

基于半方差分析的东祁连山地景观特征尺度

王永豪¹, 刘学录¹, 汪永红²

(1. 甘肃农业大学 资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省国土资源规划研究院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:采用美国陆地资源卫星 3 个时相的遥感图像, 运用半方差分析的方法, 对东祁连山地景观特征尺度进行研究。结果表明: (1) 步长增大时, 东祁连山地景观的特征尺度相应增大, 但增加的幅度在时间上和方向上存在显著差异, 若步长继续增大至数千米以上时, 则不能较好地表现出景观格局的自相关性; (2) 变程可有效地揭示出东祁连山地景观结构的各向异性, 左对角方向上的特征尺度较大, 景观结构的异质性最小, 垂直、水平两个方向上的特征尺度较小, 景观结构的异质性较高; (3) 全球气候变暖及人为活动等生态过程对东祁连山地景观结构的异质性有明显影响, 使得研究区景观格局的空间相关性减弱。

关键词:特征尺度; 东祁连; 半方差分析; 山地景观

中图分类号: Q149

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2011)02-0135-06

生态学中的尺度最具复杂性和多样性, 它是生态学研究的核心问题之一。现象尺度是格局或影响格局过程的尺度, 它为自然现象所固有, 而独

立于人类控制之外, 因此也被称为特征(characteristic)尺度或本征(intrinsic)尺度^[1-2]。特征尺度表征了系统的固有性质或功能^[3-4], 对景观特征尺度的研究有助于选择合适的测量尺度来揭示景观格局的规律性^[4-6]。

最近十几年, 地统计学中半方差分析方法被广泛地应用到景观生态学的研究中, 在尺度分析中发挥着越来越重要的作用。Joe E. Meisel 等用半变异函数分析法研究了不同景观中变异性的尺

收稿日期: 2010-11-29

第一作者简介: 王永豪(1983-), 男, 甘肃省民勤县人, 在读硕士, 从事景观生态学研究。E-mail: 360241082@qq.com。

通讯作者: 刘学录(1966-), 男, 甘肃省天水市人, 博士, 教授, 从事景观生态学和土地资源管理研究。E-mail: liuxl@gsau.edu.cn。

较为完整的农村信用社服务质量评价的研究体系。

参考文献:

- [1] 庞燕萍. 目前农村信用社服务质量和水平亟待提高解决的几个问题[J]. 现代经济信息, 2010(2): 189.
- [2] Kano N, Seraku N, Takashi, et al. Attractive quality and must-be quality [J]. The Journal of the Japanese Society for Quality Control, 1984, 14(2): 39-48.
- [3] 陈波波. 基于 Kano 模型的质量评价研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2008.

- [4] Epsitein S, Rauzy A. Can we trust PRA[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2005, 88(3): 195.
- [5] 秦江波, 王宏起. 基于 AHP 的企业绩效管理评价模型研究[J]. 学术交流, 2009(3): 93-96.
- [6] 风廷. 基于卡诺模型的物流服务质量影响因素分析[J]. 物流技术, 2007(12): 5-8.
- [7] Chen H H, Lee H A, Tong Y H. Prioritization and operations NPD: mix in a net work with strategic partners under uncertainty[J]. Expert Systems with Applications, 2007, 33(2): 337.

Study of Service Quality of Rural Credit Cooperatives Based on Kano Model and AHP

YUAN Gui-lin¹, JIN Jun-xi², HUANG Zong-fu¹

(1. Business Planning School of Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067; 2. Graduate Department of Chongqing Technology and Bussiness University, Chongqing 400067)

Abstract: This paper has constructed the index system of service quality evaluation of rural credit cooperatives, and using Kano model to design questionnaire and research, classified with different service quality elements affecting customer satisfaction, and then using AHP method studied the degree of influence on customers by different quality elements, dimensions, and indexes, to provide decision support to improve service quality of rural credit cooperatives.

