

天山北麓土地利用与土地退化的时空特征探析

徐丽萍, 郭鹏, 刘琳, 王玲

(石河子大学 理学院 地理系, 新疆 石河子 832000)

摘要: 研究天山北麓土地利用/覆被变化过程中的土地退化现象, 有利于监测新垦绿洲的环境演变过程。采用 1990 年、2000 年、2010 年 3 期遥感影像为基础数据, 选取土地利用变化幅度、动态度、土地利用强度指数和 LUCC 动态变化趋势指数 4 个指标, 并结合转移矩阵, 对该地区 20 a 来的土地利用/覆被变化时空特征及土地退化现象进行综合分析。1990—2010 年, 研究区耕地和城乡居民工矿用地所占比例持续上升, 分别增加了 91.05% 和 60.19%。草地和冰川/永久积雪面积则大幅减少, 分别下降了 15.45% 和 28.97%。通过转移矩阵发现, 草地和永久冰川退化成荒漠的趋势明显。各土地利用类型中以草地的土地利用变化强度指数最高, 达 -0.5056%, 耕地次之, 为 0.4091%。研究区土地利用类型间主要转移方向为: 草地和冰川/永久积雪转化为荒漠, 荒漠和草地转化为耕地, 荒漠与草地间相互转化, 盐碱地面积得到控制, 但向荒漠转化的趋势凸显, 永久冰川的消融明显加剧, 草地持续退化, 研究区生态环境恶化趋势明显。

关键词: 土地利用/覆被变化; 土地退化; 天山北麓

中图分类号: X171

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)05-0316-06

Analysis of the Spatiotemporal Features of Land Use and Land Degradation in the Northern Piedmont Area of the Tianshan Mountain

XU Li-ping, GUO Peng, LIU Lin, WANG Ling

(Department of Geography, College of Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: In order to study the Tianshan Mountains land use change and land degradation status, land use/cover change and land degradation within 20 years in the region were analyzed based on remote sensing data of 1990, 2000 and 2010, and by selecting the range of land use change, land use dynamic degree and intensity index, and combining with the transfer matrix. The area of farmland and urban and rural residents and industrial land continued to increase from 1990 to 2010, and increased by 91.05% and 60.19%, respectively. Meadows and glaciers or permanent snow area significantly reduced, decreased by 15.45% and 28.97%. Based on the transfer matrix, degeneration of grassland and permanent glaciers into desert was obvious. Various land-use types, land-use change in grassland intensity index was up to -0.5056%, followed by arable land, which is 0.4091%. The main land use types in the transfer direction in the study area was grassland and glaciers/permanent snow into the desert, desert and grassland into arable land, desert and grassland mutual transformation, area was under control, but the trend of the conversion of the saline land to desert was obvious, and losses of permanent glaciers was rapid.

Key words: land use/cover; land degradation; northern piedmont area of the Tianshan Mountain

土地利用/土地覆盖变化(Land Use/Land Cover Change, LUCC)研究已经成为全球变化研究的前沿和热点^[1-2], 而不可持续的土地利用方式导致的土地退化也已成为全球备受关注的环境问题之一^[3]。大量研究表明, LUCC 对其生态环境的影响是多方面

的^[4-7], 特别是不同的土地利用类型由于人类活动方式和强度差异所造成的土地资源退化问题是各不相同的^[8-15]。近年来由于人口增长、工业化和城镇化快速发展等因素影响, 绿洲土地利用强度和复杂性增加, 出现了区域性土地盐渍化、土地荒漠化等土地退

化问题。以往的研究多集中在土地利用结构变化与驱动力、土地退化的类型界定、时空分布和评价方面,鲜有从土地利用类型转化关系角度去探讨土地退化程度并对其进行量化的,故本文以天山北麓经济带所包含的地域范围为研究区域,探讨近 20 年来主要土地利用类型的变化,比较工矿、居民、交通用地、草地、耕地、林地与盐碱地等荒漠土地类型的转换变化,剖析由于自然与人为过程改变土地利用方式对土地退化问题产生的影响。从土地利用类型转化角度去探讨土地退化问题并对其进行量化,有利于加强新疆绿洲土地退化过程的监测,对绿洲人类生存和区域可持续发展具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

