

# 哈尔滨市土地利用效益耦合关系研究

王伟娜<sup>1</sup>, 宋戈<sup>1</sup>, 孙丽娜<sup>2</sup>

(东北农业大学 资源与环境学院, 哈尔滨 150030)

**摘 要:**定量研究城市土地利用效益之间的耦合规律,是建立有效协调机制的关键,为城市土地利用总体规划的制订和城市的可持续发展提供重要依据。土地利用效益包括土地利用社会经济效益与生态环境效益,以哈尔滨市域为研究区,运用多指标综合评价法计算 2000—2009 年哈尔滨市土地利用社会经济效益与生态环境效益综合值,基于系统理论建立了二者之间的耦合模型,用耦合度来表达这两种效益之间的协调程度。结果表明:哈尔滨市土地利用效益的耦合度演化分为 3 个阶段,2000—2002 年,土地利用效益耦合度从  $-30.62^\circ$  快速增长到  $67.28^\circ$ ,从低级共生到协调发展,2002—2005 年,耦合度从  $67.28^\circ$  上升到  $85.14^\circ$ ,即从最佳协调状态向不甚协调状态发展。2005—2009 年,耦合度为  $85.14^\circ \sim 86.85^\circ$ ,土地利用效益的协调程度有所下降。

**关键词:**土地利用效益; 耦合关系; 哈尔滨市

中图分类号:F301

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0116-05

## Study on Coupling Relationship between Land Use Benefits of Harbin City

WANG Wei-na<sup>1</sup>, SONG Ge<sup>1</sup>, SUN Li-na<sup>2</sup>

(College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:**Quantitative study on coupling relationship between land use benefits is the key to establish effective coordination mechanisms and provide an important basis for urban land use planning and sustainable development. Land use benefit includes social economic benefit and ecological environment benefit. Harbin City was selected as the study area in this paper. The multi-index evaluation method was used to calculate comprehensive value of social economic benefit and ecological environment benefit from 2000 to 2009 of Harbin City, then the coupling between the two models through theory-based system was established and expressed this by coupling degrees between the two benefits. The results show that the evolving processes of coupling degree of land use benefits can be divided into three stages in Harbin City, the coupling degrees increased rapidly from  $-30.62^\circ$  to  $67.28^\circ$  during the period of 2000—2002, the land use benefits were not very coordinated during the period of 2002—2005, the coordination extent of land use benefits decreased during the period of 2005—2009.

**Key words:**land use benefit; coupling relationship; Harbin City

土地利用社会经济效益与生态环境效益之间的耦合程度是评价土地利用是否科学合理的依据之一,也是土地可持续利用研究的重要内容<sup>[1-3]</sup>。20 世纪以来随着生态环境问题的日益加剧,如何协调区域土地利用社会经济效益与生态环境效益之间的关系,成为人们关注的焦点。

目前,国外相关研究多侧重 LUCC 的全球变化影响和响应,缺乏对区域生态环境和生态过程影响的研究<sup>[4]</sup>,对城市土地利用效益的研究多集中于经济效

益;国内现有研究侧重定性和静态的分析<sup>[5-6]</sup>,而定量和动态研究成果主要集中于东南沿海的发达城市<sup>[7-11]</sup>、全国范围<sup>[12]</sup>以及干旱地区<sup>[13-17]</sup>,对东北地区城市土地利用效益耦合程度的研究很少。本文以哈尔滨市为研究区,采用主观赋权的 AHP 法和客观赋权的熵值法联合确定权重,分别对 2000—2009 年哈尔滨市土地利用社会经济效益与生态环境效益进行评价,在此基础上建立耦合模型,并对二者之间的耦合关系进行定量分析。

收稿日期:2011-06-29

修回日期:2011-08-08

资助项目:国家科技支持项目(2008BAD96B02);国家社科基金项目(07CJY025);黑龙江省青年学术骨干项目(1154G45)

