

王晶晶, 孙玲, 王志明, 等. 基于 GF-2 影像的江苏耕地破碎地区景观格局空间粒度效应分析[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(3): 606-612.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2020.03.011

基于 GF-2 影像的江苏耕地破碎地区景观格局空间粒度效应分析

王晶晶^{1,2}, 孙玲¹, 王志明¹, 黄晓军¹, 单捷¹, 李牧¹

(1. 江苏省农业科学院农业信息研究所, 江苏 南京 210014; 2. 自然资源部海岸带开发与保护重点实验室, 江苏 南京 210017)

摘要: 本研究选用国产高分二号卫星(GF-2)遥感影像为数据源, 在不同类型耕地遥感识别的基础上, 利用景观格局指数分析方法, 探索研究区水稻地、大豆地、蔬菜地、休闲耕地和大棚种植地这 5 类耕地景观的景观格局指数空间粒度效应。结果表明, 5 类耕地景观的斑块所占景观面积比例对粒度变化不敏感; 面积加权平均斑块分维数随着粒度增大, 变化幅度较小; 平均斑块面积和平均最近距离随着粒度的增大呈现不同程度增加的趋势; 边缘密度、面积加权邻近指数和聚集度指数随着粒度的增大呈现不同程度下降的趋势。大豆地和休闲耕地的边缘密度以及聚集度指数随着粒度增大降幅最明显, 水稻地的平均最近距离随着粒度增加增幅最明显。

关键词: 高分二号; 耕地; 景观格局; 空间粒度

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2020)03-0606-07

Effect analysis of spatial grain size on cultivated landscape pattern in fragmented agricultural landscapes in Jiangsu province based on GF-2 imagery

WANG Jing-jing^{1,2}, SUN Ling¹, WANG Zhi-ming¹, HUANG Xiao-jun¹, SHAN Jie¹, LI Mu¹

(1. Institute of Agricultural Information, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. Key Laboratory of Coastal Zone Exploitation and Protection, Ministry of Natural Resources, Nanjing 210017, China)

Abstract: In this study, a concentrated area of cultivated land in the suburban area of Nanjing City in Jiangsu province was taken as the study area. Based on the analysis of Chinese GF-2 high spatial resolution data, different types of cultivated land in the study area were extracted, including rice land, soybean land, vegetable land, fallow land and greenhouse cultivation land. On this basis, a series of landscape pattern indices were used to analyze the effects of spatial grain size on different types of cultivated land landscape pattern characteristics. The percentage of landscape of five types of cultivated land in the study area remained stable with the increase of grain size, and the area-weighted mean patch fractal dimension index of the five types of cultivated land landscape in the study area changed slightly. The mean patch area and mean nearest neighbor index increased in different degrees with the increase of grain size, while edge density, area-weighted mean contiguity index and patch cohesion index decreased in different degrees with the increase of grain size. Among the five types of cultivated land landscape, the edge density and patch cohesion index of soybean land and fallow

收稿日期: 2019-12-04

基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(19)3093]; 自然资源部海岸带开发与保护重点实验室开放基金项目(2017CZEPK06)

作者简介: 王晶晶(1981-), 女, 江苏扬州人, 博士, 副研究员, 主要从事农业遥感研究。(E-mail) immi103@163.com

rest neighbor index increased in different degrees with the increase of grain size, while edge density, area-weighted mean contiguity index and patch cohesion index decreased in different degrees with the increase of grain size. Among the five types of cultivated land landscape, the edge density and patch cohesion index of soybean land and fallow

land decreased most obviously with the increase of grain size, and the mean nearest neighbor index of rice land increased most obviously with the increase of grain size.