天山北麓经济带位于天山山脉博格达山、依连哈比尔尕山和婆罗科努山分水岭以北地区,西起温泉县,东至木垒县,行政区包括 17 个县市,总面积为 13.65 万 km²,占新疆总面积的 8.22%;山地、绿洲、荒漠共同构成了天山北坡相互依存和相互作用的完整生态系统^[16];天山北麓经济带总人口 458 万人,占新疆总人口的 23.3%,集中了全疆 83% 的重工业和

62% 的轻工业,历年国内生产总值占全疆 40% 以上,城镇、交通、能源等基础条件好。在“十二五”期间,天山北麓经济带势必会迎来更高强度的开发,大规模的农业现代化、工业化、城镇化势在必行,因此土地退化问题可能会长期持续存在。

1.2 材料与方法

1.2.1 数据来源 遥感数据主要利用 eCognition 8.7 面向对象的分类方法对 1990 年 8 月、2000 年 8 月、2010 年 8 月的 3 期 TM 影像解译并辅助谷歌地图获得。解译提取的 32 类土地利用数据转入 ArcGIS 10.0 平台,获得土地利用变化的空间与属性数据。经济社会数据主要通过图书馆电子数据查阅,收集研究区地形、地貌、气候气象、土壤、植被、水文、人类活动因子(包括土地利用、人口、经济、政策等)基础资料,时间序列为 1990—2010 年。

1.2.2 分类方案 依据分类结果,结合实际研究需要,利用 ArcGIS 10.0 软件将二级地类合并为耕地、林地、草地、水域、盐碱地、荒漠、冰川/永久积雪和工矿、居民、交通用地 8 个一级地类(见表 1)。最后对解译得到的三期土地利用数据进行空间叠加分析和统计,获得 1990—2000 年和 1990—2010 年的土地利用类型转移矩阵。

表 1 天山北麓 LUCC 分类方案

研究区一级地类及编码	研究区二级地类及编码	类型描述
耕地(01)	旱地(08),水田(11)	正在使用的农田,弃耕地
林地(02)	乔木园(01)、乔木绿地(02)、常绿针叶林(07)、森林沼泽(9)、灌丛沼泽(15)、灌木园(16)、灌木绿地(17)、稀疏林(19)、稀疏灌木林(20)、落叶针叶林(26)、落叶阔叶林(27)、落叶灌木林(28)	较大面积的自然、人工林带、绿洲中耕地和菜地及村镇道路周围少许树木生长地、芦苇生长带、绿洲内部茂密的林带、灌丛包围的住宅区、灌渠两侧有植被覆盖地区等
草地(03)	稀疏草地(21)、草原(22)、草本沼泽(23)、草本绿地(24)、草甸(25)	高山草甸,山间草原及其他大片草本植物覆盖地区
水域(04)	水库/坑塘(10)、河流(13)、湖泊(14)、运河/水渠(31)	湖、河流、水渠以及大的水库
盐碱地(05)	盐碱地(18)	大范围盐渍化土地
荒漠(06)	沙漠/沙地(12)、裸土(29)、裸岩(30)	沙漠,裸露的未利用土地及人为破坏的自然表面
冰川/永久积雪(07)	冰川/永久积雪(04)	山顶终年不化的冰雪
工矿、居民、交通用地(08)	交通用地(03)、居住地(05)、工业用地(06)、采矿场(32)	人类活动改造巨大的城镇及其附属设施所占区域

