

Study on Land Use Changes in Mining Area Based on RS and GIS Technology

YANG Saiming, XU Yuetong, ZHANG Banghua

College of Population Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan, China

e-mail: yangsaiming@163.com

Abstract: Based on the two temporal remote sensing images in 1978 and 2007, using RS and GIS technology, land use changes of Nantun coal mining area in Shandong province were studied over the past nearly thirty years. The results show: (1) The area of arable land reduced from 2434.85 hm² to 1477.41 hm², however the area of collapse land increased from 3.41 hm² to 354.02 hm² from 1978 to 2007. The change rate of collapse land is the biggest in all land types, annual increasing rate reached 354.55%. (2) The information entropy of land use structure increased from 1.14 to 1.81 and the balance degree increased from 0.52 to 0.82; however the dominance degree decreased from 0.48 to 0.18. These explain that land use system of Nantun coal mining area is evolving towards the disorder state. (3) The composite index of land use degree increased 20.21 (from 293.54 in 1978 to 313.75 in 2007), and the change quantity or the change rate of land use degree is plus. These explain that the land use of Nantun coal mining area is in the development stage. (4) The transfer matrix of land use explains that arable land mainly transformed into collapse land and residence land, ratio 12.51% and 10.98% respectively. The study can be in favor of land management, eco-environmental protection, as well as further research for mining area.

Keywords: mining area; land use changes; characteristics; RS and GIS technology

基于 RS 和 GIS 技术的矿区土地利用变化研究

杨赛明, 徐跃通, 张邦花

山东师范大学人口资源与环境学院, 济南, 250014

e-mail: yangsaiming@163.com

【摘要】 基于 1978 年和 2007 年 2 期遥感资料, 研究了近 30 年山东省南屯煤矿区土地利用变化情况。结果表明: (1) 耕地面积减少最为显著, 由 1978 年的 2434.85 hm² 减少到 2007 年的 1477.41 hm², 塌陷地面积显著增加, 由 1978 年的 3.41 hm² 增加到 2007 年的 354.02 hm²; 塌陷地土地利用动态度最大, 年增加率为 354.55%; (2) 土地利用结构信息熵由 1.14 升为 1.81、均衡度指数由 0.52 升为 0.82 及优势度指数由 0.48 降为 0.18, 说明矿区土地利用系统朝相对无序状态演变; (3) 土地利用程度综合指数从 1978 年的 293.54 到 2007 年的 313.75, 增加了 20.21, 且土地利用程度变化量或变化率为正值, 说明南屯煤矿区土地利用处于发展期; (4) 地类转化矩阵说明耕地主要向塌陷地和住宅用地转化, 转化比例分别为 12.51% 和 10.98%。本研究可为该矿区土地管理决策、生态环境保护以及进一步深入研究等奠定基础。

【关键词】 矿区; 土地利用变化; 特征; RS 和 GIS 技术

土地是人类最基本的生产资料和生存条件, 土地资源是人类生命存在和国民经济各部门发展的基础。随着人类社会经济的发展, 人地关系矛盾愈演愈烈, 土地资源问题日益受到人们的关注, 土地资源是否可持续, 将对人类活动的各个方面产生根本性的影响。土地利用变化是自然因素与社会经济因素共同驱动的

结果, 并在不同的时间尺度和空间尺度表现出不同的特征^[1-4]。对于矿产资源强力开发的矿区来说, 土地利用变化引起的土地资源可持续问题是一个重大的课题, 它关系到矿区居民的切身利益。保障矿区土地资源安全是保障矿区居民生存和发展的物质基础, 也是维护社会稳定的需要。

本文以土地资源遥感调查数据为基础, 利用遥感和地理信息系统方法, 结合统计分析, 揭示山东省南屯煤矿区 1978-2007 年间土地利用的变化特征, 为该矿区

基金项目: 国家自然科学基金(40471049)

Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China (40471049)

土地管理决策、生态环境保护以及进一步深入研究等奠定基础,对于区域土地资源可持续利用具有重要意义。

1 研究区概况

南屯煤矿区地处鲁西南地区的孟子故里---山东省邹城市西北部,在兖州煤田的南部,范围东起峰山断层,西至马家楼断层,北以皇甫断层与鲍店、东滩井田相接,南以 16 上层煤---275m 等高线垂直划分与北宿煤矿为界,研究区总面积为 35.21km²。

