

## МЕТОД ОЦЕНКИ НЕОДНОРОДНОСТИ РЕЛЬЕФА ВЫДЕЛЕННОЙ ОБЛАСТИ

© 2013 г. А. И. Иоффе

Геологический институт РАН, Москва

E-mail: ai.ioffe39@gmail.com

Поступила в редакцию 20.09.2013 г.

Предлагается новый параметр и простой альтернативный метод оценки неоднородности поверхности с использованием цифровых моделей рельефа. Этот метод может быть полезен для интегральной характеристики выделенной области и позволяет проводить количественное сравнение различных областей поверхности.

**Ключевые слова:** неоднородности поверхности, цифровая модель рельефа, геоморфологические структуры

DOI: 10.7868/S0205961413020048

Широкое распространение цифровых моделей рельефа (ЦМР) поверхности Земли позволяет проводить количественную оценку и использовать полученные данные для описания различных участков поверхности.

Попытки количественного описания неоднородности рельефа уже имели место. Так, Райли с соавторами (Riley et al., 1999) предложили ввести локальный топографический индекс расчлененности (ТИР). В работах (Grohmann et al., 2011; Glenn et al., 2006; Hofer et al., 2008) предложены другие подходы к оценке локальной неоднородности рельефа.

Мы предлагаем некоторый простой альтернативный метод оценки неоднородности рельефа, который может быть полезен для интегральной характеристики выделенной области и который позволяет проводить количественное сравнение различных областей поверхности.

Для оценки неоднородности рельефа некоторой области мы предлагаем использовать величину

$$IOR = n/N,$$

где  $n$  — число локальных максимумов рельефа в исследуемой области, а  $N$  — общее число элементов матрицы ЦМР, покрывающей эту область.

При этом мы имеем в виду следующее.

Рассматриваемой области соответствует матрица значений высот, определяемая соответствующей ЦМР

$$h_{ij} (1 \leq i \leq c, 1 \leq j \leq r),$$

где  $c$  — количество столбцов,  $r$  — количество строк матрицы ЦМР).

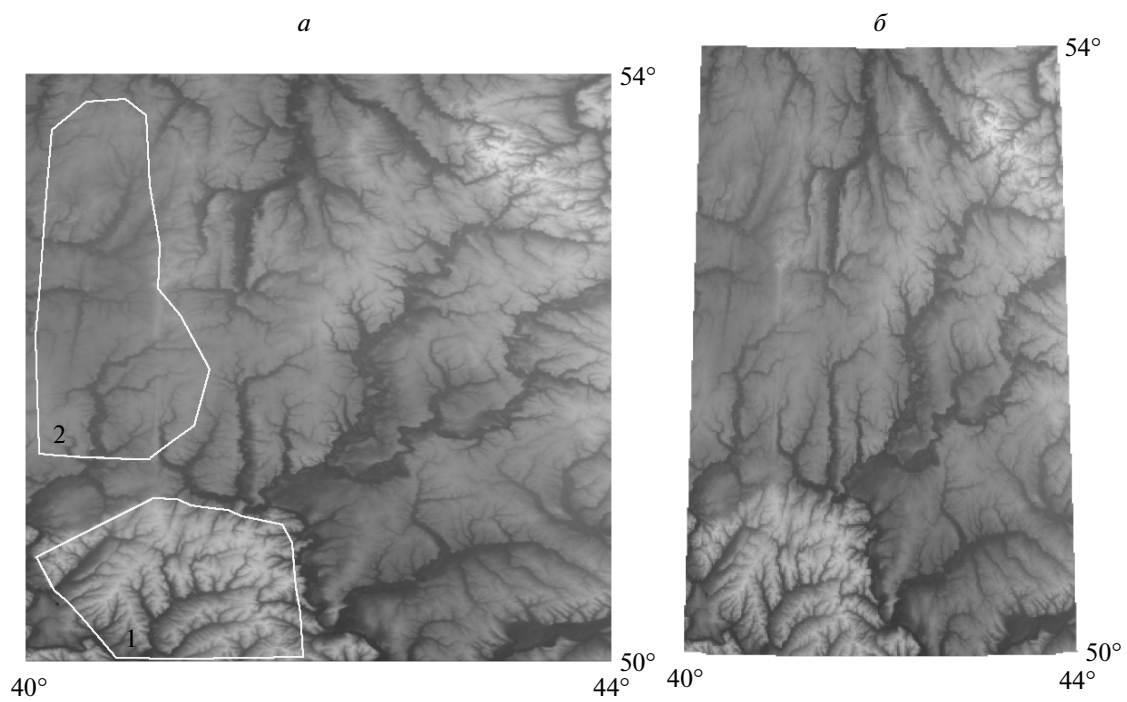
Мы выбираем окно, например размером  $3 \times 3$  элемента матрицы, и при помощи этого окна обычным образом сканируем по  $i$  и  $j$  всю исследуемую область. Если в окне с центром в точке  $(i, j)$

