

多尺度粒度变化对区域土地利用景观格局的影响 ——以镇江市为例

乔伟峰^{1,2}, 吴江国¹, 王亚华¹

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023)

(2. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京 210023)

[摘要] 基于土地利用调查数据开展区域土地利用景观格局的粒度变化效应分析可对该数据在不同尺度下的综合运用提供理论依据. 本文运用景观格局指数和GIS空间分析方法, 以镇江市为例对4种尺度下的景观格局展开研究, 结果表明: (1) 土地利用景观随着尺度的变化而变化, 土地利用景观随粒度变化的幅度与景观类型现状面积呈正相关, 而其比率与景观类型面积呈负相关; (2) 随着空间粒度的增加, 景观破碎度降低, 斑块面积向趋于不均匀的方向发展, 景观的连接性和优势类型的比重提高; 在各用地类型的变化效应方面, 基质景观耕地随粒度粗化有空间上连片的趋势, 廊道景观连通性降低, 非优势景观的斑块逐渐萎缩; (3) 粒度变化效应与土地利用景观的分布格局和结构相关.

[关键词] 土地利用景观, 多尺度, 粒度变化, 镇江市

[中图分类号] Q149 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2015)03-0120-07

Effect of Multi-Scale Granularity Change to Regional Land Use Landscape Pattern ——A Case Study of Zhenjiang

Qiao Weifeng^{1,2}, Wu Jiangguo¹, Wang Yahua¹

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(2. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China)

Abstract: The analysis on effect of multi-scale granularity change to regional land use landscape pattern based on land use survey data can provide theoretical basis for the comprehensive use of the survey data. Combined GIS and landscape analysis method, the paper analyzes the landscape patterns in Zhenjiang under four kinds of spatial granularities, the results show that: (1) Land use landscape will change with scale change, land use landscape change range and landscape area are positively correlated, while rate of change and landscape area are negatively correlated. (2) As the spatial granularity increases, landscape fragmentation decreases, patch size becomes uneven increasingly, landscape connectivity and the proportion of advantageous types increase; matrix landscape, such as cultivated land becomes more continuous in space as granularity coarsening, connectivity of corridor landscape is reduced, the patches of non-dominant landscape gradually shrink. (3) The effect of granularity change is related to layout and structure of land use landscape.

Key words: land use landscape, multi-scale, granularity change, Zhenjiang

在景观生态学中, 尺度一般指对某一研究对象或现象在空间上或时间上的量度, 往往以粒度和幅度来表示^[1]. 当前, 格局与过程的时空尺度化是景观生态学的研究热点, 尺度效应分析受到格外重视和发展^[2]. 在尺度效应的研究中, 特定地理现象准确表达所需的尺度、数据尺度转换的途径^[3]、尺度转换后信息的损失和变化^[4]等都是学者重点关心的问题. 从不同角度与尺度进行景观格局综合研究已经引起越来越多学者的关注^[5], 生态学中此类文献增长迅速, 并占很大比重^[6,7]. 在进行尺度效应分析时, 进行多尺度空

收稿日期: 2014-12-24.

基金项目: 国家自然科学基金(41371172)、中国博士后科学基金面上资助与特别资助项目(2014M561040、2015T80127)、江苏省高校优势学科建设工程资助项目.

通讯联系人: 王亚华, 博士, 高级实验师, 研究方向: 土地调查评价与土地规划. E-mail: wangyahua@njnu.edu.cn

间分析可以有效地发现和识别景观等级结构和特征尺度. 景观指数在景观生态学中应用很广泛,但景观指数对不同景观特征和分析尺度的响应及其生态学意义尚缺乏明确的阐述^[8]. 目前,国内外学者基于1:5万以下小比例尺的景观指数粒度效应研究开展较多^[9-15],不同比例尺矢量数据的最适宜粒度的选择也有学者有所涉及^[16-18]. 土地调查图件数据作为开展土地资源管理各项业务的基础,也是开展景观生态分析的重要数据源,为景观格局的研究提供了便利^[19-23],但当前研究较少涉及基于此数据开展的景观格局对粒度变化的响应及其机理.

