

УДК 551.4.01–03

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-4-39-49

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛЬЕФА СУШИ В ЗАДАЧАХ ЕГО АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОЙ АМЕРИКИ)

Харченко С.В.^{1,2}, Казаков С.Г.³

¹ *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119991, г. Москва, ул. Ленинский годы, д. 1, Российская Федерация*

² *Институт географии Российской академии наук
119180, г. Москва, 1-й Хвостов пер., д. 13, Российская Федерация*

³ *Курский государственный университет
305000, г. Курск, ул. Радищева, д. 33, Российская Федерация*

Аннотация. Описан подход к расчету некоторых спектральных характеристик рельефа (далее – СХР). Примером для демонстрации выбрана территория Южной Америки. СХР потенциально могут использоваться для классификации рельефа по характеру периодичности его расчленения, а затем и для картографирования. В мелком масштабе созданы цифровые модели спектральных характеристик рельефа: амплитуда важнейшей гармоники, значимость этой гармоники, генеральное направление колебаний поля высот, значимость этого направления, длина волны важнейшей гармоники. Распределение некоторых из характеристик в значительной степени коррелирует с традиционными морфометрическими величинами, однако, связь между ними далеко не функциональная, другие характеристики полностью самостоятельны. Создана нейронная сеть, разделившая всю территорию материка на 225 отдельных нейронов сети, а они, в свою очередь, иерархической кластеризацией разделены в 4 более общих группы. Каждая из групп выделена по характерному для ряда нейронов сочетанию пяти спектральных характеристик рельефа. Получена схема кластеров рельефа территории этого материка по характеру периодичности структуры его расчленения.

Ключевые слова: рельеф земной поверхности, дискретное преобразование Фурье, спектральные характеристики, Южная Америка.

THE SPECTRAL LANDFORM SIGNATURES FOR AUTOMATIC TERRAIN CLASSIFICATION (ON THE EXAMPLE OF SOUTH AMERICA)

S. Kharchenko^{1,2}, S. Kazakov³

¹ *Lomonosov Moscow State University
Leninskie Gory 1, 119991 Moscow, Russian Federation*

² *Institute of Geography, Russian Academy of Sciences
pervyi Khvostov per. 13, 119180 Moscow, Russian Federation*

³ *Kursk State University
ul. Radischeva 33, 305000 Kursk, Russian Federation*

© СС ВУ Харченко С.В., Казаков С.Г., 2018.

Abstract. The way for computing some spectral landform's characteristics (SLCs) is described on the example of the territory of the South America. SLCs can be potentially used for terrain classification with regard to the topographic dissection character, and then for a terrain thematic mapping. Five digital models in the small scale are designed: maximum of the wave's magnitudes, the importance of the given share of waves, the general direction of height fluctuations, the severity of this direction, and the general wavelength. The distributions of some characteristics are largely correlated with the canonical geomorphometric variables; however, this relation is far from functional, other SLCs being completely independent. The Kohonen neural network dividing the South America territory into 225 separate neurons is constructed. The neurons with the hierarchical clustering are combined into 4 more general groups. Each group is defined by a typical combination of five SLCs. The scheme of the South America terrain clusters which reflect the types of topographic dissection is constructed.

Key words: Earth's surface landforms, discrete Fourier transform, spectral signatures, South America.

Введение

В современной геоморфологии и на стыке ее с картографией и картометрией все чаще возникают задачи, связанные с распознаванием и автоматизацией описания природных характеристик территории, в частности, особенностей морфологии рельефа и даже отражения в ней, например, его генезиса. Начала подобных работ можно отследить в публикациях пятидесятилетней давности, когда, например, И.П. Шараповым [3] предлагалось дифференцировать участки на типы рельефа по форме распределения гистограммы высот. Однако к сегодняшнему дню стало совершенно ясно, что привычных морфометрических характеристик рельефа (а тем более одной только абсолютной высоты) не может быть достаточно.

