

基于适宜粒度的曹妃甸新区土地利用景观格局分析^①

张 乐, 王观湧, 霍习良, 门明新*

(河北农业大学, 河北保定 071000)

摘 要: 选取适宜粒度是保证准确分析土地利用景观格局的关键。本文以曹妃甸新区为研究区, 应用 RS、GIS 等手段并结合景观指数法, 探讨景观类型比例、景观类型指数以及综合面积损失随分析粒度变化效应, 确定适宜分析粒度, 从景观组成形态以及景观构型两个方面分析曹妃甸新区景观格局。结果表明: 部分景观指数与粒度可拟合为数学函数关系($R^2 > 0.9054$), 并确定适宜分析粒度域(30, 50)和适宜粒度 50 m; 曹妃甸新区土地利用景观类型较为丰富, 但无明显优势类型, 要素分布较为密集, 景观的破碎化程度较高, 各景观类型分布极不均匀, 不利于景观空间格局的维持。

关键词: 适宜粒度; 景观指数; 景观格局分析; 曹妃甸新区

中图分类号: X171

景观格局通常从景观的结构组成和空间配置两方面进行分析, 且具有较强的尺度依赖性^[1-2]。尺度是指空间粒度的变化, 且一般对应于图像的分辨率或选择像元大小^[3-4]。随着景观格局研究的深入, 越来越多的学者关注粒度选取对景观格局分析的影响^[5-7]。根据研究表明, 粒度域一部分景观指数存在线性或是非线性关系^[8-9]。因此, 在分析景观格局时, 选取适宜的粒度进行栅格单元转换非常重要。孟陈等^[10]、杨丽等^[11]、王新明等^[12]、侯绍洋和李贻学^[13]以及布仁仓等^[14]对于景观指数粒度效应的研究主要集中在两个方面: 测度随粒度变化的景观指数规律和探讨景观指数与粒度变化的内在关系, 确定适宜的分析粒度。本次研究在综合上述两方面的基础上进行了适当的转化。

本文以曹妃甸新区为研究区, 综合景观类型比例、景观类型指数, 分析粒度选取对景观指数的影响, 同时统计和计算景观整体以及各类型土地随粒度变化的损失面积, 最后综合确定曹妃甸新区景观格局分析的适宜粒度。在适宜粒度分析下, 从景观组成形态以及景观构型两个方面分析曹妃甸新区景观格局, 阐述研究区的土地利用状况, 为未来该地区的土地资源可持续发展、构建土地利用景观格局以及土地资源综合管理提供科学参考。

1 研究区概况

曹妃甸新区位于河北省唐山市南部沿海, 地理坐标 $38^{\circ}54' \sim 39^{\circ}26'N$, $118^{\circ}70' \sim 118^{\circ}54'E$, 总面积 $1\,943.72\text{ km}^2$ 。现管辖“两区一县一城”, 即曹妃甸工业区、唐海县、南堡经济开发区和曹妃甸新城。截止到 2007 年, 曹妃甸新区人口 22 万, 主要集中在唐海、南堡开发区和曹妃甸工业区。研究区气候属东部季风区暖温带半湿润气候, 四季分明、雨热同季, 年平均气温 10.8°C , 春夏两季气温比同纬度地区偏低。区域主要分布耕地、林地、盐田、居民点及工矿用地、港口码头、沿海滩涂、淡水水域及湿地、未利用地等土地利用类型。新区具有丰富的水生动植物资源, 为以水禽为主的鸟类提供了丰富的食物来源和筑巢、隐藏等天然的活动场所和栖息环境。

2 数据来源与处理

2.1 基础资料获取与处理

基于成像时间为 2010 年 8 月曹妃甸新区 SPOT5 影像数据, 分辨率为 5 m。用几何精校正及配准的 1:50 000 土地利用现状图及其矢量化数据, 对影像进行配准。采用遥感多波段数据融合获取土地利用信息, 通过相关性及统计分析, 确定最佳波段影像组合

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(2005CB121107)和国土资源部公益性行业科研专项(201311060)资助。

* 通讯作者(menmingxin@sina.com)

作者简介: 张乐(1989—), 女, 河北抚宁人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地利用及规划。E-mail: zhangle0802@163.com

为 TM3(B)、4(G)、7(R) 合成假彩色方案。根据建立的土地利用地表景观解译标志, 利用 Envi 的分类监督功能解译出 2010 年曹妃甸新区土地利用现状图。参照《全国土地分类》, 将研究区土地利用分为耕地、林地、未利用地、淡水水域及湿地、盐田、居民点及工矿用地、沿海滩涂以及港口码头等 8 种类型。在遥感影像分类结果上随机选取 100 个检查点, 通过实地调查、参考同年的土地利用图和地形图获取检查点的实际土地利用类型, 然后在 ENVI 4.7 软件的支持下计算混淆矩阵和 Kappa 指数, 对遥感影像的解译结果进行精度检验, 得出遥感影像解译精度评价结果达到 85% 以上, 满足本文研究的需要。

2.2 粒度变换

以 ArcGIS 9.3 为分析平台, 将解译 2010 年曹妃甸新区土地利用景观类型专题图转为用于 Fragstats 软件计算的栅格图, 为获取最佳分析粒度避免误差影响, 粒度选取标准为 10 ~ 500 m, 按照 10 m 粒度逐渐增加, 且不同粒度均由初始矢量数据转换, 共生成