Key words: GF-2; cultivated land; landscape pattern; spatial grain

耕地是人类赖以生存的基本资源和条件,其景观特征明显,耕地景观格局决定了资源和环境的分布形式。掌握耕地景观格局特征,可以为耕地生态安全研究奠定基础,为区域资源合理优化配置、土地利用调控与布局提供参考,为耕地资源可持续利用提供科学依据。遥感技术具有多时相、大尺度以及数据获取效率高等特点,能够为耕地景观格局研究提供宏观、实时、动态的遥感数据^[1-4],极大促进了景观格局定量化的研究。空间粒度是空间最小可辨识单元所代表的特征长度、特征面积或特征体积,景观格局具有明显的空间尺度依赖性^[5-6],即在不同尺度上,景观格局表现出的特征不同。不同景观对空间粒度变化的响应也不一样,特定景观有其适合的空间粒度^[7]。有学者利用遥感影像数据开展了景观格局空间粒度效应分析^[8-10],但是大多将耕地作为一个整体来考虑景观格局情况,难以揭示不同类型耕地景观的空间异质性,针对不同类型耕地景观格局空间粒度效应的研究较少。

中国江苏省苏南地区耕地的种植结构多样,田块规模小,并且比较破碎,采用中分辨率和低分辨率的遥感影像均难以准确提取不同类型耕地的信息。中国于 2014 年 8 月发射了高分二号卫星(GF-2),搭载全色相机(分辨率为 1 m)和多光谱相机(分辨率为 4 m),这 2 台高分辨率相机组合的幅宽为 45 km,重访周期为 5 d,为耕地破碎区景观格局空间粒度效应研究提供了数据保障。基于此,本研究拟选用 GF-2 为数据源,以江苏省南京市典型城郊区域为研究区,采用遥感影像分析和景观格局指数分析方法,基于面积-边缘、形状及聚散性 3 类指标,深入分析研究区多种耕地景观的景观格局指数空间粒度效应,以期为宜遥感影像空间分辨率的选择提供依据,为耕地保护和管理决策提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

图 1 显示,研究区位于江苏省南京市江宁区,东毗镇江市句容市,南邻南京市溧水县,西北邻接南京主城区,西南邻接安徽省。江宁区地处长江下游南

岸,位于江苏省西南部(30°38′~32°13′N、118°31′~119°04′E),属于亚热带季风气候区,年平均气温 17.0℃,年平均降水量 1 267.1 mm,全年日照时数达 2 035.6 h^[11],适宜种植水稻、小麦等粮食作物以及蔬菜、大豆等经济作物。优良的自然环境以及良好的农机和水利条件,为该区农业生产创造了优异的条件。

1.2 数据获取与处理

本研究主要使用的数据包括:GF-2 遥感影像以及野外实测控制点、解译标志点和验证点数据。

获取 2018 年 8 月 30 日的 GF-2/PSM Level-1 卫星影像,利用 GF-2 自带的有理多项式系数(RPC)进行正射校正,用野外实测控制点进行影像几何精校正,误差控制在 0.5 个像元之内,融合全色波段和多光谱波段的影像,最终获得分辨率为 1 m 的多光谱影像,并裁切出研究区。

2018 年 9 月开展实地调查,利用高精度全球定位系统获取研究区控制点、解译标志点及验证点的位置数据。野外实测控制点作为遥感影像几何精校正的输入控制点,解译标志点用作研究区耕地景观类型解释标志,验证点用于检验景观类型遥感提取精度。

1.3 景观划分与提取

参照国家标准《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2017)^[12],依据研究区实际情况,将研究区景观划分为:水稻、大豆、蔬菜、休闲耕地、大棚种植和其他。水稻、大豆、蔬菜、休闲耕地和大棚种植均属于耕地景观,其他景观包含林地、园地、水域、建设用地等。利用 eCognition 软件对研究区进行景观识别提取,获得各种类型景观的空间分布图(图 2)。

1.4 空间粒度重采样

常用的粒度推绎方法是将精微尺度上观察、试验及模拟的结果外推到较大尺度^[13],即不断降低景观格局的空间分辨率^[14]。本研究将研究区景观提取结果作为景观格局空间粒度效应研究的输入数据,用 ArcGIS 软件对研究区 1 m×1 m 景观分类结果进行重采样,转换为 5 m×5 m、10 m×10 m、15 m×15 m、20 m×20 m、30 m×30 m、50 m×50 m、100 m×100

