

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Институт географии Российской академии наук
Ассоциация геоморфологов России
Алтайский государственный университет
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Посвящается
100-летию Института географии Российской академии наук,
60-летию Геоморфологической комиссии Российской академии наук,
30-летию Ассоциации геоморфологов России

XXXVI ПЛЕНУМ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КОМИССИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Всероссийская научно-практическая конференция
с международным участием

ГЕОМОРФОЛОГИЯ – НАУКА XXI ВЕКА



Барнаул

Издательство
Алтайского государственного
университета
2018

УДК 551/4 (063)

ББК 26/823я431

Т 671

Ответственный редактор:

доктор географических наук, профессор Г.Я. Барышников

Оргкомитет:

доктор юридических наук С.В. Землюков – сопредседатель;

доктор географических наук В.П. Чичагов – сопредседатель;

доктор географических наук Г.Я. Барышников – зам. сопредседателей;

кандидат географических наук Т.В. Антюфеева – научный секретарь;

доктора географических наук: С.И. Большов, А.В. Бредихин,

С.А. Буланов, М.Е. Бельгибаев, А.А. Галанин, Н.С. Евсеева,

А.М. Малолетко, А.В. Панин;

кандидат географических наук С.В. Шварев, О.В. Денисенко

Т 671 XXXVI пленум Геоморфологической комиссии Российской академии наук [Текст] : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Геоморфология – наука XXI века». Барнаул, 24–28 сентября 2018 г. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2018. 436 с.

ISBN 978-5-7904-2293-5

УДК 551/4 (063)

ББК 26/823я431

Сборник содержит результаты исследований ученых научно-исследовательских институтов РАН и высших учебных заведений России, Казахстана, США, Монголии, представленных в виде докладов и научных сообщений.

Материалы сборника рассчитаны на специалистов в области структурной геоморфологии и неотектоники, флювиальной, гляциальной, практической и экологической геоморфологии, а также могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведений географической, геологической и геоэкологической направленности.

Сборник подготовлен при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-05-20054)

ISBN 978-5-7904-2293-5

© Оформление. Издательство Алтайского государственного университета, 2018

С.В. Харченко^{1,2}, С.Г. Казаков³

¹*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

²*Институт географии РАН, Москва, Россия*

³*Курский государственный университет, Курск, Россия*

E-mail: xar4enkkoff@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАССТОЯНИЯ ХЭММИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ «ПОХОЖЕСТИ» РИСУНКА РЕЛЬЕФА

Аннотация. Описан подход к использованию статистических дистанций между изображениями для оценки похожести рельефа двух участков по его морфологии. В качестве примера используется метод дистанции Хэмминга. Предлагается использовать данный подход для автоматической классификации рельефа по цифровой модели рельефа.

Ключевые слова: рельеф, дистанция Хэмминга, похожесть.

S.V. Kharchenko^{1,2}, S.G. Kazakov³

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

²*Institute of Geography, RAS, Moscow, Russia*

³*Kursk State University, Kursk (Russia)*

E-mail: xar4enkkoff@yandex.ru

APPLICATION OF HAMMING DISTANCE TO TOPOGRAPHIC PATTERNS «SIMILARITY» ASSESSMENT

Annotation. In this paper, we propose an approach for using statistical distances between two images for measuring topographic patterns «similarity» with regard to their morphology. The proposed approach is based on Hamming distance method. This approach allows for automatic classification of the terrain according to DEM.

Keywords: topography, Hamming distance, similarity.

Технологии распознавания визуальных образов получили широкое распространение, затронув и науку о рельефе. Специалист физико-географ или картограф при взгляде на гипсометрическую карту часто может дать геоморфологическую интерпретацию рисунку горизонталей, не зная даже конкретных значений сечения рельефа, высот и производных морфометрических характеристик. Очевидно, что какие-то характерные геометрические особенности этого рисунка несут дополнительную информацию, не даваемую стандартны-

ми метриками [2]. Рисунок, или паттерн (калька с англ. pattern), воспринимается наблюдателем весь целиком. Мысли о том, что возможно обучить ЭВМ распознавать «образы» рельефа по каким-либо цифровым данным о нем, высказывались уже как минимум полвека назад [1]. Однако, широкого внедрения этот подход ни в геоморфологии, ни в картографии пока не нашел. Характерно, что принципы распознавания образов форм рельефа, подобные предложенным еще в 1967 г., используются и сейчас [4].

