

## 基于 RS 和 GIS 的青海香日德绿洲景观格局特征分析

李 瑞<sup>1</sup>, 杨晓晖<sup>2</sup>, 张克斌<sup>1</sup>, 夏照华<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083; 2. 中国林科院林研所, 北京 100091)

**摘 要:**借助遥感(RS)、地理信息系统(GIS)等手段,运用生态学原理对青海香日德绿洲进行景观格局特征分析。结果表明,香日德绿洲景观多样性指数和均匀性指数分别为 1.634 和 0.839 7,均处于中等水平。研究区景观优势度不高,但是耕地、林地、未利用土地仍占有较高的景观比例,尤其耕地,不但景观比例大而且随着移民的不断涌入还有增长趋势;研究区景观分离度最大的是交通用地,最小的是耕地,表明耕地分散程度最小,交通用地最大。区域景观破碎度最大的是耕地和林地,最小的是交通用地和水域,说明耕地被分割程度最大,水域和交通用地最小。分维数指数最大的是居民及工矿用地,最小的是耕地,即居民点及工矿用地形状最不规则,受人为干扰最小,相反耕地形状最为规则,受人为干扰最大。

**关键词:**香日德; 绿洲; 景观格局; 指数

**中图分类号:** TP79

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2006)03-0129-03

## Analysis of Characteristics of Landscape Patterns on RS and GIS in Xiangride Oasis in Qinghai Province

LI Rui<sup>1</sup>, YANG Xiao hui<sup>2</sup>, ZHANG Ke bin<sup>1</sup>, XIA Zhao hua<sup>1</sup>

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Research Institute of Forest, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** The characteristics of landscape patterns in Xiangride Oasis in Qinghai Province are analyzed by means of remote sensing (RS), geographical information system (GIS) and theories of ecology etc. The results show that the indexes of diversity and evenness are 1.634 and 0.8397, both locate on middle position. The dominance index in research area is not very high, but the farmland, forest land and unused land still take high landscape proportion, especially the farmland not only great landscape proportion but also with the emigration coming into the oasis, it appearing increased trend; the biggest landscape separation index in the research area is the traffic land and the smallest is farmland, which shows that the scattered degree of farmland is the least and the land use of traffic land is the biggest. The biggest regional landscape fragmentation are farmland and forest land, the smallest are the land use of traffic land and water area, which shows that the dividing degree of farmland is the biggest and the land use of traffic land and water area are the least. The biggest index of fractal dimensions are residential and industrial land, the least is farmland. It means that the shape of residential and industrial land is irregular, the human disturbance is the least, otherwise the shape of farmland is regular and human disturbance is the biggest.

**Key words:** Xiangride; oasis; landscape patterns; index

景观格局是指景观组成单元的类型、数目以及空间分布与配置<sup>[1]</sup>。在对景观结构组成特征和空间配置关系的分析中,景观格局指数能够高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置某些方面特征。通过对景观格局的分析,有助于分析景观组成单元的形状、大小、数量和空间组合;有助于对宏观区域生态环境状况评价及发展趋势分析;同时也有助于探索自然因素与人类活动对景观格局及动态过程的影响<sup>[2,3]</sup>。格局分析是当前景观生态学的研究重点之一,大量

定量指标的建立,促进了景观格局分析方法的广泛应用<sup>[4~6]</sup>。将地理信息系统(GIS)与景观格局分析软件相结合,以定量研究景观格局是当前的新趋势<sup>[7,8]</sup>。

### 1 研究区概况

香日德绿洲位于柴达木盆地东南缘,地理坐标为东经 97°45′、北纬 36°04′,南距 109 国道 13 km。香日德地区内地势平坦,无丘陵,海拔平均在 2 997 m 左右,自然肥力较差,

收稿日期:2005-07-13

基金项目:国家“十五”科技攻关项目“防沙治沙关键技术与开发”示范区课题:青海都兰示范区建设项目(编号 FS2001-08);国家自然科学基金委西部研究计划:柴达木盆地水循环与水资源优化配置研究(90302009/D0104)

作者简介:李瑞(1979-),男,博士在读,主要从事荒漠化防治、监测,干旱区生态环境等方面的研究;责任作者:张克斌(1957-),男,北京林业大学水土保持学院副教授,博士。