Спектральные методы для описания рельефа использовались также достаточно давно [1; 7; 8] и пришли в геоморфологию из геофизики, где ими описывалась структура различных физических полей, характер их периодичности. Написано немало работ, посвященных частным аспектам при-

менения спектральных методов к характеристике рельефа [4; 5; 9], например, к описанию формы продольного профиля рек, плановой конфигурации речных меандр, топографических профилей и регулярных моделей высот. Описание рельефа по ЦМР спектральными методами можно увидеть в работах только последних двух десятков лет, да и то, как правило, для относительно небольших участков и с применением т.н. «глобальных» методов. Речь идет, прежде всего, о дискретном преобразовании Фурье (ДПФ). При применении «глобального» ДПФ вся ЦМР раскладывается разом на совокупность волн-«гармоник» разной частоты, направления и амплитуды. Чаще всего это бессмысленно, т. к. сигнал (поле высот) не стационарен – в пределы одной модели попадают участки с принципиально разным характером морфологии рельефа (в наиболее общем виде, нет смысла единообразно раскладывать в ряд Фурье ЦМР, часть территории которой – равнина, другая часть – горы).

Чем выше амплитуда какой-либо гармоники – тем более выражена про-

странственная периодичность этой частоты и направления в геометрической структуре рельефа [2]. Думается, использование в качестве признаков-индикаторов форм рельефа и их типов не только классических «локальных» морфометрических характеристик, но и фокальных (характеризующих окрестность, но относимых к ее центру-фокусу) спектральных характеристик может усилить предсказательные свойства математических моделей классификации.

Авторы считают, что к сегодняшнему дню далеко не реализован потенциал использования спектральных методов для решения подобных задач. Явных доказательств этому два. Во-первых, ни в свободном, ни в коммерческом геоинформационном программном обеспечении не реализованы инструменты для этого. Фактически исследователь, столкнувшись с подобной задачей, будет вынужден создавать собственные расчетные алгоритмы. Существуют инструменты для разложения Фурье, например, в SAGA GIS или GRASS GIS, однако они выполняют пресловутое глобальное преобразование.

Во-вторых, есть немало работ с построениями математических моделей классификации рельефа по его морфологии. Однако почти все они направлены на улучшение предсказательной силы за счет применения все более сложных, изощренных математических методов, а не разработки более показательных метрик (например, характеризующих рисунок или паттерн рельефа разом, как это позволяют делать, в частности, спектральные характеристики).

Общая цель разработки моделей для распознавания «образов» природ-

ных характеристик – автоматизация различных видов картографирования природы, предсказание принадлежности участков к разным классам природных объектов и, в конце концов, предсказание динамики природных процессов. Особо важно это в отношении неблагоприятных и опасных процессов. В этой работе приводятся результаты тестирования созданного авторами алгоритма расчета СХР.

Материалы и методы исследования

Вся работа подразделяется на 2 крупных этапа / блока, в каждом из которых применяются различные методы. В качестве исходных данных о морфологии рельефа взята модель GMTED 2010 в трех доступных разрешениях – 30”, 15” и 7,5”. Территория нашего интереса – Южная Америка, полностью охваченная более детальными моделями SRTM, которые, возможно, в будущем будут использованы для верификации результатов, полученных по GMTED 2010. ЦМР сшита в единую матрицу, перепроецирована в азимутальную равноплощадную проекцию Ламберта, рекомендуемую для карт Южной Америки, с параметрами $lat_0 = -20$, $long_0 = -60$, датум – WGS84. Размер ячеек в трех разных случаях был выбран, соответственно, 1000, 500 и 250 м, метод передискретизации – билинейная интерполяция.

Первый этап включал собственно расчет спектральных характеристик рельефа. Алгоритм реализован в среде R. Расчет велся по скользящему окну разного размера (50 и 100 км). Метод разложения – двумерное дискретное преобразование Фурье. При каждом наложении скользящего окна рассчитывались пять спектральных характе-

ристик: 1) амплитуда важнейшей гармоники, 2) значимость этой гармоники (доля дисперсии высот, объясняемая этой гармоникой, в общей дисперсии), 3) генеральное направление колебаний поля высот, 4) значимость этого направления (по критерию Релея), 5) длина волны важнейшей гармоники.

