

Особенности определения направления естественных объектов и текстур по растровым дистанционным данным

А.А. Златопольский

Институт космических исследований РАН

117997 Москва, Профсоюзная, 84/32

E-mail: zlatopolsky@mtu-net.ru

При измерении естественных объектов важно учитывать следующие особенности - их иерархичность и криволинейность контуров. Для аккуратного измерения направления естественных объектов по растровым дистанционным данным необходимо адекватно выбрать область измерения. Кроме того, разрешение при создании растра должно быть достаточным для получения требуемой точности. При измерении направления текстуры важно также правильно выбрать размер окна расчета. Оно должно соответствовать размеру искомым структур, но быть не слишком большим, относительно размера элементов текстуры. В статье приводятся соотношения, которые помогут выбрать все эти размеры и пример измерения направления текстуры цифровой модели рельефа.

Измерение направления естественных объектов

Иногда представляется, что достаточно получить дистанционные данные высокого разрешения, чтобы получить точные измерения. Однако, при измерении параметров естественных объектов, и в частности, при измерении направления есть достаточно серьезные проблемы, которые остаются и при высоком разрешении. Для того, чтобы получить адекватные результаты нужно учитывать ряд условий. Часть из них технологические, связаны с процессом вычисления, и их можно определить априорно, а другая часть связана со смыслом того, что измеряется, с выбором объекта измерения. И вот эти, вторые, ограничения необходимо устанавливать в каждой конкретной ситуации, для конкретной задачи и согласовывать с ограничениями первого типа.

Особенность естественных объектов состоит в том, что они, во-первых, как правило, входят в иерархию (состоят из более мелких структур и сами входят в более крупные), а во-вторых, имеют криволинейные контура. Направление кривой определяется в некоторой области вокруг точки измерения. При строгом математическом определении, размер этой области должен стремиться к 0, а нас будет интересовать, как правильно выбрать этот размер на практике, учитывая, иерархичность объектов измерения. Пока речь идет об иерархичности, имеется в виду размер области измерения на местности (в метрах). Но при измерении на растре важен и размер этой области на изображении в пикселях.

Поскольку нас интересуют размеры, структура, геометрия дальнейший анализ относится не только к изображению, но и к другим растровым данным, например, к цифровым моделям рельефа.

1. Нужно выбрать такой размер области измерения (в метрах), чтобы измерялись интересующие нас объекты, а не их мелкие детали или более мелкие структуры. И в то же время не должно быть излишней генерализации. Например, если мы измеряем направление реки, то с помощью области одного размера, можно получить направление речной долины, а в меньшей области - ортогональное направление меандров русла. Другой пример - измерение направления границы вырубки. При слишком малом окне измеряется направление краев отдельных крон, а это уже измерение другого объекта. Таким образом, приступая к измерениям, необходимо определить, что именно является объектом измерения, при каком размере области измерения происходит переход к измерению более мелких образований, при каком размере нужный объект теряется и выбрать промежуточную величину, D .

2. Когда размер области в метрах задан, исходя из требуемой точности измерения, определим необходимое разрешение. Чтобы измерить направление с заданной точностью размер дискретной области измерения (в пикселях) должен быть не меньше некоторой минимальной величины – об-

ласть меньшего размера в принципе не может обеспечить требуемой точности. С другой стороны, нет смысла требовать слишком высокой точности измерения направления для «неточных» естественных объектов. В результате, можно ориентироваться на соотношение

$$M > 2/\sin(a)$$

M – размер области (в пикселях).

a – требуемая точность измерения направления.

Практически нужно выбирать M в 2 – 4 раза больше. Избыточно большое окно бесполезно. Чтобы получить такую область требуется разрешение M/D .

Таким образом, выбрав размер D и нужное разрешение, можно одновременно выполнить и вычислительные и «смысловые» условия аккуратного измерения направления контура объекта.

Измерение ориентационных характеристик текстуры

Теперь рассмотрим измерение ориентационных характеристик группы объектов, составляющих текстуру фрагмента изображения. Важно грамотно выбрать размер окна в котором происходит измерение в метрах, DD , и в пикселях, MM , $DD/MM=D/M$. И в этом случае необходимо учесть два типа условий.

3. Оценим минимальный размер областей однородной текстуры, которые мы хотим выявить. Для того чтобы не потерять эти области, нужно задать DD меньше минимальной ширины областей, желательно в 2 – 3 раза.

