

УДК 528.8

© С.Л. Никулин, О.В. Коробко

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРТ ПЛОТНОСТИ  
КОНТРАСТНЫХ ГРАНИЦ ГЕОИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПРОГНОЗЕ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

© S. Nikulin, O. Korobko

**ASSESSING THE EFFICIENCY OF USING DENSITY MAPS OF  
GEOIMAGE CONTRAST BOUNDARIES TO FORECAST  
GEOLOGICAL OBJECTS**

Выполнена оценка информативности карт плотности контрастных границ геоизображений (космических снимков и физических полей) при решении задачи прогноза локализации геологических объектов. Установлено, что в большинстве случаев карты плотности контрастных границ более информативны по сравнению с исходными геоизображениями и могут использоваться при геологическом прогнозировании методами многомерной классификации.

Виконано оцінку інформативності карт щільності контрастних границь геоізображень (космічних знімків і фізичних полів) при вирішенні завдання прогнозу локалізації геологічних об'єктів. Установлено, що в більшості випадків карти щільності контрастних границь більш інформативні в порівнянні з вихідними геоізображеннями й можуть використовуватися при геологічному прогнозуванні методами багатомірної класифікації.

**Постановка и состояние проблемы.** В настоящее время космические снимки признаны важным источником данных для проведения геологических исследований. Одним из новых направлений обработки и анализа космоснимков является изучение их контрастных границ (КГ) – узких линейных зон на изображении, вдоль которых происходит резкое изменение яркости (фототона, цвет) или ее производных по пространственным переменным [1,2]. На практике им обычно соответствуют контуры полигональных и оси линейных объектов техногенного (здания, дороги и др.) и природного (реки, геологические разломы и др.) происхождения.

Для выделения КГ используются различные масочные алгоритмы, среди которых самым известным является т.н. «оптимальный детектор» Кенни [1]. Результатом его работы является бинарная карта, где единицы соответствуют наличию границ, нули – их отсутствию. Путём вычисления количества единиц в скользящем окне карта КГ преобразовывается в карту плотности контрастных границ (ПКГ). Выделение границ и построение карт ПКГ легко автоматизируется и требует мало вычислительных ресурсов, что повышает интерес к изучению контрастных границ.

Предварительно проведенные исследования показали, что многие важные геологические объекты, такие как месторождения полезных ископаемых мно-

гих типов, тяготеют к зонам повышенной плотности границ, поэтому карты ПКГ могут быть полезны при проведении геологического прогноза методами многомерной классификации, ранжирования и т.д. [3,4]. Кроме того, было показано, что не менее полезными могут быть карты ПКГ физических полей - гравитационного, магнитного и др. Поэтому в данной статье речь идёт о КГ геоизображений, под которыми понимаются как космические снимки, так и карты физических полей в их растровом представлении.

Количественно мера полезности карт ПКГ геоизображений может быть оценена через их информативность, вычисленную тем или иным образом.

**Цель работы** – получение оценок информативности карт ПКГ, построенных по материалам космических и наземных съёмки ряда территорий при решении задач прогноза локализации геологических объектов.

**Исходные данные и инструментарий исследований.** В качестве исходных данных выступают материалы космических съёмки территорий:

1) Демократической Республики Конго (ДРК), расположенной в районе Восточно-Африканской рифтовой долины. Данный регион изобилует месторождениями олова, вольфрама, тантала, железа и др., (Рисунок 1);

2) Участок центральной части нефтегазоносной Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ);

3) Сорокинское золоторудное месторождение, расположенное в пределах Приазовского блока Украинского кристаллического щита в районе г. Бердянск;

4) Джамансайской золоторудной площади (Каракалпакия, Узбекистан).

Работы выполнялись в среде ГИС РАПИД, разработанной сотрудниками кафедры геоинформационных систем ГВУЗ «НГУ». Предварительная обработка материалов космических съёмки выполнялась в среде пакета ERDAS 8.4.

В таблице 1 приведены условные названия и краткая характеристика снимков.

### **Методика исследований**

Эксперименты проводились по следующей методике.

