

基于遥感的乌鲁木齐市景观格局演变分析

玉苏普江·艾麦提<sup>1,3</sup>, 阿里木江·卡斯木<sup>1,2\*</sup>, 艾克拜尔·买提尼牙孜<sup>1</sup>

(1. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆师范大学 新疆城镇化发展研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830054; 3. 日本千叶大学环境遥感中心(CEReS), 日本 千叶 263-8522)

**摘 要:**以 1990、1999 和 2010 年的 3 期 Landsat TM/ETM 影像及数字高程图像(DEM)为数据源,综合利用 RS、GIS 技术与景观生态学的理论和研究方法,对乌鲁木齐市近 20 a 间的景观格局变化及其各景观类型空间转化特点进行了分析。结果表明:随着时间的推移,研究区的景观格局发生了较大的变化,其建设用地和林地的增加及未利用地的减少较为明显,其他植被有减少的趋势,水体面积有所增加;城市景观类型转移变化上,5 种景观类型相互之间转化频繁,其他植被和未利用地主要转化为建设用地。因地形条件的制约,城市以“T”字形轴向式扩展显著,各景观类型发生转换的空间主要位于城市的西北和东北地区。在景观类型水平上,建设用地景观的优势度增强、边界越来越复杂和聚集度呈增长;其他植被优势度下降,破碎化程度增加;水体景观形状较为规则,破碎化程度降低;未利用地破碎化程度加强,优势度和聚集程度下降。在景观水平上,城市景观整体破碎化程度增加,形状趋于复杂,景观异质性增强,表现出多样化和均匀化的发展趋势。

**关键词:**城市景观;景观格局演变;景观空间结构;乌鲁木齐市

**中图分类号:**S771.8      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2015)02-0172-08

Landscape Dynamic Change Analysis of Urumqi Based on Remote Sensing

YUSUPUJIANG Aimaiti<sup>1,3</sup>, ALIMUJIANG Kasimu<sup>1,2,\*</sup>, AKBAR Matniyaz<sup>1</sup>

(1. Institute of Geographical Sciences, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054; 2. Center of Xinjiang urbanization development study, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China; 3. Center for Environmental Remote Sensing (CEReS), Chiba University, Chiba 263-8522, Japan)

**Abstract:** Using three Landsat TM/ETM images of Urumqi, acquired in 1990, 1999, and 2010, and DEM image, landscape pattern dynamic changes and spatial conversion features in Urumqi during last 20 years were investigated guided by by remote sensing, geographical information system and the landscape ecological theory. The results showed that, during the whole period, landscape pattern of the study area had changed a lot. The increase of construction land and forest land, the decrease of unused land were significant, other vegetations were tended to decrease. Water land increased slightly. Transformations frequently occurred among 5 landscape types. Vegetations other than forest mainly changed to construction land. Because of the limitation of topographic conditions, the city expanded significantly in "T" axial type. The space of each landscape type conversion mainly occurred in the northwest and northeast regions of the city. On the level of landscape types, landscape dominance of construction land increased, boundary was more and more complicated, and the polymerization degree increased. Other vegetation landscape dominance index decreased, fragmentation degree increased. Landscape shape of water was inerratic, fragmentation de-

收稿日期:2014-09-25    修回日期:2014-12-09

基金项目:国家自然科学基金项目(41361043);教育部人文社会科学研究一般项目(11YJCZH001);新疆维吾尔自治区人文社会科学青年基金项目(12BJY015);新疆师范大学地理学博士点支撑学科开放课题基金项目(XJNU-DL-201401)。

作者简介:玉苏普江·艾麦提,男,硕士,研究方向:遥感与环境资源研究。E-mail:yusup11@163.com

\*通信作者:阿里木江·卡斯木,男,博士,副教授,研究方向:环境遥感监测与应用研究。E-mail:alimkasim@gmail.com

gree decreased. Unused land's fragmentation degree, advantage degree and aggregation degree declined. On landscape level, the whole city landscape fragmentation degree increased, landscape shape tended to be more complicated, landscape heterogeneity enhanced, indicating the city landscapes development trends to be homogenization and diversity.

**Key words:** urban landscape; landscape evolution; landscape spatial pattern; Urumqi

城市是由住宅、商务、绿地、工业、河流和街道等各种斑块、廊道和基质镶嵌而成的,满足人类生产、生活和服务功能的人工景观所构成的生态系统。景观格局是大小和形状不一的相互作用的景观斑块在空间上的配置,是各种生态过程在不同尺度上作用的结果<sup>[1]</sup>,景观格局深深地影响并决定着各种生态过程,也直接影响到景观内物种的丰度、分布及种群的生存能力及抗干扰能力,因而景观格局分析是探讨景观格局和生态过程相互关系的基础<sup>[2]</sup>。在分析景观格局时,景观类型分布图是分析的基础空间数据,而遥感技术可快速获取大量空间数据、大范围地提取地表覆盖信息,是景观格局分析获得基础数据的主要手段<sup>[3-7]</sup>。

位于干旱区的乌鲁木齐市自新中国成立以来尤其是近 20 a 来经济迅猛发展,城市化进程不断加快,土地利用在深度和广度方面发生着显著的变化,由此引起的城市生态环境问题愈发突出,严重威胁着绿洲的可持续发展<sup>[8]</sup>。对此我国学者用不同的方法和不同的角度进行了一系列研究,比如张新焕等人利用统计数据和规划图件,从宏观与微观两个层次来研究了乌鲁木齐城市近 50 a 用地动态扩张及其机制<sup>[9]</sup>;马勇刚等人利用遥感图像对研究区 1987 年与 1997 年的热岛效应分布特征进行对比分析<sup>[10]</sup>;姚远等人以乌鲁木齐市社会经济和土地利用统计资料为依据,开展了乌鲁木齐市近 10 a 的土地利用变化的人文驱动力研究<sup>[11]</sup>;丽扎等人利用遥感影像分析了近 10 a 城市建设用地空间分布的动态变化特征<sup>[12]</sup>。这些研究在一定的程度上解释了乌鲁木齐市城市化过程的一些问题,但是对城市景观格局和各景观类型的空间转化方面的分析不足。因此,本文以 1990—2010 年的 3 期遥感影像为数据源,综合利用 RS、GIS 技术与景观生态学的理论和研究方法,对乌鲁木齐市近 20 a 间的景观格局变化及其各景观类型空间转化特点进行了分析,旨在解释城市景观格局的变化过程和特点,为乌鲁木齐市城市景观生态规划与区域生态管理提供一定的参考依据。

