

典型生态脆弱区土地利用/覆被变化过程研究

——以宁夏南部山区为例

杜灵通

(宁夏大学 西部发展研究中心, 银川 750021)

摘要:为了获得宁夏南部山区的土地利用/覆被变化(LUCC)情况,以1975年、1987年和2001年的Landsat MSS/TM影像为数据源,利用遥感和地理信息系统技术,通过解译分类得到研究区三期土地利用的原始数据,并以此数据计算出研究区的LUCC幅度、动态度及状态指数。研究表明,在1975~1987年间,耕地大量转入,草地、林地和水体大量转出,LUCC处于不平衡状态。而在1987~2001年间,草地、林地、水体开始转入,耕地开始转出,LUCC也处于不平衡状态。在1975~2001年的整个研究期中,除城市用地和未利用地一直处于增长外,其他LUCC类型都呈曲线变化,总体处于平衡状态。

关键词:LUCC;遥感;生态;宁夏

中图分类号:F301.24;TP79

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0199-04

The Process Study of LUCC in Typical Vulnerable Ecological Region

——A Case of the Mountain Areas of Southern Ningxia Hui Autonomous Region

DU Ling-tong

(Research Center for Western Development of Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: The study of LUCC process is an important part of LUCC study. In order to get the status of LUCC in the mountain areas of southern Ningxia Hui Autonomous Region, the LUCC process is studied based on the integrated technology of Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS). After interpreting the Landsat MSS/TM remote sensing data of 1975, 1985 and 2001, it gets the study area originality data of LUCC in three periods. Using these data, the change extent, dynamic change index and state index of LUCC are studied. The result indicates that farmland has a high input speed, but the grassland, woodland and water have a high output speed from 1975 to 1987. So, the area of farmland increases and the area of grassland, woodland and water decrease greatly. The LUCC is unbalanced. But in the period of 1987~2001, the grassland, woodland and water begin to input and the farmland begins to output. The LUCC also is unbalanced. In the whole period of 1975~2001, besides city land and unused land, the other kinds of LUCC have a curve change. The whole LUCC is balanceable.

Key words: land use and land cover change; remote sensing; ecology; Ningxia

1 引言

土地利用/覆被变化(LUCC)是IGBP和IHDP在1995年联合提出的,目前已成为国际全球变化研究计划中的重要组成部分并引起世界各国政府及国际组织的普遍关注^[1,2]。LUCC作为IHDP的核心科学计划经多年的研究与探索,目前一些研究成果已陆续发表^[3]。国内许多学者对中国LUCC也进行了研究,他们不仅在我国典型地区取得了丰硕成果,也弥补了全球LUCC研究的不足^[4~6]。2002年LUCC研究进入Land Project阶段,2003年IGBP为Land-Project制定了研究重点并提出了相关的科学问题,这标志着LUCC研究进入了一个全新的时代^[7]。经过10多年的发展,LUCC的研究内容也从全球气候变化效应研究扩展到不

同空间尺度的LUCC过程、驱动机制及环境效应影响等诸多方面^[8]。虽然LUCC发生在任意空间尺度上^[9],但目前从全球和大尺度研究LUCC的较多^[10~12],而小尺度的LUCC研究相对较少^[13]。这主要是因为用于全球和大尺度LUCC研究的遥感数据多为易于获取的、空间分辨率较低、时间分辨率较高的卫星数据,如NOAA卫星的AVHRR数据、EOS卫星的MODIS数据;而用于中小尺度LUCC研究的遥感数据多为空间分辨率较高、时间分辨率较低、成本昂贵的资源卫星数据或航空遥感数据,且有时难以获取系统的动态数据^[14]。

2 研究区概况

本研究以宁夏南部山区(简称宁南山区)的固原市为例,

收稿日期:2006-08-09

基金项目:国家自然科学基金项目(30660039);宁夏大学科研基金项目(QN0521)

作者简介:杜灵通(1980-),男,硕士,主要从事遥感应用研究。

固原市辖原州区、彭阳县、西吉县、隆德县和泾源县,地处东经 105°08′~106°58′,北纬 35°14′~36°38′之间。总面积近 1.13 万 km²,总人口 153 万人,其中回族占 42.5%,是全国回族主要聚居区之一。宁南山区地处内陆,干旱缺水,除六盘山外,年降水量 400 mm 左右,由南向北递减至 240 mm,且降雨时空分布不均,蒸发强烈,水土流失严重,是我国北方典型的生态脆弱区。

