

基于两种新型景观指数的张掖 绿洲植被格局动态研究

刘传胜¹, 张万昌², 雍 斌¹

(1. 南京大学国际地球系统科学研究所, 江苏 南京 210093; 2. 中国科学院大气物理研究所东亚区域气候-环境重点实验室 全球变化东亚区域研究中心, 北京 100029)

摘要: 通过遥感与 GIS 技术分析张掖绿洲植被格局动态, 验证了 Frohn (1998) 提出的两种新型景观指数 PPU (Patch Per Unit) 和 SqP (Sq [Square Pixel]) 在时间序列上对于植被景观格局分析的适用性和敏感性。分析结果显示 PPU 和 SqP (Sq) 指数分别对应聚集度和分维数这两种传统景观指数呈相似的变化趋势和统计相关性, 但其针对景观类型的变异系数相对于聚集度和分维数都较高, 即其指数值对各植被斑块类型辨识的敏感性更强, 对景观破碎化程度和斑块形状复杂度的时空演变具有更好的预测性。通过对新型景观指数特性的分析及动态对比, 表明张掖绿洲植被景观的空间异质性和斑块形状复杂度呈现逐渐增强的总体态势。

关键词: 植被格局; 景观破碎化; 斑块形状复杂度; PPU; SqP (Sq); 遥感

中图分类号: Q 149 文献标识码: A 文章编号: 1000-0690(2008)01-0059-07

景观格局是景观异质性在空间上的综合表现, 是人类活动和各种自然干扰促动下的结果^[1-3]。景观格局动态研究则通过分析景观组分的空间结构、相互作用及其功能演替揭示和预测景观生态系统的演变趋势^[4-7]。大量研究表明, 聚集度指数 (Contagion) 和景观分维数 (Fractal Dimension) 是研究景观格局动态变化最为重要的两个指标^[8-10]。然而聚集度指数在很大程度上决定于空间分辨率, 其结果受景观多样性影响较大; 分维数则未考虑栅格数据结构基础的周长面积关系, 对于可预测的景观空间格局不能给出连续的结果^[11]。针对以上两种景观指数的不足, Frohn 于 1998 年设计了 PPU (Patch Per Unit) 和 SqP (Sq [Square Pixel]) 这两个新型景观指数, 分别用于指示斑块的破碎化程度和形状复杂程度, 其优点是对像元粒径变化不敏感, 利于将遥感技术整合到景观格局动态研究中^[11, 12]。基于遥感与 GIS 技术, 本文在相同像元粒径和景观幅度条件下验证了新型景观指数在时间梯度上应用于景观分析的适用性, 并比较了其相对聚集度和分维数的优势和敏感性, 从而客观揭

示了张掖绿洲植被格局的动态变化规律。

1 研究区概况

张掖绿洲地处西北内陆干旱荒漠地带, 海拔高度 1 420~1 680 m, 年降水量为 100~300 mm, 光热资源丰富, 属于干旱温带气候区; 其地貌类型是河西走廊冲积、洪积平原, 坡度平缓, 植被覆盖度较低, 为典型的生态脆弱带^[13, 14]。张掖绿洲以戈壁、沙地、耕地、林地和草地为主, 属农业型绿洲; 绿洲内居民点与人工林带等植被类型相邻接、重叠并且比较分散; 戈壁、平原旱地和沙地分布比较集中; 盐碱地和裸岩石砾地的形状最复杂, 戈壁的形状则最简单^[15]。通常荒漠对水资源胁迫不敏感, 而绿洲景观易受水资源短缺的影响而稳定性相对较差^[16, 17]。因而, 对绿洲这个景观元素变化最活跃的生态脆弱地带进行时空演变研究, 不仅可以深入了解荒漠-绿洲景观结构与自然、生态过程和社会活动之间的关系, 也利于确定人类活动干扰改变景观格局的强度和方向, 从而为该地区可持续发展提供重要的生态学依据。

收稿日期: 2006-10-24 修订日期: 2007-04-12

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (2006CB400502 及 2001CB309404)、中国科学院“百人计划”择优支持项目 (8-057493)、中国科学院大气物理研究所东亚区域气候-环境重点实验室开放基金资助。