$$h[i, j] > h[i + k, j + l] (-1 \leq k \leq 1, -1 \leq l \leq 1),$$

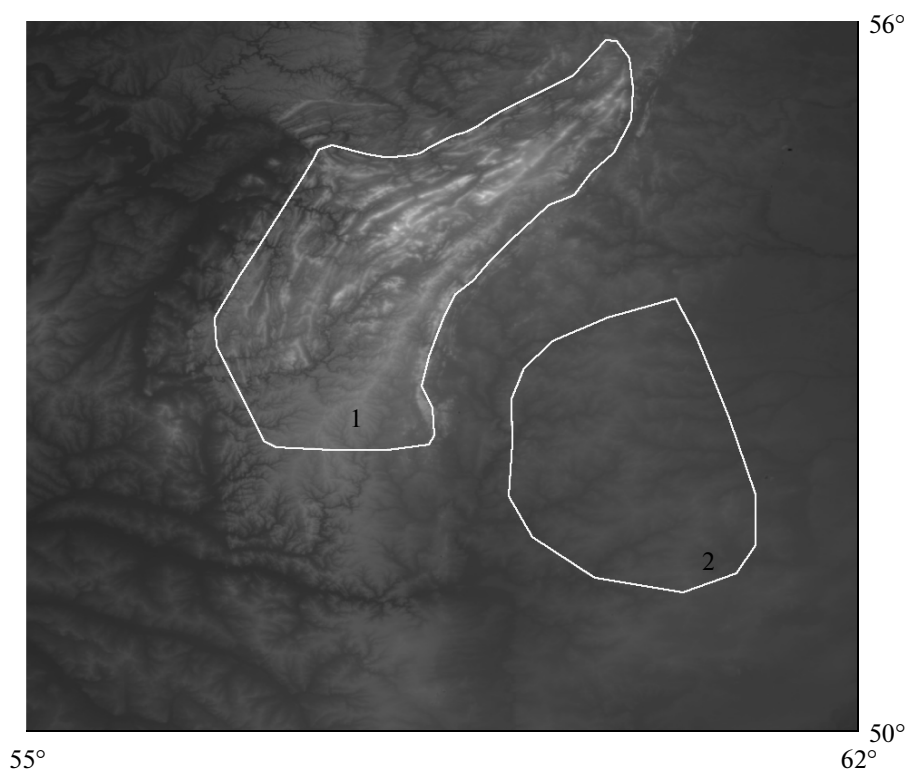
такая точка считается локальным максимумом. Величина  $n$  есть общее количество таких точек, а  $N$  — общее количество центров окон для заданной области, т.е. в простейшем случае прямоугольной области  $N = mn$ , где  $m$  — количество строк, а  $n$  — количество столбцов матрицы ЦМР. Если же мы хотим определить величину  $IOR$  для некоторой выделенной непрямоугольной области, то нам просто сначала необходимо подсчитать общее количество  $N$  элементов матрицы ЦМР, принадлежащих этой области, а затем определить величину  $n$  в этой же области.

Приведем несколько примеров определения  $IOR$ .

На рис. 1 показана визуализация ЦМР участка земной поверхности с координатами  $40^\circ$ – $44^\circ$  в.д. и  $50^\circ$ – $54^\circ$  с.ш. — это участок Восточно-Европейской платформы. Максимальная высота на всем участке составляет примерно 270 м, минимальная — около 80 м. На этом рисунке более высокие участки поверхности показаны более светлыми оттенками серого света, соответственно более низкие — более темными.



**Рис. 1.** Визуализация ЦМР участка поверхности Восточно-европейской платформы (а), и та же область, представленная в стандартной конической проекции (б).