南屯煤矿是国家特大型煤炭生产矿井,1966 年 9 月 1 日开工,1973 年 12 月 26 日移交生产,原设计年产量为 1.5×10⁶t,1993 年完成改建后,增加至 2.4×10⁶t,2002 年矿井核定生产能力为每年 4×10⁶t。主采煤层分为两个分层,三上层平均厚度为 5.35m,三下层平均厚度为 3.21m。2004 年 12 月 31 日,已探明及推定总储量为 1.36×10⁹t。采用世界一流水平的综采放顶煤等先进采煤工艺后,南屯煤矿每年煤炭产量现已达到 4.2×10⁶t。

2 数据来源和研究方法

(1) 数据来源。

为了对近30年来南屯煤矿区土地利用变化进行研究,采用的数据资料主要包括1978年航片和2007年法国SPOT5卫星数字影像以及1978年1:10000地形图。

(2) 研究方法。

数据处理: 数据处理主要采用 erdas8.7 遥感图像处理软件与 arcgis9.0、arcview3.3 地理信息系统软件相结合进行。首先对航片、卫片和地形图在 erdas8.7 中进行几何校正、拼接等,然后利用 arcgis9.0 进行解译和影像特征提取及地图代数运算,最后利用 arcview3.3 对所有图形数据进行统计与分析处理。

土地利用分类: 2007年8月10日,国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会共同发布了由中国土地勘测规划院和国土资源部地籍管理司起草的《土地利用现状分类》国家标准(GB/T21010-2007)^[5]。课题组根据这个最新标准,并结合研究区土地资源的实际情况以及资料条件,将南屯煤矿区土地分为耕地、林地、园地、水域、住宅用地、工矿仓储用地、交通运输用地、乱掘(指露天开采矿物及挖掘沙、石、粘土等的场地)和塌陷地(指由于采煤而造成的地面下沉或积水或有裂隙的不能用于正常耕作及建设的用地,包括塌陷湖、塌陷鱼塘、塌陷坑、塌陷树林)9

个一级地类。

在图像处理和土地利用分类的基础上,应用数理统计方法结合土地利用动态变化模型(包括土地利用数量变化、土地利用程度变化等模型)分析了1978年以来南屯煤矿区各类用地的数量变化、类型变化及其变化程度。

3 结果与分析

通过遥感和地理信息系统软件处理得到的土地利用分类图见图 1 和图 2。



Figure 1. The land use map of Nantun coal mining area in 1978

图 1. 1978 年南屯煤矿区土地利用分类图



Figure 2. The land use map of Nantun coal mining area in 2007

图 2. 2007 年南屯煤矿区土地利用分类图

3.1 土地利用的数量变化

(1) 变化的幅度

土地利用变化幅度是指土地利用在面积方面的变化,反映不同类型土地在总量上的变化。表 1 反映了南屯矿区从 1978 年到 2007 年的土地利用变化幅度,最明显的趋势是随着耕地的显著减少,即由 1978 年的 2434.85 hm² 减少到 2007 年的 1477.41 hm² (减少了 957.44hm²),塌陷地、工矿仓储用地和住宅用地显著增加,尤其是塌陷地增加最为显著,由 1978 年的 3.41 hm² 增加到 2007 年的 354.02 hm²,增加 350.61 hm²,林地、园地、水域、交通运输用地和乱掘也都有增加,但增加并不显著。

(2) 变化的速度

土地利用变化速度可用土地利用动态来描述。

Table 1. Area of each land use type and changes in Nantun coal mining area from 1978 to 2007 (hm²)
表 1. 1978-2007 年南屯煤矿区各种土地类型面积及其变化 (hm²)

土地利用类型	1978 年	2007 年	面积变化
耕地	2434.85	1477.41	-957.44
林地	404.99	489.54	84.55
园地	164.90	204.74	39.84
水域	168.56	188.86	20.3
住宅用地	162.08	328.32	166.24
工矿仓储用地	85.11	303.37	218.26
交通运输用地	85.24	102.08	16.84
乱掘	11.40	72.20	60.8
塌陷地	3.41	354.02	350.61
总面积	3520.54	3520.54	

单一土地利用动态度是指某一区域一定时间内某一土地利用类型的数量变化^[6], 其数学表达式为:

$$K=[(U_b-U_a)/(U_a \times T)] \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中,K 为研究时段内某一类型土地利用面积的年变化率,即单一土地利用动态度, U_a 和 U_b 分别为研究期初和期末某一类型的土地利用面积, T 为研究时段。