m,共获得 8 个不同采样粒度的栅格文件。

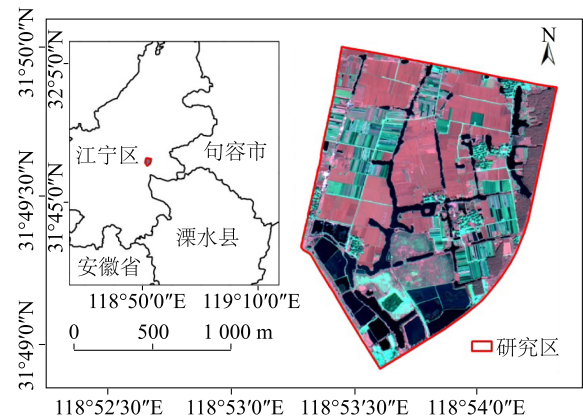


图 1 研究区位置图
Fig.1 Location of study area

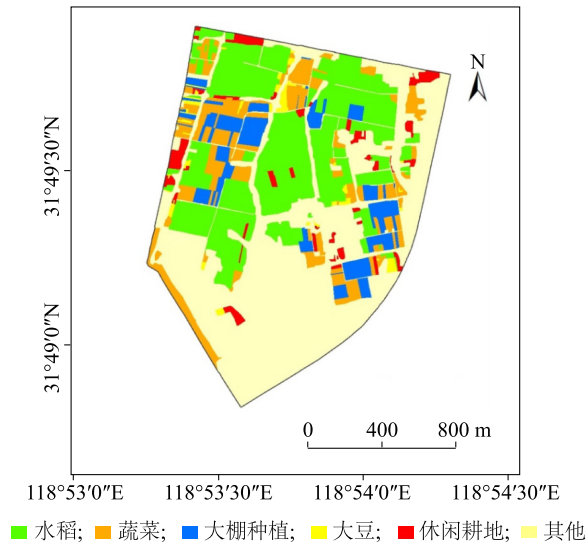


图 2 研究区景观提取结果图
Fig.2 Extraction result of the landscape in the study area

表 1 本研究选取的景观格局指数

Table 1 Landscape pattern indices used in this study

名称	类型	英文缩写	单位
斑块所占景观面积比例	面积——边缘指标	PLAND	%
边缘密度	面积——边缘指标	ED	m/hm ²
平均斑块面积	面积——边缘指标	AREA_MN	hm ²
面积加权平均斑块分维数	形状指标	FRAC_AM	
面积加权邻近指数	形状指标	CONTIG_AM	
平均最近距离	聚散性指标	ENN_MN	m
聚集度指数	聚散性指标	COHESION	%

1.5 景观格局指数选取

景观格局指数能够反映景观面积、数量、形状及分布等信息,在耕地景观研究中已经得到应用^[15-17]。参照已有耕地景观格局粒度效应研究使用的景观格局指数^[18-20],结合研究区耕地景观特征,本研究选取了 7 个景观格局指数(表 1)。通过 Fragstats 软件计算 8 个不同粒度下研究区 5 类耕地景观的景观格局指数,再分别将 7 个采样粒度下的景观格局指数与原始粒度下的景观格局指数进行比较,计算变化率。

2 结果与分析

2.1 研究区景观格局指数计算结果

基于分辨率为 1 m×1 m 的影像对研究区景观格局指数进行计算,结果(表 2)显示,研究区耕地景观斑块所占景观面积比例为 53.69%,其中水稻地面积最大,其斑块所占景观面积比例为 30.00%;其次是蔬菜地,其斑块所占景观面积比例为 11.80%;再次是大棚种植地,其斑块所占景观面积比例为 7.28%;休闲耕地和大豆地面积较少,斑块所占景观面积比例分别为 3.19%、1.42%。水稻地和蔬菜地的边缘密度较大,其次为大棚种植地,大豆地和休闲耕地较小。5 类耕地景观平均斑块面积相差较大,水稻地的平均斑块面积较大,其次是大棚种植地和蔬菜地,大豆地和休闲耕地的平均斑块面积较小,水稻地的平均斑块面积约为大豆的 18 倍。水稻地的平均最近距离最小,其次是蔬菜地和大棚种植地,大豆地和休闲耕地较大。五类耕地景观的面积加权平均斑块分维数为 1.10~1.13,表明研究区 5 类耕地景观形状比较规则。面积加权邻近指数均不低于 0.95,聚集度指数均接近于 100.00%,说明 5 类耕地景观聚集度较高。

表 2 研究区不同类型耕地景观格局指数

Table 2 Landscape pattern indices of different types of cultivated land in this study