50 种不同粒度标准的栅格图。

3 适宜分析粒度的确定

3.1 景观指数粒度效应分析

3.1.1 景观类型比例 耕地和林地比例在 10 ~ 220 m 粒度间变化较平稳, 而超过 220 m 粒度之后出现大幅波动; 港口码头、沿海滩涂以及未利用地比例均在 150 m 粒度处出现较大变化, 随着粒度的增加变化曲线呈无规律的上升或下降; 居民点及工矿用地、盐田、淡水水域及湿地的比例分别在 180、160、190 m 处出现波动(图 1)。以上现象说明, 不同景观类型比例对粒度变化的响应存在不同步性; 同时, 景观类型比例对粒度变化具有强敏感性, 且敏感性不一致。选取粒度较小时, 各个地类对粒度变化基本无响应; 随着粒度的增大, 呈现无规律上下波动。粒度变化会对研究区景观格局的分析产生较大的影响, 因而对景观格局进行分析时需选择合适的粒度。

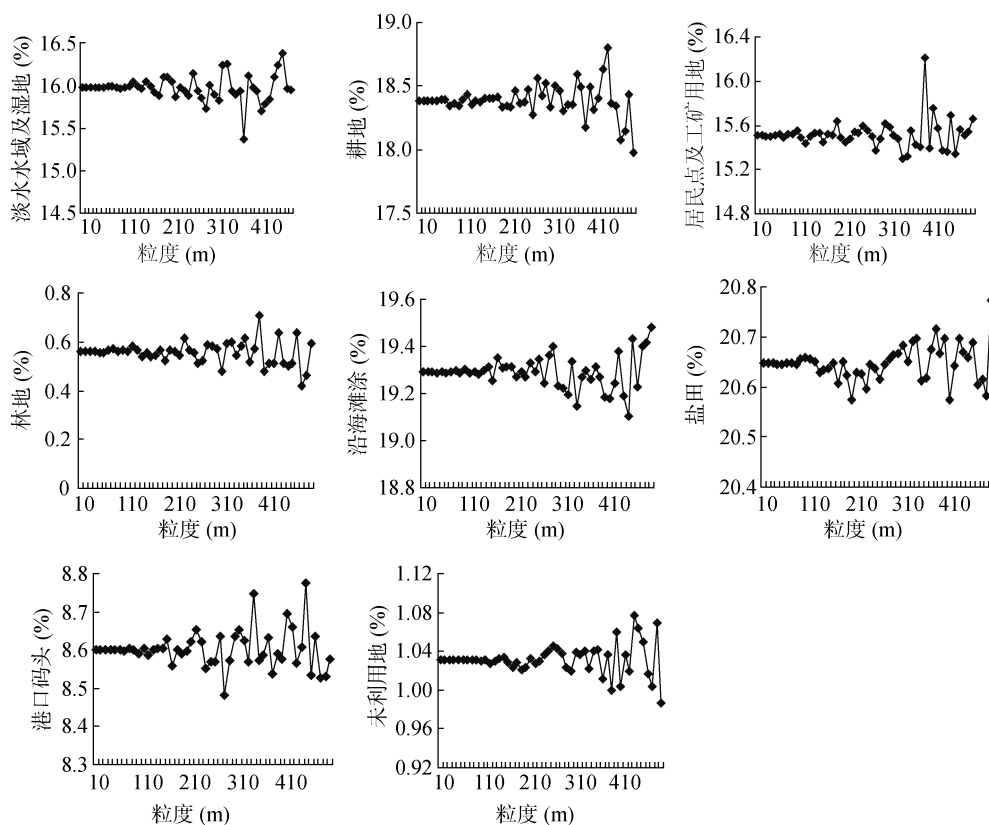


图 1 不同粒度下曹妃甸新区各土地利用类型景观比例

Fig. 1 Land-use landscape type proportions with different sizes in Caofeidian New District

3.1.2 景观指数随粒度变化的特征 选取景观水平上具有代表性的 24 个景观指数指标^[15], 应用 Fragstats 软件计算不同粒度景观指数, 以粒度为横坐

标, 不同景观类型指数为纵坐标, 绘制曹妃甸新区土地利用景观指数粒度响应图。通过观察与比较 24 个景观指数对粒度变化的响应图, 筛选出 16 个对粒度

变化敏感的景观指数。24 个景观指数为：景观面积 TA、斑块数量 NP、斑块密度 PD、最大斑块指数 LPI、总边界长度 TE、边缘密度 ED、景观形状指数 LSI、平均斑块面积 AREA_MN、面积加权平均斑块面积 AREA_AM、斑块面积变异系数 AREA_CV、平均形状指数 SHAPE_MN、面积加权平均形状指数 SHAPE_AM、平均斑块分维数 FRAC_MN、面积加权平均斑块分维数 FRAC_AM、周长面积比变化范围 PARA_RA、周长面积分维 PAFRAC、蔓延度 CONTAG、斑块凝聚度 COHESION、景观分裂指数 DIVISION、分离度 SPLIT、斑块丰富度 PR、香农多样性指数 SHDI、香农均匀度指数 SHEI、聚合度 AI；筛选出的 16 个景观指数为：景观面积 TA、斑块数量 NP、斑块密度 PD、最大斑块指数 LPI、总边界长度 TE、边缘密度 ED、景观形状指数 LSI、平均斑块面

