкости изображения, что приводит к улучшению демаскирующих свойств объектов. Данная процедура улучшает такие демаскирующие характеристики изображения, которые оказались расфокусированы вследствие ошибок или несовершенства метода регистрации изображений.

При условии попадания центра маски на границу изображения, для обработки краев используется дополнение средним значением или нулями. Данный способ применяется при обработке бинарных файлов или снимков, преобразованных из трёхканальных или четырёхканальных цветных моделей. Его недостатком является тот факт, что почти всегда появляются большие разрывы в величине отсчётов сигнала на краях последовательности. Для устранения подобных эффектов, возникающих при замене недостающих элементов нулями, применяются альтернативные методы. Один из них реализован функцией «Filterededge» и состоит в том, что недостающие пиксели заполняются значениями крайних пикселей изображения.

В спектре шума обычно содержатся более высокие пространственные частоты, чем в спектре обычного изображения. Поэтому усредняющая или сглаживающая фильтрация может служить эффективным средством подавления низкочастотных шумов. При свёртке на исходное изображение накладывается аддитивный шум в пределах маски, отсчёты которого случайны и независимы с точки зрения статистического распределения значений яркости. Механизм подавления шума состоит в том, что при суммировании шумы друг друга компенсируют. Данная компенсация будет происходить тем лучше, чем большее число членов в сумме, соответственно – чем больше размер маски. В результате подавления шума может происходить размывание нужных контуров на обрабатываемых снимках.



**Рисунок 2.** Алгоритм работы программного комплекса «DetectionArtifacts»  
**Figure 2.** The Work Algorithm of “DetectionArtifacts” Software Package



**Рисунок 3.** Интерфейс программного комплекса «DetectionArtifacts»  
**Figure 3.** The Interface of “DetectionArtifacts” Software Package

Отсюда другой важной задачей стало создание инструмента автоматического поиска объектов заданного типа на разнотипных снимках, независимо от пространственного и спектрального разрешения. При её решении был использован принцип детектирования контрастных перепадов с нахождением точек локальных максимумов. Для этих целей были применены алгоритмы детектирования Канни (Canny) и Собеля (Sobel) (рисунок 3).

