

DOI:10.17308/978-5-9273-3693-7-2023-309-311

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ МЕТРИК ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ФОРМЫ ЛЕСОВ (НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕГО ПООСКОЛЬЯ)**THE USE OF LANDSCAPE METRICS FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE SHAPE OF FORESTS (ON THE EXAMPLE OF THE UPPER PART OF THE OSKOL BASIN)**Украинский П.А.
Ukrainskiy P.A.

e-mail: pa.ukrainski@gmail.com

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Аннотация. Для территории Верхнего Поосколья по космическому снимку со спутника Sentinel-2 выполнено картографирование лесов. На основе векторного слоя лесов в программе VecLI рассчитаны четыре метрики формы: CIRCLE (индекс описывающей окружности), FRAC (индекс фрактальной размерности), PARA (отношение периметра к площади), SHAPE (индекс формы). Эти метрики характеризуют степень сложности формы лесов. Для каждой метрики создана картосхема, показывающая в генерализованном виде как меняется форма лесов на территории Верхнего Поосколья. По этим картосхемам описаны пространственные тенденции в изменении метрик формы лесов. Территория Верхнего Поосколья разделена на пять районов. В двух из них леса имеют более простую форму, в трех – более сложную.

Abstract. For the territory of the Upper Pooskolie, according to a satellite image from the Sentinel-2 satellite, forest mapping was carried out. Based on the forest vector layer, four shape metrics were calculated in the VecLI program: CIRCLE (circle index), FRAC (fractal dimension index), PARA (perimeter to area ratio), SHAPE (shape index). These metrics characterize the degree of complexity of the forest shape. For each metric, a map has been created showing in a generalized form how the shape of forests in the Upper Pooskolie is changing. According to these maps, spatial trends in the change in forest shape metrics are described. The territory of the Upper Pooskolie is divided into five districts. In two of them, forests have a simpler form, in three - more complex.

Ключевые слова: леса, форма, ландшафтные метрики, Верхнее Поосколье, VecLI, Sentinel-2, spatstat.

Keywords: forests, shape, landscape metrics, Upper Pooskolie, VecLI, Sentinel-2, spatstat.

При изучении состояния лесов в рамках ландшафтных исследований наибольшее внимание уделяется площади лесов и ее изменению в историческом прошлом. Также в настоящее время популярным направлением стало изучение фрагментированности лесов и ее количественная оценка. Форма лесов вне контекста фрагментированности изучается редко. Но она может быть может быть отдельным предметом исследования. Форма лесов обуславливается сочетанием природных (ландшафтная приуроченность и сукцессионные процессы) и антропогенных (вырубка лесов и лесонасаждение) факторов. Поэтому она представляет интерес как отражение уникального для конкретной территории сочетания этих факторов [4]. В качестве исследуемой территории для демонстрации методики количественного описания формы лесов было выбрано Верхнее Поосколье. Для него, как для части лесостепной зоны, характерен островной характер лесов [2] и значительное сокращение их площади в процессе хозяйственного освоения [1]. Под Верхним Пооскольем в этой работе понимается часть бассейна реки Оскол, простирающаяся с севера на юг от водораздела Оскола и Сосны до устья реки Халань. Верхнее Поосколье находится на территории двух областей – Белгородской и Курской. В большинстве работ, где в качестве исследуемой территории обозначено Верхнее Поосколье, фактически речь идет либо о курской его части [3], либо о белгородской [5]. Здесь Верхнее Поосколье рассматривается целиком, без разделения по административным границам областей.