作者简介: 刘传胜 (1973-), 男, 山东郓城人, 博士研究生, 主要从事 LUCC、景观生态及资源环境遥感研究。E-mail: liucs45@sohu.com

2 遥感影像处理

2.1 遥感图像预处理

选用 4 景遥感图像作为景观分类的基础资料, 分别为 1976 年 7 月 4 日的 MSS 影像、1987 年 8 月 15 日的 TM 影像、1999 年 7 月 7 日的 ETM 影像和 2003 年 9 月 12 日的 ETM 影像。影像在时相上均处于植物的生长旺盛期, 且具有一定的时间间隔, 适合于对荒漠 - 绿洲景观格局的动态对比。结合 1: 5 万比例尺地形图, 将 4 景影像进行几何精校正 (精度在 0.6 个像元以内), 并处理为相同幅度 (1 120 P × 1 280 L)、相同地图投影系统 (UTM 投影, WGS84 Zone 47N) 和同样的像元粒径 (60 m)^[18] (图 1)。

为保证主要信息和剔除噪声, 本文对各期图像分别进行了主成分分析, 取前 4 个分量 PC1、PC2、PC3、PC4 (MSS 影像只有 4 个波段, 故仅取其前 3 个分量), 作为影像分析的主要数据源。考虑到对张掖绿洲的景观格局研究倾向于植被格局的分析, 则又选用了缨帽变换的前两个分量 KT1 (Brightness) 和 KT2 (Greenness), 其中 KT2 就是绿度植被指数 GVI, 它与绿色植被长势、覆盖度等直接相关^[19]。缨帽变换与主成分分析的区别是其转换系数是固定的, 可以针对单个图像提取土壤亮度信息和植被信息^[19]。另外, 由于 NDVI 是植被生长状态及植被覆盖度的最佳指示因子, 与 LAI 植被覆盖度等植被参数有关, 是监测植被和生态环境变化的有效指标, 适合于植被动态监测^[19], 故选用 NDVI

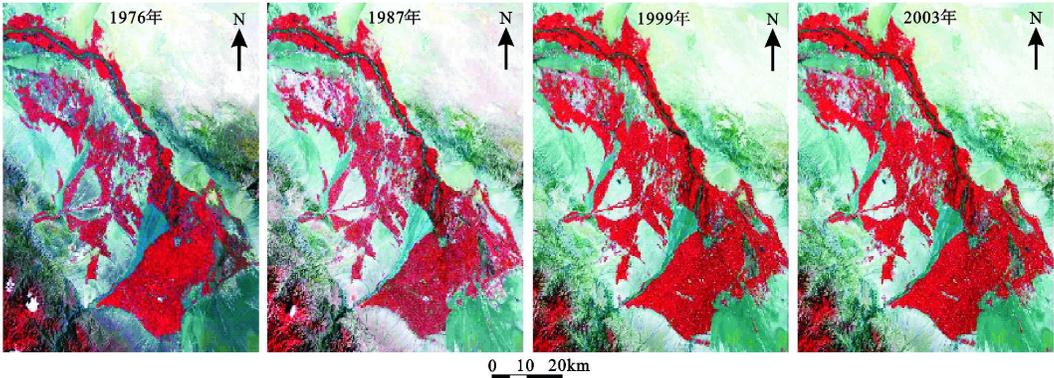


图 1 张掖绿洲各期假彩色合成影像图 (覆盖绿洲农业区)

Fig. 1 False-color composite images processed from the remotely sensed images (Landsat MSS and Landsat TM/ETM) covering the oasis agricultural zone of Zhangye Prefecture

作为辅助分类信息。最后把 PC1、PC2、PC3、PC4、KT1、KT2、NDVI 作为输入信息, 所产生的景观分类图包含了张掖地区的植被覆盖状况等主要信息, 便于进行绿洲景观格局及各植被类型动态变化分析。

2.2 景观分类图制作

张掖绿洲呈现比较独立的干旱区景观特征, 即在荒漠和高山背景下的相对平坦地区交错分布着自然植被与农作物。为突出绿洲本身的景观格局及其内部的组分变化, 将绿洲外围进行了荒漠基质掩膜处理。结合张掖地区土地利用现状图和野外考察资料, 在景观类型划分中, 按照土地类型与土地利用现状 (即人类干扰) 相结合的原则, 采取了自下而上的景观分类方法^[20]。首先将影像分为 25 个按光谱集群的土地覆盖类型, 然后根据绿洲

