

于田绿洲土地利用/覆盖变化轨迹分析^{*}

容芳芳^{1,2}, 塔西甫拉提·特依拜^{1,2}, 田源^{1,2}, 张飞^{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)

摘 要: 干旱区绿洲人类和自然环境的和谐相处直接影响着绿洲经济稳定持续发展。选用研究区四期遥感影像, 结合分类后比较的方法, 分析区域土地利用/覆盖变化轨迹模型以及在研究时段内, 土地利用/覆盖类型之间的转化过程和流向, 并将土地利用/覆盖的变化按照驱动因素分为未变化类、自然因素导致的变化类和由人为因素导致的变化类三种形式, 分别做统计分析, 定量化分析自然和人为因素对区域环境的影响程度。结果表明, 在近 15 a 间, 研究区土地利用/覆盖面积变化较为显著, 其中耕地和盐渍地的面积变化最为明显, 分别由 5.596%、7.570% 增长到 17.063% 和 17.228%。根据变化轨迹可得, 自然因素所引起的变化主要是草地和未利用地之间的转化, 占区域总面积的 22.5%; 人为因素所引起的变化主要是耕地的开垦以及水库渠系的修筑, 占区域总面积的 22%。随着绿洲人口经济的发展, 人类活动对土地利用/覆盖的影响越来越频繁, 直接影响着区域土地利用/覆盖格局的变化。

关键词: 土地利用/覆盖; 动态变化; 轨迹分析

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)03-0259-05

Spatio-temporal Trajectory Analysis of Land Use/ Cover Change in Oasis of Yutian

RONG Fang-fang^{1,2}, TASHPOLAT · Tiyip^{1,2}, TIAN Yuan^{1,2}, ZHANG Fei^{1,2}

(1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: The article selected the typical oasis of Weigan and Kuqa rivers as the study area, utilizing the the past 15 years of remote sensing images combing with the comparison of the post-classification methods, established a regional land use change trajectory model, and analyzed the transformation process of the type of land use changes during the study periods. At the same time, to analyze temporal human impact on the environment, according to the driving factors, we have classified all found trajectories into three generic classes, namely, unchanged, human induced change and natural changes. Then, using the statistical analysis methods, quantitatively analyze the impact degree of the natural and human made factors to the regional environment. The results showed that in the study period, the change of land use/land cover is remarkable, the most notable of the types are farmland and salinization soil, their area respectively rised from 5.596%, 7.570% to 17.063%, 17.228%. According to the trajectory analysis, the change aroused by natural factors are mainly grassland and non utilizing land, and the change area occupies 22.5%. The human induced changes are dominated by cropland and reservoir, whose total area occupies 22.0%. With the population and economic development, the impact of human activities on land use/cover increased frequently. In this paper, the spatio-temporal trajectory pattern of land cover change contributed to a better understanding of human factors on the arid region of the fragile ecological environment.

Key words: land use/cover; dynamic changes; trajectory analysis

由于自然和人类社会经济活动的剧烈作用, 区域乃至全球的土地利用状况必然发生变化^[1-2], 如何

快速有效地获取研究区域在某时间段内土地利用/覆盖的变化信息, 研究土地利用/覆盖变化的过程、

^{*} 收稿日期: 2009-11-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(40861020); 教育部科学研究重点项目以及新疆自然科学基金项目(200821128); 新疆绿洲生态重点实验室开放课题(编号: XJDX0201-2007-01, XJDX0201-2008-03); 新疆大学青年教师科研启动基金(QN070122); 高等学校博士学科点专项科研基金(20050755002)

