

干旱区绿洲土地利用/覆被及景观格局变化特征 ——以新疆精河县为例

张 飞^{1,2,3}, 塔西甫拉提·特依拜^{1,2,*}, 丁建丽^{1,2,3}, 王伯超^{1,2}, 王 飞^{1,2},
买买提·沙吾提^{1,2}

(1. 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046

3. 新疆大学研究生院, 乌鲁木齐 830046)

摘要:从宏观上运用 3S 技术,利用 1972 年 MSS、1990 年 Landsat TM、2001 年 Landsat ETM+ 和 2005 年 CBERS 4 个时期遥感影像数据,将 GIS 和景观生态学的数量分析方法相结合,运用 ArcGIS 以及 Fragstats,分析了干旱区绿洲精河县 1972~2005 年间的土地利用/覆被和景观格局的变化。结果表明:(1)1972~2005 年的 33a 中,精河县 LUCC 的总体变化趋势是绿洲面积有小幅度的扩张,其中人工绿洲面积扩张尤为显著,天然绿洲面积减少。(2)研究区水域面积的变化受艾比湖湖面面积的变化影响较大,变化不显著,但总体上呈缓慢增长的趋势。(3)盐渍地面积的变化经历了先扩张后减小的一个过程。1990 年达到最大值,但到 2005 年面积又有很大程度减少。沙地面积小幅减少,其他地类的面积始终呈增加趋势。(4)景观在各个研究时段也发生显著变化。总的来说,整个研究区景观的密度持续增大,最大斑块指数先减小后增大,面积加权形状指数减小,形状趋于规则;斑块间的最邻近距离减小。表明 1972 年时景观中的优势斑块类型的连接性较 2005 年好,逐渐向具有多种要素的密集格局演变,景观更加破碎。同时不同斑块间的分离度增大,也说明景观破碎化程度加深。从香农多样性指数和香农均度指数的变化可以看出,景观的多样性增加,且均度增强。景观多样性及破碎化程度增加,也反映了土地利用越来越丰富。总之,要实现区域土地资源的可持续发展和景观生态功能的良性发挥,必须注重土地利用格局优化,维护景观生态过程与格局的连续性。

关键词:干旱区;绿洲;土地利用/覆被变化;景观格局变化;精河县

文章编号:1000-0933(2009)03-1251-13 中图分类号: 文献标识码:A

The change of land use/cover and characteristics of landscape pattern in arid areas oasis: a case study of Jinghe County, Xinjiang Province

ZHANG Fei^{1,2,3}, TASHPOLAT·Tiyip^{1,2}, DING Jian-Li^{1,2,3}, WANG Bo-Chao^{1,2}, WANG Fei^{1,2}, MAMAT·SAWUT^{1,2}

1 College of Resources and Environment Science, Xinjiang University Urumqi, Xinjiang 830046, China

2 Key Laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang University Urumqi, Xinjiang 830046, China

3 Graduate school of Xinjiang University, Urumqi 830046, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(3): 1251~1263.

Abstract: Land use change has been affecting the function and structure of landscape ecological system directly or indirectly, and it influences the landscape processing in the surface of the earth. This paper uses 3S technology in macroscopic. Combined the integrated technology of ecological quantity analytical method with GIS technology through ArcGIS and Fragstats, and the author study the images of 1972, 1991, 2001 and 2005 and obtained land use data in Jinghe County. Then, the change of land use/cover and landscape pattern had been analyzed in this paper in Jinghe County of Xinjiang. The conclusions are as follows: (1) The trend of LUCC is that the area of oasis expands slowly in nearly 33 years

基金项目:新疆教育厅创新研究群体基金资助项目(XJEDU2004G04);中国科学院西部之光资助项目(XJEDU2005I07);新疆绿洲生态重点实验室开放课题资助项目(XJDX0201-2008-01, XJDX0201-2008-03);新疆大学青年教师科研启动基金资助项目(QN070122);高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20050755002)

收稿日期:2008-10-21; 修订日期:2008-12-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangfei3s@yahoo.com.cn

between 1972 to 2005 in Jinghe County. While the area of human oasis expands fast, the area of natural oasis decreases. It is the area of farmland and human forestland increasing while the grassland decreasing in class. (2) The area of water area is mainly influenced by Ebinur lake, so the area expands a little in this period. (3) The area of salinization land expands at first and reduces later. Its area is largest in 1990 and decrease largely in 2005. The area of sand land decreases and the other land class increases while the probability of transfer is always high. The period in the middle is higher than others two-periods. (4) Landscape change is also obviously in the decades. Totally, landscape density increases, the largest path index decreases at first and expands later, the weight area index decreases and the shape of landscape becomes regulation. The nearest distances, the degrees of reunite and outspread decreases. It shows that the connection of mainly path in 1972 is better than 2005, the patch becomes more complexity. From the change of Shannon's Diversity Index and Shannon's Evenness Index, we know that the diversity of landscape and the Interspersion Juxtaposition Index increase. The degree of diversity landscape and fragmentation increasing also shows that the land uses become more complex. The reason of the change is that human activity influenced the path, the substance, energy and information stream changes, so the landscape pattern changes, the index of fragmentation and diversity increases too. At the inner of oasis, the patch complexity influenced by the level of agriculture, the CONTAG increases either. At the edge of oasis, the area of farmland expands, so the shape of landscape becomes complexity and the scrambling increases. All in all, it is essential to intensify the spatial relationships among landscape elements and to maintain the continuity of landscape ecological process and pattern in the course of area expansion.

Key Words: arid area; oasis; land use/cover change (LUCC); landscape pattern change; Jinghe County

绿洲是在荒漠背景下人类局部优化的生存环境,是干旱内流区能流、物流最集中的场所,是干旱区的精华所在,同时也是干旱区最敏感的部分^[1~5]。作为干旱、半干旱地区的一种独特的生态单元,绿洲是维系干旱地区人类生存、活动与发展的基本场所。干旱区绿洲景观,是以荒漠为基质,依水分条件发育各种植被生态体系,干旱气候条件产生的旱化荒漠植被和各种盐生和沼泽草甸植被及沿水系分布的乔灌木林等交错分布,再迭加人工生态体系,如农耕地、人工林网及人工草场等,这样就构成了十分复杂的,并且各类植被生态体系难以界定的景观结构^[6]。因此,监测绿洲的动态变化以及合理、协调、持续地发展绿洲对当今全球,特别是干旱地区具有重大理论与现实意义^[7,8]。

土地利用动态变化研究是全球环境变化的重要课题^[9,10],也是引起区域环境变化的关键要素。国际地圈生物圈计划(IGBP)和国际全球变化人文因素计划(IHDP)于1995年制定并开始执行“土地利用/土地覆被变化科学研究计划(LUCC)”^[11,12],使LUCC研究成为目前全球变化研究的前沿和热点课题。LUCC是研究全球变化和可持续发展的一个重要方面,是全球生态环境变化的重要组成部分和驱动因子之一^[13],而LUCC信息提取技术是LUCC研究的基础性工作。土地变化是绿洲景观时空变异的直接动因,也是绿洲景观变化的最突出标志^[14]。

况且目前,IGBP、IHDP和WCRP等国际组织在其土地利用/覆被变化研究项目中,都纷纷结合景观格局及变化的分析模型来研究LUCC的空间结构并预测其变化趋势^[15]。景观空间格局是指大小和形状不一的景观斑块在空间上的排列,它是景观异质性的重要表现,又是各种生态过程在不同尺度上作用的结果^[16~21]。景观动态变化的研究,是景观生态学研究的核心问题之一,目前仍是景观生态学中的一个研究热点^[22]。由于遥感技术提供了丰富的数据源,使廉价有效地获取土地利用/覆盖变化信息成为可能,因此,最近20a发展起来的建立在遥感数据基础上的土地利用/土地覆盖变化动态监测方法得到了人们的重视,进行了大量的中高分辨率卫星遥感数据应用研究,在土地变更调查和动态遥感监测任务中发挥了极大的作用。王根绪^[23]等在黑河流域选择两个典型区进行了土地利用变化的空间差异与影响的对比研究。尹昌应等^[14]探讨了土地利用和景观生态过程的相互关系。李小明^[24]等采用两种不同的景观结构变化分析方法来研究石羊河20世纪80年