В данной работе проиллюстрируем наш собственный опыт автоматизированного расчета «похожести» планового рисунка рельефа. Субъективность категории «похожести» вынуждает формализовать ее в рамках этой статьи. Под «похожестью» понимаем среднее значение нормированного расстояния Хэмминга (НРХ) [3] между двумя наборами из q растров цифровой модели рельефа (ЦМР) абсолютной высоты, бинаризованными для q пороговых значений квантилей распределения высот. Расстояние Хэмминга традиционно используется для расчета «перцептивного хэша» растров, позволяющего компьютеру искать похожие для какого-либо эталона изображения (сервис поиска картинок Google, сервис TinEye и др.).

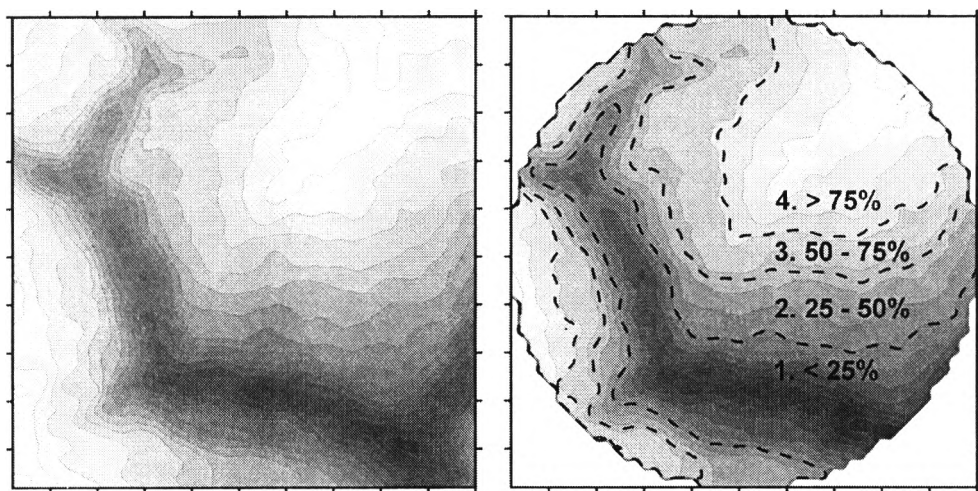
Поясним методику на примере. В простейшем случае она применяется для поиска в рельефе участков с плановыми чертами, сходными с каким-либо другим участком, называемым нами «эталон». Эталон обычно бывает относительно небольшой участок, в границах которого находится искомая форма рельефа или комплекс закономерно сопряженных в пространстве форм. Участок, по которому осуществляется поиск, обычно во много раз больше по площади, чем эталон. Эталон поочередно сравнивается с выборками из ЦМР участка, по которой ведется поиск. Сравнение идет последовательно по скользящему окну со сдвигом на одну ячейку вдоль строки до правого края ЦМР, затем окно переносится на строку ниже, и процедура повторяется. Размеры матрицы-эталона могут быть и достаточно большими, поэтому для устранения высокочастотной составляющей эталон вне зависимости от его исходных размеров приводится к размеру 20×20 ячеек (или другому, по выбору пользователя).

Все расчеты осуществляются по круглому окну, позволяющему устранить влияние около-угловых ячеек ортогональной ЦМР на распределение высот и производные характеристики. Для квадратной матрицы высот с I строк и J столбцов производим следующее преобразование. Если выражение (1) верно, ячейке с позицией (i, j) присваивается отсутствующее значение (NA):

$$\sqrt{|i - 0,5(I-1)|^2 + |j - 0,5(J-1)|^2} > 0,5 * I,$$

то есть по свойству окружности, если расстояние от центра квадратной матрицы высот до какой-либо ячейки больше половины стороны матрицы — значит, эта ячейка в расчетах квантилей и последующих операциях не используется.

Для ЦМР двух участков (эталон и каждая из круглых выборок) параллельно строятся q горизонталей, соответствующих высотам определенных квантилей распределения высоты всего участка. При $q = 3$, рассчитываются: 1) высота, ниже которой находится $\frac{1}{4}$ площади участка, а выше нее — $\frac{3}{4}$ площади; 2) высота горизонтали, делящей участок в равных площадных отношениях; 3) высота, ниже которой находится $\frac{3}{4}$ площади участка, а выше нее — $\frac{1}{4}$ площади. А, например, при $q = 9$ рассчитывается девять значений высоты горизонталей, делящих участок в соотношениях 10/90, 20/80, 30/70, ..., 90/10. Такой подход (а не, например, использование равных интервалов по высоте) позволяет максимально полно учесть многообразие плановых черт рельефа.