积 AREA_MN、斑块面积变异系数 AREA_CV、面积加权平均形状指数 SHAPE_AM、平均斑块分维数 FRAC_MN、面积加权平均斑块分维数 FRAC_AM、斑块凝聚度 COHESION、景观分裂指数 DIVISION、香农多样性指数 SHDI、香农均匀度指数 SHEI。

研究区的各种景观指数对粒度的变化,都存在明显的响应,变化特征表现为线性或是非线性,且绝大多数景观指数随粒度变化的响应曲线可以拟合为一定的数学函数。本文对筛选出的 16 个景观指数随粒度变化的响应曲线进行数学函数拟合,其中 9 个景观指数的函数拟合效果较好, F 检验响应的概率 P 值为 0.000,小于 0.05,所以认为各景观指数与粒度存在相关关系(表 1)。部分指数的拟合效果很不理想,其原因可能是选取的粒度不合适或是景观指数本身就无规律性,如多样性指数、香农均匀度指数等。

表 1 曹妃甸新区景观指数随粒度变化拟合函数
Table 1 Curve fitness of landscape indices with changing grain size in Caofeidian New District

景观格局指数	拟合函数	函数模型	R^2	F	Sig.
斑块数量 NP	指数函数	$y = 3\,564.7e^{-0.05x}$	0.976 2	344.765	0.000
斑块密度 PD	指数函数	$y = 1.770\,4e^{-0.049\,5x}$	0.976 1	306.837	0.000
总边界长度 TE	三次函数	$y = -62.232x^3 + 6\,638.2x^2 - 257\,974x + 0.01$	0.995 5	6\,769.753	0.000
边缘密度 ED	三次函数	$y = -0.000\,3x^3 + 0.033\,5x^2 - 1.303\,9x + 28.949$	0.995 5	6\,677.111	0.000
景观形状指数 LSI	三次函数	$y = -0.000\,4x^3 + 0.037\,5x^2 - 1.462\,2x + 34.948$	0.995 5	6\,795.036	0.000
平均斑块面积 AREA_MN	三次函数	$y = -0.001\,1x^3 + 0.235\,8x^2 + 1.270\,9x + 54.248$	0.996 0	1\,727.864	0.000
斑块面积变异系数 AREA_CV	指数函数	$y = 1\,373.8e^{-0.02x}$	0.973 7	239.719	0.000
面积加权平均斑块分维数 FRAC_AM	指数函数	$y = 1.165\,2e^{-0.000\,6x}$	0.905 4	178.467	0.000
斑块凝聚度 COHESION	线性函数	$y = -0.089\,7x + 99.278$	0.953 9	994.334	0.000

由图 2 综合分析筛选出的 16 种景观指数,随着粒度不断增加,景观指数呈现出 3 种变化趋势。第一种景观指数对粒度变化的响应呈现规律性变化,且整个效应曲线拐点不明显。包括随粒度增加景观指数呈下降趋势的总边界长度、边缘密度、景观形状指数、斑块凝聚度以及呈上升趋势平均斑块面积。上述现象的存在是由于随着研究粒度的增加,栅格单元不断变化,改变了景观斑块边界的复杂程度,同时,尺度的过滤作用使小斑块消失或合并从而导致景观指数数值发生一系列的变化。第二种景观指数对粒度变化的效应曲线呈现明显拐点。包括斑块数量、斑块密度、斑块面积变异系数、平均斑块分维数、面积加权平均形状指数以及面积加权平均斑块分维数均呈现随粒度增加先上升后下降趋势。其中斑块数量、斑块密度、面积加权平均形状指数、面积加权平均斑块分维数以及斑块面积变异系数 5 个景观指数均随着粒度的增加,效应曲线具有明显的拐点,主要拐点在 30、60 m 处,在 <30 m 粒度时,呈现快速上升趋势,处于 30~60 m 粒度内则景观指数变化相对平缓,无剧烈运动。

>60 m 粒度时斑块数量、斑块密度以及斑块面积变异系数平稳下降且并无明显拐点,面积加权平均斑块分维数和面积加权平均形状指数在 >60 m 粒度后呈下降趋势,但有轻微的上下浮动,但总体变化相对平缓。平均斑块分维数在 <60 m 粒度时变化剧烈,且在 20~60 m 粒度时剧烈下降,60 m 粒度时出现明显拐点,之后随着粒度的增加景观指数趋于平稳。通过分析上述 6 种与研究区面积相关性较高的景观指数,在 60 m 粒度处均产生跃变,但同时也看到部分景观指数在 30~60 m 粒度间变化平稳,因为景观指数随着粒度的增加,研究区内许多细小的斑块(如分散的居民点、小面积的耕地)被吞并融合成为大的斑块,致使景观指数发生变化。第三种景观指数对粒度变化的响应无规律变化。包括景观面积、最大斑块指数、香农多样性指数、香农均匀度指数以及景观分裂指数。其中景观面积、香农多样性指数以及景观分裂指数在 10~180 m 粒度内变化较为平稳,>180 m 粒度时出现上下剧烈波动;最大斑块指数和香农均匀度在 10~50 m 和 60~120 m 粒度间变化平稳,在>120 m 粒度时开