速效氮、磷含量低,速效钾含量丰富。土壤酸碱度略显碱性,厚度在 0.3~1.2 m。

香日德绿洲属高原大陆性气候,具有典型高寒大陆性荒漠气候特征。年平均气温 4℃ 左右,寒冷、干燥、富日照、太阳辐射强、多风。1 月和 7 月初是各地平均气温的低谷和峰顶,气温最低的 1 月份盆地平均气温为 -9.8~-13.9℃,7 月份平均气温为 13.6~19.2℃,气温年较差在 25.2~30℃。地区日照时间长,太阳辐射强。年平均日照时数普遍在 2 960 h 以上,日照百分率在 67% 以上,太阳总辐射量为 706.7 kJ/cm<sup>2</sup>。降水稀少,区内年平均降水量在 103.2~227.1 mm 之间,年均蒸发量为 2 525.3 mm。

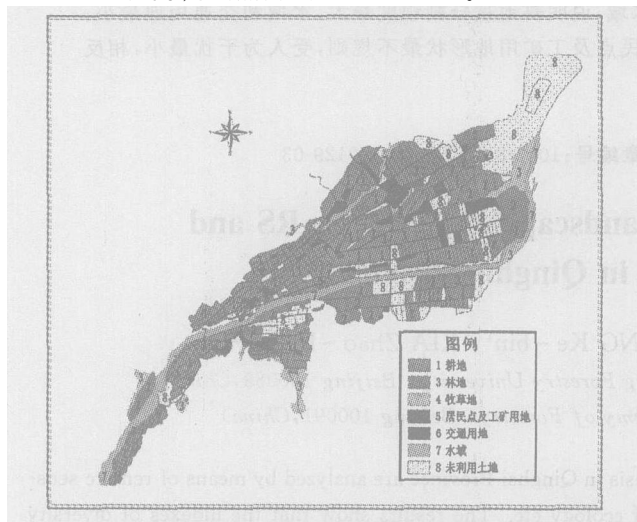


图 1 青海香日德绿洲土地利用斑块分布图

## 2 研究方法

### 2.1 材料及处理方法

运用 2002 年 8 月 15 日的 Landsat TM 遥感数据,在遥感数据处理软件 ERDAS 支持下,进行波段合成、滤波、图像增强等预处理,以 1:2 万的香日德绿洲现状图作为参照进行几何精校正;在 ArcGIS 等地理信息系统软件支持下,结合实际调查数据及香日德绿洲现状图进行人机交互目视解译及矢量化工作,统计各景观类型的斑块数、周长、面积等基本信息以及制作香日德绿洲斑块分布图(图 1);通过景观统计软件 Fragstats 3.3 及 Excel 2003 进行景观空间分析和统计。

### 2.2 景观类型的选取

景观的分类标准根据中国《土地利用现状调查技术规程》中的土地用途、利用方式、覆盖特征等因素作为土地利用的分类依据。结合香日德绿洲的特点,同时考虑到该区域景观类型相对较为简单,故景观斑块类型划分采用一级分类,分为耕地、林地、牧草地、居民及工矿用地、交通用地、水域、未利用土地等 7 个大类。

### 2.3 景观格局指数

随着景观生态学的发展,描述和分析景观的指标体系也越来越完善,尽管这些指标比较繁多,个人的侧重点也有所不同,但是总的来讲还是比较通用的。笔者根据研究区特点和需要,选出以下景观指数及其计算方法<sup>[9~11]</sup>。

景观多样性 (Diversity) 指数:景观多样性指数  $H$  值的大小反映景观的多少和各景观要素所占比例的变化。其计算公式为:

$$H = - \sum_{k=1}^m P_k \cdot \ln(P_k)$$

优势度 (Dominance):表示景观多样性对最大多样性的

偏离程度,或描述景观由少数几个主要的景观要素控制的程度。优势度指数越大,则表明偏离程度越大,即组成景观格局的各景观类型或组成景观的各要素所占比例差异大,或说某一种或少数景观类型占优势;优势度小则表明偏离程度小,即组成景观的各种景观要素所占比例大体相当;优势度为 0,表示景观各种要素所占比例相等,景观完全匀质,即由一种景观类型组成。优势度指数  $D_o$  的计算公式为:

$$D_o = H_{\max} + \sum_{k=1}^m P_k \cdot \ln(P_k), H_{\max} = -\ln(1/m)$$

均匀度 (Evenness degree):均匀度  $E$  是景观实际多样性指数与最大多样性指数 ( $H_{\max}$ ) 的相对比值。即:

$$E = H / H_{\max}$$

破碎度 (Fragmentation):表示景观的破碎化程度,反映景观空间结构的复杂性。这里采用单位面积上各种斑块数目来表示,其计算公式为:

$$C = n_i / A_i$$

分离度 (Separation):某景观类型中不同斑块个体类型的分离程度。分离度指数  $S_k$  的计算公式为:

$$S_k = P_k / B_k, \text{其中: } P_k = 1/2 \cdot n_k / A, B_k = A_k / A$$

式中:  $P_k$  —— $k$  类景观地物所占的面积比;  $m$  ——景观地物类型数目;  $n$  ——斑块数目;  $A_k, A$  —— $k$  类景观面积和研究区域总面积。

分维数 (Fractal dimensions):分维采用分形几何方法表达斑块的复杂程度。分维方法不仅用于形状指数的计算,而已广泛应用于生态学空间格局分析中<sup>[12,13]</sup>。分维的定义与计算方法有很多,在景观生态学研究,采用比较多的方法是基于周长-面积关系的方法<sup>[14]</sup>。

$$MPFD = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{2l_{ij} \ln(0.25 P_{ij})}{\ln(a_{ij})}}{N}$$

式中:  $P_{ij}$  ——每一缀块的周长,  $a_{ij}$  ——每一缀块的面积,  $N$  ——缀块总数。1  $MPFD$  2,  $MPFD$  愈靠近 1, 斑块形状愈简单;相反,  $MPFD$  愈靠近 2, 斑块形状愈复杂。

## 3 结果分析

### 3.1 香日德绿洲景观格局总体特征分析

香日德绿洲总体景观格局特征见表 1 及图 1,从表 1 和图 1 可以看出,香日德绿洲斑块总数为 724,总面积为 190.75 km<sup>2</sup>,平均斑块面积为 0.267 km<sup>2</sup>,斑块总周长为 1 123.45 km,平均斑块周长为 1.573 km。由此可知,香日德绿洲斑块面积较小,结构较为规则,土地利用率高。研究区内景观多样性和均匀性指数分别为 1.634 和 0.839 7。对照其它地区的计量结果<sup>[3,15,16]</sup>,香日绿洲景观多样性和均匀性指数均处于中等水平。人造景观和自然景观最大的不同就在于人造景观的形成完全受人类干扰,而自然景观格局的形成则主要受自然营力的影响。香日德绿洲作为人造景观,在人类干扰下其景观多样性和均匀性指数均未像其周围自然景观一样出现极端状态,即以荒漠为基质的多样性和均匀性极低的荒漠景观;优势度指数反映了一种或几种景观斑块支配景观格局的程度,表示景观多样性对最大多样性之间的偏差。优势度大,表明各景观类型所占比例差别大,其中某一种或某几种景观类型占优势;优势度小,表明各类型所占比例相当。优势度为 0 时,表明各景观类型所占比例相等,没有一种景观占据优势。研究区景观优势度为 0.412,表明该区景观优势度不高。但是耕地、林地及未利用土地仍占有较高的景观比例,分别为 35.1%、24.8% 和 18.3%。尤其耕地,不但景观比例高,同时随着青海扶贫项目计划的实施,1.5 万东部山区移民

的陆续涌入,景观比例还会有所增长。

表 1 香日德绿洲景观格局总体特征

指标	特征值
斑块数	724
总面积/ km <sup>2</sup>	190.75
平均斑块面积/ km <sup>2</sup>	0.267
斑块总周长/ km	1123.45
平均斑块周长/ km	1.573
多样性指数	1.634
均匀度指数	0.8397
优势度指数	0.412

3.2 香日德绿洲各景观要素特征分析

香日德绿洲各景观要素特征详见表 2,从表 2 可知,香日德绿洲各景观类型中耕地所占面积最大为 35.1%,斑块最多,为 454 个;其次是林地,其景观比例为 24.8%,斑块为 76 个;未利用土地(包括裸土地、沙地、砍伐迹地等)景观比例是 18.3%,斑块 91 个。耕地、林地、未利用土地 3 种景观类型占研究区的 78.2%,其他 4 种景观类型占 22.8%。