Key words: Kano model; AHP; service quality

度探测问题^[7]; E. W. Sanderson 等应用半方差分析法和克里格法(Kriging)研究了沼泽盐生植物冠层含水量的尺度转换特征^[8]; Woodcock、Cohen 等曾经通过半方差来揭示景观结构^[9-10]。蔡博峰等通过对北京市亦庄新城植被空间尺度特征分析,认为半方差分析能判断多个方向上的特征尺度,并且对特征尺度的形成具有一定解释力^[11]。张娜通过对生态学中尺度问题的总结认为半方差在尺度分析上具有很大的应用潜力^[1]。孙丹峰等指出通过改变半方差函数的分析范围和计算间距可以克服半方差对多尺度分析的不足^[12]。蔡博峰等以中国三北防护林为例,对比了各种尺度分析方法的特点和优劣,认为半方差分析法灵活简捷,结果明显^[13]。吕一河等认为半方差适合于对一定范围内空间尺度上的变异特征和规律进行研究^[14]。申广荣等认为半方差分析能将试验区景观结构的最主要总体平均结构特征反映出来^[15]。这些研究大多对城市景观、农田景观等进行研究,但对山地景观研究相对较少,因此,该文运用半方差分布法对祁连山东段山地景观的特征尺度进行研究,其目的是探寻东祁连的特征尺度和格局特征,为东祁连生态建设、大尺度生态格局的构建和生态安全格局的确定提供依据。

1 研究区概况

研究区位于中国青海省东北部与甘肃省西部边境,地理位置 $E102^{\circ}00' \sim 102^{\circ}30'$, $N 37^{\circ}20' \sim 37^{\circ}40'$, 面积 $94\,371.84\text{ km}^2$, 包括走廊南山-冷龙岭-乌鞘岭,大通山-达坂山,青海南山-拉背山 3 列平行山系,其间夹有大通河谷地、湟水谷地和青海湖盆地。由于受新构造运动的强烈抬升而剧烈褶皱,同时流水地质作用的强烈侵蚀下大幅度下切,形成陡峻的“V”型河谷。山峰海拔高度为 $3\,000 \sim 5\,500\text{ m}$, 平均海拔为 $4\,000\text{ m}$ 左右,海拔 $4\,700\text{ m}$ 以上的山地终年积雪,广泛发育现代冰川,呈现高寒砾漠(或岩漠)景观^[16]。区内自然气候条件复杂、水热条件差异大,使植被的分布具有明显的水平差异和垂直梯度变化。祁连山河流水系发育良好,分属于河西内陆河流域和黄河流域两大流域。其中,内陆河流域的石羊河水系较大的河流自西向东有西大河、东大河、西营河、金塔河、杂木河、黄羊河、古浪河、大靖河等。均发源于祁连山东段冷龙岭和毛毛山,集水面积 $9\,057\text{ km}^2$, 山区径流量为 15.63 亿 m^3 , 出山径流

量为 15.4 亿 m^3 ^[17-19]。

2 研究方法

2.1 材料

该研究选用的遥感数据为美国陆地资源卫星 1994 年 6 月 8 日 Landsat 5 TM(Thematic Mapper)遥感影像和 2009 年 6 月 17 日、2009 年 9 月 21 日 Landsat 7 ETM+(Enhanced Thematic Mapper)遥感影像。

2.2 图像处理

首先用 ERDAS9.1 将 TIF 格式遥感图像转换为栅格格式,合成 7、4、2 三个波段以获得具有最大光谱多样性的多波组合图像,在校正后进行 PCA(Principal Component Analysis)变换和 IPCA(Inverse Principal Component Analysis)变换,然后分别分割出 $1\,024\text{ 行} \times 1\,024\text{ 列}$ 的子区,子区为祁连山的东段。在子区图像的水平方向(WE)、垂直方向(NS)、左对角方向(NW-SE)各选取一条样线,并对线上 DN 值(图像灰度值)数据进行半方差分析。