植被及其地表特征和景观发生学原理进行重新归类, 最后合并的景观类型为: 水体、农田、林地、盐碱地 (包括低覆盖度草地)、裸土地 (包括沙漠、戈壁和裸露地表等) 共 5 类^[20-31]。这种景观分类较好地反映了张掖绿洲植被格局的实际状况, 适合于从整体上分析绿洲与荒漠之间的动态演替和绿洲植被景观内部自然变化及其人类干扰造成的空间异质性变化 (图 2)。结合 2000 和 2002 年在张掖地区进行的实地野外考察资料对各种景观类型进行了精度验证, 结果如下: 1976、1987、1999、2003 年总体分类精度分别为 81.03%、84.85%、92.08%、86.14%, Kappa 系数分别为 0.65、0.71、0.84、0.76 可以满足对荒漠 - 绿洲大尺度景观格局分析的精度要求。

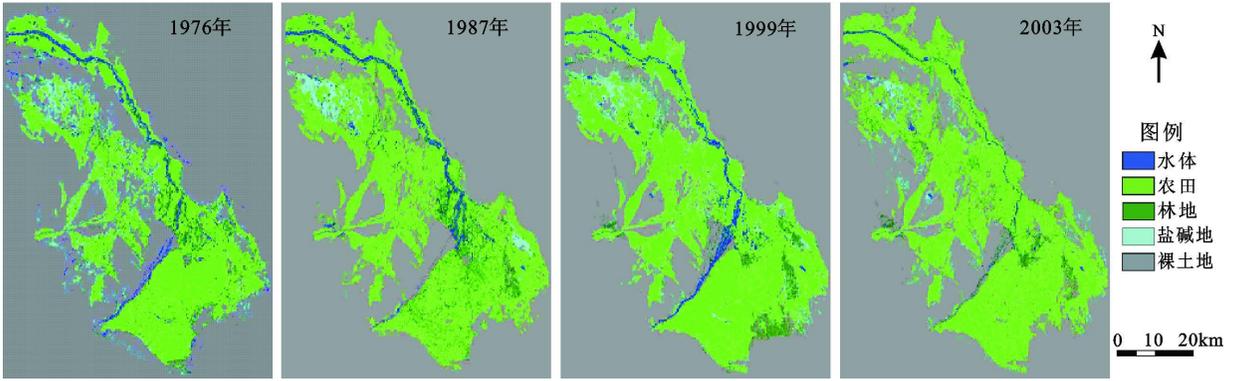


图 2 张掖绿洲各年份景观格局分布图

Fig 2 The landscape pattern maps in different years in Zhangye Oasis

3 传统与新型景观指数的计算与对比

在 ARCGIS 软件中将 4 期景观分类图转成 GRID 栅格数据结构, 然后利用景观分析软件 FRAGSTATS 计算出传统景观指数聚集度 (CONTAG) 和分维数 (AWMPFD) 作为景观分析的基础指标值。最后根据已算出的景观及其各斑块类型的总面积和周长, 以及像元面积大小, 计算 PPU 和 SqP (Sq) 指数 [公式 (1) (2)]。所选景观指数及其生态学意义如下:

1) 聚集度 (CONTAG): 描述景观中各种斑块的聚集程度或延展趋势。高聚集度值说明景观中的某种优势斑块类型形成了良好的连接性; 反之则表明景观是具有多种要素的密集格局, 其破碎化程度较高^[10]。

2) 面积加权的平均斑块分维数 (AWMPFD): 反映景观格局总体特征和斑块形状复杂度的重要指标 (无量纲值), 能在一定程度上反映人类活动

对景观格局的影响。一般受人类活动干扰小的自然景观的分数维值高, 而受人类活动影响大的人为景观的分数维值低^[10]。

3) PPU (Patch Per Unit):

$$PPU = \frac{m}{n \times \lambda} \quad (1)$$

其中, m 是斑块总数, n 是景观内的像元总数, λ 是依赖于像元尺寸的常数, 等于遥感影像一个像元的面积, 本文中 $\lambda = 3.6 \times 10^{-3} \text{ km}^2$, PPU 的单位是 km^{-2} 。PPU 对应于聚集度指数, 也反映景观破碎化程度, PPU 值增加, 表示景观破碎程度增强^[11]。

