

城市土地利用效益评价研究

刘喜广 刘朝晖

(华中农业大学土地管理学院, 武汉 430070)

摘要 文章利用相关分析和模糊数学方法对武汉市土地利用效益进行评价。研究中选取了经济、社会和生态等三个方面 16 个指标进行评价, 根据各指标相关系数确定指标权重, 依据抛物线型和 S 型隶属度曲线计算各指标的隶属度。采用指数和公式计算各年度的综合指标值, 进而评价武汉市土地利用效益。结果显示: 武汉市土地利用效益在 1996~2003 年期间呈上升趋势, 说明武汉市土地利用结构布局向好的方向发展。得出结论: 相关分析法和模糊数学方法可以对土地利用过程进行评价, 并具有快速、简单、准确的特点。

关键词 土地资源; 土地综合效益指数; 相关分析; 效益评价

我国土地资源短缺, 同时随着我国城市化进程的进一步加快, 对土地的需求将会不断增加。而城市土地又是城市形成和发展的基础, 是城市社会、经济、政治、文化等各项活动载体, 城市土地资源利用的合理性, 直接关系到城市的可持续发展。因此, 如何高效集约利用土地资源就成为研究的重点。城市土地集约利用问题的实质就是研究城市土地利用的综合效益, 即经济效益、社会效益和生态效益的协调问题。因此, 城市土地利用效益评价日益受到各级土地管理部门的重视, 成为监控城市土地利用的重要手段, 如何准确、科学、客观地评价城市土地利用的综合效益就成为国土管理工作需要研究的一个新课题。

一、研究区概况与资料的获取

1. 研究区概况

武汉市位于江汉平原东缘, 长江与汉水交汇处, 介于东经 $113^{\circ}41' \sim 115^{\circ}05'$, 北纬 $29^{\circ}58' \sim 31^{\circ}22'$ 之间。南北最大纵距 155 公里, 东西最大横距 134 公里, 辖区总面积 8467 平方公里, 其中市区面积 3963.6 平方公里, 城市建成区面积 202 平方公里。城市人口 382.1 万人。地形属残丘性河湖冲积平原, 山丘、湖泊与平陆相间。江(河)湖水面占总面积的 25%。长江、汉水把市区分割为武昌、汉口、汉阳三部分, 形成“三镇鼎立”的独特城市格局。武汉市属于典型的亚热带湿润季风气候, 四季分明。年平

均降水量 1284 毫米, 降水相对集中于 6~8 月, 年平均气温 16.4°C 。

2. 资料获取

研究资料来源于武汉市统计年鉴、武汉市年鉴、武汉市土地资源、武汉市土地利用总体规划、城市用地分类与规划建设用地标准等。

二、指标选取

城市土地利用效益是一个内涵丰富的概念^[1], 涉及经济、社会、生态等诸多方面的因素, 难以简单地用单个或几个指标进行评价, 必须建立科学的评价指标体系, 进行全面反映, 综合评价。结合当地的实际选取了经济、社会、生态三方面的指标, 共计 16 个具体指标, 从 1996 年—2003 年分 8 个年度对武汉市土地利用效益进行评价。

1. 指标选取原则

作为衡量城市土地利用效益的指标体系, 既要充分把握城市土地利用的特点, 又要能够反映城市土地利用的经济效益、社会效益、生态效益与土地利用结构的互动关系^[2], 因此, 构建城市土地利用效益综合评价的指标体系必须遵循以下原则:

(1) 科学性原则: 指标体系的建立必须立足于城市土地利用效益评价的理论框架, 科学地体现城市土地利用效益的内涵, 客观地反映城市土地利用模式的运行机制。

(2) 主导因素原则: 剔除影响较小的因素, 主要

考虑对土地利用影响大的因素,即主导因素,既减少工作量,也可保证工作精度。

(3)代表性与独立性原则:该指标体系的建立必须尽可能地排除相关性较强的指标,选择具有代表性和独立性较强的指标参与评价过程,提高评价的准确性和科学性。

(4)全面性与可操作性原则:该指标体系作为一个有机整体是多种因素综合作用的结果,应能从不同角度反映被评价系统的主要特征和状况。但是如果指标体系建立时片面追求评价系统状态的完整描述,那么会造成选取指标数量过多或选取的指标难以获取,将使设计的指标体系缺乏实用性。因此,在设计指标体系时,不仅要考虑指标体系的全面性,而且应尽可能选取已有的统计数据,保证数据的可采集性。