本文以镇江市为研究区域,以1:10 000土地调查数据为基础,计算土地利用景观在4种空间粒度下的景观格局指数,以期揭示粒度粗化对土地利用景观格局的影响和机理,为土地利用现状数据开展景观格局分析、指导土地利用规划和保护提供理论依据.

1 数据源和研究方法

1.1 数据来源与预处理

采用土地利用现状数据作为数据源,能避免土地利用分类的不确定性,保障图形空间位置以及面积的精度,从而提高景观格局分析的准确度及有效性^[24]. 因此,本文研究采用的数据为镇江市土地利用现状图,比例尺为1:10 000. 该数据土地分类采用的是《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2007),分12个一级类,57个二级类,本文为研究方便,对地类进行适当归并,形成覆盖全域的8种地类,分别是耕地、园地、林地、草地、交通运输用地、水域及水利设施用地、城镇村及工矿用地和其他土地(主要是设施农用地和沼泽地).

1.2 指标计算与技术路线

将镇江市土地利用现状图矢量数据转化为栅格数据. 栅格取值采用优势原则,即比例尺精度下属性类数目最多的景观类型作为输出值. 分别以30 m、100 m、500 m和1 000 m的分辨率得到4幅景观类型栅格图. 计算景观格局指数,将4幅栅格图转换为相应空间粒度的矢量图(如图1),作叠置分析,可得到4种空间粒度下的景观类型转移概率.

文中景观指数的选择依据前人的研究^[25]和研究区特点进行选取,从面积、形状、分布状态、多样性等方面研究多空间粒度下景观格局的分异规律^[26].

