РАБОТА 17

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЛИНЕАМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ LESSA И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Примеры подготовлены при участии студента Нгуен ван Тханг

Одной из программ для компьютерного анализа рисунка изображения является программа LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis), которую можно использовать для улучшения достоверности и объективности дешифрирования космических снимков, созданная А.А. Златопольским.

Эта программа

– выделяет на изображении короткие штрихи – микролинеаменты, контролирующие структуру изображения – его фоторисунок.

– формирует из штрихов длинные линеаменты и вычисляет статистические характеристики их распределений.

Задание: составить схему интерпретации результатов статистического анализа линеаментов.

Цель работы: освоение методики статистического анализа линеаментов Задачи:

- Освоение методики подготовки изображения к работе с программой LESSA.
- Знакомство с составлением схем статистического анализа штрихов
- Знакомство с правилами оформления результатов работы (графически и текстуально).

Отчетный материал

Схема компьютерного дешифрирования района интересов и объяснительная записка к ней

Для выполнения задания предусмотрено 2 часа аудиторной и 2 часа самостоятельной работы.

КАК РАБОТАЕТ ПРОГРАММА И КАК ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ ЕЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

Так как программа работает в режиме полутонового изображения (градации серого, 8 бит на пиксел, сначала требуется приготовить к работе изображение. - С помощью программы Photoshop, или любой другой растровой программы вырезать из снимка нужный для работы фрагмент и перевести его в режим «градации серого».

- Запланировать размер изображения и перевести его в заданную величину, варьируя число пикселей. Удобно работать с картинкой размером примерно 1000х1000 пикселей. В этом случае выделенных программой штрихов и роз-диаграмм достаточно, чтобы получилась представительная карта, обычно хватает вычислительной мощности компьютера.

Выделяет элементарные ячейки (в нашем случае - размером 9х9 пикселей).

– Каждая элементарная ячейка совмещается с маской, представляющей собой наполовину затемненный многоугольник, или многоугольник с щелью (в численном выражении – матрицу, состоящую из 0 и 8). Вычисляется разница между яркостью маски и элементарной ячейки – отклик - который запоминается (рис.п.5.1).



– Маска поворачивается на фиксированный угол (в нашем случае 12.5°), снова вычисляется разность и результат запоминается. Эта процедура повторяется до тех пор, пока маска не пройдет полный круг. Направление, для которого вычисленная разность оказывается максимальной и превосходит заданный порог, помечается как штрих (микролинеамент).

 Маска смещается на половину размера элементарной ячейки и процедура повторяется. В результате формируется карта штрихов (микролинеаментов), характеризующая структуру фотоизображения. В Выявляются штрихи, размер которых не меньше 5-10 пикселей. Разным цветом выделяются штрихи разных направлений (рис. 2).



Рис.2. Фрагменты космического изображения с различным фоторисунком (a) и их штрихи (б). Нижнее течение Красной реки. Вьетнам

На рисунках хорошо видно, что на участках изображения с различным фоторисунком и рельефом программа строит различные по структуре

системы штрихов.

Для дальнейшей работы важно определить ландшафтную природу выявленных штрихов. Если они, как это часто бывает, обусловлены мелкой гидросетью, спрямленными элементами ландшафта другими И дешифровочными признаками разрывов, по НИМ можно проводить статистический, и затем – структурный анализ линеаментов. Если же штрихи обусловлены преимущественно антропогенными объектами - просеками в лесу, сейсмическими профилями и т.д., необходимо «отстроится» от них, меняя разрешение снимка, или фильтруя 2размытием по Гауссу». Особую роль в формировании систем штрихов имеют границы и структура сельскохозяйственных угодий, также которые зачастую имеют прямолинейные границы. Однако, как правило, направления этих границ обусловлены гидросетью, и системы штрихов в таких районах нередко можно использовать для линеаментного анализа



Рис.3. Линеаменты, выделенные программой в случае дешифрирования распаханных полей предкавказья

КАК ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ И ЧТО ИЗ ЭТОГО МОЖНО ПОЛУЧИТЬ

По штрихам программа может построить розу-диаграмму (аналог розыдиаграммы трещиноватости, или лепестковой диаграммы в терминологии EXEL.