2.3 半方差分析方法

半方差函数^[11,13-14,20](又称变异函数)是分析变量空间结构的主要工具,是方向和样点对间距的函数,反映空间变量的自相关性。半方差函数的数学表达式为:

$$Y^{\#}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2$$

式中: $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i+h)$ 分别是在采样点 x_i 和 x_i+h 的观测值, h 为每对数据采样点的间隔, $N(h)$ 是以 h 为间距的所有采样点的成对数目。

通过半方差图,可以检测景观格局的特征尺度和等级结构特征,受空间自相关性的影响,空间格局或过程变量的半方差函数在较小取样间距上的值较小;随着取样间距的增大,半方差函数值也增大,并逐渐趋向平稳,甚至呈现下降趋势,此取样间距被称为自相关阈值^[11,13]。在此自相关阈值范围内,格局或过程变量之间具有较强的空间自相关性,可近似认为格局或过程发生在同一尺度域内;而超过该阈值,格局或过程变量之间近似相互独立,表现出较弱的空间自相关性和较强的随机性。因此,可用自相关阈值近似表示景观的特征尺度^[11,13]。

样点间的距离对半方差函数有重要的影响,为了使建立的半方差函数模型能准确地反映各种

尺度上的变化特征,采用 30、300 和 3 000 m 3 种步长进行采样。为了确保半方差函数有意义,抽样间距不超过研究区域的 1/2。半方差函数的计算采用 VBA 编程实现。

2.4 球状模型模拟

半方差函数曲线采用球状模型模拟,球状模型^[11,20]为:

$$\gamma(h)=\begin{cases} 0 & h=0 \\ c_0+c\left(\frac{3h}{2a}-\frac{1h^2}{2a^2}\right) & 0<h\leq a \\ c_0+c & h>a \end{cases}$$

式中, c_0 为块金常数, a 为变程, c 为拱高, c_0+c 为基台值。变程也叫独立间距,是指变异函数达到基台值所对应的距离,表示变量的自相关阈值。块金常数表示随机部分的空间异质性,主要反映变量随机性的大小。一般以块金常数与基台值的比值反映随机部分引起的空间异质性占系统总变异的大小,如果该比值高,说明随机部分引起的空间异质性程度起主要作用^[11]。

3 结果与分析

3.1 步长取 30 m 时的半方差分析

当步长取 30 m 时,对不同时期水平方向、垂直方向、左对角方向的 DN 值分别采用 30、60、90、120、150、180、210、240、270、300、600、900、1 200、1 500、1 800、2 100、2 400、2 700、3 000、6 000、9 000、12 000、15 000 m 的计算间距进行半方差计算。通过计算得到不同方向的半方差函数曲线(见图 1,图 2,图 3)。

