

基于GIS的高原植被空间格局与地形因子相关关系研究

瓮耐义, 刘康, 王纪伟

(西北大学 城市与环境学系, 陕西 西安 710069)

摘要: 以青海省境内黄河上游茨哈峡为例, 运用GIS空间分析方法, 对该地区的地形因子(高程、坡度和坡向)进行提取, 并与植被类型图进行叠加, 运用多样性指数、均匀度等植被指数分析该区植被空间分布格局与地形因子的关系, 研究了植被指数随地形的变化趋势。结果表明, 植被空间分布与地形因子关系密切, 亚高山暗针叶林最优生长区间为海拔3 290~3 880 m, 坡度25°~45°的阴坡; 山地圆柏林则适宜生长在同样坡度, 海拔3 880~4 470 m的阳坡; 针阔混交林、高山落叶阔叶林最优生长区间分别为15°~25°, 2 700~3 290 m的阴坡和2 995~3 290 m的(半)阴坡; 高寒灌丛和高寒草原在各坡度和坡向分布范围都比较广。

关键词: 植被类型; 地形因子; 空间格局; 植被指数

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)01-0232-05

中图分类号: Q948

A Study of Relationship Between Spatial Vegetation Pattern and Terrain Factors Based on GIS Techniques

WENG Nai-yi, LIU Kang, WANG Ji-wei

(Department of Urban and Resources Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China)

Abstract: Taking Ciha Gorge as the research area and using GIS, the terrain factors such as altitude, slope, and aspect were extracted and overlaid with vegetation type map. Combined with indicators of diversity index (H), evenness(E) and others, the relationships between the spatial pattern of vegetation and the terrain factors were explored. Results showed that spatial vegetation pattern had a close relationship with terrain factors. The optimal growth range for subalpine dark coniferous forest on shady slope was in 3 290~3 880 m altitudes and 25°~45° slope degrees; for mountain *Sabina chinensis* forest on sunny slope, 3 880~4 470 m, the same slope degrees as on shady slope; and for coniferous and broad-leaved mixed forest and alpine deciduous broad-leaf forest, 2 700~3 290 m, 15°~25° on shady slope and 2 995~3 290 m on semi-shady slope, respectively. Alpine shrub and grassland had a relatively wide distribution in terms of slope degree and slope aspect.

Keywords: vegetation type; terrain factor; spatial pattern; vegetation index

植物群落与环境的相互关系是极其密切的, 一方面环境影响着群落, 另一方面群落也影响着环境, 两者是不可分割的辩证的统一体^[1]。群落的组成、结构、功能、形成、动态和分布等受环境制约, 群落存在也影响和决定着环境的许多特征, 并对群落的内部环境起创造作用^[2]。在各种环境影响因子当中, 地形因子如高程、坡度、坡向等不但是描述地貌形态的基本参数, 也是决定植被空间分布的主要因素^[3]。因此, 长期以来通过地形因子差异来研究植被的空间分布规律, 了解各种因素对植被的影响成为自然地理、生态学等领域的重点研究方向之一。

三江源地区位于黄河上游青海省境内, 是世界上

特有的高寒生态系统, 生态系统类型多样^[4], 具有涵养水源、保持土壤、调节气候等多种生态系统服务功能, 是中国和东南亚重要的生态屏障。茨哈峡位于三江源东部的黄河上游地区, 是三江源自然保护区 18 个片区中中铁一军功自然保护分区的核心区。

景观指数是反映植被状况的一个重要参数, 是描述植被数量、质量、植被长势和生物量等指标的指示参数^[5], 可以对地表植被活动进行简单、有效和经验的度量, 在一定程度上反映植被信息^[6]。本研究以数字高程模型(digital elevation model, DEM)和植被分布图为基础数据, 利用地理信息系统(geographical information system, GIS)空间分析方法, 着重分析