Исследование формы лесов состоит из трех этапов: картографирование лесов, расчет ландшафтных метрик, картографическая визуализация ландшафтных метрик. На первом этапе для картографирования лесов Верхнего Поосколья использовался космический снимок со спутника Sentinel-2 за 24 августа 2022 года. По нему в программе ArcGIS 10.5 были отвекторизованы все леса с площадью не менее 1 га. Части леса, разделенные асфальтированной или железной дорогой, векторизовались при этом как отдельные объекты. На втором этапе в программе VecLI 2.6.0 [11] был выполнен расчет ландшафтных метрик. В отличие от программы FRAGSTAT, которая чаще всего используется для расчета ландшафтных метрик [8], VecLI позволяет делать расчет на основе векторных, а не растровых слоев. Это позволяет избежать огрубления результатов расчетов, которое наблюдается при использовании растровых данных и зависит от размера пикселя [6, 10]. Для количественного описания формы лесов использовались четыре метрики: CIRCLE (индекс описывающей окружности), FRAC (индекс фрактальной размерности), PARA (отношение периметра к площади), SHAPE (индекс формы). Эти метрики описывают степень сложности формы. Чем меньше значение метрик, тем форма проще, компактнее. Чем больше значения метрик, тем форма сложнее. Метрика формы CONTIG (индекс смежности), имеющаяся в программе FRAGSTAT, отсутствует в наборе ландшафтных метрик VecLI. Здесь и далее для обозначения ландшафтных метрик используются акронимы, принятые в программе FRAGSTAT. Так как именно с появлением программы FRAGSTAT началось широкое внедрение и популяризация использования ландшафтных метрик, то используемая в ней терминология стала общеупотребительной. Используемые метрики формы рассчитываются для каждого отдельного леса. Форма лесов на всей ис-

Таблица. Описательная статистика метрик формы для лесов Верхнего Поосколья

Показатели описательной статистики	Метрики			
	CIRCLE	FRAC	PARA	SHAPE
Среднее	0,69	1,10	0,03	1,82
Медиана	0,71	1,09	0,03	1,67
Стандартное отклонение	0,15	0,05	0,02	0,63
Коэффициент вариации	4,72	22,44	1,96	2,89
Минимум	0,18	1,01	0,002	1,04
Максимум	0,97	1,29	0,10	6,81

следуемой территория характеризуется через описательную статистику этих метрик. Разброс значений ландшафтных метрик формы лесов в Верхнем Поосколье представлен в таблице. Наиболее простым способом картографической визуализации является отображение лесов, цвет которых передает значения ландшафтных метрик каждого леса. Но в таком виде результаты плохо воспринимаются. Восприятию мешает разная площадь лесов и неоднородность их распределения в пространстве. Поэтому исходные данные нужно агрегировать и генерализировать, что было сделано в этой работе с помощью создания растровых слоев ландшафтных метрик.

Для создания растровых слоев исходный векторный полигональный слой лесов был преобразован в векторный точечный слой (центроиды объектов). Далее в среде для статистических вычислений R [9] с использованием дополнительного пакета spatstat [7] была выполнена сглаживающая интерполяция с радиусом сглаживания 5 км. При интерполяции применялась граничная коррекция. Полученные результаты представлены на картах метрик формы лесов Верхнего Поосколья (рис. 1).