2. 指标选取

(1)经济效益指标

土地利用的经济效益是指土地开发利用过程中所获得的纯利润。城市土地利用经济效益指标直接反映城市土地利用的经济效益水平,其结果有助于揭示城市土地利用中存在的问题和矛盾,对土地的优化配置、规划、管理与利用,发挥土地的最大经济效益具有重要的意义。根据当地条件,结合资料的拥有程度,本次评价中选取了地均二三产业产值(万元/公顷)— c_{11} 、人均二三产业产值(元/人)— c_{12} 、第三产业增加值占国内生产总值的比例(%)— c_{13} 、单位工业用地规模以上工业总产值(万元/公顷)— c_{14} 、财政收入占国内生产总值的比例(%)— c_{15} 、单位固定资产投资的国内生产总值(万元/万元)— c_{16} 等六项指标(表 1)。

表 1 城市土地利用效益评价经济指标

指标	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
c_{11}	292.5016	337.3440	371.5994	453.7673	535.9666	601.3426	655.0342	724.7544
c_{12}	1.7769	2.0189	2.2034	2.4989	2.6797	2.9372	3.1786	3.4480
c_{13}	0.4691	0.4765	0.5020	0.4870	0.4907	0.4956	0.4976	0.4964
c_{14}	647.6278	846.0778	1091.0780	1336.0780	1615.5660	1816.4330	1967.8340	2317.6340
c_{15}	5.0342	4.9876	5.4712	5.5694	5.7813	6.3925	3.9209	4.8392
c_{16}	2.4345	2.1055	2.2333	2.5176	2.6126	2.7761	2.7174	2.6688

(注:所用面积为城市建成区面积)

(2)社会效益指标

土地利用的社会效益是指城市土地的规划、利用、管理等对社会需求的满足程度。社会效益指标在土地利用效益评价中占据非常重要的地位。在社会效益中,指标众多,但许多指标很难获得,有些指标为总量指标,可比性差,本次评价中选取了人均建

设用地面积(平方米/人)— c_{21} 、人均住宅用地面积(平方米/人)— c_{22} 、地均社会从业人数(人/公顷)— c_{23} 、万人拥有公共交通标准运营车数(标台/万人)— c_{24} 、新增建设用地占用耕地的比例(%)— c_{25} 、建设用地增长率与人口增长率之比— c_{26} 等六项指标(表 2)。

表 2 城市土地利用效益评价社会指标

指标	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
c_{21}	60.7516	59.8470	59.2962	55.0707	53.6193	52.6238	53.0673	52.2206
c_{22}	15.2016	14.9746	14.8523	13.8655	13.8090	13.5526	14.2261	14.0498
c_{23}	85.5516	94.2041	76.1434	85.3214	97.4436	94.5747	110.0823	114.2392
c_{24}	10.7190	11.7617	12.6530	14.3765	13.7135	13.6702	12.1670	11.0544
c_{25}	58.9400	59.2700	63.4300	59.7700	58.1700	50.9200	65.6500	65.6500
c_{26}	0.2985	0.6428	0.3175	0.4583	0.0790	0.3203	0.7665	0.3420

(3)生态效益指标

土地的生态效益是指土地开发利用对生态平衡建立的贡献。土地利用对城市生态环境有极大的影响,当

然,合理的土地利用结构可以促进城市生态的平衡。因此,在土地利用效益评价中,生态指标起到重要的作用,本次评价中选取了人均公共绿地面积(平方米/人)—

C_{31} 、建成区绿地覆盖率(%)— C_{32} 、污水处理率(%)— C_{33} 、垃圾粪便无害化处理率(%)— C_{34} 等4项指标(表3)。

表3 城市土地利用效益评价生态指标

指标	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年
C_{31}	6.8700	6.6000	7.0400	7.4000	7.7200	6.7200	6.9100	8.3200
C_{32}	27.3400	26.0300	31.8400	32.1700	32.9100	32.9100	34.1600	34.9200
C_{33}	25.5000	26.0000	25.3300	30.9800	31.0000	28.9400	21.4000	21.4000
C_{34}	85.3900	87.6900	94.0400	85.3500	85.9200	88.7600	97.3800	84.7500

