

山东省泰安市土地利用可持续评价方法研究

李新举, 赵庚星, 刘宁, 于开芹

(山东农业大学资源与环境学院, 泰安 271018)

摘要: 利用相关分析和模糊数学方法对泰安市土地利用过程进行了评价。研究中选取了自然、环境、社会经济三方面30个指标进行评价, 根据各指标相关系数确定指标权重, 依据隶属度曲线计算各指标的隶属度, 利用各指标的隶属度和权重, 采用指数和公式计算各年度的综合指标值, 进而评价泰安市土地利用可持续性, 并且利用农业总产值对评价结果进行验证。结果显示, 泰安市土地利用可持续性在1990~2001年间呈上升趋势, 说明泰安市土地质量状况在不断地改善。

关键词: 可持续利用; 土地指标; 隶属度; 综合质量指数(QI)

中图分类号: S27; S127

文献标识码:

文章编号: 1002-6819(2005)03-0090-04

李新举, 赵庚星, 刘宁, 等. 山东省泰安市土地利用可持续评价方法研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 90-93

Li Xinju, Zhao Gengxing, Liu Ning, et al. Evaluation of sustainable land use of Tai'an city in Shandong Province[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(3): 90-93 (in Chinese with English abstract)

0 引言

土地退化已得到世界范围内的广泛关注, 许多学者从不同角度对土地退化进行研究, 目前研究主要集中在如何评价土地退化、土地退化的时空变化及影响机理^[1-5]等方面。我国土地退化现象严重, 主要表现为水土流失、土地沙化、盐渍化、土地污染等, 严重影响了土地的可持续利用。

土地可持续利用已推向全球可持续发展的战略高度^[6], 1992年世界环境与发展大会发表的《21世纪议程》提出了土地利用可持续的概念, 联合国粮农组织(FAO)于1993年颁布了《可持续土地管理评价纲要》, 明确了土地生产性、安全性、保护性、可行性和可接受性5项评价指标^[7], 近年来国内学者从不同角度、不同尺度对土地利用可持续进行了评价^[8-10], 但大都是对土地利用的某一时间点进行评价, 缺乏对过程的分析, 蔡运龙等^[11]虽然对土地利用过程进行了研究, 但选择的指标过于简单, 不能反映土地利用的全部过程。本文利用相关分析和模糊数学原理, 对山东省泰安市1990~2001年土地利用情况进行评价, 试图探讨出基于过程的土地利用可持续评价的方法, 为相关工作提供参考。

1 研究地区概况与资料的获取

1.1 研究地区概况

泰安市位于山东省中部, 地处东经116°20'~117°59'、北纬35°38'~36°28', 北以泰山与济南为界, 南与济宁相连, 西隔黄河与聊城市相望, 东与莱芜、临沂相邻。东西长176.6 km, 南北宽93.5 km, 面积7762 km², 占全省面积的6.2%。泰安市属于暖温带大陆性半湿润季风

气候区光温同步, 雨热同季。全年日光辐射总量为28 21 kJ/cm², 年均日照时数2353.3 h, 全年平均气温12.6℃, 平均降雨量640 mm。全市水资源总量19.2×10⁸ m³, 其中地表水13.4×10⁸ m³, 地下水11.8×10⁸ m³, 可利用量16.5×10⁸ m³。

1.2 资料获取

研究资料来源于泰安市统计年鉴、泰安市年鉴、泰安市土地资源、泰安市土地利用总体规划, 土壤资料依据泰安市第二次土壤普查数据及历年观测数据。

2 指标选取

对土地利用可持续评价的指标研究方面, 国内已有众多学者进行了探讨^[12-14], 本文综合最近研究成果, 结合当地实际选取了自然、环境和社会经济等三方面的指标, 共计30个具体指标, 从1990年到2001年分9个年度对泰安市的土地利用的可持续性进行评价。

2.1 指标选取原则

土地利用涉及到方方面面, 可持续土地利用亦受多方面影响, 因此在土地利用可持续评价中应从众多因素中选择出能代表土地利用可持续的指标并不是易事。本研究在指标选取中遵循下列原则:

1) 主导因素原则 影响土地利用的因素多方多面, 但有些因素影响较小, 在评价中应剔除, 主要考虑对土地利用影响大的因素, 即主导因素, 既可减少评价的工作量, 同时也可保证工作精度。

2) 实用性原则 土地利用的每一方面都可以用多个指标衡量, 但这些指标往往相互重复, 且有些指标在评价区域基本无变化, 因此指标选取时应选择那些在评价区域有明显变化且能代表土地质量变化的指标。