代中期到 90 年代末期景观变化的趋势。李义玲^[25]等基于分形理论和 RS、GIS 技术对玛纳斯河流域土地利用/土地覆被类型的分维数进行分析,探讨土地利用/土地覆被类型结构变化的分维数及与复杂性、稳定性的关系。马明国^[26]等利用廊道景观的研究理论,基于 RS 和 GIS 的研究方法,对干旱区绿洲廊道景观进行初探。李华蕾^[27]从景观生态学的角度定量研究武威绿洲十多年的景观变化及其原因。卢玲^[28]采用两种不同的景观结构变化分析方法研究黑河中游地区 20 世纪 80 年代前期到 90 年代后期景观变化的趋势。角媛梅^[29]对金塔绿洲各景观类型及绿洲景观受沙漠化和盐渍化威胁的程度进行了评价。

新疆精河县地处西北内陆干旱区,毗邻中国著名大风口——阿拉山口主风口,境内有新疆第二大咸水湖——艾比湖,生态环境相当脆弱^[30]。因此,本文选择该县作为 LUCC 与景观变化研究典型区域,应用景观生态学理论,借助 3S 等先进的技术,深入研究内陆河下游绿洲 LUCC 与景观空间格局变化的相互关系。探讨 LUCC 与景观变化的相互作用机制。目的在于系统分析内陆河下游绿洲 LUCC 变化与景观格局变化之间的相互作用,为该绿洲的有关决策部门制定未来绿洲的土地利用模式提供参考。最终为实现该区生态环境与社会经济的健康、稳定及持续发展,保护地区景观健康及维持区域生态安全提供科学依据。

1 研究区概况

精河县位于新疆维吾尔自治区西北部,准噶尔盆地西南边缘,天山支脉婆罗科北麓,距乌鲁木齐市 423km。东邻乌苏市,南接伊宁县和尼勒克县,西与博乐市毗邻,北与托里县接壤。地理坐标为东经 81°46′ ~ 83°51′,北纬 44°00′ ~ 45°10′,东西长 166km,南北宽约 134km,总面积 11275km²(图 1)。312 国道(乌伊公路)由东向西从精河县中部穿过。精河县属典型的大陆性气候,总特点为:日照充足,冬夏冷热悬殊,干燥少雨,多大风。平原地区年平均气温 7.2℃,最高 9.1℃,最低 5.3℃。

2 数据源及研究方法

2.1 数据来源

本研究所采用的数据有:(1)1972 年 9 月 21 日 Landsat MSS、1990 年 10 月 5 日 Landsat TM、2001 年 9 月 25 日 Landsat ETM+ 和 2005 年 10 月 22 日 CBERS 及 SRTM 影像;(2)精河县 1:10 万和 1:5 万地形图及其矢量化数据以及研究区矢量化等高线图;(3)精河县 1995 和 2003 年土地利用图;(4)精河县多年统计资料(人口,气象,社会经济,土地利用状况,水文);(5)野外考察 GPS 点及实地景观照片库。在图像处理过程中采用野外调查与室内解译相结合的方法。首先对遥感影像进行预判,制定出野外考察的路线。然后按照指定的路线对研究区域进行调查,结合地形图,运用 GPS 定位技术,对各种类型的景观进行采点记录,并确定景观类型。最后在室内应用 PCI 图象处理系统对上述四期影像数据进行解译,得到研究区 4 个时期的景观类型图,对各景观类型进行统计分析。在上述基础上进一步分析研究区景观空间格局的变化特征。

2.2 研究方法

2.2.1 动态度分析

土地利用动态度可定量描述土地利用变化速度,分为单一土地利用动态度和综合土地利用动态度^[31]。其中单一土地利用动态度可表达区域一定时间范围内,某种土地利用类型变化速度的情况,公式表达为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中, U_a 、 U_b 分别为研究期初和研究期末某一种土地利用类型的数量; T 为研究步长。当 T 设定为年时, K 为研究时段内某种土地利用类型的年变化率。

综合土地利用动态度可描述研究时段的区域土地利用变化速度,用公式表示为:

$$LC = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中, LU_{i-j} 为监测起始时间 i 类土地利用类型面积, ΔLU_i 为监测时段 i 类土地利用类型转为非 i 类(j 类, $j=1$,

..., n) 土地利用类型面积的绝对值, T 为监测步长。当 T 设定为年时, LC 的值就是该研究区的土地利用年变化率。

2.2.2 景观空间格局分析

关于景观空间格局分析, 已有许多数量方法^[32-34], 本文在景观类型级别上分析景观指标时, 选取 10 个指标, 在景观级别上分析景观指标时选取 11 个指标。运用 3S 技术对研究区 1972 年, 1990 年, 2001 年的 Landsat 卫星影像和 2005 年的 CBERS 卫星影像数据进行处理和空间分析, 并结合其它资料, 获取绿洲近 33a LUC 和景观变化的信息, 然后对研究区的土地利用/土地覆被变化和景观格局特征进行深入研究。

3 结果与分析

3.1 精河县遥感影像分类

在 LUC 研究中, 获得较高的分类精度至关重要。以本文研究目的为首要考虑, 在遵循全国《土地利用现状调查技术规程》的要求下, 结合遥感数据解译的具体分析以及本文研究的核心内容, 考虑到研究区特殊的自然环境状况和突出的生态环境问题, 对其中一些一级类别进行合并再细化出盐渍地和沙地两个二级分类, 同时考虑到以下情况: ①研究区内地物光谱类别混杂现象比较严重, 指标分得过细会使类别间混分率增加, 造成精度下降。②本论文研究重点在于各地类之间的空间交替演变情况, 本着保证分类精度和完成研究目标的原则, 没有将指标划分过细。根据监督与非监督分类相结合的方法对四期影像进行基于最大似然法的监督分类, 最终共确定出 7 个土地利用类别: 耕地、林地、草地、水域、盐渍地、沙地和其他地类(包括居民点及工矿用地、交通用地、裸土地、荒滩、荒坡及其它未利用土地(图 1)。