Для каждого набора исходных данных выполнялись следующие действия:

1. Алгоритмом Кенни выделялись контрастные границы. Для алгоритма указывался ряд параметров: значение верхнего и нижнего порогов выделения границ, вид маски (Собея, Кирша, Превитта, FDOG) и другое [5]. Параметры варьировались таким образом, для каждого исходного изображения рассчитывался ансамбль карт контрастных границ, далее преобразовывавшийся в ансамбль карт плотности контрастных границ, по 12 для каждого участка. Пример используемых данных приведен на рисунке 1.

2. На следующем этапе для исходных геоизображений строились гистограммы в двух вариантах – по всей территории и по эталонным участкам.

3. То же самое проделывалось и для каждой карты ПКГ из ансамбля. Пример гистограмм значений геоизображения (по всей территории и по эталонным участкам), представлен на рисунке 2.

4. На последнем этапе рассчитывалась и сравнивалась информативность исходных изображений и карт производных карт ПКГ. Пример расчета показателя информативности приведен в таблице 2.

Далее результаты, полученные для отдельных участков, обобщались и анализировались.

Название снимка	Характеристика снимка
Демократической Республики Конго (ДРК)	1) 10-й, тепловой (дальний инфракрасный, TIR1) канал спутника Landsat-8 с длиной волны 10.30 — 11.30 мкм и пространственным разрешением 100м 2) 5-й ближний инфракрасный (NIR) канал спутника Landsat-8 с длиной волны 0.845 – 0.885 мкм и пространственным разрешением 30м. Данный канал выбран в качестве представителя группы каналов с 30-метровым разрешением. 3) снимок SRTM с разрешением ок. 91 м., отражающий рельеф поверхности.
Участок центральной части нефтегазоносной Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ)	1) радарный космический снимок, полученный в результате миссии SRTM 2) магнитное поле $\Delta Ta$ 3) гравитационное поле $Vz$
Сорокинское золоторудное месторождение	1) радарный космический снимок, полученный в результате миссии SRTM 2) магнитное поле $\Delta Za$ 3) гравитационное поле $Vz$
Джамансайская золоторудная площадь	1) растровая карта высот рельефа 2) материалы космических съемок с сервера Google

**Оценка информативности и анализ результатов.** Информативность оценивалась как отношение ширины гистограммы, построенной по всем пикселям геоизображения ( $W_{общ}$ ), к ширине гистограммы значений эталонных пикселей ( $W_{эт}$ ). При определении ширины учитывались только те столбцы, в которых  $V_i \geq V_{max}/10$ , где  $V_i$  - значение для частоты  $i$ -го столбца,  $V_{max}$  - максимальное значение гистограммы.

$$I = W_{общ} / W_{эт}$$

Более высокая информативность означает, что на данной карте эталонным объектам соответствует более узкий интервал значений, и, следовательно, область поиска неизвестных объектов эталонного типа является более компактной. Информативность карт ПКГ по сравнению с исходными геоизображениями представлены в таблице 3.