3 数据处理

本研究主要采用覆盖固原市 4 县 1 区的 Landsat-2/MSS、Landsat-5/TM 和 Landsat-7/ETM+ 遥感影像(表 1),另外还有宁夏的行政区划图、土地利用图等。以 ERDAS IMAGINE 8.6 和 ArcGIS 8.3 平台进行栅格和矢量数据的处理。

考虑到 MSS 和 TM 波段合成后影像色调需一致,且所选波段应该包含较大信息量,本研究选择 MSS 的 3,2,1 波段, TM, ETM+ 的 4,3,2 波段组合,形成标准假彩色合成影像,并在 Erdas Imagine 8.6 环境下,利用多项式纠正法,对影像进行几何校正,并将误差(RMS)控制在 0.5 个像元以内。

表 1 研究所用主要遥感数据

数据类型	接收时间	轨道号	分辨率/m	质量
Landsat-2/MSS	1975-06-17	p139/r35	60	无云
Landsat-5/TM	1987-08-19	p129/r35	30	无云
Landsat-7/ETM+	2001-10-04	p129/r35	30(Pan 15)	无云

参照 J. R. Anderson 的分类体系^[15],结合研究区的实际情况,将 LUCC 类型划分为:林地、耕地、草地、水体、未利用地及城市用地 6 大类并建立译解标志。在 ERDAS IMAGINE 8.6 下参照研究区地形图、土地利用图、行政图以及野外调查数据,综合影像的色彩、结构、形态、分布等特征定义分类模板,并通过不断计算误差矩阵,以提高分类模板的精度,直到误差矩阵大于 85%,最后采用最大似然法判别函数进行监督分类。

分类完成后,运用随机抽样方法分别在每期分类结果图中选取地面随机点进行检查。1975 年、1987 年和 2001 年的总精度及 Kappa 指数分别为 85.5%,0.79;85%,0.79;92.00%,0.88。Kappa 指数均达到最低允判精度 0.7。

最后将分类图转换成 ArcGIS 8.3 的 coverage 矢量文件,在 ArcGIS 8.3 中利用其拓扑工具(build)对土地利用专题图层进行拓扑重建,再对三期数据进行空间叠加分析,得到 1975~1987 年、1987~2001 年和 1975~2001 年的土地利用分类数据。

4 模型及方法

模型是深入研究 LUCC 的重要手段,目前研究 LUCC 过程的主要模型有 LUCC 幅度、单一 LUCC 类型动态度、单一 LUCC 类型状态指数、区域 LUCC 动态度和区域 LUCC 状态指数等。

4.1 LUCC 幅度

LUCC 幅度指 LUCC 类型在面积方面的变化幅度,它反映不同类型 LUCC 的总态势和结构变化,表达式为^[5]:

$$K = (S_2 - S_1) / S_1 \times 100\% \quad (1)$$

式中: S_1, S_2 ——研究初、末期某一类土地利用类型面积。

4.2 单一 LUCC 类型动态度

转入、转出速度可以简单地描述单一 LUCC 类型的动态度,其表达式为^[16]:

$$V_{in} = \frac{\Delta S_{in}}{S_1} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (2)$$

$$V_{out} = \frac{\Delta S_{out}}{S_1} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中: S_1 同前; $\Delta S_{in}, \Delta S_{out}$ ——研究期内某一土地利用类型的转入和转出面积; t_1, t_2 ——研究开始和结束的时间。

V_{in} 和 V_{out} 只是从单一的转入或转出来描述某一 LUCC 类型的变化情况,为了较好地反映单一 LUCC 类型的动态度,王秀兰等提出了单一 LUCC 类型动态度,表达一定时间范围内某种土地利用类型的定量变化,其表达式为^[6]:

$$R_i = \frac{\Delta S_{in} - \Delta S_{out}}{S_1} \times \frac{1}{t_1 - t_2} \times 100\% \quad (4)$$

式中: $S_1, \Delta S_{in}, \Delta S_{out}, t_1, t_2$ 同前。

虽然 R_i 可以反映某一 LUCC 类型面积的年变化,但并没有反映该类型的空间变化,因此,罗格平等对上式进行了修改,提出了单一 LUCC 类型的综合动态度^[5]:

$$R_a = \frac{\Delta S_{in} + \Delta S_{out}}{S_1} \times \frac{1}{t_1 - t_2} \times 100\% \quad (5)$$

