

Значения показателя Херста для анализируемых режимов: перед загрузкой  $H = 0,421$ ; загрузка мельницы  $H = 0,508$ ; рабочий режим  $H = 0,573$ ; разгрузка  $H = 0,481$ . Как видно из полученных результатов на реальных временных рядах показатель Хёрста целесообразно использовать для классификации акустических сигналов с целью определения уровня внутримельничной загрузки струйной мельницы.

#### **Выводы.**

1. Изучение такой характеристики, как показатель Херста позволяет прогнозировать динамику акустических сигналов, которые отражают процессы, измельчения материала в струйной мельнице.

2. Предложенный подход для контроля и управления уровнем загрузки струйной мельницы с использованием показателя Херста акустического сигнала может обеспечить управление показателями измельчения.

#### **Список литературы**

1. Алексеев М.А. Метод звукометрической диагностики перегрузки шаровых мельниц рудой. Збагачення корисних копалин / М.А. Алексеев, Х. Шамаллах // Наук.–техн.зб. – 2005. – Вып. 22 (63). – С. 166 – 168.
2. Бутаков В. Оценка уровня стохастичности временных рядов произвольного происхождения при помощи показателя Херста / В. Бутаков, А. Граковский // Computer Modeling and New Technologies. – 2005, Vol.9, №.2. – С. 27-32.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесарєвим В.В.  
Надійшла до редакції 03.05.12 р.*

УДК 528.854

© С.Л. Никулин, О.В. Коробко

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИНЕАМЕНТНОГО АНАЛИЗА**

Выполнена экспериментальная оценка эффективности различных методов предварительной обработки космических снимков при решении геологических задач методами линейментного анализа. Показано, что качество выделения линейментов может быть повышено путём применения к исходным космоснимкам высокочастотного фильтра Баттерворта и идеального фильтра высоких частот.

Виконано експериментальну оцінку ефективності різних методів попередньої обробки космічних знімків при рішенні геологічних задач методами лінеаментного аналізу. Показано, що якість виділення лінеаментів може бути підвищена шляхом застосування до вхідних космоснімків високочастотного фільтра Баттерворта й ідеального фільтра високих частот.

The experimental evaluation of the effectiveness of various methods of satellite images pre-processing for solving geological problems by lineament analysis is conducted. It is shown that the quality of the lineaments selection can be improved through pre-processing of satellite images by high pass Butterworth filter, and of an ideal high pass filter.

**Постановка и состояние проблемы.** Развитие аппаратной и методологической базы спутниковых съемок приводит к возрастанию роли космических

методов изучения земной поверхности. В настоящий момент в практике наук о Земле удельный вес мультиспектральных и гиперспектральных съемок постоянно увеличивается, что делает актуальным вопрос разработки новых методов и методик обработки и анализа космических данных. В настоящее время при решении геологических задач всё шире используются методы линеаментного анализа изображений. Они основаны на выделении и последующем анализе линеаментов – линейных элементов космического снимка. Считается, что линеаменты соответствуют разломным структурам земной коры и их изучение даёт возможность уточнять геологическое строение, прогнозировать месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых, оценивать сейсмоопасность территорий [1].

Выделение линеаментов базируется на предварительном определении границ яркости (тона) изображений, которое может быть выполнено разнообразными масочными алгоритмами. Для эффективного выделения границ яркости и, как следствие, линеаментов, важное значение имеет предварительная обработка снимка. Традиционно на практике применяется ряд несложных методов обработки изображений, таких как контрастирование, коррекция яркости, эквализация гистограммы космоснимка. Вместе с тем, в теории обработки цифровых изображений разработано большое количество методов, которые до настоящего времени не применялись при линеаментном анализе, и эффективность которых не изучена.

**Цель работы** – оценка эффективности применения различных методов обработки изображений (в первую очередь, высокочастотных фильтров) при решении задач выделения линеаментов на космических снимках. Это позволит сформулировать рекомендации по выбору наилучших методов обработки, что позволит повысить эффективность анализа геоданных при решении геологических задач и сократить время на его выполнение.

**Исходные данные и инструментарий исследований.** В качестве исходных данных выступали 20 синтезированных космических снимков высокого разрешения, сделанных аппаратурой Landsat-7, Terra (MODIS) и Spot-5. Снимки представляют различные участки Земного шара, находящиеся в различных геологических и ландшафтных условиях.

Вычисления проводились в среде специализированной геоинформационной системы РАПИД, разрабатываемой на кафедре геоинформационных систем ГВУЗ «НГУ» [2].

