

*Бобра Т.В.*

## **ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЛЕСНЫХ БИОЦЕНОЗОВ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ГОРНОГО КРЫМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЛЕСОУСТРОЙСТВА**

Пространственная смена различных типов растительных сообществ (лесных сообществ в частности) является одним из индикаторов изменения ландшафтно-экологических и лесорастительных условий. Выявление, пространственный анализ и картографирование лесных биоценозов представляется особенно важным для организации и проведения лесоустроительных мероприятий. Пространственный анализ рисунка, морфометрических и морфологических показателей лесных биоценозов позволяет определить их место и роль в структуре ландшафта, выявить их соотношение, прогнозировать тенденции изменения. Это дает возможность более объективно подходить к решению задач, связанных с использованием, планированием и обустройством лесных территорий для различных хозяйственных целей и охраны.

Исследование горизонтальной и вертикальной структуры лесных сообществ, пространственный анализ ландшафтно-экологических и лесорастительных условий осуществлялся на основе комплексного подхода: полевых ландшафтно-экологических исследований, дешифрирования и анализа аэрофотоснимков, а также использования аналитических возможностей ГИС-технологий. Применение ГИС-технологий позволило, во-первых, одновременно оперировать достаточно большими объемами пространственно распределенных количественных данных (в виде баз данных) и сопоставлять их (в виде наложения нескольких слоев), во-вторых, интерполировать и экстраполировать полученные на тестовых участках данные на всю исследуемую территорию, в-третьих, автоматизировать некоторые этапы процедуры ландшафтно-экологического картографирования.

Теоретико-методологической основой исследований являются работы А.С. Викторова по изучению рисунка ландшафта [1], Б.В. Виноградова по использованию аэрофотоснимков при анализе пространственно структуры растительного покрова [2, 3], А.Н. Ласточкина по применению качественных и количественных методов при изучении морфологии рельефа [4], И.Г. Черванева по структурному анализу рельефа и автоматизации морфометрических построений [5, 6], Р.О. Радкевич о взаимосвязи таких всеобщих свойств как количество и размер географических объектов в их природных совокупностях [7, 8] и др.

После предварительной подготовки (масштабирование, привязка, выравнивание фотографического тона снимка, первичной классификации и идентификации отображаемых объектов) фотоснимков, была проведена процедура оцифровки, классификации, тематического картографирования по аэрофотоснимкам и анализ полученных контуров с помощью программ: Arc View 3.2a - Spatial Analysis; Map-Info 5.5; ENVI 3.0; HLImage++97.

Используя универсальную дешифровочную шкалу, составленную для природных систем Юго-восточного Крыма [9] были выделены типы лесных сообществ, различающиеся, главным образом, по высоте древостоя, сложности вертикальной структуры и биомассе (при этом каждому выделенному контуру ставился в соответствие определенный диапазон изменения индекса световой плотности аэрофотоснимка, который изменяется от черного – 0 до белого 256). С помощью Arc View 3.2a - Spatial Analysis был осуществлен ряд процедур по построению цифровых моделей пространственной структуры растительных сообществ (рис. 1).

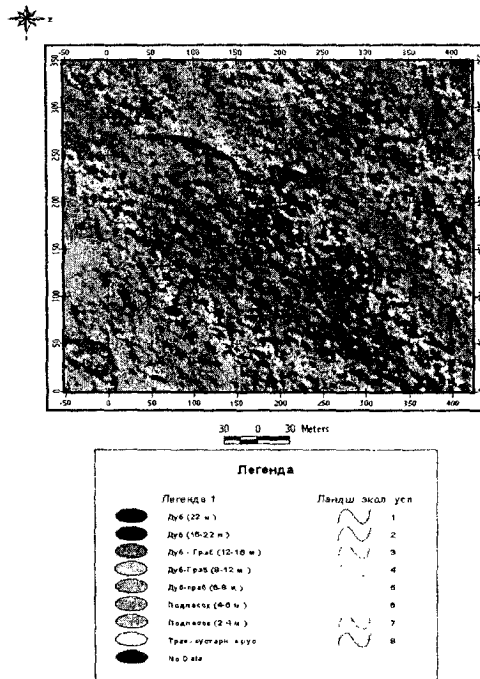


Рис. 1. Типы растительных сообществ по высоте древесно-кустарничкового яруса и сложности вертикальной структуры

Морфологический и морфометрический анализ лесных сообществ осуществлялся на основе ряда карт, полученных в ходе дешифрирования аэрофотоснимков, и

программы HImage++97. Для пространственного анализа использовался ряд количественных показателей:

ParAr - площадь родительского (внешнего) контура (Parent Area). В большинстве случаев это площадь границы.