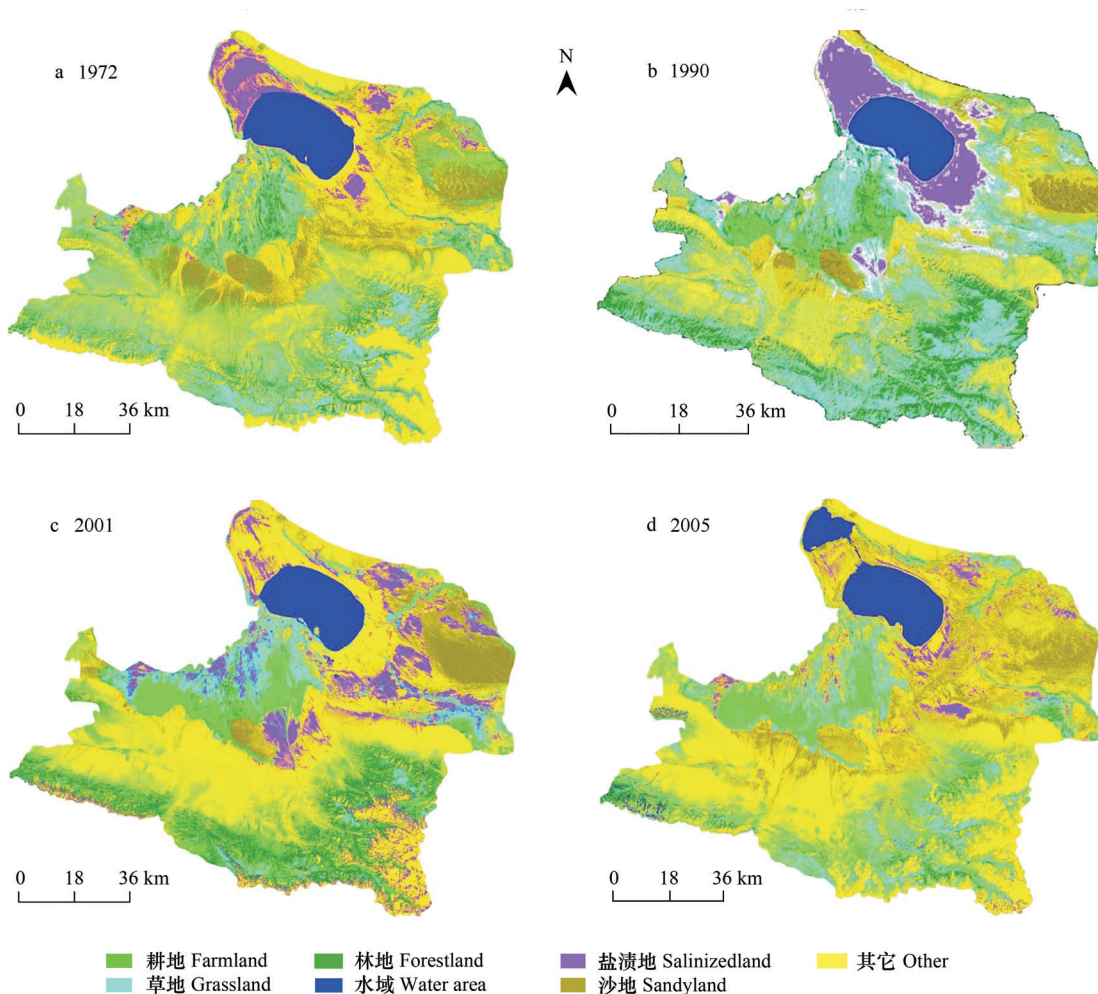


图 1 研究区分类图像

Fig. 1 Classified images of study area

对以上分类结果进行精度验证得到 1972 年总精度为 89.3818%, Kappa 系数为 0.8701; 1990 年总精度为 90.3884%, Kappa 系数为 0.8816; 2001 年总精度为 94.3665%, Kappa 系数为 0.9300; 2005 年总精度为 91.0160%, Kappa 系数为 0.8876; 以上分类结果对于本文应用来说, 均较理想。通过以上工作, 获得了具有相同像元数目、相同范围、相同地理投影方式及坐标系统的四期遥感影像。笔者将以上数据为基础, 对精河县 LUCC 和景观格局过程做详细分析和探讨, 深入探析干旱区绿洲 LUCC 与景观变化过程特征和变化趋势。

3.2 精河县土地利用/覆被变化及其驱动力分析

土地利用现状是长期以来, 人类根据土地自然特性和社会需要, 对土地进行改造、培育、使用的结果, 或者说土地利用过程当前的稳定状态^[35]。土地利用现状的分析, 可以发现土地利用中存在的问题及优势, 为进一步合理开发利用土地, 协调人地关系奠定基础^[36]。依据图 2 可以看出, 1972~2005 年 33a 间, 精河绿洲 LUCC 变化具有明显的特征。

(1) 从表 1 中可以看出: 1972 年精河县土地利用/土地覆被类型面积前 4 位依次是草地(C)、其他地类(G)、林地(B)和盐渍地(E); 1990 年面积前 4 位顺序转变为草地(C)、其他地类(G)、盐渍地(E)和林地(B); 2001 年面积前 4 位顺序转变为其他地类(G)、草地(C)、盐渍地(E)和林地(B); 2005 年面积前 4 位顺序转变为其他地类(G)、草地(C)、林地(B)和盐渍地(E)。可见, 33a 间精河县土地利用类型中草地(C)、其他地类(G)、林地(B)和盐渍地(E)均占主导地位, 这 4 种地类之和在 4 个时期都大于 85%。

表 1 精河县土地利用面积与比例
Table 1 Area and percentage of land use in Jinghe oasis

LUCC * 类型 Type	1972		1990		2001		2005	
	面积 Area (km ²)	百分比 Percent (%)	面积 Area (km ²)	百分比 Percent (%)	面积 Area (km ²)	百分比 Percent (%)	面积 Area (km ²)	百分比 Percent (%)
A	128.54	1.140	303.75	2.694	388.65	3.447	408.49	3.623
B	1424.93	12.638	1093.22	9.696	1104.16	9.793	1435.65	12.733
C	4564.91	40.487	3863.49	34.266	3028.47	27.686	2786.73	24.716
D	573.33	5.085	575.70	5.106	583.71	5.177	691.95	6.137
E	1108.90	9.835	1645.36	14.593	1248.59	11.074	1050.60	9.318
F	545.15	4.835	593.74	5.266	470.73	4.175	519.10	4.604
G	2929.25	25.98	3199.85	28.38	4357.79	38.65	4382.59	38.87

A: 耕地 Farmland, B: 林地 Forestland, C: 草地 Grassland, D: 水域 Waterarea, E: 盐渍地 Salinizedland, F: 沙地 Sandyland, G: 其他 Other

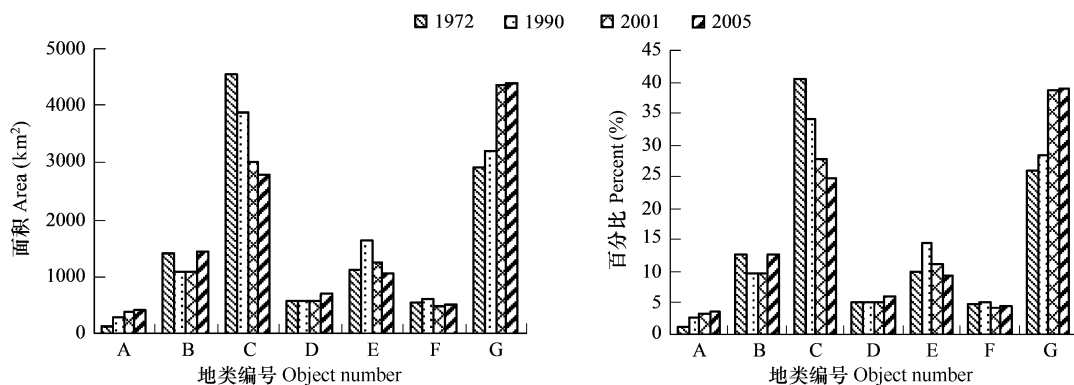


图 2 精河绿洲各种地物类型面积及所占百分比

Fig. 2 Area and percentage of land use in Jinghe oasis

(2) 1990~2001 年 11a 期间, 耕地和其他地类面积骤增的同时伴随着其余地类面积的减少。耕地、林地和草地之间很大程度上存在着相互转换, 其他地类和盐渍地之间的转化也很剧烈。主要是因为 1990 年后, 中央及自治区地方政府推出一系列优惠政策, 特别是 1998~1999 年的开荒热, 不仅允许而且鼓励个人和集体开