通过公式(1)计算出南屯矿区土地利用 9 种类型的变化率和年变化率(见表 2),结果表明,除耕地面积每年在减少外,年减少率为 1.36%,其它土地类型都在增加,其中塌陷地面积年增加率最大,为 354.55%,乱掘、工矿仓储用地和住宅用地也有较大增加,分别为 18.39%、8.84%和 3.54%。

Table 2. The change rate of each land use type in Nantun coal mining area from 1978 to 2007 (%)
表 2. 1978~2007 年南屯煤矿区各种土地类型变化动态度 (%)

土地利用类型	变化率	年变化率
耕地	-39.32	-1.36
林地	20.88	0.72
园地	24.16	0.83
水域	12.04	0.42
住宅用地	102.57	3.54
工矿仓储用地	256.44	8.84
交通运输用地	19.76	0.68
乱掘	533.33	18.39
塌陷地	10281.82	354.55

综合土地利用动态度是指研究区在某一时段内综

合的土地利用类型的数量变化情况,动态度指数综合考虑了研究时段内土地利用类型间的转移,着眼于变化的过程而非变化的结果^[7],其计算公式为:

$$Z=[(\sum_{i=1}^n \Delta LU_i)/(2 T \sum_{i=1}^n LU_i)] \times 100\% \quad (2)$$

式中,Z 为该研究区域 t 时段综合土地利用的变化率; LU_i 为监测起始时间第 i 类土地利用类型面积; ΔLU_i 为监测时段内第 i 类土地利用类型转为非 i 类土地利用类型面积的绝对值;; T 为研究时段长度,当 T 的时段设定为年时, Z 的值就是该研究区域土地利用年变化率.土地利用动态度定量地描述了土地利用的变化速度,对预测未来土地利用变化趋势有积极的作用。

根据式(2),利用两个时段的土地利用与土地覆盖转移矩阵计算出研究区域 1978-2007 年综合土地利用动态指数为 27.20%,年综合土地利用动态指数为 0.94%。

(3) 结构变化

土地利用结构变化是反映土地资源在人类利用行为干预下土地利用的发展趋势,可以用信息熵、均衡度和优势度等指标进行反映和测度^[8-9]。

信息熵该指标用以描述土地利用分割的程度,在一定程度上反映人类活动对土地利用的影响。信息熵指数越大表明该区域土地利用分割的程度越高。

$$H=-\sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln P_i \quad (3)$$

式中:H 为土地信息熵; P_i 为各土地利用类型与该区域土地总面积的百分比; n 为土地利用类型。

均衡度和优势度反映区域土地利用中不同类型土地的分配均衡程度。均衡度是信息熵与最大熵之间的比值,取值范围为 $E \in [0,1]$,当 $E=0$ 时,土地利用处于最不均衡状态;当 $E=1$ 时,说明各类型土地分布均衡程度趋于最大。

$$E=H/H_{\max}=-\sum_{i=1}^n (P_i \cdot \ln P_i)/\ln m \quad (4)$$

式中: E 为均衡度; $H_{\max}=\ln m$ 为多样性指数的最大值; m 为土地利用类型的数量; P_i 为第 i 类土地面积占土地总面积的比重。

而优势度与均衡度正好相反,其表达式为

$$D=1-E \quad (5)$$

式中: D 为优势度,反映区域内一种或几种土地利用类型支配该区域土地类型的程度。

由公式 (3),(4),(5)可得南屯矿区 1978 年和 2007

Table 3. Land use structural indexes of Nantun coal mining area in 1978 and 2007**表 3. 南屯煤矿区 1978 年和 2007 年土地利用结构指数**

指标	1978 年	2007 年
信息熵	1.14	1.81
均衡度	0.52	0.82
优势度	0.48	0.18

年土地信息熵、土地利用优势度指数和均衡度指数。

由土地利用结构指数的计算过程和结果可知：从 1978 年到 2007 年，南屯煤矿区的土地利用结构信息熵由 1.14 升为 1.81、均衡度指数由 0.52 升为 0.82 以及优势度指数由 0.48 降为 0.18，说明土地利用系统朝相对无序状态演变。进一步分析，1978-2007 年南屯煤矿区的耕地比重由 69.16%降为 41.97%，下降 27.19%，下降幅度很大，除耕地比重下降外，其它土地利用类型的比重都上升，上升幅度最大的是塌陷地，由 0.1%升为 10.06%，上升 9.96%，在矿区中比重由 1978 年的最后一位升为 2007 年的第三位，上升后比重仅次于耕地和林地，其次，工矿仓储用地和住宅用地的比重上升幅度也较大，分别为 6.2 和 4.73。耕地比重大幅下降、塌陷地显著增加复垦率又低以及工矿仓储用地和住宅用地大量占用耕地，这些都不利于矿区的可持续发展。