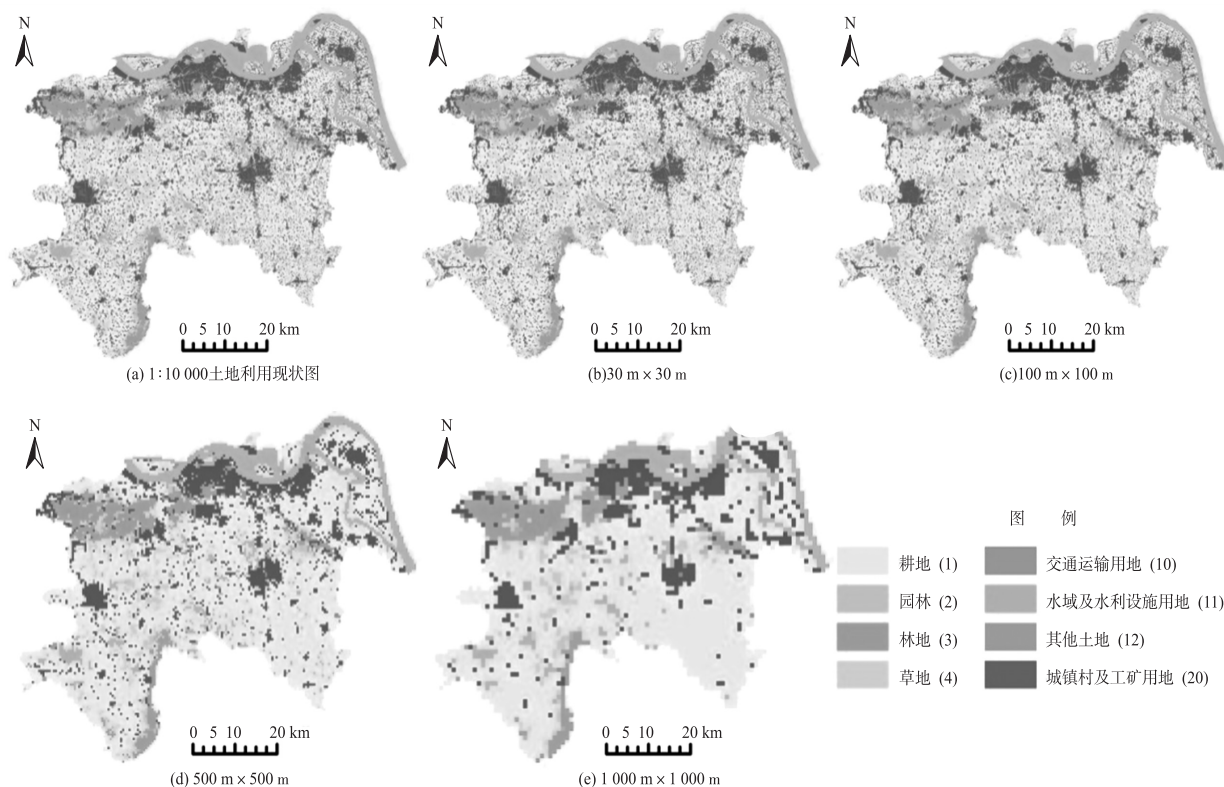


图1 不同空间粒度下的土地利用景观格局(2009年)

Fig.1 The land use landscape patterns of different spatial granularities (2009)

2 1:10 000 现状景观数量结构、形态和空间邻接特征

2.1 数量结构

从1:10 000 现状图和土地利用景观结构表(表1)可以看出,镇江土地利用景观以耕地为主,比例为50.89%,位列第一,显示出耕地的基质特性,而人工景观—城镇村及工矿用地则位列第二位,说明镇江地区人类活动对土地干扰大,而水域及水利设施用地排在第三位则说明研究区作为沿江城市、江南水乡,具有水域景观丰富的特点.

2.2 形态特征

研究区的土地利用景观斑块可分为团块型和条带型,团块型的景观以园地、草地和城镇村及工矿用地等景观类型为代表,其斑块面积差异很大,其中,水域及水利设施用地中的坑塘水面、水库等景观同属于团块状;条带型景观主要是以交通运输用地为主,其宽度一般不足百米,而水域及水利设施中的河流景观也属于条带型,因此水域及水利设施兼有团块型和条带型景观两种特性.

2.3 空间邻接特征

景观生态学认为,空间邻接紧密的景观类型,他们在结构和功能上也必然密切联系^[27]. 空间邻接特征通常以邻接长度表征. 在空间邻接程度上,耕地与城镇村及工矿用地和水域及水利设施用地空间邻接程度较高,表现出农村聚落与耕地空间联系紧密和镇江地区的水田农业特征;林地与城镇村及工矿用地和耕地空间邻接程度较高,主要表现在镇江西北部宁镇山脉和东部的丘陵地区,城镇村及工矿用地镶嵌其中;交通运输用地与城镇村及工矿用地和耕地空间邻接程度较高,说明交通运输用地镶嵌于城镇内部和农用地之中;水域及水利设施用地与耕地和城镇村及工矿用地空间邻接程度最高,前者与耕地的空间邻接特征相同,后者则表明了镇江地区的临水而居的聚落形态;城镇村及工矿用地与耕地和交通运输用地空间邻接程度较高,表明了镇江地区的农业耕作特征和该区交通运输较为发达.

表1 2009年镇江市土地利用景观结构表

Table 1 The structure of land use landscape in Zhenjiang in 2009

地类	面积比例/%
1	50.89
2	4.88
3	6.77
4	0.72
10	2.09
11	14.36
12	0.08
20	20.21

注:1. 耕地;2. 园地;3. 林地;4. 草地;10. 交通运输用地;11. 水域及水利设施用地;12. 其他土地;20. 城镇村及工矿用地. 本文中其他地类编码同表1.

