

¹Бескровный В.В., канд. техн. наук²Надточий В.И., канд. техн. наук²Бескровная И.А.

ВЫДЕЛЕНИЕ ОТРЕЗКОВ ПРЯМЫХ НА ЦИФРОВЫХ СНИМКАХ НА ОСНОВЕ БИОАЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ЗРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

¹ Государственная научно-производственная корпорация

«Киевский институт автоматики»

²Институт компьютерных технологий

Национального авиационного университета

Предложен подход к повышению эффективности обработки цифровых фотографий на основе прямого использования нейронных механизмов, реализованных в зрительном анализаторе мозга некоторых живых организмов

Введение

Существующие специализированные геоинформационные системы для эффективной работы с цифровыми видеоданными требуют точного представления разнородной информации. Наибольшую трудность при этом представляет преобразование полученной средствами аэрокосмического зондирования информации к наглядному виду, чтобы включить в процесс анализа квалифицированного специалиста. В настоящее время для получения обработанного изображения используются специально разработанные геоинформационные технологии, представленные на сегодня, в основном, в виде экспертных систем с набором алгоритмов предварительной обработки видеоданных.

Однако область применения таких систем сегодня существенно ограничена. Это связано, в первую очередь, с недостаточным развитием технологий обработки первичной информации при решении информационных задач. А кроме того, недостаточно полной формализацией объектов анализа.

Постановка проблемы

Сложность решения задач распознавания и контроля геометрических и физических свойств динамически изменяющихся объектов на земной поверхности определяется тем, что количество инфор-

мации, передаваемых во время одного сеанса связи с искусственного спутника Земли, исчисляется десятками Гбайт. Для извлечения полезной информации необходимо применять различные способы автоматической обработки видеоданных, позволяющие предоставить специалисту набор полезных признаков изображения.

Например, при решении геологических задач, при определении структуры дорожной сети, при контроле состояния трубопроводов одними из наиболее эффективных признаков, которые позволяют выполнять тематическое дешифрирование изображения, являются линеаменты.

Линеаменты – это прямолинейные образования, хорошо отражающиеся на аэро- и космоснимках. На местности им соответствуют зоны измененных пород, ширина которых может изменяться в пределах от нескольких метров до нескольких километров, длина – от десятков до сотен километров [1]. Вопросы привязки оруднения, магматических тел, нефтегазоносных структур в тех или иных регионах к линеаментам определенного простирания и рисунка и их связи со структурами фундамента рассмотрены, например в [2] и многих других работах.

Существуют различные методы выделения линейных фрагментов (линеаментов) на цифровых изображениях местности.

Одним из наиболее эффективных методов выделения линейных фрагментов изображения является преобразование Хо (*Hough-transform*). Это преобразование можно представить как суммирование яркостей точек на контурном изображении вдоль всех возможных направлений отрезков прямых, которые могут присутствовать на изображении. Направления задаются обычно в полярной системе координат. На выходе преобразования получается функция, зависящая от двух аргументов: угла и расстояния. По значениям функции можно определить количество точек, лежащих вдоль определённой прямой линии.

К достоинствам преобразования следует отнести высокую надёжность детектирования прямых линий. Как доказано в работе [3], метод Хо-преобразования позволяет получать состоятельные, несмещенные оценки отрезков прямых в пространстве параметров Хо, которые обладают свойством максимального правдоподобия. К достоинствам метода следует отнести то, что разрывы контурной линии вдоль прямой не оказывают значительного влияния на оценку параметров линии. Одним из вариантов Хо-преобразования изображения является иерархическое преобразование Хо (*Hierarchical Hough Transform*). Суть преобразования изображения в этом случае состоит в том, что изображение делится на квадраты небольшого размера, и для каждого квадрата проводится собственное преобразование Хо. Далее для каждого восьми квадратов, соседствующих с центральным, проводится попытка объединения линии, если отрезки прямых линий не соединяются, то они считаются шумом.

К недостаткам метода следует отнести необходимость проведения операции нахождения бинарных контуров, значительные вычислительные затраты на проведение операции поиска областей пересечения траекторий отдельных точек в многомерном пространстве параметров.