## 1 研究区概况

乌鲁木齐市位于新疆维吾尔自治区北部,天山

中段北麓、准噶尔盆地南缘,介于  $86^{\circ}37'33''$ — $88^{\circ}58'24''$ E、 $42^{\circ}45'42''$ — $44^{\circ}08'00''$ N 之间,市区三面环山,南部为天山山区,中部为断陷谷地,北部为低山河谷及洪积扇绿洲。地势东南高、西北低,起伏悬殊,兼具山地城市和平原城市的特点<sup>[13]</sup>。2008 年乌鲁木齐市面积为 113 万  $\text{hm}^2$ ,山地面积约占总面积 50% 以上,主要土地利用类型以耕地、牧草地、林地和居民点及工矿用地为主。平均海拔 800 m,属中温带半干旱大陆性气候,寒暑变化明显,昼夜温差较大。作为亚洲大陆典型的干旱区绿洲城市,生态环境极其脆弱。乌鲁木齐是新疆政治、经济、文化的中心,有着特殊的地缘和区位优势,是连接天山南北,沟通新疆与内地的交通枢纽。

## 2 数据与研究方法

### 2.1 数据来源及预处理

本文采用的数据主要有 1990 年 8 月 6 日、1999 年 8 月 23 日获取的 Landsat TM 和 2010 年 8 月 21 日获取的 Landsat7 ETM+(缝隙数据)3 期遥感影像数据,轨道号 142/30,数据选择云量低于 10% 的无云影像,质量较好,满足应用要求。首先需要对有缝隙的 Landsat7 ETM+ 进行修复,本文通过利用美国 Terrainmap Earth Imaging LLC 开发的遥感影像处理软件 CPANCROMA 软件([www.terrainmap.com](http://www.terrainmap.com))平台进行缝隙恢复工作。其原理是:先对图像进行辐射纠正,然后参考影像(需要修复的 Landsat-7 ETM+ 影像)和没有缝隙的 TM 或 2003 年 5 月 31 日之前获取的 ETM+ 影像必须完全匹配的条件下通过遥感影像处理软件 CPANCROMA 软件平台,运用 Hayes 方法,从没有缝隙的 TM 或 2003 年 5 月 31 日之前获取的 ETM+ 影像中提取对应像元值来填充 Landsat-7 ETM+ SLC-off 图像中对应位置丢失的数据。本文对 2010 年的 Landsat-7 ETM+ 图像利用 Hayes 方法进行缝隙恢复工作,并进行平移锐化处理,得到很好的效果。其次在遥感图像处理软件 ENVI 5.0 的支持下,以有精确地理坐标的 ALOS/AVNIR 卫星遥感数据为基准,对 2010 年的 Landsat7 ETM+ 影像图做辐射纠正和几何校正,其他 Landsat TM 影像均以校正好的 2010 年 Landsat TM 影像为基准进行影像间的配

准和对比校正,精度控制在半个像元内,最后进行研究区裁剪、线性拉伸和滤波等处理。

2.2 城市景观类型的分类

城市景观类型的划分是遥感影像信息提取与分类和城市景观格局分析等一系列工作的基础。一般在不同地理环境背景下,对城市景观的理解与分类有所不同。依据研究区的土地覆被的自然属性和建设规划的特点,将 11 个土地利用类型合并为绿地、建设用地、水体、未利用地等 4 个一级利用单元(表 1)<sup>[14]</sup>。其中建设用地、林地(园地和林地)、其他植被(耕地和草地)水体和未利用地等作为本研究的主要景观类型。

在 Envi5.0 软件中,对 3 期遥感影像结合 DEM 数据,以野外调查和高分辨率 ALOS/AVNIR-2 图像

为分析不同地物的光谱特性的依据,通过计算机自动解译和人工目视解译相结合的方法,对乌鲁木齐市的主要景观类型进行分类,并进行分类结果评价,总体分类精度分别达到了 89.58%、91.42%、93.27%,基本满足精度要求。最终达到精度要求的乌鲁木齐市景观类型分布的栅格图像导入 ArcGIS 制作成乌鲁木齐市不同时期的景观类型分布图(图 1)。

表 1 乌鲁木齐市土地利用程度分级表

Table 1 The grades of Land use classification of Urumqi

一级土地利用类型		二级土地利用类型		
建设用地	城镇	工矿	交通用地	居民点
绿地	林地	草地	耕地	园地
水体	湖泊	水库	坑塘	河渠
未利用地	山体	裸土地	裸岩石砾地	

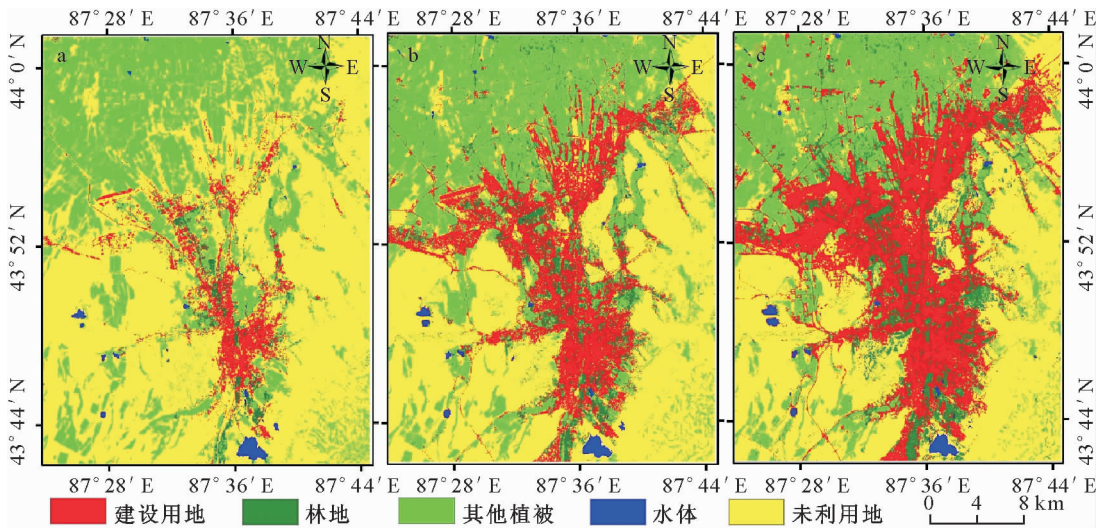


图 1 乌鲁木齐市 1990,1999 和 2010 年景观类型分布  
Fig. 1 Distribution map of landscape type in Urumqi in 1990,1999 and 2010