3) 可量度原则 有些指标可能对土地质量影响比较大, 但无法获取准确的数据, 在评价中很难发挥其作用, 且容易受到主观影响, 因此在具体评价中应尽量避免选取这些指标。

2.2 指标选取

1) 自然条件指标 自然条件是土地可持续利用的

收稿日期: 2004-01-09 修订日期: 2004-12-20

作者简介: 李新举(1965-), 男, 山东金乡人, 副教授, 博士生, 主要从事土地资源可持续利用、土地开发、土地管理方面的教学科研工作。泰安 山东农业大学资源与环境学院, 271018。

Email: xinju@sdau.edu.cn



基础,因此在土地可持续利用评价中应首先考虑自然指标。根据当地条件,结合资料的拥有程度,本次评价中选取了降雨量、平均气温、日照时数、土壤有机质、土地等级、林草覆盖率、动植物种类作为评价指标,各年度数据见表1。

在上述指标中,虽然土地等级、动植物种类变化不大,但对土地的可持续性有较大影响,在本次评价中可以不作为评价指标,但类似地区必须选取这两类指标。因此为了给同类型地区的评价提供参考,本次评价仍选择了这两类指标。

2) 环境条件指标 环境通过各种介质作用于自然土地,对土地质量有较大的影响。同一自然土地,在不同

环境条件下,质量不同,可持续性也有较大差异,反之,在同样环境条件下,不同土地具有不同的质量和可持续性。因此环境条件指标在土地利用可持续评价中占据非常重要的地位。在环境条件中,指标众多,但许多很难获得,有些指标为总量指标,可比性差,本次评价中选取了水土流失率、污染治理资金、水污染治理达标率、工业废气烟尘达标率、固体废弃物利用率5项指标(表2)。

3) 社会经济条件指标 人类活动不断地作用于土地之上,对土地质量有极大的影响,直接影响土地利用的可持续。目前存在的各种土地退化现象无不与人类活动有关,因此在土地利用可持续评价中,社会经济条件指标起到决定性的作用(表3)。

表1 泰安市自然条件状况

Table 1 Natural conditions of Tai'an city

指 标	1990	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
降雨量 n_1/mm	700	835.3	626	1163.8	676.6	697	561.5	666.6	574.7
平均气温 $n_2/$	12.9	14.4	14	12.9	13.1	13	13.9	13.6	13.6
日照时数 n_3/h	2582.2	2582.3	2582.4	2582.8	2582.2	2582.3	2435.9	2394.5	2406.6
土壤有机质 $n_4/\%$	0.999	0.97	0.96	0.93	0.925	0.91	0.907	0.9	0.87
土地等级 n_5 宜农土地 占土地总面积比例 $/\%$	65.9	66	66	66	66	66	66	66	66
林草覆盖率 $n_6/\%$	20.6	25.5	26.2	30.2	31.4	31.85	31.85	20.3	21.3
动植物种类 n_7	1454	1212	1212	1212	1212	1212	1212	1212	1212

表2 泰安市环境治理状况

Table 2 Environmental conditions of Tai'an city

指 标	1990	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
水土流失治理率 $n_8/\%$	45.89	47.15	48.29	48.98	49.06	52.41	52.57	53.98	55.33
污染治理资金 $n_9/\text{亿元}$	0.14	0.48	0.64	0.76	0.79	0.98	0.58	2.10	3.00
水污染治理达标率 $n_{10}/\%$	38.8	79.1	36.9	34.8	55.9	74.8	83.8	86.9	
工业废气烟尘达标率 $n_{11}/\%$		90.2	91.7	93.4	91.3	92.6	97.5	98.7	63.8
固体废弃物利用率 $n_{12}/\%$		52.1	60.9	55.6	59.53	64.4	70.6	72.8	79.9