3.2 土地利用程度的变化

土地利用程度主要反映土地利用的广度和深度，它不仅反映了土地利用中土地资源本身的自然属性，同时也反映了人类因素与自然环境因素的综合效应。土地利用程度的不同很大程度上反映了人类活动对土地改造和利用的强度^[10]。根据刘纪远等提出的土地利用程度的综合分析方法^[11-12]，将土地分为 4 种土地利用级(表 4)，并相应地给出了土地利用程度综合指数计算公式：

$$D=100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (6)$$

式中：D 表示土地利用程度综合指数， A_i 指第 i 级土地利用程度分级指数， C_i 指第 i 级土地利用面积百分比，n 为土地利用程度分级数。

一个特定范围内土地利用程度的变化是多种土地利用类型变化的结果，土地利用程度及其变化量和变化率可定量地揭示该范围土地利用的综合水平和变化趋势。土地利用程度变化量和土地利用程度变化率可表示为^[13]：

Table 4. Land use types and classification**表 4. 土地利用类型及分级**

	未利用 土地级	林、草、 水用地级	农业用 地	城镇聚落用地级
土地 利用 类型	未利用 地或难 利用地	林地、草 地、水域	耕地、 园地、 人工 草地	城镇、居民点及工矿 交通用地
分级 指数	1	2	3	4

$$L_{b-a}=L_b-L_a=100 \times \left[\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia}) \right] \quad (7)$$

$$R = \left[\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia}) \right] / \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia}) \quad (8)$$

式中： L_b 和 L_a 分别为研究期末和期初的区域土地利用程度综合指数； A_i 为第 i 级土地利用程度分级指数， C_{ib} 和 C_{ia} 分别为研究期末和期初第 i 级土地利用程度面积的百分比。若 $\Delta L_{b-a} > 0$ 或 $R > 0$ ，则该区域土地利用处于发展期，否则处于调整期或衰退期。

通过公式计算出南屯矿区 1978 年和 2007 年的土地利用程度综合指数分别为 293.54 和 313.75，从 1978 到 2007 年土地利用程度综合指数增加了 20.21，说明近 30 年间土地利用强度较大，并计算出 ΔL_{b-a} 或 R 的值为正值，说明 1978-2007 年南屯矿区土地利用处于发展期。

3.3 土地利用类型转换

在 GIS 技术支持下，将 2 期土地利用图进行叠加分析，得到 1978-2007 年土地利用类型在空间和数量上的转换特征。土地利用类型转移矩阵见表 5。表中的列表示转入年份土地利用类型，表中的行表示转出年份土地利用类型，表中数值表示转出年份某种土地利用类型转为转入年份某种土地利用类型的面积及其转移比例。

从表 5 可以得出：1978-2007 年，南屯煤矿区发生转化的地类面积为 1861.35 hm^2 ，占总面积的 52.87%；耕地一直是南屯煤矿区最主要的土地类型，29 年间耕地面积净减少 957.44 hm^2 ，耕地主要向塌陷地和住宅用地转化，转化比例分别为 12.51% 和 10.98%；各地类转移比例在 0~42.84% 之间，其中园地转化为耕地比例最大为 42.84%，其次是住宅用地转化为耕地为 36.28%，其后转移比例大于 15% 的有交通运输用地转化为耕地 32.60%、工矿仓储用地转化为耕

地 25.23%、乱掘转化为耕地 19.30%、乱掘转化为塌陷地 18.95%、塌陷地转化为耕地 18.77%、塌陷地转化为水域 17.30%、住宅用地转化为工矿仓储用地 16.20%、园地转化为工矿仓储用地 15.63%、园地转化

Table 5. The transfer matrix of land use types in Nantun coal mining area from 1978 to 2007(hm²、%)
表 5. 1978-2007 年南屯煤矿区土地利用类型转移矩阵(hm²、%)