作者简介: 容芳芳(1984-), 女, 陕西宝鸡人, 硕士生, 主要从事干旱区资源环境与遥感应用研究。E-mail: rff2003521@163.com

通信作者: 塔西甫拉提·特依拜(1958-), 男(维吾尔族), 教授, 博士, 主要从事遥感技术及应用研究。E-mail: tash@xju.edu.cn

机理及其对人类社会经济与环境所产生的一系列影响^[3], 为全球、国家或区域的可持续发展战略提供决策支持, 是当前应用遥感技术进行土地利用动态监测的任务之一^[4]。变化监测是土地利用动态监测的领域之一^[5], 遥感变化检测的实质就是遥感瞬间视场中地表特征随时间发生变化而引起的两个时期影像象元的变化^[6], 它是通过观测不同时期的目标对象来确定其在状态上的差异过程, 具有利用多时相数据量化分析时间影响的能力。常用的变化检测方法主要有影像差值法、影像比值法、影像回归法、植被指数法、主成分分析法、分类后比较法、多数据直接分类法、变化向量分析法、背景差值法等^[7-8]。目前, 大多数变化检测的方法均是基于两个时相的土地覆盖变化监测方法, 即对两时期的数据进行对比, 得到变化信息^[9]。一般情况下, 这种变化监测方法的目的就是根据两期影像数据获取变化或者非变化信息。这种方法基于一些精确的量测方法, 例如面积比变化, 土地利用变化矩阵, 以及由变化矩阵等来分析所引起的空间模式的变化。

本文是基于分类后比较的一种时间轨迹分析的方法, 该方法基于一个相对“连续”的时间尺度, 通过分析分类影像, 不仅仅提取两期影像之间的变化信息, 而且通过多期遥感数据构造土地利用/覆盖的动态变化轨迹, 分析土地利用/覆盖变化的转移和流向, 从而获得土地利用/覆盖变化的过程和趋势。

1 研究区概况

于田绿洲位于塔克拉玛干沙漠南缘, 昆仑山中段北麓, 塔里木盆地的克里雅河流域。地处 $81^{\circ}09' - 82^{\circ}51'E$, $35^{\circ}14' - 39^{\circ}29'N$, 东西宽 30~120 km, 南北长 466 km,

土地面积约 $4.03 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。于田县深居内陆腹地, 有着典型的沙漠和绿洲景观。年平均降水量 47.3 mm, 年平均蒸发量 2 420.23 mm, 年平均相对湿度 42%, 年平均气温 12.4°C , $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温为 $4\,340^{\circ}\text{C}$, 无霜期为 200 d。天然植被以芦苇、怪柳、胡杨、骆驼刺为主。于田县位于东北风与西北风的交汇地带, 生态系统脆弱, 绿洲外围地区广阔无垠, 多是砾石戈壁, 沙包, 盐碱, 沼泽和苇丛, 植被覆盖度只有 10%~40%。选择该地区作为重点, 对研究干旱区绿洲的 LUCC 过程具有典型的意义^[10-11]。

2 研究方法

2.1 数据源及处理

选用 1989 年 9 月, 1991 年 10 月, 1999 年 9 月,

2002 年 10 月的 TM 遥感数字图像, 以及用于几何精校正及配准的于田地区 1:100 000 地形图及矢量化数据, 检验分类精度的土地利用图及矢量化数据, 用于土地利用/覆盖变化轨迹分析的相关时期的气象、水文、人口、土壤、植被、社会经济等的统计资料。为了提高分类精度, 更加准确的分析变化轨迹, 需要对遥感影像进行预处理, 包括辐射校正和几何精校正, 参考 1:5 万地形图对图像进行几何精校正, 均匀布点, 校正精度 RMS 小于 0.5, 满足要求。根据研究需要, 对图像进行裁剪, 裁出 $2\,543 \times 1\,119$ 大小的像元作为本文的图像研究区。

2.2 分类系统

参照全国土地利用/覆盖分类系统, 结合研究区自然状况及本研究目的, 将研究区土地利用/覆盖类型的分类系统定义为水体(包括河渠、水库坑塘、滩涂), 林地(包括有林地、灌木林地), 耕地(包括水田、旱地), 草地(包括高、中、低覆盖草地), 盐渍地, 未利用地(包括沙地、戈壁、裸岩石砾地)6类。

2.3 建立土地利用/覆盖变化轨迹模型

土地利用/覆盖变化轨迹的含义是指, 对于一个给定的象元, 研究它在一定的时间段内所发生的所有土地利用/覆盖类型的转变过程^[12]。为了建立土地覆盖变化轨迹, 把各个时期的遥感影像分类图通过 ARC/INFO 软件以栅格形式集成到 GIS 中, 从而建立基于象元尺度的变化轨迹^[13]。根据分类体系, 所有可能的土地利用变化轨迹如图 1 所示。

