

22-27

基于强度效益的土地利用模式识别及状态监测<sup>①</sup>张光宇<sup>1</sup>, 肖斌<sup>2</sup> F301.24

(1. 广东工业大学工商管理系, 广州 510090; 2. 长沙交通学院, 长沙 410076)

**摘要:** 定义土地利用强度及强度效益等概念及其计算方法, 提出4种描述区域内土地利用状况的土地利用典型模式, 并在此基础上建立了土地利用强度测算及模式分类模型, 给出了土地利用状态监测和模式识别方法。最后, 给出了一个应用案例。这种新的方法能将土地利用的效益分析和土地利用活动对土地生态系统的损害结合起来, 评估区域经济发展对土地生态系统作用的强度, 这对于合理地利用土地资源, 促进社会经济和生态环境的协调发展十分有益。

**关键词:** 土地利用; 强度效益; 模式识别; 状态监测

**分类号:** F301 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(1999)-04-0022-06

## 0 引言

随着社会经济的发展和科学技术的进步, 人类活动正以空前的速度、幅度和空间规模改变着土地生态系统, 人类的物质文明与土地的加速破坏并行前进, 人类与土地的矛盾从来没有象今天这样严峻。全球平均每年有600余万公顷土地变为沙漠, 1200万公顷森林消失, 250亿吨土壤流失, 25万平方公里耕地消失。近年来, TM卫星提供的数据资料表明, 我国有不少建设项目占地撂荒、城市盲目扩展, 使得耕地锐减的情况十分严重, 根据17个城市的清查, 耕地损失比统计数字大2.5倍, 仅1993年全国耕地减少量相当于1个青海省的耕地面积或13个中等县的耕地面积。目前, 沙漠和沙漠化面积已达到153.3平方公里, 占全国土地总面积的15.9%; 土壤侵蚀面积约367平方公里, 占全国土地总面积的38.2%; 水土流失面积约130平方公里, 占全国土地总面积的13.5%<sup>[1]</sup>。总之, 人类的经济发展和物质文明是以土地生态系统的破坏和自然环境的恶化为代价的<sup>[2]</sup>, 人们不能不忧虑脚下这块有限的土地——如何测算土地资源的利用强度? 如何识别土地利

用的模式? 如何监控土地生态系统的状态? 这一切无疑对在尽量减少土地生态系统损害的前提下而获得所需的社会财富, 实现土地资源的可持续利用至关重要<sup>[3]</sup>。

本文结合为广东省番禺、三水、鹤山等多市县所进行的土地利用规划编制和土地利用管理的科研实践, 设计了一个土地利用强度测算模型, 给出了土地利用状态监测和模式识别方法, 为评估区域经济发展对土地生态系统作用的强度, 促进社会经济与生态环境的持续协调发展提供了一种新的方法。

## 1 土地利用强度测算及效益评价

土地利用是指人类通过一定的行动, 以土地为劳动对象(或手段), 利用土地的特征来满足自身需要的过程。人类在享受利用土地创造财富的同时, 又必须承担土地利用所带来的后果。“地球只是给人类提供一定量的物质享受, 地球本身不是供人类消费的, 也不是用作人类垃圾桶的。”<sup>[4]</sup>因此, 土地利用强度可定义为: 人类为了满足其生存和发展的需要而改变土地生态系统的程度, 它

① 收稿日期: 1998-09-21。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(79770018); 广东省自然科学基金资助项目(970261)。

作者简介: 张光宇(1962-), 男(汉族), 湖南湘阴人, 广州市广东工业大学工商管理系副教授。

的直接表现就是土地覆盖状况的变化情况<sup>[5,6]</sup>,它的间接表现是对土地生态系统的损害而导致环境的变化,如毁林开荒以满足人类食物的需要,扩展城镇以满足社会经济发展的需要,这些均对土地生态系统产生了影响,因此,土地利用强度的测算,必须考虑综合两方面的因素:其一,土地利用对土地生态系统的影响;若土地利用项目有利于土地生态系统的改善,则区域内土地利用强度降低,如退耕还林。其二,土地利用的极限;它不仅包