耕地类型	PLAND (%)	ED (m/hm ²)	AREA_MN (hm ²)	FRAC_AM	CONTIG_AM	ENN_MN (m)	COHESION (%)
水稻地	30.00	105.67	1.81	1.10	0.99	12.36	99.56
大豆地	1.42	25.28	0.10	1.12	0.95	59.01	97.23
蔬菜地	11.80	101.58	0.42	1.13	0.97	24.12	98.89
休闲耕地	3.19	37.78	0.20	1.11	0.96	56.23	98.98
大棚种植地	7.28	53.37	0.56	1.10	0.98	28.05	99.08

PLAND、ED、AREA_MN、FRAC_AM、CONTIG_AM、ENN_MN、COHESION 见表 1。

2.2 耕地景观面积——边缘指标的粒度效应

图 3 显示,随着粒度的增大,研究区各类耕地景观的斑块所占景观面积比例基本保持不变,表明斑块所占景观面积比例没有明显的粒度效应。

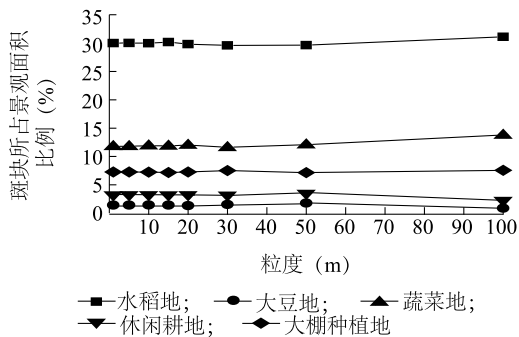
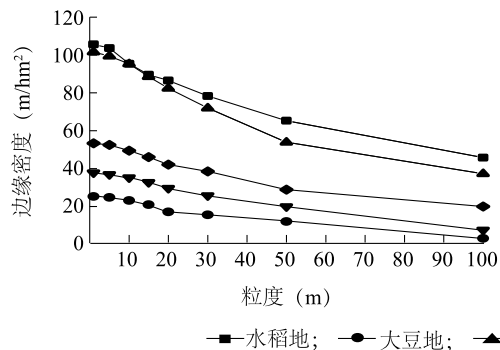


图 3 斑块所占景观面积比例对粒度变化的响应

Fig.3 Response of percentage of landscape to grain size change

图 4 显示,随着粒度的增大,5 类耕地景观的边缘密度均呈下降趋势。粒度为 1~10 m 时,5 类耕地景观边缘密度的变化率相差不大,降幅均在 10.00% 以内。粒度为 10~100 m 时,各类耕地景观边缘密度的降幅逐渐增大,不同耕地景观的变化率差距增大,大豆地和休闲耕地的降幅更为明显。粒



度为 30 m 时,5 类耕地边缘密度的降幅均超过 25.00%,其中大豆地的降幅为 38.26%,休闲耕地的降幅为 31.96%。当粒度达到 50 m 时,大豆地的降幅达到 52.22%,休闲耕地的降幅为 47.30%。当粒度达到 100 m 时,大豆地的降幅为 87.70%,休闲耕地的降幅为 80.00%。

图 5 显示,随着粒度的增大,5 类耕地景观的平均斑块面积总体呈增加的趋势。粒度从 1 m 增加到 5 m 时,水稻地的平均斑块面积增幅为 32%,粒度为 15 m 时,增幅为 62%,粒度为 100 m 时平均斑块面积是粒度为 1 m 时平均斑块面积的 8.67 倍。粒度从 1 m 增加到 5 m 时,蔬菜地和大棚种植地的平均斑块面积增幅均大于 20%,粒度为 15 m 时,增幅均大于 35%,粒度为 100 m 时平均斑块面积是粒度为 1 m 时平均斑块面积的 4.21 倍及 4.06 倍。粒度为 1~15 m,大豆地与休闲耕地的平均斑块面积变化较小,变化率绝对值均小于 15%。粒度为 20~100 m,大豆地和休闲耕地的平均斑块面积随着粒度增大增幅逐渐增加,至粒度为 100 m 时,大豆地的平均斑块面积是粒度为 1 m 时的 9.38 倍,休闲耕地的平均斑块面积是粒度为 1 m 时的 4.05 倍。