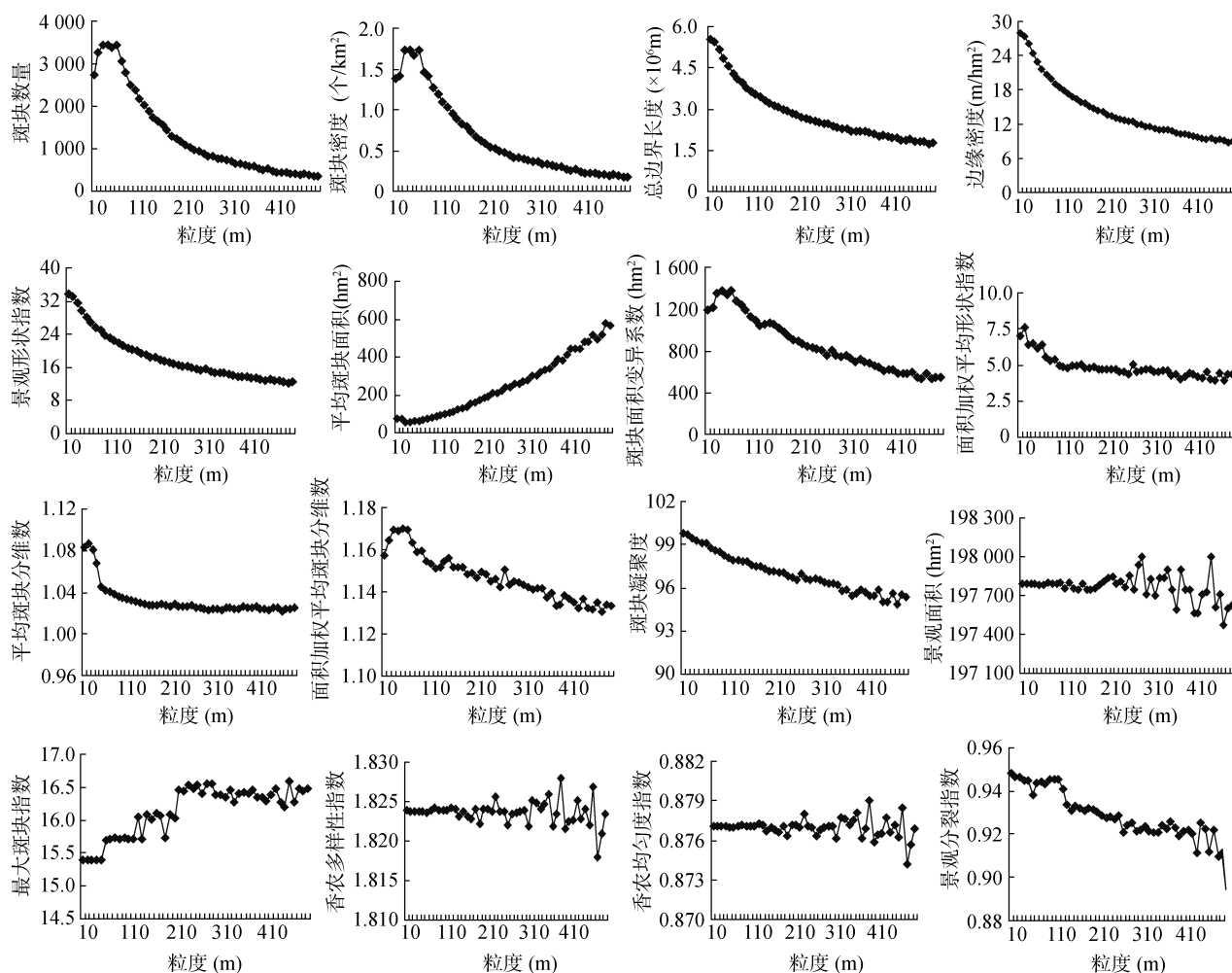


图 2 曹妃甸新区景观指数粒度效应

Fig. 2 Grain effect curves of landscape indices in Cao Feidian New District

始呈现上升或下降趋势,且上升下降趋势出现明显拐点,随粒度变化不平稳。

通过景观指数的粒度效应确定景观格局分析的适宜粒度,不同景观类型指数随粒度变化存在不同的拐点,通过这些拐点划分粒度域^[16-17]。在粒度域中景观指数随粒度变化较为平缓,而在不同粒度域之间的过渡部分较为波动剧烈^[18]。进行景观格局分析的适宜粒度取值范围应选取第一粒度域,并确定适宜粒度大小,这是由于粒度选取较大时将致使农村点、较小耕地斑块等景观信息丢失,选取较小粒度则能避免造成景观特征变化^[19]。不同景观指数反映的整体景观特征不一致,随粒度变化的转折点也不同。例如:斑块面积变异系数在 30 ~ 60 m 粒度内变化相对平缓,平均斑块分维数在 60 m 粒度处出现拐点后平稳下降,而香农多样性指数和香农均匀度分别在 10 ~ 180、10 ~ 50 m 粒度间变化平稳。综合分析各景观指数拐点,最终确定研究区景观整体的适宜粒度域为(30, 50)。