括土地利用的数量极限,更重要的包括土地利用的程度极限<sup>[7]</sup>。为此,我们将土地利用的下限定义为土地利用的起点,即原始的人类与自然合一的土地状况,如原始森林等;土地利用的上限定义为土地利用的终点,即人类一般无法进一步扩展其利用的深度,如现代化大都市等<sup>[8]</sup>。为此,根据国家土地管理局对土地资源的标准分类,将土地资源分为 8 个利用强度级别,如表 1 所示。

表 1 土地利用强度分级赋值表

强度等级	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
土地类型	林地	牧草地	水域	未利用土地	耕地	园地	交通用地	居民工矿用地
强度标准	1	2	3	4	5	6	7	8

假设某区域土地总面积为  $S$ , 各强度等级土地的面积  $S_i (i=1, 2, \dots, 8)$ , 则区域土地利用强度  $D$  为

$$D = D_1 S_1 + D_2 S_2 + \dots + D_8 S_8 = \sum_{i=1}^8 D_i S_i$$

式中  $D_i$  —— 土地强度等级  $A_i$  的强度标准

定义单位土地面积的利用强度为土地利用强度指数, 则区域土地利用的强度指数  $d$  为

$$d = (D_1 S_1 + D_2 S_2 + \dots + D_8 S_8) / S$$

$$= \left( \sum_{i=1}^8 D_i S_i \right) / S = \sum_{i=1}^8 s_i D_i$$

式中  $s_i (i=1, 2, \dots, 8)$  —— 区域内强度等级为  $A_i$  的土地比重。

若单位面积  $A_i$  级土地的效益为  $R_i$ , 则区域内土地利用的效益  $R$  和效益指数  $r$  分别为

$$R = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_8 S_8 = \sum_{i=1}^8 R_i S_i$$

$$r = (R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_8 S_8) / S$$

$$= \left( \sum_{i=1}^8 R_i S_i \right) / S = \sum_{i=1}^8 s_i R_i$$

显然, 衡量土地利用效益仅用单位面积的土地产出是不够的, 如城建用地的产出远远大于农业用地的产出, 但城市的盲目扩展将损坏生态环境, 因此, 必须综合考虑土地利用的效益和土地利用的强度。为此, 定义土地利用的强度效益指数 (或称强度效益) 为土地利用效益与土地利用强

度的比值 (或土地利用效益指数和土地利用强度指数的比值), 可计算如下

$$r_d = R/D = \left( \sum_{i=1}^8 R_i S_i \right) / \left( \sum_{i=1}^8 D_i S_i \right) = r/d$$

## 2 土地利用模式识别及状态监控

### 2.1 土地利用模式分类模型

根据土地利用强度和土地利用效益的状况, 可将土地利用模式进行 2-2 分类和 3-3 分类。2-2 分类将土地利用模式分为 4 种, 即生态型、集约型、粗放型和耗损型; 3-3 分类将土地利用模式分为 6 种, 即生态型、集约型、半集约型、半粗放型、粗放型和耗损型, 如图 1 所示。

其中, 生态型是指区域经济发展落后, 土地利用强度较低, 以生态农业为主的土地利用模式; 集约型是指区域经济发达, 生态环境良好, 土地集约利用, 其利用强度低且效益高, 以高技术产业为主的土地可持续利用模式; 粗放型是指区域经济较落后, 经济增长靠扩大规模和增加资源的投入而获得, 土地利用强度较高, 以传统产业为主的土地利用模式; 耗损型是指区域经济落后, 生态环境损害严重, 土地利用强度高, 以资源型工业为主的土地利用模式; 半集约型和半粗放型是介于集约型和粗放型之间的土地利用模式。