垦土地^[37]。此外,艾比湖绿洲区人口的增长,生产力水平的提高和开荒力度的加大导致耕地面积迅速扩大。以 1997 年与 1949 年相比,耕地面积由 1.35 万 hm^2 增至 11.99 万 hm^2 , 扩大 7.88 倍。粮食作物播种面积 1949 ~ 1992 年间由 1.12 万 hm^2 增至 4.97 万 hm^2 , 扩大 3.44 倍^[38]。同时,生态环境破坏与保护并存,绿洲内部地类之间相互转化仍然剧烈。水体面积在此期间保持稳定,主要原因是艾比湖绿洲此时间段内处于相对稳定期。进入 90 年代以来,艾比湖综合治理方针的实施和北疆地区降水量的增加在一定程度上保证艾比湖的补给,博州主要河流稳定补给地表水 6 亿 m^3 左右和地下水 1 亿 m^3 , 使湖面保持在 500 km^2 左右^[39]。大量水利设施的修建也在一定程度上补充了由于部分小河流、小湖泊干涸和萎缩而引起的水域面积的减少。仅新疆生产建设兵团农五师在 1990 年至 2001 年期间就修建了水库两座,库容量增加了 $877 \times 10^4 \text{ m}^3$ ^[40,41]。此外,在耕地增加的同时,由于撂荒和不合理利用土地,或自然条件等原因也造成了小部分土地的退化直至不可耕种也是导致其他地类的面积在此期间扩大的原因。在实地调查中,研究人员还能清楚看见以往耕种的土地退化的痕迹。

(3) 在变化统计中,2001 ~ 2005 的近 4a 中,耕地、林地、水体、沙地的面积呈现出增长趋势。其中林地面积显著增长。水体面积的增加一定程度上受近几年研究区降水量增加和农业节水灌溉设备的进一步推广使得许多小河流、湖泊流量和蓄水量有一定增加。此外,艾比湖面积近年来的小幅扩张也是水体面积扩张的重要原因。由于艾比湖面积在近 50 多年来历经了迅速缩小、基本稳定、逐步增大 3 个阶段:1950 ~ 1977 年期间,湖水面积由 1070 km^2 迅速缩小到 522 km^2 , 平均每年缩小 20.3 km^2 。20 世纪 80 年代前期稳定在 500 km^2 , 进入 90 年代水面逐步增大,其中,进入新世纪的增长速度最快,从 2000 年 530 km^2 上升到 2003 年的 835 km^2 ^[40]。沙地面积的增加与艾比湖湖岸退缩后,南岸和西南岸原精河和博尔塔拉河入湖口处沉积于湖面之下的沙丘呈裸露状态,由于有水生和沙生植物生长,成为半固定沙丘,而湖北部及西北部有 500 km^2 的裸露湖床几乎全为质地很细的盐尘有一定关系。由于艾比湖位于阿拉山口下风向,阿拉山口又是新疆年大风日数最多的地区(多年平均为 164d),整个艾比湖流域风沙天气越来越频繁(表 2)。

表 2 精河气象站 1961 ~ 2000 年风沙天气日数

Table 2 The number of sandy and windy days in Jinghe country from 1961 ~ 2000

年份 Year	1961 ~ 1970	1971 ~ 1980	1981 ~ 1990	1991 ~ 2000
扬沙天数 Blown sand day(d)	8.6	27	8.4	1.9
沙尘暴天数 Sandstorm day(d)	4.1	7.3	6.1	0.4
浮尘天数 Dust day(d)	0.5	7.5	50.8	60.7
风沙总天数 Sandy day(d)	13.2	41.8	65.3	63

参考精河县城总体规划基础资料汇编(2000 ~ 2015). 2001. 1 ~ 14. Compiling the data of general planning in Jinghe County(2000 ~ 2015).

2001. 1 ~ 14

(4) 总之,1972 ~ 2005 年的 33a 中,精河县 LUCC 的总体变化趋势是绿洲面积有小幅扩张,其中人工绿洲面积扩张尤为显著,天然绿洲面积减少。各种景观面积呈现四种不同发展趋势,耕地和其他面积持续增加,林地面积先减后增,草地面积持续减少,水域、盐渍地和沙地面积先增后减,其中耕地面积变化率最快。从以上分析可以知道人类活动使精河县的土地利用/覆盖状况发生了巨大的变化,前期具体表现为研究区阶段性的人口增长,开荒力度的加大以及 20 世纪 90 年代中后期开始的退耕还林,使得耕地面积增加林地面积减少,同时由于人类活动干扰度增加且不合理灌溉和农业改良措施的不完善使得土壤沙化和盐碱化现象加剧,原有的草地被侵蚀,草场出现退化,面积减少,人类对生态环境的影响不断加大致使生态安全不断下降,给当地的生态环境保护提出了风险信号,后期盐渍地和沙地面积的减少,林地面积增加,生存环境得到改良,生态安全程度有所回升,但天然绿洲面积的减少对于生态环境的影响是不容忽视的,因地制宜,采取有限措施,防止生存环境的进一步恶化是当务之急,重中之重。

3.2.1 土地利用/覆被变化动态度分析

根据公式(1)、(2)计算研究区 7 种土地利用类型,4 个研究时段的土地利用动态度(表 3)。总的来看,

33a 来研究区土地利用变化速度较快,综合土地利用动态度达 2.23%,其中耕地的变化速度最大,年变化率达到 6.60%;其次为其他地类,年变化率为 1.50%;林地、草地、水域、盐渍地和沙地的年变化率,分别为 0.02%、-1.18%、0.63%、-0.16% 和 -0.14%。从研究时段来看,中间研究阶段的变化速度相对前后期更快,其中 2001~2005 年间的土地利用年变化率为 4.36%,1990~2001 年间的年变化率为 2.44%,1972~1990 年间的变化速度最慢,变化率只有 1.63%。

表 3 1972~2005 年间精河县土地利用动态度计算表(%)

Table 3 Land use dynamic degree in Jinghe country between 1972~2005

时间 Time	K(A)(%)	K(B)(%)	K(C)(%)	K(D)(%)	K(E)(%)	K(F)(%)	K(G)(%)	LC(%)
1972~1990	7.57	-1.29	-0.85	0.02	2.69	0.50	0.51	1.63
1990~2001	2.54	0.09	-1.96	0.13	-2.19	-1.88	3.29	2.44
2001~2005	1.28	7.51	2.00	4.64	-3.96	2.57	0.14	4.36
1972~2005	6.60	0.02	-1.18	0.63	-0.16	-0.14	1.50	2.23

不同地类在不同研究时段也表现出不同的变化速度,如图 3 所示:耕地(A)、林地(B)、草地(C)、水域(D)、盐渍地(E)、沙地(F)和其他地类(G)在 1972 年以来一直都具有较明显的变化速度,其中耕地在 1972~1990 年间变化最快,年变化率达到 7.57%;林地在 2001~2005 年间变化最快,年变化率达到 7.51%;草地在 2001~2005 年期间变化最快,年变化率达到 2.00%;水域在 2001~2005 年间变化最快,年变化率达到 4.64%;盐渍地在 1972~1990 年间变化最快,年变化率达到 2.69%;沙地在 2001~2005 年间变化最快,年变化率达到 2.57%;其他地类在 1990~2001 年间变化最快,年变化率达到了 3.29%。

3.3 景观空间格局特征分析

与土地利用/土地覆被变化相同,景观格局特征分析的关键在于合理确定绿洲景观斑块的分类体系^[42]。土地利用/土地覆被变化是景观格局变化的重要标志,因此,可应用土地利用/土地覆被分类结果进行绿洲景观格局分析,使景观变化与土地利用/土地覆被变化具有可比性,便于研究分析土地利用/土地覆被变化与景观动态变化的相互关系^[43]。同时,景观格局研究也是景观生态学的基础性核心研究领域之一。以景观几何特征为基础的景观格局分析可以有效地反映 LUCC 的空间格局^[44]。

Fragstats 3.3 可以计算 60 多种左右的景观指标,但许多指标是高度相关的^[45],因此,本文在景观类型水平上分析景观指标时,仅选择景观类型面积(CA),斑块数目(NP),类型百分比(PLAND),斑块密度(PD),边缘密度(ED),最大斑块指数(LPI),景观破碎度指数(FN),散布与并列指数(IJI),斑块结合度指数(COHESION),分离度(SPLIT)10 个指标。

在景观水平上分析景观指标时,选取景观总面积(TA),斑块密度(PD),最大斑块指数(LPI),面积加权的平均形状因子(SHAPE_AM),平均最近距离(ENN_MN),蔓延度指数(CONTAG),散布与并列指数(IJI),斑块结合度指数(COHESION),分离度(SPLIT),香农多样性指数(SHDI),香农均匀度指数(SHEI)11 个指标,计算结果见表 4,表 5。