Как результат алгоритм выдает цифровые модели искомым характеристикам на всю территорию в формате GeoTIFF. Несколько растров СХР можно напрямую использовать для классифицирования рельефа территории (так сделано, например, в работе [6]). Другой подход – обобщать СХР в пределах каких-либо природных контуров, а затем решать одну из двух задач: 1) классифицировать рельеф по этим природным контурам, 2) определять дискриминационную способность различных характеристик в отношении проведения по ним границ этих природных контуров. Решение второй задачи, по сути, позволяет понять, какие из характеристик рельефа более или менее репрезентативны / показательны для разграничения по ним, например, геологических районов. Для обучения модели в таком случае в качестве эталона потребуется существующая сетка геологических контуров, например [10]. Используемый в работе метод классификации – самоорганизующиеся карты Кохонена [11]. Собственно обработка полученных растров СХР – второй этап.

Результаты и их обсуждение

Построены модели спектральных характеристик рельефа в разрешении 10 км / ячейка при скользящем окне 50 км и 100 км. В качестве примера приводим визуализации полученных

растровых моделей на рис. 1. Параметры амплитуды важнейшей гармоники распределены в соответствии с экспоненциальным распределением и отчасти (но далеко не полностью) коррелируют с абсолютной высотой, коэффициент корреляции Пирсона $r = 0,57$, коэффициент ранговой корреляции Спирмена $\rho = 0,70$. Механизм связи абсолютной высоты и амплитуды важнейшей гармоники следующий: чем более приподнят какой-либо участок территории, тем, при прочих равных, более врезана эрозионная сеть. Однако в действительности прочих равных условий обычно не бывает.

Хорошо бросается в глаза, что минимальные значения в бассейне р. Амазонки приурочены именно к среднему, а не нижнему ее течению. Логичной при этом кажется ситуация, когда верховья попадают в диапазон 10–40 м, а средняя и нижние части бассейна – в диапазон менее 10 м, т.е. когда амплитуда регулярной составляющей поля высот уменьшается при движении из верхней части бассейна Амазонки к ее устью вместе с уменьшением абсолютной высоты и глубины расчленения. Однако это оказывается не так. Данный парадокс может объясняться, например, тем, что низкие междуречья притоков средней Амазонки сильно асимметричны (и соответственно плохо подгоняются под форму синусоид) или иными причинами.

Другое явное несоответствие между амплитудой важнейшей гармоники и абсолютной высотой – плато Пуна в Центральных Андах. Плато находится на абсолютных высотах 3600–4200 м, при этом перепад высот на протяжении до 100 км по прямой может составлять здесь лишь 20 м.

Более хаотично распределен по территории параметр генерального направления колебаний, заключенный на интервале $[0, 180)$ градусов. Различимы отдельные ареалы однородного генерального направления, например, на территории уже упо-

мянутого водосбора верхней Амазонки. Видно также, что, например, андские хребты относятся к области колебаний с генеральным направлением В-СВ. Выделяется лишь Колумбийская Кордельера, с направлением В-ЮВ.