3.2 面积损失分析

通过统计和计算不同景观类型以及景观整体面

积的损失值,绘制损失面积曲线(图 3)。景观整体的面积精度损失在 10 ~ 100 m 之间,变化相对平缓;粒度 100 m 处开始,随着粒度的增大,精度的损失变化逐渐波动剧烈。除耕地面积呈现增长趋势,且在 10 ~ 500 m 粒度间无剧烈波动外,其他土地利用景观类型(林地、港口码头、沿海滩涂、未利用地、居民点及工矿用地、盐田、淡水水域及湿地)精度损失随着粒度的增大,围绕零值上下波动,并与实际景观值偏差逐渐增大。10 ~ 100 m 之间,曲线围绕零值上下波动相对平稳;粒度 100 m 处开始,随着粒度的增大,精度损失围绕零值上下波动增大,与实际景观值偏差逐渐增大的趋势明显。对景观整体格局进行研究的同时,应综合考虑组成景观整体的各类景观类型,尽量兼顾随着粒度增大而精度损失变化较大的景观类型,最终确定较小精度损失粒度范围是(10, 100)。

3.3 确定适宜分析粒度

进行景观格局分析时,需选取随粒度变化,景观指数曲线首先出现波动较小且平缓的区域,作为第一粒度域^[20]。本文以景观指数作为切入点选取适

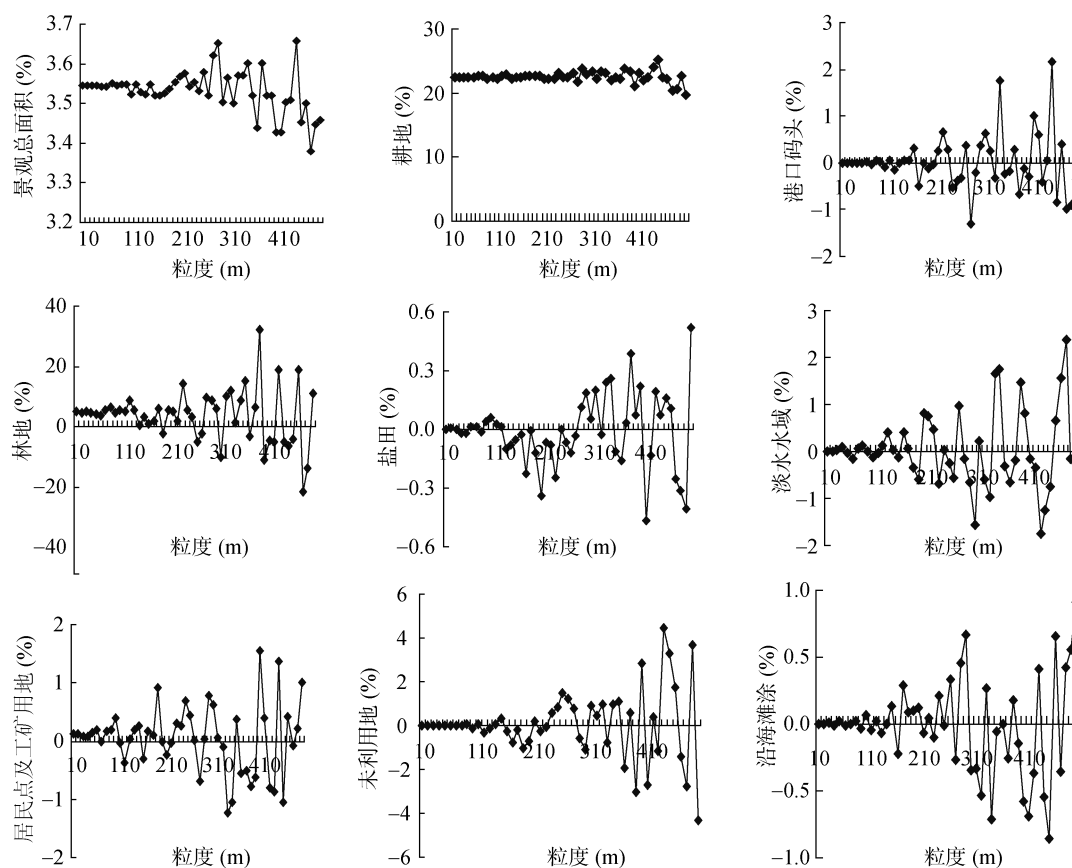


图3 曹妃甸新区各景观类型面积损失

Fig. 3 Area loss under different grain sizes in Cao Feidian New District

宜分析粒度,随粒度变化景观指数表现出不同变化特征,通过分析景观指数随粒度变化的跃变区间以及拐点,选取景观指数随粒度变化的第一粒度域作为适宜粒度域,保证景观格局特征保持相对稳定。比较分析得出适宜粒度域为(30, 50)。再根据景观类型比例以及面积损失评价,综合分析各景观类型的比例和面积损失情况,得出精度损失相对较小的粒度范围,保证信息损失相对最小,最终确定较小精度损失粒度范围是分别为(10, 220)和(10, 100)。上述方法得出的适宜粒度范围同时包含(30, 50),因而确定适宜分析粒度域为(30, 50)。在对景观格局分析的适宜粒度大小进行确定时,可以在第一尺度域内选择中等偏大的粒度,既能够较好地反映比例尺的特征信息,又可以避免冗余的计算工作量,因此确定研究区土地利用景观空间格局分析的最佳粒度为 50 m。

