

Программа ALINA. Метод свернутых роз. Метод геологических исследований и геологического районирования на основе программной обработки аэрокосмических изображений

М.В. Щепин

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

В докладе представлен автоматизированный программный метод векторизации – анализа ландшафтных и геологических структур, реализованный автором в оригинальном программном продукте, программе анализа аэрокосмических изображений ALINA.

Дано описание последовательности технологических операций программной обработки изображений и экспертного анализа полученных результатов, представлены результаты применения данной технологии на тестовом регионе при выявлении кольцевых структур и проведении геологического районирования.

Введение

В геологических и сейсмических исследованиях при анализе изображений аэрокосмических снимков часто используется, так называемый, анализ поля линеаментов, спрямленных участков границ перепадов яркости изображения. В докладе представлен оригинальный автоматизированный программный метод решения подобных задач основанный не на анализе массива векторизованных прямых отрезков – штрихов, а на формировании и последующем анализе матрицы направлений границ перепадов яркости изображения, каждый элемент которой имеет свою ориентацию, определенную функциональной сверткой розы – диаграммы заданной апертуры и соответствует отдельному пикселю исходного изображения. Метод реализован в программе анализа плановых изображений аэрокосмических снимков ALINA (автор и разработчик Михаил Щепин).

Программа ALINA

ALINA Copyright © 2000 – 2006 Михаил Щепин, для Windows 95 - XP

Программа автоматизированного анализа плановых изображений аэрокосмических снимков, позволяет производить обработку и анализ изображений плановых аэрокосмических снимков различного разрешения, как фотографических, так и сканерных, зональных черно-белых и цветных синтезированных, решая широкий спектр, прикладных задач.

- Оригинальные эвристические методы и алгоритмы
- Векторизация объектов, полигональных и линейных
- Классификация и идентификация
- Распознавание образов
- База данных векторизованных объектов
- Импорт результатов векторизации в ГИС

В программе реализован ряд оригинальных, эвристических методов обработки - анализа двумерных изображений позволяющих для каждой конкретной задачи наиболее оптимально формировать алгоритм обработки изображения.

Реализована оригинальная векторизация объектов, полигональных и линейных. Для каждого векторизованного объекта вычисляется отдельная совокупность характеристик, результаты векторизации сохраняются в БД программы, конвертируются в стандартный обменный векторный формат .MID/.MIF и импортируются в ГИС.

Метод свернутых роз

Суть метода в формировании и последующем анализе матрице направлений границ перепадов яркости изображения, каждый элемент которой имеет свою ориентацию и определяется функцией свертки ориентированной розы – диаграммы, заданной апертуры поля градиента яркости изображения.