作者简介:王伟娜(1987—),女,河南省许昌人,硕士研究生,研究方向为土地利用。E-mail:wwn19870915@163.com

通信作者:宋戈(1969—),女,黑龙江省庆安人,博士后,教授,博士生导师,主要研究方向为土地利用。E-mail:songgelaoshi@163.com

1 研究区概况

哈尔滨市地处我国东北北部地区。全市土地面积 5.31 万 km<sup>2</sup>,辖 8 区 10 县(市),总人口 991.6 万人。气候属中温带大陆性季风气候,冬长夏短,雨水充沛,土地肥沃,是中国重要的商品粮生产基地。2009 年全市国民经济生产总值 3 258.1 亿元,比上年增长 13.0%,人均地区生产总值 32 053 元,人均工业总产值 29 009 元,人均地方财政收入 1 952 元,城镇登记失业率 3%,营运路线长度 3 413.2 km。全市共有自然保护区 12 个,面积 11.94 万 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率

达 44.6%,城市园林绿地面积 12 174 hm<sup>2</sup>,人均公共绿地面积 9.4 m<sup>2</sup>,饮用水源水质达标率 99.4%,废水排放达标率 97.4%,固体废物综合利用率 76.3%,环境污染治理投资额 113 825 万元。

2 土地利用效益综合评价

2.1 建立指标体系

本文根据科学性、完整性、引导性、针对性、时间跨度性和可操作性原则,结合哈尔滨市实际情况,综合分析土地利用社会经济效益与生态环境效益的定义与相互关系,建立指标体系,详见表 1。

表 1 土地利用效益综合评价指标体系及权重

目标层	准则层	权重	指标层	AHP 法	熵值法	综合权重
社会 经济 效益	社会效益	0.416	人均耕地面积(hm <sup>2</sup> /人)	0.067	0.037	0.052
			营运线路长度/km	0.054	0.041	0.047
			农村居民人均住房使用面积(m <sup>2</sup> /人)	0.054	0.031	0.043
			城镇居民人均住房使用面积(m <sup>2</sup> /人)	0.069	0.032	0.050
			城镇登记失业率/%	0.086	0.036	0.061
			人口密度/(人·km <sup>-2</sup> )	0.044	0.039	0.042
			恩格尔系数/%	0.044	0.035	0.040
			每万人中在校学生人数/个	0.044	0.033	0.039
			每万人拥有医院数/个	0.039	0.048	0.043
	经济效益	0.584	人均地区生产总值(元/人)	0.088	0.051	0.070
			城镇居民人均可支配收入(元/人)	0.040	0.048	0.044
			农民人均纯收入(元/人)	0.048	0.045	0.047
			人均社会消费品零售额(万元/人)	0.048	0.058	0.053
			地均 GDP/(万元·km <sup>-2</sup> )	0.059	0.104	0.082
			单位土地面积第一产业总产值/(万元·km <sup>-2</sup> )	0.048	0.137	0.092
			单位土地面积第三产业总产值/(万元·km <sup>-2</sup> )	0.088	0.064	0.076
			单位土地面积工业产值/(万元·km <sup>-2</sup> )	0.040	0.119	0.079
			第二、三产业比重/%	0.040	0.042	0.041
生态 环境 效益	生态效益	0.318	城市园林绿地面积/hm <sup>2</sup>	0.148	0.058	0.103
			人均占有公共绿地面积(m <sup>2</sup> /人)	0.181	0.064	0.123
			建成区绿化覆盖率/%	0.121	0.062	0.092
	环境效益	0.682	单位土地面积工业废水排放量/万 t	0.047	0.090	0.068
			单位土地面积工业废气排放量/亿 m <sup>3</sup>	0.060	0.108	0.084
			单位土地面积工业粉尘产生量/亿 m <sup>3</sup>	0.061	0.050	0.056
			单位土地面积工业固体废弃物产生量/万 t	0.048	0.096	0.072
			工业废水排放达标率/%	0.073	0.095	0.084
			降尘[t/(km <sup>2</sup> ·月)]	0.073	0.073	0.073
			工业固体废物利用率/%	0.073	0.127	0.100
			环保投入与 GDP 比例/%	0.115	0.175	0.144