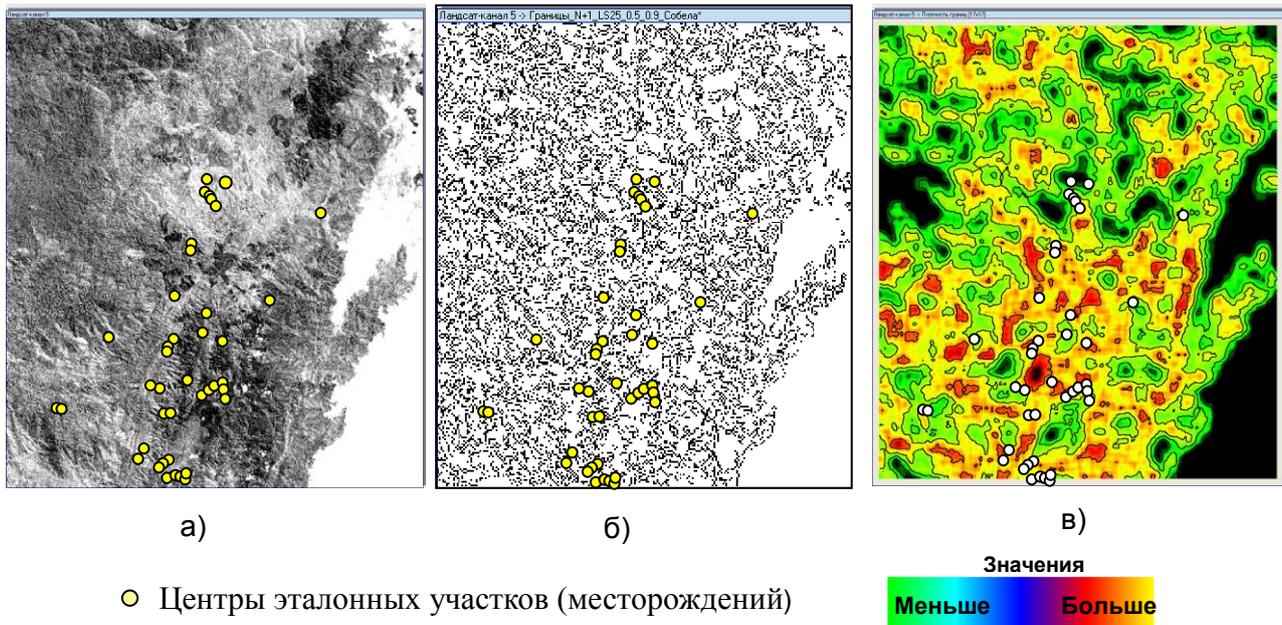


Рис.1. Пример используемых данных территория восточной части Демократической Республики Конго (ближний инфракрасный (5-й, NIR) канал спутника Landsat-8): а) исходное геоизображение, б) карта границ яркости снимка, в) карта ПКГ (размер скользящего окна – 35x35 пикселей)