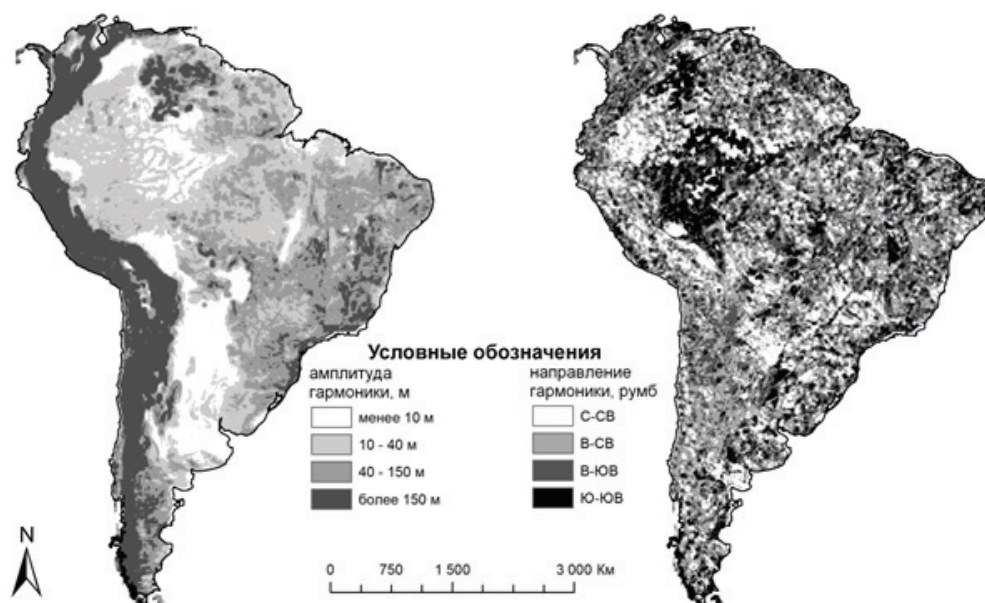


Рис. 1. Слева – амплитуда важнейшей гармоник, справа – генеральное направление колебаний

Авторы не задаются целью визуального анализа полученных моделей спектральных характеристик рельефа. Более интересна возможность автоматизированной классификации рельефа по характеру периодичности расчленения земной поверхности. Существует принципиальная возможность сводить воедино для классификации модели, полученные при разном размере скользящего окна. Мы же здесь для простоты демонстрации приводим классификацию для скользящего окна размерами 100 км.

По причине того, что разные ве-

личины имеют сильно неодинаковые моменты распределений (отличаются средними значениями, вариацией, формой распределения), все переменные прошли процедуру трансформации. Это последовательность операций, приводящая среднее значение каждой переменной к нулю, стандартное отклонение к единице, а форму распределения, по возможности, нормализует (центрирование, шкалирование и трансформация Бокса – Кокса, соответственно). Параметры преобразования сохраняются в промежуточную переменную, что позволяет

аналогичным же образом преобразовать спектральные характеристики рельефа другой территории и выделить на ней классы по тем же условиям (пороговые величины морфометрических характеристик и т.д.), как и для Южной Америки.

Затем преобразованные переменные проецируются из пятимерного пространства на плоскость, разбитую шестиугольными узлами нейронной сети Кохонена. Каждый узел имеет координаты центроида на плоскости (и соответствующие им координаты в пространстве пяти признаков СХР). С этими координатами поочередно сравниваются признаковые координаты каждого пиксела модели, который затем, во-первых, полностью отходит ближайшему к нему узлу, а во-вторых, деформирует сетку узлов (сдвигает узел в свою сторону). Таким образом, шаблон нейронной сети постепенно деформируется, какие-то его узлы образуют отдельные «сгущения» (будущие кластеры рельефа).

Результат создания нейронной сети приведен на рис. 2. (с исходными координатами узлов). С помощью иерархической кластеризации Варда узлы сгруппированы в четыре более крупных кластера, показанных на рисунке разной заливкой узлов. Кроме того, что у каждого узла показаны характерные соотношения первичных пяти признаков.

Например, по центру обособляется кластер № 1, показанный светлыми оттенками (а также его фрагменты слева и в меньшей степени справа на рисунке). Ему соответствуют территории с высокой значимостью ведущей гармоники (т.е. генеральный характер расчленения весьма регулярный), высо-

кими же показателями максимальной амплитуды гармоники, относительно слабой выраженностью генерального направления и большой длиной волны. Этот тип расчленения, очевидно, соответствует горно-долинному топографическому рисунку молодых складчатых областей альпийской складчатости. Мы не даем здесь интерпретацию величине направления, т.к. ею нельзя оперировать в категориях «больше» или «меньше».

В противовес кластеру № 1 хорошо обособляется кластер № 2 (темно-серые оттенки, например, в левом нижнем углу). Здесь невелики параметры амплитуды ведущей гармоники, а также ее значимости (есть конкурирующие колебания других частот), однако, большие значения принимают выраженность генерального направлений колебаний и длина волны. Это области преимущественно перистого рисунка расчленения, например, в южно-перуанской части Амазонии.

