

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ФОТОПЛАНОВ. ВЕКТОРИЗАЦИЯ – АНАЛИЗ ЛАНДШАФТНЫХ И ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР

М.В. Щепин

Институт космических исследований РАН
Центр экологии и продуктивности лесов РАН
117997 Москва, Профсоюзная 84/32
E-mails: scepin_m@mail.ru

Представленный метод является одним из ряда методов разработанных и реализованных автором в оригинальном программном продукте, программе анализа изображений аэрокосмических фотопланов ALINA. В статье дано краткое описание метода и представлены результаты применения данного метода при векторизации – анализе ландшафтных и тектонических структур синтезированного изображения многозональной космической съемки.

Введение

Суть метода в векторизации объектов – полилиний границ перепадов яркости, векторизованной структуре изображения, вычислении их характеристик и формировании базы данных векторизованных объектов для последующего анализа. Метод универсален и может быть использован в различных областях связанных с задачей обработки и анализа двумерных изображений. В статье представлены результаты применения данного метода в задаче векторизации ландшафтных и тектонических структур синтезированного изображения многозональной космической съемки, которые могут быть использованы при геологическом и сейсмическом районировании.

Метод векторизации ландшафтных и тектонических структур

Последовательность операций

- Предварительная фильтрация.
- Формирование матрицы градиента яркости.
- Определение – задание пороговых интервалов векторизации.
- Построение роз – диаграмм.
- Формирование матрицы направлений.
- Векторизация линейных объектов.
- Сохранение результатов векторизации в БД.
- Импорт результатов векторизации в ГИС.

Предварительная фильтрация

Массив Q выходного изображения формируется путем дискретной свертки входного поля F и функции скользящего окна – апертуры H .

$$Q(i, j) = F(i, j) \otimes H(i, j) \quad (1)$$

В представленном методе, при предварительной фильтрации изображения, функцией окна является средний член вариационного ряда массива элементов апертуры, числовых значений яркости одной из компонент RGB (медианная фильтрация).

Формирование матрицы градиента яркости

Для выделения границ-перепадов яркости применяются дифференциальные операторы, приводящие к вычислению поля градиента и последующему делению значений градиента на два класса: идентифицирующие границу и фоновые. Для вычисления градиента применяется оператор Превитт [1], предусматривающий использование масок:

$$H_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} \quad H_2 = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \quad (2)$$

Составляющая градиента $A_i(i, j)$ вычисляется сверткой изображения с масками:

$$\begin{aligned} A_1(i, j) &= F(i, j) \otimes H_1(i, j) \\ A_2(i, j) &= F(i, j) \otimes H_2(i, j) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{а градиент } G(i, j) = |A_1(i, j) + A_2(i, j)|. \quad (4)$$

Определение – задание пороговых интервалов векторизации

Однородная структура изображения будет иметь низкие значения градиента, а границы перепадов яркости высокие.

Формирование бинарного изображения границ перепадов яркости осуществляется методом пороговой бинаризации, путем сравнения градиента яркости с пороговыми значениями (*GPR*), если $G(i, j) \geq GPR$ элемент бинарного изображения $B(i, j) = 1$, если $G(i, j) < GPR$ $B(i, j) = 0$.

В программе интервал пороговой бинаризации градиента яркости определяется при интерактивной настройке и задается во входных параметрах.

Построение роз – диаграмм

Ориентировка элементов изображения вычисляется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha(i, j) = \frac{A_2^*(i, j)}{A_1^*(i, j)} \quad (5)$$

где A_1^* , A_2^* – значения составляющих градиента в точке (i, j) .

Массивы значения $A_1^*(i, j)$ и $A_2^*(i, j)$ формируются следующим образом. Выбираются те ячейки с координатами (i, j) , для которых выполняется условие $G(i, j) > GPR$. По координатам (i, j) в матрицах $A_1^*(i, j)$ и $A_2^*(i, j)$ выбираются значения $A_1^*(i, j) = A_1(i, j)$ и $A_2^*(i, j) = A_2(i, j)$.

$$R(\alpha) = \sum_{1}^{m} \sum_{1}^{n} B(\alpha) \quad (6)$$

$R(\alpha)$ – азимутальная функция розы – диаграммы, скользящего окна – апертуры размером $[m, n]$.

Формирование матрицы направлений

Будем считать розу – диаграмму ориентированной в направлении N ($N = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, 179$), если вектор N является биссектрисой заданного интервала круговой развертки розы, содержащего число ориентированных бинарных элементов апертуры, более порогового значения.