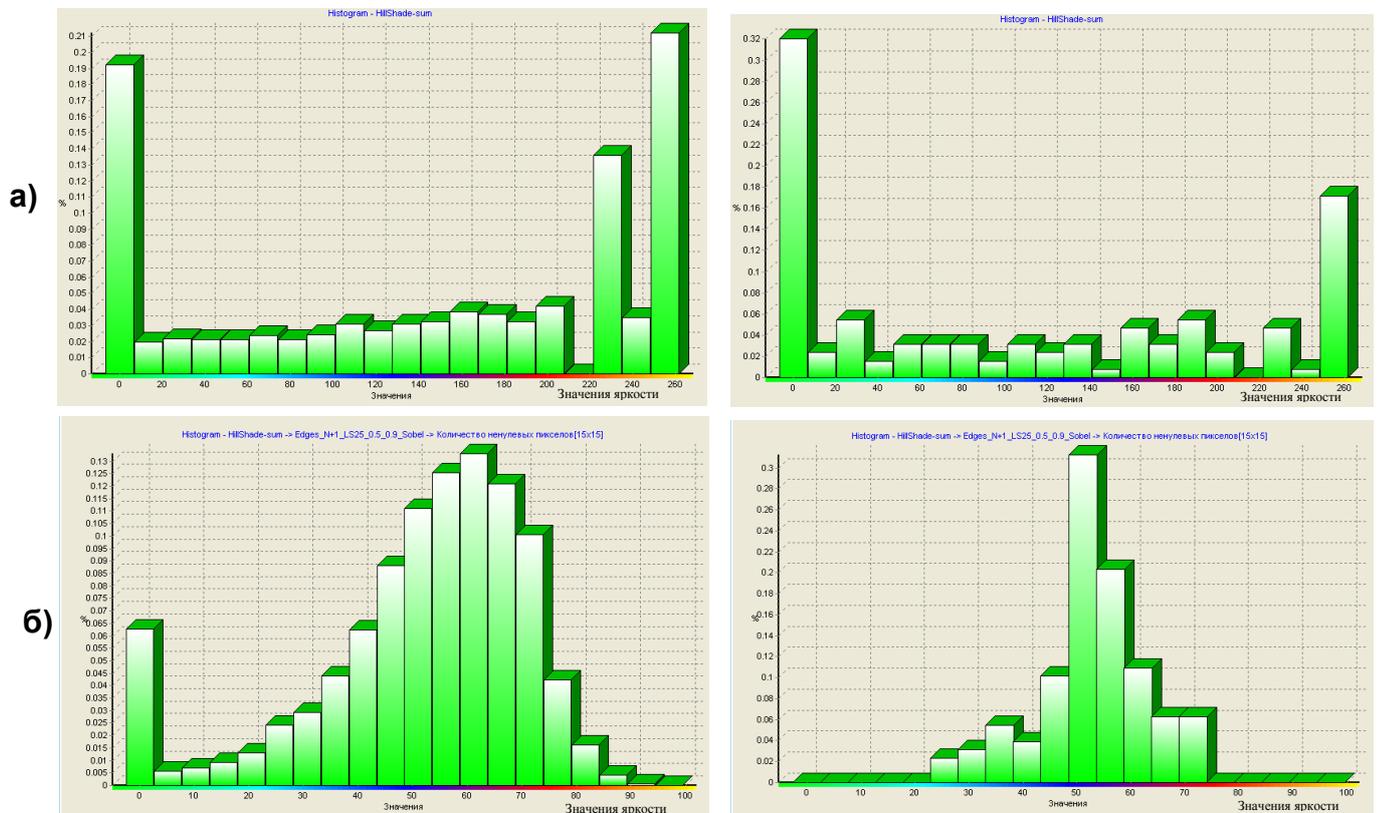


Рис.2. Пример гистограммы для территории восточной части Демократической Республики Конго (Снимок SRTM, отражающий рельеф поверхности): а) для исходного изображения, б) для плотности выделенных контрастных границ

Таблица 2

Результаты расчета показателя информативности на примере территории восточной части Демократической Республики Конго; 10-й (тепловой) канал спутника Landsat-8 и карты плотности его контрастных границ

Исходный снимок	Ширина гистограммы					
	Wобщ	Wэт	I=Wобщ/Wэт			
	255	242.25	1.05			
Пороги в алгоритме Кенни: 0,5 / 0,9	Маска: Собеля			Маска: Кирша		
	Ширина гистограммы			Ширина гистограммы		
	Wобщ	Wэт	I=Wобщ/Wэт	Wобщ	Wэт	I=Wобщ/Wэт
Окно 15x15 пикселей	93	55.71	1.7	88	57	1.54
Окно 25x25 пикселей	202	92	2.2	200	92	2.17
Окно 35x35 пикселей	359	135	2.7	349	117	2.98
Пороги в алгоритме Кенни: 0,3 / 0,7	Ширина гистограммы			Ширина гистограммы		
	Wобщ	Wэт	I=Wобщ/Wэт	Wобщ	Wэт	I=Wобщ/Wэт
	97	44	2.2	96	43	2.23
Окно 15x15 пикселей	97	44	2.2	96	43	2.23
Окно 25x25 пикселей	229	82	2.8	230	83	2.77
Окно 35x35 пикселей	404	152	2.7	399	148	2.70

Таблица 3

Информативность карт плотности контрастных границ (по 12 для каждого участка) по сравнению с исходными геоизображениями\*