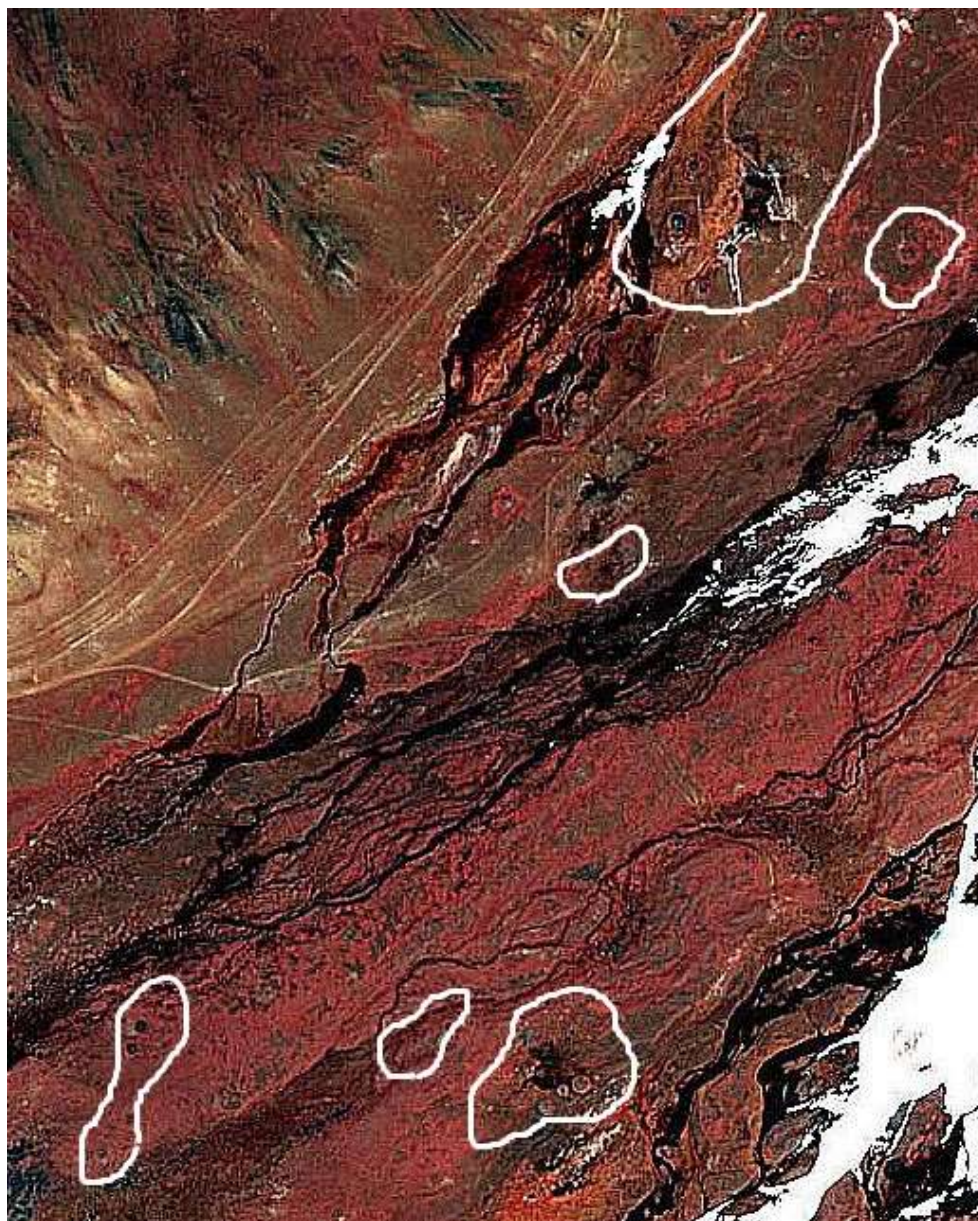
Оптимальная фильтрация контрастных перепадов была реализована Джоном Канни (JohnF. Canny) в 1986 году с помощью функции Хевисайда с перепадом, зашумленным белым шумом с распределением Гаусса [Власов и др., 2013]. К сильным сторонам метода можно отнести высокую степень обнаружения объектов детектирования, достаточно высокую точность локализации, однозначность отклика на один контрастный перепад.

Общую реализацию метода можно представить в следующем виде: изображение сглаживается гауссовым фильтром с заданным стандартным отклонением для сокращения шума, затем в каждой точке изображения вычисляется градиент и направления края:

$g(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ ,  $a(x, y) = \arctg\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$ . Точки перепада определяются как точки локального

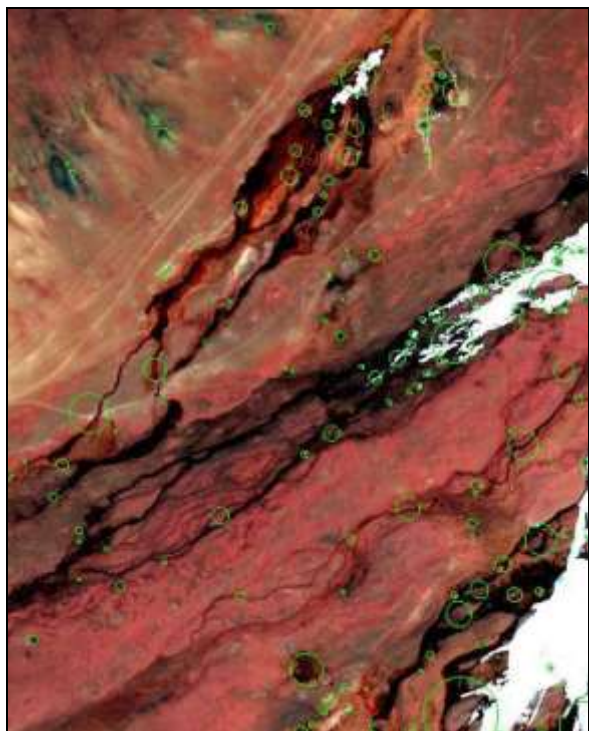
максимума градиента и вызывают рост гребней на изображении модуля градиента. Далее алгоритм отслеживает верх этих гребней и присваивает нулевое значение точкам, которые не лежат на гребне. В результате на выходе строится тонкая линия, а весь процесс называется «немаксимальным подавлением». Пиксели гребня подвергаются пороговой обработке с использованием двух порогов  $K_1$  и  $K_2$ , причем  $K_1 < K_2$ . Пиксели гребня, величина которых больше  $K_2$ , называют «сильными», а пиксели, значения которых попадают в интервал