2.3 景观格局空间转化

1)同一斑块类型间的空间转化。动态度(K)是反映区域一定时间范围内某一种景观类型面积的变化程度和速率<sup>[15]</sup>,计算公式为:

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

式中:K 为研究期内某一土地利用类型动态变化率;U<sub>a</sub>、U<sub>b</sub> 分别为研究期初与期末时该土地利用类型的面积;T 为研究时长。

2)不同斑块类型间的空间转化。转移矩阵能够揭示不同类型景观斑块之间转化过程的细节特点,可较具体、全面地刻画出研究区各景观类型变化的结构特征与变化方向<sup>[16-17]</sup>。本文对研究区 1990—2010 年三期遥感影像分类图,利用 ENVI 5.0 的 Change detection statistics 模块,获得 1990—2010 年景观类型转移矩阵,同时利用 ArcGIS10.0 平台

Arc Toolbox 工具下的 overlay 命令,对 1990—1999、1999—2010、1990—2010 年的景观类型分布图进行空间叠加,制作各时段的空间位置变化图(图 3)。

2.4 景观格局指数的选取和计算

景观空间格局变化的定量分析可以通过景观格局特征指标的变化反映。景观特征指标是指能够高度反映景观格局信息以及其结构组成和空间特征的定量指标<sup>[18]</sup>。针对乌鲁木齐市景观的特点,选取了多个景观指数,包括斑块个数(NP)、(散布与并列指数(IJI)、优势度指数(PLAND)、最大斑块指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、斑块密度(PD)、边缘密度(ED)、聚集度(AI)、景观蔓延度(CONTAG)、斑块结合度指数(COHESION)、Shannon 多样性指数(SHDI)和均匀度指数(SHEI)景观分裂指数(DIVISION)等指标<sup>[19-23]</sup>,并利用景观指数统计软

件 FRAGSTATS 结合 Excel 软件进行计算。

3 结果与分析

3.1 景观构成与变化分析

3.1.1 景观斑块面积的变化 从表 2 中可以看出,近 20 a 来乌鲁木齐市景观构成变化较大,1990 年未利用地面积 609.86 km<sup>2</sup>,占景观面积的 61.84%,在各景观类型中面积比例最大,可以认为是景观的基质。2010 年未利用地面积 394.19 km<sup>2</sup>,比 1990 年减少了 215.67 km<sup>2</sup>,占景观面积的 39.97%,大于其他景观的面积,仍然是景观的基质。1990—2010 年林地的面积呈增加的趋势,由 1990 年的 21.14 km<sup>2</sup> 增加到 2010 年的 113.36 km<sup>2</sup>,其他植被由 1990 年的 292.14 km<sup>2</sup> 减少到 2010 年的 220.10 km<sup>2</sup>。与其他植被变化特征相反,城市建设用地不断的增加,由 1990 年的 57.58 km<sup>2</sup> 增加到 2010 年的 251.83 km<sup>2</sup>,所占的景观面积比例由 1990 年的 5.84% 增加到 2010 年的 25.53%,主要原因是随着城市的快速发展,乌鲁木齐市人口和经济的不断增长,客观上需要更多的城市用地,使得乌鲁木齐市周边的一些耕地、草地和裸地转化为城市建设用地,使城市建设用地不断增加。水体面积有所增加,但整个景观面积中所占的比例不到 1%,景观面积的变化不太明显。

表 2 不同时期景观类型面积特征

Table 2 Area characteristics of landscape types in different periods km<sup>2</sup>

类型	年份					
	1990	(%)	1999	(%)	2010	(%)
建设用地	57.58	5.84	167.64	16.99	251.83	25.53
林地	21.14	2.14	74.45	7.55	113.36	11.50
其他植被	292.14	29.62	277.12	28.10	220.10	22.32
水体	5.42	0.55	6.28	0.64	6.66	0.67
未利用地	609.86	61.84	460.65	46.71	394.19	39.97

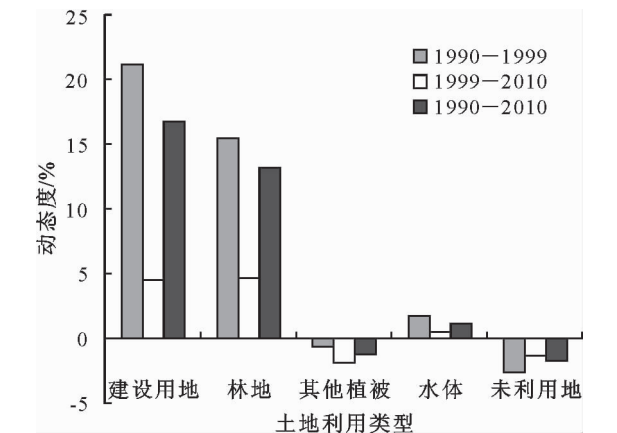


图 2 不同时期土地利用动态度

Fig. 2 Dynamics of land use types in different periods

3.1.2 景观类型动态度分析 从图 2 不同时期土地利用动态度来看,各种土地利用变化的大小依次为建设用地>林地>未利用地>其他植被>水域。1990—1999 年,各土地类型间的动态变化率和幅度差异较大,其中建设用地和林地的面积以 21.24%、15.45% 的速率增加,而其他植被和未利用地以 0.57%、2.58% 的速率减少。1999—2010 年,虽然建设用地动态变化速率稍微减少,但建设用地面积幅度持续增加;其他植被的动态度下降,面积每年以 1.87% 的速率减少,未利用地的动态度减少到 1.31%,主要原因是随着城市化的发展,城市不断扩展,城市建设用地不断占用周边的农田、草地和裸地,使它们的面积不断减少。整体来说,1990—2010 年建设用地和绿地的动态度较大,其建设用地的动态变化速度最快,达到了 16.87%,远高于其他景观类型,水体的动态变化速度最小为 1.14%。