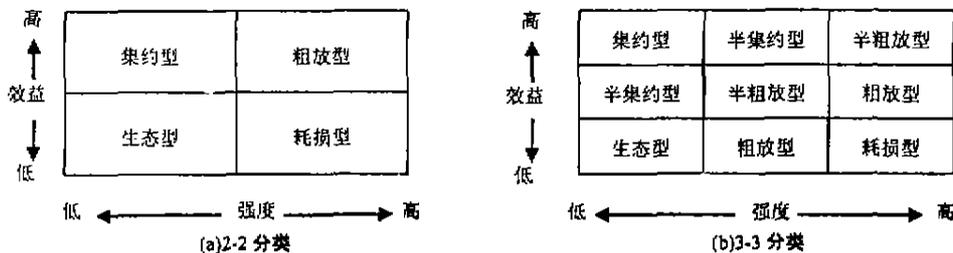


图1 土地利用模式分类模型

2.2 土地利用模式识别

土地利用的模式识别主要是对所考察的各区域土地利用状况进行横向比较,并对各区域土地利用模式进行分类和识别.土地利用模式识别模型如下:

设所考察的区域数为  $n$ . 各区域土地利用强度指数和土地利用效益指数为  $d_i (i = 1, 2, \dots, n)$  和  $r_i (i = 1, 2, \dots, n)$ , 其平均强度指数  $\bar{d}$  和平均效益指数  $\bar{r}$  分别为

$$\bar{d} = d_1 + d_2 + \dots + d_n = \sum_{i=1}^n d_i / n$$

$$\bar{r} = r_1 + r_2 + \dots + r_n = \sum_{i=1}^n r_i / n$$

分别计算区域土地利用强度指数和土地利用效益指数的总体方差  $\sigma_d$  和  $\sigma_r$ , 即

$$\sigma_d \approx \sqrt{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2 / (n - 1)}$$

$$\sigma_r \approx \sqrt{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2 / (n - 1)}$$

$$\text{土地利用模式} = \begin{cases} \text{生态型,} & d < d_a \cdot \text{and} \cdot r < r_a \\ \text{集约型,} & d < d_a \cdot \text{and} \cdot r \geq r_b \\ \text{半集约型,} & (d < d_a \cdot \text{and} \cdot r_a \leq r < r_b) \cdot \text{or} \cdot (d_a \leq d < d_b \cdot \text{and} \cdot r \geq r_b) \\ \text{半粗放型,} & (d \geq d_b \cdot \text{and} \cdot r \geq r_b) \cdot \text{or} \cdot (d_a \leq d < d_b \cdot \text{and} \cdot r_a \leq r < r_b) \\ \text{粗放型,} & (d_a \leq d < d_b \cdot \text{and} \cdot r < r_a) \cdot \text{or} \cdot (d \geq d_b \cdot \text{and} \cdot r_a \leq r < r_b) \\ \text{耗损型,} & d \geq d_b \cdot \text{and} \cdot r < r_a \end{cases}$$

2.3 土地利用状态监控

土地利用状态监控主要是对区域土地利用状态进行纵向比较,监测土地利用状况的变化趋势,并根据状态监测结果及时采取有效调控措施,实现土地利用效益不断提高与土地生态环境逐步改善的良性循环<sup>[9]</sup>. 它包括土地利用状况变化监测、土地利用状态趋势监测及土地利用状态改善途径

分析. 根据统计原理,各区域土地利用强度和土地利用效益的数据中,有 50% 区域的土地利用强度指数和土地利用效益指数分别在区间  $[\bar{d} - 0.67\sigma_d, \bar{d} + 0.67\sigma_d]$  和  $[\bar{r} - 0.67\sigma_r, \bar{r} + 0.67\sigma_r]$  之中.

(1) 对于 2-2 分类模型,区域土地利用模式可按下式识别

$$\text{土地利用模式} = \begin{cases} \text{生态型,} & d < \bar{d} \cdot \text{and} \cdot r < \bar{r} \\ \text{集约型,} & d < \bar{d} \cdot \text{and} \cdot r \geq \bar{r} \\ \text{粗放型,} & d \geq \bar{d} \cdot \text{and} \cdot r \geq \bar{r} \\ \text{耗损型,} & d \geq \bar{d} \cdot \text{and} \cdot r < \bar{r} \end{cases}$$

(2) 对于 3-3 分类模型,分别定义变量  $d_a, d_b, r_a, r_b$  如下

$$d_a = \bar{d} - 0.67\sigma_d$$

$$d_b = \bar{d} + 0.67\sigma_d$$

$$r_a = \bar{r} - 0.67\sigma_r$$

$$r_b = \bar{r} + 0.67\sigma_r$$

则区域土地利用模式可按下式予以识别

分析.