1978-2007	耕地	林地	园地	水域	住宅用地	工矿仓储用地	交通运输用地	乱掘	塌陷地	1978 年合计
耕地	1233.70	193.10	147.19	51.82	267.41	179.89	22.25	34.98	304.51	2434.85
比例	50.67	7.93	6.05	2.13	10.98	7.39	0.91	1.44	12.51	100.00
林地	46.96	233.02	27.35	10.84	15.88	43.12	10.89	13.58	3.35	404.99
比例	11.60	57.54	6.75	2.68	3.92	10.65	2.69	3.35	0.83	100.00
园地	70.65	25.43	7.26	4.59	15.74	25.77	2.28	4.21	8.97	164.90
比例	42.84	15.42	4.40	2.78	9.55	15.63	1.38	2.55	5.44	100.00
水域	15.19	3.95	7.31	114.73	9.33	6.98	3.52	2.22	5.33	168.56
比例	9.01	2.34	4.34	68.06	5.54	4.14	2.09	1.32	3.16	100.00
住宅用地	58.81	23.40	5.93	2.03	13.09	26.25	18.10	4.16	10.31	162.08
比例	36.28	14.44	3.66	1.25	8.08	16.20	11.17	2.57	6.36	100.00
工矿仓储用地	21.47	8.27	6.68	1.95	5.43	16.58	6.90	7.95	9.88	85.11
比例	25.23	9.72	7.85	2.29	6.38	19.48	8.11	9.34	11.61	100.00
交通运输用地	27.79	0.44	1.36	1.24	1.41	4.48	37.36	3.41	7.75	85.24
比例	32.60	0.52	1.60	1.45	1.65	5.26	43.83	4.00	9.09	100.00
乱掘	2.20	1.72	1.66	1.07	0.01	0.14	0.75	1.69	2.16	11.40
比例	19.30	15.09	14.56	9.39	0.09	1.23	6.58	14.82	18.95	100.00
塌陷地	0.64	0.21	0	0.59	0.02	0.16	0.03	0	1.76	3.41
比例	18.77	6.16	0	17.30	0.59	4.70	0.88	0	51.61	100.00
2007 年合计	1477.41	489.54	204.74	188.86	328.32	303.37	102.08	72.20	354.02	3520.54

为林地 15.42%、乱掘转化为林地 15.09%。

4 结论

文章分析了南屯煤矿区土地利用的数量变化、变化程度以及地类转化情况，结果表明：

(1)近 30 年间，南屯煤矿区土地利用的幅度和速度变化很大，其中最明显的两个趋势是耕地的显著减少和塌陷地的显著增加，耕地减少 957.44 hm²，变化率和年变化率分别为 39.32%和 1.36%；塌陷地增加 350.61 hm²，变化率和年变化率分别为 10281.82%和 354.55%，年变化率最大；从 1978 年到 2007 年综合土地利用动态指数为 27.20%，年综合土地利用动态指数为 0.94%。

(2)从 1978 年到 2007 年，南屯煤矿区的土地利用结构信息熵由 1.14 升为 1.81、均衡度指数由 0.52 升为 0.82 以及优势度指数由 0.48 降为 0.18，说明土地利用

系统朝相对无序状态演变。耕地比重由 69.16%降为 41. 97%，下降 27.19%，下降幅度很大，除耕地比重下降外，其它土地利用类型的比重都上升，上升幅度最大的是塌陷地，由 0.1%升为 10. 06%，上升 9.96%，在矿区中比重由 1978 年的最后一位升为 2007 年的第三位，上升后比重仅次于耕地和林地，其次，工矿仓储用地和住宅用地的比重上升幅度也较大，分别为 6.2 和 4.73。耕地比重大幅下降、塌陷地显著增加复垦率又低以及工矿仓储用地和住宅用地大量占用耕地，这些都不利于矿区的可持续发展。

(3)通过土地利用程度模型计算出南屯煤矿区 1978 年和 2007 年的土地利用程度综合指数分别为 293.54 和 313.75，这期间土地利用程度综合指数增加了 20.21，说明近 30 年间南屯煤矿区土地利用强度较大。另外，计算出的土地利用程度变化量和变化率为正值，说明 1978-2007 年南屯矿区土地利用处于发展