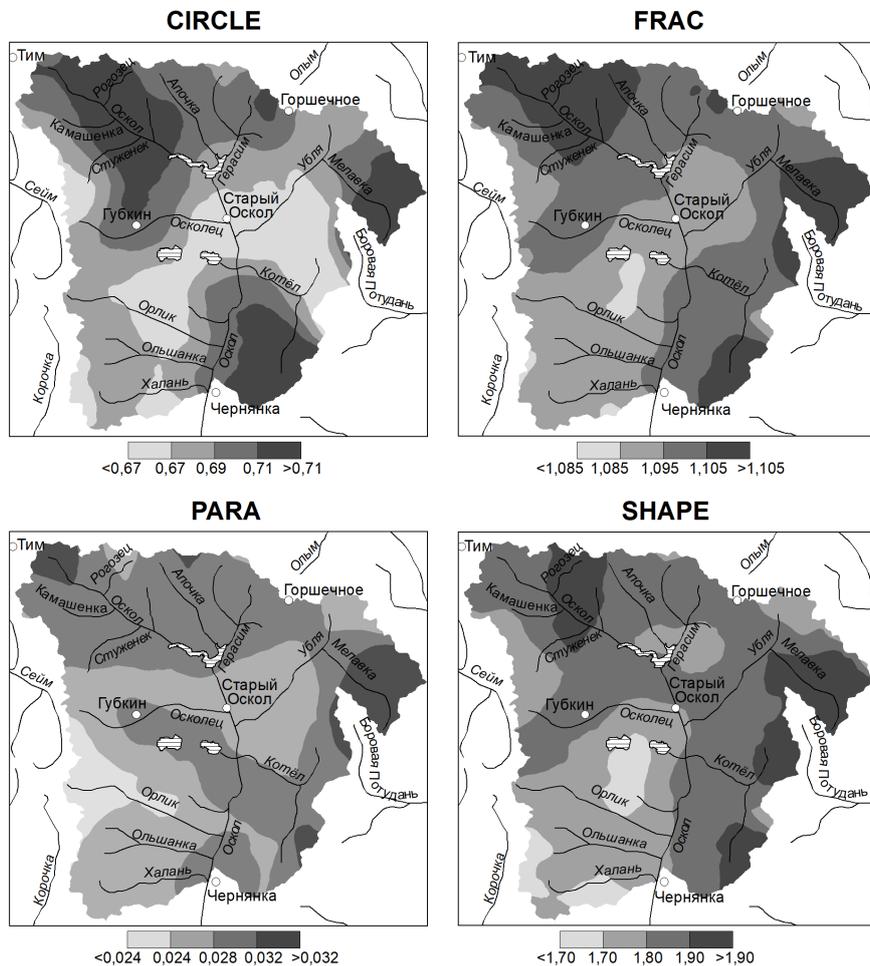


Рис. 1. Значения ландшафтных метрик формы лесов на территории Верхнего Поосколья

Значения всех четырех метрик распределены в пространстве схожим образом. Вся территорию Верхнего Поосколья по значениям этих метрик можно разделить на пять относительно однородных районов. Ниже по тексту эти районы перечисляются и нумеруются в направлении движения по часовой стрелке, начиная с северо-западного угла Верхнего Поосколья. При перемещении в этом направлении происходит чередование частей с повышенными и пониженными значениями метрик формы лесов. То есть чередуются территории с лесными массивами сложной и простой формы.

Первый район находится на севере Верхнего Поосколья. Он охватывает бассейны притоков Оскола, которые впадают в него выше плотины Старооскольского водохранилища (Герасим, Апочка, Дорожная, Рогозец, Камышенка, Стуженек). Для этой территории характерны повышенные значения

всех четырех метрик, что указывает на сложную форму лесов. Сложность формы связана с преобладанием на территории района байрачных лесов. Их форма определяется формой овражно-балочной сети, а потому бывает сильно расчлененной.

Второй район – это средняя и верхняя часть бассейна реки Мелавки (левый приток Убли). Из всех выделенных пяти районов этот район наименьший по площади и наименее лесистый. Примечательно на том, что на его территории отмечаются самые высокие в Верхнем Поосколье значения ландшафтных метрик формы лесов. Связаны такие значения с приречными лесами, протягивающимися вдоль Мелавки. Они имеют небольшую ширину, протяженность, многократно превышающую ширину, и повторяют изгибы реки. Суммарная площадь этих лесов небольшая, но по количеству объектов они здесь преобладают. В силу особенностей использованной методики картографической визуализации многочисленность (относительно общего числа лесов в бассейне Мелавки) таких лесов обеспечивает выделение отдельного района с максимальными значениями ландшафтных метрик.

Третий район – охватывает верховья Убли (кроме бассейна Мелавки) и междуречье Герасима, Убли и Котла. Для района характерны пониженные значения ландшафтных метрик формы. Здесь расположены наиболее крупные массивы лесов во всем Верхнем Поосколье. Это приуроченные к зандровому и приречно-террасовому типу местности сосновые леса, имеющие компактную форму.