$[K_1, K_2]$  – «слабыми». Алгоритм совершает соединение, добавляя к сильным пикселям слабые, которые с ними связаны. Чем больше значение  $K_2$ , тем меньше объектов будет обнаружено при условии их небольшого размера. На рисунке 5 показаны объекты поиска, обнаруженные с помощью инструмента «Саппу», из которых 35-40% являются природными, остальные – искусственно созданными (левый снимок). На правом снимке более точные настройки пороговых значений позволили довести достоверность до 90%. Продемонстрированные результаты обработки цветных снимков, полученных с помощью сервиса Yandex: фрагмент долины р. Юстыт (слева) и р. Курайка (справа). В сравнении с режимом визуализации TrueColor, ряд объектов детектируется на нём в слое подстилающей поверхности, прежде всего, за счёт их морфологических особенностей – характерных геометрических очертаний. Они выражены яркостными перепадами в местах концентрации камней небольших размеров, частично задернованных и частично погруженных в грунт.

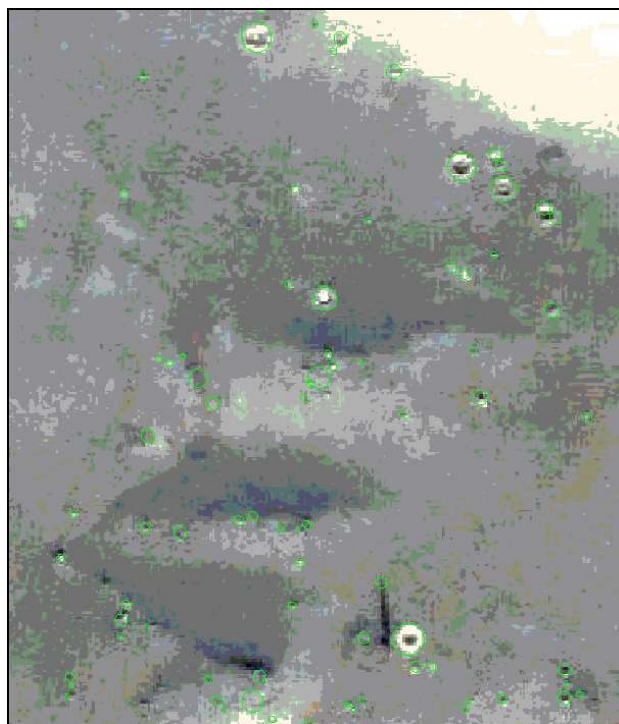


**Рисунок 4.** Результаты обработки снимка функцией «Freemask»  
(контурами обозначены обнаруженные объекты)

**Figure 4.** The results of processing a QuickBird Image using the “Freemask” Function  
(contours denote the detected objects)



a) a)



б) b)

**Рисунок 5.** Результаты поиска археологических объектов на мультиспектральных снимках QuickBird алгоритмом Канни: а) при плановом разрешении 2,4 м; б) при плановом разрешении 1,01

