

基于 TOPSIS 法的土地利用与区域发展协调性评价

——以安徽省宿州市为例

乔伟峰,顾钧仪,王亚华

(南京师范大学地理科学学院,江苏 南京 210023)

[摘要] 利用宿州市 2000~2010 年土地利用变更调查数据与社会经济发展数据,构建了土地利用与区域发展协调性评价指标体系,采用 TOPSIS 方法对土地利用与区域发展的协调性进行了综合评价,并采用相关分析法,对评价指标体系中的各指标与协调性的相关程度进行了分析.结果表明:2000~2010 年宿州市土地利用与区域发展之间的协调性不断优化;2000 年协调度最低,其值为 0.287,2010 年协调度最高,其值为 0.732;2000~2004 年期间协调性缓慢上升、略有反复,2004~2008 年呈加速上升态势,2008~2010 年为协调性高速上升阶段;土地利用变化导致了社会经济的正向变化,对宿州市社会经济发展起到了正向的推动作用.宿州市土地利用与区域发展之间协调性逐年上升主要是因为宿州市区域发展战略的调整、经济增长方式的转变以及土地管理制度的改进等因素造成的.

[关键词] TOPSIS,土地利用,区域发展,协调性评价,宿州市

[中图分类号] F301.24 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2013)01-0104-07

Evaluating the Coordination Between Land Use and Regional Development Based on TOPSIS Method ——A Case Study of Suzhou City, Anhui Province

Qiao Weifeng, Gu Junyi, Wang Yahua

(School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Based on the data of land use and social-economic development of Suzhou from 2000 to 2010, the paper constructs an evaluation index system of the coordination between land use and social-economic development, uses TOPSIS method to evaluate the coordination comprehensively, and analyses the degree of correlation between the indexes and coordination using correlation analysis method. The results show that the coordination between land use and the development of regional economy has optimized constantly from 2000 to 2010; the coordination is the lowest in 2000 and highest in 2010, its value is 0.287 and 0.732 respectively; the coordination rises slowly and fluctuates slightly from 2000 to 2003, shows an accelerating upward tendency from 2004 to 2008, and rises very quickly from 2008 to 2010; land use change has led to positive changes on the socio-economic. Primary factors that affect the coordination include the strategic adjustment of regional development, the change of economic growth pattern, the improvement of land management system and so on.

Key words: TOPSIS, land use, regional development, coordination evaluation, Suzhou City

土地作为最基本的生产要素之一,为区域社会经济的发展提供了物质基础和承载空间.土地利用变化的实质是人类为满足经济社会发展的需要,不断调整、配置各类土地利用的过程^[1].近年来,我国土地资源的开发利用虽然取得了巨大的社会效益,但是也出现了生态环境恶化、人地矛盾突出等问题,因此,土地利用与区域社会经济之间协调发展研究一直是学者关注的重点.本文在前人对土地利用变化的影响

收稿日期:2012-05-23.
基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目(11YJC840051)、江苏高校优势学科建设工程资助项目.
通讯联系人:乔伟峰,博士研究生,讲师,研究方向:土地利用和 GIS 应用. E-mail: qwf@263.net.

因素与驱动力研究的基础上^[2-6],选取指标构建了分析土地利用与区域发展协调度的评价指标体系,然后采用 TOPSIS 方法,以宿州市为例进行实证研究,定量分析了土地利用与区域社会经济之间的协调关系,以期调整与优化研究区土地利用结构和功能,实现土地资源的合理配置,进而促进区域社会经济又好又快发展。

1 研究区域概况与数据来源

1.1 研究区域概况

宿州市位于安徽省最北部,苏鲁豫皖 4 省交界处。宿州市土地总面积为 9 939.80 km²,地形以平原为主,属华北暖温带半湿润季风气候。现辖 1 个区和 4 个县,是安徽省北部地区重要的工业和能源基地,境内京沪、陇海两大铁路干线纵横穿越,连霍、合徐高速公路穿境而过。整个市域处在淮海经济区、京沪铁路沿线经济带和新亚欧大陆桥经济带的结合部,区位优势优越,战略地位重要。2010 年末全市总人口 642.07 万人,城市化率为 31.4%,全年实现 GDP 650.3 亿元,三产的比重为 27.9:37.9:34.2。

1.2 数据来源

(1)土地利用方面的数据主要采用宿州市 2000~2010 年土地利用年度变更数据,该数据是宿州市在各县区历年 1:10 000 土地利用变更调查的基础上进行汇总,最终形成全市的年度土地变更调查数据。由于 2002 年之前的变更调查分类体系采用的是 1984 年全国农业区划委员会制定的《土地利用现状分类及含义》,2002~2009 年的土地分类体系采用的是 2001 年国土资源部制定的《全国土地分类》(过渡期间适用),2009 年及之后的土地分类体系采用的是第二次全国土地调查分类体系,根据这三种分类体系之间转换的对应关系,将 2010 年及之前的土地分类统一为《全国土地分类》(过渡期间适用)以保证数据的准确性和统一性。