(1) 土地利用状态变化可用土地利用强度效益变化率  $\alpha$  进行监测,即

$$\alpha = \frac{r_d(t) - r_d(0)}{r_d(0)} \times 100\% = \frac{r(t)d(0) - r(0)d(t)}{r(0)d(t)} \times 100\%$$

式中  $r_d(t), r_d(0)$  —— 分别为本年和上年的土

地利用强度效益:

$d(t), d(0)$ ——分别为本年和上年的土地利用强度指数;

$r(t), r(0)$ ——分别为本年和上年的土地利用效益指数。

显然,当土地利用强度效益变化  $\alpha \geq 0$  时,土地利用状态得到改善,且  $\alpha$  越大改善的幅度也越大。

(2) 假设选择最近  $m$  个土地利用状况的历史数据,即当时间为  $t, (i = 1, 2, \dots, m)$  时,区域土地利用效益指数和土地利用强度指数分别为  $r(t_i)$  和  $d(t_i) (i = 1, 2, \dots, m)$ , 则土地利用状态的变化趋势可用以下线性回归模型进行预测,即

$$r(t_i) = a_1 t_i + b_1$$

$$d(t_i) = a_2 t_i + b_2$$

$$r(t_i) = a_3 d(t_i) + b_3$$

式中,参数  $a_i (i = 1, 2, 3)$  和  $b_i (i = 1, 2, 3)$  计算如下

$$a_1 = \frac{m \sum t_i r(t_i) - \sum t_i \sum r(t_i)}{m \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

$$a_2 = \frac{m \sum t_i d(t_i) - \sum t_i \sum d(t_i)}{m \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

$$a_3 = \frac{m \sum d(t_i) r(t_i) - \sum d(t_i) \sum r(t_i)}{m \sum d(t_i)^2 - (\sum d(t_i))^2}$$

$$b_1 = \frac{\sum t_i^2 \sum r(t_i) - \sum t_i \sum t_i r(t_i)}{m \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

$$b_2 = \frac{\sum t_i^2 \sum d(t_i) - \sum t_i \sum t_i d(t_i)}{m \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

$$b_3 = \frac{\sum d(t_i)^2 \sum r(t_i) - \sum d(t_i) \sum d(t_i) r(t_i)}{m \sum d(t_i)^2 - (\sum d(t_i))^2}$$

对预测模型的回归参数需进行拟合优度检验,它反映回归直线与样本观测值之间的一致程度,以上 3 个预测模型的拟合优度  $r_i^2 (i = 1, 2, 3)$  可分别计算如下

$$r_1^2 = \frac{[\sum (t_i - \bar{t})(r(t_i) - \bar{r})]^2}{\sum (t_i - \bar{t})^2 \sum (r(t_i) - \bar{r})^2}$$

$$r_2^2 = \frac{[\sum (t_i - \bar{t})(d(t_i) - \bar{d})]^2}{\sum (t_i - \bar{t})^2 \sum (d(t_i) - \bar{d})^2}$$

$$r_3^2 = \frac{[\sum (d(t_i) - \bar{d})(r(t_i) - \bar{r})]^2}{\sum (d(t_i) - \bar{d})^2 \sum (r(t_i) - \bar{r})^2}$$