Далее программа статистически обрабатывает выделенные штрихи в скользящем окне, размер которого можно задавать интерактивно. Рекомендуется размер 64Х64 пикселя.

Программа может считать различные статистические характеристики, здесь будут рассмотрены лишь самые необходимые для анализа структуры изображения.

Плотность штрихов (число штрихов в скользящем окне). На рисунке 4 показаны отдельные фрагменты территории и характерные для них плотности штрихов.



Рис. 4. Интенсивность штрихов на различных территориях а - долина, б – дельта Красной реки

Цветовая шкала интенсивности соответствует переходам от максимальной интенсивности, присутствующей на данном изображении к минимальной. Карта строится по принципу топографической поверхности – то есть между собой граничат только смежные интенсивности, аналогично картам в изолиниях. Поэтому прямолинейные участки с большими градиентами можно интерпретировать как разломы.

Участки с максимальными интенсивностями соответствуют либо воздымающимся площадям с интенсивно врезанными небольшими водотоками, либо сильно изрезанными сохраненными от эрозии горными массивами. Прогибающиеся фрагменты площади, перекрытые аккумулятивными осадками, характеризуются минимальными значениями штрихов. Далее программа может строить картодиаграмму, состоящую из роз-диаграмм, построенным по штрихам, выделенным в скользящем окне 64х64 пикселя. На участках с различным геологическим строением облик роздиаграмм будет различным. Они могут быть изометричными и вытянутыми, сама вытянутость может иметь различные направления (рис. 5).



Рис. 5 Снимки различных территорий (а) и облик их роз-диаграмм (б) вверху долина, внизу – дельта Красной реки (Вьетнам)

Некоторые розы-диаграммы изометричные, тогда как другие удлиненные. Величина удлинения и его направление можно характеризовать статистическим параметром, который называется «выборочная результирующая длина». Программа его вычисляет под именем «вектор удлинения» и строит картодиаграмму (рис. 6).



Рис. 6 Снимки различных территорий (а) и облик их роз-диаграмм (б) вектор удлинения роз-диаграмм. Вверху долина, внизу – дельта Красной реки (Вьетнам)

Территории, обладающие различной структурой, будут образовывать кластеры отличающихся друг от друга типов роз-диаграмм, а также направлений и длин удлинений. С помощью анализа таких характеристик можно выделять блоковое строение территории, так как на соседних фрагментах направление векторов может отличаться на любой угол, вплоть до 90°.

Еще одна полезная для нас характеристика – линии удлинений роздиаграмм и перпендикулярные им линии. Эта характеристика получается, если по направлению удлинения следующий вектор будет иметь то же, или сходное направление. Характеристика позволяет проследить плавные изменения вытянутости роз-диаграмм (сини линии). В тех случаях, когда это оказывается невозможно – линии прерываются (рис. 7).



Рис. 7. Снимки различных территорий (а), облик их роз-диаграмм (б) и линии удлинения бассейн Красной реки (Вьетнам)

Можно полагать, что таким образом фиксируется однородное, или неоднородное тектоническое поле напряжений, если исходный рисунок не обусловлен какими-либо другими наблюдаемыми причинами (антропогенным изменением ландшафта, случайным ветвлением рек в дельте и т.д.).

Так как максимумы разрывов соответствуют длинным лучам роздиаграмм, которые, в свою очередь, закономерно связаны с ориентировкой главных нормальных напряжений, можно с определенной долей условности по ориентировке «синих» и «красных» линий определить проекции на горизонтальную плоскость (рельеф) направлений максимальных сжимающих и растягивающих усилий (рис. 8).



Рис. 8. Разрывы и главные нормальные напряжения а – ориентировка разрывов отрыва и скалывания в зависимости от ориентировки главных нормальных напряжений: б – взбросы, сдвиги и сбросы и их соотношения с направлениями главных нормальных напряжений, в - удлинение роздиаграмм и ориентировка линий растяжения и сжатия

На рисунке 9. в качестве примера показано воссоздание ориентировки главных нормальных напряжений на территории Северо-Покачевского месторождения.



Рис. 9. Проекции на горизонтальную плоскость направлений сжатия и растяжения

ДЛИННЫЕ ЛИНЕАМЕНТЫ

Программа выделяет также «длинные» линеаменты. Она выбирает такие штрихи, которые находятся в одном коридоре по выбранному направлению, или группе направлений. По умолчанию выбирается совокупность 8 направлений, так что каждый «коридор» составляет 12,5°.