4 土地利用景观格局分析

4.1 景观指数的选取

由于反映景观格局指数的数量较多,且部分景观

指数相关性较强,所以在选择景观格局指数时,以综合体现不同景观格局变化为原则,根据曹妃甸新区的具体情况,选择独立的或相关性相对较小的景观指数^[21]。从斑块类型水平和景观水平两个水平选取景观格局指数,类型水平上为斑块数目、斑块密度、斑块类型占景观面积的比例、聚合度指数、斑块面积变异系数、平均斑块分维数,景观水平上为斑块数目、形状指数、蔓延度指数、平均斑块分维数、香农多样性指数(表 2、表 3)。

4.2 景观组成与形态分析

曹妃甸新区景观类型中盐田、沿海滩涂以及耕地所占整体面积较大,分别为 20.64%、19.29% 和 18.39%;其次是淡水水域及湿地、居民点及工矿用地和港口码头,占景观总面积相对较小分别为 15.97%、15.51% 和 8.60%,林地、未利用地所占景观总面积最小,分别为 0.56%、1.03%。在适宜粒度分析下,研究区各土地利用景观类型平均斑块分维数大小顺序为:港口>耕地>淡水水域及湿地>居民点及工矿用地>沿海滩涂>盐田>林地>未利用地。且各景观类型的分维数均接近 1,表明景观形状较为简单,主要由

表 2 曹妃甸新区类型水平景观格局指数
Table 2 The type level pattern index in Caofeidian New District

景观类型	景观类型比例 PLAND	斑块数量 NP	斑块密度 PD	平均斑块分维数 FRAC_MN	斑块面积变异系 数 AREA_CV	聚合度 AI
淡水水域	15.971 4	1 813	0.916 6	1.059 7	2 138.763 5	87.737 1
耕地	18.388 9	219	0.110 7	1.073 5	430.206	92.022 5
居民点及工矿用地	15.513 6	747	0.377 7	1.053 3	829.995 5	90.487 4
林地	0.557 8	462	0.233 6	1.040 7	240.518 6	65.351 4
沿海滩涂	19.294 3	31	0.015 7	1.045 9	440.873 4	98.209 3
盐田	20.644 0	16	0.008 1	1.042 8	223.714 2	99.311 3
港口	8.599 4	9	0.004 6	1.103 5	155.866 9	97.934 3
未利用地	1.030 5	3	0.001 5	1.032 8	61.559 8	98.635 7

表 3 曹妃甸新区景观水平景观格局指数
Table 3 The landscape level pattern index in Caofeidian New District

斑块数量 NP	景观形状指数 LSI	平均斑块分维数 FRAC_MN	蔓延度 CONTAG	香农多样性 SHDI
3 300	28.246 2	1.044 8	50.014 4	1.823 7

于曹妃甸新区作为沿海经济隆起带上的战略引擎,其将建成矿石、能源等新型工业化基地、商业性能源储备基地、大宗货物的集疏港以及国家级循环经济示范区,这与人类管理密切相关。在各个景观类型中淡水水域及湿地的斑块数目、斑块密度以及斑块面积变异系数最高,而其聚合度较小,表明组成景观类型的斑块数量较多,有大量小面积斑块存在且与大斑块面积差异较大,使得景观破碎化程度较高斑块面积分布不均匀,且各个斑块质检连通性较差。

4.3 空间构型分析

依据 2010 年曹妃甸新区各个行政区土地利用类型景观数据(图 4),应用洛伦兹曲线原理分析土地利用类型集中或分散程度,求取各个行政区各景观类型面积累计百分比以及土地面积百分比,并通过计算不同行政区景观类型的区位熵(专门化率),从小到大以此排序,以土地面积累计百分比为横坐标,各景观类型面积百分比为纵坐标,绘制洛伦兹曲线(图 5)。淡水水域及湿地和居民点及工矿用地的洛伦兹曲线与