式中: $\Delta S_{in}, \Delta S_{out}, S_1, t_1, t_2$ 同前。

4.3 单一 LUCC 类型状态指数

虽然单一 LUCC 类型的动态度可以反映某一 LUCC 类型面积的变化,但为了反映 LUCC 类型变化的趋势和状态,需要用状态指数模型来表达^[5]:

$$D_i = \frac{\Delta S_{out} - \Delta S_{in}}{\Delta S_{out} + \Delta S_{in}} \quad (-1 \leq D_i \leq 1) \quad (6)$$

式中: $\Delta S_{in}, \Delta S_{out}$ 同前。

4.4 区域 LUCC 动态度

区域 LUCC 动态度可描述区域土地利用变化的速度,其表达式为^[5]:

$$R_i = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta S_{(in,i)} - \Delta S_{(out,i)}|}{2 \sum_{i=1}^n S_{(1,i)}} \times \frac{1}{t_1 - t_2} \times 100\% \quad (7)$$

式中: $S_{(1,i)}$ ——研究初期 i 类型土地的面积; $\Delta S_{(in,i)}, \Delta S_{(out,i)}$ ——研究期内 i 类型土地的转入和转出面积; n ——LUCC 类型数; t_1, t_2 同前。

考虑到区域 LUCC 的空间变化,罗格平等又提出区域 LUCC 的综合动态度模型^[5]:

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta S_{(in,i)} + \Delta S_{(out,i)}|}{2 \sum_{i=1}^n S_{(1,i)}} \times \frac{1}{t_1 - t_2} \times 100\% \quad (8)$$

式中: $S_{(1,i)}, \Delta S_{(in,i)}, \Delta S_{(out,i)}, n, t_1, t_2$ 同前。

4.5 区域 LUCC 状态指数

区域 LUCC 状态指数可以反映区域 LUCC 的整体趋势和状态,其表达式为^[5]:

$$D_i = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta S_{(in,i)} - \Delta S_{(out,i)}|}{\sum_{i=1}^n |\Delta S_{(in,i)} + \Delta S_{(out,i)}|} \quad (0 \leq D_i \leq 1) \quad (9)$$

式中: $\Delta S_{(in,i)}, \Delta S_{(out,i)}, n$ 同前。

5 结 果

5.1 LUCC 幅度

根据公式(1)对宁南山区 3 期遥感解译的数据进行统计分析,得出 6 类 LUCC 类型 1975~1987 年、1987~2001 年和 1975~2001 年 3 个时间段的 LUCC 幅度(表 2)。

在 1975~2001 年间,各种类型 LUCC 都有不同程度的变化,其中耕地的面积变化量最大,其次是草地和林地。从

1975~1987 年,增加幅度最大的是城市用地,其次为耕地;减少幅度最大的是草地。从 1987~2001 年,耕地面积开始减少,幅度为-0.40%;而草地则以 1.43%的幅度增加。在 1975~2001 年这 26 a 中,林地、草地、耕地和水体的总变化幅度都较小,这说明到 2001 年,研究区的耕地、草地、林地覆被状况已基本上恢复到 1975 年的水平。另外,城市用地和未利用地的幅度一直大于 1,处于持续增加的态势。

表 2 研究区 LUCC 幅度 hm²

类型	1975~1987 年	幅度/%	1987~2001 年	年幅度/%	1975~2001 年	年幅度/%
林 地	-28549.44	-0.17	30543.93	0.23	1994.49	0.01
耕 地	288978.98	0.58	-314246.79	-0.40	-25267.81	-0.05
草 地	-264868.64	-0.59	260134.78	1.43	-4733.86	-0.01
水 体	-980.46	-0.32	1195.37	0.59	214.91	0.07
未利用地	5099.45	0.37	21392.65	1.13	26492.10	1.91
城市用地	320.11	0.66	980.06	1.22	1300.17	2.68

5.2 单一 LUCC 类型的动态变化

根据公式(2),(3),(4),(5),(6)计算出各单一 LUCC 类型在 1975~1987 年、1987~2001 年和 1975~2001 年 3 个时间段内的动态度(表 3,4,5)。

表 3 研究区 1975~1987 年单一 LUCC 类型动态度 %

类型	转入面积	转出面积	转入速度	转出速度	动态度 RS	综合动态度 RSS	状态指数
林 地	12868.48	41417.92	0.66	2.11	-0.01	0.03	0.53
耕 地	421944.22	132965.24	7.01	2.21	0.05	0.09	-0.52
草 地	114372.43	379241.07	2.14	7.08	-0.05	0.09	0.54
水 体	1070.39	2050.85	2.95	5.66	-0.03	0.09	0.31
未利用地	17105.25	12005.80	10.30	7.23	0.03	0.18	-0.18
城市用地	405.80	85.69	6.97	1.47	0.05	0.08	-0.65