Цифровая модель рельефа:

слева — исходная ЦМР балочной системы; справа — круговая выборка из нее и ее деление тремя квантилями на четыре высотные зоны от наиболее пониженной (1) до самой высокой (4). Площади зон одинаковы

Пикселям ЦМР, имеющим значение высоты больше порогового при данном q , присваивается значение «1», в противном случае — значение «0». Таким способом ЦМР бинаризуется. Расстояние Хэмминга в этом случае — число несовпадающих пикселей на бинаризованных ЦМР двух участков. Если это значение разделить на общее число пикселей — получим НРХ. Этот параметр изменяется в диапазоне от 0 до 1, где нулю соответствует абсолютная идентичность, а единице — абсолютная же «непохожесть», когда относительно повышенным (выше q -го квантиля) участкам на одной ЦМР строго соответствуют относительно пониженные участки на другой.

Сравнением двух рядов из « q » бинаризованных круглых выборок высот и эталонов процесс ограничиваться не может. Очевидно, похожими следует признавать близкие рисунки горизонталей, но повернутые друг относительно друга на какой-то угол, отраженные зеркально, а также проявляющиеся в разных масштабах рассмотрения. Для учета угла поворота один из участков последовательно поворачивается на фиксированный угол $360/a^\circ$, после каждого такого поворота происходит повторный расчет НРХ. Таким образом, для каждой пары участков получаем «а» значений НРХ.

Сам поворот раstra не имеет очевидного единственно верного математического алгоритма. Поэтому конкретизируем здесь использованный нами подход. Сначала пиксели круглой выборки из матрицы высот (уже бинаризованной) переводятся в набор точек, соответствующих центрам ячеек матрицы и имеющих плановые координаты « j » (по оси абсцисс, номер столбца матрицы) и « $I-i+1$ » (по оси ординат). Затем эти точки поворачиваются на заданный угол относительно центра матрицы, имеющего координаты $((J+1)/2, (I+1)/2)$. К примеру, для матрицы 10×10 ячеек, центр будет находиться в точке (5.5, 5.5). После этого на подготовленный шаблон круглой выборки высот накладывается сетка повернутых точек с характерными для них значениями относительной высоты (0 или 1, ниже или выше значения q -го квантиля). Может оказаться, что в некоторые ячейки шаблона не попало ни одного значения высоты (ни одной точки), а в другие попали сразу два и т.д. Для устранения этого эффекта значения высот интерполируются («растеризуются») на сетку шаблона. Нами использовалась билинейная интерполяция. Ячейки, получившие промежуточные значения между «0»

и «1» (их подавляющее меньшинство), распределяются в эти две категории по принципу арифметического округления.

Для распознавания в качестве идентичных зеркально симметричных рисунков горизонталей порядок столбцов искомой матрицы (эталона) меняется на противоположный, и процедура многократного поворота раstra повторяется. Кроме того, для учета масштаба рассмотрения, выборки отметок высот из ЦМР производятся не только подряд, но и через 2, 3, ..., n ячеек. Таким образом, при условии сохранения размера выборки (20×20 ячеек, как и эталон), охват, в котором ведется поиск, меняется n -кратно. К примеру, при размере ячейки 50 м, размере окна 20×20 ячеек и $n=6$, похожесть рельефа на эталон оценивается для круговых выборок диаметром 1, 2, ..., 6 км.

Таким образом, для всех ячеек ЦМР, по которой ведется поиск, получаем $2 \times n \times a$ наборов из q значений НРХ. Для каждого набора считается среднее НРХ, а в качестве итогового результата «похожести» берется наименьшее среднее НРХ из всех $2 \times n \times a$ значений (наилучшая достигнутая степень приближения «образа» при выборе из нескольких масштабов рассмотрения, углов поворота и с учетом зеркального отражения эталона).

Если реализовать такие попарные сравнения между эталоном рисунка горизонталей и последовательными выборками из большей по охвату ЦМР, можно получить матрицу значений «похожести» и построить картограмму ее площадной изменчивости. Если же проводить попарные сравнения сначала первой круговой выборки с остальными возможными, затем второй и т.д., можно получить матрицу статистических расстояний между ячейками ЦМР по «похожести» рельефа их круговой окрестности взятого радиуса, а затем по этой матрице провести классификацию рельефа.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ по проекту №17-05-00765 а.

Библиографический список

1. Грейсух В.Л. Образное представление геоморфологической информации // Рельеф Земли и математика. М. : Мысль, 1967. С. 18–43.
2. Иванов В.В., Чалова Е.Р. Опыт систематизации картографических образов геоморфологических объектов // Геоморфология. 1987. № 2. С. 62–66.
3. Hamming R. W. Error Detecting and Error Correcting Codes // The Bell System Technical Journal, 1950. Vol. XXIX. № 2. P. 147–160.
4. Jasiewicz J., Stepinska T.F. Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms // Geomorphology, 2013. № 182. P. 147–156. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>.