3.3.1 类型水平上的景观格局指数分析

(1)景观面积、斑块数量和密度分析 从各斑块类型在景观总面积中所占的比例看(表 4),1972 年斑块类型草地、其他地类和林地景观总面积中所占的比例分别占到了 40.48%、25.91% 和 12.65%。其他依次

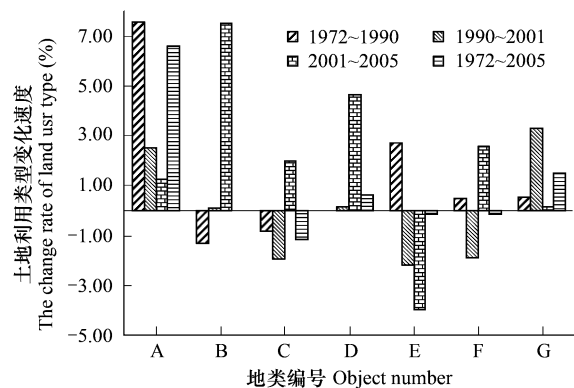


图 3 1972~2005 年间精河县土地利用类型变化速度

Fig. 3 The velocity of land use change from 1972 to 2005

表 4 1972~2005 年精河县各斑块类型水平上的景观格局指数

Table 4 Landscape indexes at class level of Jinghe oasis from 1972 to 2005

年份 Year	类型 Type	CA (hm^2)	NP	PLAND (%)	PD ($1/100\text{hm}^2$)	ED (m/hm^2)	LPI (%)	FN	IJI (%)	COHESION	SPLIT
1972	A	12857.99	1447	1.1444	0.1293	3.0032	0.0798	0.4798	74.1151	39.0399	187817.5299
	B	142437.36	951	12.6497	0.085	4.7077	0.6175	1.0108	60.4381	79.0743	8573.2608
	C	456447.92	1446	40.4843	0.1292	6.7517	1.8434	1.2999	67.745	86.6405	1567.3954
	D	57392.69	30	5.0866	0.0027	0.1647	5.3114	0.6335	54.3899	97.4442	354.4735
	E	110822.61	289	9.8443	0.0258	1.4402	2.4631	1.3377	45.8463	92.3864	1547.9682
	F	54542.22	584	4.7073	0.0522	2.5055	2.83	1.6582	49.0536	94.4886	569.7279
	G	292916.08	623	25.9134	0.0557	12.5389	19.1469	2.0779	84.6941	98.8882	14.994
1990	A	30362.62	911	2.6588	0.0813	3.9155	0.0642	1.2242	74.1353	71.6664	16776.013
	B	109392.88	679	9.7791	0.0606	5.4525	3.1191	2.9618	55.4529	93.5373	585.5107
	C	386316.25	1136	34.3012	0.1013	7.372	3.8718	3.1091	80.7635	94.1154	257.3297
	D	57599.59	110	5.1551	0.0098	0.195	4.8077	0.577	79.7372	94.1303	432.6007
	E	164432.31	589	14.621	0.0525	2.2404	9.437	1.0877	74.8402	95.3445	110.8582
	F	59353.4	376	5.4264	0.0335	2.48	1.9757	1.5409	62.2639	90.6326	1537.1654
	G	319952.29	710	28.3582	0.0633	10.9217	11.9506	2.8357	78.9457	97.6833	57.9982
2001	A	38833.6	104	3.5062	0.0099	3.8468	1.2404	2.5478	58.3568	92.4219	4942.0899
	B	110413.8	631	9.812	0.06	1.7019	0.1271	2.7337	69.0572	51.2157	150219.7691
	C	302858.16	1110	27.7273	0.1055	9.5415	5.6303	2.9752	67.7394	95.6356	144.4456
	D	58336.63	135	5.1755	0.0128	0.3671	5.1117	0.9218	68.2298	94.1632	382.6882
	E	124832.44	806	11.0664	0.0766	4.626	1.154	2.0609	50.611	86.331	2397.7689
	F	46981.27	264	4.0356	0.0251	1.5795	2.0818	1.2765	55.1268	91.9291	2048.5933
	G	435772.73	820	38.157	0.0779	8.5439	21.1916	2.6056	61.7307	98.2402	19.1091
2005	A	40839.14	1083	3.5741	0.0968	4.654	3.2073	2.3056	66.8199	88.7212	955.5026
	B	143518.56	594	12.6476	0.0531	2.1478	0.2441	2.6476	72.1104	68.5649	51944.3862
	C	278688.21	1205	24.7321	0.1077	8.0889	1.0311	3.0331	71.2191	83.6719	3701.8294
	D	68971.23	132	6.1455	0.0118	0.5436	4.4346	0.8778	75.243	93.0123	90.4428
	E	105081.25	686	9.343	0.0613	5.6803	0.349	3.4741	52.5369	70.6476	32.1222
	F	51953.42	980	4.6222	0.0876	1.2728	2.726	0.8673	38.0653	90.1078	40.6983
	G	438299.57	440	38.8755	0.0393	12.576	48.4363	3.1443	86.26	99.6633	69.2674

表 5 1972~2005 年精河县景观水平上的景观格局指数

Table 5 Landscape indexes of landscape level in Jinghe County from 1972 to 2005

年份 Year	TA (hm ²)	PD(1/100hm ²)	LPI(%)	SHAPE_AM	ENN_MN(m)	
1972	1119316.871	0.1798	19.1469	12.678	1543.84	
1990	1121209.342	0.3023	11.9506	10.1695	1487.4989	
2001	1122428.633	0.3677	21.1916	9.8923	1452.3095	
2005	1119051.391	0.4575	48.4363	9.0423	1403.213	
年份 Year	CONTAG(%)	IJI(%)	COHESION	SPLIT	SHDI	SHEI
1972	38.4248	82.0757	98.8281	13.7598	1.3965	0.6204
1990	34.0269	75.9085	97.2049	18.6712	1.4474	0.698
2001	34.8008	64.2141	96.326	25.8777	1.4944	0.768
2005	31.9659	62.968	96.4906	26.182	1.4962	0.7689

为盐渍地、水域、沙地和耕地,所占比例不足 10%。1990 年占主导地位的斑块类型是草地、其他地类、盐渍地,面积比例分别是 34.30%、28.36%、14.62%。草地面积缩小而耕地面积扩大,其余的斑块类型都较小。2001 年斑块类型其他地类、草地、盐渍地分别占到了景观总面积的 38.16%、27.72%、11.07%。其他地类比例首

次超过了草地面积比例居首位。耕地面积比例有较大比例增长。2005 年的其他地类、草地和林地的比例分别为 38.88%、24.73% 和 12.65%。草地比例继续降低,林地比例有一定幅度升高。从斑块数目看,1972 年斑块数最多的景观类型为耕地,其次为草地和林地。1990 年斑块数最多的景观类型为草地,其次为耕地。2001 年斑块数最多的景观类型为草地,其次为其他地类。2005 年斑块数最多的景观类型为草地,其次为耕地。可见,草地的斑块数目从 1972 ~ 2005 年都很显著。这完全是由于草地开荒和沙化导致草地破碎化的结果,而 1972 ~ 2001 年沙地斑块的减少则主要是由于沙漠化的加剧导致沙地斑块连片的结果。1972 ~ 2001 年耕地斑块的减少则主要是由于“退耕还林”的政策。但是到了 2005 年耕地斑块又出现了增加的趋势。究其原因一是由于耕地面积增加,新增斑块的出现,二是由于斑块破碎化的结果。从最大斑块指数(LPI)来看,1972 年,1990 年,2005 年其它地类的 LPI 都最大,其次为水域。而 2001 年其它地类的 LPI 最大,但是其次的是草地。耕地的 LPI 从 1972 年的 0.0798% 增加到 2005 年 3.2073%,说明了这段时期里耕地在该区域面积上呈增大、空间上呈连片的趋势;而草地的 LPI 虽然有增大的趋势,但是最终还是从 1972 年的 1.8434% 降低到了 1.0311%,表明精河县大面积的连片草地面积上在缩小、空间上被分割。