3.1.3 不同景观类型的转移特征 景观面积的增减不能直观反映各景观间的转化情况,本文采用转移矩阵模型对于乌鲁木齐市 1990—2010 年间土地利用景观类型之间相互转化的过程进行分析。从表 3 可知,在整个研究期间,各景观类型都发生了一定程度的转移,1990—1999 年,未利用地、建设用地和其他植被的转化较明显,3 种景观在有大量转入的同时也有大面积的转出(表 3)。建设用地的增加主要是由未利用地和其他植被的转入,期间 6.83 km<sup>2</sup> 和 3.01 km<sup>2</sup> 建设用地转出为林地和未利用地,同时 21.64 km<sup>2</sup> 其他植被和 96.26 km<sup>2</sup> 未利用地转入建设用地,转入大于转出,面积增加。林地整体增加 61.45 km<sup>2</sup>,林地增加以其他植被和未利用地转化为主,分别占增加总量的 63.76% 和 25.11%;未利用地有 50.23 km<sup>2</sup> 转入和 199.44 km<sup>2</sup> 转出,总体面积减少。1999—2010 年,建设用地保持继续增加,主要是由未利用地、其他植被和林地转入,分别以 54.59 km<sup>2</sup>、29.68 km<sup>2</sup> 和 17.78 km<sup>2</sup> 转为建设用地。因城市化的快速发展,导致大面积的耕地转入建设用地,部分立地条件较好的草地、未利用地和林地随着土地利用活动的加剧逐渐转为城市建设用地。

从研究时段各景观类型变化位置分布图可以直观地了解不同时期乌鲁木齐市主城区城市用地变化的空间差异,图 3 为研究区城市景观类型转移变化的空间分布,从中可以看出,因地形条件的制约,景观类型发生转换的空间主要位于城市的西北和东北地区。1990—1999 年,未利用地转为建设用地和其他植被是研究区本时段最为明显的地类转移方式。这表明本时期,因政府以发展种植业为主的农业政策的影响下,园地面积大幅度增加,公共设施、交通

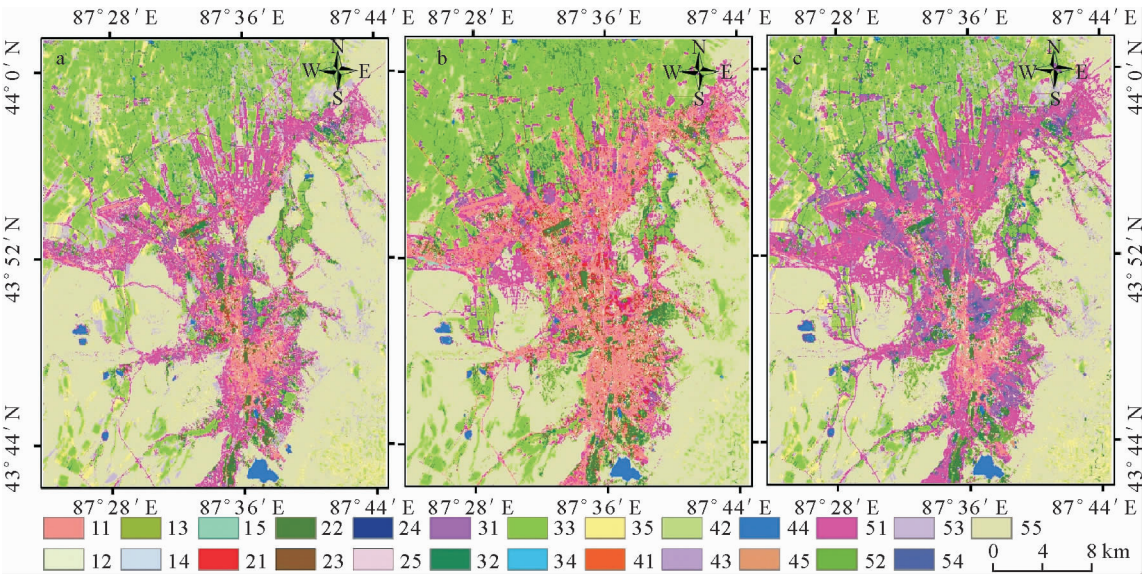
用地为主、住宅、工业区适量增加,城市周围的草地退化也比较明显。空间位置变化较明显的地区主要是沿西北向(新市区方向);1999—2010年,研究区景观类型变化更为强烈,空间分布更为广泛,各景观类型间发生转移较为明显的有其他植被和未利用地转入建设用地、其他植被转入林地和建设用地转入林地等几种方式。研究区北部和城市主城区的部分耕地、林地受城市化影响转化为建设用地。乌鲁木齐市经济快速发展,人民生活水平显著提高,城市化

进程不断加速,城市人口剧增,城市规模急剧膨胀;市区各族人民在市委、市政府的号召下,积极落实创建“国家园林城市”的实施方案,大力开展全民义务植树活动,努力推进专业建绿、群众植绿和各项园林基础设施建设,使城市面貌和人居环境有了很大的改善,荒山绿化、道路绿化、公园绿化、庭院绿化和生态治理工程成效显著,林地面积不断增加。总体来说,是以建设用地的持续扩张与未利用地面积缩小、林地面积进一步增加为特点。

表 3 1990—2010 年乌鲁木齐市景观类型转移矩阵

Table 3 Transition matrix of landscape types in Urumqi from 1990 to 2010 km<sup>2</sup>

时段	类型	建设用地	林地	其他植被	水体	未利用地	合计
1990—1999	建设用地	45.69	6.83	1.87	0.17	3.01	57.58
	林地	3.86	13.00	3.19	0.10	0.99	21.14
	其他植被	21.64	39.18	185.18	0.29	45.85	292.14
	水体	0.19	0.08	0.11	4.66	0.38	5.42
	未利用地	96.26	15.36	86.76	1.06	410.41	609.86
	合计	167.64	74.45	277.12	6.28	460.65	
1999—2010	建设用地	149.32	16.80	0.12	0.41	0.98	167.64
	林地	17.78	56.12	0.30	0.14	0.11	74.45
	其他植被	29.68	25.22	218.99	0.27	2.95	—277.11
	水体	0.46	0.17	0.04	5.32	0.31	6.28
	未利用地	54.59	15.05	0.65	0.52	389.84	460.65
	合计	251.83	113.36	220.10	6.66	394.19	



a、b、c 分别为 1990—1999 年、1999—2010 年和 1990—2010 年各景观类型的空间变化图斑;  
1 代表建设用地;2 代表林地;3 代表其他植被;4 代表水体;5 代表未利用地。