2.2 数据来源与处理

本研究数据主要来源于哈尔滨市社会经济统计资料(2001—2010)、《哈尔滨统计年鉴》(2001—2010)、《黑龙江统计年鉴》(2001—2010)及其他相关实地调研资料。

为了消除指标量纲或测度量级不同而造成的影响,需要对指标数据进行无量纲处理。对正向指标和

负向指标分别按式(1)进行标准化:

$$X'_{ij} = \begin{cases} (X_{ij} - m_i)/(M_i - m_i) \\ (M_i - X_{ij})/(M_i - m_i) \end{cases} \quad (1)$$

式中: $X_{ij}$ ——指标实际值; $X'_{ij}$ ——标准化后的值。 $i$ ——指标个数,取值范围为 1—29; $j$ ——年份(2000—2010 年),相应取值为 1—10; $m_i$ ——第  $i$  个指标最小值; $M_i$ ——第  $i$  个指标最大值。负向指标指

人口密度、恩格尔系数、城镇登记失业率、工业废水排放量、工业废气排放量、工业粉尘产生量、工业固体废物产生量,其余的为正向指标。

### 2.3 指标权重的确定

遵循土地利用效益评价的科学性原则,对评价指标体系中的各个指标赋予不同的权重,以确定各个指标对整个系统的影响程度。本文分别用 AHP 法与熵值法计算各指标权重,最后取二者的平均值作为指标的最终权重。其中,AHP 法权重的确定是由所建立的三个层次、根据相邻层次元素间相关程度构造判断矩阵,进行矩阵运算并满足一致性检验得到;熵值

法权重的确定是通过对各原始指标进行归一化处理,然后计算各指标值的差异性系数得到。

### 2.4 土地利用效益综合值

土地利用效益评价模型为<sup>[18]</sup>:

$$Q = \sum_{i=1}^n W_j X'_{ij}, i=1,2,\dots,10 \quad (2)$$

式中:  $Q$ ——土地利用效益综合值;  $X'_{ij}$ ——第  $i$  年第  $j$  个指标的标准化值;  $W_j$ ——各指标的权重。根据式(2)计算可以分别得出 2000—2009 年哈尔滨市土地利用社会效益与生态环境效益演化值,由此绘制出二者的演化曲线(图 1)。

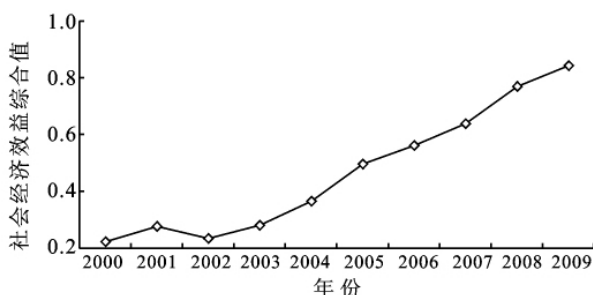


图 1 2000—2009 年哈尔滨市土地利用效益演化曲线

由计算结果可知,2000 年以来,除 2002 年哈尔滨市土地利用社会效益出现短暂下降外,总体呈持续上升状态;而生态环境效益在波动中经历了三次先降后升的过程,其中,2000—2006 年生态环境效益在波动中下降至最低点 0.370 4,2007—2009 年在波动中上升至最高点 0.670 3。

## 3 土地利用效益演化速度

本文中土地利用效益包括土地利用社会效益( $Q_1$ )和土地利用生态环境效益( $Q_2$ ),二者是非线性系统<sup>[18]</sup>,且都是随着时间连续不断演进的,是时间  $t$  的函数,二者的演化方程为<sup>[19]</sup>:

$$A = dQ_1/dt, B = dQ_2/dt \quad (3)$$

$A, B$  分别为两系统的演化状态,在受自身与外界影响下的土地利用社会效益子系统与生态环境效益子系统的演化方程速度为:

$$V_A = dA/dt, V_B = dB/dt \quad (4)$$

分别将图 1 中得到的土地利用社会效益与生态环境效益演化曲线进行非线性曲线拟合,得出二者的演化方程,将所得方程用式(4)计算得到哈尔滨市土地利用效益演化速度方程:

$$V_A = dA/dt = -0.072 + 0.046x - 0.003x^2 \quad (R^2 = 0.988) \quad (5)$$

$$V_B = dB/dt = 0.049/x \quad (R^2 = 0.868) \quad (6)$$

式中,  $x$  的取值范围为 1—29, 相应年份为 2000—2009 年。

## 4 土地利用效益耦合关系

### 4.1 土地利用效益耦合模型

鉴于土地利用社会效益与生态环境效益的相互耦合关系,可以把它们作为一个复合系统来考虑,整个系统的演化速度  $V = f(V_A, V_B)$ , 当两子系统协调时,整个系统也是协调发展的,反之亦然,因此可以通过分析  $V$  的变化来研究整个系统以及两个子系统间的耦合关系。在二维平面( $V_A, V_B$ )中,以  $V_A, V_B$  为变量建立坐标系,则  $V$  的变化轨迹为坐标系中的一椭圆(土地利用生态环境效益演化速度没有社会效益演化速度快,幅值偏小)<sup>[9]</sup>。由图 2 可知,  $V$  与  $V_B$  的夹角  $\alpha$  满足  $\tan \alpha = V_A/V_B$ , 则:

$$\alpha = \arctg(V_A/V_B) \quad (7)$$

### 4.2 土地利用效益耦合度

根据  $\alpha$  的变化,可以确定土地利用社会效益与生态环境效益协调发展的程度,即耦合度。在一个演化周期内,整个系统将经历低级共生(Ⅰ)、协调发展(Ⅱ)、极限发展(Ⅲ)和再生发展(Ⅳ)4 个阶段<sup>[20]</sup>(图 2)。当  $-90^\circ < \alpha \leq 0^\circ$  时,系统处于低级共生阶段;当  $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$  时,系统处于协调发展阶段,等于  $45^\circ$  时,土地利用效益最协调,接近  $0^\circ$  或  $90^\circ$  时,土地利用效益之间不甚协调;当  $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$  时,系统处于极限发展阶段,系统内部矛盾日益突出,愈演愈烈,最终导致系统的解体;当  $-180^\circ < \alpha \leq -90^\circ$  时,系统处于再

生发展阶段,旧系统解体,新系统产生。新旧系统的关系表现为 4 种模式(图 3):即再生、循环、停滞、倒退<sup>[21]</sup>。

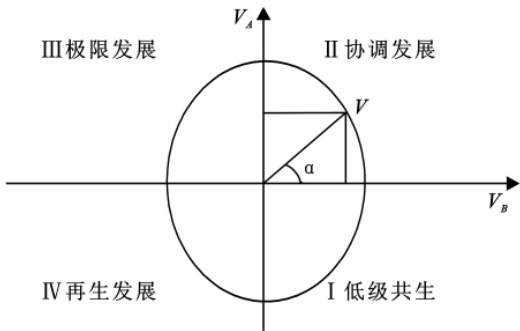


图 2 土地利用效益的耦合关系

退<sup>[21]</sup>。采用式(5)、式(6)和式(7)可求得 2000—2009 年间哈尔滨市的  $V_A$ 、 $V_B$ 、 $\text{tg}\alpha$  和  $\alpha$  值(表 2)。

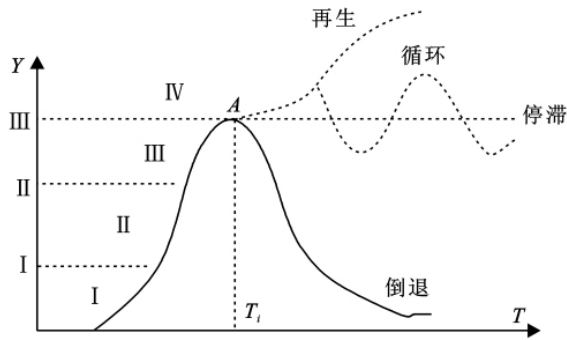


图 3 土地利用效益耦合关系的演化模式

表 2 2000—2009 年哈尔滨市土地利用效益耦合度表

参数	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
$V_A$	-0.03	0.01	0.04	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
$V_B$	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
$\text{tg}\alpha$	-0.59	0.33	2.39	5.22	8.47	11.76	14.71	16.98	18.18	17.96
$\alpha/(\text{°})$	-30.62	18.08	67.28	79.16	83.27	85.14	86.11	86.63	86.85	86.81

