

基于RS和GIS的河谷型城市土地利用变化及生态环境效应研究

黄会平¹, 王永兵², 冯小明²

(1. 华北水利水电学院 资源与环境学院, 河南 郑州 4500111; 2. 湖北省漳河工程管理局, 湖北 荆门 448156)

摘要: 基于RS和GIS技术,从1990年和2006年兰州市TM和ETM遥感数据和专题矢量数据中提取了土地利用数据,分析了该区16a来的土地利用变化,并从生态系统服务价值的角度,定量评价了该区土地利用变化所产生的生态环境效应。结果表明,1990—2006年兰州市林地增长面积最大,主要来源于草地和耕地的转出,其次为城镇交通用地,主要是对耕地、草地和未利用地的占用;土地利用类型面积减少最大的是草地,主要转变为耕地、林地和城镇交通用地。土地利用变化引起生态服务价值变化表现为1990年为43 594.95万元,2006年为44 084.16万元,表明该区域生态环境整体向良性方向发展。

关键词: RS; GIS; 土地利用变化; 生态服务价值; 兰州市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)06-0229-05

中图分类号: X171, TP79

Land Use Changes and Ecological Environment Effects in a Valley City Based on RS and GIS

HUANG Hui-ping¹, WANG Yong-bing², FENG Xiao-ming²

(1. North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou, Henan

450011, China; 2. Zhanghe Project Administration Bureau of Hubei Province, Jingmen, Hubei 448156, China)

Abstract: Based on RS and GIS, the data of land use changes in Lanzhou City were extracted from TM, ETM, and thematic vector data from 1990 to 2006. Land use changes during the 16 years were analyzed and ecological environment effects were quantitatively estimated. Results showed that great changes in the city happened from 1990 to 2006. The area of woodland was increased significantly, most of which was transferred from grassland and cultivated land. The next was city traffic land, transferred from cultivated land, woodland, and unused land. The most significant reduction in land use was grassland which was transferred to cultivated land, woodland, and city traffic land. The total ecological service value of Lanzhou City rose from 43 594.95 million yuan in 1990 to 44 084.16 million yuan in 2006. These indicate that the environment of the city is developing toward a healthy status.

Keywords: RS; GIS; land use change; ecological service value; Lanzhou City

自国际地圈—生物圈计划(IGBP)和全球环境变化研究中的人文领域计划(HDP)于1995年联合提出“土地利用和土地覆盖变化”(land use and land cover change, LUCC)研究计划^[1-2]以后,积极参与全球环境变化的国际组织和国家纷纷启动了各自的土地利用变化研究项目,包括国际应用系统于1995年启动“欧洲和北亚土地利用/覆盖变化模拟”项目,对未来50a的变化趋势进行模拟和研究^[3];日本国立科学院全球环境研究中心提出“为全球环境保护的土

地利用研究”(LU/GFC)项目,对亚太地区持续性的土地利用问题进行研究;中国农业科学院资源区划所与荷兰瓦赫宁根农业大学合作,建立了中国土地利用变化及其影响模型,在LUCC研究领域进行了有益的探索^[4];同时也相继在天津、广州、上海、太原、沈阳、大连等城市开展了土地利用及其动态变化的遥感研究。“八五”期间,中国科学院进行了“国家资源环境遥感宏观调查与动态分析”研究^[5],北京大学蔡云龙^[2]教授通过全球气候变化对农业生产带来的影响

收稿日期: 2010-03-15

修回日期: 2010-05-05

资助项目: 水利部公益性行业科研专项“滦河下游区域水资源高效利用关键技术研究”(200801015); 华北水利水电学院高层次人才科研启动项目; 华北水利水电学院青年基金项目(HSQJ2009015)

作者简介: 黄会平(1979—),女(汉族),河南省许昌市人,硕士,讲师,主要从事遥感与地理信息系统研究。E-mail: huanghui ping@ncwu.edu.cn.