表3 泰安市社会经济条件指标

Table 3 Social and economic conditions of Tai'an city

指 标	1990	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
人均国民生产总值 $n_{13}/\text{元}$	1382	3497	3894	4927	5898	6443	6615.1	7330.69	8249.61
农民人均纯收入 $n_{14}/\text{元}$	616	1383	1726	2178	2406	2585	2650	2782	2956
土地价值 $n_{15}/\%$	94	100	108	117	125	133	142	150	158
土地利用效率 $n_{16}/\%$	87	87	87	85.5	86.5	87	86.3	87	87.2
土地垦殖率 $n_{17}/\%$	48.8	42.46	42.4	42.7	42.51	42.45	42.39	42.21	41.96
农业土地生产率 $n_{18}/\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$	5958.46	14914.7	20415.5	23303.3	24501.1	23875.5	23928.5	25156.7	25799.6
非农人口比例 $n_{19}/\%$	14.49	17.81	18.97	27.57	28.39	28.1	28.62	29.85	30.42
科技投入量 $n_{20}/\text{亿元}$	0.36	2.06	3.96	1.7	2.1	2.35	2.3	2.4	4.7
公顷农机总动力 $n_{21}/\text{kW} \cdot \text{hm}^{-2}$	4.35	4.91	5.13	5.46	5.86	6.33	7.68	8.44	8.84
公顷化肥施用量 $n_{22}/\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$	0.28	0.49	0.51	0.22	0.51	0.53	0.55	0.53	0.56
有效灌溉面积比率 $n_{23}/\%$	64.95	46.73	70.75	71.54	72.21	72.82	72.53	73.04	73.15
人口密度 $n_{24}/\text{人} \cdot \text{km}^{-2}$	679.08	679.08	678.43	683.2	686.43	690.48	693.88	696	700
就业指数 $n_{25}/\%$	61.46	57.78	57.19	39.98	39.66	54.3	55.83	55.45	54.41
人均住宅 n_{26}/m^2	17	22.07	22.36	22.53	24.18	24.95	24.05	21.96	24.65
人均耕地 n_{27}/hm^2	0.0641	0.0625	0.0625	0.0625	0.0619	0.0615	0.0731	0.0606	0.0599
粮食产量 $n_{28}/\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$	4708.40	6483.28	6817.11	6989.57	6854.75	6749.46	6939.10	6474.47	6373.76
人均肉类产量 n_{29}/kg	6.95	15.3	14.2	15.07	15.51	17.49	16.7	16.54	16.33
人均蛋类产量 n_{30}/kg		4.17	5.24	8.26	11.32	12.17	15.87	13.67	13.69

3 结果与分析

3.1 指标权重的确定

在选取的指标中,各项指标对土地利用可持续性的贡献不同,因此需要确定各指标的权重。在权重的确定中,以往的研究往往采取特尔斐法、层次分析法等,这都依赖于经验,受到人为因素影响较大。本研究中采用各指标的相关系数确定权重^[15]。

1) 相关系数的计算 把选取的30项指标的9年的数据在SPSS中运行,计算指标相关系数矩阵。

2) 指标权重计算 根据表3计算各指标与其他指标相关系数的平均值(\bar{r}),则各指标权重为

$$W_i = \bar{r}_i / \bar{r}$$

据上述公式对各指标权重进行计算,结果见表4。

表4 指标平均相关系数及权重

Table 4 Average correlation coefficients and weights of land sustainable indexes

指标	相关系数	权重	指标	相关系数	权重	指标	相关系数	权重
n1	0.3375	0.0245	n11	0.2780	0.0407	n21	0.5854	0.0425
n2	0.2488	0.0181	n12	0.5938	0.0431	n22	0.4700	0.0341
n3	0.5013	0.0364	n13	0.6280	0.0202	n23	0.3753	0.0272
n4	0.6149	0.0446	n14	0.6245	0.0453	n24	0.5604	0.0407
n5	0.4247	0.0308	n15	0.5872	0.0456	n25	0.3322	0.0241
n6	0.3098	0.0225	n16	0.2686	0.0195	n26	0.5238	0.0380
n7	0.4248	0.0308	n17	0.5605	0.0426	n27	0.1443	0.0105
n8	0.5903	0.0428	n18	0.5983	0.0434	n28	0.4181	0.0303
n9	0.2585	0.0188	n19	0.5758	0.0418	n29	0.4796	0.0348
n10	0.4774	0.0346	n20	0.4632	0.0336	n30	0.5238	0.0380

3.2 评价指标值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。在计算中假设各指标对土地利用可持续的影响呈S型,因此隶属度函数也采用S型,并把曲线转化为折线函数以便计算(图1)。



图1 S型隶属度函数曲线

Fig 1 Curve of parabolic-type membership function

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < x_1 \\ 0.9(x - x_1)/(x_2 - x_1) & x_1 \leq x < x_2 \\ 1 & x \geq x_2 \end{cases}$$