В соответствии с (1) произведем дальнейшее преобразование, где в качестве F будем использовать поле сформированной матрицы градиента яркости, а в качестве функции окна H , функцию анализа ориентированности розы – диаграммы. Результатом данного преобразования будет числовой массив Q (матрица направлений), каждый элемент которого $Q(i, j)$ определяет ориентированность розы – диаграммы в точке (i, j) исходного изображения.

Векторизация линейных объектов

После задания входных параметров для трассировки программа по матрице направлений производит трассировку – векторизацию линейных объектов поля градиента яркости исходного изображения.

Сохранение результатов векторизации в БД

Программа формирует базу данных векторизованных объектов, сохраняя в ней вычисленные характеристики (номер, описание траектории, длину, ориентацию, координаты концов) по всем векторизованным объектам.

Данная база данных может быть использована для дальнейших вычислений и анализа.

Импорт результатов векторизации в ГИС

Полученные результаты конвертируются из внутреннего формата БД программы в стандартный векторный формат и импортируются в ГИС.

Далее представлены результаты, три варианта счета программы с разными входными параметрами одного и того же исходного изображения, при построении векторизованных объектов роз-диаграмм, и три варианта счета программы при построении векторизованных линейных объектов.



Рис. 1. Фрагмент фотоплана космической съемки

Синтезированное изображение многозональной космической съемки.

Размер изображения 1947 x 1550 пикселей.

Разрешение 30м.

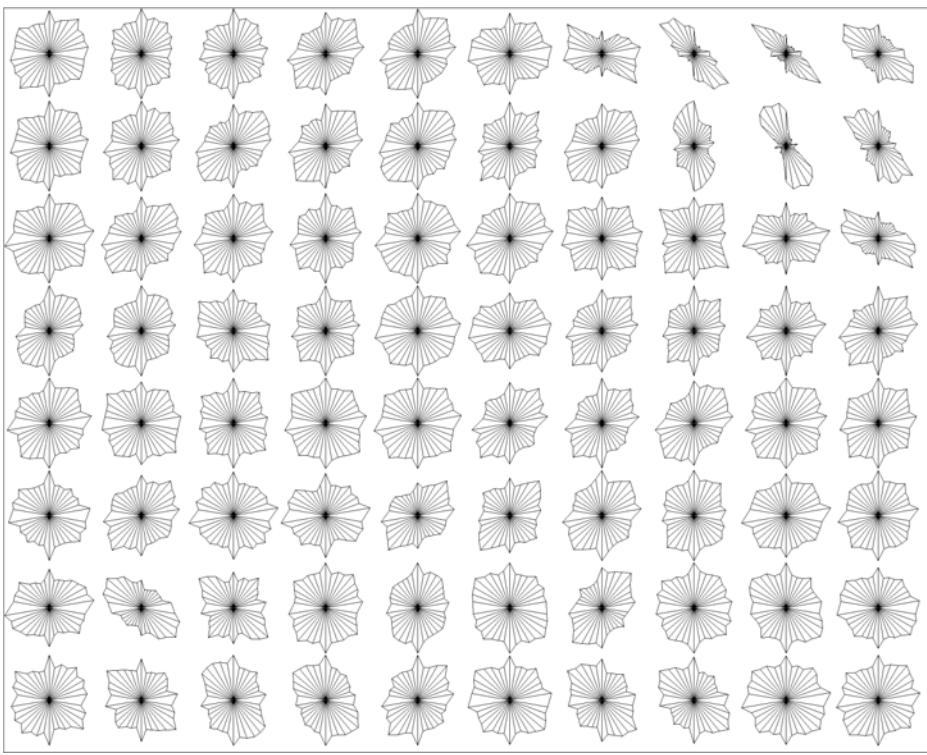


Рис. 2. Векторизованные объекты. Розы – диаграммы

Вариант №1 (Рисунок 2).

Размер сканирующего окна розы 192 x 192 пикселя.

Лепесток розы – 10 градусов.

Программа произвела построение – векторизацию объектов, роз – диаграмм, поля градиента яркости исходного изображения и сохранила полученные результаты в БД.