В зависимости от настраиваемых установок, программа может выделять линеаменты, пересекающие все изображение, или составляющие какую-то её часть. Как показывает опыт предпочтительнее выделение линеаментов, составляющих более 0,2, или 0,3 размера изображения в данном направлении. Наконец, программа может работать как «осторожный дешифровщик», выделяя небольшое число хорошо подтверждаемых штрихами линеаментов, или как «дешифровщик-авантюрист», выделяя значительное количество мало линеаментов. Для подтверждаемых ЭТОГО служит интерактивная характеристика «порог». На рис. 10. приведены геологическая карта, фрагмент снимка дельты Красной реки во Вьетнаме, выделенные программой линеаменты при различных режимах и розы-диаграммы, построенные при этих режимах.







Рис. 10. Карты линеаментов построенные при различных настройках и их розы-диаграммы а – исходный снимок, б – фрагмент геологической карты Вьетнама (прямоугольником показана площадь снимка в - порог 40 «короткие» линеаменты (0,3), г - порог 40 «длинные» линеаменты, д - порог 50, «короткие» линеаменты (0,3), е - порог 50 «длинные» линеаменты, ж - порог 60, «короткие» линеаменты (0,3), з - порог 60, «длинные» линеаменты

Программа сохраняет построенные карты как растровое изображение в формате tiff на черном фоне тонкие красные линии. Чтобы сделать картинку читаемой, в программе photoshop следует сделать инверсию, скорректировать цвет, «утолстить» линии в разделе фильтрация \rightarrow другие \rightarrow минимум и, при необходимости, соединить картинки, например, вмонтировать розыдиаграммы в карты линеаментов.

Сопоставляя между собой картограммы, построенные лессой можно выделять блоки, которые можно интерпретировать как различные в геологическом отношении территории – сложенные различными породами, с различной новейшей тектонической активностью, тектонические блоки.

Можно полагать, что на сходных в тектоническом и структурно формационном отношении территориях развивается сеть штрихов с близкими, а на различных – с разными параметрами.

Примером отражения в характеристиках сети линеаментов выделенных программой LESSA различных структурно-вещественных комплексов служит сеть линеаментов на участке Южного Предуралья (рис. 11) по фрагменту изображения LANDSAT-7.

На приведенном рисунке отчетливо видны различия статистических характеристик штрихов и линеаментов, распространенных на площадях выхода различных формационных комплексов. Как отчетливо видно при сравнении рисунков д и е они образуют различные сети линеаментов, но в обоих случаях на площади распространения различных структурновещественных комплексов формируются различные сети линеаментов.

Для того чтобы убедиться, что отдешифрированные линеаменты соответствуют объективно существующими в природе объектам, а не являются оптической иллюзией, необходимо проверять их ландшафтную природу. Для ЭТОГО необходимо рассматривать характерных ИХ представителей не как элементы статистической выборки, а как индивидуальные ландшафтные образования.



Рис. 11. Космическое изображение и результаты его обработки программой LESSA; а - космическое изображение LANDSAT-7 и распространенные на территории стуктурно-вещественные комплексы: 1 – терригенная, 2 – смятая в складки переслаивающаяся терригенно – карбонатно - глинистая (флиш и грубая моласса), 3 – карбонатная, б – розыдиаграммы штрихов, в - плотности (интенсивности) штрихов, г – линии удлинения штрихов; д, е – линеаменты и их розы-диаграммы, построенные по рисункам с различным разрешением.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

I. Подготовка изображения (выполняется в программе «Photoshop»)

- 1. Выбрать фрагмент изображения, подлежащий обработке. Открыть изображение в программе «Photoshop»
- 2. Выбрать оптимальный размер изображения. Лучше всего программа работает при числе пикселей примерно 1000Х1000. При отклонении от этого размера более, чем в три раза работать становится чрезвычайно неудобно либо не хватает вычислительных возможностей компьютера, либо изображение делается непредставительным.
- 3. В меню «Изображение» ⇒ режим ⇒ градации серого» убрать цвета. Программа работает при 8 градаций серого.
- 4. Сделать гистограмму максимально широкой В меню «Изображение ⇒ коррекция ⇒ уровни.
- 5. Создать папку и сохранить в ней изображения одинакового размера цветное и градации серого с расширением «**Tiff**».