Выделенные четыре кластера перенесены на карту (рис. 3). Белая кайма вдоль побережья не свидетельствует о принадлежности его к классу № 4, а является издержками метода – узкая полоса, равная по ширине половине скользящего окна, не задействуется в анализе. Качественный фон на всей остальной площади маркирует именно принадлежность к тому или иному кластеру. При необходимости содержательной интерпретации полученной схемы деления территории материка можно воспользоваться рис. 2.

Полученные границы кластеров маркируют количественные, а часто и качественные переходы, скачкообразные изменения параметров расчлененности земной поверхности. А в связи

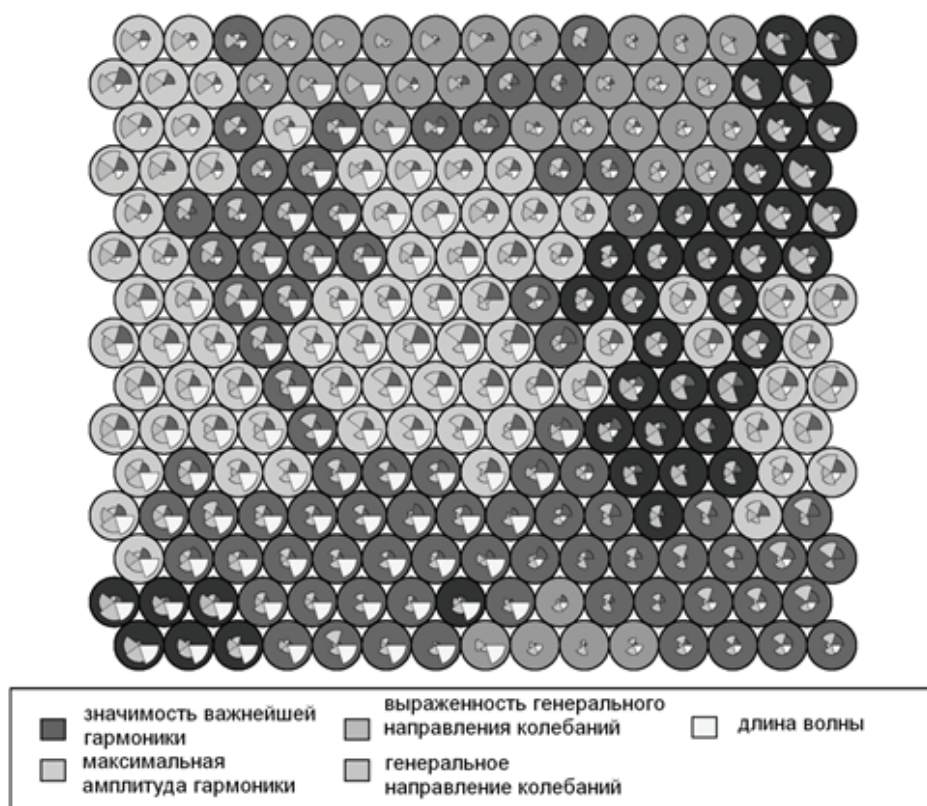


Рис. 2. Визуализация нейронной сети Кохонена из 225 узлов, разбитых в 4 крупных кластера. Розами-диаграммами показано соотношение морфометрических параметров, характерное для каждого узла.

с тем, что характер расчленения поверхности (густота, глубина, геометрические отношения между отрицательными и положительными формами рельефа, направление простирания этих форм) находит свое отражение в гидрографии, формировании мезо- и микроклимата, типов почвенных и растительных сообществ, полученные кластерные границы могут использоваться при уточнении границ в сетках мелкомасштабного физико-географического районирования материков, наподобие того, как иногда геоморфологические контуры с мелкомасштабных карт детализируют с использованием

глобальных цифровых моделей рельефа (т. е. фактически проводят процедуру, обратную генерализации пространственных данных).

Возможна и разработка прикладной системы оценки потенциальной опасности от различных неблагоприятных природных и антропогенных событий, опирающейся на различия частоты проявления этих событий по территории и связи их частот с характером расчлененности рельефа. Предпосылок для этого две: 1) принадлежность территории к тому или иному кластеру (а следовательно, та или иная комбинация спектральных характеристик



Рис. 3. Кластеры рельефа Южной Америки по характеру периодичности геометрической структуры земной поверхности.