**Рис. 2.** Визуализация части региона Урала.

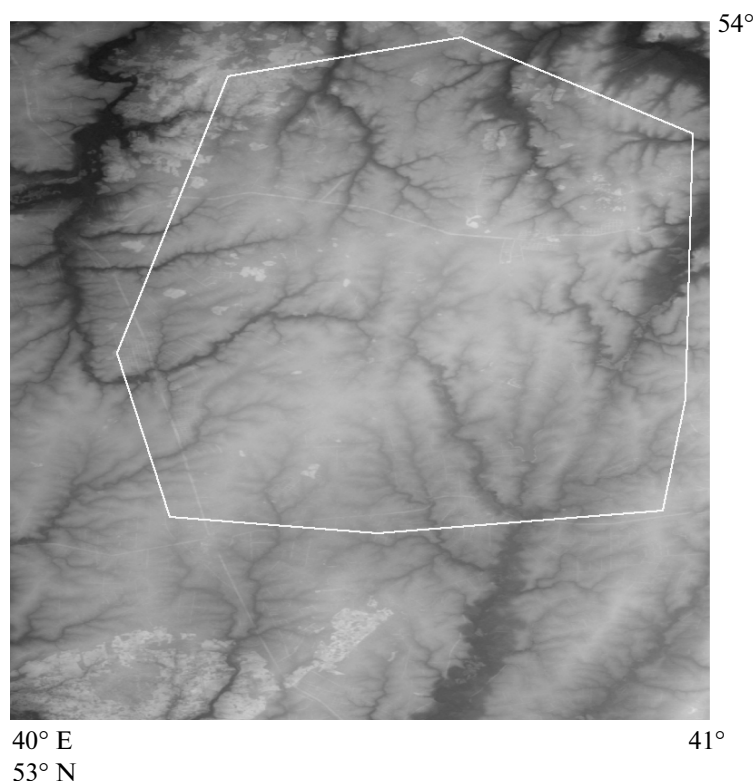


Рис. 3. Визуализация северной части области 2 на рис. 1а.

В модели, визуализация которой показана на рис. 1, расстояние между соседними точками составляет 24'' как по широте, так и по долготе, сама же модель построена автором с использованием данных SRTM с разрешением 3'' (шаттл Endeavour, 2000 г.); файлы с данными исходной модели свободно доступны в Интернете.

При построении визуализации, показанной на рис. 1, по данным ЦМР мы использовали равномерную шкалу оттенков серого цвета: весь интервал высот исследуемой области от минимального до максимального значений делился на 256 “субинтервалов”, и каждому такому интервалу ставился в соответствие определенный оттенок серого цвета. Рисунок 1а строился таким образом, что каждому значению высоты на модели соответствовал один пиксел изображения. На рис. 1б показана та же самая область земной поверхности, но представленная в стандартной конической картографической поверхности; преобразование изображения в коническую проекцию может привести к потере некоторой информации о самой поверхности.

На рис. 1 отмечены два района, для района 1 величина  $IOR = 0.023$ , для района 2 –  $IOR = 0.067$ . Различие в структуре этих районов видно и невооруженным глазом, но использование  $IOR$  дает возможность количественного описания этого различия.

На рис. 2 показана визуализация части региона Урала, для чего использовалась уже упоминавшаяся ЦМР с разрешением 24''. Для отмеченной на этом рисунке области 1 величина  $IOR = 0.025$ , для области 2 –  $IOR = 0.093$ . Минимальное и максимальное значения высоты для всего района составляют примерно 120 и 1500 м соответственно.

Очевидно, что значения  $IOR$  зависят от ЦМР, используемой для описания района. На рис. 3 показана визуализация участка поверхности региона, соответствующей северной части области 2 на рис. 1а (40°–41° в.д., 53°–54° с.ш.), реконструированная с использованием ЦМР с разрешением 3''. Для области, отмеченной многоугольником,  $IOR = 0.216$ .