图 3 研究时段内各景观类型变化位置分布

Fig. 3 Spatial location map of landscape types in all research interval

3.2 景观格局特征演变分析

3.2.1 类型水平上景观变化分析 研究不同类型的景观格局变化,分析各景观类型沿景观梯度的变化规律,有助于分析和理解其他景观指数的变化,从而能全面地体现城市总体的景观格局特征演变的规律。从图 4 可见,1990—2010 年的 20 a 间乌鲁木齐

市的景观构成有了较大的变化,建设用地的各景观指数有不同程度的增加趋势,斑块数量由 1990 年的 1 063 增加到 2010 年的 2 753,斑块密度和边缘密度由 3.61、23.92 增加到 5.63、58.71,破碎化程度增加,一定程度上反映了城市化活动的加强;斑块所占面积比例和最大斑块指数持续增大,从 1990 年的

5.84%、2.65% 增加到 2010 年的 25.54%、21.45%，表明建设用地在城市景观的优势度增强；其他景观形状指数、聚集度和结合度等指数也在不同程度的增加，使建设用地的边界越来越复杂，斑块聚合度呈增长趋势，表明建筑用地的集中化趋势明显。林地景观在 1990—2010 年间，斑块数量由 1 093 增加到 2010 年的 2 844，斑块所占面积比例和最大斑块指数持续增大，从 1990 年的 2.14% 和 0.15% 增加到 2010 年的 11.5% 和 0.47%，表明林地在城市景观中所占的比例增大，优势度增强。边缘密度、形状指数和斑块密度分别由 12.05、64.54 和 6.14 增加到 60.99、141.36 和 14.42，表明林地在城市化过程中，受到人为干扰程度的加大，斑块形状趋于复杂，破碎化程度增加；散布并列指数和聚合度先减少后增加，二者分别由 1990 年的 66.54% 和 58.21% 增加到 2010 年的

72.73% 和 60.33%，表明森林景观自然特征增强，森林趋向于均衡分布的空间结构。其他植被斑块数量、边缘密度、斑块密度、形状指数和散布于并列指数总体呈增加趋势，斑块趋于复杂，破碎化程度增加；斑块结合度和聚合度继续减少，散布于并列指数由 1990 年的 43.75% 增加到 2010 年的 74.85%，使其他植被从趋向于聚集开始向趋向于分散经营转变。水体的斑块数量和斑块所占面积比例继续增加，由 1990 年的 45 和 0.55% 增加到 2010 年的 110 和 0.68，斑块密度和斑块形状指数有所下降，表明水体景观形状较为规则，破碎化程度较低，是因为城市范围内的大部分水体景观受人类活动的影响较大，比如说水库、人造湖等，都受人控制，而且数量少，因此破碎化程度也偏低；未利用地的斑块数量、斑块密度和斑块形状指数增加，由 1990 年的 528、4.49 和 68.05 增加到 2010 年的 1 872、8.51 和 74.42，表