从图 1、图 2、图 3 可以看出,在相同方向各时期的半方差趋势形状一致。根据以往经验和半方差函

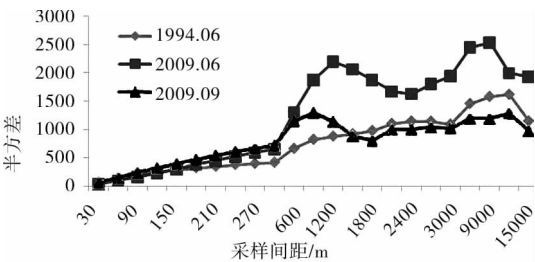


图 1 水平方向不同时期半方差

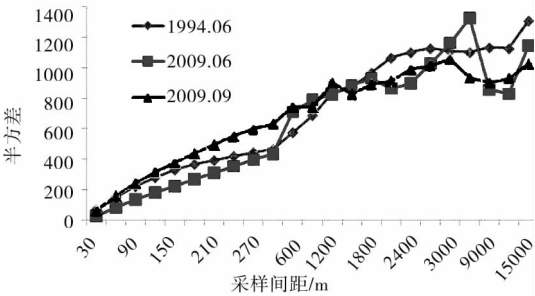


图 2 垂直方向不同时期半方差

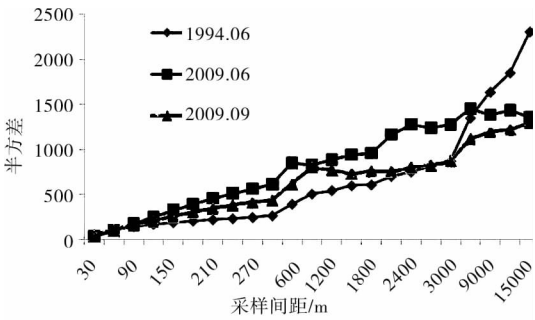


图 3 左对角方向不同时期半方差

数曲线,认为各时期水平方向、垂直方向、左对角方向的半方差函数曲线适宜采用球状模型模拟,用加权最小二乘法进行参数估计,模拟结果见表 1。

表 1 各时期不同方向试验半方差拟合的理论半方差参数 步长=30 m

时间	方向	块金常数	变程/m	结构方差	基台值	块金常数与基台值比值/%
1994 年 6 月	E-W	248	4787	1307	1555	0.16
	N-S	267	4275	1119	1386	0.19
	WN-ES	157	6578	1195	1352	0.12
2009 年 6 月	E-W	371	4551	2359	2730	0.14
	N-S	225	4774	1201	1426	0.16
	WN-ES	303	4610	1324	1627	0.19
2009 年 9 月	E-W	445	4407	897	1342	0.33
	N-S	361	4112	866	1227	0.29
	WN-ES	261	4860	901	1162	0.22

依据表 1 模拟结果,从同一时期不同方向对比,1994 年 6 月,左对角方向的变程最大,为 6 578 m,垂直方向的变程最小,为 4 275 m;2009 年 6 月,垂直方向的变程最大,为 4 774 m,水平方

向的变程最小,为 4 551 m;2009 年 9 月,左对角方向的变程最大,为 4 860 m,垂直方向的变程最小,为 4 112 m。总体而言,东祁连山地景观的特征尺度处于 4 500 m,垂直方向的特征尺度相对

较小,左对角方向的特征尺度相对较大。结果反映出东祁连在同一时相不同方向存在山地景观结构异质性的各向异性。

从同一方向不同时相对比,在水平方向,6月的变程1994年大于2009年,2009年的变程6月大于9月;在垂直方向,6月的变程2009年大于1994年,2009年的变程6月大于9月;左对角方向,6月的变程1994年大于2009年,2009年的变程9月大于6月。总体而言,东祁连在相同月份,1994年的特征尺度相对较大,相同年份,6月的特征尺度相对较大。

从块金常数与基台值比值看,相同月份,2009年东祁连随机部分引起的空间异质性占系统总变异较大,相同年份,9月份东祁连随机部分引起的空间异质性占系统总变异较大。该比值较高,说明随机部分引起的空间异质性程度高,这与东祁连冰川退缩,雪线上升,森林和植被减少、人为活动加剧等实际调查的结果一致。

3.2 步长取 300 m 时的半方差分析

当步长取 300 m 时,对不同时相水平方向、垂直方向、左对角方向的 DN 值分别采用 300、600、900、1 200、1 500、1 800、2 100、2 400、2 700、3 000、6 000、9 000、12 000、15 000 m 的计算间距进行半方差计算。通过计算得到不同方向的半方差函数曲线(见图 4,图 5,图 6)。

从图 4、图 5、图 6 中可以看出,在相同方向各时相的半方差趋势形状也表现出一致性。根据以往经验和半方差函数曲线,认为各时相水平方向、垂直方向、左对角方向的半方差函数曲线适宜采用球状模型模拟(见表 2)。

表 2 各时相不同方向试验半方差拟合的理论半方差参数 步长=300 m

时间	方向	块金常数	变程/m	结构方差	基台值	块金常数与基台值比值/%
1994 年 6 月	E-W	57	5448	81	138	0.41
	N-S	72	20168	181	252	0.28
	WN-ES	87	28800	236	323	0.27
2009 年 6 月	E-W	142	17517	142	284	0.50
	N-S	82	14330	54	136	0.60
	WN-ES	46	11299	58	104	0.44
2009 年 9 月	E-W	86	6759	45	131	0.66
	N-S	81	19001	115	195	0.41
	WN-ES	108	22231	112	221	0.49