4) SqP (Square Perkel): 其变形公式为

$$SqP(Sq) = \frac{1}{1 - SqP} = \frac{P}{4 \times \sqrt{A}} \quad (2)$$

其中, A 是景观内所有像元总面积, P 是景观内所有斑块边界总周长, SqP (Sq) 值域变化为 $0 \sim +\infty$ 。SqP (Sq) 是替代分维数来量化斑块形状复杂度的无量纲指标, 其值越大则斑块形状越复杂^[11] (图 3 4)。

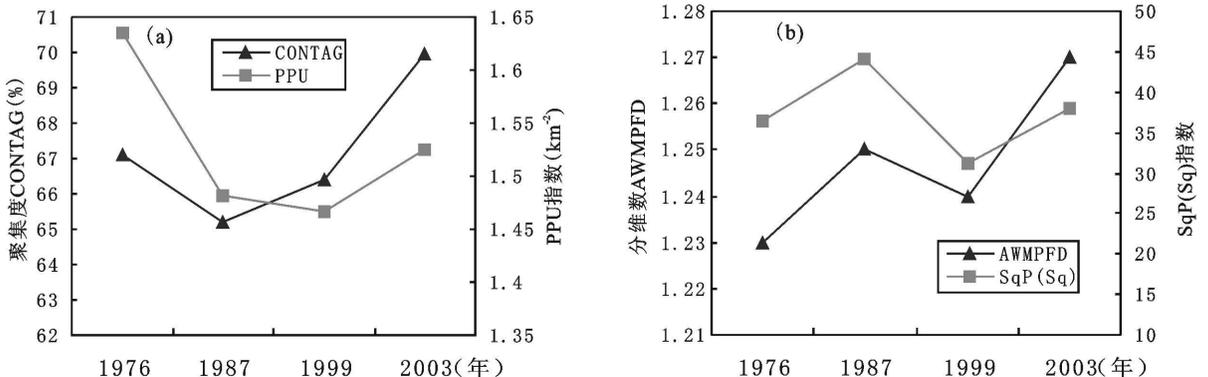


图 3 PPU 与 CONTAG (a) 及 SqP (Sq) 与 AWM PFD 变化 (b) 对比图

Fig 3 The comparisons of PPU vs CONTAG (a) and SqP (Sq) vs AWM PFD (b)

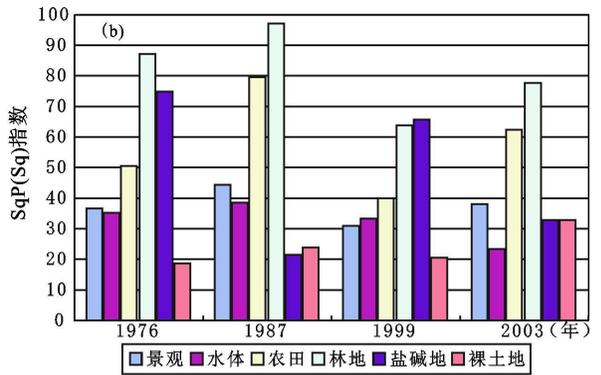
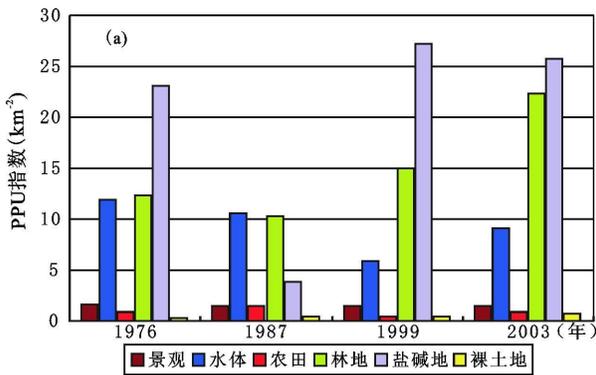


图 4 张掖绿洲景观及其组分的 PPU 与 SqP(Sq) 值统计图

Fig. 4 The statistics of PPU (a) and SqP(Sq) (b) for Zhangye Oasis landscape and its elements