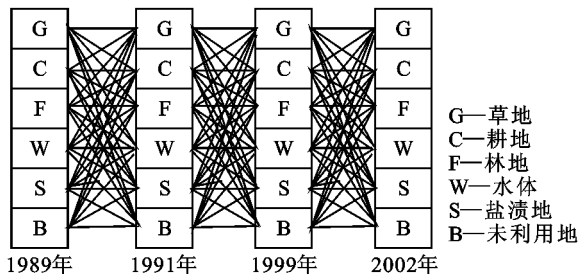


图 1 所有可能的土地利用/覆盖变化轨迹

3 结果与分析

3.1 图像分类结果

根据本文的研究需求以及结合研究区的实际情况, 对预处理好的影像, 在统一的土地利用/覆盖分类体系的基础上, 根据实地的考察 GPS 定点观测资料, 访问当地居民, 进行图像解译, 选择训练样区, 利用监督分类方法分别对各期影像进行最大似然分类。将初次的分类影像进行分类后处理, 将二级分类类别合并, 形成统一的类别, 最终确定类别为水

体,耕地、林地、草地、盐渍地、未利用地 6 类。这样可以减少误分和混分的误差, 而且便于对分类结果进行对比分析。研究区四期遥感影像的分类精度见表 1, 分类结果如图 2 所示。

表 1 影像分类精度统计

项目	1989 年	1991 年	1999 年	2002 年
总精度/ %	80. 3279	91. 1111	91. 5349	96. 1240
Kappa	0. 7448	0. 8963	0. 8956	0. 9347