4. Для получения адекватных результатов измерения, необходимо учитывать соотношение размера этого окна с размером области измерения исходных объектов, DD/D . Если это соотношение мало, то результат измерения может определяться свойствами одного объекта в окне. А если это соотношение велико, то выявляются только самые общие характеристики, подробности стираются, усредняются. Практика показала, что предпочтительно отношение DD/D в диапазоне 5 – 10, хотя самую общую характеристику текстуры – среднее направление ее вытянутости – можно получить и при существенно большем отношении.

Таким образом, выбирая величину DD , нужно постараться одновременно удовлетворить требованиям 3 и 4. В первую очередь, условие 4 выступает как ограничение снизу $DD > 2*D$, а условие 3 – как ограничение сверху. Если соотношение DD/D оказывается слишком малым, то можно вернуться к выбору величины первичных объектов (D). При текстурном анализе, нужно учитывать и то, что мелкие объекты более многочисленны и именно их характеристики определяют свойства фрагмента, даже если и более крупные объекты выявляются и участвуют в расчете. Например, вклад направлений многочисленных боковых хребтов больше чем вклад основного хребта.

На одной территории часто присутствуют разные первичные объекты, а кроме того, могут интересовать текстурные области существенно разного размера. Поэтому полезно проделать несколько измерений на одном изображении с разными параметрами D и DD .

Пример измерения ориентационных характеристик ЦМР

Рассмотрим пример измерения ориентационных характеристик текстуры с помощью программы линеаментного анализа LESSA. Эта программа оценивает направление границ первичных объектов, а затем рассчитывает суммарную длину границ каждого направления в скользящем окне. Результат расчета представляется в виде роз-диаграмм (гистограмм распределения по направлению в полярных координатах). Одна из основных характеристик розы-диаграммы – направление ее вытянутости (если роза-диаграмма не круглая и не крестообразная, и есть такое среднее направление). Чтобы наглядно отразить распределение направления вытянутости по анализируемой территории, вдоль направления вытянутости роз-диаграмм строятся линии вытянутости.

В предлагаемом примере ориентационные характеристики рисунка рассчитаны по цифровой модели рельефа на территорию Калужской области. Размер участка - 260*260 км. Нас интересуют

крупные структуры, примерно, от 1/5 размера участка, т.е. шириной около 50 – 100 км. Использовано окно статистического расчета диаметром в 2 – 3 раза меньше ($DD=34.56$ км). Если не известно в текстурных элементах какого именно размера проявляются структуры этой территории, то важно поработать с разными размерами. В этом примере направление первичных объектов измерялось в окрестностях размером (D) 1.35 км, 2.7 км, 5.4 км, 10.8 км. (Отметим, что при этом меняется и соотношение DD/D - 25.6, 12.8, 6.4, 3.2).