1.2.3 指标选取

(1) 土地利用/覆被变化幅度。土地利用/覆被变化幅度指某一土地利用类型的面积变化幅度,反映了不同土地利用类型在总量上的变化情况^[17]。其表达式为:

$$R = (U_b - U_a) / U_a \times 100\% \quad (1)$$

式中: R ——研究时段内某种土地利用类型的变化幅度; U_a, U_b ——研究初期和末期某一类土地利用类型

的面积。

(2) 土地利用动态度。单一类型的土地利用动态度可定量描述研究区一定时段内某种土地利用类型的变化速度^[18]。其表达式为:

$$R_d = (U_a - U_b) / U_b \times 1/T \times 100\% \quad (2)$$

式中: R_d ——研究时段内某一土地利用类型的土地利用动态度(%); U_a 和 U_b 意义同上; T ——研究时段。

(3) 土地利用变化强度指数。土地利用变化强

度指数为一定时段内土地利用变化面积占研究区总面积的比例^[19],可以用于表示某一土地利用类型的流失或增加程度。其表达式为:

$$ILT = (U_b - U_a) / A_L \times 1/T \times 100\% \quad (3)$$

式中:ILT——土地利用变化强度指数,正值表示增加,负值表示流失; A_L ——研究区土地总面积。

(4) LUCC 动态变化趋势指数。LUCC 动态变化趋势指数值介于-1 和 1 之间,若 P_s 的值大于 0 表示该土地类型向规模增大的方向发展,值越接近 1 则表示地类变化主要是其他土地类型转为该地类,处于“扩张”状态;接近 0 时表明该土地类型增加和减少的趋势小;若 P_s 值小于 0 表示该土地类型向规模减少方向发展,越接近-1,则表明地类变化主要是该土地类型转变为其他类型,处于“缩减”状态。具体公式如下^[20]:

$$P_s = (\Delta U_{in} - \Delta U_{out}) / (\Delta U_{in} + \Delta U_{out}), -1 \leq P_s \leq 1 \quad (4)$$

式中: ΔU_{out} ——研究时段 T 内某一种 LUCC 类型转变为其他类型的总和; ΔU_{in} ——其他类型转变为该类型的总和; P_s ——LUCC 类型的变化趋势和动态指数。

(5) 土地退化空间分析。在土地资源退化定义和分类辨析的基础上,用 ArcGIS 10.0 将各土地利用

类型退化为荒漠化和盐渍化的面积按转移矩阵以不同的颜色表示出其在空间上的差异,形成空间分布图。

2 结果与分析

2.1 天山北麓土地利用/覆被变化的总体特征

天山北麓经济带土地利用总体特征表现为草地面积比例较大,其所占比例在不同年份均在 55% 以上,另外,耕地、林地、荒漠也是该区土地利用的主要类型,这 4 种土地类型面积之和分别占相应年份土地面积的 94.17%,93.69%,94.38%,其他 4 种土地类型面积之和为 5%~6%。近 20 年来,耕地和工矿、居民、交通用地所占比例持续增加,分别增加了 91.05% 和 60.19%;草地退化明显,减少了 15.45%;水域面积变化虽有较小波动,但总体趋势仍表现为减少;林地面积出现连续增长的态势,共增加了 11.07%;盐碱地在 1990 年后出现小幅增加,但到 2010 年其面积减小趋势明显,20 a 间共减少 17.82%;冰川/永久积雪的面积出现大幅缩减,20 a 减少了 28.97%。荒漠化土地持续小幅增长,20 a 增长了近 14 km² (见表 2)。

表 2 1990 年、2000 年、2010 年各土地利用类型面积及占总面积比例

土地利用类型	1990 年		2000 年		2010 年	
	面积/100 km ²	占总面积比例/%	面积/km ²	占总面积比例/%	面积/km ²	占总面积比例/%
耕地	116.88	8.99	16044	12.33	22330	17.17
林地	125.09	9.62	12987	9.98	13893	10.68
草地	851.47	65.46	78932	60.68	71993	55.35
水域	15.73	1.21	1642	1.26	1551	1.19
盐碱地	8.02	0.62	820	0.63	659	0.51
荒漠	131.39	10.10	13922	10.70	14538	11.18
冰川/永久积雪	36.37	2.80	3674	2.82	2584	1.99
工矿、居民、交通用地	15.79	1.21	2032	1.56	2529	1.94