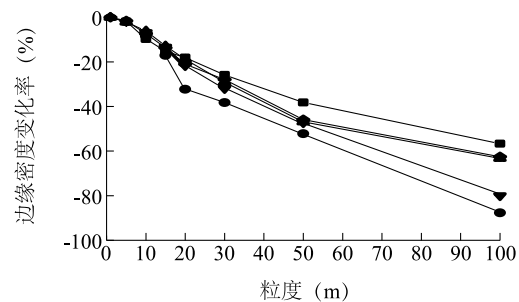


图 4 不同耕地景观边缘密度对粒度变化的响应

Fig.4 Response of edge density to grain size change

2.3 耕地景观形状指标的粒度效应

图 6 显示,随着粒度的增大,研究区 5 类耕地的景观的面积加权平均斑块分维数变化率的绝对值均低于 11%。随着粒度的增大,水稻地的面积加权平均斑块分维数总体呈增加的趋势,增幅为 0~6%。大

豆地与休闲耕地的面积加权平均斑块分维数呈降低的趋势,降幅为 0~11%。蔬菜地与大棚种植地的面积加权平均斑块分维数总体呈先增加再降低的趋势,变化率绝对值为 0~8%。

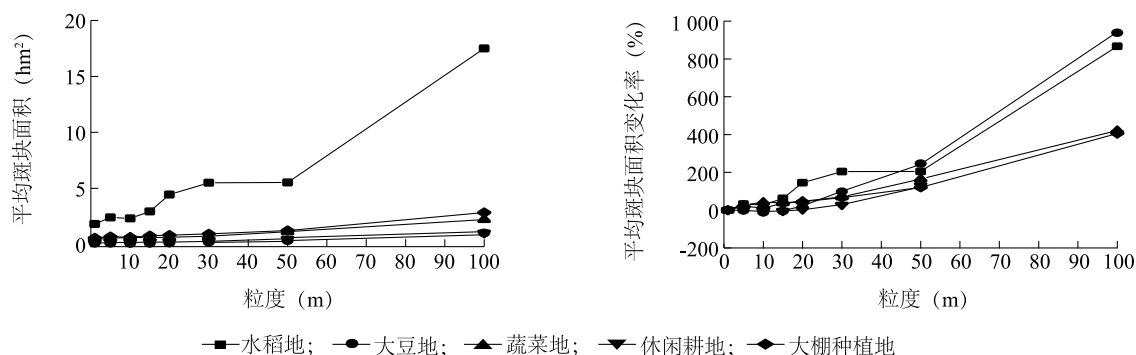


图 5 不同耕地景观平均斑块面积对粒度变化的响应

Fig.5 Response of mean patch area to grain size change

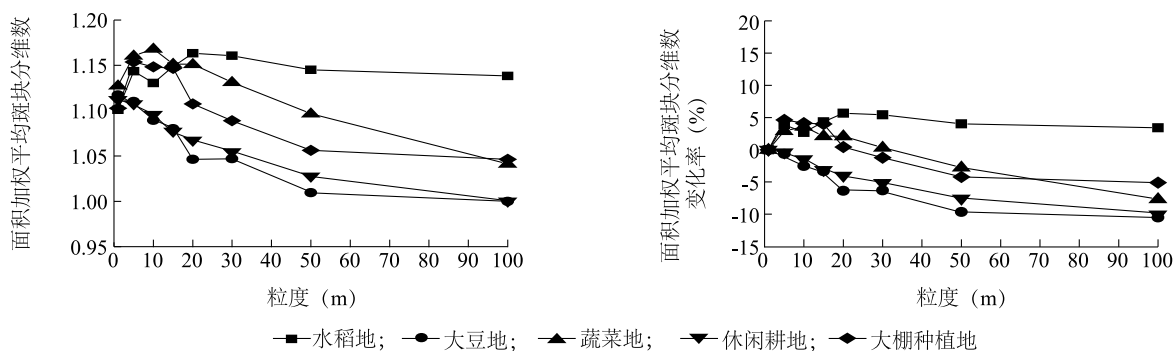


图 6 不同耕地景观面积加权平均斑块分维数对粒度变化的响应

Fig.6 Response of the area-weighted mean patch fractal dimension index to grain size change