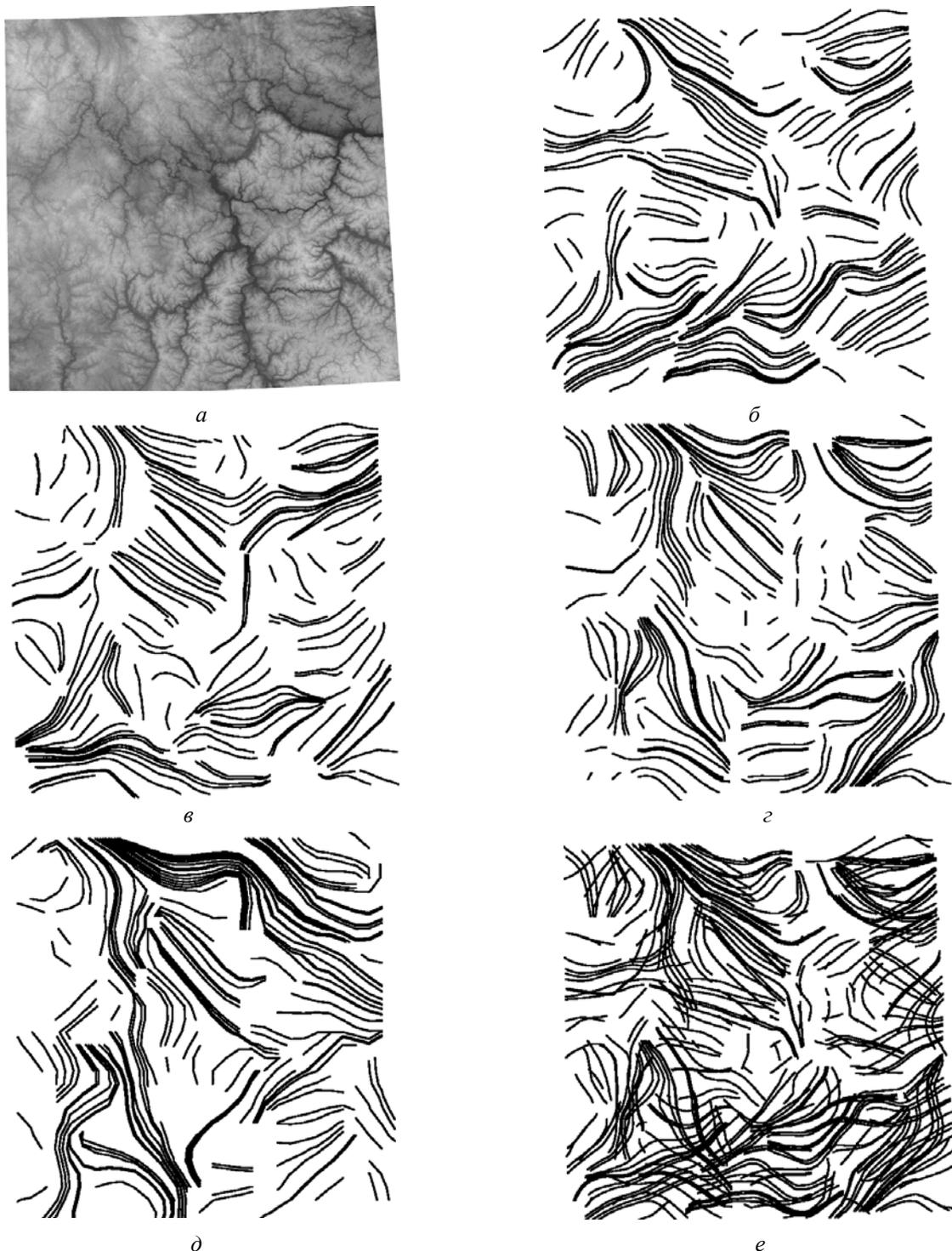


Рис.1. Пример ориентационных характеристик текстуры ЦМР.
 а - Изображение ЦМР; б - Линии вытянутости, окно 256; в - Линии вытянутости, окно 128;
 г - Линии вытянутости, окно 64; д - Линии вытянутости, окно 32; е - Линии вытянутости,
 окно 256 + Линии вытянутости, окно 64

Направление первичных объектов измерялось с точностью в 22.5 градуса, т.е. нужна область измерения на изображении больше чем $2/\sin(22.5) = 5.2$. Использована область измерения диаметром $M=10$ пикселей. Для каждого размера области измерения на местности, D , разрешение выбиралось специально, так, чтобы размер области на изображении, M , не менялся.

На рис. 1а представлено изображение анализируемой ЦМР, и ее фрагмент на рис. 2а. По ЦМР выявляются хребты и долины, определяются их направление, и в скользящем окне рассчитываются розы-диаграммы, при $D=1.35$ и при $D=5.4$ (рис. 2б). Розы по более многочисленным мелким элементам текстуры ($D=1.35$, $DD/D=25.6$) гораздо более округлы, их особенности выражены хуже. Определялась вытянутость роз и строились линии вытянутости (рис. 2в при $D=1.35$, и рис. 2г при $D=5.4$). Специально выбран такой фрагмент ЦМР, где направление вытянутости мелкого и крупного рисунка ортогональны. При $D=5.4$ основной вклад в розы-диаграммы дают крупные притоки (рис. 2д), а при $D=1.35$ – более мелкие ортогональные притоки.