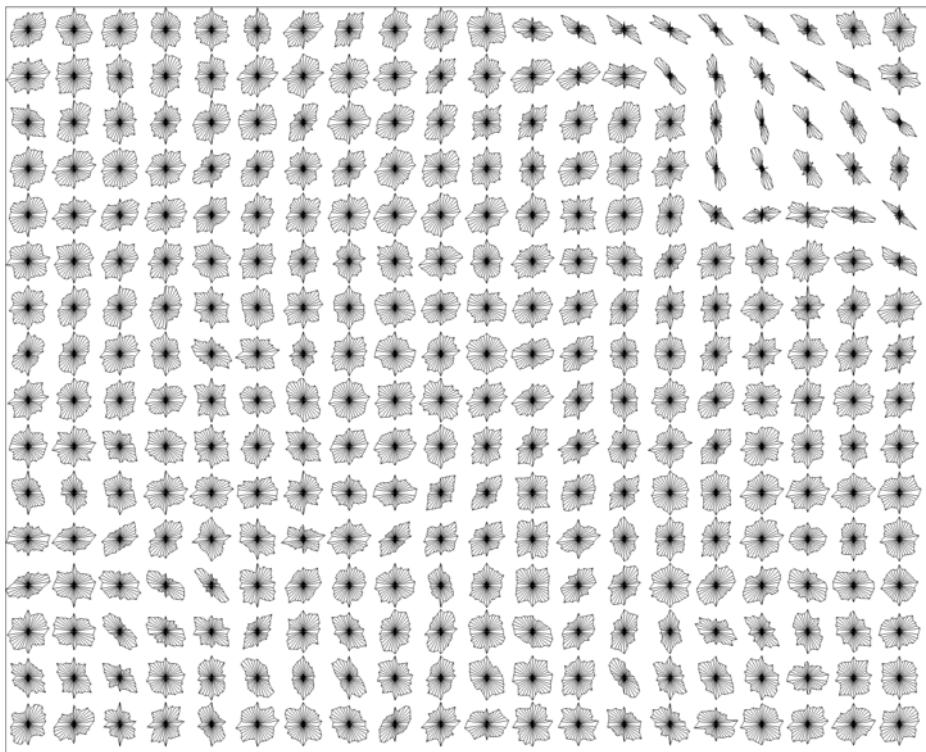


Рис. 3. Векторизованные объекты. Розы – диаграммы

Вариант №2 (Рисунок 3).

Размер сканирующего окна розы 96 x 96 пикселей.

Лепесток розы – 10 градусов.

Программа произвела построение – векторизацию объектов, роз – диаграмм, поля градиента яркости исходного изображения и сохранила полученные результаты в БД.

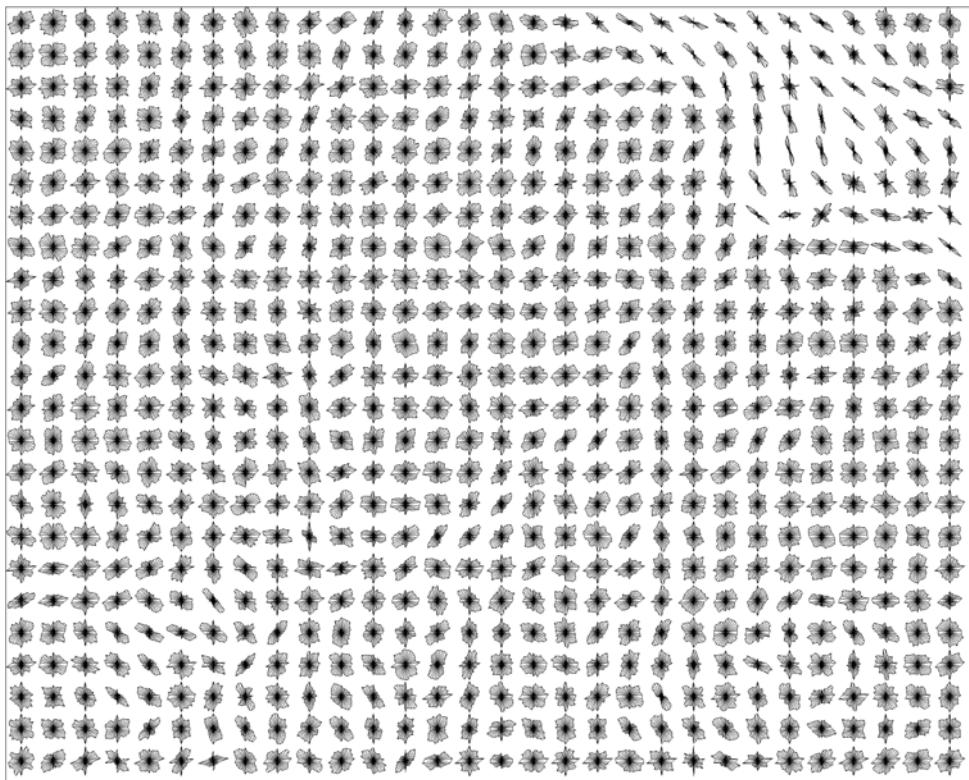


Рис. 4. Векторизованные объекты. Розы – диаграммы

Вариант №3 (Рисунок 4).