计算中,把每项指标的最小值作为 x_1 ,最大值为 x_2 ,确定曲线中转折点取值(表5)。

3.3 土地综合指标值计算

根据各指标的隶属度和权重,计算每年度土地的综合指标值

$$IQI = \sum W_i \cdot N_i$$

式中 W_i, N_i ——分别代表第*i*指标的隶属度和权重,计算结果见表6。

表5 S型隶属度曲线转折点取值

Table 5 Values of turning point in S-type constraint function

指标	x_1	x_2	指标	x_1	x_2	指标	x_1	x_2
n1	561.5	1163.8	n11	63.8	98.7	n21	4.35	8.84
n2	12.9	14.4	n12	52.1	79.9	n22	0.22	0.56
n3	2394.5	2582.8	n13	1382	8249.6	n23	46.73	73.15
n4	0.87	0.999	n14	616	2956	n24	678.5	700.0
n5	65.9	66	n15	94	158.0	n25	39.7	61.46
n6	20.3	31.85	n16	85.5	87.2	n26	17.0	24.65
n7	1212	1454	n17	42.0	48.8	n27	0.060	0.073
n8	45.89	55.33	n18	5958.5	25799.6	n28	4708.40	6989.57
n9	0.14	3.0	n19	14.49	30.42	n29	7.0	17.49
n10	34.8	86.9	n20	0.36	4.7	n30	4.2	15.87

表6 指标隶属度值和IQI

Table 6 Value of single land index and integrated quality index

年份	1990	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
n1	0.21	0.41	0.12	1.00	0.17	0.20	0.10	0.16	0.11
n2	0.10	1.00	0.66	0.10	0.12	0.11	0.60	0.36	0.36
n3	0.89	0.89	0.90	1.00	0.89	0.89	0.20	0.10	0.11
n4	1.00	0.70	0.63	0.42	0.38	0.28	0.26	0.21	0.10
n5	0.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
n6	0.11	0.40	0.46	0.77	0.86	1.00	1.00	0.10	0.12
n7	1.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
n8	1.00	0.12	0.23	0.29	0.30	0.62	0.63	0.77	1.00
n9	0.10	0.11	0.16	0.19	0.20	0.26	0.14	0.61	1.00
n10	—	0.12	0.75	0.11	0.10	0.36	0.68	0.83	1.00
n11	—	0.69	0.72	0.77	0.71	0.75	0.88	0.91	0.10
n12	—	0.10	0.28	0.11	0.24	0.39	0.59	0.66	1.00
n13	0.10	0.27	0.33	0.46	0.59	0.66	0.68	0.77	1.00
n14	0.10	0.29	0.42	0.59	0.68	0.75	0.77	0.82	1.00
n15	0.10	0.11	0.20	0.32	0.43	0.55	0.67	0.78	1.00
n16	0.79	0.79	0.79	0.10	0.53	0.79	0.42	0.79	1.00
n17	1.00	0.12	0.11	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.10
n18	0.10	0.40	0.65	0.78	0.83	0.81	0.81	0.86	1.00
n19	0.10	0.19	0.25	0.74	0.78	0.77	0.80	0.87	1.00
n20	0.10	0.36	0.76	0.28	0.36	0.42	0.41	0.43	1.00
n21	0.10	0.11	0.15	0.22	0.30	0.40	0.67	0.82	1.00
n22	0.16	0.71	0.77	0.10	0.77	0.82	0.80	0.82	1.00
n23	0.62	0.10	0.82	0.84	0.87	0.89	0.88	0.89	1.00
n24	0.11	0.11	0.10	0.19	0.33	0.50	0.64	0.73	1.00
n25	1.00	0.74	0.72	0.13	0.10	0.60	0.66	0.64	0.60
n26	0.10	0.56	0.59	0.61	0.79	1.00	0.77	0.54	0.84
n27	0.28	0.17	0.17	0.17	0.13	0.11	1.00	0.11	0.10
n28	0.10	0.70	0.83	1.00	0.94	0.81	0.98	0.70	0.66
n29	0.10	0.68	0.62	0.69	0.73	1.00	0.83	0.82	0.79
n30	—	0.10	0.11	0.31	0.55	0.62	1.00	0.73	0.73
IQI	32.96	37.71	46.24	45.17	50.52	59.93	60.48	60.62	72.20

