

完达山东部地区景观破碎格局情景多尺度分析^{*}

高梅香^{1,2,3}, 国庆喜¹, 王化儒¹

(1. 东北林业大学 林学院, 哈尔滨 150040; 2. 哈尔滨学院 地理系, 哈尔滨 150086; 3. 黑龙江流域文明研究所, 哈尔滨 150086)

摘 要:以完达山东部地区现实景观为背景,使用主成分分析方法对设置的多尺度景观格局破碎情景进行分析。结果表明,主成分分析在景观水平上能准确地表征完达山东部地区多尺度景观逐渐破碎的过程,在类水平上表现效果不理想。斑块数量、斑块密度、对比度加权边缘密度、总边缘长度、边缘密度、景观形状指数和总边缘对比度在 1000 m 以下尺度能很好地表征农田斑块变化过程,阔叶林斑块的格局指标在几组尺度上表现破碎过程规律一致,基质斑块格局指标对景观破碎的多尺度响应更复杂。

关键词:破碎格局情景;多尺度;景观格局指标;主成分分析

中图分类号:P901

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)03-0052-05

Multiple Scale Analysis of Landscape Fragmentation Pattern Scenarios in East Wanda Mountains

GAO Mei-xiang^{1,2,3}, GUO Qing-xi¹, WANG Hua-ru¹

(1. Forestry College, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. Geography Department, Harbin University, Harbin 150086, China; 3. Institute of Heilongjiang Valley Civilization, Harbin 150086, China)

Abstract:According to the real landscape of East Wanda Mountains, PCA was used to analyze the multiple scale landscape fragmentation pattern scenarios. The results showed that: PCA can expressed multiple scale landscape fragmentation process accurately in East Wanda Mountain in land scape level, but can't in class level. Total number of patches, patch density, contrast weighted edge density, total edge length, edge density, landscape shape index and total edge contrast index can express farmland variation process under 1 000 m scale. Pattern metrics of broad-leaved forest had the same rule in expressing fragmentation process in several scale groups, and multiple response of matrix patch pattern metrics to landscape fragmentation was more complicated.

Key words:landscape fragmentation pattern scenarios; multiple scale; landscape pattern metrics; PCA

景观格局指标是量化景观格局与过程关系的重要研究方法,在研究过程中得到了大量的开发和应用,然而很多景观格局指标之间具有密切的相关性,在使用过程中造成数据繁杂冗余,景观格局指标对尺度的响应特征复杂^[1-3],又在一定程度上增加了景观格局指标分析和应用的难度。主成分分析利用降维的思想,在损失很少信息的前提下把多个指标转化为几个综合指标,能使复杂的问题更加清晰化,在国外的景观格局分析中得到了很好的应用^[4-6],我国也有将主成分分析应用于景观格局分析的实例,但

仅是在同一个尺度或针对个别情景的具体应用^[7-9],对于主成分分析应用于景观破碎过程分析的适用性还没有进行过系统的验证。以完达山东部地区现实景观为背景,利用地理信息系统和遥感技术,在多尺度上设置一系列景观格局情景,以表现完达山东部地区景观逐渐破碎的过程,使用主成分分析方法在不同尺度上描述景观破碎过程,探讨主成分分析在描述多尺度景观格局分析过程中的效果,寻找在多尺度上表现景观破碎过程规律一致的格局指标。

^{*} 收稿日期:2008-06-11

基金项目:中俄资源环境领域重大问题合作资助项目(2005CB724800);哈尔滨学院青年教师基金项目(HXYQ200813);黑龙江省自然科学基金项目(C2007-17)

作者简介:高梅香(1980-),女,黑龙江哈尔滨人,博士,从事资源与景观生态研究。E-mail:gmx102@163.com

通信作者:国庆喜(1965-),男,黑龙江哈尔滨人,博士,教授,主要从事森林生态、景观生态和生态建模研究。E-mail:gqx@nefu.edu.cn

1 研究地区和研究方法

1.1 研究区概况

研究地区为黑龙江省完达山东部地区(132°42' - 134°5' E, 46°8' - 47°12' N)。完达山主脉略呈东北至西南走向,属低山丘陵区,海拔高度为300~500 m,平均坡度10°~15°。该地区地带性植被为阔叶红松混交林,森林覆盖率达80%以上,但由于长期的干扰破坏,主要以次生林为主,并出现了不同程度的破碎化。