3 粒度粗化过程中土地利用景观数量变化

3.1 景观类型数量变化特征

在粒度粗化过程中景观类型数量变化幅度方面,耕地、水域及水利设施用地和城镇村及工矿用地的变化较为明显;其余用地类型变化较小. 通过各景观类型的变化幅度与景观现状的对比,可以得出,土地利用景观随粒度变化的幅度与景观类型现状面积呈正相关.

重点考察4种空间粒度下各类型面积与现状图面积差占该类型百分比,如图2所示.

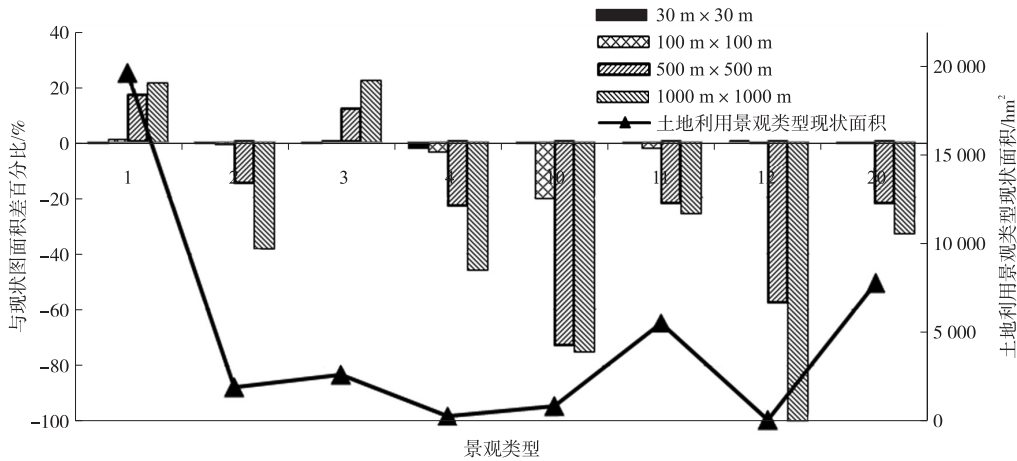


图2 4种空间粒度下各类型面积与现状图面积差占该类型百分比

Fig.2 The difference percent of the original data with four spatial granularities

对尺度效应较不敏感的是耕地、园地、林地、水域水利设施用地和城镇村及工矿用地,而较敏感的则是草地、交通运输用地和其他土地。草地和其他土地(主要是设施农用地和沼泽地)在镇江地区分布有限,平均斑块面积较小,当栅格大小为500 m和1 000 m时,部分草地和其他土地斑块被完全融入其邻近的大型斑块中,且其他土地在空间粒度为1 000 m时消失,而交通运输用地则是因为其条带状的形态,当栅格大小超过其宽度时,条带型交通运输用地便开始破碎化、断开,并融入相邻的斑块中。与变化幅度不同的是,土地利用景观随粒度变化的百分比与景观类型面积呈负相关。

3.2 景观类型之间的转移特征

通过 ArcGIS 的空间叠置功能可分析粒度粗化过程中不同景观类型之间的转移特征。在将现状图转成 30 m×30 m 空间粒度时候,某种景观类型不转成其他类型的概率最高,基本在 95%左右。景观类型之间的转换概率大小与现状景观类型之间的空间邻接程度在 30 m×30 m 空间粒度下高度相关。各景观类型主要流向为耕地,显示耕地景观的基质特性;城镇村及工矿用地是第二大类型景观,因此该景观也是其他景观流入的主要景观类型。

当现状图转成 100 m×100 m 空间粒度时,与转成 30 m×30 m 空间粒度时相比,不同景观类型之间的转换概率随着空间粒度的增加而增加。此时,城镇村及工矿用地主要流向水域及水利设施用地,而在转成 30 m×30 m 空间粒度时,其主要流向耕地和交通运输用地,但二者之间差距并不大。