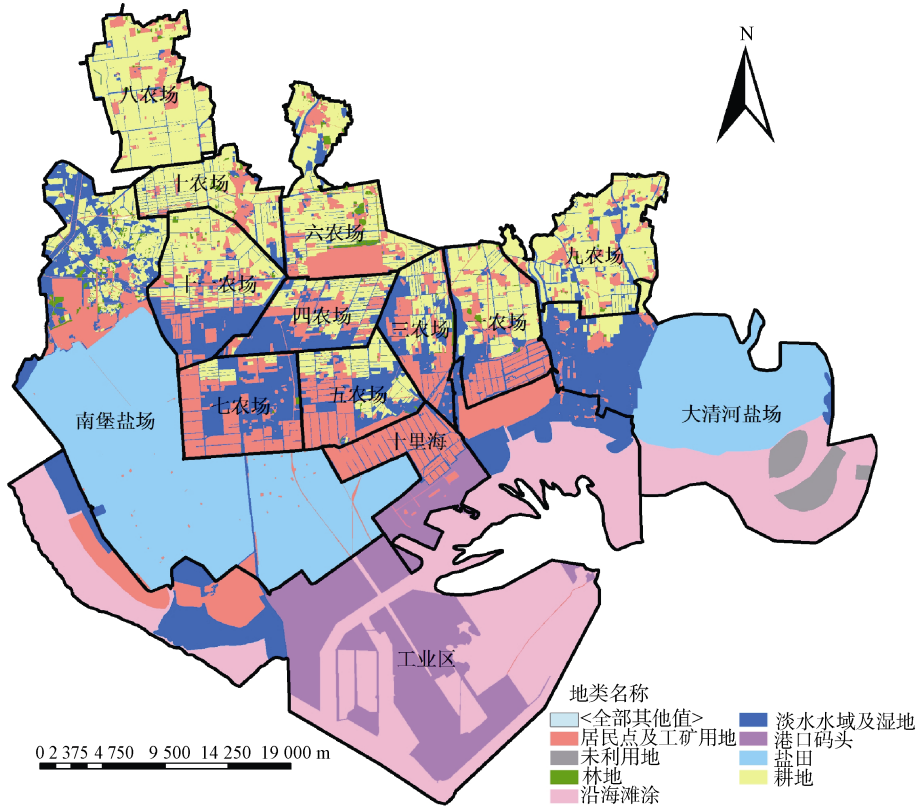


图 4 2010 年曹妃甸新区土地利用景观类型
Fig. 4 Land-use landscape types in 2010 in Caofeidian New District

绝对均匀线距离较近说明这两种景观类型在曹妃甸新区分布较为均匀;其他土地利用景观类型距离绝对均匀线较远,说明其分布不均匀。

为了进一步定量描述曹妃甸新区各景观类型空间分布,利用基尼系数分析景观类型分布差异程度(表 4),淡水水域及湿地的基尼系数为 0.111 9,表示在曹妃甸新区分布很均匀;居民点及工矿用地分布不均匀,但总体比较合理,其他景观类型分布极不均匀,各个行政区分布差异明显,且未利用地仅分布在大清河盐场。

研究区景观形状指数为 28.246 2,分维数为 1.044 8,可以看出研究区的景观整体形状复杂程度适中,较为规则。香农多样性指数为 1.823 7,该指标值较高,反映出曹妃甸新区土地利用景观较丰富,且无明显的优势类型。蔓延度指数为 50.014 4,该指标相对较小,表明景观是具有多种要素的密集格局,景观的

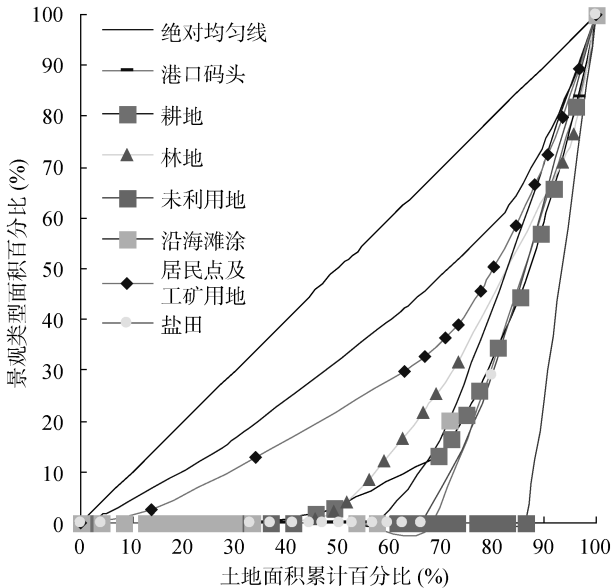


图 5 曹妃甸新区景观类型洛伦兹曲线
Fig. 5 Lorenz curves of different land-use landscape types in Caofeidian New District

表 4 曹妃甸新区景观类型基尼系数
Table 4 Gini coefficients of each land-use landscape type in Caofeidian New District

景观类型	淡水水域及湿地	港口码头	耕地	林地	未利用地	沿海滩涂	居民点及工矿用地	盐田
基尼系数	0.111 9	0.487 7	0.677 9	0.624 2	0.902 5	0.609 0	0.425 6	0.712 7

破碎化程度较高,不利于现状土地利用景观空间格局的维持。

5 结论与讨论

景观格局分析具有尺度依赖性,景观指数对粒度的变化存在明显的响应,变化趋势表现出线性或非线性特征,其中斑块数量、斑块密度、总边界长度、边缘密度、景观形状指数、平均斑块面积、斑块面积变异系数、面积加权平均斑块分维数以及斑块凝聚度共 9 个景观指数的粒度效应变化曲线可以用数学函数拟合(R^2 至少在 0.905 4 以上),反映出指数的整体特征,便于观察和分析景观指数随粒度增加的变化规律。有些指数的拟合效果很不理想,其原因是选取的粒度不合适或是景观指数本身就无规律性。

随粒度变化景观指数呈现出某些拐点。综合景观指数、类型比例以及面积损失情况,分析不同景观指数的拐点,得出曹妃甸新区土地利用景观空间格局适宜分析粒度域为(30,50)和适宜粒度 50 m。基于适宜粒度分析的基础上,研究表明:曹妃甸新区土地利用景观类型较为丰富,但无明显优势类型,景观的破碎化程度较高;结合洛伦兹曲线以及基尼系数分析,曹妃甸新区各个景观要素分布较为密集,各景观类型分布极不均匀,不利于景观空间格局的维持。