4.3 土地利用效益耦合关系分析

根据求得的 2000—2009 年间的耦合度  $\alpha$  值,绘出演化曲线(图 4)。总体看来,2000—2009 年 10 a 间,除第一年  $\alpha$  值处于第四象限低级共生阶段外,其余 9 a 的  $\alpha$  值都处于第一象限协调发展阶段。哈尔滨市土地利用社会经济效益与生态环境效益的耦合度变化近似于对数曲线,根据耦合度的变化,哈尔滨市土地利用效益耦合关系发展可以分为 3 个阶段。

2000—2002 年,土地利用效益耦合度从  $-30.62^\circ$  快速增加到  $67.28^\circ$ ,土地利用效益增长速度明显,从低级共生到协调发展,从不甚协调向更为协调发展,主要因为这一时期哈尔滨市处于经济体制改革初期,社会经济平稳发展,生态环境容量相对比较大,土地利用社会经济效益与生态环境效益相互促进、快速发展。

2002—2005 年,土地利用效益处于耦合变化状态,耦合度从  $67.28^\circ$  上升到  $85.14^\circ$ ,即从最佳协调状态向不甚协调状态发展。这一时期哈尔滨市生产力进一步提高,城市化、工业化进程加快。导致土地资源开发过度,工业废水、废气、固体废弃物排放量增多,环境污染,水土流失等问题加剧,相对于土地利用社会经济效益,土地利用生态环境效益相对滞后,系统整体协调程度受到影响。

2005—2009 年,土地利用社会经济效益与生态环境效益的协调度处于一个相对比较平稳的状态,耦合度为  $85.14^\circ\sim 86.85^\circ$ 。这一时期,哈尔滨市经济处于持续高速发展阶段,土地利用社会经济效益快速提

高,同时政府对生态环境建设的投入力度也开始逐渐加大,社会环境保护意识得到了加强,政府宏观调控政策初见成效,生态环境质量状况有了一定程度的好转,因此土地利用社会经济效益与土地利用生态环境效益的耦合度处于一个缓慢变化、相对稳定的过程,2009 年耦合度有向协调方向发展的趋势,但是总的来说,生态环境发展速度还是落后于社会经济发展速度,导致耦合度一直处于一个比较高的数值,居高不下,社会经济效益与生态环境效益处于一个不甚协调的状态。

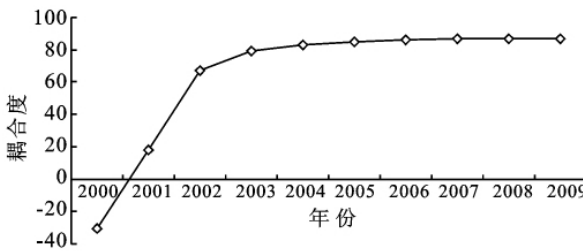


图 4 2000—2009 年哈尔滨市土地利用效益耦合度演化曲线

5 结论与讨论

本文参考相关专家研究成果,结合哈尔滨市实际情况构建土地利用效益评价指标体系,综合主客观方法赋权,基于系统理论建立土地利用效益之间的耦合模型,得到 2000—2009 年哈尔滨市土地利用社会经济效益与生态环境效益间的耦合度。研究证明,土地利用社会经济效益与生态环境效益是相互制约及相互影响的。总体来看,2000—2009 年哈尔滨市土地利用社会经济效益与生态环境效益都是处于上升的