当现状图转为 500 m×500 m 空间粒度时其主要流转关系与转为 100 m×100 m 空间粒度时基本相同,不同的是林地转入耕地的比例略超过转入城镇村及工矿用地,交通运输用地转入耕地量超过转入城镇村及工矿用地。在此空间粒度下,其他土地(主要是设施农用地和沼泽)不转入草地和交通运输用地,林地、草地和交通运输用地亦不转入其他土地。当现状图转成 1 000 m×1 000 m 空间粒度时,其他土地消失,主要流向了与其空间邻接程度高的耕地和水域及水利设施用地。

综上所述,随着空间粒度的变化,各类型景观之间的主要流向基本相同,稍有不同的是交通运输用地流入耕地和城镇村及工矿用地的量出现反复,但二者之间并未表现太大的差距,总体表现为随空间粒度的增加,空间邻接程度高的景观类型之间流入流出比例高。

4 多空间粒度下的景观格局变化特征

4.1 景观水平分析

4.1.1 景观特征指数分析

景观水平上的景观格局指数如表2所示。在空间粒度 30 m×30 m 下,研究区共有 12 411 个斑块,在空间粒度达到 1 000 m×1 000 m 时,斑块数(NP)持续减少到 287 个。斑块密度(PD)反映景观的破碎化程度,同时也反映景观空间异质性程度。斑块密度愈大,景观的破碎程度愈大,景观异质性愈高。斑块密度(PD)相应地由 30 m×30 m 空间粒度的 3.23 个/km² 持续减少到 0.08 个/km²。斑块数和斑块密度减少说明了景观破碎度降低。

表2 4种空间粒度下景观水平上的景观格局指数

Table 2 The land indices of landscape in four spatial granularities

粒度	PD/(个/km ²)	LPI/%	SHDI	SHEI	PR/个
30 m	3.23	9.32	1.396	0.671	8
100 m	3.01	43.07	1.380	0.663	8
500 m	0.30	50.77	1.236	0.595	8
1 000 m	0.08	58.58	1.173	0.603	7

最大斑块指数(LPI)是各类型中的最大斑块面积与景观总面积之比的百分数,可用其量化类型水平上最大斑块占整个景观的比例,是一种简单的优势度衡量法。最大斑块指数(LPI)从空间粒度 30 m×30 m 的 9.32% 上升到空间粒度 1 000 m×1 000 m 的 58.58%,说明研究区中最大斑块和最小斑块面积的差距增加,斑块面积向趋于不均匀的方向发展,随着空间粒度的增加,某一景观类型被归入另一景观类型。

4.1.2 景观多样性指数分析

香农多样性指数(SHDI)、香农均度指数(SHEI)是一种基于信息理论的测量指数,在生态学中应用很广;景观丰度(PR)等于景观中所有景观类型的总数,即在本文研究的4种空间粒度下的土地利用景观类型数量。

多样性指数反映景观类型的多少和景观中斑块的多度和异质性。均匀度指数描述景观各组分分配均匀程度,其值越大,表明景观各组成成分分配越均匀。随着空间粒度的变化,研究区的SHDI持续下降,这

就表明基于最大值法粗化后的景观组成成分差别越大,香农均度指数(SHEI)从30 m×30 m到500 m×500 m过程中持续下降,而在1 000 m×1 000 m时有所上升,这是由于在1 000 m×1 000 m空间粒度下,其他土地消失,景观类型减少,与PR分析结果一致.

4.2 斑块类型水平上景观变化分析

4.2.1 斑块结构特征分析

斑块类型上的景观指数如表3所示,从4种空间粒度的斑块类型百分比(PLAND)可以看出,在研究区占主要优势的景观类型一直为耕地和城镇村及工矿用地.研究区各类景观的斑块密度(PD)均较小,城镇村及工矿用地和交通运输用地破碎度较高,说明该区受人类活动影响最为强烈,而水域及水利设施破碎度高则是由于苏南地区水量充沛、水系发达、坑塘水面较多.从空间粒度30 m×30 m变化为1 000 m×1 000 m过程中,8种景观类型空间粒度增加的过程中斑块密度均大致呈减小趋势,表明斑块破碎化降低.交通运输用地和水域及水利设施用地在空间粒度增加的过程中,斑块密度呈现增加后减少的趋势,这与其条带型的形态相关,随着空间粒度的增加,超过条带宽度后,这两类景观的斑块连通性降低,破碎化程度增高后,逐渐以团块状斑块模式衰减.