茨哈峡地区的植被空间分布与地形因子的关系,并试图通过多样性指数、均匀度、斑块数量等植被指数揭示植被垂直分布和多样性的地形背景。

1 研究区概况

茨哈峡地区地处青藏高原东南部,该区地理坐标为东经 $100^{\circ}5'50''$ — $101^{\circ}30'55''$,北纬 $34^{\circ}44'52''$ — $35^{\circ}18'50''$,总面积约为 0.08 km^2 ,处于黄河上游高山峡谷区,高程 $2700\sim 4400 \text{ m}$,岸坡高陡,坡度一般 $0^{\circ}\sim 60^{\circ}$,地形复杂。本流域因受高空西风气流的控制,且远离海洋,属典型的大陆性气候。年平均气温 0.5°C ,年平均降水量 425.2 mm 。植被类型以山地针叶林、针阔混交林及高寒草原为主,植被类型复杂多样。土壤受环境、地形、地貌等自然因素的影响,土层薄,质地粗,主要土壤类型有高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、山地草甸土、灰褐土、栗钙土、沼泽土、泥炭土、风沙土以及山地森林土。

2 研究数据与方法

2.1 数据来源

本研究采用的资料数据主要有:2011年6月15 m分辨率的 ETM 影像;1:5万 DEM 数据;现场收集的数据;《青海三江源国家级自然保护区范围和功能区调整科学考察报告》以及野外调查得到的相关资料。

2.2 研究方法

将 ETM 影像进行辐射纠正与几何纠正后,进行图像整饰、镶嵌。利用 ENVI 4.8,结合实地考察的采样点,先进行样本训练,选取能代表该类植被的兴趣区(ROI),样本检测区分度达到 1.9 以上,然后采用马氏距离法执行监督分类。将分类结果叠加至 ETM 影像比对,对分类结果进行手工校正,并通过混淆矩阵计算总体分类精度为 0.89。解译得到三江源自然保护区和功能区植被类型图。利用 ArcGIS 10.0 将解译结果转化成矢量格式,然后切割出茨哈峡影响范围内植被类型。利用 DEM 提取出海拔、坡度、坡向。

参照《中华人民共和国植被图》将研究区植被分为 6 类:亚高山暗针叶林、山地圆柏林、针阔混交林、高山落叶阔叶林、高寒灌丛、高寒草原,其他(水域等)。根据 6 种植被类型在西藏地区的生长林线并结合 2012 年 6 月在茨哈峡影响区 58 个调查样地中各植被类型的分布范围及密度情况,将研究区海拔由低到高划分为 6 级: $2700\sim 2995$, $2995\sim 3290$, $3290\sim 3585$, $3585\sim 3880$, $3880\sim 4175$ 和 $4175\sim 4470 \text{ m}$,

共计 6 个高程带。参照水土保持工作中普遍采用的临界坡度分级标准,结合研究区植被分布特点进行分级,将研究区坡度分为 5 个等级: $<15^{\circ}$, $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$, $25^{\circ}\sim 45^{\circ}$, $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$, $>60^{\circ}$ 。茨哈峡植被类型如附图 1 所示。

以 $135^{\circ}\sim 225^{\circ}$ 为阳坡,以 $0^{\circ}\sim 45^{\circ}$, $315^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 为阴坡,以 $45^{\circ}\sim 135^{\circ}$, $225^{\circ}\sim 315^{\circ}$ 为半阴、半阳坡,将其划分为阴坡、阳坡和半阴半阳坡 3 个坡向带。利用 ArcTools 中的 Intersect 工具将植被图分别与海拔、坡度、坡向图进行叠加,然后,在景观软件 Fragstats 3.3 中计算各种植被指数,包括各区每类植被的斑块总面积、多样性指数、均匀度、斑块数量、斑块密度、类斑块平均面积、平均伸长指数、形状指数、平均分维数等。研究各指数随各因子变化的规律,对各类指数进行横向比较。

研究所应用景观指数的计算方法如下:

(1) 斑块数量(NP)。景观中所有斑块总和。NP 反映景观的空间格局,用来描述整个景观的异质性,其值的大小与景观的破碎度也有很好的正相关性,一般规律是 NP 大,破碎度高;NP 小,破碎度低。