Размер сканирующего окна розы 64 x 64 пикселя.

Лепесток розы – 10 градусов.

Программа произвела построение – векторизацию объектов, роз-диаграмм, поля градиента яркости исходного изображения и сохранила полученные результаты в БД.

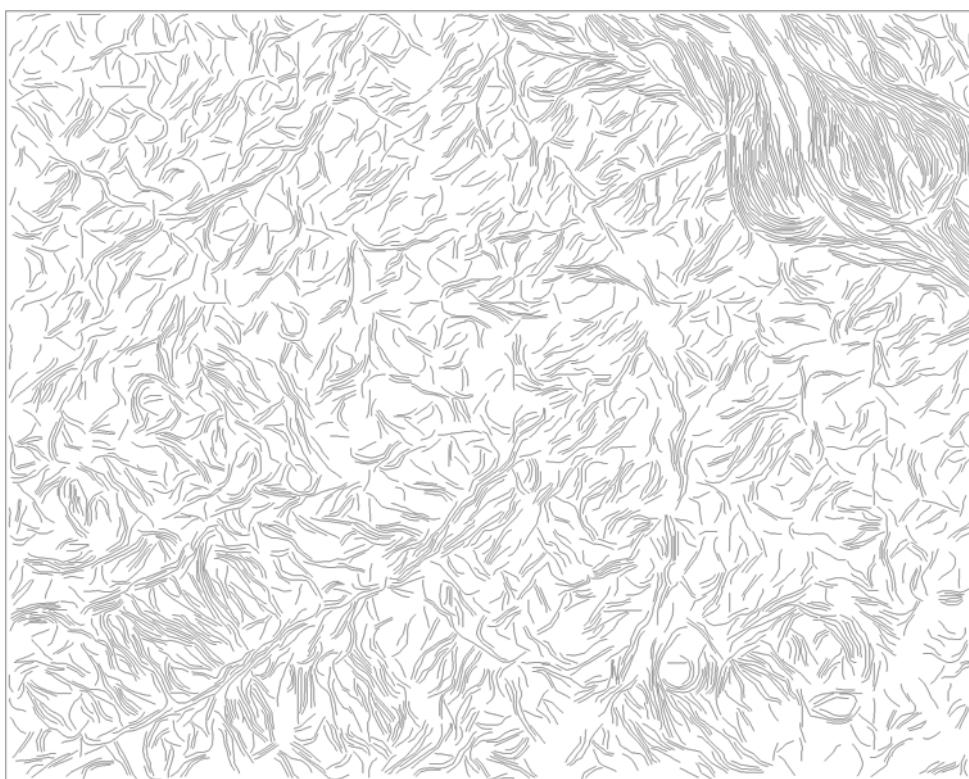


Рис. 5. Векторизованные объекты. Полилинии

Вариант №1 (Рисунок 5). Векторизован 2871 объект.

Длина векторизованных линейных объектов 40 – 800 пикселей.

Суммарная длина 213336 пикселей.

Программа произвела трассировку – векторизацию линейных объектов, поля градиента яркости исходного изображения и сохранила полученные результаты в БД.