表3 4种空间粒度下类型水平上的景观指数
Table 3 The class indices of landscape in four spatial granularities

	TYPE	PLAND/%	PD/(个/km ²)	LPI/%	ENN_MN/m	PLADJ/%	COHESION	AI/%
30 m×30 m	1	50.95	0.40	7.24	94.84	93.57	99.55	93.63
	2	4.86	0.40	0.11	323.15	87.12	94.13	87.31
	3	6.78	0.08	1.61	411.28	94.32	99.03	94.50
	4	0.70	0.06	0.08	987.91	87.92	93.48	88.44
	10	2.08	0.36	0.91	112.57	65.65	99.05	65.87
	11	14.34	0.58	9.32	237.92	91.13	99.67	91.25
	12	0.08	0.01	0.01	3 239.22	84.44	88.95	85.94
	20	20.20	1.33	0.78	180.49	87.96	96.83	88.05
100 m×100 m	1	51.54	0.17	43.07	250.67	83.07	99.84	83.26
	2	4.85	0.36	0.11	463.41	63.89	83.22	64.36
	3	6.81	0.08	1.61	564.65	84.06	97.45	84.58
	4	0.69	0.06	0.08	1 190.32	65.28	78.48	66.58
	10	1.68	0.42	0.06	335.79	35.06	71.16	35.50
	11	14.10	0.66	7.46	365.14	77.39	97.31	77.73
	12	0.08	0.01	0.01	3 422.22	54.58	65.16	58.02
	20	20.25	1.25	3.40	300.29	69.16	94.62	69.41
500 m×500 m	1	59.82	0.02	50.77	1 412.31	79.44	99.37	80.28
	2	4.18	0.06	0.22	1 762.87	32.39	54.92	33.74
	3	7.64	0.02	3.85	2 180.57	68.41	92.83	70.49
	4	0.56	0.01	0.08	3 461.31	27.65	48.02	31.13
	10	0.57	0.01	0.05	3 964.28	18.97	29.72	21.29
	11	11.30	0.05	7.40	1 768.99	63.35	93.87	64.93
	12	0.03	0.00	0.01	16 770.52	0.00	0.00	0.00
	20	15.89	0.13	3.76	1 315.76	51.65	83.58	52.72
1 000 m×1 000 m	1	62.81	0.01	58.58	2 562.09	80.23	99.12	81.92
	2	3.07	0.01	0.48	3 395.10	23.71	51.26	26.19
	3	8.44	0.01	4.42	3 549.14	65.52	87.89	69.44
	4	0.40	0.00	0.08	8 299.72	10.00	13.60	13.64
	10	0.53	0.00	0.05	8 264.02	5.00	6.24	6.45
	11	10.90	0.01	7.64	4 148.44	54.00	91.78	56.83
	12	—	—	—	—	—	—	—
	20	13.86	0.03	4.71	3 025.90	48.47	79.62	50.70

在研究区,耕地 LPI 最大,其次是水域及水利设施用地和城镇村及工矿用地.说明研究区耕地占绝对优势,其次是水域及水利设施用地和城镇村及工矿用地,这与研究区的基质类型为耕地的分析一致.从随空间粒度变化趋势来看,耕地、林地和城镇村及工矿用地 LPI 有所增加,其他 5 个景观类型的 LPI 有所减少.耕地 LPI 增加说明了耕地在该研究区面积上呈增大、空间上呈连片的趋势;在宁镇山脉地区,林地趋于成片分布;城镇村及工矿用地的 LPI 增加主要是因为随着空间粒度的增加,交通运输用地流入城镇村及工矿用地,中心城区和镇区斑块面积扩大并趋于成片成团的分布,在景观中的优势增加.