趋势,二者经历了一个从低级共生到最佳协调发展又到不甚协调状态的过程。目前哈尔滨市土地利用效益处于不甚协调发展阶段,这是由于土地利用生态环境效益发展速度落后于社会经济效益发展速度,导致 $\alpha$ 值偏高,两者之间的矛盾日益显现。为了保证哈尔滨市经济又快又好发展,现阶段对土地资源的开发利用要以可持续发展为目标,在提高土地利用社会经济效益的同时,注重经济结构的优化和循环经济的发展,加大对自然保护区和生态环境建设的投入力度,增强环境保护意识,通过科技技术的不断创新,降低能耗,发展清洁生产,减少“三废”的排放量,提高废水废气处理率和固体废弃物综合利用率,实现土地利用的社会经济、生态环境协调发展。本文研究结果与实际情况基本吻合,说明本研究选用的方法是科学的,采用的模型是合理的。但本次研究未涉及到土地利用效益耦合关系的空间分布状况,因此在未来的研究中应加强运用 GIS 手段对土地利用效益耦合关系进行空间分析方面的研究。

#### 参考文献:

- [1] 李植斌. 城市土地可持续利用评价研究[J]. 浙江师大学报:自然科学版,2000,23(1):68-73.
- [2] 李植斌. 一种山地可持续利用评价方法[J]. 山地学报,1999,17(1):67-70.
- [3] 谭永忠,吴次芳,叶智宣. 城市土地可持续利用评价的指标体系与方法[J]. 中国软科学,2003(3):139-143.
- [4] 傅伯杰,陈利顶,马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响:以延安市羊圈沟流域为例[J]. 地理学报,1999,54(3):241-246.
- [5] 张巨东,张凤荣. 区域土地资源持续利用评价研究[J]. 国土资源,2004,33(4):31-34.
- [6] 张富刚,郝晋珉,李旭霖. 县域土地利用协调发展度评价:以河北省曲周县为例[J]. 水土保持通报,2005,25(2):63-68.
- [7] 梁红梅,刘卫东,刘会平,等. 深圳市土地利用社会经济效益与生态环境效益的耦合关系研究[J]. 地理科学,2008,28(5):636-641.
- [8] 梁红梅,刘卫东,林育欣,等. 土地利用效益的耦合模型及其应用[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2008,34(2):230-236.
- [9] 梁红梅,刘卫东,林育欣,等. 宁波市土地利用效益的耦合关系研究[J]. 中国地质大学学报:社会科学版,2007,7(6):91-95.
- [10] 曹堪宏,朱宏伟. 基于耦合关系的土地利用效益评价:以广州和深圳为例[J]. 中国农村经济,2010,8(6):58-67.
- [11] 曹堪宏,梁红梅,刘会平. 杭州市土地利用效益的耦合关系研究[J]. 中国市场,2008,9(3):84-86.
- [12] 王雨晴,宋戈. 城市土地利用综合效益评价与案例研究[J]. 地理科学,2006,26(6):743-748.
- [13] 许媛,南灵. 土地利用效益的耦合关系的研究:以西安为例[J]. 华中农业大学学报:社会科学版,2010,89(5):84-88.
- [14] 宋红丽,薛惠锋,张哲,等. 经济—环境系统影响因子耦合度分析[J]. 河北工业大学学报,2008,37(3):84-89.
- [15] 李边疆,王万茂. 区域土地利用与生态环境耦合关系的系统分析[J]. 干旱区地理,2008,31(1):142-147.
- [16] 罗桥顺,党红,张智光. 哈密地区生态经济系统耦合度变化及原因分析[J]. 水土保持研究,2010,17(3):162-165.
- [17] 赵晓露,高敏华,高军. 乌鲁木齐市土地利用效益的耦合关系分析[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(1):91-95.
- [18] 李崇明,丁烈云. 小城镇资源环境与社会经济协调发展评价模型及应用研究[J]. 系统工程理论与实践,2004,24(11):134-139.
- [19] Bertalanffy L V. General System Theory—Foundation, Development, Applications (Reversionedition) [M]. New York:George Beaziller,1987.
- [20] 乔标,方创琳. 城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J]. 生态学报,2005,25(11):3003-3009.
- [21] 曹利军. 区域可持续发展轨迹及其度量[J]. 中国人口·资源与环境,1998,8(2):46-50.