的研究,对土地利用与覆盖变化所引起的社会经济问题以及如何实现土地利用的可持续发展问题进行了探讨。经过上述探索,关于土地利用变化的研究较多且已形成较为成熟的理论、方法和成功的案例。但上述研究工作对于西部地区地貌复杂的河谷型城市涉及较少。河谷型城市是指城市主体在河谷中形成并发育,有广义和狭义两类,狭义的河谷型城市属指城市主体发育受到河谷地形较为强烈的直接限制,城市本身被迫沿地形及河流走向发展。兰州市是西北干旱地区典型的河谷型城市,土地利用受地形和河流影响较大;气候干旱,植物生长困难,生态环境脆弱,不合理的土地利用可能会使兰州市生态环境遭到毁灭性的破坏。本文在计算机软硬件的支持下,借助 RS 和 GIS 技术,从生态系统服务入手,对兰州市土地利用动态变化过程及其生态环境效应进行研究,研究结果对该区进行合理的土地规划、维持地区生态平衡、建立可持续的土地利用模式具有指导意义。

1 研究区概况

甘肃省兰州市地处黄河上游,位于东经 102.30° — 104.30° ,北纬 35.51° — 38° 之间,与黄土高原、青藏高原、内蒙古高原交错会接。城市行政区由城关、七里河、西固、安宁、红古 5 区及永登、皋兰、榆中 3 县组成,城区南北群山对峙,东西黄河穿城而过,蜿蜒百余里,是一座东西狭长的带状城市。该区深居内陆,地处季风气候区与非季风气候区的过渡地带,是典型的温带半干旱大陆性季风气候区。本研究中所涉及的区域为兰州市 5 区,市区面积 $1\ 631.6\text{ km}^2$ (附图 6)。

2 数据来源、计算过程与研究方法

2.1 数据来源

本研究选取研究区 1990 年的 TM 影像和 2006 年的 ETM 影像,空间分辨率为 $30\text{ m}\times 30\text{ m}$,轨道号 130,行号 35,两期影像成像时间分别为均为 8 月 25 日,辅助数据为兰州市统计年鉴、兰州市 1:10 万地形图、兰州市政区图、兰州市土地利用总体规划(1997—2010 年)及部分地区的土地利用现状资料,所有的相关数据都采用查阅文献、图件和调查访问的方法取得。

2.2 数据处理

本研究以遥感为主要研究手段,并辅以 GIS 技术分析,主要技术路线见图 1。其与 GIS 相结合,进行遥感图像的预处理、纠正、配准,以及人机交互的目视解译,得到 1990、2006 年土地利用现状矢量图。根据国家农委的土地利用现状分类系统(一级分类),结

合兰州市土地利用现状和实地调查,将土地利用分类为耕地、林地、草地、城镇交通用地、水域和未利用地(包括裸地、盐碱地以及其它难利用地)。为了提高分类精度,采用监督分类和非监督分类相结合的方法,先对影像数据进行非监督分类生成模板,再对这一模板进行编辑和修订以训练判断函数。经反复改善,直到识别情况达到满意为止,然后用最大似然法对影像进行监督分类。在实地验证的基础上,获得兰州市 1990—2006 年的土地利用分类图(附图 7—8)。最后对后处理的分类结果运用基于误差矩阵的方法进行精度评价,总体分类精度可达 82.26% 以上, Kappa 系数为 0.760 7,此结果可用作土地利用结构演化信息的分析。