式中,拟合优度取值范围为  $0 \leq r_i^2 \leq 1 (i = 1, 2, 3)$  其取值越接近 1,模型的可信度越高。

(3) 由于土地利用强度效益为土地利用效益与土地利用强度的比值,因此,改善土地利用状况,即提高土地利用强度效益的主要途径有:其一,生态均衡型,即保持土地利用效益基本不变,尽量降低土地利用强度;其本质在于进行土地资源的整治和保护,以减慢经济的发展速度为代价,改善生态环境,为土地资源的持续利用奠定基础。其二,内涵挖潜型,即在原有土地利用强度不变的基础上,尽量提高土地利用效益;其本质是“盘活存量”,即通过内部挖潜,减少土地资源的浪费,提高土地资源的利用率,如国家暂停一年新增建设用地的审批,其目的亦在于此。其三,集约增长型,即适当提高土地利用强度,大幅度提高土地利用效益;其本质是“优化增量”,优化产业结构,大力发展高新技术产业,以最少的土地资源的投入取得最大的利用效益。其四,持续发展型,即降低土地利用强度的同时,提高土地利用效益;其本质是形成一种土地生态系统不断改良、人类生存环境不断改善、社会经济持续发展的良性循环,它是一种理想的土地利用模式,也是未来土地利用的最终目标及未来“人养地,地养人”这种人地互养关系的最终实现<sup>[10]</sup>。

### 3 应用案例

利用 1990 年广东省土地利用现状数据分析其土地利用强度及强度效益状况如表 2 所示。考虑实际工作中的简单性、操作性与实用性原则,以各市国内生产总值近似描述区域内的土地利用效益,从表中可知:(1) 珠江三角洲地区及沿海地区等经济发达地区的土地利用强度较高,社会经济发展对土地资源的开发利用密切相关;(2) 珠江三角洲地区及沿海地区等经济发达地区的土地利用效益明显高于粤北山区等贫困地区,其中深圳、广州等市土地利用强度效益明显高于其它各市,土地资源得到集约利用;(3) 河源、韶关、清远、肇庆等山区市土地利用强度虽然不高,但其土地利用效益相对其它各市更低,其土地利用效益有待大幅度提高,节约和集约利用土地资源,逐步加高高新技术产业的发展力度。

表 2 广东省 1990 年土地利用强度效益分析表 (面积单位:公顷 效益单位:亿元)

市名	地 类										强度 指数	土地利 用效益	效益 指数	强度 效益
	耕地	园地	林地	牧草地	居民工 矿用地	交通 用地	水域	未利用 土地	土地 总面积	土地利 用强度				
广州	16.95	4.32	28.47	0.02	6.15	0.85	7.99	7.44	72.19	245.81	3.41	261.53	3.623	1.062
深圳	1.90	1.71	8.47	0.03	1.78	0.20	1.39	2.85	18.33	60.64	3.31	144.82	7.901	2.387
珠海	3.84	0.69	3.87	0.01	1.12	0.14	3.13	3.03	15.88	58.68	3.70	31.67	1.994	0.589
汕头	5.63	1.73	5.03	0.10	2.88	0.63	3.61	0.52	20.13	84.12	4.18	29.16	1.449	0.352
揭阳	10.73	6.16	25.23	0.33	3.27	1.31	3.40	2.04	52.47	170.19	3.24	11.20	0.213	0.066
潮州	4.84	4.00	14.72	0.20	1.50	0.73	2.53	2.30	31.00	97.22	3.14	8.70	0.281	0.089
韶关	17.52	2.61	136.14	0.15	6.36	2.08	5.13	17.80	187.79	391.73	2.09	0.55	0.003	0.0014
河源	14.73	4.35	113.03	0.67	3.92	0.70	3.34	6.98	153.28	288.08	1.88	0.60	0.004	0.0021
惠州	18.11	8.05	106.96	0.56	5.56	1.81	4.49	13.16	158.73	370.19	2.33	0.47	0.003	0.0013
梅州	15.21	3.65	65.19	0.05	3.90	1.16	5.07	17.36	111.59	287.21	2.57	6.48	0.058	0.023
汕尾	10.08	2.11	21.79	0.17	1.65	0.44	4.12	7.96	48.32	125.67	2.60	5.30	0.110	0.042
东莞	5.94	3.01	6.20	0.00	2.52	0.99	3.80	2.21	24.67	101.29	4.11	64.62	2.619	0.637
中山	7.04	0.74	3.70	0.00	1.09	0.43	2.68	1.13	16.81	67.63	4.02	43.35	2.591	0.645
江门	18.98	2.91	44.03	0.00	5.02	1.04	10.08	12.67	94.73	284.75	3.01	18.31	0.193	0.064
佛山	10.94	1.22	6.40	0.01	3.79	0.97	11.55	3.59	38.47	154.56	4.02	34.63	0.900	0.224
阳江	14.70	2.85	44.43	0.00	2.53	0.74	6.83	6.78	78.86	208.06	2.64	12.90	0.164	0.062
湛江	40.26	8.52	35.73	0.12	5.97	4.52	15.75	13.81	124.68	470.28	3.77	32.25	0.259	0.069
茂名	22.80	13.35	57.15	0.12	3.68	1.02	5.80	5.36	114.28	326.91	2.86	20.69	0.181	0.063
肇庆	28.82	8.19	154.26	0.40	9.95	4.33	9.64	13.15	228.71	539.73	2.36	12.15	0.053	0.022
清远	22.31	3.74	89.96	0.13	5.20	1.16	5.48	61.87	189.85	537.67	2.83	12.90	0.068	0.024