TotAr - полная площадь контура (Total Area). Это - полная площадь контура, включая площади граничных областей.

ChAr - дочерний контур. Площадь всех дочерних (внутренних) контуров, принадлежащих к контуру родительского комплекса. Это значение включает все уровни дочерних контуров родительском комплексе.

RRP - (ROI Ratio(P)). Отношение (коэффициент) площади границы к площади комплекса, который она оконтуривает.

RRT - отношение (коэффициент) (T)(ROI Ratio(T)). Отношение (коэффициент) общей площади анализируемого изображения к площади конкретного выдела.

XCP - X Centroid (P). Центр массы относительно x оси изображения (образа) для родительского контура. Начало координат изображения (образа) (0,0) расположено в нижнем левом углу.

YCP - Y Centroid (P). Центр массы относительно оси y изображения (образа) для родительского контура. Начало координат изображения (0,0) расположено в нижнем левом углу.

#Child - число дочерних контуров (Number Of Children). Общее количество дочерних контуров, принадлежащих к родительскому контуру. Этот показатель учитывает все уровни дочерних контуров.

ChRat - Child Ratio (коэффициент) - отношение площади дочерней области к общей площади родительского контура. Рассчитывается по формуле:

$$\text{Child Ratio} = \text{Child Area} / \text{Total Area}$$

GrAv(P) - Gray Average(P). Среднее число полутонов для родительского контура на черно-белом аэрофотоснимке (P). Если изображение цветное, это значение - яркость.

Gr(T) - общее количество полутонов (P) (Gray Total(P)). Полная полутоновая интенсивность для родительского контура. Если изображение цветное, это значение - яркость.

Perim - периметр (Perimeter). Периметр контура.

X - периметр (X Perimeter). Величина изменения длины периметра относительно оси x. Проекция на ось X периметра контура.

Yperim - Y Периметр (Y Perimeter). Величина изменения длины периметра относительно оси y. Проекция на ось Y периметра контура.

Round - Roundness (степень округлости выделенных контуров). Коэффициент округлости контура может принимать значения от 0 (совершенно не округлый контур) до 1 (абсолютной окружности). Круг имеет коэффициент округлости 1. Вычисления производились по формуле:

$$\text{Roundness} = 4\pi \times \text{TotalArea} / \text{Perimetr}^2$$

PPDA - общий коэффициент контурности для каждого выдела. Рассчитывается по формуле:

$$PPDA = Perimetr^2 / TotalArea$$

X Diff - ширина контура, измеренная по оси X.

Y Diff - ширина контура, измеренная по оси Y.

BArea - Box Area. Область самого маленького прямоугольника, который может описать контур.

BRP - Box Ratio(P). Отношение (коэффициент) площади контура к площади описывающего прямоугольника (блока).

AvRad - Average Radius. Средний радиус для контура. Радиус проводится от центра контура (X, Y Centroid) к его периметру.

MaxR - Max Radius. Максимальный радиус контура. Радиус проводится от центра контура (X, Y Centroid) к его периметру и представляет собой расстояние от центроидной точки ландшафтного контура к самому дальнему пункту на периметре выдела.

MinR - Min Radius. Минимальный радиус выдела. Радиус проводится от центра выдела (X, Y Centroid) к его периметру и представляет собой расстояние от центроидной точки выдела к самому близкому пункту периметра.

MaxRAn - Maximum Radius Angle. Угол от горизонтальной строки, проходящей через центроид контура к линии проходящей через центроид контура и точки определяющей максимальный радиус контура.

MinRAn - Minimum Radius Angle. Угол от горизонтальной линии, проходящей через центроид контура, к линии, проходящей через центроид контура и точки определяющей минимальный радиус контура.