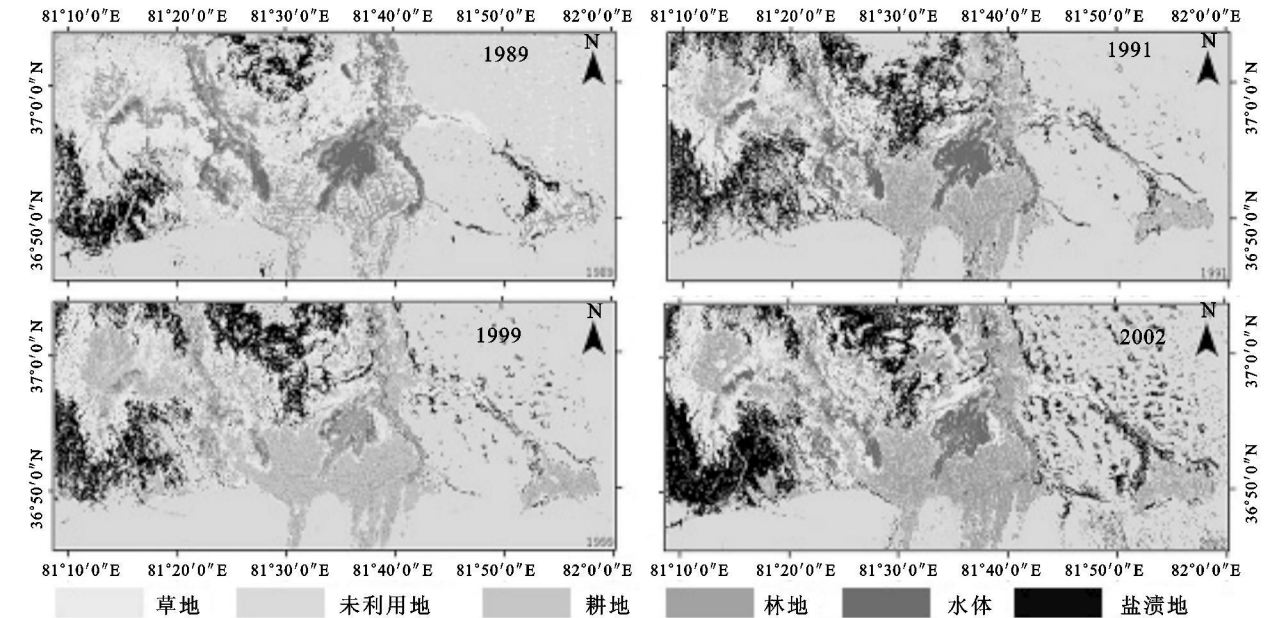


图 2 研究区各时期分类图

3.2 面积统计分析

研究区 15 a 间土地利用覆盖变化的面积统计如表 2 所示。总体来看, 在研究时段内, 各个类型的面积变化均有增有降。其中, 水体的变化是平稳中稍有增长, 1989 年水体面积占全区的 3. 762%, 1991 年增长到 5. 043%, 而到了 1999 年其又下降到了 3. 489%, 2002 年又增长到 4. 194%。期间 1991 年达到一个最大值, 为 5. 043%。水体面积较 1989 年增加了 3 291 hm², 这与此阶段人工绿洲的大面积开发而引起的水库水坝建设导致总蓄水量增加关系密切。随后有所减少, 其主要转化为林地和草地。2002 年水体又有新增, 该时期降水丰富, 使得部分草地转化为水体。林地的变化幅度比较大, 通过实地考察发现, 在绿洲内部, 该区林地以农田防护林, 居民点周围的防护林以及道路两旁的林带为主, 受人为干扰的因素比较大。随着农田的增长, 林带也相应的增加。1989 年林地占全区面积的 12. 433%, 1991 年迅速减少到 6. 430%, 1999 年继续减少到最小值 4. 163%, 之后林地的面积有所上升, 到了 2002 年达到 10. 917%。其中, 1991– 1999 年间, 该时段为毁林开荒、沿水源地大力开发土地的时期, 原始自然的林地都受到大面积的破坏, 而人工农田防护林以及道路两旁的林带还没有成规模的林地。到了 2002 年, 林地的面积有了突飞的增长, 主要与当地

政府重视治沙、防沙, 在绿洲和沙漠的交接处大力植树造林、提高植被覆盖度、进行生态改造有密切关系^[14]。在研究时段内, 草地的变化相对平稳。1989 年草地面积占全区的 20. 190%, 1991 年下降到 13. 275%, 1999 年又上升到 16. 441%, 到了 2002 年草地又有所下降达到 11. 550%。2002 年面积达到最小, 主要是该时段的草地转向了耕地和盐渍地。盐渍地的变化非常明显, 1989 年只占全区的 7. 570%, 之后就迅速增长, 1991 年达到 12. 762%, 到了 2002 年占整个区域的 17. 288%, 变化率达到了 130%。总面积增加了 24 734 hm²。原因在于由于该时段, 当地毁林开荒、沿水源地大力开发土地, 导致了生态平衡受到破坏, 从而使得很多新开垦地无水灌溉而弃耕, 造成沙地植被大面积破坏, 一部分耕地和草地转化为盐渍地。耕地的变化相当显著, 1989 年耕地面积只占总面积的 5. 596%, 1991 年达到 13. 203%, 之后持续增长, 到了 2002 年已经达到了 17. 063%。在该时段内, 耕地的面积增加了 9 368. 53 hm²。耕地的变化在所有的土地利用/ 覆盖类型的变化中最大, 其变化率达到了 205%。自从 90 年代开始, 随着区域人口的增长, 对耕地的数量要求也持续增长, 该区开始了大面积的开荒开垦种植。其中, 大量的草地以及未利用地都被不同程度地开垦为耕地。未利用地(包括沙地, 戈壁等) 在研究时

段内是逐步减少的,从 50.449% 减少到 39.067%,主要转化为耕地林地以及草地。这也是当地政府重视治沙、防沙,在绿洲和沙漠的交接处大力植树造林、提高植被覆盖度、进行生态改造的结果。

表 2 研究区 15 年间土地利用/覆盖变化的面积统计

土地利用类型	指标	1989 年	1991 年	1999 年	2002 年
水体	面积/ hm ²	9635.76	12926.88	8935.74	10739.79
	比率/ %	3.762	5.043	3.489	4.194
林地	面积/ hm ²	31841.46	16482.87	10661.76	27960.12
	比率/ %	12.433	6.430	4.163	10.917
草地	面积/ hm ²	51706.71	34029.36	42106.86	29580.39
	比率/ %	20.190	13.275	16.441	11.550
盐渍地	面积/ hm ²	19387.35	32712.48	30946.32	44122.23
	比率/ %	7.570	12.762	12.083	17.228
耕地	面积/ hm ²	14331.15	33843.87	42907.86	43699.68
	比率/ %	5.596	13.203	16.754	17.063
未利用地	面积/ hm ²	129203.10	126338.94	120546.99	100052.10
	比率/ %	50.449	49.287	47.069	39.067