1.2 研究方法

使用 ERDAS 8.7 软件将覆盖完达山东部地区的两幅 TM(114-27 和 114-28)合并,根据完达山东部地区的边界将研究区域从影像中裁剪出来,采用无监督分类的方法对生境斑块进行分类,分出阔叶林、草甸、灌丛、农田和水体5种生境斑块类型,地面验证分类精度达85.6%。

景观破碎化情景的设置是以上述遥感分类所得的完达山东部地区当前景观为背景,在 ARCGIS 8.3 软件下,从外围向中心地带以 2.5 km 为间隔进行设置。首先将距离研究区边缘 2.5 km 的界线所包围的内部区域中农田斑块的属性修改为阔叶林,这样农田仅存在于研究区边缘 2.5 km 以内的区域,将其作为情景₁;将距离研究区边缘 5 km 的界线所包围的内部区域中农田斑块的属性修改为森林,将其作为情景₂,相较于情景₁,情景₂的农田又向中心地带扩展了 2.5 km;以此类推,生成 9 个景观破碎情景(情景₁, 情景₂, ..., 情景₉);景观情景₀为研究区当前的景观,当前景观是十个情景中破碎化程度最高的,情景₀到情景₉景观破碎程度逐渐加大。

以 30 m 尺度的上述 10 个格局情景为基础数据,在 Arcgis 8.3 中使用 resample 命令将每个格局情景重采样成 12 个尺度的格局情景,分别为 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 500, 750, 1 000, 1 250, 1 500 m。使用 FRAGSTATES 3.3 软件计算各个情景的景观格局指标,主成分分析和聚类分析在 SPSS 13.0 中进行。

2 结果分析

2.1 格局指标的选取

根据以往研究结果^[10-13],在景观和类水平上分别选取 16 个格局指标,挑选重复信息尽可能少的指标表现景观的面积、形状、边缘、聚集度和多样性等特征,其中斑块数(NP)、最大斑块指数(LPI)、边界总长度(TE)、景观形状指数(LSI)、平均斑块面积

(MPS)、面积加权平均形状指数(AWMSI)、面积加权平均斑块分维数(AWMPFD)、平均斑块周长/面积比(PA)、聚合度(AI)、对比度加权边缘密度(CWED)、总边缘对比度(TECI)和景观分维指标(DIVISION)为景观水平和类水平选取的指标,Shannon 多样性指数(SHDI)、修正 Simpson 多样性指标(MSIDI)、修正的 Simpson 均匀度指数(MSIEI)和蔓延度(CONTAG)是仅在景观水平上选取的指标,临近度(CONTIG_AM)、类总面积(CA)、斑块所占景观面积比例(PLAND)和聚集度(CLUMPY)是仅在类水平上选取的指标,每个指标的计算方法见文献[14-15]。

2.2 景观水平破碎过程分析

以 16 个景观格局指标为影响因子,以 10 个格局情景景观格局指标为样本,在 Spass 13.0 软件中进行主成分分析和因子旋转处理,相关矩阵表明各指标之间均有较强的相关性(大于 0.3),可以进行主成分分析。总方差表和碎石图表明 150 m、250 m 和 1 250 m 尺度上选取代表景观变化特征的 2 个主因子(principal component,简称 PC),第一主成分都包含了 80% 以上的信息,包括景观面积、边缘和多样性等信息,反映了景观破碎化程度,第二主成分包括平均周长面积比(PA)、面积加权平均斑块分维数(AWMPFD)和面积加权平均形状指数(AWMSI)三个指标,代表景观形态特征。其余尺度格局情景都提取一个主成分,均包含了 90% 以上的变量信息。

由于各尺度条件下提取的第一主成分包含了 80% 以上的信息,因此选取第一主成分得分表征景观破碎特征。表 1 为 12 个尺度上各个格局情景第一主成分的得分系数,可以看出第一公共因子排序基本上为由情景₀到情景₉的升序排列,表明由情景₀到情景₉景观破碎程度逐渐增强,可见主成分分析能很好地表现完达山东部地区景观逐渐破碎的过程。在 1 000 m 和 1 500 m 尺度上,破碎程度最轻的格局情景₀主成分排序靠前,一方面可能是由于本次模拟重采样采用的是最临近距离法,格局情景₀农田斑块较密集,1 000 m 以上大尺度合并景观类型时造成景观破碎较严重的“假象”,另一方面也说明在景观水平上利用主成分分析评价景观破碎过程时,在尺度较大的情况下也会受到尺度因素的影响。