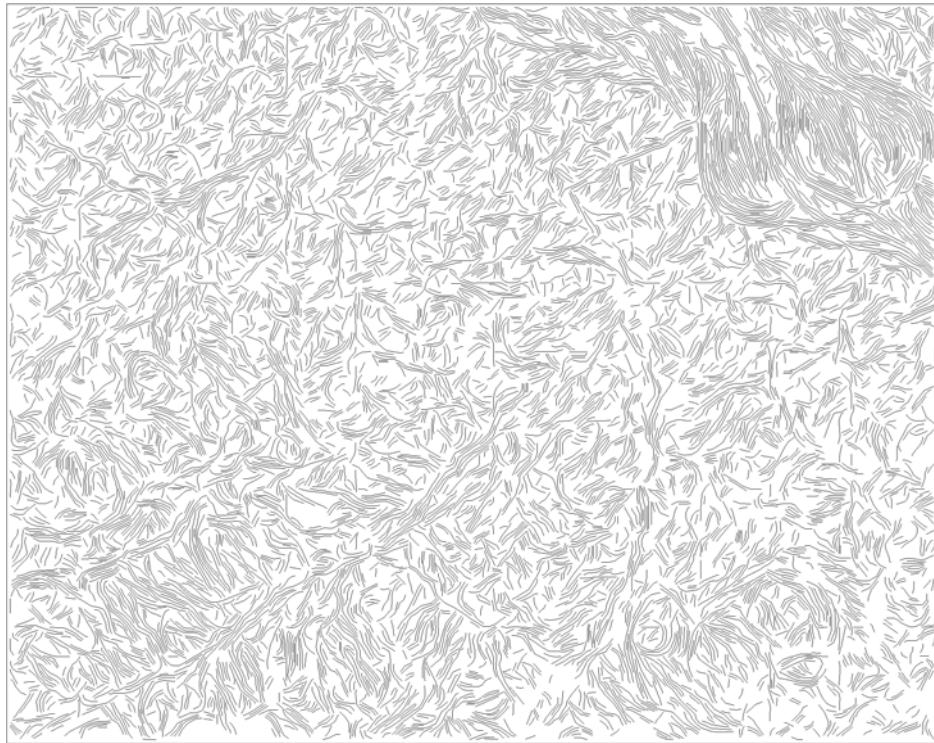


Рис. 6. Векторизованные объекты. Полилинии

Вариант №2 (Рисунок 6). Векторизовано 6077 объектов.

Длина векторизованных линейных объектов 20 – 800 пикселей.

Суммарная длина 294042 пикселя.

Программа произвела трассировку – векторизацию линейных объектов, поля градиента яркости исходного изображения и сохранила полученные результаты в БД.

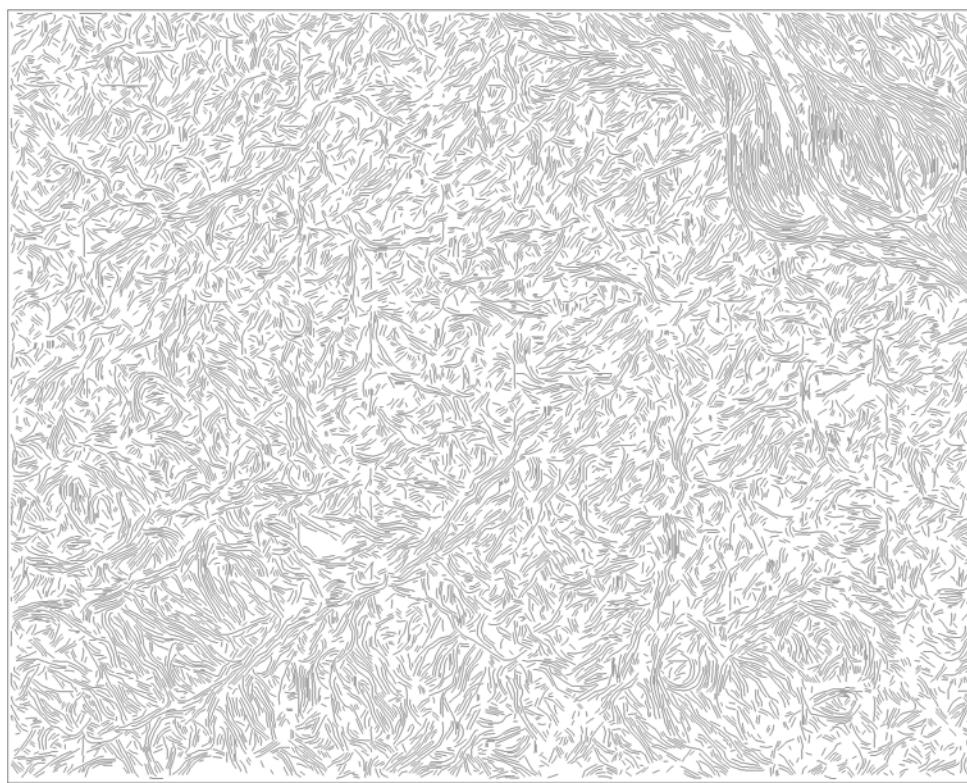


Рис. 7. Векторизованные объекты. Полилинии

Вариант №3 (Рисунок 7). Векторизовано 9422 объекта.

Длина векторизованных линейных объектов 10 – 800 пикселей.

Суммарная длина 338318 пикселяй.

Программа произвела трассировку – векторизацию линейных объектов, поля градиента яркости исходного изображения и сохранила полученные результаты в БД.

Литература

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. В 2-х книгах. Перевод с английского. М., Мир, 1982, Кн. 1 – 312 с., Кн. 2 – 480 с.
2. Можаев Б.Н., Афанасьев Н.Ф. Геоиндикационное моделирование (с использованием аэрокосмических съемок). Ленинград, Изд-во “Недра”, 1984, 245 с.
3. Яншин В.В., Калинин Г.А. Обработка изображений на языке Си на IBM PC. М., Мир, 1994, 240 с.