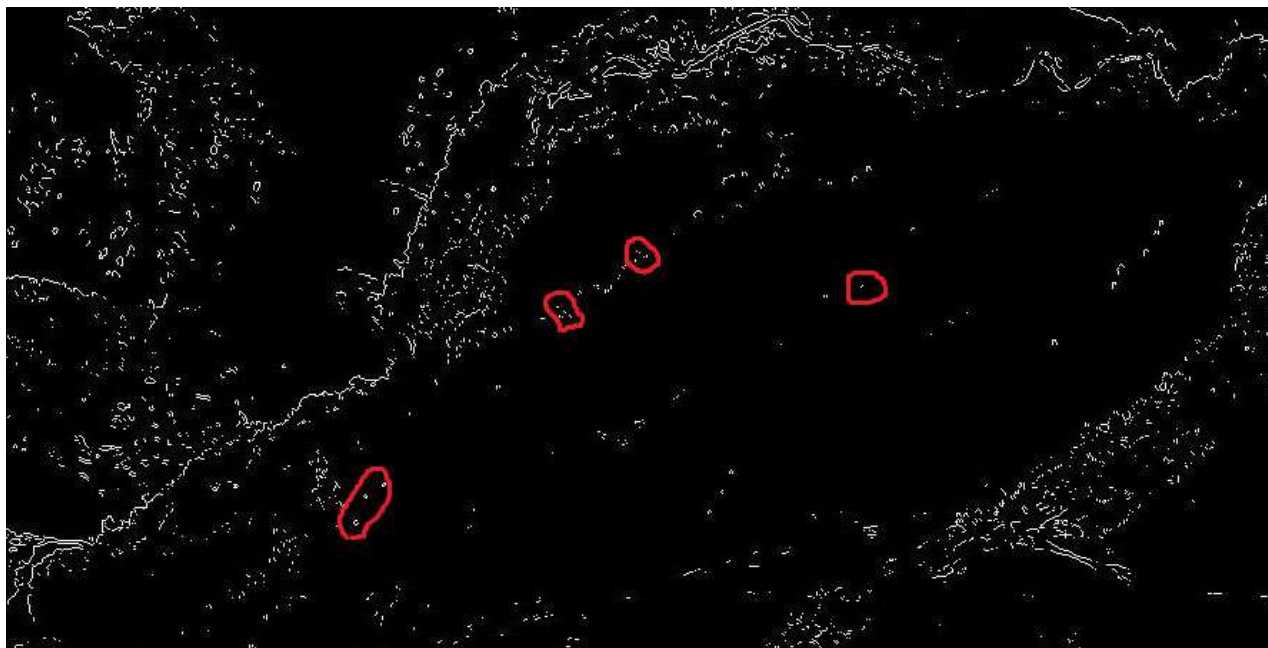
**Figure 5.** The Results of Searching for Archaeological Sites in QuickBird Multisensor Images Using the Canny Algorithm a) at planned resolution of 2.4 м; b) at planned resolution of 1.01

Метод Канни использует алгоритмы шумоподавления, при этом размер матрицы не является определяющим фактором. Более важным является пространственное разрешение снимка. Данный алгоритм можно рекомендовать только для территорий с однородной структурой подстилающей поверхности. При других условиях яркостные перепады могут показать не археологические, а природные объекты (древесную растительность, каменные включения и другие).

При условии, когда размеры объектов поиска незначительны, можно использовать алгоритм Собеля, постепенно уменьшая пороговое значение коэффициента  $K$  от 0,5 до 0,2 (рисунок 6). Уменьшение  $K$  ниже 0,2 необоснованно, так как превращает изображение в хаотичный набор дискретных линий. Между тем на общем фоне, как алгоритмом Канни, так и алгоритмом Собеля достаточно легко обнаруживаются как группы объектов, так и отдельно расположенные объекты с размерностью, превышающей плановое разрешение в 2 и более раз.

Для промежуточной или финальной обработки снимков в нашей программе реализована функция бинаризации изображений «Binar». Пиксели результирующего изображения принимают значение 0 (чёрный цвет), если яркость соответствующих пикселей исходного изображения меньше порогового значения, задаваемого полем «threshold» и значение – 1 (белый цвет), если яркость соответствующих пикселей исходного изображения больше. Значения, которые принимает «threshold», должны находиться в интервале от 0 до 1.