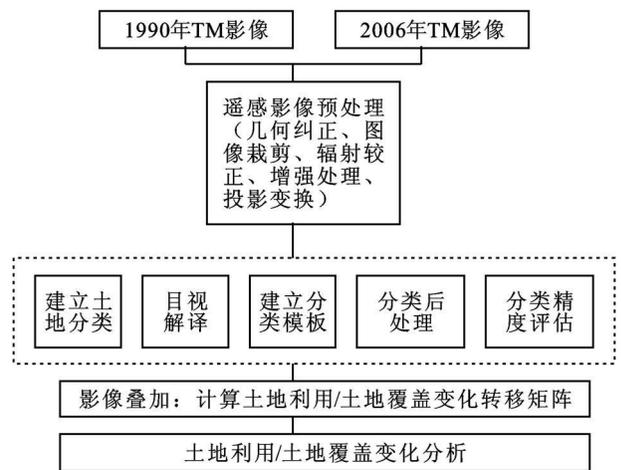


图 1 LUCC 研究技术流程

2.3 计算方法

2.3.1 生态系统服务价值的评价方法 参照 Costanza 等^[6] 对全球生态系统服务价值的估算方法,应用谢高地等^[7] 总结的“中国生态系统服务单位面积生态服务价值当量表”,针对研究区具体情况对生态系统服务价值当量因子做如下修正:以兰州市 1990—2006 年平均粮食产量 $2\ 437.35\text{ kg}/\text{hm}^2$ ^[8] 为研究区的基准单产,考虑没有人力投入的自然生态系统提供的经济价值是现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的 $1/7$ ^[9],得出兰州市单位面积农田每年自然粮食产量的经济价值为 $348.19\text{ 元}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ (换算为 1990 年可比价格)。具体按以下原则归类操作:耕地对应农田,林地即森林,水域对应河流、湖泊,未利用地对应荒漠,城镇及交通用地按照 Costanza 等学者的方法,不估算其生态系统服务功能经济价值,从而计算出兰州市各类土地单位面积年度生态服务价值量。各年土地利用类型生态系统服务功能经济价值总量计算公式为^[10]:

$$ESV = \sum_{i=1}^n VC_i \times L_i \quad (1)$$

式中:ESV——研究区生态系统服务功能的经济价值年度总量(元); VC_i ——第*i*类土地单位面积年度生态系统服务功能的经济价值量(元/($hm^2 \cdot a$)); L_i ——第*i*类土地的面积(hm^2)。

2.3.2 土地利用类型变化率 土地利用类型年变化率(*K*)指的是某研究区一定时间范围内某种土地利用类型数量的年变化情况。

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\% \quad (2)$$

式中: U_b, U_a ——分别为研究初期及研究末期某一种土地利用类型的数量。

2.3.3 生态效应评价 为了确定生态系统服务价值随时间的变化对于生态价值系数的依赖程度,依据前人的研究,选取经济学中常用的弹性系数测评价值系数的敏感性指数CS。

基于计算的方便,将研究区6种土地类型的价值系数分别上下调整50%,衡量生态系统服务价值的变化。敏感性指数的计算公式为:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \right| \quad (3)$$

式中:*i, j*——分别代表初始总价值和生态价值系数调整以后的总价值;*K*——代表各土地利用类型。若 $CS > 1$,表明ESV相对于VC是富有弹性的,即1%的自变量变动将引起应变量大于1%的变动;若 $CS < 1$,ESV则被认为是缺乏弹性的,即1%的自变

量变动将引起应变量小于1%的变动,比值越大,表明生态服务功能价值指数的准确性越关键。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

表1为兰州市1990—2006年土地利用变化面积转移矩阵。从表中可以看出,土地利用类型变化最大的是草地,面积明显减少,主要转移为林地、耕地和城镇交通用地,转移面积共达6 121.59 hm^2 ,占总变化面积的44.79%;其次是林地面积的增加,有2 922.25 hm^2 的草地和1 431.38 hm^2 的耕地转化为林地,加之对121.01 hm^2 未利用地的绿化,兰州市在16 a中人工植树造林面积总计4 483.23 hm^2 ,且呈分散状分布于南北山区;另一大土地利用变化类型是城市及交通建设对土地的占用,1990—2006年研究区城市建设占地面积达1 025.5 hm^2 ,其中对草地和未利用地的占用最大,分别为512.96和278.94 hm^2 ,占总扩建面积的77.22%;土地利用类型最稳定的是水域,其利用类型面积基本未发生变化。研究区1990—2006年土地利用变化的总体趋势为(附图7—8表2):草地、耕地和未利用地的面积在减少,减少量最大的是草地6 121.59 hm^2 ,比1990年减少了2.01%,耕地减少了426.05 hm^2 ,减少1.03%,未利用地减少了366.49 hm^2 ;林地和城镇交通用地的面积在增加,增加量最大的是林地,增加了1 381.08 hm^2 ,比1990年增加10.84%,城镇交通用地增加了1 025.5 hm^2 ;水域面积变化不大。