DifRAn - Difference Radius Angle. Различие между максимальным углом радиуса и минимальным углом радиуса. Вычисляется по формуле:

$$\text{Difference Radius Angle} = \text{Maximum Radius Angle} - \text{Minimum Radius Angle}$$

RRat - Radius Ratio. Отношение (коэффициент) максимального угла радиуса к минимальному углу радиуса. Вычисляется по формуле:

$$\text{Radius Ratio} = \text{Minimum Radius Angle} / \text{Maximum Radius Angle}$$

Морфометрические и морфологические показатели рассчитывались для контуров (разных типов растительных сообществ), представленных на рисунке 1. В таблице 1 (фрагмент) приведен результат расчетов морфометрических и морфологических показателей пространственной структуры растительных сообществ (тестовый участок Сурб-Хач, Старый Крым). Рисунок 2 отражает принципиальную схему, поясняющую механизм расчета основных морфометрических и морфологических показателей.

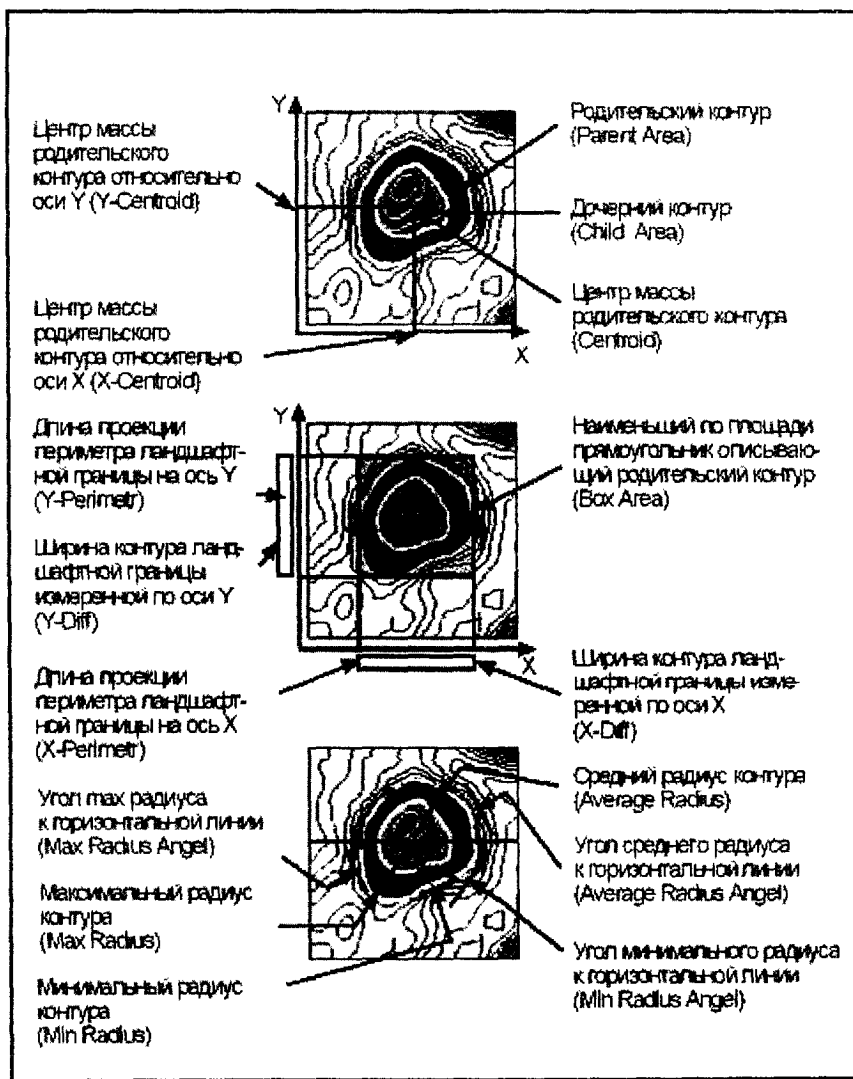


Рис. 2. Принципиальная схема механизма расчета морфометрических и морфологических показателей растительных сообществ

Таблица (фрагмент)