三、结果与分析

1. 指标权重的确定

在选取的指标中,各项指标对土地利用效益的贡献不同,因此,需要确定各指标的权重。在权重的确定中,以往的研究往往采用特尔斐法、层次分析法等,这都依赖经验,受人为因素影响较大。本研究中采用各指标值的相关系数确定权重^[3]。

的数据在 DPS 中运行,计算指标相关系数矩阵(表4)。

(2)指标权重计算。根据指标相关系数矩阵计算各个指标与其他指标相关系数的平均值($\bar{r}$),则各指标的权重为:

$$W_i = \bar{r} / \sum \bar{r} \quad (1)$$

(1)相关系数的计算。把选取的16项指标8年依据式1对计算各指标权重(表5)。

表4 指标相关系数矩阵

指标	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{26}	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}
C_{11}	1.0000															
C_{12}	0.9888	1.0000														
C_{13}	0.6652	0.7183	1.0000													
C_{14}	0.9956	0.9923	0.7128	1.0000												
C_{15}	-0.1467	-0.1903	0.0648	-0.1083	1.0000											
C_{16}	0.8196	0.7497	0.4151	0.7944	0.0664	1.0000										
C_{21}	-0.9484	-0.9162	-0.6259	-0.9475	-0.0695	-0.8755	1.0000									
C_{22}	-0.7514	-0.7093	-0.5474	-0.7637	-0.4126	-0.7859	0.9156	1.0000								
C_{23}	0.8265	0.8006	0.2436	0.7883	-0.4888	0.5879	-0.6999	-0.4022	1.0000							
C_{24}	0.1157	0.1157	0.3707	0.1510	0.6194	0.2459	-0.3910	-0.6896	-0.2865	1.0000						
C_{25}	0.2019	0.2910	0.2670	0.2194	-0.8083	0.1381	0.0092	0.3081	0.3294	-0.4560	1.0000					
C_{26}	0.0575	0.1216	-0.0326	0.0169	-0.6896	0.1519	0.0572	0.2219	0.2811	-0.2110	0.3861	1.0000				
C_{31}	0.5508	0.5610	0.3275	0.5923	-0.0300	0.3681	-0.5231	0.4134	0.4478	-0.0132	0.4220	-0.4398	1.0000			
C_{32}	0.8714	0.8812	0.8496	0.8994	0.0026	0.7674	-0.8733	0.7601	0.4918	0.3491	0.2644	-0.1425	0.6067	1.0000		
C_{33}	-0.3107	-0.3705	-0.1847	-0.2875	0.7973	-0.0196	0.0033	-0.3806	-0.5220	0.7896	-0.7135	-0.5007	-0.0876	-0.1385	1.0000	
C_{34}	0.1335	0.1816	0.5317	0.1261	-0.4286	0.0076	-0.0266	0.1213	0.0286	0.0161	0.3495	0.5358	-0.4363	0.2391	-0.4388	1.0000

表5 各指标相关系数均值及权重系数

指标	平均值	权重	指标	平均值	权重	指标	平均值	权重	指标	平均值	权重
C_{11}	0.53	7.96	C_{15}	0.32	4.8	C_{23}	0.35	5.3	C_{31}	0.36	5.47
C_{12}	0.54	8.08	C_{16}	0.42	6.29	C_{24}	0.36	5.33	C_{32}	0.54	8.15
C_{13}	0.47	7.07	C_{21}	0.51	7.62	C_{25}	0.32	4.87	C_{33}	0.35	5.28
C_{14}	0.53	7.98	C_{22}	0.56	8.39	C_{26}	0.24	3.57	C_{34}	0.26	3.86