图 7 显示,粒度为 1 m 时,研究区 5 类耕地景观的面积加权邻近指数均接近于最大值 1,随着粒度的增大,5 类耕地景观的面积加权邻近指数呈不同程度的下降趋势。其中,大豆地和休闲耕地的面积加权邻近指数随着粒度的增大降幅较大,粒度从 1 m 增加到 5 m 时,大豆地的降幅为 21.52%,休闲耕地的降幅为 15.00%,当粒度为 100 m 时,大豆地和休闲耕地的面积加权邻近指数均为 0。蔬菜地和大棚种植地的面积加权邻近指数随着粒度的增大降幅次之,粒度从 1 m 增加到 5 m 时,蔬菜地的降幅为 10.80%,大棚种植地的降幅为 8.95%,当粒度增加至 100 m 时,蔬菜地的降幅为 80.65%,大棚种植地的降幅为 70.91%。在整个试验中,水稻地面积加权邻近指数的降幅最低,粒度从 1 m 增加到 5 m 时,降幅为 4.25%,当粒度为 100 m 时,降幅为 43.43%。

2.4 耕地景观聚散性指标的粒度效应

图 8 显示,随着粒度的增大,研究区 5 类耕地景观的平均最近距离均呈不同程度的上升趋势。其中,水稻地平均最近距离的变化率最大,蔬菜地和大棚种植地次之,大豆地和休闲耕地的变化率较低。当粒度从 1 m 增大到 5 m 时,水稻地的增幅为 66.45%,蔬菜地的增幅为 43.98%,大棚种植地的增幅为 32.23%,休闲耕地的增幅为 8.19%,大豆地的增幅为 2.41%。当粒度为 10 m 时,水稻地的增幅为 124.69%,蔬菜地的增幅为 76.75%,大棚种植地的增幅为 50.76%,休闲耕地的增幅为 3.93%,大豆地的增幅为 2.50%。当粒度达到 100 m 时,水稻地的平均最近距离是粒度为 1 m 时的 18.42 倍,大豆地、蔬菜地、休闲耕地和大棚种植地的平均最近距离分别为 1 m 粒度时的 7.47 倍、