2.2 天山北麓土地利用动态趋势分析

1990—2000 年天山北麓土地利用类型中,各土地利用类型变化总体较为强烈(见表 3)。以耕地的变化幅度和土地利用动态度最大,工矿、居民、交通用地次之,二者均处于“扩张”态势。林地面积小幅增加,保持一定的“扩张”态势。水域面积也出现小幅增长,有一定的“扩张”趋势。但从土地利用变化强度指数看,草地变化最明显,耕地次之,分别为-0.4778% 和 0.3349%;从 LUCC 动态变化趋势指数看,草地“缩减”显著。值得指出的是,在此期间,冰川/永久积雪、盐碱地和荒漠均有扩张,分别增加 1.01%,2.18%,5.96%。

2000—2010 年,各土地利用类型变化总体依然

剧烈(见表 3)。耕地变化幅度和土地利用动态度持续增加;水域面积在此期间缩减明显,其变化幅度和 LUCC 动态变化趋势指数为-5.51% 和-0.15。盐碱地的“缩减”态势明显,变化幅度和 LUCC 动态变化趋势指数分别为-19.57% 和-0.42;工矿、居民、交通用地增幅较 1990—2000 年减缓 4.25 个百分点,但从变化幅度和土地利用动态度看,仍处于快速“扩张”状态;从土地利用变化强度指数看,依然是草地变化最明显,耕地次之,说明草地收缩、耕地扩张的趋势进一步加剧。要特别指出的是此期间冰川/永久积雪的面积急剧减少,其变化幅度和动态度分别达到-29.68% 和 4.22%,LUCC 动态变化趋势指数剧减至-0.42。

表3 1990—2010年天山北麓不同土地利用类型的变化幅度、动态度、变化强度指数和动态变化趋势指数

土地利用类型	年份	变化幅度(R)/%	土地利用动态度(R_d)/%	土地利用变化强度指数(I_{LT})/%	LUCC动态变化趋势指数(P_s)
耕地	1990—2000	37.27	-2.72	0.3349	0.93
	2000—2010	39.18	-2.82	0.4833	0.85
	1990—2010	91.05	-2.38	0.4091	0.91
林地	1990—2000	3.83	-0.37	0.0368	0.24
	2000—2010	6.97	-0.65	0.0696	0.26
	1990—2010	11.07	-0.50	0.0532	0.36
草地	1990—2000	-7.30	0.79	-0.4778	-0.40
	2000—2010	-8.79	0.96	-0.5335	-0.42
	1990—2010	-15.45	0.91	-0.5056	-0.53
水域	1990—2000	4.40	-0.42	0.0053	0.19
	2000—2010	-5.51	0.58	-0.0070	-0.15
	1990—2010	-1.35	0.07	-0.0008	-0.03
盐碱地	1990—2000	2.18	-0.21	0.0013	0.26
	2000—2010	-19.57	2.43	-0.0123	-0.42
	1990—2010	-17.82	1.08	-0.0055	-0.35
荒漠	1990—2000	5.96	-0.56	0.0602	0.08
	2000—2010	4.43	-0.42	0.0474	0.08
	1990—2010	10.65	-0.48	0.0538	0.12
冰川/永久积雪	1990—2000	1.01	-0.10	0.0028	0.02
	2000—2010	-29.68	4.22	-0.0838	-0.42
	1990—2010	-28.97	2.04	-0.0405	-0.46
人工地表	1990—2000	28.71	-2.23	0.0348	0.55
	2000—2010	24.46	-1.97	0.0382	0.45
	1990—2010	60.19	-1.88	0.0365	0.60