期。

(4)1978-2007 年, 南屯煤矿区发生转化的地类面积为 1861.35 hm², 占总面积的 52.87%; 耕地一直是南屯煤矿区最主要的土地类型, 近 30 年间耕地面积净减少 957.44hm², 耕地主要向塌陷地和住宅用地转化, 转化比例分别为 12.51%和 10.98%; 各地类转移比例在 0~42.84%之间, 其中园地转化为耕地比例最大为 42.84%, 其次是住宅用地转化为耕地为 36.28%, 其后转移比例大于 15%的有交通运输用地转化为耕地 32.60%、工矿仓储用地转化为耕地 25.23%、乱掘转化为耕地 19.30%、乱掘转化为塌陷地 18.95%、塌陷地转化为耕地 18.77%、塌陷地转化为水域 17.30%、住宅用地转化为工矿仓储用地 16.20%、园地转化为工矿仓储用地 15.63%、园地转化为林地 15.42%、乱掘转化为林地 15.09%。

致谢

在数据收集和处理过程中得到杨燕杰、丁娟、陶健等研究生的帮助, 在此表示感谢。

References(参考文献)

- [1] Reid R S, Russell L K,Nvawira M, et al. Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southwestern Ethiop [J].Landscape Ecology,2000,15:339-355.
- [2] Weber A,Nicola F,Detlex M.Long-term land use changes in a mesoscale watershed due to socio-economic factors-effects on landscape structures and functions[J].Ecological Modelling, 20-01, 140: 125-140.
- [3] Lepers E,Eric F L.A synthesis of information on rapid land-cover change for the period 1981-2000 [J]. Bioscience, 2005, 55(2): 115-124.
- [4] Zhuang Da-fang, Liu Ji-yuan. Study on the Model of Regional Differentiation of Land Use Degree in China[J].Journal of Natural Resources,1997,12(2):105-111.
庄大方,刘纪远.中国土地利用程度的区域分异模型研究[J].自

- 然资源学报,1997,12(2):105-111.
- [5] China's national standard(GB/T 21010-2007).Current Land Use Condition Classification[S].2007-08-10.
中华人民共和国国家标准(GB/T 21010-2007).土地利用现状分类[S].2007-08-10.
- [6] Liu Ji-yuan.Study on National Resources and Environment Survey and Dynamic Monitoring[M].Beijing: China Science and Technology Press,1996:158.
刘纪远.中国资源环境宏观调查与动态研究[M].北京:中国科学技术出版社, 1996: 158.
- [7] LI Zhong-feng, WANG Yi-mou, FENG Yu-sun, et al..Analysis of Land-use Change in Yulin Prefecture Based on RS and GIS[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003,17(2):97-99.
李忠锋,王一谋,冯毓荪,等.基于 RS 与 GIS 的榆林地区土地利用变化分析[J].水土保持学报,2003,17(2):97-99.
- [8] Ji Gui-zhen,Wu Cheng-zhen,Hong Wei,et al.Dynamic study on information entropy of land use structure in Wuyishan City[J]. Journal of Safety and Environment,2004, 4 (4): 41-44.
姬桂珍,吴承祯,洪伟,等.武夷山市土地利用结构信息熵动态研究[J].安全与环境学报, 2004,4 (4): 41-44.
- [9] ZHAO Jing, XU Jian-hua, MEI An-xin.Fractal Study on Land use Structure and Form Change[J]. Journal of East China Normal University(Natural Science), 2005(1):78-84.
赵晶,徐剑华,梅安新.城市土地利用结构与形态的分形研究[J].华东师范大学学报:自然科学版,2005(1):78-84.
- [10] Gao Zhi-qiang,Liu Ji-yuan,Zhuang Da-fang.The Relation Between Ecological Environmental Background and the Used Degree of Land Resources in China[J]. Acta Geographica Sinica, 1998,53(6): 36-43.
高志强,刘纪远,庄大方.中国土地资源生态背景与利用程度的关系[J].地理学报,1998,53(6):36-43.
- [11] Liu Ji-yuan.Study on National Resources and Environment Survey and Dynamic Monitoring Using Remote Sensing[J].Journal of Remote Sensing,1997,1(3):225-230.
刘纪远.国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究[J].遥感学报,1997,1(3):225-230.
- [12] Wang Si-yuan,Liu Ji-yuan,Zhang Zeng-xiang. Spatial Pattern Change of Land Use in China in Recent 10 Years[J]. Acta Geographica Sinica, 2002,57(5):523-530.
王思远,刘纪远,张增祥.近 10 年中国土地利用格局及其演变[J].地理学报,2002,57(5):523-530.
- [13] Wang Xiu-lan,Bao Yu-hai. Study on the Methods of Land Use Dynamic Change Research[J].Progress in Geography, 1999, 18(1):81-87.
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.