(2)分离度分析 散布与并列指数(IJI)是描述景观分离度的指数之一,其取值越小,说明与该景观类型相邻的其它类型越少,当 $IJI = 100$ 时,说明该类型与其它所有类型完全、等量相邻。1972 年的 IJI 指数排序为其他地类 > 耕地 > 草地 > 林地 > 水域 > 沙地 > 盐渍地,说明其他地类、耕地的分布聚集度高,彼此邻近,IJI 值较高。而盐渍地由于受人类活动的影响,分布很有规律,与之邻接的斑块类型基本上受人类活动的影响,IJI 值最小。自然斑块类型草地、林地、水域、沙地与其他斑块类型的邻接少,受自然条件的制约。而从分离度(SPLIT)来看,耕地、林地的分离度较大。1990 年的 IJI 指数排序为草地 > 水域 > 其他地类 > 盐渍地 > 耕地 > 沙地 > 林地。耕地和沙地的分离度较大。2001 年的 IJI 指数排序为林地 > 水域 > 草地 > 其他地类 > 耕地 > 沙地 > 盐渍地。说明林地、水域的分布聚集度高,彼此邻近,IJI 值较高。而盐渍地由于受人类活动的影响,分布较为分散,IJI 值最小。耕地和林地的分离度较大。2005 年的 IJI 指数排序为其他地类 > 水域 > 林地 > 草地 > 耕地 > 盐渍地 > 沙地。林地和草地的分离度较大。

(3)连接性分析 斑块结合度指数 COHESION 是对各斑块类型的物理连通性的描述。从 1972 年到 2005 年,其它地类的 COHESION 都最高,接近 100,说明该地类一直是精河县的最主要的景观类型,连通性最好。而 1972 年,1990 年耕地的 COHESION 最低,说明耕地的分布相对分散,空间连接性较低。2001 年,2005 年林地的 COHESION 最低,说明林地的分布相对分散,空间连接性较低。

(4)生境破碎化分析 主要从各斑块类型的破碎化指数体现,四个时段的斑块类型中生态环境破碎化比较严重的有 2005 年的盐渍地和其他地类,2001 年的草地,1990 年的草地,1972 年的其他地类。2005 年,除了沙地斑块破碎化指数较低之外其他类型斑块破碎化整体偏大。这是由于沙地在此时间段内受人类活动影响较大,零星分布的沙地得到一定的治理和改良,破碎化程度变小。1972 年则与 2005 年相反,总体上班块破碎度低,而沙地破碎度很高。1990 年各景观类型破碎度差别较大,2001 年趋于平稳。各景观类型斑块数有增大趋势,斑块密度减小,从另一个方面说明研究区景观趋于复杂。

3.3.2 景观水平上的景观格局指数分析

FRAGTATS 水平景观格局的指数变化(表 5)。可以看出,整个景观的密度持续增大,最大斑块指数先减小后增大,面积加权形状指数减小,形状趋于规则;斑块间的最邻近距离减小,景观中不同斑块类型的团聚、延伸程度减小,表明 1972 年时景观中的优势斑块类型(主要是其他地类)的连接性较 2005 年好,逐渐向具有多种要素的密集格局演变,景观更加破碎。同时,不同斑块间的分离度增大,也说明景观破碎化程度加深。多样性指数是土地利用类型的多样性和复杂性的度量,多样性指数的高低反映了土地利用类型的多少以及各类型所占比例的变化。均度指数描述不同的土地利用类型分配的均匀程度。33a 内景观的多样性指数和均度指数分别由 1.3965 和 0.6204 增加到 1.4962 和 0.7689,说明该区的景观异质性在增大,景观类型有向多元化方向发展的趋势,区域景观格局愈来愈受多数斑块所控制。同时还可以看出,景观的多样性增加,且均度增强。

景观多样性及破碎化程度增加,也反映了土地利用越来越丰富,蔓延度指数反映景观中不同斑块类型的非随机性或聚集程度。取值范围 $0 < \text{CONTAG} < 100$ 。当景观类型中以少数大斑块为主或同一类型斑块高度连接时,聚集度值较大,反之较小。精河县绿洲蔓延度由 1972 年的 38.4248 减少到 2005 年的 31.9659,变化幅度较大。表明精河县绿洲景观聚集度适中且小斑块数量有所增加,空间连接性下降,空间分布趋向稳定。精河县地区景观总体特征的这些变化显然是人类对景观干扰不断加强的结果,特别是景观的破碎化与斑块形状的简单化,因为在短短的近 33a 间,自然条件的变化是比较微小的。景观格局特征具有尺度效应,不同研究幅度所观察到的景观格局特征不同,上述研究以精河县为研究范围,即包括绿洲,也包括绿洲的背景基质—荒漠。分析其原因,在 1972~2005 年期间,人类活动作用于景观斑块的同时,廊道景观也发生了显著的改变,虽然本次解译未将道路、防护林网等廊道单独划出,但绿洲内部高速公路、铁路等交通设施的建设日益完备,且与河流水系、干渠廊道相交,改变了整个绿洲的物质流、能量流和信息流网络体系结构,从而改变了绿洲斑块的格局,使得景观破碎度增加、多样性增加等。在绿洲内部,斑块形状的复杂性随着农业化水平的提高而降低,使得斑块间的连通行增强,但同时绿洲不断向边缘扩张,耕地面积不断增大,使得绿洲景观的形状的复杂性和不规则性增加,斑块数增加且破碎度增加。在绿洲发育过程中,伴随着这两种过程,景观格局也会出现相应的变化,目前精河绿洲以外扩张为主,荒漠类型所占比例减小。

4 结论与讨论

首先通过对研究区近 33a 来的 4 个时段遥感影像进行了 4 个时期动态变化分析,在此基础上进行精河县 LUCC 动态度的分析计算。其次,利用研究区分类影像对研究区景观格局进行分析,通过景观统计软件 Fragstats 3.3 计算出研究区景观分析必须的 21 项关键指标。在基于景观异质性原理、尺度效应和自然等级理论原理的基础上进行研究区类型水平的景观格局变化分析和景观水平的景观格局变化分析。通过资料处理及分析,得到新疆精河县土地利用/土地覆被和景观格局特征的总体变化。

(1) 1972~2005 年的 33a 中,精河县 LUCC 的总体变化趋势是绿洲面积有小幅扩张,其中人工绿洲面积扩张尤为显著,天然绿洲面积减少。在地类上主要表现为耕地和人工林面积的持续增加的同时天然草地面积的骤减。研究区水域面积的变化受艾比湖湖面面积的变化影响较大,变化不显著。盐渍地面积的变化经历了先扩张后减小的一个过程。1990 年达到最大值,但到 2005 年面积又有很大程度减少。其他地类的面积始终呈增加趋势且发生面积转移的概率始终较高。33a 来研究区土地利用变化速度较快,综合土地利用动态度达 2.23%,其中耕地的变化速度最大。从研究时段来看,中间研究阶段的变化速度相对前后期更快。其他地类所占的比例较大,占着主导地位。1972~2005 年,部分其他地类中的未利用地被耕地和城乡居民地替代,从而使耕地面积增大。由于人类的开发活动,草地面积减少,林地面积呈增大趋势。

(2) 景观在各个研究时段的也发生显著变化。总的来说,整个研究区景观的密度持续增大,最大斑块指数先减小后增大,面积加权形状指数减小,形状趋于规则;斑块间的最邻近距离减小;景观中不同斑块类型的团聚、延伸程度减小,表明 1972 年时景观中的优势斑块类型的连接性较 2005 年好,逐渐向具有多种要素的密集格局演变,景观更加破碎。同时景观破碎化和多样性程度加深,均度增强,土地利用越来越丰富。