依据表 2 模拟结果,从同一时相不同方向对比,1994 年 6 月,左对角方向的变程最大,为 28 800 m,水平方向的变程最小,为 5 448 m;2009 年 6 月,水平方向的变程最大,为 17 517 m,

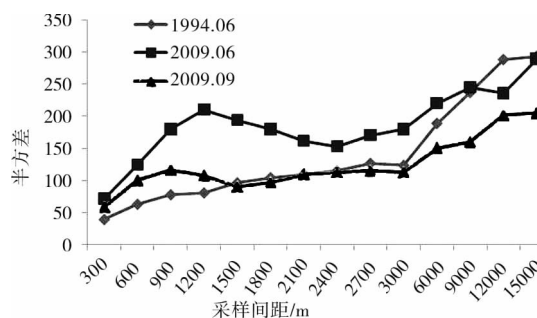


图 4 水平方向不同时相半方差

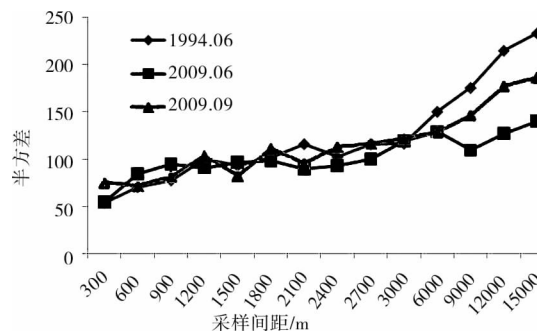


图 5 垂直方向不同时相半方差

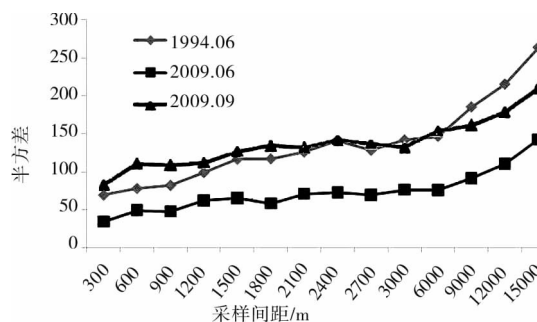


图 6 左对角方向不同时相半方差

左对角方向的变程最小,为 11 299 m;2009 年 9 月,左对角方向的变程最大,为 22 231 m,水平方向的变程最小,为 6 759 m。总体而言,东祁连山地景观在不同方向特征尺度差异较大,但大多数

处在17 000~22 000 m,左对角方向的特征尺度相对较大,表现出明显的山地景观结构异质性的各向异性,反映出实际景观中的差异。

从同一方向不同时相对比,在水平方向,在水平方向,6月的变程2009年大于1994年,2009年的变程6月大于9月;在垂直方向,6月的变程1994年大于2009年,2009年的变程9月大于6月;左对角方向,6月的变程1994年大于2009年,2009年的变程9月大于6月。总体而言,东祁连在相同月份,1994年的特征尺度相对较大,相同年份,9月份的特征尺度相对较大。

从块金常数与基台值比值看,相同月份,2009年东祁连的异质性程度较高,相同年份,9月的异质性程度略高与6月。与步长为30 m的比值对比,步长为300 m时的随机部分引起的空间异质性程度明显较高。说明随着取样间距的加大,样点间的随机成份也在不断增加。

3.3 步长取3 000 m时的半方差分析

当步长取3 000 m时,对不同时相水平方向(WE)、垂直方向(NS)、左对角方向(NW-SE)的DN值分别采用3 000、6 000、9 000、12 000、15 000 m的计算间距进行半方差计算。通过计算得到不同方向的半方差函数曲线(见图7,图8,图9)。