3.3 土地利用/覆盖变化时间轨迹分析

为了定量化分析随时间变化人类活动对环境所产生的影响,将这些变化轨迹划分为 3 类^[15-16],即:未变化类、人为因素引导的变化类和自然因素引导的变化类。例如在变化轨迹中:G- G- G- G 或 W- W- W- W 还有一些不是很明确的变化或者是由于分类精度上出现的误差轨迹诸如 S- S- G- S, G- C- G- G 等都划分为未变化类,它们表明了 在 15 年间该象元的土地覆盖类型相同,没有发生变化。由自然因素所引起的变化包括由于自然过程或

者轻微的人类活动(例如:轻度放牧)所引起的变化。例如,夏天的洪水可能淹没草地,而随后的短时期的旱季,由于强烈的蒸发,草地就会变化为盐渍地。例如:G- W- B- G,或者 G- W- W- G 等这种轨迹就被划分为由自然因素所引起的变化。人为因素所导致的变化包括由于人类活动所引起的决定性的变化,诸如修建水库水坝渠系和开垦的新耕地。这些变化通常是不可逆转的,所以他们代表了人类活动对环境的主要影响,此类变化的代表性的轨迹包括有:G- G- C- C, S- S- S- C, G- G- W- W 等。

表 3 研究区土地利用/覆盖变化轨迹分类

类别 1	类别 2	变化轨迹	面积/ hm ²	百分比/ %
未变化	水体	W- W- W- W	4890	1.9
	林地	F- F- F- F	9930	3.9
	草地	G- G- G- G	19560	7.6
	未利用地	B- B- B- B	90750	35.4
	耕地	C- C- C- C	3260	1.3
	盐渍地	S- S- S- S	12280	4.8
自然因素驱动	草地/ 盐渍地	G- G- S- G/ G- W- G- G	9010	3.6
	未利用地/ 盐渍地	G- B- G- B/ S- W- B- S	48410	18.9
人为因素驱动	开垦耕地	G- G- G- C/ S- S- C- C	174590	11.3
	水库/ 水坝	G- G- W- W	1240	0.5
	林地	S- S- C- F/ C- C- F- F	25930	10.2

由表 3 统计数据可以看出,研究区近 15 a 来未发生变化的区域占总区域面积的 54.9%,由自然因素影响的变化有 22.5%,由人为因素驱动的占总面积的 22%。对于未变化的类型中,未利用地的数值最大,占到了 64.5%,其次是草地,占到了 13.8%。其他类型之间都有频繁的相互转化的过程。在自然因素引导的变化中,盐渍地、未利用地和草地的相互转换比较频繁,这与区域的气候条件、降水情况密切相关。在人为因素变化中,耕地的变化最明显,达到

了 46.8%,其次是林地的变化,达到了 46.4%,这是因为随着农田的增加,农田防护林也出现了相应增长的局面。而且随着人口的增加,居民点周围散布者大量的林地。其次,随着经济的发展,当地政府开始重视治沙、防沙,在绿洲和沙漠的交接处大力植树造林、提高植被覆盖度、进行生态改造有密切关系。在人为因素中,由于人工绿洲的大面积开发,水库水坝以及渠系的建造使得水体的面积有所变化。然而,由于本文的研究区域选在塔里木盆地南缘的于

田县,地理位置比较偏僻,因此,人类活动对该地的环境影响还非常有限。但是,根据分析可以看出,自从20世纪90年代开始,人类已经在改变着区域的生态环境,随着人口和经济的增长,这种改变开始起着越来越重要的角色了。

3.4 土地利用/覆盖变化轨迹空间分布

从图3中可以看出,人为因素所导致的变化主要分布在绿洲内部。表现为新开垦的耕地,绿洲内的林带和农田防护林带。除此之外,还有新建的水库水坝,河网渠系等。人类活动对环境的影响逐渐从绿洲内部向外围扩散,沿着河流水系开始进行改造。由于研究区域地处塔里木盆地南缘,该区风沙活动频繁,沙漠化现象比较严重,受到季节气候环境的影响,自然因素的变化主要是在绿洲外围的交错带。表现为草地和盐渍地之间的转化,草地和未利用地之间的转化以及未利用地和盐渍地之间的转化。