选取 8 个景观格局指标(NP, LPI, TE, LSI, AWMPFD, CWED, SHDI, AI)和选取信息重复量较大的 16 个景观格局指标进行主成分分析表现出相同的规律,也能准确地表现景观破碎过程,但选取

8 个以下景观格局指标时主成分分析效果不好,可见采用主成分分析表征景观破碎特征时,重复信息能够被很好的降维,可以根据实际情况适当的选取几个景观格局指标。

表 1 景观水平 12 个尺度不同格局情景第一主成分得分

情景	不同尺度/ m											
	50	75	100	125	150	200	250	500	750	1000	1250	1500
-	1.65	- 2.04	- 2.04	- 1.99	- 2.36	- 2.08	- 1.40	- 2.03	- 2.03	0.72	- 1.68	0.94
-	0.93	- 1.17	- 1.24	- 1.23	- 1.15	- 1.24	- 1.30	- 1.22	- 1.22	- 2.34	- 0.93	- 1.86
-	0.93	- 0.54	- 0.48	- 0.58	0.19	- 0.48	- 0.92	- 0.54	- 0.54	- 0.89	- 0.96	- 1.20
-	0.93	- 0.07	- 0.14	- 0.17	0.31	- 0.05	- 0.48	- 0.15	- 0.15	- 0.36	- 0.47	- 0.70
	0.23	0.14	0.10	0.11	- 0.03	0.12	- 0.13	0.11	0.11	- 0.18	- 0.07	- 0.43
	0.57	0.14	0.47	0.47	0.40	0.47	0.35	0.48	0.48	0.22	0.15	0.11
	0.76	0.74	0.66	0.71	0.82	0.70	0.60	0.68	0.68	0.59	0.64	0.52
	0.89	0.86	0.81	0.81	0.80	0.80	0.84	0.82	0.82	0.66	0.92	0.81
	0.97	0.94	0.91	0.91	0.54	0.85	1.10	0.91	0.91	0.72	1.16	0.88
	1.01	0.99	0.95	0.97	0.48	0.90	1.36	0.95	0.94	0.85	1.25	0.94

注： —— 分别为 到 个格局情景,下同。

2.3 类水平景观破碎过程分析

研究区灌丛、草甸和水体所占比例较小,格局情景设置过程中并未修改其属性特征,因此在类水平上仅分析农田和阔叶林斑块的格局情景破碎特征。

2.3.1 农田斑块景观变化过程分析 500 m 尺度上选取 3 个主成分,其余尺度均选取 2 个主成分,均包含了 90 % 以上的变量信息,第一主成分为包含斑块边缘、形状和面积等的破碎化信息,第二主成分基本上为 2 - 3 个表征斑块形态的形状指数和聚集度指数,包括 AI、CONTAG、CLUMPY、AWMSI、

PA、AWMPFD、CONTIG_AM 和 CLUMPY。

由于各个尺度第一主成分未能全部包含 80 % 以上的变量信息,因此表 2 列举出 12 个尺度下不同格局情景各主成分的综合得分。在 12 个尺度条件下,只有 250 m 和 1 250 m 尺度上综合得分表现为情景 到情景 的升序排列;100 m、125 m 和 500 m 尺度基本上也能表明景观破碎过程,只是情景综合评价得分较高,出现情景 破碎较严重的“假象”,其余尺度主成分综合得分均不能很好地表现农田斑块的逐渐入侵过程。