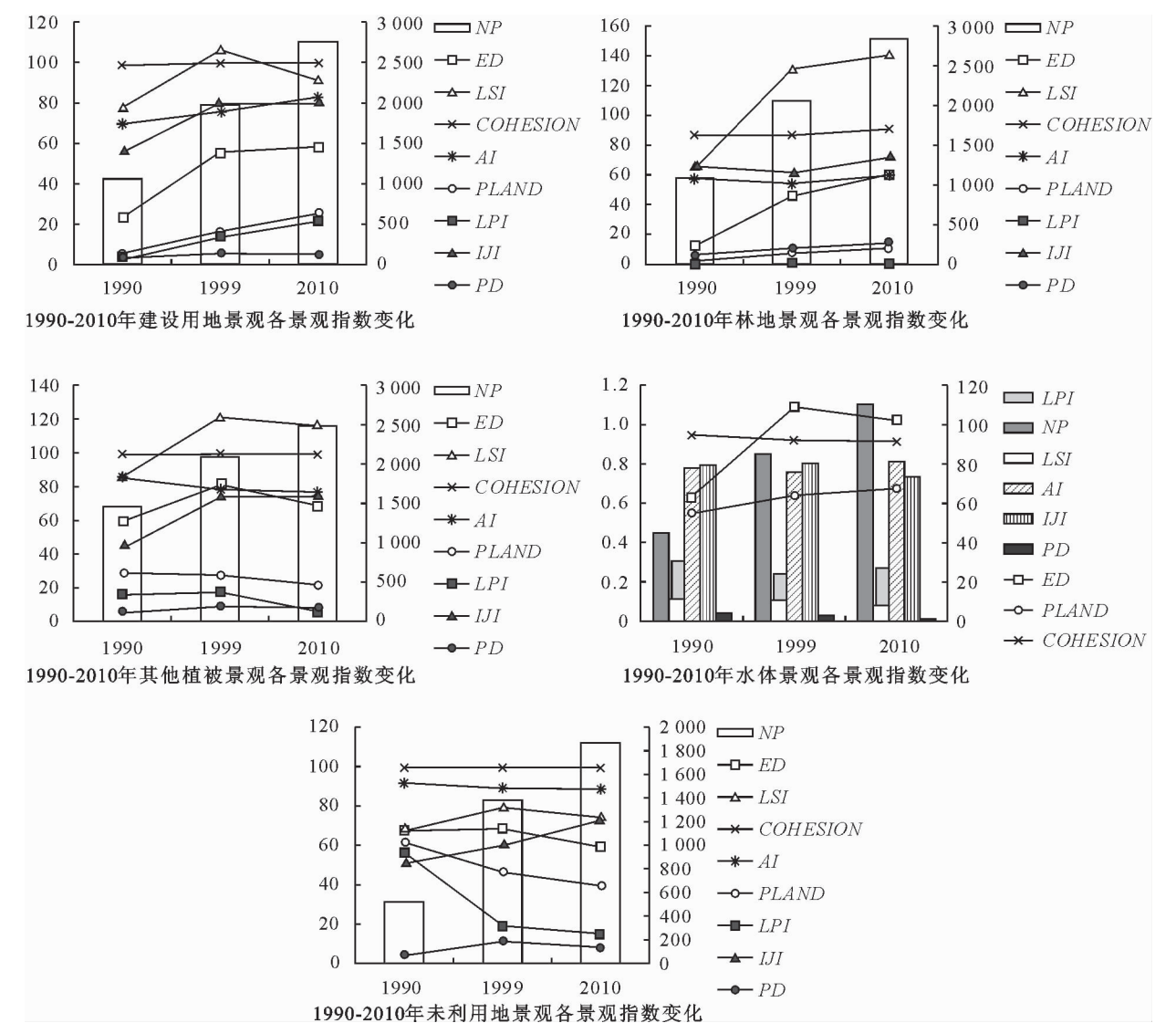


图 4 1990—2010 年乌鲁木齐市各景观类型景观格局指数变化比较

Fig. 4 Comparison of land scape pattern indices change of each landscape type in Urumqi

明未利用地斑块受到其他建设用地等景观的侵占,破碎化程度加强;斑块所占面积比例、最大斑块指数、结合度和聚合度指数下降,分别由 1990 年的 61.84%、55.93%、99.89%和 91.84%下降到 2010 年的 39.97%、15.92%、99.40%和 88.89%,表明未利用地在整个景观中的优势度下降,聚集程度下降,是土地开发与城镇发展的加快和人类活动增强的结果。

3.2.2 景观水平上景观变化分析 从表 4 可见 1990~2010 年乌鲁木齐市的景观格局发生了明显的变化。斑块的数量由 1990 年的 4199 个增加到 2010 年的 10068 个,而最大斑块所占面积比例由 55.93%下降到 21.45%,说明景观中的优势种、内部中的丰富度下降。Shannon 多样性指数和 Shan-

non 均度指数呈逐渐增加的趋势,由 1990 年的 0.94 和 0.52 上升到 2010 年的 1.33 和 0.83,表明整个研究区的景观斑块的多度增加,不同斑块的面积大小差异减小,景观异质性程度在上升,各景观类型趋于均匀,景观空间结构不断向多样化和均匀化方向发展;斑块形状指数和斑块密度,由 1990 年的 35.91 和 17.43 增加到 2010 年的 71.33 和 37.32,蔓延度指数逐渐减少,由 1990 年的 57.39 下降到 38.31,散布与并列指数和景观分裂指数增加,由 1990 年的 53.52 和 0.66 增加到 2010 年的 76.26 和 0.91,表明城市化进程的加快导致了建设用地扩展并侵占耕地和草地等其他城市用地,使城市景观破碎化程度增加,形状趋于复杂,斑块越来越趋向于离散分布,景观异质性增大。

表 4 1990—2010 乌鲁木齐市景观水平上景观格局指数

Table 4 Landscape pattern indices based on class level in Urumqi from 1990 to 2010

年份	NP	LPI	SHDI	SHEI	LSI	PD	CONTAG	IJI	DIVISION
1990	4 199	55.93	0.94	0.52	35.91	17.43	57.39	53.52	0.66
1999	7 612	23.18	1.24	0.77	70.20	35.21	41.55	71.87	0.89
2010	10 068	21.45	1.33	0.83	71.33	37.32	38.31	76.26	0.91

4 结论与讨论

通过利用遥感技术与景观生态学相关理论,对乌鲁木齐市 1990 年到 2010 年的城市景观格局进行了定量的分析。景观指数分析一定程度上揭示了乌鲁木齐市景观格局的特征与演变规律,不同时段城市景观的叠加分析解释了乌鲁木齐市各景观类型空间上转化的特征。其结果表明:

1)1990—2010 年乌鲁木齐市各景观类型面积比例的变化较明显,总体表现为建设用地大幅增加,土地利用动态度为 16.87%,林地面积增加趋势,土地利用动态度达到了 13.2%,其他植被和未利用地表现为持续减少趋势,每年减少 1.23%和 1.75%。近 20 a 来随着经济的发展不断加快,城市人口为持续增加的趋势。经济的发展在一定程度上造成了城市耕地和草地面积的减少,鱼塘和高效益经济作物土地种植面积的增加,以及建设用地需求的增长;“园林精品绿化工程、黄山绿化和产业调整”等政府政策措施对乌鲁木齐市土地利用的变化有了积极的作用。

2)转移矩阵和动态度变化能够反映景观类型之间面积转移的方向和幅度。研究期内各景观类型的面积空间分布上发生了一定程度的变化,主要是以建设用地面积的持续扩大,未利用地和其他植被面积的继续减少为特点,其建设用地的扩大,以其他植被和未利用地的转入为主,51.32 km<sup>2</sup> 和 150.85 km<sup>2</sup> 面积转入建设用地。研究区城市景观类型转移

变化的空间分布中可看出,因地形条件的制约,景观类型发生转换的空间主要位于城市的西北和东北地区。城镇化发展是立地条件较好的草地、耕地和裸地转化为居民点等建设用地的主要原因之一。

3)景观格局动态分析结果表明,在景观类型水平上,建设用地作为城市景观的主要景观类型,其景观的优势度增强、边界越来越复杂和聚合度呈增长。其他植被在城市化过程中,受到人为干扰程度的加大,景观优势度下降,斑块形状趋于复杂,破碎化程度增加。林地和城市景观中所占的比例增大,优势度增强,斑块形状趋于复杂。水体景观因受人为影响较大,其形状较为规则,破碎化程度较低。未利用地斑块受到其他建设用地等景观的侵占,破碎化程度加强,未利用地在整个景观中的优势度下降,聚集程度下降,是土地开发与城镇发展的加快和人类活动增强的结果;在景观水平上,研究区斑块数量、斑块密度、斑块形状指数、多样性指数、均匀度等指数增加,而最大斑块指数和蔓延度指数减少。表明城市景观破碎化程度增加,形状趋于复杂,斑块越来越趋向于离散分布,景观异质性增大。