不仅如此,作者在今后也要考虑开展土地利用变化对精河县地区的流域径流、生态系统服务价值、产业结构变化及对土壤侵蚀等一系列影响的研究。实践证明,以遥感和 GIS 作为信息获取和处理的技术手段,将景观生态学理论与方法和传统土地利用变化研究方法结合起来,用景观格局指数量化表达区域土地利用的变化特征,不仅可以快速对区域土地利用特征进行定性理解和定量分析,也能够提高预测未来土地变化方向的能力,为今后开展土地变化的多尺度研究提供借鉴经验和数据积累,其研究结果还能为政府管理部门提供多角度而且更全面的数据支持和决策依据。

References:

- [1] Jia B Q. Approach to some theoretical problems on oasis landscape. *Arid Land Geography*, 1996, 19(3): 58—65.
- [2] Fang C L. Dynamic simulation and sustainable ecological measures of oasis ecosystem in Hexizoulang. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(4): 389—

- 396.
- [3] Song D M, Xiao D N, Zhang Z C, *et al.* Landscape changes of Minqin oasis in Gansu Province and its driving force. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003,14(4):535—539.
- [4] Guo M, Xiao D N, Li X. Changes of landscape pattern between 1986 and 2000 in Jiuquan oasis, Heihe River Basin. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(2):457—466.
- [5] Li X Y, Zhang F Xiao D N. Comparison on landscape dynamics of Wuwei Oasis and Minqin Oasis in middle and lower reaches of Shiyang River Watershed. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004,18(5):151—154,162,178.
- [6] Ma M G, Wang X M, Jiao Y M, *et al.* Study on the change of landscape pattern of oasis in arid region based on RS and GIS methods-application of Jinta Oasis. *Journal of Desert Research*, 2003,23(1):53—58.
- [7] Tashpolat T, Xiong H G, Ding J L, *et al.* Arid Environment Change Based On Remote Sensing. Xinjiang: Xinjiang University Press, 2001, 109—112.
- [8] Fu X F. A study on the oasis coordinating development of economy and environment in arid zone. *Journal of Desert Research*, 2000, 20(2):197—200.
- [9] Turner B L II, Clark W C, Kates R W, *et al.* The earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [10] Zhang H, Zhang B, Peter V. The future variations of land use and land coverage in arid regions, modeled in three scenarios of water resources. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2007, 29(3):397—405.
- [11] Turner B L II, Skole D, Sanderson S, *et al.* Land use and land cover change. Science/research plan. HDP Report 7/IGBP Report 35, Stockholm and Geneva: IGBP and HDP, 1995.
- [12] Zhang Y, Liu G M, Ma H Y, *et al.* Changing characteristics of land-use and land-cover in the Heihe River Basin, China during 1987—2000. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, 26(6):740—746.
- [13] Wang J P, Yeu D P, Liu Y B, *et al.* Landscape processing response analysis on the land use change in northwest of Beijing based on RS and GIS technologies. *Journal of Beijing Forestry University*, 2007, 29 (Supp. 2): 174—180.
- [14] Yin C Y, Luo G P, Lu L, *et al.* Characteristics of landscape patterns of land use change in arid areas: a case study of oasis at the Baiyang River Watershed in Xinjiang. *Arid Land Geography*, 2008, 31(1):67—74.
- [15] Meng J J, Wu X Q, Li Z G. Land use/cover changes and its landscape ecological effects in the middle western Hexi Corridor: A case study of Suzhou oases. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(11):2535—2541.
- [16] Chen W B, Xiao D N, Li X Z. The characteristics and contents of landscape spatial analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(7):1135—1142.
- [17] Cushman S A, David O. Rates and patterns of landscape change in the Central Sikhote-alin Mountains, Russian Far East. *Landscape Ecol*, 2000, 15: 643—659.
- [18] Jiang Y, Gao Q Z, He L H, *et al.* Landscape structure of the farming-pastoral zone based on Landsat TM Data — A case study of Xinhe County Inner Mongolia. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(4):403—408.
- [19] Pan D Y, Domon G, de Blois S, *et al.* Temporal (1958 ~ 1993) and spatial patterns of land use changes in Haut - Saint -Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes. *Landscape Ecol*, 1999, 14: 35—52.
- [20] Wang G X, Cheng G D. The spatial pattern analysis of landscape in arid inland river basin. *Journal of Lanzhou University (Natural Science)*, 1999, 35(1):211—217.
- [21] Zhang Q J, Fu B J, Chen L D. Several problems about landscape pattern change research. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(3):264—270.
- [22] Cao Y, Ou Y H, Xiao D N, *et al.* Landscape change and its eco-environmental effects in Ejina natural oasis. *Geographical Research*, 2005, 24(1): 130—139.
- [23] Wang G X, Liu J Q, Chen L. Comparison of spatial diversity of land use changes and the impacts on two typical areas of Heihe River Basin. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(4):339—348.
- [24] Li X Y, Wu K T, Xiao D N. Studies on the landscape dynamics of the Shiyang River Watershed and its typical oases. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, 26(6):747—753.
- [25] Li Y L, Qao M, Yang X L, *et al.* Fractal characteristics of land use and land cover change in a watershed of arid zone in last 30 years: A case of the Manas River Watershed. *Arid Land Geography*, 2008, 31(1):75—81.
- [26] Ma M G, Cao Y, Cheng G D. Oasis corridor landscape in arid regions: a case study of Jinta Oasis. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(12):1624—1628.
- [27] Li H L, Xiao D N, Wang Q B, *et al.* Landscape changes of typical agricultural oasis in arid regions and its driving factors. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9):1878—1883.

- [28] Lu L, Cheng G D and Li X. Landscape change in middle Heihe River Basin. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(1): 68—74.
- [29] Jiao Y M, Xiao D N. Spatial neighboring characteristics among patch types in oasis and its ecological security. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(1): 31—35.
- [30] Zhang X W, Zhang J B. *Handbook on Xinjiang Meteorological*. Beijing: Meteorological Press, 2006. 187—188.
- [31] Zhang S W, Tang N Q. Land use-cover change (LUCC) research present situation and outlook. *Subtropical Agriculture Research*, 2006, 2(3): 221—225.
- [32] Chang X L, Wu J G. Spatial Analysis of Pattern of Sandy Landscapes in Kerqin, Innermongolia. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(3): 225—232.
- [33] David H. Populations on fragmented landscapes with spatially structured heterogeneities: landscape generation and local dispersal. *Ecology*, 2000, 81(16): 1629—1641.
- [34] Wu J G. *Landscape ecology-pattern, process, scale and grade*. Beijing: Higher Education Press, 2000. 11.
- [35] Hu Y C, Liu Y S, Deng X S. Relativity Analysis on Land Use and Land Cover Change and Optimal Allocation of Land Resources. *Progress in Geography*, 2004, 23(2): 51—57.
- [36] Wang B C, Tashpolat Tiyp, Zhang F, *et al.* A study on change of the Ebinur Lake Oasis in recent thirty years based on digital RS images. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2007, 27(2): 107—118.
- [37] Wahap H, Hamid Y, Tashpolat T. Tendency and driving forces of cultivated land use change in Qira oases: the case of Qira Oases in south of Tarim Basin. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(4): 608—614.
- [38] Shen Y C, Run J W, Wu G H, *et al.* Oases in China. Kaifeng: Henan University Press, 2001. 297—300.
- [39] Gao X, Hang Z L. A preliminary study on the relationship between the environment depravation and the dwindling in the Aibi lake area. *Journal of Xinjiang Normal University*, 2006, 25(1): 83—86.
- [40] The editor committee of statistical yearbook in Xinjiang Corps. *Statistical yearbook of Xinjiang Corps in 1991*. Beijing: China Statistics Press, 1991. 105—107.
- [41] The editor committee of statistical yearbook in Xinjiang Corps. *Statistical yearbook of Xinjiang Corps in 2001*. Beijing: China Statistics Press, 2001. 124—125.
- [42] Peng J, Wang Y L, Zhang Y, *et al.* Research on the influence of land use classification on landscape metrics. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(2): 157—168.
- [43] Luo G P, CHEN X G, Wang T, *et al.* Preliminary analysis on the visualized simulation of land use/land cover change in typical oases. *Arid Land Geography*, 2005, 28(1): 45—51.
- [44] Liu J H, Gao J X, Geng B, *et al.* Study on the Dynamic change of land use and landscape pattern in the farming-pastoral region of Northern China. *Research of Environmental Sciences*, 2007, 20(5): 148—154.
- [45] Wu B, Ci L J. Temporal and spatial patterns of landscape in the Mu Us Sandland, Northern China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(2): 191—196.