景观分离度:景观分离度按照耕地、林地、牧草地、居民及工矿用地、交通用地、水域、未利用土地的顺序分别是:3.245,5.923,53.288,20.387,337.71,328.043,9.432,从景观分离度的定义知,香日德绿洲各景观要素在区域分布最为分散的是交通用地,其景观分离度是 337.71,其次是水域,分离度为 328.043,分离度最小的是耕地为 3.245,表明耕地斑块之间分布较为密集,分散程度较低。

景观破碎度:景观破碎度的大小反映景观类型斑块被分割程度,其域值为[0~1],0 表示景观要素完全未被破坏,1 表示完全被破坏。香日德绿洲破碎度最大的是耕地,其值为 0.1082,其次是林地 为 0.0419。破碎度最小的是交通用地和水域,分别为 0.0001 和 0.0003。

景观分维数:景观分维数描述景观中斑块形状复杂程度,值域为[1~2],分维数越接近 1,表明景观要素斑块的自我相似性越强,斑块形状越有规律,斑块的集合形状趋向简单,表明受干扰程度越大;反之,分维数越接近 2,表明景观要素斑块的形状越无规律,形状越复杂,受干扰程度越小。香日德绿洲分维数最小的是耕地,为 1.085,表明耕地的形状简单、有规律,受人为干扰最大,从图 1 可以看出,香日德绿洲耕地斑块的形状多数呈规则的长方形,这主要是受人为干扰的缘故。研究区分维数最大的是居民及工矿用地,其值为 1.684,比较接近 2,表明该类型形状很不规则,规律性不强,同时比较分散,这跟实际相符,从图 1 也可以看出这一点。耕地和居民点与工矿用地同是人为景观,分维数相差却很大,导致这个结果的主要原因是香日德绿洲建筑用地在建设初期没有进行合理而有效的规划,使居民点与工矿用地之间整体上杂乱而无规律;相反耕地是农业绿洲的主体,在绿洲建设初期就受到高度重视,得到合理而有效的规划,使其多呈规则的几何状分布。

参考文献:

[1] 陈文波,肖笃宁,李秀珍.景观空间分析的特征和主要内容[J].生态学报,2002,22(7):1135-1142.  
[2] 肖笃宁.景观生态学理论方法与应用[M].北京:中国林业出版社,1991.92-98.  
[3] 欧立业,马海州,等.柴达木盆地荒漠绿洲景观格局定量分析[J].盐湖研究,2003,11(4):28-32.  
[4] 肖笃宁,布仁仓,李秀珍.生态空间理论与景观异质性[J].生态学报,1997,17(5):453-461.

4 讨 论

景观空间格局的研究仍是景观研究的主要内容。用于刻画景观格局的数量化指标很多,但因一些指标具有基本相同的功用,故在实际应用中只用少量指标即可完全满足格局分析的需要。本研究仅用多样性、均匀度、优势度、破碎度、分离度、分维数等少量指数分析出绿洲景观的格局特征。

绿洲景观具有径流依赖性、景观隐域性、演替双向性等特征<sup>[17]</sup>,同时作为人工绿洲景观还具有景观斑块规则、生物多样性低等基本特征。在对人工绿洲景观进行研究时,既要考虑作为绿洲所具有的一般特征,又要考虑作为人工景观所特有的特征。对绿洲景观格局特征分析的主要目的是全面、准确地掌握绿洲景观结构,为绿洲建设规划提供基础研究数据。

表 2 香日德绿洲各景观要素特征表

特征参数	景观类型						
	1	3	4	5	6	7	8
斑块数	454	76	20	66	15	2	91
面积/ km <sup>2</sup>	66.946	47.265	7.308	10.408	6.092	17.784	34.943
平均斑块面积/ km <sup>2</sup>	0.147	0.622	0.365	0.158	0.406	8.892	0.384
斑块总周长/ km	517.12	111.64	40.50	74.00	162.10	61.02	157.07
平均斑块周长/ km	1.139	1.469	2.025	1.121	10.807	30.508	1.726
景观比例/ %	35.10	24.80	3.80	5.50	3.20	9.30	18.30
分离度	3.245	5.923	53.288	20.387	337.710	328.043	9.432
破碎度	0.1082	0.0419	0.0007	0.0027	0.0001	0.0003	0.0194
分维数	1.085	1.1	1.128	1.684	1.23	1.32	1.115