表 2 12 个尺度上农田斑块不同格局情景主成分综合评价得分

情景	不同尺度/ m											
	50	75	100	125	150	200	250	500	750	1000	1250	1500
-	3.19	0.22	- 0.65	- 0.86	- 3.28	- 3.34	- 3.36	- 2.39	- 3.38	0.54	- 3.68	- 1.66
-	1.77	- 1.53	- 1.74	- 1.36	- 1.70	- 1.64	- 1.35	- 3.64	- 1.44	- 3.76	- 0.88	- 3.27
	1.27	- 1.71	- 1.72	- 1.98	1.05	0.96	- 0.04	- 3.59	1.26	0.04	- 0.13	- 0.08
	1.10	- 1.60	- 1.22	- 1.21	1.09	1.06	- 0.03	- 1.88	1.19	0.35	0.21	0.07
-	0.14	- 0.50	- 0.52	- 0.64	- 0.15	- 0.13	0.30	0.12	- 0.08	- 0.82	0.32	0.29
	0.89	- 0.50	- 0.02	0.15	0.87	0.84	0.15	0.44	0.82	0.84	0.64	0.63
	0.85	0.48	0.68	0.78	0.85	0.83	0.93	0.73	0.70	0.96	0.78	1.03
	0.48	1.20	1.28	1.36	0.54	0.54	1.05	2.51	0.43	0.62	0.86	0.96
	0.30	1.72	1.75	1.74	0.41	0.47	1.14	3.73	0.23	0.54	0.92	1.01
	0.22	2.23	2.16	2.02	0.33	0.40	1.21	3.97	0.27	0.69	0.95	1.02

单个景观格局指标能在不同尺度上很好地表现景观破碎过程,图 1 为 12 个尺度下斑块数量(NP)、对比度加权边缘密度(CWED)、边缘密度(ED)、景观形状指数(LSI)和总边缘对比度(TECI)标准化处理后在各个格局情景间的变化,从图中可以看出,除了 1 000 m 以上的几个大尺度外,其余尺度条件下

各个景观格局指标基本上表现为情景 到情景 的规律性变化,体现农田景观斑块数量增多、边缘增加和形状复杂等特性,表明农田斑块逐渐入侵景观逐渐破碎的特征。总斑块数目和斑块密度及总边缘长度和边界密度表现规律相同,其余格局指标在各个尺度条件下规律性不明显。

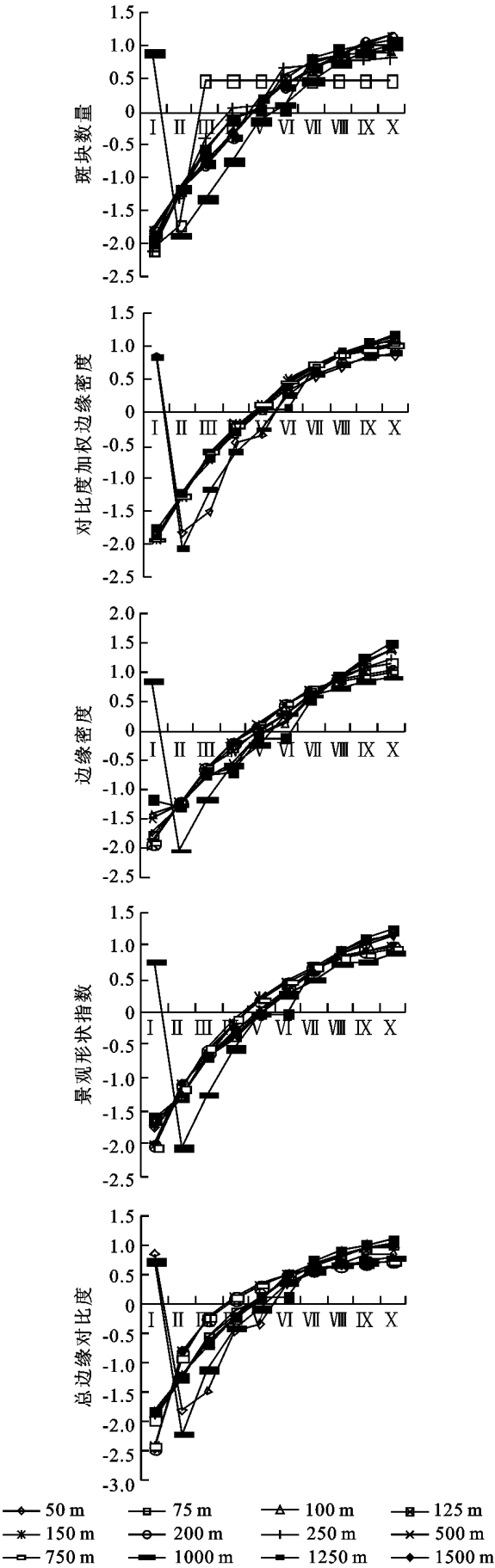


图 1 不同尺度条件下农田斑块景观格局指标响应特征

2.3.2 阔叶林斑块景观破碎过程分析 在尺度因素的影响下,很多景观格局指标在各个格局情景间没有差异,仅在 50 m 和 75 m 小尺度上能够对选取的 15 个景观格局指标进行主成分分析,50 m 尺度各个格局情景的综合得分无法表现景观逐渐破碎的过程,75 m 尺度情景 、 、 和 表现出了阔叶林斑块逐渐破碎的特征,其他情景综合得分无规律可循。在其他尺度上,选取个数不等的对景观格局变化敏感的格局指标进行主成分分析,均不能表现出阔叶林斑块逐渐破碎的过程。