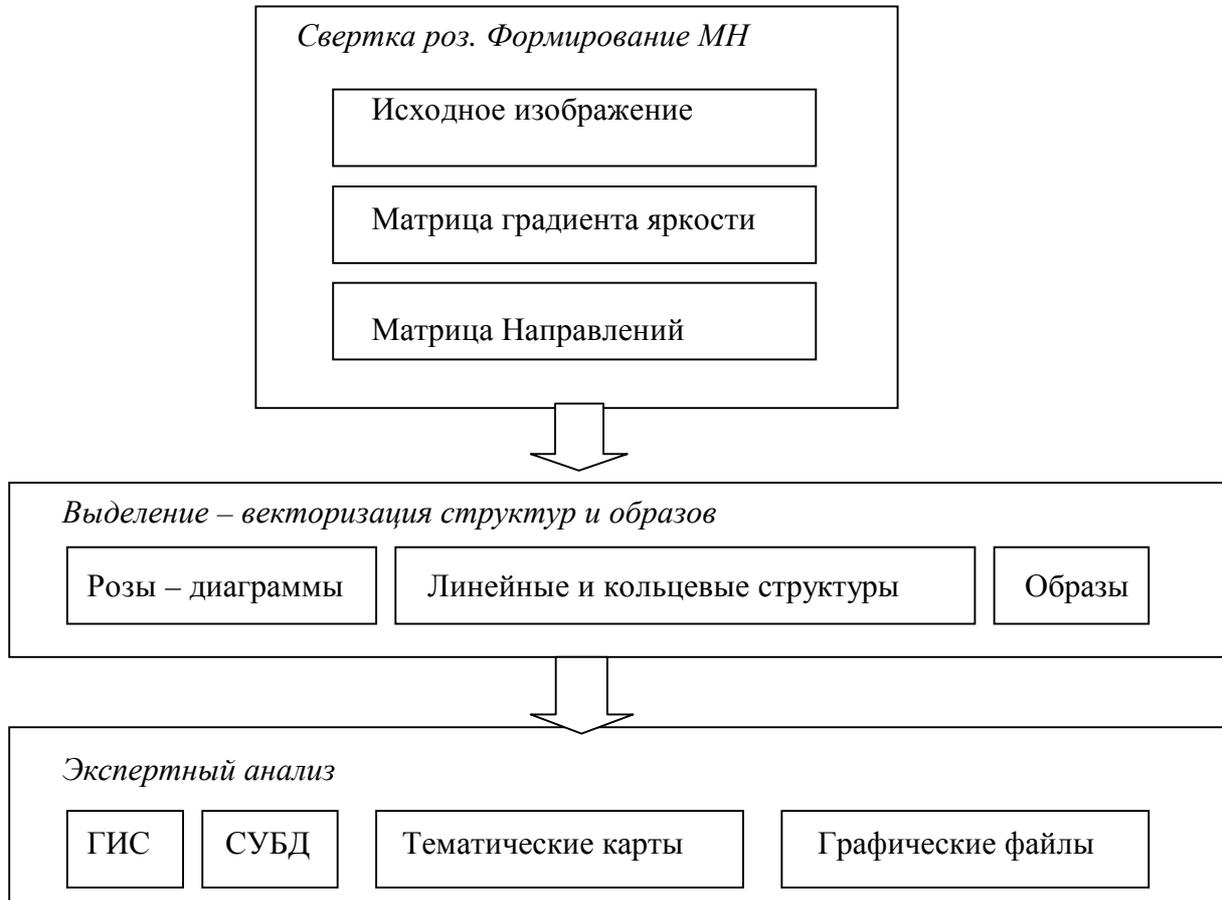


Рис. 1. Блок – схема последовательности технологических операций программной обработки изображений и экспертного анализа результатов векторизации

Алгоритм формирования Матрицы Направлений

Алгоритм формирования Матрицы Направлений содержит следующую последовательность операций:

1. Предварительная фильтрация;
2. Формирование матрицы градиента яркости;
3. Определение – задание пороговых интервалов бинаризации;
4. Построение роз – диаграмм;
5. Свертка роз. Формирование Матрицы Направлений.

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 алгоритме, реализованном в программе ALINA, 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:

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

Составляющая градиента $A_i(i, j)$ вычисляется [2] сверткой изображения с масками:

$$A_1(i, j) = F(i, j) \otimes H_1(i, j) \quad (3)$$

$$A_2(i, j) = F(i, j) \otimes H_2(i, j)$$

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

Определение – задание пороговых интервалов бинаризации

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 [3] по формуле:

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

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 $[m, n]$.

Свертка роз. Формирование Матрицы Направлений

Будем считать розу – диаграмму ориентированной в направлении N ($N = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, 179$), если вектор \bar{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.

Выделение – векторизация структур и образов

Программный анализ Матрицы Направлений – ключевой шаг Метода. По результатам этого анализа производится выделение линейных и кольцевых структур, распознавание образов, трассировка и векторизация выделенных структурных объектов.

В программе ALINA реализовано несколько алгоритмов поиска и выделения радиально-концентрических кольцевых структур и трассировки границ перепадов яркости.

Поиск и выделение кольцевых структур производится в режиме сканирования по Матрице Направлений сканирующего окна, размер которого ограничен окружностью области анализируемой кольцевой структуры. Программа производит вычисление коэффициентов радиальной и концентрических составляющих анализируемой области и при превышении установленного порогового значения идентифицирует область как кольцевую структуру.

Трассировка границ перепадов яркости может быть произведена в любой области Матрицы Направлений разными алгоритмами трассировки.

Экспертный анализ результатов векторизации

Для каждого векторизованного линейного объекта, структуры или образа программа вычисляет отдельную совокупность характеристик, массив совокупных характеристик по всем векторизованным объектам сохраняется в БД программы, конвертируется в стандартный обменный векторный формат .MID/.MIF и импортируется в ГИС.

Для экспресс анализа в программе реализована возможность формирования и сохранения графических файлов формата .BMP, визуализации результатов программной обработки изображения.