注:景观类型符号意义同图 1。

在分辨率为 30 m 的 TM 影像为主要信息源的情况下,决定绿洲景观格局的重要成分-灌溉渠系、防护林网和道路等现状要素很难准确地显示,因此,使用更高分辨率的数据将为绿洲格局与过程研究提供更好的条件;另外,如何在众多的景观指数中选择恰当的指标来反映和揭示绿洲景观的格局特征,并为绿洲持续发展提供指导,是当前景观指数研究的重要任务之一。

香日德绿洲特有的水土条件决定了其适宜于农牧业生产,经过 30 多年的开发过程,在香日德绿洲逐渐形成人工绿洲的同时,人类对该区域水土资源的开发利用不断向外扩展。香日德绿洲景观格局的研究表明:虽然研究区域的土地利用趋于多样化和均匀化,景观优势度不高,但在开发利用程度较高的绿洲区内部,耕地和林地以及未利用土地仍占了较大的比例。此外因青海省扶贫项目的开展,大批的移民正不断涌入香日德绿洲,耕地的面积还有不断扩大的趋势。如何协调人地关系以及如何合理规划绿洲景观要素的比例问题正是目前香日德绿洲急需解决和攻关的难题;在未利用地景观中因自然因素和人为活动造成的退化景观类型如裸土地、沙化土地、砍伐迹地占据主要地位。因此均匀化的景观格局反映了高度发展的人工绿洲成为主要景观类型,但与耕地镶嵌分布的沙化土地景观也反映了该区域生态退化趋势较为严重。各类斑块几何形状规则(尤其耕地),随着人类活动的加强,绿洲景观的多样性会逐步增强,景观更趋破碎,这也是人类改造与利用自然景观的趋势所在。

表 1 梨树、李子耗水量表

时间段	4.28 - 5.12	5.12 - 5.28	5.28 - 6.12	6.12 - 6.26	6.26 - 7.14	7.14 - 7.27	7.27 - 8.11	8.11 - 9.22	总和
林下降水量	3.9	4.6	16.3	8.9	74.5	44.2	24	56.1	232.5
李子耗水量	4.78	6.17	17.46	9.72	70.05	40.59	23.95	60.5	233.22
梨树耗水量	6.89	6.62	18.31	5.55	75.95	46.86	23.21	60.66	244.05

3.4 两种果树生长季的耗水量

由于蒸发与蒸腾过程消耗的水分均来自于土壤,因此植物耗水量的大小与土壤水分状况关系密切。由表 1 可见,在生长季内对两种果树耗水进行比较表明,梨树耗水量大于李子,但二者并没有达到显著差异,梨树耗水只比李子多 10.82 mm。梨树、李子耗水 5 月份最低,到 7 月上旬达到最大,8 月中旬到 9 月底耗水量又有所增加,其中,7 月份梨树、李子耗水分别占耗水总量的 50.32%、50.87%,是耗水量最大的时期,而此时降水量也处于全年最大时期,土壤含水量高,为果树耗水提供了充足的水分,是果树生长的重要时期。

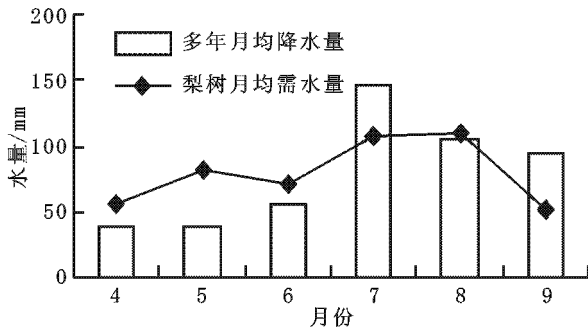


图 5 梨树多年平均降水量与需水量变化

从梨树多年平均降水量与需水量图(图 5)可以看出梨树 4、5、6 月处于缺水阶段,此时虽然正值果树生长期,但由于降水量很少,土壤含水量低,果树可消耗的水量有限,造成