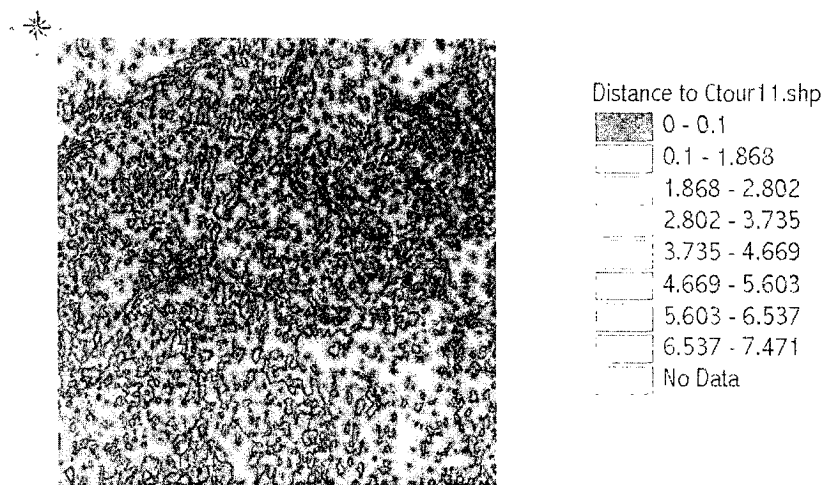
Морфометрические и морфологические показатели растительных сообществ

	Total Area	Parent Area	Child Area	ROI Area	ROI Ratio(P)	ROI Ratio(T)	#Children
Контур 0	55461	43644	11817	87600	0,498219192	0,633116424	126
Контур 0.1	1268	1243	25	87600	0,014189498	0,014474886	1
Контур 0.1.1	25	25	0	87600	0,000285388	0,000285388	0

## Продолжение таблицы

Контур 0 2	36	36	0	87600	0,000410959	0,000410959	0
Контур 0 3	24	24	0	87600	0,000273973	0,000273973	0
Контур 0 4	58	58	0	87600	0,0006621	0,0006621	0
Контур 0 5	77	77	0	87600	0,000878995	0,000878995	0
	<b>Child Ratio</b>	<b>Perimeter</b>	<b>Roundness</b>	<b>PPDA</b>	<b>Xdiff</b>	<b>YDiff</b>	<b>AvgRadius</b>
Контур 0	0,213068649	2421,765625	0,118831977	105,7490692	297	268	139,4088593
Контур 0 1	0,019716088	673,269104	0,035152137	357,48526	80	65	23,73859978
Контур 0 1 1	0	20,48528099	0,748627901	16,7858696	6	6	2,554754257
Контур 0 2	0	32,4852829	0,428685814	29,31370735	6	9	3,225802422
Контур 0 3	0	26,97056198	0,41461128	30,30880165	8	7	2,837801933
Контур 0 4	0	44,87005615	0,36201337	34,71244812	14	7	4,365752697
Контур 0 5	0	62,04162979	0,251382023	49,98913956	12	21	6,233511448
		<b>MaxRadius</b>	<b>MinRadius</b>	<b>MaxRAngle</b>	<b>MinRAngle</b>	<b>DiffRAngle</b>	<b>RRatio</b>
Контур 0		211,3517914	79,43766022	48,77788925	-57,4643898	106,2422791	1,178082705
Контур 0 1		48,51575089	2,298473597	21,13466835	-40,5052986	61,63996887	-1,91653347
Контур 0 1 1		3,938939333	0,79698962	34,65832901	-17,5258007	52,18412781	-0,505673587
Контур 0 2		6,004368305	0,524106622	67,70642853	-57,9952545	125,701683	-0,856569409
Контур 0 3		6,013006687	0,95197165	46,68468094	-23,1985893	69,88327026	-0,496920794
Контур 0 4		7,681711674	1,038069129	22,70887756	-85,2360687	107,9449463	-1,753424883
Контур 0 5		11,6745224	0,436564475	56,8932991	-30,3791618	87,27246094	-0,533967316

Используя полученные карты пространственного распределения различных типов растительных сообществ и возможности GIS-технологии Arc View – Spatial Analysis и HImage++97 был рассчитан показатель сомкнутости древесно-кустарникового яруса. Алгоритм состоит в расчете расстояния от центроидной точки каждого ранее выделенного контура до его периферии (границы) с учетом перекрытия крон. Рисунок 3 демонстрирует пространственное изменение сомкнутости лесных сообществ в пределах тестового участка. Показатель сомкнутости меняется от 0 до 10 (полная сомкнутость). Светлым тоном на рисунке отображены лесные сообщества, имеющие для исследуемой территории наибольшую сомкнутость – 7,5.