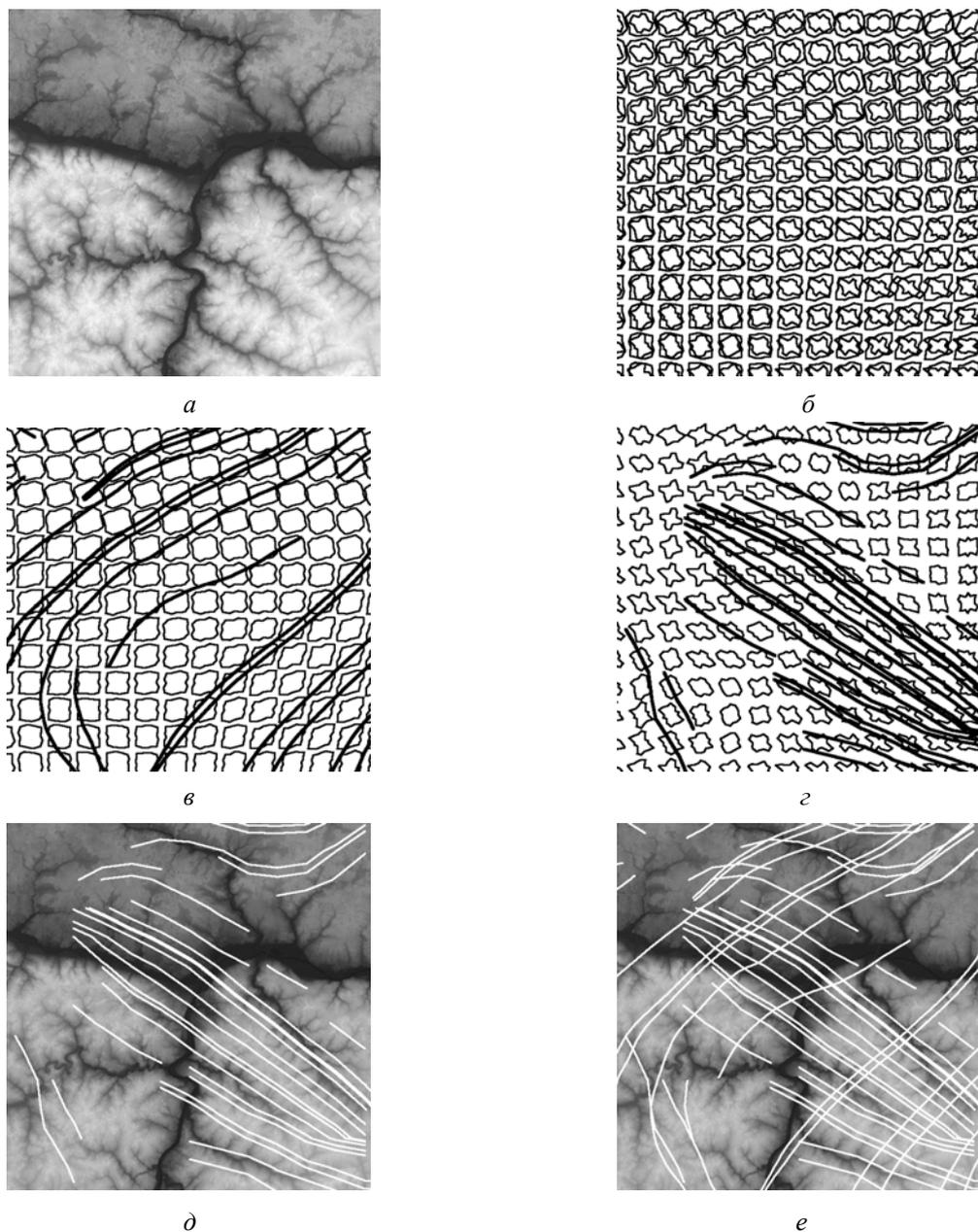


Рис. 2. Пример ориентационных характеристик текстуры фрагмента ЦМР.
 а - Фрагмент изображения ЦМР; б – Розы-диаграммы, рассчитанные по хребтам и долинам, окно 64 и окно 256; в – Линии вытянутости + розы, окно 256; г – Линии вытянутости + розы, окно 64; д – Линии вытянутости, окно 64 + ЦМР

В некоторых частях рассматриваемой территории у рисунка разного масштаба среднее направление различно - вплоть до ортогонального (как во фрагменте, на рис 2), но по большей части среднее направление сохраняется. Это отражают линии вытянутости рассчитанные по элементам текстуры разного размера (для D 1.35 2.7 5.4 и 10.8 км) на рисунках 1б – 1д, соответственно. Особенно постоянен ход линий вытянутости на юго-востоке и северо-северо-западе. Для удобства сравнения наложим линии вытянутости, при $D=1.35$ и при $D=5.4$ (рис. 1е).