(2) 斑块形状指数(MSI)。用来测定斑块的规则程度。斑块形状指数越接近于 1,形状越接近于圆,斑块的复杂程度越低;反之,越高。计算公式为:

$$MSI = P / [12 \times (3.1415927 \times A)^{1/2}] \quad (1)$$

式中: P ——斑块周长(km); A ——斑块面积(km^2)。下同。

(3) 斑块伸长指数(MFG)。测定斑块的伸长状况,反映斑块形状复杂程度。计算公式为:

$$MFG = P / A^{1/2} \quad (2)$$

(4) 景观分维数(D)。景观分维数分析是建立在分形理论的基础上,用来测定斑块的复杂程度^[7]。公式为:

$$D = 2 \times \ln P / \ln A \quad (3)$$

(5) 多样性指数(H)。景观多样性主要指景观单元或生态系统在结构、功能以及随时间变化方面的多样性,反映了景观的复杂性^[7]。多样性指数大小反映景观要素的多少和各景观要素所占比例的变化^[8-9]。计算公式为:

$$H = - \sum_{i=1}^m P_i \times \ln P_i \quad (4)$$

式中: P_i ——景观类型 i 面积所占该区域面积的比例。

(6) 均匀度指数(E)。均匀度是描述景观里不同景观类型的均匀程度^[8-9]。反映景观类型丰富度、复杂度。均匀度指数越高,景观类型丰富度、复杂度越低;反之,越高。公式如下:

$$E = H / \ln M \quad (5)$$

式中: M ——景观类型数目(个); H ——多样性指数。

3 结果与分析

在区域至全球尺度上,地带性气候条件是决定植物种、生活型或植被类型分布的主导因素,而在景观及更小的尺度上,非地带性的环境因子主导着植被的格局^[10]。

地形是各种生态现象和过程发生变化的根本性因素^[1]。植被类型分布在很大程度上受地形条件的制约。植被的空间分布格局受光、热、水等自然因素的影响,海拔、坡度、坡向不同,导致光、热、水、土等自然因素的差异,植被类型也因此不同。

3.1 植被空间格局与海拔相关分析

温度随海拔的升高而降低,一般是上升 100 m,平均温度降低 0.5~0.6 °C。通常海拔的变化会引起气温和降水的变化,形成局地小气候,从而共同对生物群落产生影响。

通过对茨哈峡地区各植被类型在不同海拔分布面积统计可以得出,高寒草原在该区各海拔分带分布面积都很广,针阔混交林分布面积最小,高寒灌丛分布面积在不同海拔分带变化很大。

在海拔 2 700~2 995 m,高寒草原和亚高山暗针

叶林分布面积较大,约为 66%和 18%,面积最小的为针阔混交林,为 4%;2 995~3 290 m 高寒草原分布面积达到最大值,达到 72%,芨芨草 [*Achnatherum* (Trin.) Nevski.]、紫花针茅 (*S. purpurea* Griseb.)、青藏草 (*Carex moorcroftii* Falc.)、印度早熟禾 (*Poa indattenuata* Keng ex L. Liu.) 等分布广泛,是高寒草原的典型代表。高山落叶阔叶林在 2 995~3 290 m 分布相比其他分带面积最大,约为研究区高山落叶阔叶林总面积的 41%,代表植物为糙皮桦 (*Betula utilis* D. Don),长江流域的东中林区向北到黄河源区多少都有分布,是垂直分布最高的天然阔叶林;海拔 3 290~3 880 m,亚高山暗针叶林分布面积与其他海拔分带所占面积相比最广,约为 54%。针阔混交林在 3 585~3 880 m 分布面积较小,约占 0.5%,仅为研究区针阔混交林总面积的 9%,其典型植物为云杉 (*Picea aspoerata* Mast.);海拔 3 880~4 175 m,高寒灌丛分布面积为 40%,达到整个研究区内高寒灌丛最大面积。山地圆柏林分布面积达到最大,为地区总面积的 34%;海拔 4 175~4 470 m,各植被类型面积呈减少趋势,亚高山暗针叶林、山地圆柏林分布面积仅为 3%和 4%。

通过对不同高程带的斑块形状指数、斑块伸长指数、斑块分维数、斑块面积、斑块密度、景观多样性指数和均匀度进行计算,结果如表 1 所示。

表 1 茨哈峡地区不同高程带植被指数

分区	斑块形状指数	斑块分维数	斑块伸长指数	斑块面积/ km ²	斑块密度/ (个·km ⁻²)	均匀度	多样性指数
1	2.039	1.277	7.230	0.176	0.188	0.673	1.310
2	1.684	1.186	5.969	0.195	0.223	0.512	0.996
3	1.573	0.882	5.575	0.161	0.200	0.538	1.047
4	1.645	0.885	5.833	0.154	0.195	0.623	1.212
5	1.172	0.842	4.154	0.213	0.202	0.541	1.052
6	1.158	0.295	4.105	0.113	0.187	0.473	0.920