Объект исследования

В качестве объекта исследования использовался тестовый участок алмазоносного района Зимний Берег Архангельской области с приложением Исходных данных, векторизованного слоя открытых кимберлитовых труб разведанных месторождений алмазов.

Была поставлена задача, произвести обработку исходного изображения космической съемки объекта исследования программой ALINA, по технологии Метода свернутых роз, выявить области радиально-концентрических кольцевых структур двух рангов ($d = 80$ и $d = 20 - 30$ км) и оценить процент попадания открытых кимберлитов в выделенные области.

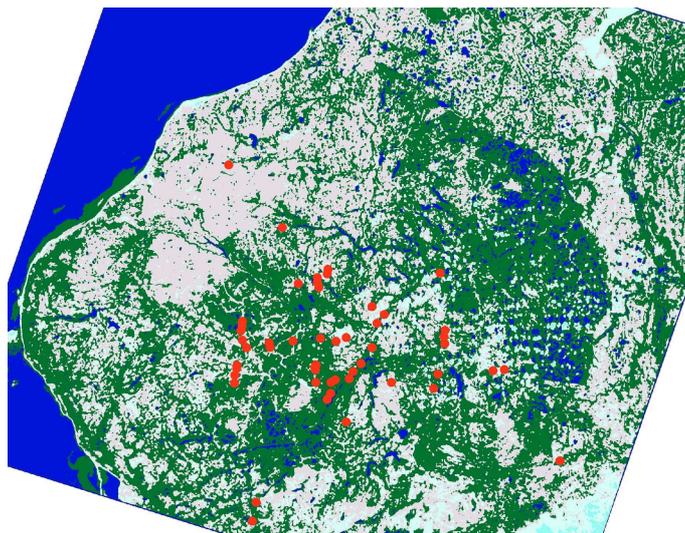


Рис. 2. Тестовый участок алмазоносного района Зимний Берег с обозначением открытых кимберлитовых труб разведанных алмазных месторождений

Работа проводилась совместно с группой доктора геолого-минералогических наук член-корреспондента РАЕН Серокурова Ю.Н.

Использованные материалы космической съемки

Для исследований использовались результаты многозональной космической съемки LANDSAT

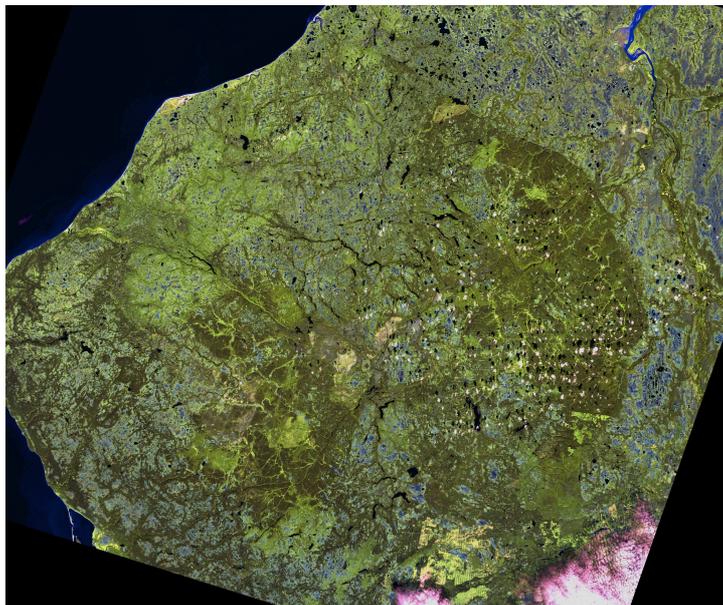


Рис. 3. Фрагмент изображения космической съемки LANDSAT, синтезированное изображение многозональной космической съемки, синтез трех каналов (7,5,3), размер фрагмента изображения 3082 x 2591 пикселей

Результаты исследований

В процессе исследований была произведена программная обработка исходного изображения с использованием технологии Метода свернутых роз, векторизация линейных и кольцевых структур и построение области прогноза алмазных месторождений.