Четвертый район – это левобережная часть Верхнего Поосколья, расположенная к югу от реки Котел. Для него характерны повышенные значения ландшафтных метрик формы. Такие значения связаны не только с распространением байрачных лесов, но и с сосновыми лесами на левобережной террасе Оскола. Усложняет форму сосновых лесов здесь то, что они фрагментированы железными и автомобильными дорогами, проходящими параллельно Осколу.

Пятая часть – это правобережная часть Верхнего Поосколья, охватывающая бассейны Оскольца, Чуфички, Дубенки, Орлика, Ольшанки и Халани. Значения ландшафтных метрик формы лесов на этой территории наименьшие для всего Верхнего Поосколья. Здесь в заметном количестве представлены нагорные и приводораздельные дубравы, которые имеют более простую и компактную форму, чем байрачные леса. Форма многих приводораздельных лесов упростилась после хозяйственного освоения территории. После частичной вырубki этих лесов во многих местах они получили прямые границы с небольшим числом углов. Такая форма была удобной с точки зрения организации землепользования.

Выявленные тенденции в изменении значений метрик формы лесов на территории Верхнего Поосколья являются отображением того как сочетаются ландшафтные особенности территории, история ее освоения и особенности современных процессов антропогенной трансформации ландшафтов. А форма лесов является одним из показателей, изучение которых позволяет выявить дополнительные нюансы взаимодействия этих факторов развития ландшафта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2023-0011.

Литература

1. Мельник, А. А. Трансформация ландшафтов Верхнего Поосколья в историческое время // Региональные ландшафтные исследования: научные записки кафедры физической географии и оптимизации ландшафта Воронежского государственного университета. – Воронеж: Истоки, 2018. – Вып. 2. – 2018. – С. 63-66.
2. Михно, В. Б. Ландшафтный аспект произрастания, дифференциации и структурной организации дубрав среднерусской лесостепи / В. Б. Михно // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2014. – № 1. – С. 9-17.
3. Полуянов, А. В. Ключевые степные территории Верхнего Поосколья и перспективы воссоздания в Курской области сети степных ООПТ / А. В. Полуянов, Н. И. Золотухин // Степной бюллетень. – 2014. – № 41. – С. 18-23.
4. Украинский, П. А. Изменение формы лесов на Среднерусской возвышенности в субмеридиональном направлении (количественное описание на основе ландшафтных метрик) / П. А. Украинский // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2022. – Т. 28. – № 1. – С. 471-479.
5. Щекало, М. В. Некоторые итоги изучения сообществ мелких млекопитающих байрачных дубрав верхнего Поосколья / М. В. Щекало, П. А. Украинский // Биологический вид в структурно-функциональной иерархии Биосферы: Сборник материалов XV Международной научно-практической экологической конференции. – Белгород: Издательский дом "Белгород", 2018. – С. 147-151.
6. A comparison of vector and raster GIS methods for calculating landscape metrics used in environmental assessments / T. G. Wade, J. D. Wickham, M. S. Nash, A. C. Neale, K. H. Riitters, K. B. Jones // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 2003. – V. 69. – № 12. – P. 1399-1405.
7. Baddeley, A. Spatial Point Patterns: Methodology and Applications with R / A. Baddeley, E. Rubak, R. Turner. - London: Chapman and Hall/ CRC Press, 2015. - 828 p.
8. McGarigal, K. FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps / K. McGarigal, S. A. Cushman, E. Ene. – Amherst: University of Massachusetts, 2012. - URL: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> (accessed 30.03.2023).
9. R Core Team. The R project for statistical computing / R Core Team. - Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2020. - URL: <https://www.R-project.org/> (accessed 30.03.2023).
10. Solon, J. The comparison of landscape metrics in different scales - the raster and vector approaches / J. Solon // Ekologia (Bratislava). – 2004. – V. 23. – P. 320-332.
11. VecLI: A framework for calculating vector landscape indices considering landscape fragmentation / Y. Yao, T. Cheng, Z. Sun, L. Li, D. Chen, Z. Chen, J. Wei, Q. Guan // Environmental Modelling & Software. – 2022. – V. 149. – P. 105325.