参考文献:

- [1] 贾宝全. 绿洲景观若干理论问题的探讨. *干旱区地理*, 1996, 19(3): 58—65.
- [2] 方创琳. 河西走廊绿洲生态系统的动态模拟研究. *生态学报*, 1996, 389—396.
- [3] 宋冬梅, 肖笃宁, 张志城, 等. 甘肃民勤绿洲的景观格局变化及驱动力分析. *应用生态学报*, 2003, 14(4): 535—539.
- [4] 郭明, 肖笃宁, 李新. 黑河流域酒泉绿洲景观生态安全格局分析. *生态学报*, 2006, 26(2): 457—466.
- [5] 李小玉, 张峰, 肖笃宁. 石羊河流域中、下游绿洲景观动态变化的比较研究. *水土保持学报*, 2004, 18(5): 151—154, 162, 178.
- [6] 马明国, 王雪梅, 角媛梅, 等. 基于 RS 与 GIS 的干旱区绿洲景观格局变化研究——以金塔绿洲为例. *中国沙漠*, 2003, 23(1): 53—58.
- [7] 塔西甫拉提·特依拜, 熊黑刚, 丁建丽, 等. 干旱区环境演变遥感研究. 新疆: 新疆大学出版社, 2001. 109—112.
- [8] 傅小峰. 干旱区绿洲发展与环境协调研究. *中国沙漠*, 2000, 20(2): 197—200.
- [10] 张华, 张勃, Peter V. 不同水资源情景下干旱区未来土地利用/覆盖变化模拟——以黑河中游张掖市为例. *冰川冻土*, 2007, 29(3): 397—405.
- [12] 张钰, 刘桂民, 马海燕, 等. 黑河流域土地利用与覆被变化特征. *冰川冻土*, 2004, 26(6): 740—746.
- [13] 王计平, 岳德鹏, 刘永兵, 等. 基于 RS 和 GIS 技术的京郊西北地区土地利用变化的景观过程响应. *北京林业大学学报*, 2007, 29(增刊2): 174—180.
- [14] 尹昌应, 罗格平, 鲁蕾, 等. 内陆干旱区土地利用变化的景观格局特征分析——以新疆白杨河流域为例. *干旱区地理*, 2008, 31(1): 67—74.
- [15] 蒙古军, 吴秀芹, 李正国. 河西走廊土地利用/覆盖变化的景观生态效——以肃州绿洲为例. *生态学报*, 2004, 24(11): 2535—2541.
- [16] 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观空间分析的特征和主要内容. *生态学报*, 2002, 22(7): 1135—1142.

- [18] 江源, 高清竹, 何立环, 等. 基于 Landsat-TM 数据的农牧交错带景观结构研究——以内蒙古自治区兴和县为例. 应用生态报, 2002, 13(4): 403 ~ 408.
- [20] 王根绪, 程国栋. 干旱内陆河流域景观生态的空间格局分析. 兰州大学学报(自然科学版), 1999, 35(1): 211 ~ 217.
- [21] 张秋菊, 傅伯杰, 陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题. 地理科学, 2003, 23(3): 264 ~ 270.
- [22] 曹宇, 欧阳华, 肖笃宁, 等. 额济纳天然绿洲景观变化及其生态环境效应. 地理研究, 2005, 24(1): 130 ~ 139.
- [23] 王根绪, 刘进其, 陈玲. 黑河流域典型区土地利用格局变化及影响比较. 地理学报, 2006, 61(4): 339 ~ 348.
- [24] 李小玉, 武开拓, 肖笃宁. 石羊河流域及其典型绿洲景观动态变化研究. 冰川冻土, 2004, 26(6): 747 ~ 753.
- [25] 李义玲, 乔木, 杨小林, 等. 干旱区典型流域近 30 年土地利用/土地覆被变化的分形特征分析——以玛纳斯河流域为例. 干旱区地理, 2008, 31(1): 75 ~ 81.
- [26] 马明国, 曹宇, 程国栋. 干旱区绿洲廊道景观研究——以金塔绿洲为例. 应用生态学报, 2002, 13(12): 1624 ~ 1628.
- [27] 李华蕾, 肖笃宁, 王秋兵, 等. 干旱区典型农业绿洲的景观变化与原因分析. 生态学报, 2004, 24(9): 1878 ~ 1883.
- [28] 卢玲, 程国栋, 李新. 黑河流域中游地区景观变化研究. 应用生态学报, 2001, 12(1): 68 ~ 74.
- [29] 角媛梅, 肖笃宁. 绿洲景观空间邻接特征与生态安全分析. 应用生态学报, 2004, 15(1): 31 ~ 35.
- [30] 张学文, 张家宝. 新疆气象手册. 北京: 气象出版社, 2006. 187 ~ 188.
- [31] 张世文, 唐南奇. 土地利用/土地覆被变化(LUCC)研究现状与展望. 亚热带农业研究, 2006, 2(3): 221 ~ 225.
- [32] 常学礼, 邬建国. 科尔沁沙地景观格局特征分析. 生态学报, 1998, 18(3): 225 ~ 232.
- [34] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000. 11.
- [35] 胡业翠, 刘彦随, 邓旭升. 土地利用/覆被变化与土地资源优化配置的相关分析. 地理科学进展, 2004, 23(2): 51 ~ 57.
- [36] 王伯超, 塔西甫拉提·特依拜, 张飞, 等. 基于数字遥感图像的艾比湖绿洲近 30 年动态变化研究. 水土保持通报, 2007, 27(2): 107 ~ 118.
- [37] 瓦哈甫·哈力克, 海米提·依米提, 塔西甫拉提·特依拜, 等. 绿洲耕地变化趋势及其驱动力——以策勒绿洲为例. 地理学报, 2004, 59(4): 608 ~ 614.
- [38] 申元村, 润久文, 伍光和, 等. 中国绿洲. 开封: 河南大学出版社, 2001. 297 ~ 300.
- [39] 高翔, 黄宗亮. 艾比湖湖面萎缩与流域生态环境恶化之间的关系. 新疆师范大学学报, 2006, 25(1): 83 ~ 86.
- [40] 新疆兵团统计年鉴编辑委员会. 新疆兵团 1991 年统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 1991. 105 ~ 107.
- [41] 新疆兵团统计年鉴编辑委员会. 新疆兵团 2001 年统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2001. 124 ~ 125.
- [42] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 土地利用分类对景观格局指数的影响. 地理学报, 2006, 61(2): 157 ~ 168.
- [43] 罗格平, 陈小钢, 王涛, 等. 典型绿洲土地利用/土地覆被变化的可视化模拟初步分析. 干旱区地理, 2005, 28(1): 45 ~ 51.
- [44] 刘军会, 高吉喜, 耿斌, 等. 北方农牧交错带土地利用及景观格局变化特征. 环境科学研究, 2007, 20(5): 148 ~ 154.
- [45] 吴波, 慈龙骏. 毛乌素沙地景观格局变化研究. 生态学报, 2001, 21(2): 191 ~ 196.