在 50 m 尺度上,由情景 到情景 破碎过程中,阔叶林斑块面积(CA)由 538 374.5 m² 减少到 485 252 m²,减少了 9.87%;边缘密度(ED)由 57.66 增加到 58.11,增加了 0.79%,景观形状指数(LSI)由 132.99 增加到 141.03,增加了 6.04%,聚集度指数(CLUMPY)由 0.55 增加到 0.64,增加了 16.18%,都表明阔叶林斑块在逐渐破碎。其他尺度上的景观格局指标能也现相同特征,但很难找出能在 12 个尺度上表现特征一致的格局指标,对选取的景观格局指标在 12 个尺度上分别做聚类分析,结果表明大部分指标在几组尺度上规律一致,分别为 50,500,750 m 和 100,150 m 以及 75,125,200 m,其中表现规律一致的指标分别占选取的 16 个格局指标的 75%、81.25%和 75%,表明阔叶林斑块大部分指标在这几组尺度上表现景观破碎特征相似。

3 讨论

在景观水平上,主成分分析能在多尺度上很好地表征景观逐渐破碎的过程,其中在 1 000 m 以下尺度分析效果较好。在本次研究中,8~16 个景观格局指标均能很好地表征景观破碎过程,在包含了景观破碎基本特征的前提下,景观格局指标较多的重复信息并未影响最终分析结果,选取的景观格局指标过少反而效果不佳,这在一定程度上增加了主成分分析应用的可操作性。

在类水平上,主成分分析并不能很好地表征类斑块逐渐变化的过程,还需要结合多个景观格局指标进行综合分析,不同类型斑块的景观格局指标响应特征不同,从本次研究来看,基质斑块表现特征更复杂。主成分分析方法只有 250 m 和 1 250 m 两个尺度上能够准确地表征农田斑块变化过程,其余尺度效果均不好,主成分分析也不能表现阔叶林斑块逐渐破碎的过程。斑块数量、斑块密度、对比度加权边缘密度、总边缘长度、边缘密度、景观形状指数和总边缘对比度在 1 000 m 以下尺度能很好地表现农

田景观入侵过程,阔叶林斑块的格局指标在表现景观破碎过程中在几组尺度上表现规律一致,分别为在 50 m、500 m、750 m 和 100 m、150 m 和 75 m、125 m、200 m 这三组尺度。

参考文献:

- [1] Turner M G, O'Neill R V, Gardner R H, et al. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern[J]. *Landscape Ecology*, 1989, 3 (3/4): 153-162.
- [2] Wickham J D, Riitters K H. Sensitivity of landscape metrics to pixel size[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1995, 16(18): 3585-3595.
- [3] Wu J G, Shen W J, Sun W Z, et al. Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics[J]. *Landscape Ecology*, 2002, 17(8): 761-782.
- [4] Jerry A G, Edward A M, Kevin P P. Landscape structure analysis of Kansas at three scales[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 52(1): 45-61.
- [5] Cumming S, Vernier P. Statistical models of landscape pattern metrics, with applications to regional scale dynamic forest simulations [J]. *Landscape Ecology*, 2002, 17(5): 433-444.
- [6] Quinlan R, Paterson A M, Hall R I, et al. A landscape approach to examining spatial patterns of limnological variables and long-term environmental change in a southern Canadian lake district [J]. *Freshwater Biology*, 2003, 48(9): 1676-1697.
- [7] 李正国,王仰麟,张小飞,等. 陕北黄土高原景观破碎化的时空动态研究[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(11): 2066-2070.
- [8] 李正国,王仰麟,张小飞. 陕北黄土高原景观破碎化及其土壤裸露效应[J]. *生态学报*, 2005, 25(3): 421-427.
- [9] 肖荣波,周志翔,王鹏程,等. 武钢工业区绿地景观格局分析及综合评价[J]. *生态学报*, 2004, 24(9): 1924-1930.
- [10] 布仁仓,李秀珍,胡远满,等. 尺度分析对景观格局指标的影响[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(12): 2181-2186.
- [11] Herzog F, Lausch A, Muller E, et al. Landscape metrics for assessment of landscape destruction and rehabilitation[J]. *Environmental Management*, 2001, 27(1): 91-107.
- [12] Kie J G, Bowyer R T, Nicholson M C, et al. Landscape heterogeneity at differing scales: effects on spatial distribution of Mule Deer[J]. *Ecology*, 2002, 83(2): 530-544.
- [13] 赵明华,杨树佳,牟文龙. 山东半岛县域土地利用景观格局分析:以招远市为例[J]. *水土保持研究*, 2007, 14(3): 155-157.
- [14] McGarigal K, Marks B J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure[M]. Portland: Gen. Tech. Rep. PNW - GTR - 351, 1995.
- [15] 李秀珍,布仁仓,常禹,等. 景观格局指标对不同景观格局的反应[J]. *应用生态学报*, 2004, 24(1): 123-134.