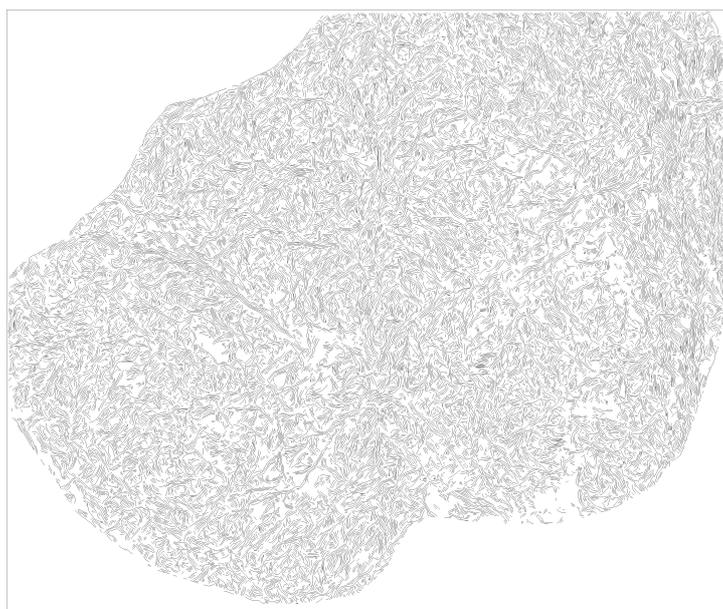


Рис. 4. Векторизованные линейные объекты, границы перепада яркости, векторизовано 19482 объекта, длина векторизованных объектов 10 – 250 пикселей

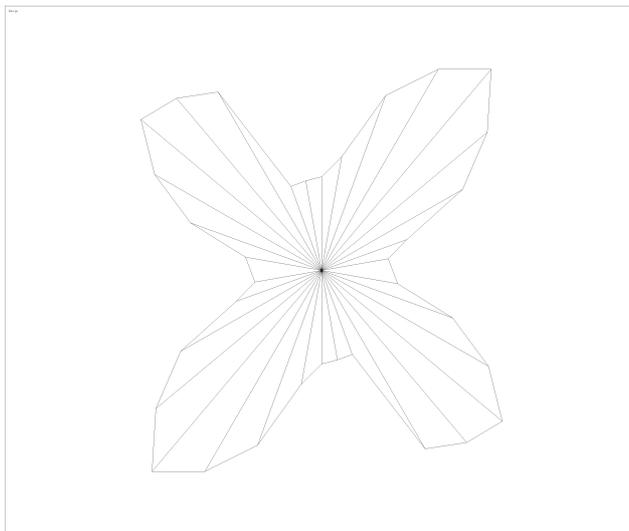


Рис. 5. Роза – диаграмма границ перепада яркости, окно розы 3082 x 2591 пиксель, лепесток розы 10 градусов



Рис. 6. Векторизованные линейные объекты, границы перепада яркости, векторизация в секторе 110 – 170 градусов, векторизовано 6514 объектов длиной 20 – 250 пикселей

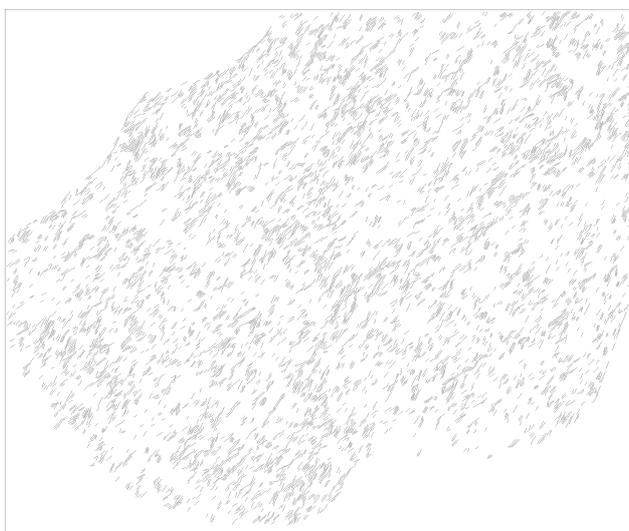


Рис. 7. Векторизованные линейные объекты, границы перепада яркости, векторизация в секторе 30 – 70 градусов, векторизовано 5772 объекта длиной 20 – 250 пикселей