**Методика исследований.** В ходе работы исследовались следующие методы обработки изображений [3,4]:

- высокочастотный метод Баттерворта
- идеальный фильтр высоких частот
- гауссовский фильтр высоких частот
- метод повышения резкости с помощью маски unsharp
- метод гамма-коррекции
- высокочастотный фильтр Лапласа

Кроме того, с целью контроля правильности получаемых результатов и выводов, исследовались исходные изображения с добавленными к ним шумовыми составляющими. Использовались следующие виды шума:

- гауссовский шум
- мультипликативный шум
- импульсный шум (типа «соль и перец»).

Эксперименты проводились по следующей методике.

1. В среде ГИС РАПИД каждое из исходных изображений обрабатывалось вышеперечисленными методами.

2. Методом Кенни [5] на обработанных и исходных изображениях выделялись границы яркости. В результате создавались бинарные изображения, на которых единицам соответствует наличие границ яркости, а нулям – их отсутствие (рис. 1).

3. Выполнялась оценка качества выделения границ яркости до и после применения исследуемых методов обработки изображений.

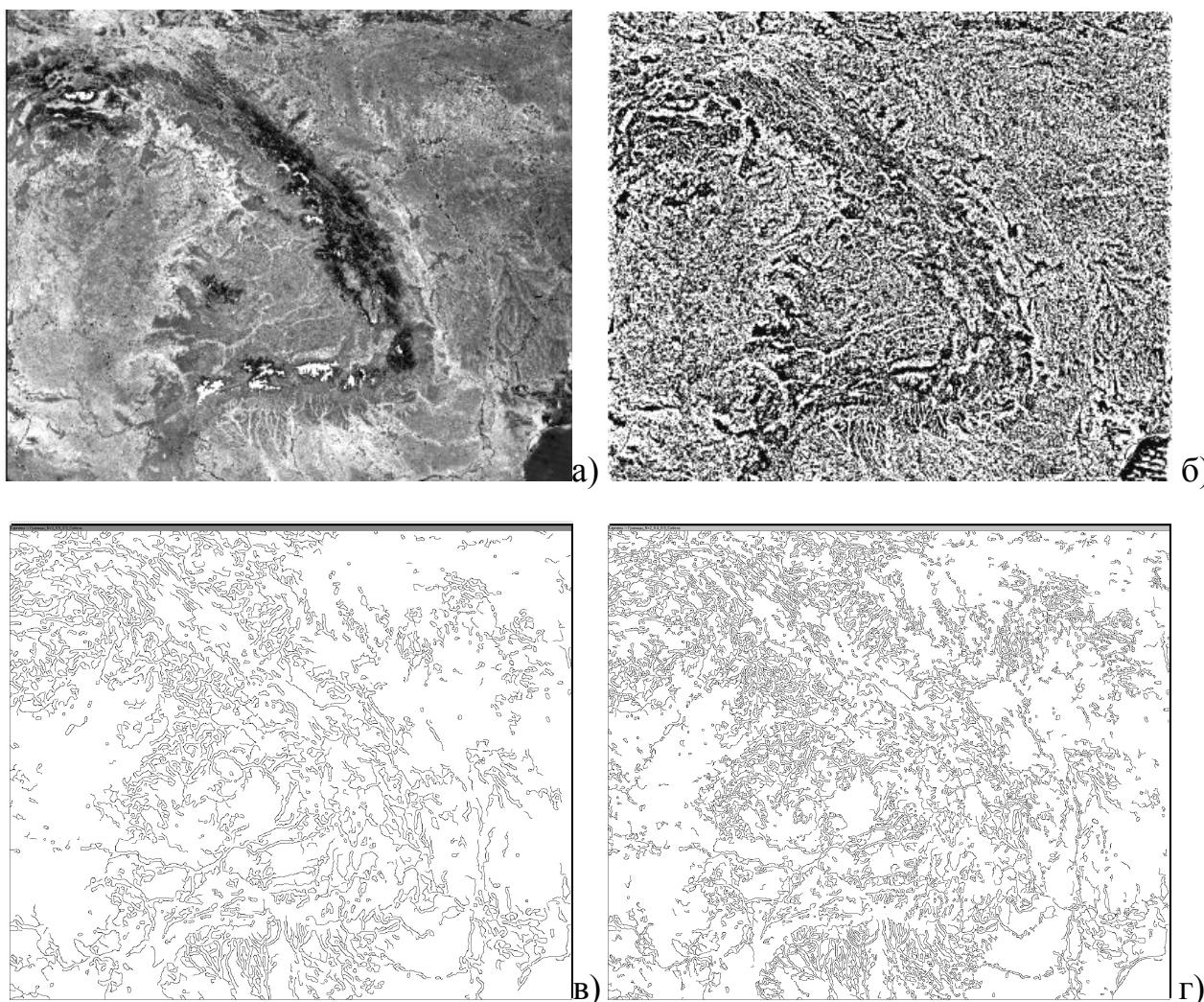


Рис. 1. Исходное изображение (а), результат применения фильтра Баттерворта (б) и выделенные на них границы яркости (в, г)