(2)社会经济发展情况方面的数据主要来源于 2000~2010 年宿州市统计年鉴。

2 研究方法

2.1 TOPSIS 方法

TOPSIS 法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)又名理想解法,是一种多目标决策方法^[7]。TOPSIS 法没有严格限制样本量大小,参考序列选择影响小,具有应用领域广泛、运算简单、信息可靠等优点,目前,已被广泛地应用于社会、经济、军事等许多领域中来解决混合型多目标(属性)决策问题^[8-10]。TOPSIS 法原理是通过归一化后的数据规范化矩阵,找出多个目标中最优目标和最劣目标(分别用理想解和反理想解表示),分别计算各评价目标与理想解和反理想解的距离,获得各目标与理想解的贴近度,按理想解贴近度的大小排序,以此作为评价目标优劣的依据。本研究以每年的土地利用变化与社会经济发展协调性情况为评价对象,以土地利用变化与社会经济发展协调性为评价指标进行评价。

2.1.1 数据标准化

采用功效系数法对评价指标进行标准化处理。功效系数即评价指标的实际值和该指标的最低值之差与该指标最高值和最低值之差的比值,它反映了评价指标实际值在该指标全距中所处的位置。即:

$$B_{ij} = \frac{A_{ij} - A_{\min}}{A_{\max} - A_{\min}}, \quad (1)$$

式中, A_{ij} 为第 i 年第 j 项评价指标实际值, A_{\min} 为第 j 项评价指标最小值, A_{\max} 为第 j 项评价指标的最大值, $i=1,2,\dots,m,j=1,2,\dots,n$ 。经过变化后,指标原始数据 A_{ij} 转变为 B_{ij} ,并被压缩在 $[0,1]$ 区间内,形成一个规范化决策矩阵 $B=(B_{ij})$ 。

2.1.2 数据权重的计算

本研究利用变异系数法确定评价指标的权重。

(1)计算规范化决策矩阵 $B=(B_{ij})$ 各列的平均值 \bar{B}_j 和标准差 S_j 。

平均值计算公式:

$$\bar{B}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m B_{ij}, \quad i=1,2,\dots,m,j=1,2,\dots,n, \quad (2)$$

标准差计算公式:

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (B_{ij} - \bar{B}_j)^2}, \quad i=1,2,\cdots,m, j=1,2,\cdots,n. \tag{3}$$

(2) 计算评价指标的变异系数,公式如下:

$$V_j = \frac{S_j}{\bar{B}_j}. \tag{4}$$

(3) 对 V_j 作归一化处理,作为评价指标的权重 W_j :

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^n V_j}. \tag{5}$$

2.1.3 计算土地利用变化与社会经济发展的协调性

(1) 计算加权的规范化矩阵

B_{ij} 和评价指标权重 W_j 构成加权的规范化矩阵 $X=(X_{ij})$.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_1 B_{11} & W_2 B_{12} & \cdots & W_n B_{1n} \\ W_1 B_{21} & W_2 B_{22} & \cdots & W_n B_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ W_1 B_{m1} & W_2 B_{m2} & \cdots & W_n B_{mn} \end{bmatrix}. \tag{6}$$

(2) 确定正理想解和负理想解

根据加权规范化矩阵 $X=(X_{ij})$, 确定评价对象各指标的最优解和最劣解.

若第 j 个指标是效益型指标,则

$$\begin{aligned} X^+ &= \max \{X_{ij} | i=1,2,\cdots,m\} \quad (j=J), \\ X^- &= \min \{X_{ij} | i=1,2,\cdots,m\} \quad (j=J'). \end{aligned}$$

若第 j 个指标是成本型指标,则

$$\begin{aligned} X^+ &= \min \{X_{ij} | i=1,2,\cdots,m\} \quad (j=J), \\ X^- &= \max \{X_{ij} | i=1,2,\cdots,m\} \quad (j=J'). \end{aligned}$$

其中, J 为效益型指标集合, J' 为成本型指标集合. 本研究中, 农业占 GDP 的比重、人口密度、人口自然增长率、城镇居民恩格尔系数、农村居民恩格尔系数及城镇居民登记失业率为成本型指标, 其余都为效益型指标.

(3) 计算距理想解的距离

计算加权规范化矩阵 X 中各样本点到最优解的距离 S^+ 和最劣解的距离 S^- .

$$S^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - X^+)^2}, \quad j=1,2,\cdots,n, \tag{7}$$

$$S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - X^-)^2}, \quad j=1,2,\cdots,n. \tag{8}$$

(4) 综合评价

计算各样本点与理想解的相近接近度 D_i .

$$D_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, \quad 0 \leq D_i \leq 1. \tag{9}$$

依据相对贴近度 D_i 的大小, 可以对各样本点进行排序, D_i 越大, 表明第 i 年越接近最优水平.