7.94 倍、5.60 倍和 9.59 倍。

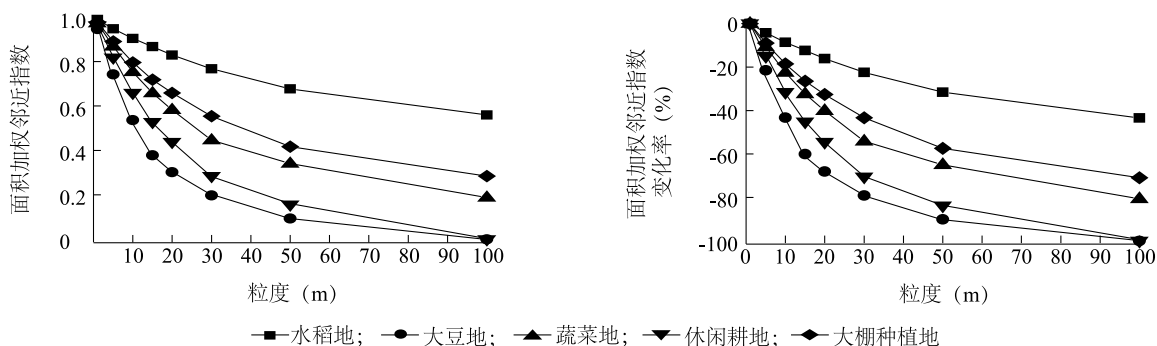


图7 不同耕地景观面积加权邻近指数对粒度变化的响应

Fig.7 Response of area-weighted mean contiguity index to grain size change

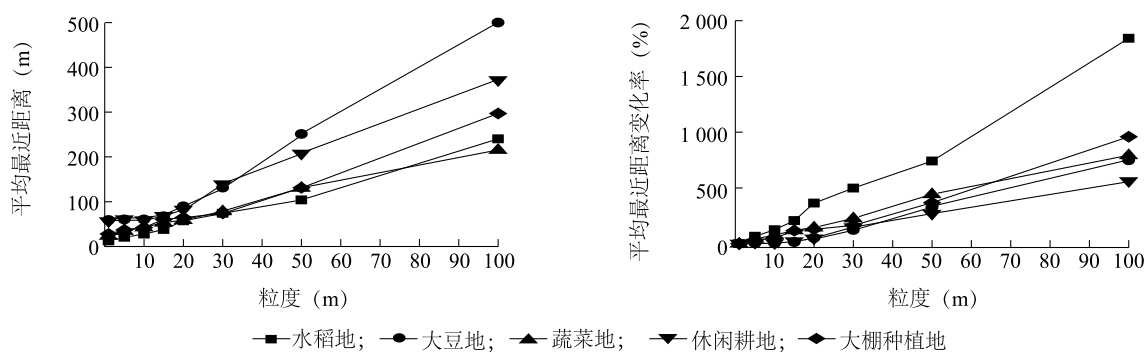


图8 不同耕地景观平均最近距离对粒度变化的响应

Fig.8 Response of mean nearest neighbor index to grain size change

图9显示,随着粒度的增大,研究区5类耕地景观的聚集度指数呈不同程度的下降趋势。其中,水稻地的降幅最小,低于10%;其次为蔬菜地和大棚

种植地,粒度由1 m增加至20 m,降低幅度低于15%;大豆地和休闲耕地的降幅较大,粒度由10 m增加至100 m,降幅高于15%。

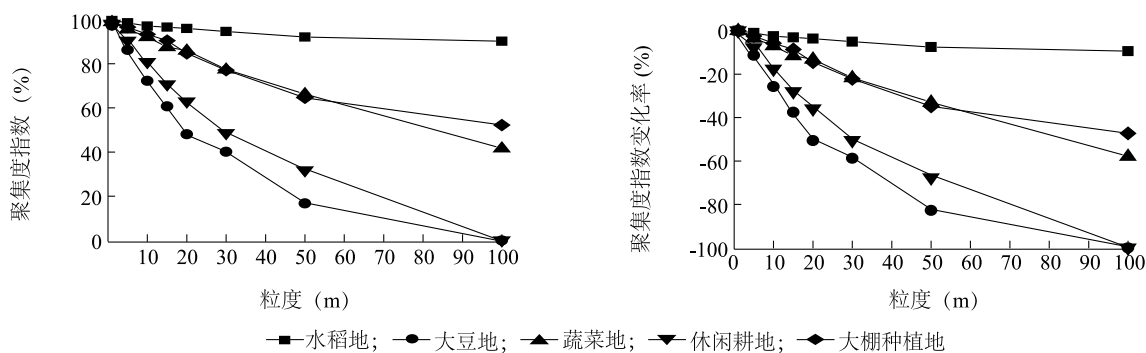


图9 不同耕地景观聚集度指数对粒度变化的响应

Fig.9 Response of patch cohesion index to grain size change

3 结论

本研究利用 GF-2 高分辨率遥感影像^[21]提取研究区耕地破碎区不同类型的景观,从类型层次对研究区5类耕地景观的景观格局指数进行粒度效应分

析,得出以下研究结论:

第一,研究区5类耕地景观的粒度效应具有共性特征,随着粒度的增大,研究区各类耕地景观的斑块所占景观面积比例基本保持不变,没有明显的粒度效应;粒度为1~100 m时,研究区5类耕地景观的面积

加权平均斑块分维数变化率的绝对值始终低于11%。

第二,研究区5类耕地景观的面积-边缘指标粒度效应分析结果表明,粒度为1~10 m时,5类耕地景观边缘密度的降幅均在10%以内;粒度为10~100 m时,各类耕地景观的边缘密度的降幅逐渐增大,其中大豆地和休闲耕地的降幅更为明显。随着粒度增大,5类耕地景观的平均斑块面积总体呈现增加趋势,粒度为100 m时水稻地的平均斑块面积是粒度为1 m时的8.67倍。

第三,研究区5类耕地景观形状指标的粒度效应分析结果表明,粒度为1 m时,5类耕地景观的面积加权邻近指数均为最大值,随着粒度的增大,呈不同程度的下降趋势,其中,大豆地和休闲耕地的降幅较大,水稻地的降幅最小。