2.3 土地利用/覆被变化转化及土地退化时空动态

2.3.1 土地利用/覆被转化及土地退化的时间动态

近20 a天山北麓经济带各地类转化较为活跃(见表4)。1990—2000年,耕地与各土地利用类型间的转化十分活跃,新增耕地主要由草地转化而来,占耕地转入总面积的92.7%。草地与荒漠的相互转化十分活跃,各占对方转入总面积的81.8%和76.4%。盐碱地的转换幅度较小,工矿、居民、交通用地的增加主要靠草地和荒漠的转入,分别占新转入工矿、居民、交通用地的80.1%和12.9%。林地向草地转化的现象突出,占林地转出总面积的69.16%。水域主要向耕地和草地的转化,二者分别占水域转出面积的35.6%和36.7%。盐碱地恢复为草地的面积占转出总面积的33.4%,而退化为荒漠的面积占36.8%。草地大量转化为耕地、工矿、居民、交通用地正是这一时期毁草开荒等开发活动的表征,而草地和冰川/永久积雪向荒漠的转化则是研究区生态环境恶化的标志。

2000—2010年,耕地保持持续增加的趋势,主要转入土地利用类型依然为草地,占耕地转入总面积的

92.8%。荒漠与草地之间的转化有所放缓,分别占对方新转入面积的60.4%和58.9%。林地转化为草地的趋势明显增加,占新转入草地面积的23.4%,较1990—2000年林地向草地的转换面积增加127%。冰川/永久积雪面积大幅缩减,转化为草地和荒漠,转出面积分别占研究期初冰川/永久积雪面积的14.2%和36.1%。盐碱地单从变化幅度来看,其面积缩小,盐碱化似乎得到一定遏制,但从转移矩阵中发现本时期水域转化为盐碱地的面积为84 km²,较1990—2000年间的水域向盐碱地转化面积13 km²增长了4.3倍,而盐碱地向荒漠转化的规模也急剧扩大,荒漠化占盐碱地转出面积的占比和实际转出面积分别为85.9%和233 km²,比1990—2000年增加49.1%和210 km²。工矿、居民、交通用地的增加除了原来的草地之外,新加入了耕地作为主要转移来源,二者分别占新转入工矿、居民、交通用地面积的44.0%和43.6%,但草地转化为工矿、居民、交通用地的规模仅比1990—2000年缩减6.7%。林地急剧向草地转化,同时草地和冰川/永久积雪面积持续减少以及水域盐

渍化、荒漠面积持续增加显示天山北麓生态环境的进一步恶化,与此同时人类活动占用的区域正在急剧扩大。

综合分析可知,1990—2010年,天山北麓各土地

利用类型间的主要转化方向为:草地转变为耕地、林地和荒漠,草地、耕地转变为工矿、居民、交用地,盐碱地和冰川/永久积雪转变为荒漠,以及荒漠与草地间的相互转化。

表4 1990—2010年天山北麓土地利用类型转移矩阵

研究时期	土地利用类型	转化面积/100 km ²							
		耕地	林地	草地	水域	盐碱地	荒漠	冰川/永久积雪	工矿、居民、交用地
1990—2000年	耕地	113.92	0.32	1.36	0.08	0	0	0	0
	林地	1.27	118.33	4.86	0.28	0.28	0.07	0.02	0.24
	草地	43.12	9.23	742.97	1.51	0.27	44.41	6.07	3.77
	水域	0.54	0.07	0.55	14.22	0.13	0.17	0	0.04
	盐碱地	0	0.02	0.21	0.12	7.39	0.23	0	0.05
	荒漠	1.12	1.85	35.40	0.15	0.40	84.95	6.84	0.61
	冰川/永久积雪	0	0.02	3.49	0.01	0	9.04	23.80	0
	工矿、居民、交用地	0.47	0.03	0.47	0.04	0	0.35	0	14.41
2000—2010年	耕地	154.92	0.78	0.94	0.30	0.01	0.01	0	3.49
	林地	1.33	117.01	11.03	0.16	0	0.13	0	0.21
	草地	63.44	20.37	672.65	1.49	0.24	24.23	3.38	3.52
	水域	0.73	0.45	1.05	13.00	0.84	0.18	0.03	0.13
	盐碱地	0	0	0.08	0.26	5.49	2.33	0	0.04
	荒漠	1.36	0.15	28.51	0.28	0.01	104.22	4.07	0.61
	冰川/永久积雪	0	0.01	5.21	0.01	0	13.25	18.26	0
	工矿、居民、交用地	1.50	0.16	0.35	0.02	0	1.00	0	17.29
1990—2010年	耕地	111.35	0.75	0.84	0.21	0	0.01	0	3.72
	林地	2.82	112.55	8.59	0.50	0	0.18	0	0.44
	草地	102.99	23.00	661.95	2.02	0.42	51.80	2.02	7.25
	水域	1.08	0.37	0.83	12.29	0.82	0.16	0.03	0.14
	盐碱地	0	0.02	0.31	0.19	5.26	2.16	0	0.09
	荒漠	3.66	2.02	42.68	0.24	0.09	77.62	4.10	0.98
	冰川/永久积雪	0	0.07	3.87	0.06	0	12.70	19.68	0
	工矿、居民、交用地	1.39	0.14	0.83	0.01	0	0.75	0	12.67