Отметим, что идейно метод иерархического Хо-преобразования близок к биологическому механизму выделения прямых, описанному, например, в [4].

Основная часть

Так как эффективность решения задач выделения линейных фрагментов в зрительном анализаторе живых организмов существенно выше, чем в технической среде, использование технологий, основанных на использовании реальных биологических алгоритмов, является перспективным для применения в современных интеллектуальных системах обработки больших массивов видеоданных.

При этом эффективность применения нейросетевого подхода при обработке данных определяется, прежде всего, близостью используемых вычислительных процедур к способам обработки зрительной информации, прямо выявленных при нейробиологических исследованиях или полученных путем интерпретации их результатов.

На сегодняшний день установлено, что основными способами обработки данных в биологической вычислительной среде являются:

- использование дифференциальных характеристик зрительной картины;
- локальный характер обработки зрительной картины;
- пороговая обработка данных.

На основе применения указанных нейронных способов обработки зрительной картины разработан изложенный ниже алгоритм анализа данных для выявления линейных неоднородностей в кадре изображения. Алгоритм основан на использовании метода шаблонов, который прямо воспроизводит нейронный механизм выделения прямых, существующий в зрительной коре. Отметим, что идейно этот механизм близок к иерархическому преобразованию Хо.

Один из вариантов этого метода был предложен в [5]. Суть предложения состояла в том, чтобы организовать обработку изображения скользящим окном размером 9x9, в котором шаблоны линии

задаются в виде восьми направлений, вдоль которых производится суммирование значений яркости. Однако преобразование отсчетов яркости в пространство параметров X_0 не проводилось, а выполнялась непосредственная визуализация прямых, для которых в окне был получен максимальный отклик. Описанный алгоритм использовался для обработки медицинских рентгеновских изображений, для которых были получены удовлетворительные результаты.

Установлено, что совместное применение методов предварительной обработки и метода шаблона к обработке изображения позволяет выполнить восстановление зашумленных изображений; реконструкцию объектов; обнаружение яркостных перепадов и линий (линеаментов); сегментацию областей.

Однако в результате исследований выяснилось, что эффективность метода шаблонов существенно зависит не только от вариантов предварительной обработки изображений, но и от способа пороговой обработки отсчетов яркостей пикселей на цифровых снимках.

Нами установлено, что для практического применения наиболее эффективной оказалась двухпороговая обработка отсчетов яркости вдоль выбранных направлений с автоматическим определением порога по дифференциальному контрасту и эмпирическим определением порога, по количеству пикселей изображения, яркость которых превышает локальный дифференциальный контраст в выбранной области изображения.

Суть алгоритма в этом случае состоит в следующем.

1. На цифровом снимке размерностью $m \times n$ задается матрица L_k яркостей изображения размером 9×9 с начальным положением центрального пикселя окна l_{ij} , $i_0 = 5$, $j_0 = 5$.

$$L_k = \begin{matrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{19} \\ l_{21} & l_{22} & \dots & l_{29} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{91} & l_{92} & \dots & l_{99} \end{matrix}$$

2. Из элементов матрицы формируются шаблоны, определяющие направления суммирования отсчетов яркости.

$$S_1 = l_{51} + l_{52} + l_{53} + l_{54} + l_{55} + l_{56} + l_{57} + l_{58} + l_{59}$$

$$S_2 = l_{15} + l_{25} + l_{35} + l_{45} + l_{55} + l_{65} + l_{75} + l_{85} + l_{95}$$

$$S_3 = l_{11} + l_{22} + l_{33} + l_{44} + l_{55} + l_{66} + l_{77} + l_{88} + l_{99}$$

$$S_4 = l_{91} + l_{82} + l_{73} + l_{64} + l_{55} + l_{46} + l_{37} + l_{28} + l_{19}$$

$$S_5 = l_{31} + l_{24} + l_{43} + l_{54} + l_{55} + l_{66} + l_{67} + l_{78} + l_{79}$$

$$S_6 = l_{13} + l_{24} + l_{34} + l_{45} + l_{55} + l_{66} + l_{76} + l_{87} + l_{97}$$

$$S_7 = l_{17} + l_{26} + l_{36} + l_{45} + l_{55} + l_{65} + l_{74} + l_{83} + l_{93}$$

$$S_8 = l_{71} + l_{72} + l_{63} + l_{64} + l_{55} + l_{65} + l_{74} + l_{83} + l_{93}$$