(上接第 51 页)

参考文献:

- [1] 杨勤科,李锐,曹明明. 区域土壤侵蚀定量研究的国内外进展[J]. *地球科学进展*, 2006, 21(9): 31-38.
- [2] 姚志宏,杨勤科,吴喆,等. 区域尺度降雨径流估算方法研究:算法设计[J]. *水土保持研究*, 2006, 13(5): 306-308.
- [3] 姚志宏,杨勤科,吴喆,等. 区域尺度侵蚀产沙估算方法研究[J]. *中国水土保持科学*, 2007, 5(4): 13-17.
- [4] 蒋定生,黄国俊. 黄土高原土壤入渗速率的研究[J]. *土壤学报*, 1986, 23(4): 299-305.
- [5] 袁建平,张素丽. 黄土丘陵区小流域土壤稳定入渗速率空间变异[J]. *土壤学报*, 2001, 38(4): 579-583.
- [6] 张爱国,张平仓,杨勤科. 区域水土流失土壤因子研究[M]. 北京:地质出版社, 2003.
- [7] 雷俊山. 基于 GIS 的区域土壤抗侵蚀性因子研究[D]. 陕西杨陵:中国科学院水利部水土保持研究所, 2004.
- [8] 袁建平,蒋定生. 黄土丘陵沟壑区小流域降雨入渗产流点面转化[J]. *地理科学*, 2001, 21(3): 262-266.
- [9] 朱会义,刘述林,贾绍凤. 自然地理要素空间插值的几个问题[J]. *地理研究*, 2004, 23(4): 425-432.
- [10] 李艳,史舟,徐建明,等. 地统计学在土壤科学中的应用及展望[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(1): 178-182.
- [11] 连纲,郭旭东,傅伯杰,等. 黄土高原县域土壤养分空间变异特征及预测:以陕西省横山县为例[J]. *土壤学报*, 2008, 45(4): 577-584.
- [12] Goovaerts P. Geostatistical modelling of uncertainty in soil science[J]. *Geoderma*, 2001, 103(1/2): 3-26.
- [13] 黄秉维. 编制黄河中游流域土壤侵蚀分区图的经验和教训[J]. *科学通报*, 1955(12): 15-21.
- [14] 蒋定生,黄国俊,谢永生. 黄土高原土壤入渗能力野外测试[J]. *水土保持通报*, 1984, 4(4): 7-9.
- [15] Johnston K, Sakala M, Wrightsell J. Using Arc GIS geostatistical analyst [M]. CA: Environmental Systems Research Institute Redlands, 1999.
- [16] 吴秀芹,张洪岩,李瑞政,等. ArcGIS 9 地理信息系统应用与实践(下册)[M]. 北京:清华大学出版社, 2007.
- [17] 朱会义,贾绍凤. 降雨信息空间插值的不确定性分析[J]. *地理科学进展*, 2004, 23(2): 34-42.
- [18] 王月玲,蒋齐,蔡进军,等. 半干旱黄土丘陵区土壤水分入渗速率的空间变异性[J]. *水土保持通报*, 2008, 28(4): 52-55.