КС

Рис. 3. Сомкнутость лесных сообществ (тестовый участок Сурб-Хач, Старый Крым)

Интеграция пространственного изменения растительных сообществ по высоте древесно-кустарникового яруса, характеру вертикальной структуры и сомкнутости позволили осуществить зонирование территории, выделив 5 типов лесных экотопов (рис. 4).

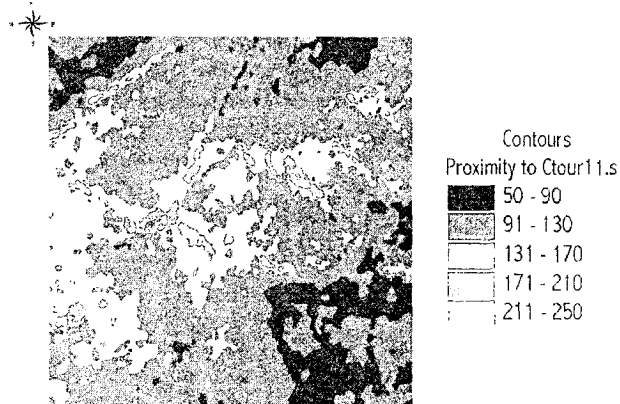


Рис. 4. Пространственная структура лесных сообществ (зонирование территории (тестовый участок Сурб-Хач, Старый Крым) по типам лесных сообществ)

Лесные сообщества с более высоким древостоем, сложной вертикальной структурой и большей биомассой расположены по днищам балок и в нижней части закрытых склонов бассейнов оврагов и балок. В буковых лесах наблюдается наиболее высокая сомкнутость древостоя. Мощность лесной подстилки в этом типе леса составляет 5-10 см, а проективное покрытие травянистого яруса изменяется от 30 до 60%. Скальнодубовые леса имеют тоже высокую сомкнутость древостоя, но меньшую высоту и листовую массу. Проективное же покрытие травянистого яруса гораздо выше и нередко достигает 80-90%.

Наибольшая пространственная дифференциация характеристик наблюдается в пушистодубовых лесных сообществах, занимающих нижний высотный пояс (до 300 м), что объясняется большей расчлененностью рельефа и разнообразием ландшафтно-экологических условий.

### Список литературы

1. Викторов А.С. Рисунок ландшафта. - М.: Мысль, 1986. - 181 с.
2. Виноградов Б.В. Геоботанические границы по дистанционным данным // Геоботаническое картографирование. - Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1978 - С. 22 - 33.
3. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. - М.: Наука, 1984. - 321с.
4. Ласточкин А.Н. Рельеф земной поверхности (Принципы и методы статической геоморфологии). - Л.: Недра, 1991. - 340 с
5. Черванев И.Г. Моделирование и автоматизированный анализ рельефа: Методологические аспекты // Проблемы системно-формационного подхода к познанию рельефа: (Основные направления в развитии геоморфологической теории). - Новосибирск: Наука, 1982. - с.14-21.
6. Черванев И.Г. Структура рельефа и ее анализ// Проблемы системно-информационного подхода к познанию рельефа: (Основные направления в развитии геоморфологической теории). - Новосибирск: Наука, 1982. - с.64-71.
7. Радкевич Р.О. Классы природных морфоструктур и модели организации пространства // Проблемы системно-формационного подхода к познанию рельефа: (Основные направления в развитии геоморфологической теории). - Новосибирск: Наука, 1982. - с.50-64.
8. Радкевич Р.О. К проблеме обобщения морфоструктурных законов и развития теории морфоструктурной динамики // Основные проблемы теоретической геоморфологии. - Новосибирск: Наука, 1985. - С.118-124
9. Бобра Т.В. Ландшафтные границы: подходы к анализу и картографированию. - Симферополь: Тария-Плюс, 2001. - 165 с.