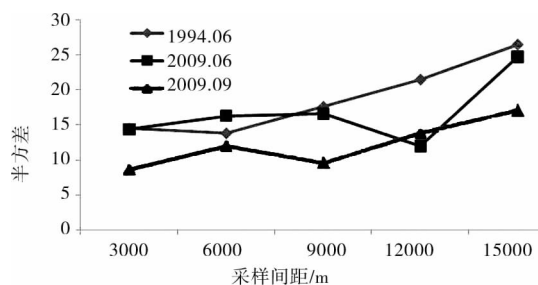


图7 水平方向不同时相半方差

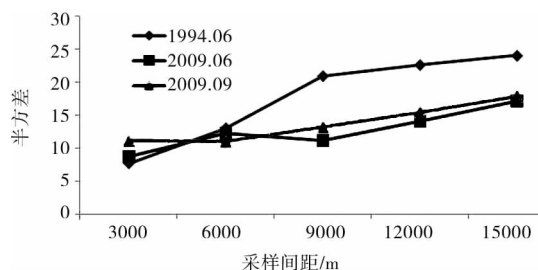


图8 垂直方向不同时相半方差

从图7、图8、图9中可以看出,在相同方向各时相的半方差趋势形状没有表现出明显的一致性。从半方差函数曲线看,各时相水平方向、垂直方向、左对角方向的半方差函数曲线近似线性函

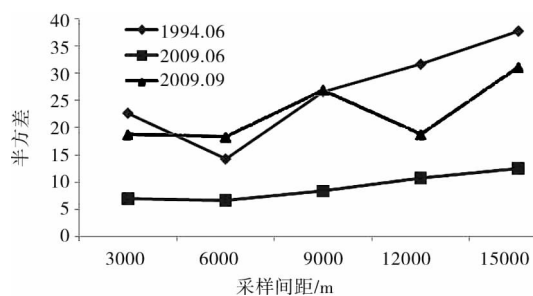


图9 左对角方向不同时相半方差

数,没有出现自相关阈值。经分析,认为一方面受空间自相关性的影响,随着样点间的距离加大,样点间的半方差函数值的随机成分也在增加,当步长取3 000 m时,表现出较弱的空间自相关性和较强的随机性;另一方面,当步长取3 000 m时,由于样线上的点对数目较少,不能保证半方差数值准确地反映区域化变量的空间变异性,因此对半方差曲线未进行模型模拟。

4 结论与讨论

当步长为30 m时,东祁连山地景观的特征尺度为4 500 m左右,当步长为300 m时,不同时相不同方向的特征尺度差异较大,但大多数数处在17 000~22 000 m,当步长为3 000 m时,没有表现出明显的特征尺度。这说明步长增大时,东祁连山地景观的特征尺度相应增大,但增加的幅度在时间上和方向上存在显著差异,若步长继续增大至数千米以上时,则不能较好地表现出景观格局的自相关性。这也与孙丹峰等研究的结论一致。

通过对同一时相不同方向特征尺度比较可以看出,变程可以有效地揭示出东祁连山地景观结构的各向异性。左对角方向上变程较大,通过实际野外调查,认为祁连山的基本形态是呈西北—东南方向的狭长体,而该方向与东祁连的风向、降雨空间分布一致,所以在这一方向上自组织和相关性较强,因而特征尺度较大。

通过对同一方向不同时相的特征尺度比较可以看出,不同时相的特征尺度不同。但从总体上来看,1994年东祁连的变程相对较大。从块金常数与基台值比值看,2009年比值大,异质性程度较高,说明全球气候变暖及人为活动等生态过程对东祁连山地景观结构的异质性有明显影响,使得研究区景观格局的空间相关性减弱。

半方差方法可以通过理论模型拟合,判断多个方向上的特征尺度,并且对特征尺度的形成具

有一定解释力。该研究所确定的祁连山东段山地景观特征尺度,为东祁连生态建设、大尺度生态格局和生态安全格局的构建有重要的参考价值和指导意义。

参考文献:

- [1] 张娜. 生态学中的尺度问题: 内涵与分析方法[J]. 生态学报, 2006, 26(7): 2340-2355.
- [2] Wiens J A. Spatial scaling in ecology[J]. Functional Ecology, 1989, 3: 385-397.
- [3] 赵文武, 傅伯杰, 陈利项. 尺度推绎研究中的几点基本问题[J]. 地球科学, 2002, 17(6): 905-911.
- [4] 郁文, 刘茂松, 徐驰, 等. 南京市城市景观的特征尺度[J]. 生态学报, 2007, 27(4): 1480-1488.
- [5] 刘茂松, 张明娟. 景观生态学——原理与方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [6] Wu J G, Jelinski E J, Luck M, et al. Multiscale analysis of landscape heterogeneity: Scale variance and pattern metrics[J]. Geographic Information Sciences, 2002, 6: 6-16.
- [7] Jeo E Meisel, Monica G Turner. Scale detection in real and artificial landscapes using semivariance analysis[J]. Landscape Ecology, 1998, 13: 347-362.
- [8] Sanderson E W, Zhang M, Ustin S L, et al. Geostatistical scaling of canopy water content in a California salt marsh[J]. Landscape Ecology, 1998, 13: 79-92.
- [9] Woodcock C E, Strahler A, Hand Jupp D L B. The use of variograms in remote sensing. II: Real digital images[J]. Remote Sensing of Environment, 1988, 25: 349-379.
- [10] Cohen W B, Spies T A, Bradshaw G A. Semivariograms of digital imagery for analysis of conifer canopy structure[J]. Remote sensing of environment, 1990, 34: 167-178.
- [11] 蔡博峰, 于嵘. 北京市亦庄新城植被空间尺度特征分析[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2008, 27(5): 788-791.
- [12] 孙丹峰. IKONOS 影像景观格局特征尺度的小波与半方差分析[J]. 生态学报, 2003, 23(3): 405-403.
- [13] 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): 2281-2287.
- [14] 吕一河, 傅伯杰. 生态学中的尺度及尺度推绎方法[J]. 生态学报, 2001, 21(12): 2096-2105.
- [15] 申广荣, 王丽荣, 钱振华. 高分辨率图像景观特征尺度的小波和地统计分析[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2007, 25(5): 431-437.
- [16] 刘学录, 任继周. 河西走廊山地-绿洲-荒漠复合生态系统的景观多样性[J]. 草业学报, 2003, 12(4): 100-103.
- [17] 陈俭煌, 魏晓妹. 石羊河流域水资源问题及其对策[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(1): 197-198.
- [18] 张杰, 李栋梁. 祁连山及黑河流域降雨量的分布特征分析[J]. 高原气象, 2004, 23(1): 81-89.
- [19] 张存杰, 郭妮. 祁连山区近 40 年气候变化特征[J]. 气象, 2003, 28(12): 33-46.
- [20] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 65-193.

Characteristic Scale of Eastern Qilian Mountainous Landscape Based on Semivariance Analysis

WANG Yong-hao¹, LIU Xue-lu¹, WANG Yong-hong²

(1. Resources and Environmental Sciences College of Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070; 2. Gansu Institute of Land Resources Planning and Research, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract: By interpreting three remote sense images of Terra satellites of USA, the characteristic scale of Eastern Qilian mountainous landscape was analyzed based on semivariance analysis. The results showed the characteristic scale of Eastern Qilian mountainous landscape increased with the step size increasing, but the increased extent had significant difference in timing and direction, if the step size continued to increase to above thousands meters, the autocorrelation of landscape was not showed very well; the changing rate could effectively reveal the anisotropy of the structure of Eastern Qilian mountainous landscape, the characteristic scale was quite great in the left diagonal directions, and the heterogeneity of landscape pattern was the smallest, while the smaller characteristic scale and a high heterogeneity of landscape pattern in both horizontal and vertical directions. The ecological processes such as global warming and human activities had a significant effect on the heterogeneity of Eastern Qilian mountainous landscape pattern, which weaken the spatial correlation of landscape pattern.

Key words: characteristic scale; eastern Qilian mountain; semivariance analysis; mountainous landscape