表1 兰州市1990—2006年土地利用变化面积转移矩阵

hm^2

项目	2006年					
	耕地	林地	草地	水域	未利用地	城镇交通用地
1990年						
耕地	37 308.84	1 431.38	2 190.64	0	23.21	212.35
林地	826.13	9 641.45	2 254.56	0	10.23	11.23
草地	2 541.08	2 922.25	72 493.85	0	145.3	512.96
水域	0	8.59	11.32	2 560.02	4.69	10.02
未利用地	64.32	121.01	85.65	0	885.32	278.94
城镇交通用地	0	0	0	0	0	14 568.74

3.2 敏感性分析

根据CS计算公式,计算兰州市1990和2006年的敏感性指数(表2),以此来分析某一土地利用类型的变化对生态系统服务价值变化的重要程度。结果表明:兰州市所有土地利用类型的ESV对VC的敏感性指数均小于1,表现为:林地>水域>耕地>未利用地>草地。

3.3 生态系统服务功能价值变化分析

表3反映了兰州市生态系统服务功能经济价值

量,由表3可知,兰州市1990年总生态经济价值为59 911.97万元,2006年为60 432.82万元,生态经济价值16 a增加了521.85万元,可见兰州市区生态生产力正在逐步上升,生态系统服务功能不断优化,区域生态环境向可持续方向发展。近16 a来,兰州市在全国实施退耕还林(草)和大力推进生态环境恢复、建设的前提下,斥资对南北两山实施了绿化工程^[1],因此该计算结果是符合实际情况的。同时,分析不同时期各土地利用类型对生态服务服务价值的贡献,其

中草地贡献最大, 1990 年的贡献率为 53.32%, 2006 年为 51.80%; 其次为林地和耕地, 1990 年贡献率分别为 20.83% 和 18.90%, 2006 年为 22.88% 和 18.53%; 未利用地对生态经济服务价值的贡献最小, 其贡献率仅约为 0.15% 和 0.10%。虽然草地、耕地、

水域和未利用地的生态服务功能价值都在不同程度的减少, 只有林地的生态服务价值呈增长趋势, 但兰州市 16 a 中土地生态总服务价值却表现为增长态势, 清晰地说明了森林生态系统在维系和促进兰州市生态环境建设和社会经济持续发展中的巨大作用。

表 2 兰州市生态系统服务价值敏感度和生态价值变化率

项目	耕地	林地	草地	水域	未利用地	城镇交通用地
1990 年面积/ hm^2	41 166.42	12 743.6	78 615.44	2 594.64	1 435.24	14 568.74
2006 年面积/ hm^2	40 740.37	14 124.68	77 036.02	2 560.02	1 068.75	15 594.24
面积变化率/ %	-1.03	10.84	-2.01	-1.13	-25.54	7.04
年变化率/ %	-0.064	0.678	-0.126	-0.188	1.596	0.44
VC/(元· hm^{-2} · a^{-1})	2 750.70	9 791.10	4 063.38	15 790.42	483.98	—
VC+50%/(元· hm^{-2} · a^{-1})	4 126.05	14 686.65	6 095.07	23 685.62	725.98	—
VC-50%/(元· hm^{-2} · a^{-1})	1 375.35	4 895.55	2 031.69	7 895.21	241.99	—
ESV ₁₉₉₀ /(10^6 元· a^{-1})	113.24	124.77	319.44	40.97	0.69	—
ESV ₂₀₀₆ /(10^6 元· a^{-1})	112.06	138.30	313.03	40.42	0.52	—
ESV ₁₉₉₀ +50%/(10^6 元· a^{-1})	169.86	187.16	479.16	61.46	1.04	—
ESV ₁₉₉₀ -50%/(10^6 元· a^{-1})	56.62	62.39	159.72	20.49	0.38	—
ESV ₂₀₀₆ +50%/(10^6 元· a^{-1})	168.10	207.44	469.54	60.64	0.78	—
ESV ₂₀₀₆ -50%/(10^6 元· a^{-1})	56.03	69.15	156.51	20.22	0.26	—
CS ₁₉₉₀	0.21	0.46	0.000 9	0.28	0.000 6	—
CS ₂₀₀₆	0.23	0.51	0.000 5	0.33	0.000 2	—