表 4 研究区 1987~2001 年单一 LUCC 类型动态度 %

类型	转入面积	转出面积	转入速度	转出速度	动态度 RS	综合动态度 RSS	状态指数
林 地	54507.92	23963.99	2.88	1.27	0.02	0.04	-0.39
耕 地	81103.58	395350.37	0.73	3.57	-0.03	0.04	0.66
草 地	339633.76	79498.98	13.37	3.13	0.10	0.14	-0.62
水 体	2004.54	809.17	7.02	2.84	0.04	0.09	-0.42
未利用地	33216.89	11824.24	12.53	4.46	0.08	0.15	-0.47
城市用地	998.02	17.96	8.85	0.16	0.09	0.08	-0.96

表 5 研究区 1975~2001 年单一 LUCC 类型动态度 %

类型	转入面积	转出面积	转入速度	转出速度	动态度 RS	综合动态度 RSS	状态指数
林 地	46239.05	44244.56	1.07	1.03	0.00	0.02	-0.02
耕 地	238946.00	264213.81	1.93	2.13	0.00	0.04	0.05
草 地	265639.72	270373.58	2.31	2.35	0.00	0.05	0.01
水 体	1992.13	1777.22	2.37	2.11	0.00	0.05	-0.06
未利用地	35012.69	8520.59	3.34	0.81	0.07	0.12	-0.61
城市用地	1342.74	42.57	2.89	0.09	0.10	0.11	-0.94

从表 3 可以看出,在 1975~1987 年间,耕地的转入速度远远大于转出速度,而草地、林地和水体的转出速度却大于转入速度,即研究区的耕地面积在增长,而草地、林地和水体在减少。在这一时期内,宁南山区的林草覆盖率降低,湖泊和水库也慢慢干枯,环境处于恶化状态。动态度较大的有耕地、草地(负值)和城市用地,这说明这耕地和城市用地总面积每年都有较大增加,而草地每年都有较大减少。综合动态度依次为未利用地、耕地、草地、水体、城市用地和林地。它反映了各类型土地增减的总程度。草地、林地和水体的状态指数均大于 0,说明草地、林地和水体朝着规模缩小的方向发展,处于转换不平衡状态;而耕地、城市用地和未利用地的状态指数小于 0,表明朝着规模增加的方向发展。也处于不

平衡状态。

从表 4 可以看出,在 1987~2001 年间,研究区的土地利用覆被变化呈现出与 1975~1987 年变化相反的趋势。耕地转入速度小于转出速度,而林地、草地、水体转入速度大于转出速度,研究区的耕地面积开始减少,而林地、草地和水体开始增加;这表明在这一时期,宁夏南部山区的林草覆盖率开始增加,生态环境状况有所好转。动态度的结果表明,草地、城市用地和未利用地的变动较大。状态指数显示,只有耕地朝着规模缩小的方向发展,处于转换不平衡状态;而城市用地、草地、未利用地、水体和林地朝着规模增加的方向发展,处于不平衡状态。

从表 5 可以看出,在 1975~2001 年间,研究区整体的土

地利用覆被变化程度较小。在这 26 a 中,林地、草地、耕地和水体的转入、转出速度基本相当。2001 年这些地类的总体水平基本与 1975 年的状态一致。动态度和综合动态度都较小,接近于 0。状态指数也接近于 0,说明这几类土地基本处于转入、转出平衡状态。而城市用地和未利用地一直在增加,处于不平衡状态。

5.3 区域 LUCC 动态变化

根据公式(7),(8),(9)计算出 1975~1987 年、1987~2001 年和 1975~2001 年的区域 LUCC 动态度(表 6)。

表 6 研究区区域 LUCC 动态度 %

	1975~ 1987 年	1987~ 2001 年	1975~ 2001 年
区域 LUCC 动态度 R_t	2.17	1.99	0.10
区域 LUCC 综合动态度 R_c	4.19	3.24	2.01
区域 LUCC 状态指数 D_t	0.52	0.61	0.05