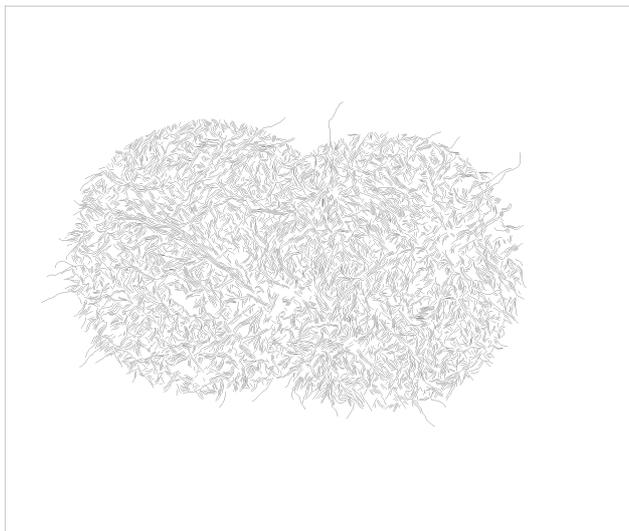


Рис. 8. Векторизованные образы двух выделенных кольцевых структур диаметром 80 км, алгоритм “слепой” трассировки границ перепада яркости

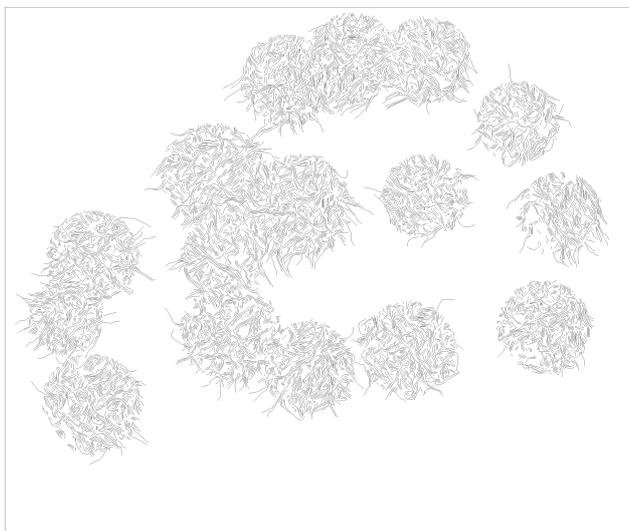


Рис. 9. Векторизованные образы 16-ти выделенных кольцевых структур диаметром 20 – 30 км, алгоритм “слепой” трассировки границ перепада яркости

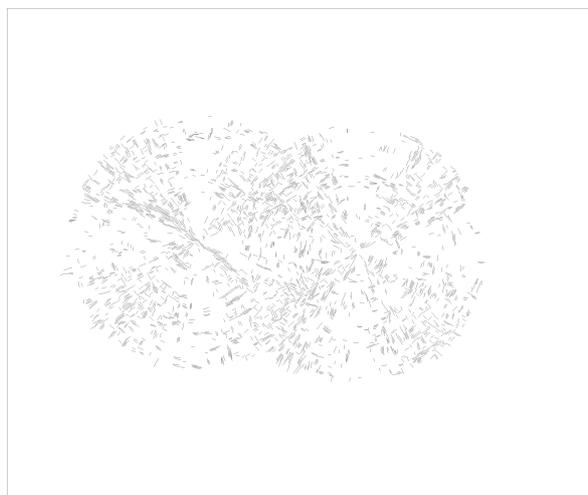


Рис. 10. Векторизованные образы двух выделенных кольцевых структур диаметром 80 км, алгоритм “радиально-концентрической” трассировки границ перепада яркости

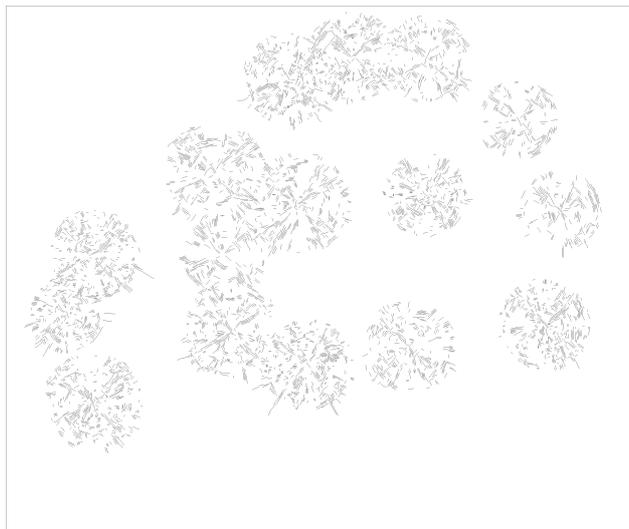


Рис. 11. Векторизованные образы 16-ти выделенных кольцевых структур диаметром 20 – 30 км, алгоритм “радиально-концентрической” трассировки границ перепада яркости