表 3 兰州市生态系统服务功能经济价值量

地类	单位价值量/ (元· hm^{-2})	经济价值量/(万元· a^{-1})		所占比例/ %		增减量/ (万元· a^{-1})
		1990 年	2006 年	1990 年	2006 年	
草地	4 063.38	31 944.42	31 302.64	53.32	51.80	-641.78
城镇交通用地	—	—	—	—	—	—
耕地	2 750.70	11 323.65	11 206.46	18.90	18.53	-117.19
林地	9 791.10	12 477.39	13 829.62	20.83	22.88	1 352.23
水域	15 790.42	4 097.45	4 042.38	6.80	6.69	-54.67
未利用地	483.98	69.46	51.73	0.15	0.10	-17.74
合计	32 879.58	59 911.97	60 432.82	100	100	521.85

4 结论

(1) 1990—2006 年, 兰州市城区土地利用变化剧烈。16 a 间耕地、草地、未利用地和水域面积不断减少, 城镇交通用地面积和林地面积则急剧增加, 林地面积年变化率达到 0.68%, 城镇交通用地面积年变化率达到 0.44%。林地面积大幅度增加, 原因是近年来实施的退耕还林举措, 导致城镇交通用地急剧增加的原因是城市化步伐不断加快。

(2) 兰州市城区生态价值服务价值在 16 a 间从 59 911.97 万元增加到 60 432.82 万元, 共增加了 521.85 万元, 表明该区域生态环境整体向良性方向发展。兰州地区近年来加大了退耕还林还草的力度, 生态系统服务价值有小幅度的上升, 但兰州市属典型

的河谷型城市, 受自然条件限制, 城镇交通用地的总量与快速扩展的城市发展趋势矛盾十分尖锐, 另外人口因素(主要包括人口规模)、经济发展因素(主要包括经济总量和经济结构)和农业技术因素都是影响土地利用的关键因素。兰州市区的生态环境质量仍不容乐观, 生态环境保护工作任重道远。

(3) 本研究借助 GIS 和 RS 技术, 对兰州市 16 a 来由于土地利用变化导致的生态系统服务价值进行了初步的计算和分析。结果表明, 利用 GIS 和 RS 技术进行生态效应测评是一种有效的方法, 但生态服务价值系数是动态的, 其大小的确定不仅与生态系统的种类、结构、生物多样性有关, 而且还与空间位置、资源稀缺性等因素有关, 这些方面的工作需要今后进一步的深入研究。

(下转第 237 页)

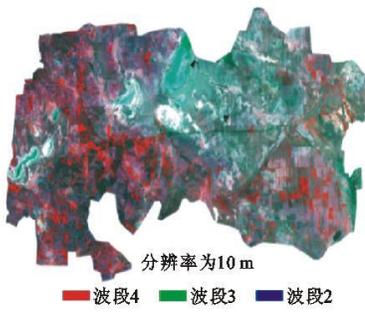
[参 考 文 献]