由表 1 可以看出,斑块形状指数、斑块伸长指数、斑块分维数基本上都是呈递减趋势变化的,说明随着海拔高度的增加,斑块形状指数越接近于 1,形状越接近于圆,斑块的复杂程度随着海拔的升高而降低;斑块密度整体变化趋势不大,但从 2 995 m 以后稍微有些降低,表明随着海拔的升高,斑块数目减少,破碎度减小。多样性指数与均匀度是反映景观异质性的指标,通过多样性指数可以发现,在 3 585 m 之上,海拔越高植被类型越少,海拔的不断升高会降低植被类型的丰富度和复杂度。均匀度在 2 995~3 880 m 呈增大的趋势,说明在这个海拔范围植被类型丰富度和

复杂度越来越低,均匀程度越来越高。由表 1 中各植被指数的变化趋势可以看出,海拔高度变化影响植被类型复杂度和丰富度变化,通常情况下,海拔越高,植被类型越少,均匀度越高。

3.2 植被空间格局与坡度的相关分析

通过对不同坡度分带上各植被类型面积进行统计分析,可以得出,高寒草原在各坡度分区中面积变化幅度最大,25°以下面积呈上升趋势,15°~25°达到最大,约为总面积的 43%,25°以后逐渐下降,60°下降到最低;高寒灌丛的分布趋势与高寒草原大体一致,15°~25°达到最大约为总面积的 49%;山地圆柏林在

0°~45°分布面积逐渐增大,15°~45°面积达到最大占总面积的 88%,45°以后逐渐减少,>60°少有分布;亚高山暗针叶林在 45°以下分布面积随坡度增大而增加,45°面积达到最大约为 63%,此后开始下降,>60°地区没有分布;高山落叶阔叶林在 0°~25°地区呈上升趋势,15°~25°地区面积达到最大(约为 80%);针阔混交林面积最小,0°~45°地区面积没有明显的变化趋势,45°地区以上没有分布。

通过对各植被类型在不同坡度范围的分布对比,可以看出,坡度<15°地区,高寒草原的分布面积最广,针阔混交林面积最小,只占这个范围的 7%;坡度 15°~25°地区,高寒草原分布面积最广,其次为高寒灌丛,分布面积最小的仍然是针阔混交林,为 10%;坡度 25°~45°地区,高寒草原分布面积最广,其次是亚高山暗针叶林,分布面积最小的为针阔混交林,占这一坡度带总面积的 8.5%;坡度 45°~60°地区,亚高山暗针叶林分布面积最广,约为 37%,其次为山地圆柏林,没有针阔混交林分布;坡度>60°地区,只有少量的高寒草原植被分布。对不同坡度带内植被指数进行计算,结果如表 2 所示。

表 2 不同坡度带内植被指数值

坡度分带	均匀度	多样性指数	斑块面积/km ²	平均边界长度/km	斑块数量/个
0°~15°	0.426	0.829	0.020	0.711	6 444
15°~25°	0.578	1.125	0.037	1.007	8 126
25°~45°	0.746	1.451	0.083	1.767	3 977
45°~60°	0.673	1.310	0.011	0.370	211
60°~90°	0	0	0.001	0.051	1

由表 2 可以看出,均匀度和多样性指数在坡度 15°~60°数值较大,在<15°和>60°数值较小,表明在 15°~60°景观丰富度和复杂度比较低,斑块比较均匀;斑块面积及平均边界长度在 0°~45°地区随坡度增加呈上升趋势,说明 0°~45°地区斑块的复杂程度随着坡度增加而降低。斑块数量通常用来反映整个景观的异质性,其值的大小与景观破碎度有很好的正相关性,一般情况下斑块数量多,景观破碎度高,反之,破碎度低。表中斑块数量基本随坡度增加呈下降趋势,表明随着坡度增大,景观破碎度降低。