4)乌鲁木齐市是一个典型的大陆性干旱气候区,城市生态环境较为脆弱,加之其地处乌鲁木齐河谷,三面环山,城市环境容量有限,随着城市化的发展,城市用地类型之间发生了显著的变化。本文解释了城市各景观格局构成和演变的一些特征,而由于相关的调查数据的缺陷,城市景观格局演变对

生态环境及其区域生态安全的影响等方面尚未分析,需要日后进一步研究。

参考文献:

[1] 彭军超,钱乐祥,角媛梅,等. 近 16 a 增城市土地景观格局变化[J]. 东北林业大学学报,2008,36(10):30-32.  
PENG J C, QIAN L X, JIAO Y M, *et al.* Dynamic Change of Landscape Pattern in Zengcheng City, Guangdong Province from 1990 to 2006[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2008,36(10):30-32. (in Chinese)

[2] 肖笃宁,李秀珍.景观生态学的学科前沿与发展战略[J]. 生态学报,2003,23( 8):1615-1621.  
XIAO D N, LI X Z. Forefronts and future strategies of landscape ecology[J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 23( 8): 1615-1621. (in Chinese)

[3] 高国雄,高欣,张彩霞. 榆林沙区景观格局特征与动态分析[J]. 西北林学院学报,2012,27(1):54-57.  
GAO G X, GAO X, ZHANG C X. Analysis on the Characteristics of Landscape Structure and Dynamics Changes in Yulin Sand Land[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012,27(1):54-57. (in Chinese)

[4] 闫俊杰,乔木,田长彦,等. 新疆典型绿洲阜康地区土地利用/覆被及景观格局变化分析[J]. 水土保持通报, 2013,33(1):139-145.  
YAN J J, QIAO M, TIAN C Y, *et al.* Changes of Land Use/ Cover and Landscape Pattern in Typical Oasis of Fukang Area in Xinjiang Wei Autonomous Region[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2013, 33(1):139-145. (in Chinese)

[5] 刘婷,刘博,李继红,等. 宝清县景观格局动态变化分析[J]. 森林工程, 2013,29(3):123-127.  
LIU T, LIU B, LI J H, *et al.* Analysis on Dynamic Changes of Landscape Patterns in Baoqing[J]. Forest Engineering, 2013,29(3):123-127. (in Chinese)

[6] 彭月,何丙辉. 重庆市主城区 1986-2007 年用地时空演化特征分析[J]. 地球信息科学学报, 2012,14(5):635-643.  
PENG Y, HE B H. The Spatio-Temporal Change of land use in the main city zone of Chongqing[J]. Journal of Geo-Information Science, 2012,14(5):635-643. (in Chinese)

[7] 孟京辉,陆元昌,CHRISTOPH Kleinn,等. 基于遥感的景观格局时空动态研究[J]. 西北林学院学报,2010,25(1):207-211.  
MENG J H, LU Y C, CHRISTOPH K, *et al.* Spatial and Temporal Dynamics of Landscape based on Remote Sensing. [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010,25(1): 207-211. (in Chinese)

[8] 朱磊,罗格平,许文强. 干旱区绿洲城市土地利用变化及其生态环境效应分析——以乌鲁木齐市为例[J]. 干旱区资源与环境, 2008,22(3):13-19.  
ZHU L, LUO G P, XU W Q. Changes of land-use and environmental effect in arid oasis city——a case study of Urumqi in Xinjiang[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008,22(3):13-19. (in Chinese)

[9] 张新焕,杨德刚,陈曦. 乌鲁木齐近 50 a 城市用地动态扩展及其机制分析[J]. 干旱区地理, 2005,28(2):263-269.  
ZHANG X H, YANG D G, CHEN X. Study on the process

and mechanism for urban land expansion in Urumqi in 50 years [J]. Arid Land Geography, 2005, 28(2):263-269. (in Chinese)

[10] 马勇刚,塔西甫拉提·特依拜,黄粤,等. 城市景观格局变化对城市热岛效应的影响以乌鲁木齐市为例[J]. 干旱区研究, 2006,23(1):172-176.  
MA Y G, TASHPOLAT T, HUANG Y, *et al.* Effects of landscape pattern change on urban heat-island effect in arid areas——a case study in Urumqi[J]. Arid Zone Research, 2006,23(1):172-176. (in Chinese)

[11] 姚远,丁建丽,赵振亮. 快速城市化背景下的乌鲁木齐市土地利用变化人文驱动力定量研究[J]. 干旱区资源与环境, 2012,26(10):132-137.  
YAO Y, DING J L, ZHAO Z L. Study on the land use change in Urumqi during accelerated urbanization[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2012,26(10):132-137. (in Chinese)

[12] 丽扎·赛里克,孜比布拉·司马义. 基于 RS 和 GIS 的乌鲁木齐市空间扩张特征与驱动力分析[J]. 城市发展研究, 2013, 20(3):57-61.

[13] 阿里木江·卡斯木,玉苏普江·艾麦提. 基于 ALOS 数据的乌鲁木齐市绿地景观格局研究[J]. 地域研究与开发,2012,31(2):86-89.

[14] 黄粤,陈曦,包安明,等. 近 15 a 乌鲁木齐市城市用地扩展动态及其空间特征研究[J]. 冰川冻土,2006,28(3):364-370.  
HUANG Y, CHEN X, BAO A M, *et al.* Urban sprawl pattern and spatial features of Urumqi city during the last 15 years[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2006,28(3):364-370. (in Chinese)

[15] 朱会义,李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报,2003,58(5):643-650.  
ZHU H Y, LI X B. Discussion on the index method of regional land use change[J]. Acta Geographica Sinica, 2003,58(5):643-650. (in Chinese)

[16] 任韶红,苏雷,朱京海. 锦州-葫芦岛沿海地区景观格局动态分析[J]. 沈阳大学学报:自然科学版,2013,25(1):5-9.  
REN S H, SU L, ZHU J H. Dynamic analysis on landscape patterns in Jinzhou-Huludao coastal area[J]. Journal of Shenyang University:Nat. Sci. Edi., 2013,25(1):5-9. (in Chinese)

[17] 王卷乐,冉盈盈,张永杰,等. 1980—2010 年鄱阳湖地区土地覆盖与景观格局变化[J]. 应用生态学报,2013,24(4):1085-1093.  
WANG J L, RAN Y Y, ZHANG Y J, *et al.* Land cover and landscape pattern changes in Poyang Lake region of China in 1980-2010[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013,24(4):1085-1093. (in Chinese)