- [1] 张武国. 岩溶地区铁路长隧道涌水涌泥砂及地表塌陷规律的研究[J]. 世界隧道, 1999(4): 15-19.
- [2] Chehade F H, Shahrour I. Numerical analysis of the interaction between twin tunnels; Influence of the relative position and construction procedure[J]. Tunneling and Underground Space Technology, 2008, 23: 210-214.
- [3] 周罡, 杨新安, 孔少波, 等. 超小间距隧道施工中的地表沉降研究[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2006, 25(5): 717-719.
- [4] 丁圣彦. 生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 92-93.
- [5] 刘丹, 杨立中, 于苏俊. 华蓥山隧道排水的生态环境问题及效应[J]. 西南交通大学学报, 2001, 36(6): 308-313.
- [6] Hamza M, Ata A, Roussin A. Ground movements due to the construction of cut-and-cover structures and slurry shield tunnel of the Cairo metro[J]. Tunneling and Underground Space Technology, 1999, 14(3): 281-289.
- [7] Hoek E. Big tunnels in bad rock[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2001, 127(9): 726-740.
- [8] Golshani A, Oda M, Okui Y. Numerical simulation of the excavation damaged zone around an opening in brittle rock[J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2007, 44: 835-845.
- [9] 胡炜, 曾东洋. 平行盾构隧道施工地表变位影响因素研究[J]. 铁道工程学报, 2007(3): 50-55.
- [10] 张海波. 地铁隧道盾构法施工对周围环境影响的数值模拟[D]. 江苏: 河海大学, 2005.
- [11] 曾晓燕. 岩溶隧道涌水对生态环境的影响[D]. 四川: 西南交通大学, 2006.
- [12] 蒋成海, 吴湘滨, 黄栋梁, 等. 雪峰山隧道浅埋段隧道涌水对生态环境影响研究[J]. 中南公路工程, 2006, 31(1): 34-37.
- [13] Chiang H L, Hwu C S, Chen S Y, et al. Emission factors and characteristics of criteria pollutants and volatile organic compounds (VOCs) in a freeway tunnel study[J]. Science of the Total Environment, 2007, 381: 200-211.
- [14] 刘煌. 歌乐山隧道施工弃渣对土壤环境影响评价[D]. 四川: 西南交通大学, 2004.
- [15] Salminen J, Haimi J. Horizontal distribution of copper, nickel and enchytraeoid worms in polluted soil[J]. Environmental Pollution, 1999, 104: 351-358.
- [16] Halliwell B, Gutteridge J M. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease[J]. Biochemistry Journal, 1984, 219(1): 1-14.
- [17] 田栋. 铁路工程中的生态环境问题及其研究方法[J]. 甘肃科技, 2009, 25(8): 79-81.
- [18] 蒋忠信. 隧道工程与水环境的相互作用[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(1): 121-127.
- [19] 孙健, 白晓军, 朱雷. 隧道工程施工期环境影响及对策探讨[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2008, 35(1): 15-18.
- [20] 陈璐玲. 生态公路的发展现状与对策思考[J]. 中外公路, 2009, 29(3): 7-10.

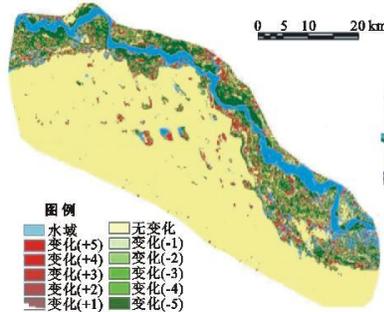
(上接第 232 页)

[参 考 文 献]

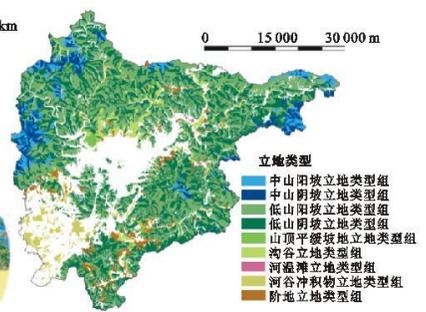
- [1] Meyer W B, Turner B L. Change in Land Use and Land Cover: A Global perspective[M]. London: Cambridge University Press, 1994, 1(1): 12-20.
- [2] IGBP/HDP. IGDP/HDP LUCC Science Plan[R]. Stockholm: IGBP, 1994.
- [3] 蔡运龙, Barry Smit. 全球气候变化下中国农业的脆弱性适应对策[J]. 地理学报, 1997, 51(3): 202-207.
- [4] 张新时, 周广胜, 高琼, 等. 中国全球变化与陆地生态系统关系研究[J]. 地学前缘, 1997, 4(2): 137-144.
- [5] 杨永春, 杨晓娟. 1949—2005 年中国河谷盆地型大城市空间扩展与土地利用结构转型: 以兰州市为例[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 37-49.
- [6] 杨永春. 试论河谷盆地型城市土地利用空间结构模式: 以西北地区典型河谷盆地型城市兰州为例[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2001, 37(3): 127-133.
- [7] Costanza R. The Value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [8] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 911-919.
- [9] 兰州统计年鉴编辑委员会. 兰州市统计年鉴 1986—2005 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [10] 徐俏, 何孟常, 杨志峰, 等. 广州市生态系统服务功能价值评估[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2003, 39(2): 268-272.
- [11] 赵景柱, 肖寒, 吴刚. 生态系统服务的物质量与价值量评价方法的比较分析[J]. 应用生态学报, 2000, 11(2): 290-292.