注:某一行数据表示该年份时段起始年某地类转化为末年各地类的面积。

2.3.2 土地退化空间动态分析 整个研究区植被类型以荒漠草原为主,自然条件恶劣,生态环境非常脆弱。由于快速增长的人口压力、牲畜数量的剧增、草场长期超载过牧、耕地过度垦殖、地下水使用过度等原因,致使土地退化非常严重,各地类的荒漠化和盐碱化的地域分布变化特征明显。

(1) 土地荒漠化的空间动态。20 a间天山北麓土地荒漠化持续加重,出现林地、草地、盐碱地和冰川/永久积雪荒漠化转化明显。林地的荒漠化有所加重,由1990—2000年的7 km²增加到2000—2010年的13 km²。但同时由荒漠土地向林地转化的面积却由1990—2000年的185 km²减少至2000—2010年的15 km²。草地的荒漠化趋势有所放缓。1990—2000年草地退化为荒漠的面积为4 441 km²,而

2000—2010年比1990—2000年缩减2 018 km²。2000—2010年天山北麓中西部—博乐市至玛纳斯县一带,包括克拉玛依北部的草场退化为荒漠的面积较1990—2000年大幅减少,东部—吉木萨尔县至木垒哈萨克自治县一带的北部地区也有明显缩小,仅在乌鲁木齐县境内有少数草地退化的增加。这可能与后十年里退牧还草有关。盐碱地和冰川/永久积雪向荒漠化土地转化加剧。2000—2010年盐碱地转化为荒漠的面积是1990—2000年转化面积的近10倍(表4);盐碱地向荒漠退化的地域集中分布在艾丁湖周围。2000—2010年冰川/永久积雪转化为荒漠的面积较1990—2000年转化面积大幅增长了46.6%;冰川退化的范围由1990—2000年的乌苏至玛纳斯一带向东南延伸至乌鲁木齐县境内。

(2) 土地盐碱化的空间特征。20 a 间,盐碱地面积先是由 1990 年的 802 km² 小幅增长到 2000 年的 820 km²,再迅速缩减为 2010 年的 659 km²。1990—2000 年主要是林地、草地、水域和荒漠向盐碱地转化,其占转入总面积的比重分别为 25.9%,24.8%,12.2%,37%,林地和水域转变成盐碱地的面积分别为 32 km² 和 13 km²;2000—2010 年主要是草地和水域向盐碱地转化,其比重分别为:21.3%和 76.3%,林地和水域转变成盐碱地的面积分别为 0.24 km² 和 84 km²。说明此时期内,林地盐碱化趋势得到遏制,应该得益于新疆退耕还林的生态修复政策和国家“三北防护林”工程的实施,林地保护成效显著。但水域的盐渍化明显加剧,主要是因为精河流域艾丁湖的急剧萎缩,大片的湖面干涸后成为新的盐碱地。

3 结论

近 20 a 天山北麓土地利用/覆被转化活跃。耕地、建设用地持续增长,草地、冰川/永久积雪持续大幅度减少,植被退化严重,土地退化加剧。其中林地、草地、盐碱地和冰川/永久积雪向荒漠化转化明显,尤以草地的荒漠化转化为重,空间上表现为中、西部草地退化 2000—2010 年比 1990—2000 年明显得到控制,而东部则出现扩大的态势。在整个研究区来看,盐渍化得到有效控制,但转化为荒漠的面积大大增加,转入的来源逐渐减少,水域盐渍化有扩大趋势。在极个别地区出现了大幅加重的情况,尤其是艾比湖地区近十年出现剧烈的湖面萎缩,盐渍化土地面积急剧扩大。