*Рисунок 6. Результат обработки снимка методом Собеля при значении  $K = 0.2$*   
*Figure 6. The Results of Processing an Image Using the Sobel Operator when  $K = 0.2$*

## ВЫВОДЫ

Как уже отмечалось выше, несмотря на массу достоинств, методы индикационного морфометрического дешифрирования не всегда дают гарантированный результат. При сложных обстоятельствах, когда разрешение снимков не достаточно высокое, либо критерии поиска изначально неизвестны, можно ограничиться методами предварительной обработки – пространственной фильтрацией и бинаризацией. Фильтрация позволяет «отсеивать» грубые детали и оставляет полезную информацию, делает снимок читаемым даже при таких условиях, когда в обычном оптическом спектре визуально ничего обнаружить не удастся. Одной из задач фильтрации с подъёмом высоких частот является искусственное исправление яркости при условии, когда исходное изображение темнее, чем требуется. В этом случае можно изменять коэффициент усиления высоких частот для увеличения общей яркости изображения и применять маски на выбор или задавать их значения вручную.

Приведённые авторами методики автоматизации поиска археологических памятников на аэрокосмических снимках носят поисковый и экспериментальный характер. По своей сути, решаемые задачи выходят за пределы дешифрирования как такового, и входят в область интересов информационных технологий (компьютерного зрения) и цифровой обработки изображений. Для достижения максимальных результатов при использовании программы «DetectionArtifacts» следует воспользоваться рядом рекомендаций.

Перед запуском программы необходимо выполнять фотограмметрическую обработку, что существенно улучшит качество снимка и повысит надёжность результатов дешифрирования. Большое внимание необходимо уделить параметрам геопривязки и трансформации снимка, например, следует выполнить обрезку по краям либо фрагментацию в заданной системе координат. В случае если размер изображения слишком большой, для ускорения процедуры обработки предусмотрена возможность сжатия (функция «Compress»). Размер сжатия определяется коэффициентом, который задаётся вручную в диалоговом окне (см. рисунок 3).

В заключение отметим несколько главных преимуществ предлагаемого программного комплекса: бесплатное распространение для использования в исследовательских задачах, открытость архитектуры, гибкость инструментария, интуитивный интерфейс, обеспечивающий

быстрое освоение при его использовании и адаптации к задачам компьютерного дешифрирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богущ П.П.* Методические указания по дисциплине «Цифровая обработка сигналов и изображений» к лабораторным работам «Методы обработки изображений». – Новополоцк: Полоцкий государственный университет (Белоруссия), 2009. – 43 с.
2. *Власов А.В., Цанко И.В.* Модификация алгоритма канни применительно к обработке рентгенографических изображений // Вестник науки Сибири. – 2013. – №4(10). – С. 120–127.
3. *Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С.* Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
4. *Книжников, Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В.* Аэрокосмические методы географических исследований: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2011. – 448 с.
5. *Кубарев В.Д.* Археологические памятники Кош-Агачского района (Горный Алтай) // Археологический поиск (Северная Азия). – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 69–91.

Yevgeny P. Krupochkin<sup>1</sup>, Sergey I. Sukhanov<sup>2</sup>

### “DETECTION ARTIFACTS” SOFTWARE PACKAGE: FUNCTIONAL CAPABILITIES AND PROSPECTS OF USING (ON THE EXAMPLE OF GEOARCHEOLOGICAL RESEARCH)

#### ABSTRACT

*Mathematical and scientific methods are highly significant in modern geoarcheological study. They contribute to the development of new computer technologies and their implementing in geoarcheological research in particular, decoding and photogrammetric processing of space images.*

*The article focuses on the “Detection Artifacts” software package designed for thematic aerospace image decoding which is aimed at making the search automatic for various archeological sites, both natural and artificially created ones. The main attention is drawn to decoding of archeological sites using methods of morphological analysis and indicative decoding.*

*Its work is based on two groups of methods of image computer processing: 1) an image enhancement method which is carried out with the help of spatial frequency filtration, and 2) a method of morphometric analysis. The methods of spatial frequency filtration can be used to solve two problems: information noise minimization and edge enhancement. To achieve the best results using the methods of spatial frequency filtration it is necessary to have all the information of relevance to the objects of searching.*