3. Выполняется скольжение окна L_k по всему полю изображения

$$i + i_0 + 1, \quad j = j_0 + 1, \quad \text{для } i = 5 \dots n - 5,$$

и

$$j = 5 \dots m - 5.$$

4. На каждом шаге скольжения для сумм $S_1 \dots S_8$ проводится операция выделения максимума

$$S_t = \max \{S_1 \dots S_8\}.$$

Если в окне не существует максимума или присутствуют два и более максимума, то выполняется переход к следующему окну, в противном случае выполняется п. 5.

5. Для элементов выбранного направления S_t проводится двухпороговая обработка следующим образом.

На первом этапе порог определяется в виде суммы среднеарифметической яркости окна L и дифференциального контраста пикселя выбранного направления:

$$Th_1 = (l_{11} + l_{12} + \dots + l_{99}) / 81 + (l_{ts} - \min\{Mask\}),$$

где $Mask$ – окно размерностью 3×3 , расположенное вокруг пикселя l_{ts} .

Если $l_{ts} > Th_1$, то для счетчика N выполняется операция $N = N + 1$.

Затем, если в результате обработки направления S_t выполняется условие $N > Th_2$, то линия S_t выделяется определенным цветовым тоном на снимке.

Выводы

В результате экспериментальных исследований описанного в статье алгоритма, представленных, например, на рисунке, установлено, что наблюдается достаточно высокая эффективность выделения линейных фрагментов на слабоконтрастных и зашумленных цифровых

изображениях, полученных средствами аэрокосмического зондирования земной поверхности. Заметим, что большая часть выделенных в результате применения описанного алгоритма линеаментов не обнаруживаются оператором на исходном снимке.

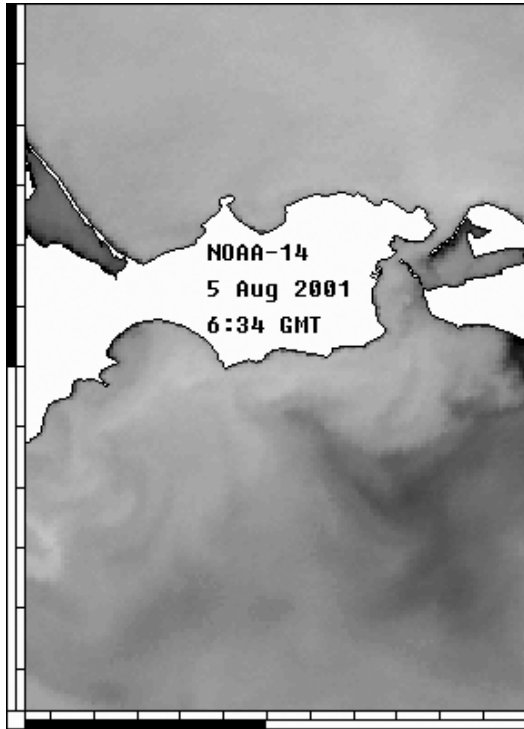


Рис.

- а) снимок Керченского шельфа спутника NOAA-14 5 августа 2004 года;
 б) результат обработки снимка программой выделения линеаментов.

Список литературы

1. Андроников. В.Л. Аэрокосмические методы изучения почв. – М.: Колос, 1979. – 340 с.
2. Гридин В.И., Гак Е.З. Физико-геологическое моделирование природных явлений. – М.: Наука, 1994. – 204 с.
3. Донченко В.С., Кириченко Н.Ф. Быстрое преобразование Хока и псевдообращение // Пробл. упр. и информатики. – К.: ИКИ НАН Украины, 2002. – №2. – С. 115–125.
4. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 240 с.
5. Демидов А.А., Ковтун А.Д., Макаров Ю.М., Садунова Л.Б., Толстикова Л.А. Алгоритм автоматизированного прослеживания контура объекта на изображении

// Автометрия. – Новосибир.: СО РАН, 1993. – № 5. – С. 84–92.