Оценка качества выделения основана на использовании нескольких специально разработанных показателей, отражающих интуитивно-понятные эвристические критерии качества выделения границ:

а) границы должны выделяться чётко, и не иметь большого количества разрывов;

б) должны выделяться только основные, имеющие достаточную протяжённость и чёткость, границы, во избежание ситуации, когда получаемое бинарное изображение перегружено многочисленными 1-2-пиксельными фрагментами.

Указанные требования являются взаимоисключающими – максимальное удовлетворение одного ведёт к минимальному удовлетворению другого. Поэтому на практике наиболее продуктивен подход с использованием нескольких показателей, отражающих те или иные характеристики выделяемых границ, значимость которых определяется специалистом в зависимости от конкретной геологической задачи.

В работе использовались следующие показатели:

$N$  – количество единичных (ненулевых) пикселей, соответствующих границам яркости на бинарном изображении. Характеризует общее количество выделенных границ и вычисляется путём суммирования пикселей с единичными значениями.

$F = K/N$ , где  $K$  – количество непрерывных фрагментов границ на изображении. Этот показатель характеризует степень фрагментированности границ. Чем он ниже, тем более надёжно выделены границы. Следует отметить, что повышение показателя  $N$  обычно ведёт к нежелательному росту  $F$ .

Значения показателей  $N$  и  $F$  автоматически рассчитывались для всех исходных и обработанных различными методами изображений и заносились в таблицы, представленные ниже.

**Результаты экспериментов.** Пример результатов расчёта этих показателей для одного из снимков (Landsat-7, территория Карпат) и результатов его фильтрации приведен в таблице 1.

Подобные таблицы были получены для всех исходных космических снимков.

Для получения обобщенных результатов показатели  $N$  и  $F$  для разных снимков, обработанных исследуемыми методами, упорядочивались по возрастанию и, в зависимости от их порядкового номера им присваивался ранг от 1 (наименьшее значение) до 10 (наибольшее значение).

Суммарные ранги показателей  $N$  и  $F$  для разных методов, проранжированные по возрастанию, представлены в таблицах 2 и 3. Они послужили основой для формулирования выводов и рекомендаций относительно применимости исследованных методов в процедурах линеаментного анализа.

Практический опыт показывает, что повышение количества выделяемых границ, с одной стороны, позволяет выделить большее количество линеаментов, а с другой ведёт к выделению значительного количества мелких, несущественных деталей, коротких, прерывистых фрагментов границ,

существенно затрудняющих решение многих практических геологических задач. Поэтому большое значение имеют значения показателя F, которое является своеобразной мерой целостности получаемых границ. Низкие значения F свидетельствуют о том, что выделенные границы яркости являются целостными, протяженным и, как следствие, имеют геологический смысл и значимость.

Таблица 1

Показатели качества выделения границ после применения различных методов обработки (на примере снимка Landsat-7 территории Карпат)

Метод	N	F
Исходное изображение	19.24	0.069
Метод повышения резкости с маской unsharp	26.98	0.102
Высокочастотный фильтр Баттерворта	27.92	0.081
Гауссовский фильтр высоких частот	25.18	0.113
Метод гамма-коррекции	20.72	0.083
Идеальный фильтр высоких частот	27.29	0.076
Высокочастотный фильтр Лапласа	27.88	0.099
Мультипликативный шум	25.74	0.099
Гауссовский шум	28.67	0.102
Импульсный шум «соль и перец»	21.99	0.069

Таблица 2

Методы, упорядоченные в зависимости от суммарного ранга показателя N для различных изображений

Методы обработки	Суммарный ранг показателя N
Исходное изображение	23
Метод гамма-коррекции	26
Гауссовский фильтр высоких частот	37
Метод повышения резкости с маской unsharp	56
Идеальный фильтр высоких частот	61
Мультипликативный шум	64
Импульсный шум «соль и перец»	74
Высокочастотный фильтр Баттерворта	85
Высокочастотный фильтр Лапласа	85
Гауссовский шум	94