水分供应不足;梨树 7、8、9 月处于水分充足阶段,土壤含水量增大,可提供的水分增加,这个阶段土壤表面的充分湿润造成土壤表面蒸发量急剧增加,两种果树耗水量明显升高,梨树、李子 7 月份耗水比 5、6 月耗水总和分别增加了 85.44 mm、72.51 mm,李子增加相对较少是因为其土壤含水量一直高于梨树,这也说明土壤含水量对于果树耗水存在很大的影响。8 月份中旬以后,梨树进入果实膨大期,耗水量又开始增大,而李子果实早已成熟,果树耗水的增大主要是因为土壤含水量增加引起的。

4 结 论

(1) 梨树和李子土壤水分在生长季变化规律基本一致,雨季后土壤含水量明显增大,但由于李子位于坡面下部,土壤水分条件总体高于梨树,说明不同立地对土壤水分有一定的影响。

(2) 两种果树不同层次土壤水分的年变化与其全土层的年变化有较好的相似性,土壤上层水分含量比下层低且年内变化幅度大。

(3) 土壤含水量受降雨量影响比较大,其影响程度受本身土壤含水量的制约。梨树土壤含水量与降雨量相关系数为 0.62,而李子土壤含水量较高,受降雨量影响相对较小,其相关系数为 0.40。

(4) 梨树耗水量大于李子,4、5、6 月处于缺水阶段,应在这个阶段对两种果树进行补灌,7 月份耗水虽然大于前三个月,但 7 月后水分充足,可以满足其生长需求。

参考文献:

[1] 李保国,龚元石,左强. 农田土壤水的动态模型及应用[M]. 北京:科学出版社,2000. 10 - 13.  
[2] 董大学,邵明安,李玉山. 渭北旱塬丰水年春玉米产量潜势及水肥效应研究[J]. 水土保持通报,1993,13(5):17 - 21.  
[3] 张国胜,徐维新. 青海省旱地土壤水分动态变化规律研究[J]. 干旱区研究,1999,16(2):36 - 40.  
[4] 邹桂霞,李铁军,李晓华,等. 辽西北缓坡地杨树土棘混交林地土壤水分变化规律研究[J]. 水土保持学报,2000,14(5):55 - 57.  
[5] 牛云,张宏斌,刘贤德,等. 祁连山主要植被下土壤水的时空动态变化特征[J]. 山地学报,2002,20(6):723 - 726.

(上接第 131 页)

[5] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. 生态学报,1995,15(2):113 - 120.  
[6] 常学礼,郭建国. 科尔沁沙地景观格局的特征分析[J]. 生态学报,1998,18(3):225 - 233.  
[7] Li X, Lu L, Cheng G, Xiao H. Quantifying landscape structure of the Heihe River Basin, North West China using FRAGSTATS[J]. Journal of Arid Environments, 2002,48(4):521 - 535.  
[8] 角媛梅,马明国,等. 黑河流域中游张掖绿洲景观格局研究[J]. 冰川冻土,2003,25(1):94 - 99.  
[9] 郭建国. 景观生态学 - 格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社,2000. 99 - 105.  
[10] 李哈滨,伍业刚. 景观生态学的数量研究方法[A]. 当代生态学博论[C]. 北京:中国科学技术出版社,1992. 209 - 234.  
[11] 陈利顶,傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构影响的分析[J]. 生态学报,1996,16(4):337 - 344.  
[12] 常学礼,张德干,杨持. 科尔沁沙地农牧交错景观的分形结构特征[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版),1999,30(4):513 - 517.  
[13] 辛晓平,徐斌,单宝庆,等. 恢复演替中草地斑块动态及其尺度转换分析[J]. 生态学报,2000,20(4):587 - 593.  
[14] Krummel J R, Gardner R H. Landscape patterns in a disturbed environment[J]. Oikos, 1987,48(2):321 - 324.  
[15] 贡璐,师庆东,等. 阿克苏绿洲景观格局特征分析[J]. 新疆大学学报(自然科学版),2004,21(1):34 - 37.  
[16] 黄俊芳,王让会,等. 基于 RS 与 GIS 的三工河流域生态景观格局分析[J]. 干旱区研究,2004,21(1):34 - 37.  
[17] 贾宝全,慈龙骏. 绿洲景观生态研究[M]. 北京:科学出版社,2003. 15 - 19.