Наконец, нам хотелось бы заметить, что количественное различие в структуре рельефа различных областей можно определить при использовании функций распределения различных параметров, описывающих рельеф исследуемых областей. В простейшем случае можно сравнивать функции распределения высот для различных регионов (конечно, удобнее сравнивать функции распределения с использованием безразмерных параметров, например, отношения высоты в некоторой точке к амплитуде высот для всего исследуемого региона). На рис. 4 показаны гистограммы двух “безразмерных” функций распределения для двух областей, отмеченных на рис. 1а. Различие этих

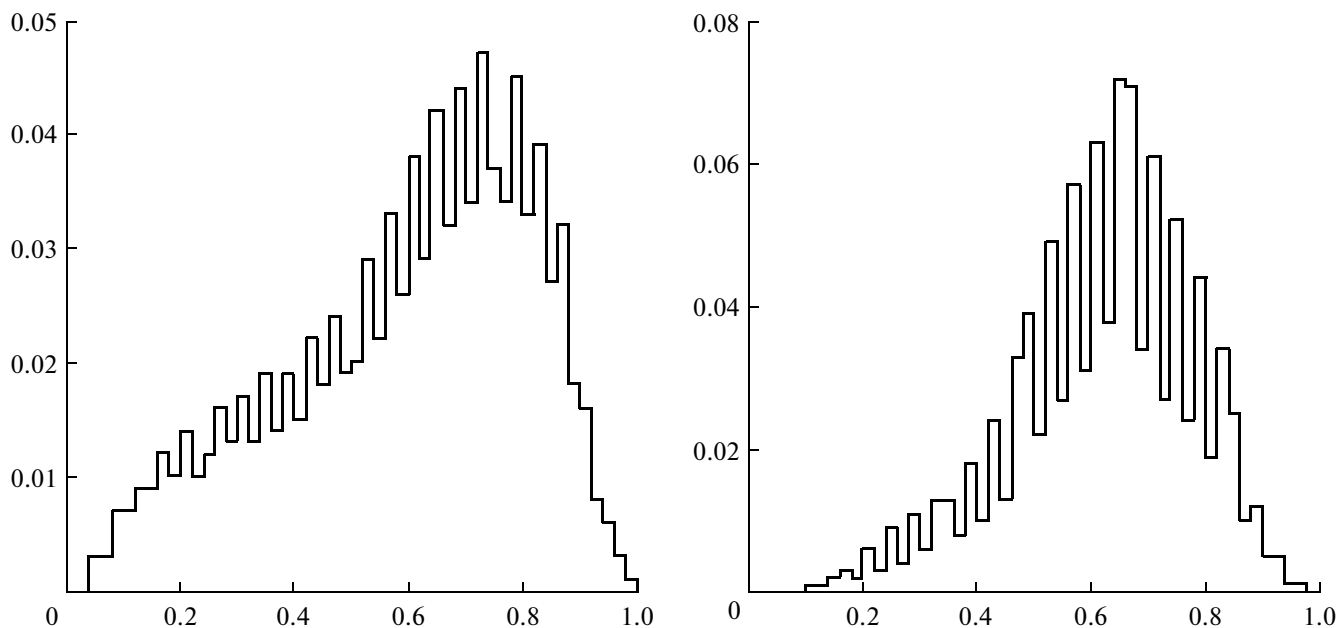


Рис. 4. Гистограммы функций распределения для двух областей, выделенных на рис. 1а.

функций очевидно. По оси  $X$  для функций, показанных на рис. 4, отложена безразмерная высота для исследуемой области ( $h_{local}/(h_{max} - h_{min})$ ).

Все результаты и рисунки, представленные в работе, получены с использованием программного обеспечения, созданного автором.

Автор благодарит В.Г. Трифонова за помощь и полезные замечания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Glenn N.F., Streutker D.R., Chadwick D.J., Thackray G.D., Dorsch S.J. Analysis of LiDAR-derived topographic infor-

mation for characterizing and differentiating landslide morphology and activity // *Geomorph.* 2006. V. 73. P. 131–148.

Grohmann C.H., Smith M.J., Riccomini C. Multiscale analysis of topographic surface roughness in the Midland Valley, Scotland // *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.* 2011. V. 49. P. 1200–1213.

Hofer G., Wagner H.H., Herzog F., Edwards P.J. Effects of topographic variability on the scaling of plant species richness in gradient dominated landscapes // *Ecography.* 2008. V. 31. P. 131–139.

Riley S.J., DeGloria S.D., Elliot R. A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneities intermountain // *J. Sci.* 1999. V. 5. № 1–4. P. 23–27.

## Method for Estimation of a Given Area Relief Roughness

A. I. Ioffe

*Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow*

New parameter and a simple method are proposed for estimation of a given area relief roughness in whole using Digital Elevation Model of the area. This method permits us to give quantitative distinction of different regions with different or similar geomorphologic structures.

**Keywords:** relief roughness, digital elevation model, geomorphologic structures