4 新型景观指数的优势与敏感度分析

4.1 PPU 与 聚集度指数 CONTAG

PPU 与 CONTAG 都是衡量景观斑块聚集程度的指标,但前者的指数行为特征具有较大的优势。聚集度指数 CONTAG 的公式将其值域范围限制在 0~1 之间,并受到斑块类型数量的变化而波动,而 PPU 公式中不含斑块类型信息,因此它不受斑块类型数量变化的影响,只测量空间格局的聚集或破碎化程度;PPU 值仅受斑块总数量和景观内总像元数的影响,可根据像素面积大小乘上一个合适的比例因子,使 PPU 的值域变化比较灵活和敏感,适合各景观类型之间的对比分析。

PPU 对各个土地覆盖类型的分辨能力也高于 CONTAG。通过计算所有景观类型之间 PPU 值和 CONTAG 值的变异系数可以比较其分辨能力(表 1),因为变异系数越大,数据间差异越大,离散程度也越大。PPU 指数可以区分自然形成的植被景观类型和人类活动影响下的植被景观类型,一般情况下受人类活动影响的植被类型的 PPU 值比自然植被类型的 PPU 值要小很多。PPU 还有一个优点是它不受像元粒径变化的影响,而 CONTAG 则受到图像空间分辨率的影响较大。

表 1 各年份传统与新型景观指数针对景观类型的变异系数对比

Table 1 The comparison of the coefficients of variation between traditional landscape metrics and new ones

年份	PPU	CONTAG	SqP(Sq)	AWMPFD
1976	0.977	0.159	0.415	0.041
1987	0.765	0.111	0.557	0.029
1999	0.922	0.151	0.359	0.042
2003	0.833	0.156	0.424	0.062

4.2 SqP(Sq) 与 分维数指标 AWMPFD

通过指数行为特征和计算方法的分析对比,可知 SqP(Sq) 与 AWMPFD 相比具有以下优势:

1) AWMPFD 的取值范围是 1(表示最简单的形状)到 2(表示最复杂的形状),而 SqP(Sq) 取值范围为 $0 \sim +\infty$,可以更详细地分辨出每种景观类型或土地覆盖类型的斑块复杂程度,其对各景观类型间的变异系数也均大于分维数对各景观类型的变异系数(表 1),利于辨识各植被类型。

2) 计算分维数会遇到以下两种问题,而 SqP(Sq) 则不会:①分维数的计算需要事先假定了景观各斑块之间存在着某种统计意义上的自相似性;②计算分维数时,建立周长和面积之间回归关系会出现一系列需要解决的问题:如拟合优度检验, y 轴截距值计算,以及需要足够的斑块数量等。

3) 对分维数的回归估计值对参与计算的斑块数,斑块面积的值域范围以及具有不同周长-面积关系的多个种类斑块的混合计算比较敏感,而 SqP(Sq) 则不存在这些问题。

4) 相同景观在不同的影像空间分辨率下其分维数的计算结果可能不一样从而造成其值的不可预测,但是 SqP(Sq) 则通过使用面积的平方根很好地处理了像元粒径变化引起的问题。

4.3 PPU 与 SqP(Sq) 在时相变化上的指示敏感性

PPU 与 CONTAG 表现出相似的时相变化趋势,区别只是 PPU 值变大时对应的是 CONTAG 值变小(图 3a)。PPU 值越高时,景观破碎化程度越高,越低则表示斑块聚集程度越高,而 CONTAG 值高代表聚集度高,低则说明景观趋于破碎化。分析

可知 PPU 对张掖绿洲景观格局动态变化辨识的敏感性要强于 CONTAG, 原因在于: ① 其年变化率 (0.249%) 大于 CONTAG 值年变化率 (0.157%); ② 各年份 PPU 值的变异系数为 0.050 高于 CONTAG 值的变异系数 0.030。

SqP (Sq) 与 AWMPFD 也表现出相似的时相变化趋势 (图 3b), 其值大则表示景观斑块复杂度高。SqP (Sq) 对张掖绿洲景观格局动态变化辨识的敏感性要高于 AWMPFD, 原因: ① 其年变化率为 0.240%, 大于 AWMPFD 的年变化率为 0.120%; ② 各年份 SqP (Sq) 值的变异系数为 0.143 高于 AWMPFD 值的变异系数 0.014, 因而 PPU 与 SqP (Sq) 均在时间序列上对绿洲景观格局变化具有较强的指示敏感性。