3.4 结果分析

根据表5和图2可以看出,土地的综合指标值从1990年到2001年逐渐上升,说明泰安市土地利用可持

续的总体趋势处于上升阶段。虽然个别指标在研究期间

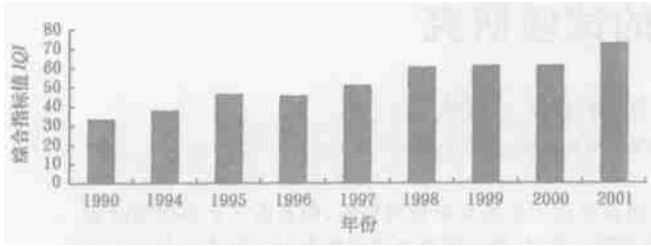


图2 综合指标值变化图

Fig 2 Figure of integrated quality index

表7 泰安市农业总产值与IQI关系

Table 7 Relationship between gross agriculture production and integrated quality index

年 份	1990	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
农业总产值/万元	332465	737307	958996	1081675	1151350	1140742	1131027	1205616	1275415
IQI	32.96	37.71	46.24	45.17	50.52	59.93	60.48	60.62	72.20

4 结 论

1) 利用相关系数确定评价指标的权重简单快捷,同时可避免人为因素的干扰;利用模糊数学方法计算指标的隶属度过程简单,结果准确;评价结果经农业产值检验比较可靠。

2) 泰安市土地利用可持续性处于上升阶段,土地质量状况不断改善。

[参 考 文 献]

[1] 刘彦随, Jay Gao. 陕北长城沿线地区土地退化态势分析 [J]. 地理学报, 2002, 57(4): 443- 450

[2] 杨朝飞. 中国土地退化及其防治对策[J]. 中国环境科学, 1997, 17(2): 108- 112

[3] 马荣华, 胡孟春, 毛端谦, 等. 基于RS与GIS的海南西部土地沙化/土地退化动态趋势研究[J]. 生态科学, 2000, 19(2): 19- 23

[4] 于 伟. 土地利用伦理与土地退化[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 127- 130

[5] 孙 华, 张桃林, 王兴祥. 土地退化及其评价方法研究概述 [J]. 农业环境保护, 2001, 20(4): 283- 285

有所下降,比如土壤有机质、动植物种类、人均耕地面积等,但由于人们向土地的投资不断增加,土地的总体质量在不断提高。

用泰安市同期的农业总产值对IQI进行验证,两者呈极度相关($r = 0.8557^{**}$),说明评价结果比较切合实际。

3.5 存在的问题

由于影响土地利用可持续的因素众多,因此选取的指标不能作为统一指标,在同类型地区可以参考。同时由于各项指标缺乏统一标准,因此在隶属度转折点的确定中比较困难,因此本文中只能用最大和最小值作为转折点取值。

[6] 刘彦随. 区域土地利用优化配置[M]. 北京: 学苑出版社, 1999: 46

[7] FAO. FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management [R]. World Soil Resources Report 73. FAO, Rome, Italy, 1993

[8] 戴尔阜, 蔡运龙, 傅泽强. 土地可持续利用的系统特征与评价[J]. 北京大学学报(自然版), 2002, 38(2): 231- 238

[9] 许学强, 张俊军. 广州城市可持续发展的综合评价[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 54- 63

[10] 张晓萍, 崔 峰, 李 锐. 地块尺度土地可持续利用评价指标与方法探讨[J]. 环境科学进展, 1998, 7(5): 29- 33

[11] 蔡运龙, 李 军. 土地利用可持续性的度量[J]. 地理学报, 2003, (2): 305- 313

[12] 张凤荣, 齐 伟, 徐 艳, 等. 持续土地利用管理评价方法的研究[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(1): 40- 46

[13] 张凤荣. 关于持续土地管理的评价[J]. 中国土地科学, 1996, 10(4): 30- 38

[14] 傅伯杰, 马利顶, 马 诚. 土地持续利用评价的指标体系和方法[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 112- 118

[15] 吕晓男, 陆允甫, 王人潮. 土壤肥力综合评价初步研究 [J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 1999, 25(4): 378- 382

Evaluation of sustainable land use of Tai'an city in Shandong Province

Li Xinju, Zhao Gengxing, Liu Ning, Yu Kaiqin

(College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: Based on the correlation analysis and fuzzy mathematics, the evaluation of sustainable land use in Tai'an city was studied with 30 indexes which concerned nature, environment and social economy. The weighted value of each index was calculated with the method of correlation coefficient. According to membership function curve, the subject degree was calculated. Integrated quality index (IQI) can be achieved and tested through gross agricultural production. Finally, land use sustainability of Tai'an city was evaluated with IQI. Results show that the sustainability of land use in Tai'an city takes on an up-trend during 1990~ 2001, which illustrates that the land quantity changes toward good condition.

Key words: sustainable land use; land index; subject degree; integrated quality index (IQI)