随粒度的变化,不同类型景观指数对其敏感性不一致,且因研究区景观条件不同而表现出差异,所以需要综合各个景观指数随粒度变化的特征,分析确定研究区适宜的粒度。但在确定适宜分析粒度时,由于主观原因导致景观指数对应粒度拐点位置出现偏差或不明显等一系列情况。运用生态学等相关知识,结合粒度变化与生态过程以及景观生态格局的关系,综合分析适宜粒度将是以后重点的研究方向。

参考文献:

[1] 周文佐,潘剑君,刘高焕.南京市城市绿地现状遥感分析[J]. 遥感技术与应用, 2002, 17(1): 22-26

[2] 岳文泽,徐建华,徐丽华,谈文琦,梅安新.不同尺度下城市景观综合指数的空间变异特征研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2 053-2 059

[3] 龚建周,夏北成,李楠,郭冻.快速城市化地区土地覆盖景观特征的粒度效应[J]. 生态学报, 2006, 26(7): 2 198-2 206

[4] 莫创荣,李彦,李小明,胡霞.英罗港红树林保护分区景观指数的粒度效应[J]. 科学技术与工程, 2012(26): 6 725-6 730, 6 742

[5] Bu R, Li X, Hu Y, Chang Y, He HS. Scaling effects on landscape patter nindices[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(12): 2 181-2 186

[6] Levin SA. The Problem of Pattern and Scale in Ecology[J].

- Ecology, 1992, 73: 1 943–1 967
- [7] Wu JG, Jelinski DE, Luck M, Tueller PT. Multiscale analysis of landscape heterogeneity: Scale variance and pattern Metrics[J]. *Geographic Inform Action Sciences*, 2000, 6(1): 6–19
- [8] 李秀珍, 布仁仓, 常禹, 胡远满, 问青春, 王绪高, 徐崇刚, 李月辉, 贺红仕. 景观格局指标对不同景观格局的反应[J]. *生态学报*, 2004, 24(1): 123–134
- [9] 申卫军, 邬建国, 林永标, 任海, 李勤奋. 空间粒度变化对景观格局分析的影响[J]. *生态学报*, 2003, 23(12): 2 506–2 519
- [10] 孟陈, 李俊祥, 朱颖, 吴彤, 肖志坚, 张国科. 粒度变化对上海市景观格局分析的影响[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(7): 1 138–1 142
- [11] 杨丽, 甄霖, 谢高地, 陈操操. 泾河流域景观指数的粒度效应分析[J]. *资源科学*, 2007, 29(2): 183–187
- [12] 王新明, 王长耀, 占玉林, 牛铮. 大尺度景观结构指数的因子分析[J]. *地理与地理信息科学*, 2006, 22(1): 17–21
- [13] 侯绍洋, 李贻学. 基于 GIS 的山区和平原景观指数粒度效应分析[J]. *河北农业科学*, 2010, 14(5): 107–110
- [14] 布仁仓, 胡远满, 常禹, 李秀珍, 贺红仕. 景观指数之间的相关分析[J]. *生态学报*, 2005, 25(10): 2 764–2 775
- [15] 冯湘兰. 景观格局指数相关性粒度效应研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2010
- [16] 郭琳, 宋戈, 张远景, 王盼盼. 基于最佳分析粒度的巴彦县土地利用景观空间格局分析[J]. *资源科学*, 2013, 35(10): 2 052–2 060
- [17] 于磊, 赵彦伟, 张远, 李敏. 基于最佳分析粒度的大辽河流域湿地景观格局分析[J]. *环境科学学报*, 2011, 31(4): 873–879
- [18] 吕志强, 吴志峰, 张景华. 基于最佳分析尺度的广州市景观格局分析[J]. *地理与地理信息科学*, 2007, 23(4): 89–92
- [19] 赵文武, 傅伯杰, 陈利顶. 景观指数的粒度变化效应[J]. *第四纪研究*, 2003, 23(3): 326–333
- [20] 李小马, 刘常富. 景观格局指数的粒度效应——以沈阳城市森林为例[J]. *西北林学院学报*, 2009, 24(2): 166–170, 219
- [21] 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(1): 121–125

Land-use Spatial Analysis for Caofeidian New District Based on Suitable Grain Size

ZHANG Le, WANG Guan-yong, HUO Xi-liang, MEN Ming-xin*

(*Institute of Land Resources, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China*)

Abstract: It is very important that an appropriate grain size is selected to accurately analyze land-use landscape patterns. RS, GIS and the landscape index method was used to explore the proportion of landscape types, landscape index and with grain size change and the area loss, ultimately determined the suitable grain size for analyzing land-use landscape pattern of Caofeidian new district under two aspects of landscape elements: landscape structure and landscape configuration. The results showed that some landscape indices and grain size could be fitted to a mathematical relationship ($R^2 > 0.9054$), and determined the appropriate granularity analysis domain (30, 50) and suitable size 50 m. Land-use landscape type was rich of Caofeidian New District, but no dominant type. The elements distribution were densely and the degree of fragmentation was serious. The landscape type distribution was extremely uneven, not conducive to the maintenance of landscape spatial pattern.

Key words: Suitable particle size, Landscape index, Landscape pattern analysis, Caofeidian New District