#### 4 结束语

土地利用强度及土地利用强度效益的定义,对于客观描述土地利用状况,增强集约利用土地资源意识十分有益,且模型简单、易于操作,有一定的理论和应用价值。文中所提出的土地利用模式识别方法,是一种相对比较分析方法,因此各区域土地利用模式的识别和分类是一种动态分析方法,这无疑有利于各区域土地利用状况的改善,

形成一种土地利用状况评价的竞争机制。若需绝对描述土地利用状况,则可在在此基础上,对各种模式的特点进行分析研究,形成一系列标准模式,并以模糊子集予以描述。如要确定某区域土地利用模式,则可计算其相对于各标准模式的贴近度予以识别。目前,土地利用与土地覆盖变化研究是全球的热点问题<sup>[1]</sup>,本文利用土地覆盖变化来描述土地利用强度,并通过强度效益测算进行土地利用的模式识别,在实际应用中,这一新的思路和方法是行之有效的。

**参考文献:**

- [1] 王治安. 靠谁养活中国[M]. 成都:四川人民出版社, 1996
- [2] 张光宇,刘永清. 土地利用问题的系统学思考[J]. 中国土地, 1997, (10):15~17
- [3] 谢俊奇. 可持续土地利用系统研究[J]. 中国土地科学, 1999, 13(4):35~38
- [4] Marsh. Man and nature, or physical geography as modified by human action (ed by D Lowenthal)[M]. Cambridge, Mass. 1995
- [5] 陈百明. 试论中国土地利用和土地覆盖变化及其人类动力研究[J]. 自然资源, 1997, (2):31~36
- [6] 摆万奇,赵士洞. 土地利用和土地覆盖变化研究模型综述[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2):169~174
- [7] Duddin & Hendrie. World land and water resources[M]. London; Hoddes, 1988
- [8] 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
- [9] 张光宇,刘永清. 土地资源合理利用的系统方法论——土地利用系统工程[M]. 运筹管理与二十一世纪的中国, 北京:宇航出版社, 1998, 69~73
- [10] 赵定涛. 师法自然,再造良好人类生存环境[J]. 未来与发展, 1997, (1):44~47
- [11] IGBP/HDP. Land Use and Land Cover Change Science / Research Plan[J]. 1996, (7): 8~53
- [12] W. Robert. R. Land use in a nutshell[M]. Minnesota; West Publishing Co., 1985
- [13] 张光宇,刘永清. 土地利用规划的系统方法与软件工程[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(8): 119~126

## The pattern recognition and state monitor of land-use based on intensity benefit

ZHANG Guang-yu<sup>1</sup>, XIAO Bin<sup>2</sup>

1. Department of Business Administration, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090;  
2. Changsha Jiaotong College, Changsha 410076

**Abstract:** This paper defines the intensity, intensity benefit of land-use and its calculating method, and presents four different typical pattern that describe the condition of land-use in a region. Based on which, an intensity estimation and pattern classification model of land-use is established, and a method of pattern recognition and state monitor of land-use is developed. According to this new method, the benefit analysis of land-use can be combined with the harm in land ecosystem, and the strength acted on land ecosystem by regional economy development can be evaluated. Finally, an example is introduced to illustrate the above results. It is useful to make good use of land resource and coordinate the development of society, economy and ecological environment.

**Keywords:** land-use; intensity benefit; pattern recognition; state monitor