综上所述,在 25°~60°地区,随着坡度上升,斑块数量越少,均匀程度越高,复杂度越低;在 0°~25°地区,随着坡度升高,斑块数量增加,即在这个坡度范围内,景观破碎度、复杂度较高,植被类型较复杂;在>60°地区,各指数值下降,表明在这个坡度范围内植被稀疏、类型较少,不是适宜植被生长的最优区间。

3.3 植被空间格局与坡向的相关分析

坡向对日照时数和太阳辐射强度有很大影响。就辐射收入而言,南坡最多,其次为东南坡和西南坡,最少的是北坡。因此,阳坡和阴坡之间温度差异往往很大,同一高度的极端温差可达 3~4℃。此外,坡向对降水也会产生明显影响,尤其是在高海拔地区。坡向不同,能够引起植物和环境生态关系发生变化,因植被类型也不同。

根据坡向数据统计,得出研究区亚高山暗针叶林主要分布在阴坡,约为总面积的 48%,主要原因是这种植被类型比较耐寒、喜阴湿,因此多分布于山地阴坡和半阴坡及潮湿谷地;山地圆柏林在各坡向分布面积相当,阳坡上分布面积略高,说明坡向对山地圆柏林的影响不大;针阔混交林、高山落叶阔叶林在阳坡上分布面积较小,其他坡向面积相当;高寒灌丛和高寒草原在阳坡上分布面积相对较少,如金露梅(*rotentilla* Linn.)、绣线菊(*Spiraea salicifolia*)等灌丛对生长环境适应性较强,耐寒、耐旱,在水分条件好的地区生长会更繁茂;高寒草原有很强的耐阴性和耐旱性,但不耐水湿,因此多生长在阳坡,但是在茨哈峡阳坡分布面积较少,其他坡向分布面积相差不大。

对 3 类坡向的斑块面积、多样性指数、均匀度和斑块密度进行分析计算,结果如表 3 所示。

表 3 阴、阳坡不同指数值

坡向	斑块面积/km ²	多样性指数	均匀度	斑块密度/(个·km ⁻²)
阳坡	0.049	1.355	0.696	0.172
阴坡	0.073	1.287	0.661	0.006
半阴半阳坡	0.124	1.195	0.614	0.069

通过对比可以看出,阴坡的斑块面积较阳坡大,多样性指数相差不大,说明两种坡向植被类型基本相同;阳坡、阴坡均匀度相似,对比斑块密度,阳坡值与阴坡值有较大差别,说明阴坡斑块较破碎,阳坡较完整,与斑块面积成反比。由于阳坡、阴坡的气温、光照、降水等条件不同,导致了植被在阴坡和阳坡的分布情况表现出较大的差异,不但是在植被种类上存在着差异,更表现在植被本身的性质上^[4]。

3.4 各植被类型最优生长地形区间统计

通过以上分析可以得出,亚高山暗针叶林和山地圆柏林最优生长坡度在 25°~45°地区,针阔混交林和高山落叶阔叶林最优生长坡度在 15°~25°地区,高寒灌丛和高寒草原主要分布在<45°地区。亚高山暗针叶林的最优生长地形区间为海拔 3 290~3 880 m 的阴坡,面积约为 54%;山地圆柏林在海拔 3 880~

4 470 m地区各坡向分布较均匀;针阔混交林最优生长地形区间为海拔 2 700~3 290 m的阴坡,面积约为 90%;高山落叶阔叶林的最优生长在海拔 2 995~3 290 m的(半)阴坡,面积约为 40%;高寒灌丛最优生长在海拔 3 585~4 470 m,各坡向分布较均匀,阴坡分布面积略高,约为 39%,高寒草原的最优生长地形在海拔 2 955~4 175 m,分布比较广泛。各植被类型的最优生长地形区间分布如表 4 所示。

表 4 各植被类型最优生长区间

植被类型	地形因子		
	海拔/m	坡度/(°)	坡向
亚高山暗针叶林	3 290~3 880	25~45	阴
山地圆柏林	3 880~4 470	25~45	阳
针阔混交林	2 700~3 290	15~25	阴
高山落叶阔叶林	2 995~3 290	15~25	(半)阴
高寒灌丛	3 585~4 470	15~45	(半)阴
高寒草原	2 955~4 175	<45	—