Таблица 3

Методы, упорядоченные в зависимости от суммарного ранга показателя F для различных изображений

Методы обработки	Суммарный ранг показателя F
Идеальный фильтр высоких частот	13
Высокочастотный фильтр Баттерворта	25
Исходное изображение	33
Метод гамма-коррекции	48
Высокочастотный фильтр Лапласа	61
Импульсный шум «соль и перец»	63
Метод повышения резкости с маской unsharp	72
Мультипликативный шум	83
Гауссовский шум	97
Гауссовский фильтр высоких частот	110

Поэтому особую ценность имеют методы обработки изображений, которые, с одной стороны, повышают значение параметра N при одновременном снижении F.

Таковыми методами являются фильтрация высокочастотным фильтром Баттерворта и идеальным фильтром высоких частот.

**Выводы и рекомендации.** Анализ полученных результатов, позволяет утверждать следующее:

1. Все исследованные характеристики увеличивают значение показателя N по сравнению с исходным изображением. Это означает, что применение любого из методов позволяет увеличить количество выделяемых границ яркости на обработанном изображении по сравнению с исходным.

2. По результатам экспериментальных исследований установлено, что наилучшие результаты могут быть достигнуты с применением высокочастотного фильтра Баттерворта и идеального фильтра высоких частот.

3. В ряде ситуаций полезным является применение фильтра Лапласа, который значительно повышает значение параметра N (количество выделяемых границ) при незначительном росте F (показатель целостности границ).

4. Не рекомендуется использование высокочастотного фильтра Гаусса, дающего очень нестабильные результаты, а также гамма-коррекции, которая практически не влияет на результаты выделения границ.

5. Добавление шумовых составляющих в большинстве случаев привело к ухудшению результатов выделения границ, о чём свидетельствуют соответствующие суммарные ранги, приведенные в таблицах 1 и 2. Это является косвенным подтверждением правильности используемых показателей качества.

### Список литературы

1. Бусыгин Б.С., Никулин С.Л. Генерализация космических снимков для повышения эффективности решения геологических задач методами линеаментного анализа // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сборник научных статей. Том 7, Номер 2. – М.: ДоМира, 2010. – С. 303-310
2. Пивняк Г.Г., Бусыгин Б.С., Никулин С.Л. ГИС-технология интегрированного анализа разнородных и разноуровневых геоданных. // Доповіді Національної академії наук України. – 2007. – №6 – С. 121-128.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
4. Pratt W. Digital image processing // 4ed. Wiley. – 2007. – 782 pp.
5. Canny J.F. A computational approach to edge detection: IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, N. 8(6), P. 679-698

*Рекомендовано до публікації д.геол.н. Приходченком В.Ф.  
Надійшла до редакції 26.03.2012*

УДК 622.625.28

© И.А. Таран

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ МОЩНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ТРАНСМИССИИ ШАХТНОГО ДИЗЕЛЕВОЗА**

На конкретном примере двухпоточной бесступенчатой гидрообъемно-механических трансмиссий с планетарным механизмом передач на выходе, потенциально возможной для использования в дизелевозах, показано распределение потоков мощности в гидрообъемно-механической коробке передач с учетом потерь и КПД в гидрообъемной передаче, а также взаимосвязь основных рабочих параметров.

На конкретному прикладі двопотокової безступінчастої гідрооб'ємно-механічної трансмісії з планетарним механізмом передач на виході, яка є потенційно можливою для використання в дизелевозах, наведено розподіл потоків потужності в гідрооб'ємно-механічній коробці передач з урахуванням втрат і ККД гідрооб'ємної передачі, а також взаємозв'язок основних робочих параметрів.

A specific example of double-split hydrostatic mechanical transmissions with a planetary gear mechanism output, the potential for use in locomotives, shows the distribution of power flows in hydrostatic-mechanical transmission taking into account losses and efficiency of hydrostatic transmission, and the relationship of the main operating parameters.

**Введение.** На шахтах Украины эксплуатируются аккумуляторные и контактные электровозы. На большинстве шахт, где перевозка грузов осуществляется в основном локомотивами, систематичны случаи, когда один аккумуляторный электровоз, вместо работы в полную смену, обеспечивает только один-два рейса. Затем его направляют для подзарядки. Постоянные поломки контроллеров, автоматов, электродвигателей, ветхость подвижного состава, частые сходы с рельсов, отсутствие квалифицированного обслуживающего персонала, необходимость улучшения состояния шахтного рельсового пути создают критическое положение на локомотивном транспорте, осуществляющем свыше