*Searching for various archeological sites is not only photogrammetric task. In fact, this problem can be solved in the sphere of photogrammetry with the application of aerospace and computer methods. The authors stress the idea in order to avoid terminology ambiguity and confusion when describing the essence of the methods and processes. It should be noted that the work with the images must be executed in a strict sequence. First and foremost, photogrammetric processing – atmospheric correction, geometric adjustment, conversion and geo targeting should be implemented. And only after that one can proceed to decoding the information.*

---

<sup>1</sup> Altai State University; 656049, Russia, Barnaul, Lenin ave, 6; e-mail: krupochkin@mail.ru

<sup>2</sup> Altai State University; 656049, Russia, Barnaul, Lenin ave, 6; e-mail: sukhanov-s@yandex.ru

*When creating the software package a modular structure was applied that favorably affected the tasks being solved and corresponded to the conception of search for archaeological objects in aerospace images.*

**KEYWORDS:**

*software package, aerospace images, archeological sites, spatial frequency filtration, morphometric analysis*

**REFERENCES**

1. Bogush R.P. Metodicheskie ukazaniya po distsipline “Tsifrovaya obrabotka signalov i izobrazheni” k laboratornym rabotam “Metody obrabotki izobrazheni” [Guidelines on the Discipline “Digital Processing of Signals and Images” for Laboratory Tests “Methods for image processing”], Novopolotsk: Polotsk State University (Belarus), 2009, 43 p. (in Russian).
2. Vlasov A.V., Tsapko I.V. Modificatsiya algoritma kanni primenitelno k obrabotke rentgenograficheskikh izobrazheniy [Modification of Canny Algorithm Applied to the Processing of Radiographic Images], Vestnik nauki Sibiry, 2013, No 4 (10), pp. 120–127 (in Russian).
3. Gonsales R., Wuds R., Eddins S. Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy v srede MATLAB [Digital Image Processing in MATLAB Environment], Moscow: Tekhnosfera, 2006, 616 p. (in Russian).
4. Knizhnikov Yu.F., Kravtsova V.I., Tutubalina O.V. Aerokosmicheskie metody geograficheskikh issledovani: uchebnik [Aerospace Methods of Geographical Research: Textbook], 2 izd., pererab. i dop., Moscow: Akademia, 2011, 448 p. (in Russian).
5. Kubarev V.D. Arkheologicheskie pamyatniki Kosh-Agachskogo raiona (Gorny Altai) [Archeological Sites of Kosh-Agachsky District (Altai Republic)] Arkheologicheski poisk (Severnaya Azia), Novosibirsk: Nauka, 1980, pp. 69–91 (in Russian).

УДК. 581.9(470.319)+502.75

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23-209-219

**Л.Л. Киселёва<sup>1</sup>, Е.А. Парахина<sup>2</sup>, Ж.Г. Силаева<sup>3</sup>**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА СЕТОЧНОГО КАРТИРОВАНИЯ  
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ РЕДКИХ РАСТЕНИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**АННОТАЦИЯ**

*В Орловской области с 1999 г. проводятся работы по изучению флористического разнообразия с использованием ГИС-технологий. Одним из тематических слоёв картографической базы данных «Природные ресурсы Орловской области», созданной в среде ГИС MapInfo, является «Редкие и охраняемые растения Орловской области». Этот тематический слой содержит точечные карты 425 редких и охраняемых растений региона. В 2015 г. в среде геоинформационной системы MapInfo создан тематический слой «Флора Орловской области», содержащий сеточные карты распространения 945 видов сосудистых растений в юго-восточной части региона.*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»; 302026, Россия, Орёл, ул. Комсомольская, 95; e-mail: lkiseleva@yandex.ru

<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов; 113093, Россия, Москва, Подольское шоссе, 8/5; e-mail: eparachina@yandex.ru

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»; 302019, Россия, Орёл, ул. Генерала Родина, 69; e-mail: silaevazhanna@mail.ru