4.2.2 斑块聚集度分析

聚集度指数(AI)表示景观中不同斑块类型的非随机性或聚集程度,可反映景观组分的空间配置特征.如果一个景观由许多离散的小斑块组成,其聚集度的值较小;当景观中以少数大斑块为主或同一类型斑块高度联结时,聚集度的值则较大.同类相邻百分比(PLADJ)用于度量同一类型斑块的聚集程度,取值范围 0~100%,当取值小时表明某一斑块类型分散且不连接,取值大时表示相似邻接多.研究区耕地的聚集度指数值最大,其次是林地,交通运输用地的聚集度 AI 值最小,说明耕地斑块相对较大,交通运输用地相对分散分布.从空间粒度变化趋势来看,8 个景观类型的聚集度均有所下降,说明其斑块间分布趋于分散;而草地和其他土地聚集度下降较为明显,则是由于草地和其他土地斑块面积较小,在随空间粒度增加的过程中,面积较小的斑块更易融入其邻接程度高的较大斑块.平均邻近距离(ENN_MN)分析表征草地和其他土地的平均距离增大趋势明显,与聚集度分析一致;同类相邻百分比随空间粒度变化的趋势与聚集度变化趋势一致.

4.2.3 斑块连接性分析

斑块结合度指数(COHESION)是对各斑块类型的物理连通性的描述.耕地、林地、交通运输用地和水域及水利设施用地的 COHESION 较高,接近 100,说明连通性较好,其他土地的 COHESION 最低,说明其空间分布相对分散,连通性较低.从随空间粒度变化趋势来看,园地、草地、其他土地和交通运输用地连通性下降较快,耕地基本没有发生变化.这是由于其他土地、草地和园地这 3 类景观类型本身斑块较小,其零星土地进一步转化为其他类型景观,交通运输用地则是与 LPI 分析结果一致,空间粒度的增加导致其支离破碎,连通性降低.

5 结语

(1)尺度效应在土地利用数据上表现明显.土地利用景观特性的表现在不同的空间尺度上具有较大的差异.土地利用景观随着尺度的变化而变化,呈现出明显的相关性.

(2)从 1:10 000 现状土地利用景观由 30 m×30 m 粗化到 1 000 m×1 000 m 的过程中,土地利用景观随粒度变化的幅度与景观类型现状面积呈正相关,而土地利用景观随粒度变化的百分比与景观类型面积呈负相关.关于景观之间的转移特征,随着空间粒度的变化,各类型景观之间的主要流向基本相同,总体表现为随空间粒度的增加,空间邻接程度高的景观类型之间流入流出比例高.

(3)随着空间粒度的增加,景观破碎度降低,斑块面积向趋于不均匀的方向发展,景观的连接性和优势类型的比重提高;在各用地类型的粗化效应方面,基质景观耕地随粒度粗化有空间上连片的趋势,廊道景观连通性降低,非优势景观的斑块逐渐萎缩.

(4)粒度粗化效应与土地利用景观的分布格局和结构相关.小尺度上聚集在大斑块周围的小斑块,在大尺度上被合并到大斑块中.团块型和条带型景观在粒度粗化的过程中景观格局变化表现不同,优势团块型景观(耕地)与非优势团块型景观(如其他土地和草地)在粒度粗化的过程中变化较为单一,呈现集中连片或逐渐消失的趋势;条带型景观(如交通运输用地)在栅格大小逐渐超过其宽度时开始断开、破碎,密度和破碎度开始增加,在粒度进一步粗化后,以团块型景观方式变化.