Сопоставим ход линий вытянутости с известными геологическими структурами, которые показаны на рис.3а. Важнейшие глубинные разломы отмечены толстой сплошной линией (региональные разломы неустановленного типа в фундаменте платформ, частично проникающие в чехол - толстая пунктирная линия; региональные разломы неустановленного типа в фундаменте платформ - остальные). Эти разломы очень наглядно проявлены, как границы областей с разным направлением вытянутости текстуры, а иногда, кроме того, пучки линий вытянутости четко идут вдоль структур. Участок разлома, помеченный цифрой 1, явно отражен в линиях вытянутости для текстур всех рассмотренных масштабов. Чтобы показать это, наложим рисунок геологических структур на линии вытянутости, при $D=1.35$ (рис. 3б) и при $D=5.4$ (рис. 3в). Участок 3 отражен только в мелких элементах текстуры ($D = 1.35$), а участок 2, напротив, ярко выражен в крупных элементах текстуры ($D > 2.7$). Есть и яркие особенности ориентационных свойств текстуры (2 вертикальные и 1 горизонтальная), которые не совпадают с известными, в данный момент, разломами.

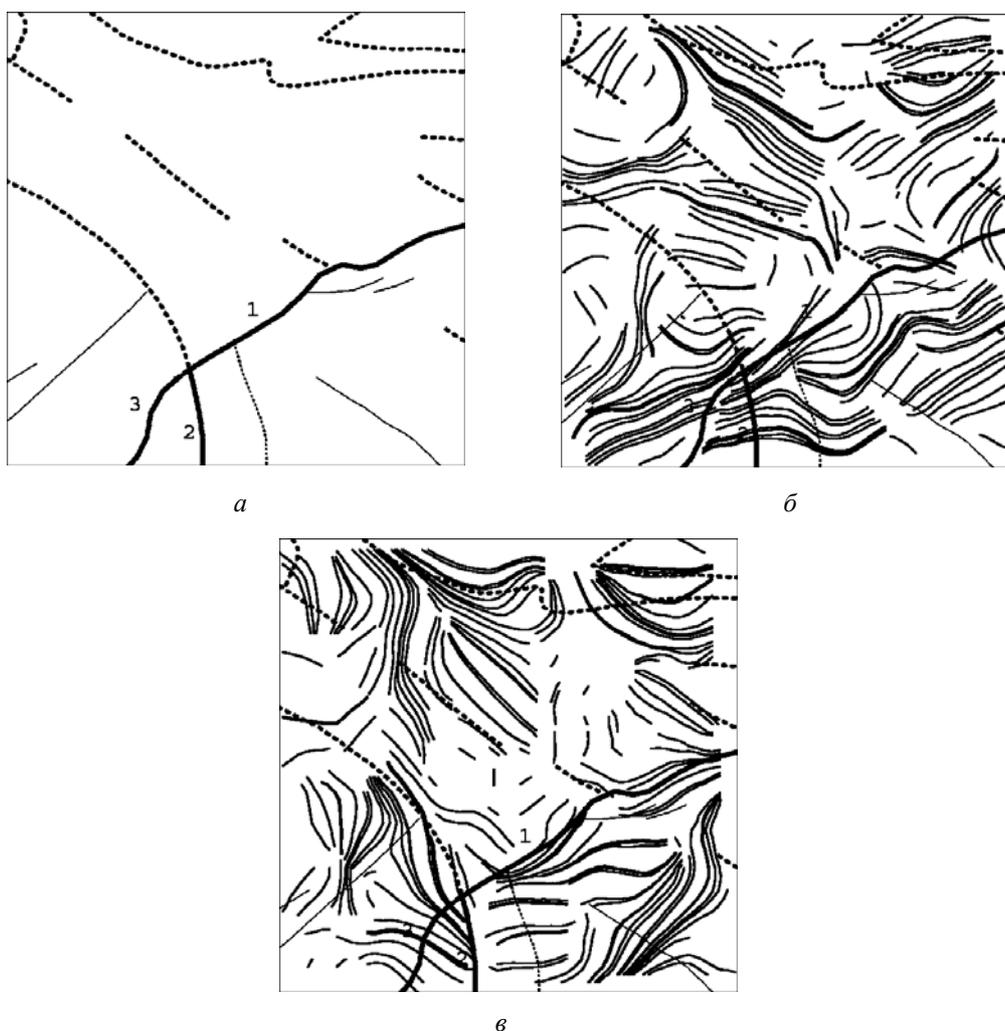


Рис.3. Сопоставление линий вытянутости с известными геологическими структурами.
 а - Геоструктуры; б - Геоструктуры + Линии вытянутости, окно 25б;
 в - Геоструктуры + Линии вытянутости, окно б4