2. 评价指标的标准化及隶属度计算

根据隶属度计算公式,对所有指标进行标准化,分别计算各指标的隶属度。根据各评价指标对土地利用效益的影响,将隶属度函数分为两种类型(抛物线型和 S 型),并把曲线函数转化为相应的折线函数以利于计算^{[4][5]}(图 1、图 2)。

(1) 抛物线型隶属度函数。属于这种类型的评价指标包括人均建设用地面积、人均住宅用地面积、建设用地增长率与人口增长率之比三个指标,其隶属度函数曲线如图 1 所示,相应的隶属度函数为:

$$f(x) = \begin{cases} 0.9 \cdot (x - x_3) / (x_4 - x_3) + 0.1 & x_3 < x \leq x_4 \\ 1.0 & x_2 < x \leq x_3 \\ 0.9 \cdot (x - x_1) / (x_2 - x_1) + 0.1 & x_1 < x \leq x_2 \\ 0.1 & x \leq x_1 \text{ 或 } x > x_4 \end{cases}$$

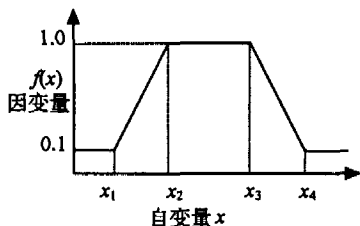


图 1 抛物线型隶属度函数曲线

根据已有的研究资料,参照国内外城市现代化标准、城市用地分类与规划建设用地标准以及 1997—2010 年武汉市土地利用总体规划,综合分析确定曲线中转折点的相应数值(表 6)。

表 6 抛物线型隶属度函数曲线中转折点的取值

转折点	c_{21}	c_{22}	c_{23}
x_1	45	12	0.25
x_2	60	14	0.30
x_3	75	16	0.35
x_4	90	18	0.40

(2) S 型隶属度函数。属于这种类型的评价指标包括人均二三产业产值、单位工业用地规模以上工业总产值、人均公共绿地面积等 13 个指标,其隶属度函数曲线如图 2 所示,相应的隶属度函数为:

$$f(x) = \begin{cases} 1.0 & x \geq x_2 \\ 0.9 \cdot (x - x_1) / (x_2 - x_1) + 0.1 & x_1 \leq x < x_2 \\ 0.1 & x < x_1 \end{cases}$$

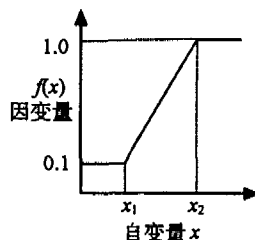


图 2 S 型隶属度函数曲线

同理,根据抛物线隶属度函数曲线中的转折点的取值依据,确定 S 型隶属度函数曲线中转折点的取值(表 7)。

表 7 S 型隶属度函数曲线中转折点的取值

转折点	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}	c_{15}	c_{16}	c_{23}	c_{24}	c_{25}	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{34}
x_1	293	1.8	0.47	648	4	2.15	76.5	11	51.0	6.6	26	21.4	84.8
x_2	724.5	3.2	0.5	2317	6	2.75	114	14.3	66.0	8	34.9	31	97

3. 土地综合指标值计算

根据加法法则在相互交叉的同类指标间采用加法合成,给出一个反映土地利用效益状况的综合指标制 IEI(Integrated Efficiency Index),其计算公式为:

$$IEI = \sum W_i \times N_i$$

式中 N_i 与 W_i 分别表示第 i 种指标的隶属度值和权重系数,计算得到每年的土地利用效益指标值 IEI(表 8)。

4. 综合评价结果的验证

土地利用效益综合评价结果是否合理,能否反映城市土地作为一种资产的价值,这里用地均国内生产总值进行验证。一般而言,地均国内生产总值

是衡量土地利用效益的最直接标准。统计结果表明:IEI 分别与 8 个年度的地均国内生产总值(表 9)之间达到显著相关水平($P=0.01$),相关系数为 0.9210($n=8$)。IEI 与地均国内生产总值之间显著的相关性,表明综合评价的结果能较好地反映城市土地利用状况,也说明了综合评价结果的合理性和实用价值,即可以用简单的数量指标来表达复杂的土地资产价值。同时根据表 9 和图 3 可以看出,土地的综合指标值总体上呈逐年上升趋势,具体而言,土地利用的经济效益稳步上升,社会效益和生态效益在稳定的基础上有所上升,说明武汉市土地利用集约化程度逐年提高,土地利用结构布局趋于完善。