[18] 王兮之,HELGE Bruelheide, MICHAEL Rung,等. 基于遥感数据的塔南策勒荒漠绿洲景观格局定量分析[J]. 生态学报,2002,22(9):1491-1450.  
WANG X Z, HELGE B, MICHAEL R, *et al.* Quantitative analysis of the landscape pattern around Qira Oasis based on remote sensing data[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002,22(9): 1491-1450. (in Chinese)

艺条件为: 提取时间为 90 min、提取温度为 90℃、乙醇浓度为 60%、液料比为 50 : 1,提取 4 次,这种提取工艺可使七叶鬼灯檠总多酚的提取量达到 123.599 mg/g ,总多酚提取物的抗氧化活性与 Vc 非常接近,有望开发为天然抗氧化物质,该研究为七叶鬼灯檠多酚的综合利用提供了科学依据。

参考文献:

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1992;9-11.

[2] 张小燕,李多伟,王义潮,等. 鬼灯檠的资源分布、药用价值及开发利用[J]. 亚热带植物科学,2005,34(2):60-62.  
ZHANG X Y, LI D W, WANG Y C, *et al.* Distribution and medical value of *Rodgeris aesculi folia* and its exploitation[J]. Subtropical Plant Science,2005,34(2):60-62. (in Chinese)

[3] 王健,黄慧,王喆之,等. 七叶鬼灯檠挥发油及不同提取物抑菌活性的研究[J]. 食品工业科技,2013,34(1):74-76,84.

[4] 黄慧,王喆之. 七叶鬼灯檠的资源现状与开发利用对策[J]. 现代中药研究与实践,2009,22(6):23-25.

[5] 郑尚珍,沈序维. 鬼灯檠化学成分的研究(I)[J]. 化学通报,1985(6):20-21.

[6] 沈序维,郑尚珍,付正声,等. 鬼灯檠化学成分的分离和鉴定[J]. 高等学校化学学报,1987,8(6):528-532.

[7] 史彦斌,胡振英,董鹏程,等. 中草药鬼灯檠的现代研究进展[J]. 时珍国医国药,2004,15(9):621-622.

[8] 李平华,王兴文. 大孔吸附树脂在中药有效成分分离纯化中的研究进展[J]. 云南中医学院学报,2003,26(3):43-46.

[9] 冯乙巳,潘宗琴,齐洪侠,等. 一种黄豆甙元季胺盐衍生物合成及其活性研究[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2010,33(12):1866-1899.  
FENG Y J, PAN Z Q, QI H X, *et al.* Study of chemical modifi-

cation of Daidzein and its biological activity[J]. Journal of Hefei University of Technology: Nat. Sci., 2010, 33(12): 1866-1899. (in Chinese)

[10] 刘畅,周家春. 植物多酚抗氧化性研究[J]. 粮食与油脂,2011(2):43-46.

[11] 闵红,范智超,张志琪. 七叶鬼灯檠中多酚类化合物提取工艺研究与含量测定[J]. 西北林学院学报,2007,22(3):138-140.  
MIN H, FAN Z C, ZHANG Z Q. Extraction and determination of total polyphenol from the root of *Rodgersia aesculifolia* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(3):138-140. (in Chinese)

[12] ZOU Y P, SAM K C, CHANG G Y, *et al.* Antioxidant activity and phenolic compositions of Lentil (*Lens culinaris* var. *mor-ton*) extract and its fractions[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(6):2268-2276.

[13] 宋立江,狄莹,石碧,等. 植物多酚研究与利用的意义及发展趋势[J]. 化学进展,2000,12(2):161-170.  
SONG L J, DI Y, SHI B, *et al.* The significance and development trend in research of plant polyphenols[J]. Progress in Chemistry, 2000, 12(2):161-170. (in Chinese)

[14] 林樱姬,赵萍,王雅等. 植物多酚的提取方法和生物活性研究进展[J]. 陕西农业科学,2009,55(6):105-107.

[15] CHUN O K, KIM D O, LEE C Y. Superoxide radical scavenging activity of the major polyphenols in fresh plums [J]. J. Agric. Food Chem, 2003, 51:8067-8072.

[16] KELEN M, TEPE B. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of three *Salvia* species from Turkish flora[J]. Bioresource Technol, 2008, 99(10):4096-4104.

[17] YALTIRAK T, ASLIM B, OZTURK S, *et al.* Antimicrobial and antioxidant activities of *Ruzsula delica* Fr[J]. Food Chem Toxicol, 2009, 47(8):2052-2056.

(上接第 179 页)

[19] 陈恣恣,刘俊国. 黄旗河流域景观格局动态分析[J]. 西北林学院学报,2014,29(3):165-170.  
CHEN M M, LIU J G. Landscape dynamics in the Huangqi-hai lake basin from 1976 to 2010[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(3):165-170. (in Chinese)

[20] PAULEIT S, ENNOS R, GOLDING Y. Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change—a study in Merseyside, UK [J]. Landscape and Urban Planning, 2005, 71:295-310.

[21] 李利红,张华国,史爱琴,等. 基于 RS/GIS 的西门岛海洋特别保护区滩涂湿地景观格局变化分析[J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(1):129-136.  
LI L H, ZHANG H G, SHI A Q, *et al.* Study on wetland landscape pattern change in the Ximen island marine special protected area based on RS and GIS[J]. Remote Sensing

Technology and Application, 2013, 28(1):129-136. (in Chinese)

[22] 王吉斌,刘晓双,李才文. 基于 SPOT 影像的四川省剑阁县景观格局现状分析[J]. 西北林学院学报,2014,29(2):257-261.  
WANG J B, LIU X S, LI C W. SPOT 5 based landscape analysis of Jiange county in Sichuan Province[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(2):257-261. (in Chinese)

[23] 唐嘉琪,石培基. 民勤土地利用格局时空变化研究[J]. 中国沙漠,2013,33(3):928-936.  
TANG J Q, SHI P J. The change of land-use pattern during 1987-2010 in Minqin, Gansu, China[J]. Journal of Desert Research, 2013, 33(3):928-936. (in Chinese)