II. Обработка изображения в программе LESSA

- 1. Обрабатываем изображение в программе, и сохраняем растр следующих файлов: штрихи, глобальная роза.
- 2. Переходим в закладку «вид ⇒ панель показа роз». Вызываем (справа на панели показа роз плотность ⇒ показать обратите внимание на шкалу на верхней панели). Сохраняем (на верхней панели файл ⇒сохранить растр) в приготовленной папке.



Max

Min

- 3. В панели показа роз переходим вниз и аналогично предыдущему вызываем и сохраняем следующие файлы: 1) розы, 2) вектор удлинения, 3) линии удлинения и ортогональные линии.
- 4. Переходим на верхней горизонтальной панели в панель показа линеаментов
 - 1. Переходим в закладку «вид ⇒ панель показа линеаментов».
 - 2. Все направления, порог 50 ⇒показать
 - 3. Регулируя порог выбираем нужный (нужные), ⇒ сохраняем.
 - 4. Ставим флажок на этой же панели на строчке «Показать розу». ⇒ Получаем розу-диаграмму. Сохраняем

III. Оформление графических материалов (выполняется в программе «Photoshop»)

Файлы сохраняются на черном фоне в расширении tiff и линии часто оказываются настолько тонкими, что почти незаметны. Поэтому результат удобно сохранить в виде многослойного файла с , что удобно для интерпретации и при окончательном представлении материала представлять правильно оформленные рисунки (аналогично представленным в данной работе.

Все файлы оформляются сходным образом:

- 1. Открываем изображение.
- 2. Изображение ⇒ коррекция ⇒ инверсия. Фон стал белым, а картинка из красной превратилась в голубую.
- 3. Изображение ⇒ коррекция ⇒ цветовой тон/насыщенность. Движок перемещаем в крайнюю левую позицию и картинка станет красной на белом фоне.
- 4. Если линии представляются Вам слишком тонкими фильтруем изображение. Для этого переходим во вкладку Фильтр ⇒ другие ⇒ минимум. Повторяем эту процедуру пока толщина линий не станет оптимальной. Сохраняем.

Мы можем представлять результат на белом фоне, поместив рядом исходное изображение, или на фоне исходного изображения, сделав фон полупрозрачным.

IV оформление работы. Необходимые рисунки и сопутствующий текст.

- 1. Название, автор, цели, задачи выполнения работы.
- 2. Исходный (начальный) материал. Исходное изображение (можно цветное/псевдоцветное) изображение. Указать его паспортные характеристики, источник, географическое положение, линейный масштаб, число пикселей. Можете привести геологическую, географическую, тектоническую карты этой территории и описать ее ландшафты и геологическое строение (не более 1 абзаца).
- 3. Штрихи и глобальная роза-диаграмма. Указать однородное, или неоднородное поле штрихов. По результатам визуального анализа указать какие элементы ландшафта программа в, основном, опознала как штрихи. Можно проиллюстрировать отдельными фрагментами изображения. Описать розу-диаграмму насколько выражены лучи, сколько их и в каких они ориентированы направлениях.
- 4. Карта плотностей. Указать как распределяются максимумы и минимумы плотностей и каким лементам ландшафта они соответствуют. Есть ли пямолинейные зоны максимальных градиентов (они могут указывать на границу воздымающихся и погружающихся блоков. Где располагаются максимумы и могут ли удлиненные

максимумы соответствовать зонам воздыманий. Описать их

- 5. Картограмма роз-диаграмм и векторов удлинений. Указать, образуются ли кластеры сходных роз (направлений векторов). Если выделяются определить каким частям изображения они соответствуют, и могут ли указывать на блоки, разделенные разломами.
- 6. Линии удлинений могут указывать на однородность/неоднородность поля напряжений. Повороты и перерывы линий указывают либо на ландшафтные помехи, или на блоки с различным тектоническим стилем. Описать их.
- 7. Длинные линеаменты. Они могут соответствовать разломам. Особенный интерес представляют пучки линеаментов. Приведите розудиаграмму линеаментов. Опишите их.
- 8. Составьте, если сумеете обобщенную схему линеаментов и блоков и опишите ее.