本文对土地退化的探讨仅限于荒漠化和盐渍化,比较有局限性。进一步研究预结合实际踩点验证并结合土壤质量分析评价做更严谨深入的分析,并对土地退化的驱动力进行探讨,这对加深天山北麓土地退化问题的剖析和认识,预测未来土地退化的趋势,以便于提出切实可行的改善土地退化现状的意见和建议具有重要意义。

参考文献:

[1] Turner II B L, Skole D, Sanderson S, et al. Land use and land cover change science/research plan[R]. IGBP Report No. 35 IHDP Report 1995:60-63.
[2] 冯仕超,高小红,亢健,等.西宁市 30 多年来土地利用/土地覆被变化及城市扩展研究[J].干旱区研究,2012,29(1):129-136.

[3] 张克锋,李宪文,张定祥,等.中国土地资源退化时空变化分析[J].环境科学,2006,27(6):1244-1251.
[4] 马松增,史明昌,杨贵森,等.基于 GIS 的土地利用时空动态变化分析:以塔里木盆地农垦区为例[J].水土保持研究,2013,20(1):177-181.
[5] 杨文轩,庞红丽,张旭.兰州市近 10 年的土地利用动态变化研究[J].水土保持研究,2013,20(3):231-236.
[6] Foley, Jonathan A, Defries, et al. Global Consequences of Land Use[J]. Science,2005,309(5734):570-574.
[7] 刘全友,童依平.北方农牧交错带土地利用现状对生态环境变化的影响:以内蒙古多伦县为例[J].生态学报,2003,23(5):1025-1030.
[8] 刘志有,蒲春玲,余慧容,等.干旱半干旱区绿洲土地利用区划研究:以新疆伊犁州直为例[J].水土保持研究,2013,20(03):283-288,294.
[9] Abu Muhammad Shajaat Ali,. 孟加拉国农业利用强度增加、土地利用/覆盖变化和土地退化(英文)[J].地球科学进展,2006,25(2):183-191.
[10] 陈玉福,徐新良,王石英.内蒙古高原浑善达克沙地区土地利用与覆被变化及退化趋势[J].山地学报,2006,24(1):60-64.
[11] 柯新利,韩冰华,刘蓉霞,等.1990 年以来武汉城市圈土地利用变化时空特征研究[J].水土保持研究,2012,19(1):76-81.
[12] 许宁,郭旭东,田淑芳,等.基于遥感和 GIS 的土地利用分类方法及其在土地退化程度分析中的应用:以陕西横山雷龙湾地区为例[J].生态学报,2008,28(11):5410-5417.
[13] 韩永伟,高吉喜,乔青.中东部地区土地利用与土地退化特征分析[J].环境科学研究,2005,18(6):96-100.
[14] 杨发相.新疆玛纳斯河流域的土地利用与退化问题[J].新疆环境保护,2002,24(1):8-12.
[15] 李鹏杰,何政伟,李璇琼.基于 RS 和 GIS 的土地利用/覆被动态变化监测:以九龙县为例[J].水土保持研究,2012,19(2):38-42,287.
[16] 陈毕业.构建中国新疆天山北坡经济带[J].中国软科学,2003(3):92-95.
[17] 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.
[18] 窦燕,陈曦,包安明,等.近 40 年和田河流域土地利用动态变化及其生态环境效应[J].干旱区地理,2008,31(3):449-455.
[19] 张飞,塔西甫拉提·特依拜,丁建丽,等.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[J].生态学报,2009,29(3):1251-1263.
[20] 马中华,张勃,张建香,等.疏勒河中游土地利用动态变化分析[J].干旱区资源与环境,2012,26(8):97-101.