第四,研究区5类耕地景观聚散性指标粒度效应分析结果表明,5类耕地景观的平均最近距离均随粒度的增大呈现不同程度的上升趋势,其中,水稻地的增幅最大,蔬菜地和大棚种植地次之。5类耕地景观的聚集度指数随粒度增大呈不同程度的下降趋势,其中,水稻地的降幅最小,其次为蔬菜地和大棚种植地,大豆地和休闲耕地的降幅较大。

综上所述,国产高分辨率GF-2卫星影像可用于江苏耕地破碎地区的景观粒度效应分析研究。研究区水稻地、大豆地、蔬菜地、休闲耕地和大棚种植地这5类耕地景观的斑块形状均比较规则,聚集度较高,但是5类耕地景观的边缘密度、平均斑块面积和平均最近距离具有较大差异,在景观格局指数粒度效应中既体现了共性特征,也表现出不同的变化趋势。景观格局指数在不同粒度间的变化规律,可以为耕地景观格局分析尺度的选择,以及景观格局指数的选取提供依据。

参考文献:

- [1] 郝卫平,梅旭荣,蔡学良,等. 基于多时相遥感影像的东北三省作物分布信息提取[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 201-207.
- [2] 肖笃宁. 宏观生态学研究的特点与方法[J]. 应用生态学报, 1994, 5(1): 95-102.
- [3] SHEN S, YUE P, FAN C. Quantitative assessment of land use dynamic variation using remote sensing data and landscape pattern in the Yangtze River Delta, China[J]. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 2019, 23: 111-119.
- [4] 陈正发,史冬梅,何伟,等. 1980-2015年云南坡耕地资源时空分布及演变特征分析[J]. 农业工程学报, 2019, 35(15): 256-265.
- [5] TURNER M G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns[J]. Landscape Ecology, 1990, 4(1): 21-30.
- [6] 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): 2506-2519.
- [7] WU J G. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations[J]. Landscape Ecology, 2004, 19(2): 125-138.
- [8] BENSON B J, MACKENZIE M D. Effects of sensor spatial resolution on landscape structure parameters[J]. Landscape Ecology, 1995, 10(2): 113-120.
- [9] 朱明,濮励杰,李建龙. 遥感影像空间分辨率及粒度变化对城市景观格局分析的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2753-2763.
- [10] 张庆印,樊军. 高精度遥感影像下农牧交错带小流域景观特征的粒度效应[J]. 生态学报, 2013, 33(24): 7739-7747.
- [11] 南京市江宁区统计局. 江宁统计年鉴-2019[EB/OL]. (2019-10-15) [2019-11-01]. <http://www.jiangning.gov.cn/sjfb/tjnj/201910/P020191015422153679513.pdf>.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. 土地利用现状分类:GB/T 21010-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017:1-9.
- [13] 王新明,王长耀,占玉林,等. 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.
- [14] 徐丽华,岳文泽,曹宇. 上海市城市土地利用景观的空间尺度效应[J]. 应用生态学报, 2007, 18(12): 2827-2834.
- [15] 李鑫,欧名豪,马贤磊. 基于景观指数的细碎化对耕地利用效率影响研究——以扬州市里下河区域为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(10): 1758-1767.
- [16] 梁洁,靳春燕,诺敏,等. 和林格尔县耕地景观时空变化分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2017, 38(2): 27-36.
- [17] 韩逸,郭熙,江叶枫,等. 南方丘陵区耕地质量与景观格局指数相关性分析[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(5): 1057-1065.
- [18] SETO K C, FRAGKIAS M. Quantifying spatiotemporal patterns of urban land-use change in four cities of China with time series landscape metrics[J]. Landscape Ecology, 2005, 20(7): 871-888.
- [19] FICHERA C R, MODICA G, POLLINO M. Land Cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics[J]. European Journal of Remote Sensing, 2012, 45(1): 1-18.
- [20] KONG F, YIN H, JAMES P, et al. Effects of spatial pattern of greenspace on urban cooling in a large metropolitan area of eastern China[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 128: 35-47.
- [21] 赵建鹏,杨秀峰,李国洪,等. 基于面向对象的设施蔬菜高分遥感影像提取[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(4): 911-9118.

(责任编辑:王妮)