从区域 LUCC 动态度来看,在 1975~1987 年的 12 a 中,研究区土地利用变化较大,区域 LUCC 动态度 R_t 为 2.17%,区域 LUCC 综合动态度 R_c 为 4.19%,状态指数为 0.52,属不平衡状态。在 1987~2001 年的 14 a 中,研究区土地利用变化也较大,区域 LUCC 动态度 R_t 为 1.99%,区域 LUCC 综合动态度 R_c 为 3.24%,状态指数为 0.61,属不平衡状态。而在 1975~2001 年的 26 a 中,研究区整体的土地利用变化相对较小,区域 LUCC 动态度 R_t 仅为 0.10%,区域 LUCC 综合动态度 R_c 相对也不高,为 2.01%,状态指数为 0.05,属平衡状态。

6 结 论

(1)耕地在前 12 a 处于增长状态,转入大于转出,处于转换不平衡状态;而在后 14 a 中则开始减少,转入小于转出,也处于不平衡状态。但在总的 26 a 中,耕地的动态度、状态指数接近于 0,转入转出基本平衡。

(2)草地、林地和水体与耕地的变化趋势相反,在前 12 a 中处于减少状态,转出大于转入,处于不平衡状态;而在后 14 a 中开始增加,转出小于转入,也处于不平衡状态。但在总的 26 a 中,草地、林地和水体的动态度、状态指数接近于 0,转入转出基本保持平衡。

(3)城市用地一直处于增长状态,这与城市发展扩张的趋势是一致的。未利用地也一直处于增长态势,这是由于研究区环境的总体恶化和土地的过度垦殖造成一些土地过度贫瘠或沙化而荒废。

(4)研究区耕地、草地、林地和水体的这种曲线变化与当地开发政策和自然环境变化关系紧密。在 1975~1987 年,该地区的经济建设主要是围绕耕地开展展开的。由于人口的快速增长造成粮食的紧缺,再加上国家鼓励农业生产,农民大量开荒种地,使得这段时期内耕地面积急剧增长,草地和林地被毁。同时,这一时期的自然灾害也导致了该地区林草覆盖率下降。在 1987~2001 年间,国家和地方制定了大量的扶贫开发政策和实施了许多生态建设工程。如吊庄移民工程、小流域综合治理工程以及退耕还林还草工程。特

别是 1999 年国家提出在西部生态恶劣的贫困山区进行大规模的退耕还林还草工程,对当地的生态环境改善起到了非常重要的作用。

参考文献:

- [1] Turner II B L, Skole D, Sanderson S. Land use and land cover change; Science/ Research Plan[R]. IGBP Report No. 35 & HDP Report No. 7, 1995. 52-60.
- [2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域, 土地利用/覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(5): 553-558.
- [3] Turner II B L. Socializing the pixel in LUCC[R]. LUCC News letter 1, 1997. 10-11.
- [4] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 151-160.
- [5] 罗格平, 周成虎, 陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 63-72.
- [6] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.
- [7] Moran E F. News on the land project[J]. Global Change News Letter, 2003, (54): 19-21.
- [8] Eric F Lambin, Turner B L, Helmut J Geist. Global environment change; moving beyond the myths[J]. Global Environment Change, 2001, 11: 263-268.
- [9] 陈佑启, 何英彬. 论土地利用/覆被变化研究中的尺度问题[J]. 经济地理, 2005, 25(2): 152-155.
- [10] Ojima D S, Galvin K A, Turner II B L. The global impact of land-use change [J]. Bio. Science, 1994, 44(5): 300-304.
- [11] Dale V H. The relationship between land-use change and climate change[J]. Ecological Application, 1997, 7(3): 753-769.
- [12] Verburg H P, Veldkamp A, Fresco L O. Simulation of changes in the spatial of land use in China[J]. Applied Geography, 1999, 19(3): 211-233.
- [13] 丁建丽, 塔西不拉提·特伊拜, 熊黑刚, 等. 塔里木盆地南缘绿洲土地覆盖变化[J]. 地理学报, 2002, 57(1): 19-27.
- [14] Liu Jiyan, Liu Mingliang, Deng Xiangzheng, et al. The land use and land cover change database and its relative studies in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2002, 12(3): 275-282.
- [15] IIASA. Modeling land-use and land-cover changes in Europe and Northern Asia[R]. Research Plan, 1998. 14-21.
- [16] 仙巍, 邵怀勇, 周万村. 嘉陵江中下游地区近 30 年土地利用与覆被变化过程研究[J]. 地理科学进展, 2005, 24(2): 114-121.