рельефа) обуславливает развитие целого ряда экзодинамических процессов, а также является отражением эндодинамического режима; 2) совокупность таких спектральных параметров расчлененности, как амплитуда максимальной гармоники, выраженность ведущего направления колебаний, отклонение угла между этим направлением и направлением преобладающих ветров от прямого, создают специфические условия воздушного переноса (а вместе – и загрязняющих веществ в атмосфере). Это, в свою очередь, позволяет использовать спек-

тральные характеристики рельефа и их закономерные сочетания в пространстве как индикатор потенциальной подверженности территории проблемам, связанным с промышленными и иными антропогенными выбросами в атмосферу. Пока, однако, это направление внедрения СХР в практику только осмысливается нами.

Выводы

На территорию Южной Америки в мелком масштабе созданы цифровые модели спектральных характеристик рельефа: амплитуда важнейшей гар-

моники, значимость этой гармоника, генеральное направление колебаний поля высот, значимость этого направления, длина волны важнейшей гармоника. Распределение некоторых из характеристик в значительной степени коррелирует с традиционными морфометрическими величинами (например, амплитуда важнейшей гармоника), однако связь между ними далеко не функциональная. Коэффициенты корреляции – 0,57–0,7. Механизм связи сложен, но в первом приближении, чем больше высота – тем более расчленена поверхность (далеко не всегда так).

Создана нейронная сеть, разделившая все «наблюдения» (пиксели цифровых моделей при размере скользящего окна 100 км) на 225 обособленных групп, отдельных нейронов сети. Эти

нейроны, в свою очередь, иерархической кластеризацией подразделяются в 4 более общих группы. Каждая из групп выделена по характерному для ряда нейронов сочетанию пяти спектральных характеристик рельефа.

Выделенные по нейронной сети кластеры перенесены на карту Южной Америки, таким образом получена схема кластеров рельефа территории этого материка по характеру периодичности структуры его расчленения. Кластерные границы, отражающие закономерности геометрического устройства рельефа, могут использоваться при корректировке и уточнении границ, например, объектов физико-географического районирования.

Статья поступила в редакцию 05.10.2018

ЛИТЕРАТУРА

1. Ласточкин А.Н., Одесский И.А. Гармонический анализ гипсометрических профилей с целью выявления волнообразных деформаций // Геоморфология. 1970. № 2. С. 78–88.
2. Харченко С.В. К вопросу о применении гармонического анализа при количественной характеристике рельефа // Геоморфология. 2017. № 2. С. 14–24.
3. Шарапов И. П. Функции распределения высоты рельефа // Рельеф Земли и математика / Под ред. А.С. Девдариани. М.: Мысль, 1967. С. 72–79.
4. Bugnicourt P., Guitet S., Santos V.F., Blanc L., Sotta E.D., Barbier N., Couteron P. Using textural analysis for regional landform and landscape mapping, Eastern Guiana Shield // Geomorphology. 2018. Vol. 317. P. 23–44.
5. Davis J.D., Chojnacki J.D. Two-dimensional discrete Fourier transform analysis of karst and coral reef morphologies // Transactions in GIS. 2017. Vol. 21. № 3. P. 521–545.
6. Kharchenko S.V., Bolysov S.I. Using of the spectral geomorphometric characteristics for automatized classification of landforms (on the example of australia) // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. Section Cartography and GIS. Albena, Bulgaria, 2018. P. 719–724.
7. Pike R.J., Rozema W.J. Spectral analysis of landforms // Annals of the Assoc. of American Geographers. 1975. Vol. 65. No. 4. P. 499–516.
8. Rayner J.N. The application of harmonic and spectral analysis to study of terrain // Spatial Analysis in Geomorphology. London: Methuen & Co Ltd., 1972. P. 283–302.
9. Sangireddy H., Stark C.P., Passalacqua P. Multiresolution analysis of characteristic length scales with high-resolution topographic data // Journal of Geophysical Research: Earth Surface. 2017. Vol. 122. № 7. P. 1296–1324.
10. Sayre R., Bow J., Josse C., Sotomayor L., Touval J. Terrestrial Ecosystems of South America // North America land cover summit: a special issue of the Association of American Geographers. Washington, DC: Association of American Geographers, 2008. P. 131–152.