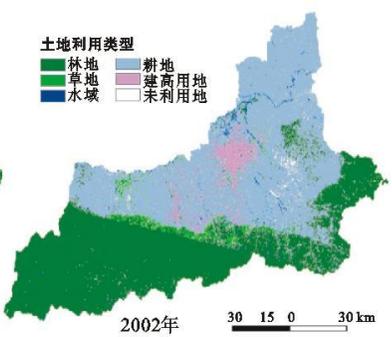
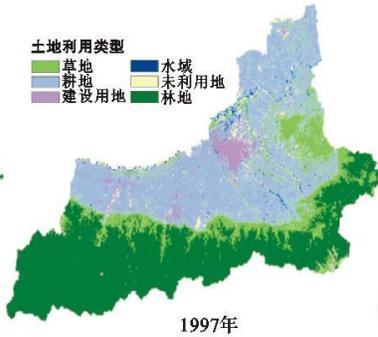
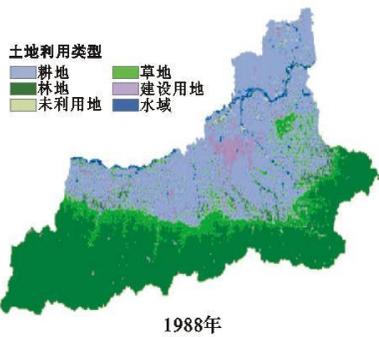
附图1 九连城2002—2006年退耕区分布



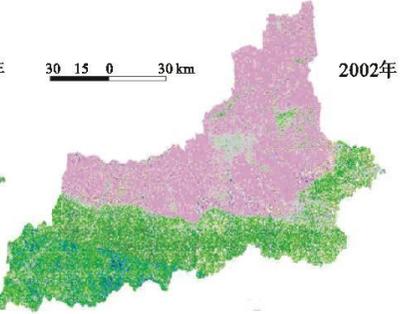
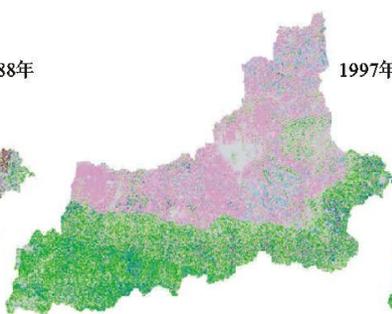
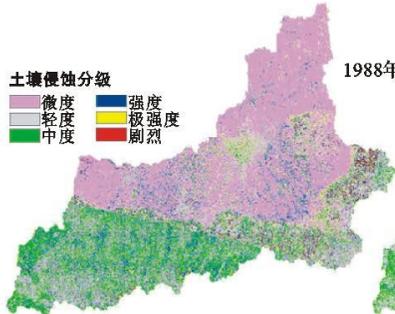
附图2 库布齐沙漠荒漠化等级变化图



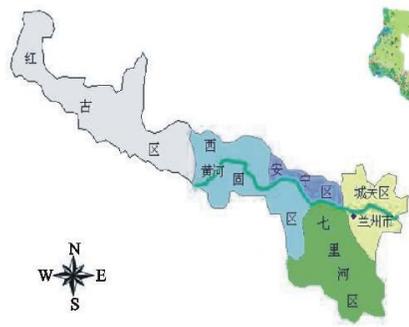
附图3 密云县水源涵养林立地类型分类图



附图4 西安市1988, 1997, 2002年土地利用类型图



附图5 西安市1988, 1997, 2002年土壤侵蚀分布图



附图6 兰州市区划图



附图7 兰州市2002年土地利用图



附图8 兰州市2006年土地利用图