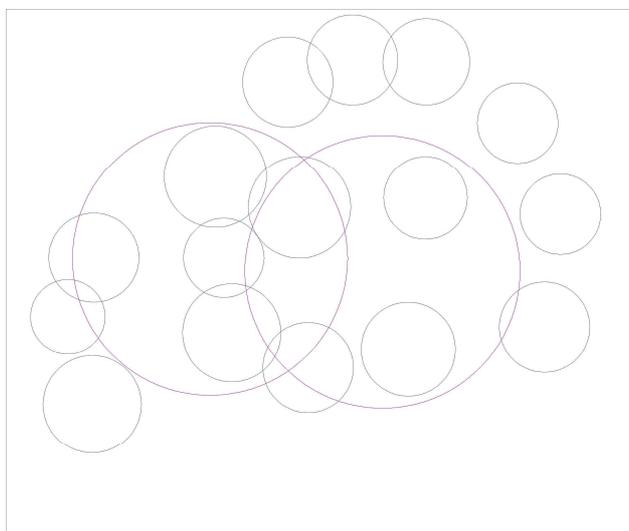


Рис. 12. Векторизованные границы – окружности областей 18-ти выделенных кольцевых структур

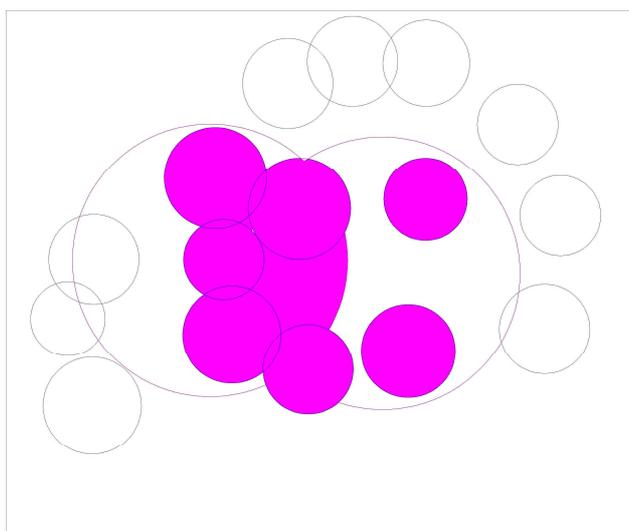


Рис. 13. Область прогноза алмазных месторождений

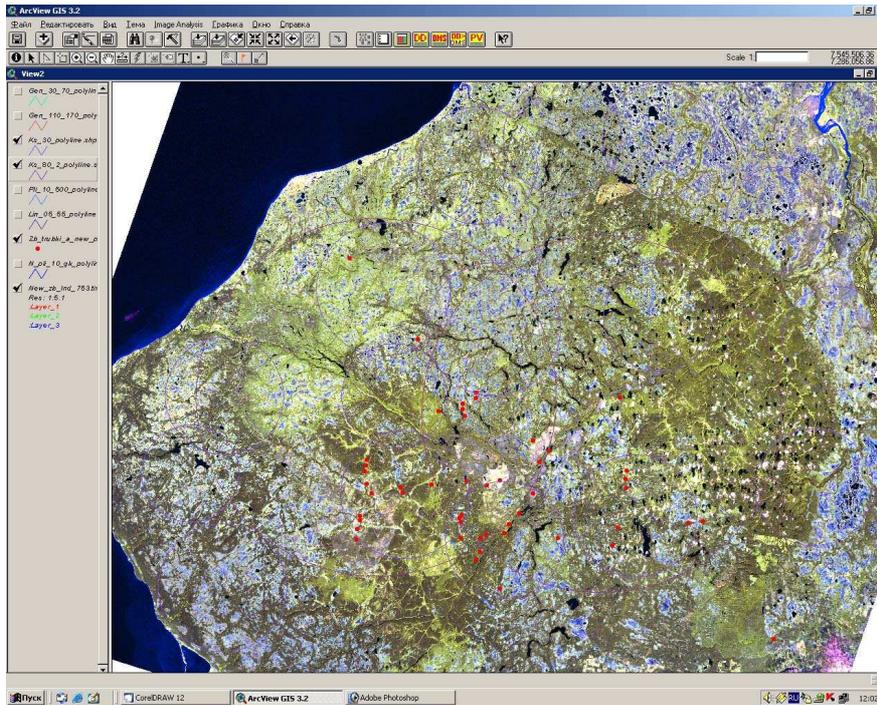


Рис. 14. Тестовый участок исследуемого района с совмещенным векторным слоем открытых кимберлитовых трубок разведанных алмазных месторождений

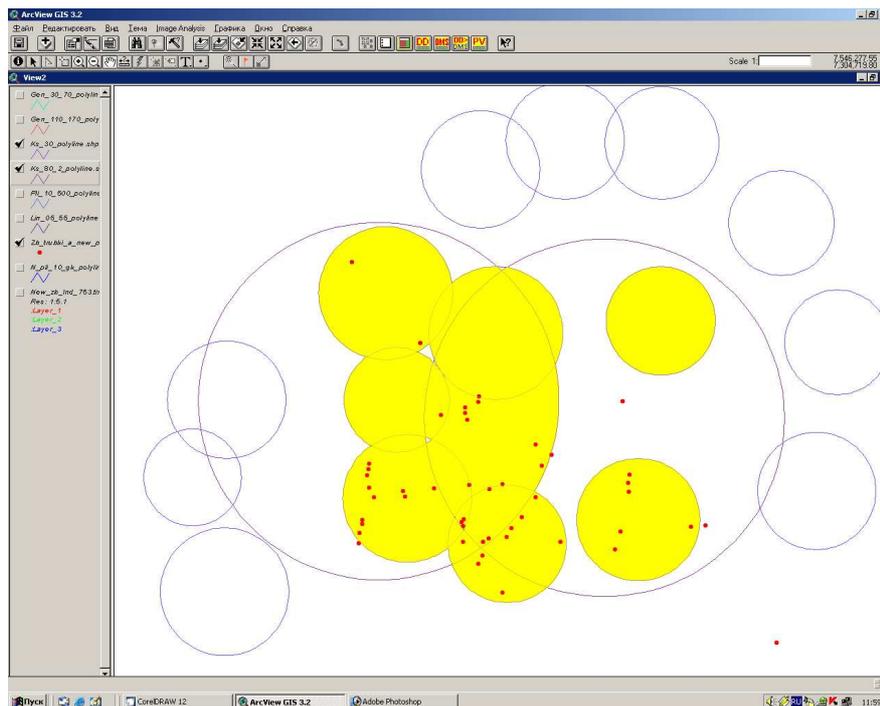


Рис. 15. Область прогноза, полученная с использованием технологии Метода свернутых роз совмещенная с векторным слоем открытых кимберлитовых трубок разведанных месторождений алмазов

Заключение

Автор отдает себе отчет, что для внедрения представленной технологии, и ее успешного применения необходимо тесное сотрудничество с Экспертами в области геологии и готов к этой совместной работе.

Литература

1. *Абду Н.Э., Прэтт У.К.* Количественный расчет детекторов контуров, основанных на подчеркивании перепадов яркости с последующим пороговым ограничением. – ТИИЭР, 1979, т. 67, № 5, с. 59 – 70.
2. *Афанасьев Н.Ф., Лозовская Т.А.* Сегментация изображения по уровням градиента. – В кн. Алгоритмы и программы. Вып. 4 (53). М., 1982, с. 13 – 15.
3. *Афанасьев Н.Ф., Тарасенкова Л.В.* Алгоритм оценки анизотропии поля линеаментов для прогнозирования геологических структур по аэрокосмическим снимкам. ВНИИ геологии им. А.П. Карпинского, Сборник научных трудов, Научн. ред. *Перцов А.В., Слуцкая С.Г.* – ВСЕГЕИ., Л., 1987., с. 40 – 43.
4. *Щепин М.В.* Автоматизированный программный метод анализа изображений аэрокосмических фотопланов. Векторизация – анализ ландшафтных и тектонических структур. ИКИ РАН, Сборник научных статей, Москва, ГРАНП – Полиграф, 2005, том 2, стр. 209 – 214.