5 基于新型景观指数的绿洲植被格局动态分析

5.1 绿洲景观聚集度变化分析

随着景观聚集程度的增强, CONTAG 值将增加, 而 PPU 指数则降低。对比两种方法计算的景观聚集度 (图 3a), CONTAG 值与 PPU 值在 1987 年和 1999 年呈现较强的负相关趋势, 1976~2003 年具有总体上的负相关趋势, 说明两者在衡量景观聚集度时能够在年际变化上表现为较好的一致性。分析还表明在整个时间序列上 PPU 与 CONTAG 在取对数后为线性相关。用 PPU 对景观破碎度进行分析发现, 张掖绿洲在 27 年间总的变化趋势是景观聚集度在增强, 破碎化程度降低, 景观内优势斑块的连接性增强, 而绿洲的农业景观格局自 1999 年以来逐渐趋向于稳定, 内部小斑块数减少, 大片受人类活动影响的植被类型斑块数在增加, 景观内连通性和空间异质性不断增强, 这与 CONTAG 表现的趋势基本一致。

PPU 对各景观类型 (土地覆盖类型) 的辨识能力要比 CONTAG 指数更大, 因此也能够更好地指示各景观类型的破碎化程度。此外, PPU 指数还可以区分自然类型的斑块和人类活动影响形成的斑块, 如对林地和农田的区分就很明显, 其 PPU 值差别较大 (图 4a)。虽然 CONTAG 值包含了各景观类型及其空间配置等信息, 但其区分景观组分的能力比 PPU 差, 因其各景观类型指数值间的变异系数均比 PPU 的小 (表 1)。由图 4a 还可以看出农田和荒漠的 PPU 值相对其他景观类型很小, 1987 年

农田 PPU 值达到最大, 为 1.484 说明这两种景观类型的聚集度很高, 是绿洲景观的主体部分。水体的 PPU 值变化幅度则不大。

5.2 绿洲景观斑块复杂度变化分析

AWMPFD 和 SqP (Sq) 都是衡量斑块形状复杂度的景观指数, 图 3b 表明两者变化趋势基本一致, 在景观格局动态变化上表现出较强的线性相关。张掖绿洲从总体上表现为景观内斑块形状复杂度增加, 但是绿洲内部的农田 SqP (Sq) 值增加, 林地 SqP (Sq) 值减少, 盐碱地、水体等 SqP (Sq) 值均减少 (图 4b), 绿洲主体部分斑块复杂度降低, 表现出人们改变土地利用结构, 进行绿洲生态建设的影响。水体的 SqP (Sq) 值的变化幅度都不大, 但是强烈的值域变化表明其为绿洲景观生态系统中最活跃的景观组分之一。1987 年林地 PPU 值最低, 而 SqP (Sq) 值最高, 说明该年的林地聚集度最高, 其斑块形状复杂度也很大。林地的聚集度一直呈现走低趋势, 而斑块形状复杂度也在不断降低。

SqP (Sq) 对各景观类型的区分能力及响应敏感度也比较强 (表 1 图 4b)。张掖绿洲内林地、盐碱化土地 (包括低覆盖度草地) 具有较高的斑块复杂度, 但是其变化幅度较大, 表明这两种景观类型变化越来越受绿洲农业活动和生态建设的影响。农田斑块类型几次大的起伏也反映了农业活动对土地耕作状况的影响。进一步分析发现 SqP (Sq) 与 AWMPFD 呈现线性相关, 因此 SqP (Sq) 在一定程度上可以替代传统的分维数指标来衡量景观格局及其各组分的斑块复杂度变化情况。此外, SqP (Sq) 具有对像元粒径变化不敏感的优势, 更适合利用多源遥感数据进行时间梯度上的斑块形状复杂度的动态分析。