Информативность карт плотности контрастных границ по сравнению с информативностью исходного изображения			
Пороги в алгоритме Кенни: 0,5 / 0,9		Пороги в алгоритме Кенни: 0,3 / 0,7	
<i>Участок: территория Восточно-африканского рифта</i>			
Выше	Ниже	Выше	Ниже
для 12 из 12	для 0 из 12	для 12 из 12	для 0 из 12
для 12 из 12	для 0 из 12	для 12 из 12	для 0 из 12
для 12 из 12	для 0 из 12	для 12 из 12	для 0 из 12
Итого: в 100% выше		Итого: в 100% выше	
<i>Участок: территория Днепровско-Донецкой впадины</i>			
Выше	Ниже	Выше	Ниже
для 4 из 12	для 8 из 12	для 12 из 12	для 0 из 12
для 0 из 12	для 12 из 12	для 2 из 12	для 10 из 12
для 10 из 12	для 2 из 12	для 12 из 12	для 0 из 12
Итого: в 39% выше		Итого: в 72% выше	
<i>Участок: территория Сорokinского золоторудного месторождения</i>			
Выше	Ниже	Выше	Ниже
для 8 из 12	для 4 из 12	для 11 из 12	для 1 из 12
для 10 из 12	для 2 из 12	для 12 из 12	для 0 из 12
для 12 из 12	для 0 из 12	для 12 из 12	для 0 из 12
Итого: в 83% выше		Итого: в 97% выше	
<i>Участок: Джамансайская золоторудная площадь (Узбекистан)</i>			
Выше	Ниже	Выше	Ниже
для 10 из 12	для 2 из 12	для 12 из 12	для 0 из 12
для 0 из 12	для 12 из 12	для 0 из 12	для 12 из 12
Итого: в 41,5% выше		Итого: в 50% выше	
<i>В целом по всем месторождениям</i>			
Выше в 65,9% случаев		Выше в 79,75% случаев	
Всего выше: в 72,8% случаев			

\*Примечание: карты контрастных границ рассчитывались при разных значениях параметров алгоритма Кенни

**Выводы и рекомендации.** В результате исследований установлено, что в 72.8% случаев карты контрастных границ геоизображений более информативны по сравнению с исходными геоизображениями (Таблица 3). Контрастные границы и карты их плотности представляют собой отдельный подвид геоданных, несущих информацию, которую сложно обнаружить на исходных геоизображениях. Поэтому они могут использоваться как самостоятельно, для неформального анализа геологической обстановки, так и в сочетании с другими данными в процедурах многомерной управляемой и неуправляемой классификации.

Кроме того, карты ПКГ могут использоваться как простые и быстро вычисляемые аналоги карт сложности ландшафта и, соответственно геологического строения. Исходя из того, что многие месторождения полезных ископаемых тяготеют к участкам повышенной сложности, карты ПКГ представляют очевидный интерес при поисковых работах.

В целом потенциал использования контрастных границ ещё не исчерпан, и работы в этом направлении являются перспективными и полезными с практической и научной точки зрения.

#### Перечень ссылок

1. Canny J.A. computational approach to edge detection//IEEE Trans.PAMI.-1986.-V.8.-P. 34-43.
2. Журавель И.М. Краткий курс теории обработки изображений (Электронный ресурс) / Способ доступа: URL: <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2/index.php>
3. Пивняк Г.Г. ГИС-технология интегрированного анализа разнородных и разноуровневых геоданных / Г.Г.Пивняк, Б.С.Бусыгин, С.Л.Никулин // Докл. НАН Украины. – 2007. – №6. – С.121-128
4. Никулин С.Л. Использование границ яркости геоизображений при автоматизированном прогнозировании геологических объектов / XI th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, 14-17 May 2012, Kiev, Ukraine. – 4 с.
5. Никулин С.Л., Коробко О.В. Влияние параметров алгоритма Кенни на результаты выделения границ яркости космических снимков// Сб. науч. тр. Нац. горн. ун-та/ редкол.: Г.Г. Пивняк [и др.] – Д.: Национальный горный университет, 2013. - №1. – 51-52 с.

#### ABSTRACT

**Purpose.** To assess the informativeness of density maps of geoinage (satellite images and physical fields) contrast boundaries to forecast localization of geological objects.

**Methodology** of research is based on a new informativeness indicator calculated by histograms of initial geoinages and maps of contrast boundaries density.

**Findings.** It is ascertained that in most cases density maps of contrast boundaries are more informative in comparison with initial geoinages.

**Originality.** The informativeness of density maps of geoinage contrast boundaries is calculated for the first time.

**Practical implications.** It is proved that density maps of contrast boundaries can be used for geological forecasting using multidimensional classification methods.

**Keywords:** *geomages, satellite images, contrast boundaries, physical fields, histograms, geomages informativeness*