4 结论

植被类型与海拔的关系。海拔高度变化影响植被类型复杂度和丰富度变化,通常情况下,海拔越高,植被类型越少,均匀度越高。

植被类型与坡度的关系。在 0°~25°地区,随着坡度升高,斑块数量增加,景观破碎度、复杂度较高,植被类型较复杂多样;在 25°~60°地区,随着坡度上升,斑块数量越少,均匀程度越高,复杂度越低,植被类型相对减少;在 >60°地区,各指数值下降,在这个

坡度范围内植被稀疏,类型较少。

植被类型与坡向的关系。阴坡、阳坡的植被类型基本相同,阴坡斑块较破碎,阳坡较完整,由于阳坡、阴坡的气温、光照、降水等条件不同,导致植被在阴坡和阳坡的分布情况表现出较大的差异。

[参 考 文 献]

- [1] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京:高等教育出版社,1987.
- [2] 方精云,沈泽昊,崔海亭. 试论山地的生态特征及山地生态学的研究内容[J]. 生物多样性,2004,12(1):10-19.
- [3] 焦超卫,赵牡丹,汤国安,等. 基于 GIS 的植被空间格局特征与地形因子的相关关系[J]. 水土保持通报,2005,25(6):20-23.
- [4] 王明宁,马金祥,胡琳,等. 三江源区植物多样性与保护[J]. 青海草业,2006,15(2):24-27.
- [5] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003:372-383.
- [6] 宋冬梅,张茜,杨秀春,等. 三江源区 MODIS 植被指数时空分布特征[J]. 地理研究,2011,30(11):2067-2075.
- [7] 王继夏,孙虎,李俊霖,等. 南水北调中线水源区长安河流域景观格局变化[J]. 水土保持通报,2008,28(4):147-151.
- [8] 赵羿,李月辉. 实用景观生态学[M]. 北京:科学出版社,2001:92-97.
- [9] 姜永华,江洪. 基于 RS 与 GIS 的森林景观空间异质性研究:以杭州市余杭区为例[J]. 中国农学通报,2008,24(6):139-145.
- [10] 朱晓勤,刘康. 基于 GIS 的秦岭山地植被分布与环境梯度关系分析[J]. 水土保持学报,2006,20(5):192-196.
- [10] 马占新. 数据包络分析[M]. 北京:科学出版社,2009:196-207.
- [11] 尹君. 土地资源可持续利用评价指标体系研究[J]. 中国土地科学,2001,15(2):6-9.
- [12] 陈百明. 区域土地可持续利用评价指标体系框架的构建与评价[J]. 地理科学进展,2002,21(3):204-215.
- [13] 赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[D]. 南京:南京大学,2011.
- [14] 傅伯杰,陈利顶,马诚. 土地可持续利用评价的指标体系与方法[J]. 自然资源学报,1997,12(2):113-118.
- [15] 中华人民共和国国家统计局. 中国城市统计年鉴 2011 [DB/OL]. <http://www.stats.gov.cn>,2011.
- [16] 湖北省统计局. 湖北省统计年鉴 2011[DB/OL]. <http://www.stats-hb.gov.cn>,2011.
- [17] 湖北省统计局. 湖北省国民经济与社会发展统计公报 2011[DB/OL]. <http://www.hubei.gov.cn>,2011.

(上接第 231 页)

- [4] 孙雁,刘友兆. 基于细碎化的土地资源可持续利用评价:以江西分宜县为[J]. 自然资源学报,2010,25(5):802-810.
- [5] 李长健,钟涨宝,伍文辉. 基于发展权理论的土地资源可持续利用问题研究[J]. 生态经济,2006,10(4):139-143.
- [6] 袁磊,雷国平,张小虎. 基于循环经济理念的黑龙江土地可持续利用评价[J]. 水土保持研究,2010,17(1):127-133.
- [7] 赵艳,濮励杰,张建,等. 基于三角模型的城市土地可持续利用评价[J]. 经济地理,2011,31(5):810-815.
- [8] 薛进军. 低碳经济学[M]. 北京:社会科学文献出版社,2011:6-11.
- [9] 刘建红,李仁东,王宏志,等. 基于遥感和 GIS 武汉城市圈土地资源利用研究[J]. 世界地理研究,2009,18(1):83-90.