11. Mokarram M., Sathyamoorthy D. Clustering of landforms using self-organizing maps (SOM) in the west of Fars province // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2016. No. 37. 012009.

REFERENCES

1. Lastochkin A.N., Odesskii I.A. [Harmonic analysis hypsometric profiles to identify wave-like deformations]. In: *Geomorfologiya*, 1970, no. 2, pp. 78–88.
2. Kharchenko S.V. [To the problem of the application of harmonic analysis in the quantitative characteristics of the relief]. In: *Geomorfologiya*, 2017, no. 2, pp. 14–24.
3. Sharapov I.P. Funktsii raspredeleniya vysoty rel'efa [The distribution function of the topography]. In: Devdariani A.S. ed. *Rel'ef Zemli i matematika* [The topography of the land, and mathematics]. Moscow, Mysl' Publ., 1967, pp. 72–79.
4. Bugnicourt P., Guitet S., Santos V.F., Blanc L., Sotta E.D., Barbier N., Couteron P. Using textural analysis for regional landform and landscape mapping, Eastern Guiana Shield. In: *Geomorphology*, 2018, vol. 317, pp. 23–44.
5. Davis J. D., Chojnacki J. D. Two-dimensional discrete Fourier transform analysis of karst and coral reef morphologies. In: *Transactions in GIS*, 2017, vol. 21, no. 3, pp. 521–545.
6. Kharchenko S.V., Bolysov S.I. Using of the spectral geomorphometric characteristics for automatized classification of landforms (on the example of australia). In: *18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. Section Cartography and GIS*. Albena, Bulgaria, 2018, pp. 719–724.
7. Pike R.J., Rozema W.J. Spectral analysis of landforms. In: *Annals of the Assoc. of American Geographers*, 1975, vol. 65, no. 4, pp. 499–516.
8. Rayner J.N. The application of harmonic and spectral analysis to study of terrain. In: *Spatial Analysis in Geomorphology*. London, Methuen & Co Ltd., 1972, pp. 283–302.
9. Sangireddy H., Stark C.P., Passalacqua P. Multiresolution analysis of characteristic length scales with high-resolution topographic data. In: *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 2017, vol. 122, no. 7, pp. 1296–1324.
10. Sayre R., Bow J., Josse C., Sotomayor L., Touval J. Terrestrial Ecosystems of South America. In: *North America land cover summit: a special issue of the Association of American Geographers*. Washington, DC, Association of American Geographers, 2008, pp.131–152.
11. Mokarram M., Sathyamoorthy D. Clustering of landforms using self-organizing maps (SOM) in the west of Fars province. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2016, no. 37. 012009.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проекту №17-05-00765 а.

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research for project No. 17-05-00765 а.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Харченко Сергей Владимирович – кандидат географических наук, старший научный сотрудник кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета Мо-

сковского государственного университета имени М.В. Ломоносова; инженер лаборатории геоморфологии Института географии Российской академии наук;
e-mail: xar4enkkoff@yandex.ru

Казakov Станислав Геннадьевич – кандидат географических наук, доцент кафедры географии Курского государственного университета;
e-mail: kazaks@rambler.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergey V. Kharchenko – PhD in Geographical Sciences, Senior Researcher of the Department of Geomorphology and Palaeogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University; Engineer of the Laboratory of Geomorphology, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences;
e-mail: xar4enkkoff@yandex.ru

Stanislav G. Kazakov – PhD in Geographical Sciences, Assistant Professor of the Department of Geography, Kursk State University;
e-mail: kazaks@rambler.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Харченко С.В., Казаков С.Г. Спектральные характеристики рельефа суши в задачах его автоматизированной классификации (на примере Южной Америки) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 4. С. 39–49.

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-4-39-49

FOR CITATION

Kharchenko S., Kazakov S. The Spectral Landform Signatures for Automatic Terrain Classification (on the Example of South America). In: *Bulletin of the Moscow Region State University, Series: Natural Sciences*, 2018, no. 4, pp. 39–49.

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-4-39-49