需要指出的是,前人的研究结果已经证明不同的景观有不同的格局特征,对尺度变化的响应也不一样,因此并不存在景观格局分析的最佳尺度,只有针对特定景观的合适尺度.本文深入探讨了土地利用景观中的 8 个主要景观类型对粒度变化的响应及其机理,对于充分利用土地调查数据开展景观分析具有重要意义.

[参考文献]

- [1] 邬建国. 景观生态学—概念和理论[J]. 生态学杂志, 2000, 19(1): 42–52.
- [2] 肖笃宁. 论现代景观科学的形成与发展[J]. 地理科学, 1999, 19(4): 379–384.
- [3] Marceau D I, Hay G J. Remote sensing contributions to the scale issue[J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 1999, 25(4): 357–366.
- [4] 刘明亮, 唐先明, 刘纪远, 等. 基于1 km格网的空间数据尺度效应研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(3): 183–190.
- [5] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 滇西北生态脆弱区土地利用变化及其生态效应[J]. 地理学报, 2004, 59(4): 629–638.
- [6] 李秀珍. 从第十五届美国景观生态学会看当前景观生态学发展的热点和前沿[J]. 生态学报, 2000, 20(6): 1113–1115.
- [7] 肖笃宁, 李秀珍. 当代景观生态学的进展和展望[J]. 地理科学, 1997, 17(4): 356–363.
- [8] 邬建国. 景观生态学中的十大研究论题[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 2 074–2 076.
- [9] 吕一河, 傅伯杰. 生态学中的尺度及尺度转换方法[J]. 生态学报, 2001, 21(12): 2 097–2 104.
- [10] Lam N S N, Quattrochi D A. On the issues of scale, resolution, and fractal analysis in the mapping sciences[J]. The Professional Geographer, 1992, 44(1): 88–98.
- [11] Wu J, Shen W, Sun W, et al. Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics[J]. Landscape Ecology, 2002, 17(8): 761–782.
- [12] 蔡博峰, 于嵘. 景观生态学中的尺度分析方法[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2 279–2 287.
- [13] Wu J G. Effects of change scale on landscape pattern analysis: scaling relations[J]. Landscape Ecology, 2004, 19(2): 125–138.
- [14] Peterson G D. Scaling ecological dynamics: self-organization hierarchical structure and ecological resilience[J]. Climate Change, 2000, 44(3): 291–309.
- [15] 申卫军, 邬建国, 林永标, 等. 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.
- [16] 孟陈, 李俊祥, 朱颖, 等. 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.
- [17] 杨存建, 刘纪元, 张增祥, 等. 土地利用数据尺度转换的精度损失分析[J]. 山地学报, 2001, 19(3): 258–264.
- [18] 杨丽, 甄霖, 谢高地, 等. 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.
- [19] 张树华, 王百田. 晋西黄土丘陵县域景观格局分析[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 249–251.
- [20] 周月梅, 陈志强. 长泰县土地利用景观格局分析及对策[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 2005, 21(1): 98–102.
- [21] 何丙辉, 徐霞, 辜世贤. 潼南县土地利用景观格局特征分析[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 130–133.
- [22] 焦峰, 温仲明, 王飞, 等. 黄土丘陵县域尺度整体景观格局分析[J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 167–170.
- [23] 吕一河, 陈利顶, 傅伯杰. 县域人类活动与景观格局分析[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 1 833–1 838.
- [24] 马英莲, 陈曦, 贺永平, 等. 土地利用数据用于景观格局分析的研究[J]. 测绘信息与工程, 2011, 36(5): 14–19.
- [25] 周伟, 钟星, 袁春. 1:10 000比例尺土地利用景观指数的粒度效应分析[J]. 中国土地科学, 2010, 24(11): 20–26.
- [26] 龚建周, 夏北成, 李楠, 等. 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.
- [27] 马克明, 傅伯杰. 北京东灵山区景观类型空间邻接与分布规律[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 748–752.

[责任编辑: 丁 蓉]