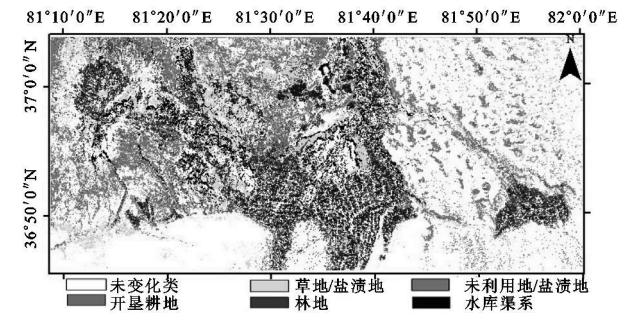


图3 1989—2002土地利用/覆盖变化轨迹类型

4 结论

近15 a期间,受自然条件的影响,研究区域变化了57 220 hm²,占全区域的22.5%,其中主要为未利用地、草地之间的转化,受季节气候影响,在夏秋季河流量充沛期,河滩草地生长旺盛,而到了春冬季节,由于河流枯竭、断流等的影响,草地又重新转化为未利用地。人为因素导致的变化占总面积的22%,并且随着绿洲的发展,人为因素已经在区域环境变化中开始占主导因素,其中,耕地的增长以及水库水坝的建立都直接影响着区域土地利用/覆盖格局的变化。

本文通过多时相多尺度遥感数据的融合,建立了分析干旱区环境变化因素的有效实用的方法。在研究中,拓展了干旱区环境变化轨迹的概念和方法,把由于人为因素对环境造成不可逆转的变化从由自然因素所引起的变化中提取出来,从而有利于从人为因素角度针对实施管理和决策,达到有效管理土地以及可持续发展的目标。由于所选影像的时间间隔较大,对于区域土地利用/覆盖变化的轨迹分析存

在着一定的误差,研究时相的不严格匹配使得研究精度有待进一步提高。

参考文献:

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-557.
- [2] 周兴东, 于胜文, 赵长胜. 徐州市土地利用/覆盖动态变化分析[J]. 测绘通报, 2008(1): 33-36.
- [3] 赵卫权, 杨华. 基于RS与GIS的重庆主城区土地利用及土地覆盖变化分析[J]. 水土保持通报, 2008, 28(1): 110-114.
- [4] 马建文, 田国良, 王长耀, 等. 遥感变化检测技术发展综述[J]. 地球科学进展, 2004, 19(2): 192-196.
- [5] 李德仁. 利用遥感影像进行变化检测[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2003, 28(增刊): 7-12.
- [6] 李静, 吴连喜, 周珏. 遥感变化检测技术发展综述[J]. 水利科技与经济, 2007, 13(3): 153-155.
- [7] 张继贤, 杨贵军. 单一时相遥感数据土地利用与覆盖变化自动检测方法[J]. 遥感学报, 2005(3): 294-299.
- [8] 李天宏, 韩鹏. 厦门市土地利用/覆盖动态变化的遥感检测与分析[J]. 地理科学, 2001, 21(6): 537-543.
- [9] 何春阳, 陈晋, 陈云浩, 等. 土地利用/覆盖变化混合动态监测方法研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 255-262.
- [10] 吴世新, 周可法, 刘朝霞, 等. 新疆地区近10年来土地利用变化时空特征与动因分析[J]. 干旱区地理, 2005, 28(1): 52-58.
- [11] 丁建丽, 塔西甫拉提·特依拜. 3S技术在绿洲土地覆盖变化研究中的应用研究: 以新疆于田绿洲为例[J]. 生态学杂志, 2005, 24(11): 1277-1282.
- [12] 马明国, 王雪梅. 基于遥感与GIS的干旱区绿洲景观格局变化研究: 以金塔绿洲为例[J]. 中国沙漠, 2003, 23(1): 53-55.
- [13] Zhou Q, Li B, Kurban A. Trajectory analysis of land cover change in arid environment of China[J]. International Journal of Remote Sensing, 2008, 29(4): 1093-1107.
- [14] 塔西甫拉提·特依拜, 赵睿, 丁建丽. 干旱区绿洲LUCC马尔柯夫过程分析: 以新疆于田绿洲为例[J]. 干旱区地理, 2006, 29(4): 548-554.
- [15] Robert E, Kennedy W B, Cohen T A, Schroeder. Trajectory based change detection for automated characterization of forest disturbance dynamics[J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 110: 370-386.
- [16] Zhou Qiming, Li Baolin. Spatial pattern analysis of land cover change trajectories in Tarim Basin, north-west China[J]. International Journal of Remote Sensing, 2008, 29(19): 5495-5509.