5.3 利用新型景观指数分析绿洲变化驱动因素

由 PPU 和 SqP (Sq) 的动态变化及其敏感性分析可知, 张掖绿洲与荒漠基质逐渐分异并趋于稳定。基于新型景观指数的景观格局动态分析表明农田和荒漠的破碎化程度和斑块形状复杂度都较低, 二者的动态变化是影响荒漠绿洲生态系统景观分异的直接因素。而张掖绿洲整体变化的驱动因素, 总体上来说是由于干旱气候条件下水资源再分配以及人类活动影响等自然和人为因素所共同导致的。水体的 PPU 值及 SqP (Sq) 值的总体变化幅度较小, 说明自然或人工水体自身的微弱变化对张掖绿洲整体景观格局变化影响并不大。新型景观

指数值变化幅度最强烈的是农田、林地等景观类型(图3图4),这说明人们生活与生产建设等人为干扰因素强烈推动着绿洲景观格局的变化。农田斑块形状复杂度的增强和林地斑块复杂度降低则显示出农业生产与生态建设等人为干扰持续和强烈地影响着绿洲植被景观类型的变化。相关文献及研究资料也表明,从1987到2000年黑河中游张掖绿洲等地区的土地利用结构变化强烈^[22, 23],这与新型景观指数动态变化分析结论是一致的。

6 结束语

本文利用两种新型景观指数 PPU 与 SqP(Sq)定量分析了张掖绿洲植被格局及其各斑块类型的动态变化,其总体变化趋势是景观聚集度和斑块形状复杂度增强,景观破碎化程度降低。通过 PPU 与 CONTAG、SqP(Sq)与 AWM PFD 之间的对比分析表明,新型景观指数在同一像元粒径和幅度条件下在景观及其组分的动态分析中敏感性较高。PPU 指数与 CONTAG 指数间呈现对数相关,而 SqP(Sq)值则与 AWM PFD 也有较强的线性相关关系。PPU 和 SqP(Sq)指数值对各景观类型变化的区分度和敏感性都较强,与聚集度和分维数指标相比更适合于各景观类型的动态对比与分析。因此,新型景观指数在对张掖绿洲的景观动态分析中表现出较好的适应性和敏感性,而对新型景观指数特性的分析及动态对比还表明张掖绿洲植被景观的空间异质性和斑块形状复杂度呈现逐渐增强的总体态势。

参考文献:

- [1] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 200~212.
- [2] Turner M G. Landscape ecology: the effect of pattern on process [J]. Annual Review of Ecology and Systematic, 1989, 20(3): 171~197.
- [3] Forman R T T. Land Mosaics: the ecology of landscape and regions [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995: 21~67.
- [4] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题[J]. 地理科学, 2003, 23(3): 264~270.
- [5] 李颖,张养贞,张树文. 三江平原沼泽湿地景观格局变化及其生态效应[J]. 地理科学, 2002, 22(6): 677~682.
- [6] 欧维新,杨桂山,李恒鹏,等. 苏北盐城海岸带景观格局时空变化及驱动力分析[J]. 地理科学, 2004, 24(5): 610~615.
- [7] 刘红玉. 20世纪80年代以来挠力河流域湿地景观变化过程研究[J]. 地理科学, 2002, 22(5): 636~640.
- [8] 曾辉,唐江. 珠江三角洲东部地区常平镇景观组分转移模式及动态变化研究[J]. 地理科学, 1999, 19(1): 73~77.
- [9] 钱乐祥,丁圣彦,许叔明. 伊洛河流域不同地貌类型区的景观空间结构对比分析[J]. 地理科学, 2003, 23(5): 604~601.
- [10] 邬建国. 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: 11~23.
- [11] Frohn R C. Remote sensing for landscape ecology: new metric indicators for monitoring modeling and assessment of ecosystem [M]. Boca Raton: Florida Lewis Publishers, 1998: 50~78.
- [12] 李书娟,曾辉. 遥感技术在景观生态学中的应用[J]. 遥感学报, 2002, 6(3): 233~239.
- [13] 卢玲,程国栋,李新. 黑河流域中游地区景观变化研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 68~74.
- [14] 角媛梅,马明国,肖笃宁. 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.
- [15] 蒙古军,李正国. 河西走廊张掖绿洲 LUCC 的驱动力分析[J]. 地理科学, 2003, 23(4): 464~470.
- [16] 王根绪,王建,许颜卿. 近10年来黑河流域生态环境变化特征分析[J]. 地理科学, 2002, 22(5): 527~534.
- [17] 贾宝全,慈龙骏,任一萍. 绿洲景观动态变化分析[J]. 生态学报, 2001, 21(11): 1947~1951.
- [18] 刘传胜,塔西甫拉提·特依拜,丁建丽. 基于遥感与GIS的于田绿洲土地覆盖动态研究[J]. 中国沙漠, 2003, 23(1): 58~62.
- [19] 赵英时,陈冬梅,杨立明,等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 368~393.
- [20] 李振鹏,刘黎明,张虹波,等. 景观生态分类的研究现状及发展趋势[J]. 生态学杂志, 2004, 23(4): 150~156.
- [21] 肖笃宁,钟林生. 景观分类与评价的生态原则[J]. 应用生态学报, 1998, 9(2): 217~221.
- [22] 孟宝,张勃,张华,等. 黑河中游张掖市土地利用/覆盖变化的水文水资源效应分析[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(3): 94~99.
- [23] 张钰,刘桂民,马海燕,等. 黑河流域土地利用与覆被变化特征[J]. 冰川冻土, 2004, 26(6): 740~746.
- [24] 肖笃宁,解伏菊,魏建兵. 景观价值与景观保护评价[J]. 地理科学, 2006, 26(4): 506~512.
- [25] 张祖陆,王琳. 莱州湾南岸咸水入侵区土地利用/覆被变化驱动机理研究[J]. 地理科学, 2007, 27(1): 40~44.
- [26] 李月臣,刘春霞. 北方13省土地利用/覆盖动态变化分析[J]. 地理科学, 2007, 27(1): 45~52.
- [27] 李忠武,蔡强国,曾光明. 黄土丘陵沟壑区土地利用类型与土地生产力关系模拟研究——以王家沟小流域为例[J]. 地理科学, 2007, 27(1): 53~57.
- [28] 朱永恒,濮俊杰,赵春雨. 景观生态质量评价研究——以吴江市为例[J]. 地理科学, 2007, 27(2): 182~187.
- [29] 王秀春,黄秋昊,蔡运龙,等. 贵州省猫跳河流域耕地空间分布格局模拟[J]. 地理科学, 2007, 27(2): 188~192.
- [30] 莫宏伟,任志远,王欣,等. 风沙过渡区耕地生态系统净第一

- 性生产力动态变化研究——以陕西榆阳区为例 [J]. 地理科学, 2007, 27(4): 537~541.
- [30] 王娟, 崔保山, 卢远. 基于生态系统服务价值核算的土地利用规划战略环境评价 [J]. 地理科学, 2007, 27(4): 549~554.
- [31] 于航, 董德明, 陶磊, 等. 步云山自然保护区生态功能价值研究 [J]. 地理科学, 2007, 27(4): 593~596.

Vegetation Pattern Dynamics in Zhangye Oasis Based on Two New Landscape Metrics

LU Chuan-Sheng¹, ZHANG Wan-Chang², YONG Bin¹

(1 *International Institute for Earth System Science (ESSI), Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093*)

2 *Regional Climate-Environment Research for Temperate East Asia, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*)

Abstract By using RS and GIS techniques, PPU (Patch Per Unit) and SqP (Sq) (Square Pixel), the two new landscape metrics proposed by Frohn (1998), were utilized in dynamic analyses on vegetation pattern of Zhangye Oasis and proved to have favorable applicability and sensitivity in temporal landscape pattern analyses. It was demonstrated that the new metrics had similar transformation trends and statistical dependence for temporal landscape pattern analyses by comparison with the traditional landscape metrics (Contagion and Fractal Dimension). It was also found that PPU and SqP (Sq) showed more sensitivity than the traditional ones because of their higher coefficient of variation, thus the new metrics were provided with better predictable ability and sensitivity for landscape fragmentation and patch shape complexity, and had advantages in distinguishing the patch types comparing to Contagion and Fractal Dimension. Computation on new landscape metrics and dynamic analysis of landscape metrics behaviors for these time series images clearly revealed the general evolution trend of the oasis from fragmentation to contagion with the gradual enhancement trend of the spatial heterogeneity and patch shape complexity.

Key words vegetation pattern; landscape fragmentation; patch shape complexity; PPU; SqP(Sq); RS