表 8 土地利用效益评价指标隶属度值和 IEI 值

年份	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
c ₁₁	0.10	0.19	0.26	0.44	0.61	0.74	0.86	1.00
c ₁₂	0.10	0.24	0.35	0.49	0.55	0.71	0.86	1.00
c ₁₃	0.10	0.30	1.00	0.61	0.72	0.87	0.93	0.89
c ₁₄	0.10	0.21	0.36	0.48	0.54	0.73	0.81	1.00
c ₁₅	0.57	0.54	0.76	0.81	0.90	1.00	0.10	0.48
c ₁₆	0.53	0.10	0.22	0.65	0.79	1.00	0.95	0.88
c ₂₁	1.00	0.99	0.96	0.70	0.62	0.56	0.58	0.53
c ₂₂	1.00	0.99	0.93	0.49	0.46	0.35	0.65	0.57
c ₂₃	0.32	0.52	0.10	0.32	0.60	0.53	0.91	1.00
c ₂₄	0.10	0.31	0.55	1.00	0.84	0.83	0.42	0.11
c ₂₅	0.58	0.60	0.85	0.63	0.53	0.10	0.98	1.00
c ₂₆	0.97	0.10	1.00	0.10	0.10	1.00	0.10	1.00
c ₃₁	0.27	0.10	0.38	0.61	0.82	0.18	0.30	1.00
c ₃₂	0.24	0.10	0.69	0.72	0.80	0.80	0.93	1.00
c ₃₃	0.48	0.53	0.47	0.99	1.00	0.81	0.10	0.10
c ₃₄	0.14	0.31	0.78	0.14	0.18	0.39	1.00	0.10
IEI	40.21	39.36	59.36	58.45	64.15	66.47	68.96	75.83

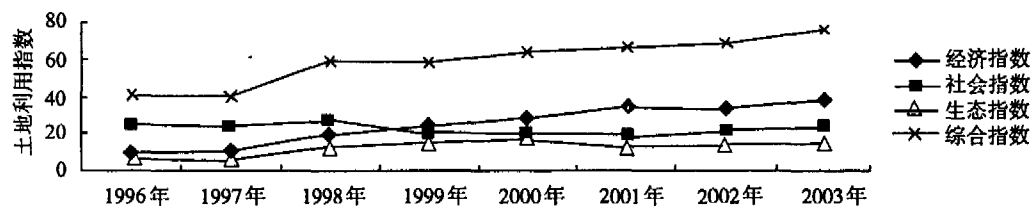


图 3 综合指标值变化曲线

表 9 武汉市地均国内生产总值与 IEI 关系

年份	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
地均国内生产总值(万元/公顷)	312.5	357.34	391.49	470.77	550.97	610.34	670.03	750.75
IEI	40.21	39.36	59.36	58.45	64.15	66.47	68.96	75.834

四、小结

土地的利用效益是诸多因素综合作用的反映,虽然,有关指标的选择、权重系数的确定,在国内还没有统一的标准,但是,用简单的数量指标来表示复杂的土地利用效益是一个值得探讨的方向。经统计结果验证,表明本文所用的方法和所获得的各项指标数值化综合评价结果是可取的,在一定程度上能反映城市土地利用效益的状况。同时参评指标的筛选、隶属度函数转折点的取值等还有待进一步完善。

参 考 文 献

- 1 许学强、张俊军. 广州城市可持续发展的综合评价. 地理学报, 2001(56):54~55
- 2 李植斌. 一种城市土地利用效益综合评价方法. 城市规划, 2000, 24(8):62
- 3 李新举、赵庚星、于开芹等. 泰安市土地利用可持续评价. 中国土地科学, 2004, 6(3):27~34
- 4 孙 波、张桃林、赵其国. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价. 土壤学报, 1995, 32(4):362~369
- 5 贺仲雄. 模糊数学及其应用. 天津:天津科学技术出版社, 1985

(责任编辑:侯之学)