2.2 土地利用与区域发展协调性评价指标体系的构建

从本质上看, 土地利用是一项社会经济活动, 与区域经济社会发展之间存在着一定程度的联系. 一方面, 土地不仅具有生产功能, 而且也是区域经济社会发展的载体; 另一方面, 区域经济社会发展的布局决定了土地利用的格局, 区域经济社会发展的变化决定了土地利用的变化, 而土地利用的变化又会直接影响区域经济结构和社会可持续发展.

在全面性、科学性、数据可得性、突出地域特征等基本原则的指导下, 基于国家提出的建立和谐社会的

发展理念,结合宿州市土地利用变化的特点及区域社会经济发展的实际情况,本文将表征宿州市土地利用变化与社会经济发展协调性评价指标体系的基本框架确定为 4 个准则层,11 个次准则层,27 个指标层,如表 1 所示.

表 1 土地利用与区域发展协调性评价指标体系
Table 1 The index system of coordination on land use and area development

目标层	准则层	次准则层	指标层
土地利用变化与其 区域发展协调性 A	经济系统 A1	经济基础 A11	地均 GDP/(元/m ²) a1
			第三产业占 GDP 的比重/% a2
			农业占 GDP 的比重/% a3
			实际利用外资金额/(亿美元)a4
		经济保障 A12	人均粮食占有量/(kg/人)a5
			人均耕地面积/(公顷/人)a6
			人均禽蛋产量/(kg/人)a7
	社会系统 A2	人口结构 A21	人口密度/(人/km ²) a8
			人口自然增长率/% a9
			城镇化水平/% a10
		人力资本 A22	各类学校专任教师数/人 a11
			高等学校在校学生占全省的比重/% a12
		社会保障 A23	城镇居民最低生活保障人数/人 a13
			每万人拥有医生数/人 a14
		精神文明 A24	电视覆盖率/% a15
			公共图书馆图书藏量/千册 a16
		社会和谐 A25	城镇居民恩格尔系数/% a17
			农村居民恩格尔系数/% a18
			城镇登记失业率/% a19
	生态环境质量 A3	环境质量 A31	建成区绿化覆盖率/% a20
			人均公共绿地面积/(m ² /人)a21
		环境治理 A32	工业废水排放达标率/% a22
			工业固体废物综合利用率/% a23
	土地利用变化 A4	程度变化 A41	污水治理率/% a24
			土地利用程度综合指数 a25
		空间结构变化 A42	多样性指数 a26
			均衡度指数 a27

本着突出宿州市地域特征的宗旨,考虑到宿州市粮食生产基地的经济社会发展定位,本文选取“人均粮食占有量”和“人均耕地面积”两个指标综合反映该区域的粮食安全问题.作为粮食主产区,这两个指标的选择能够更好地反映土地利用与区域发展之间的协调性.

2.3 土地利用变化相关指数计算

2.3.1 土地利用程度综合指数

土地利用程度反映了人们对土地资源开发利用的总体状况,包括人类改造土地利用/覆被的广度和深度^[11]两个方面.本文在樊玉山等^[12]提出的定量化土地利用程度分析模型的基础上,结合《全国土地分类》(过渡期间适用),对原模型进行细化和修正,使模型更贴近宿州实际,同时也可更加详细地进行土地利用程度的分析.修正后的土地利用类型及分级见表 2.

表 2 土地利用类型和分级
Table 2 Classification and grading of land use

利用分级	未利用地级	林、草、水用地级	农业用地级	城镇聚落用地级
对应的土地 利用类型	除荒草地(311)外的未利用地(31)类型、除河流水面(321)、湖泊水面(322)以外的其他土地(32)类型	林地(13)、天然草地(141)水库水面(271)、荒草地(311)、河流水面(321)、湖泊水面(322)	耕地(11)、园地(12)、改良草地(142)、人工草地(143)、其他农用地(15)	居民点工矿(20)、交通运输用地(26)、水工建筑用地(272)
分级指数	1	2	3	4

注:表中括号中的数字为《全国土地分类》(过渡期间适用)的地类编码.

某研究区土地利用程度综合指数可表达为：

$$L_i=100\times \sum_{i=1}^n A_i\times C_i,$$

(10)

式中: L_i 为某研究区域土地利用程度综合指数, A_i 为研究区域内第 i 级土地利用程度分级指数, C_i 为研究区域内第 i 级土地利用分级面积百分比, n 为土地利用分级数.

2.3.2 土地利用多样性指数

土地利用多样性指数^[13]描述土地利用类型的丰富程度和复杂程度,反映土地利用类型的多少和各种类型所占的比例,可以从整体上分析土地利用结构变化的趋势. 其模型为：

$$H=-\sum_{i=1}^n P_i\ln P_i,$$

(11)

式中: H 为土地利用多样性指数, P_i 为各种土地利用类型所占的百分比, n 为土地利用类型的种类. H 值越大,土地利用多样性程度越高.

2.3.3 土地利用均衡度指数

均衡度指数用于表征各土地利用类型的分配均匀度^[14],计算公式为：

$$J=\frac{H}{H_{\max}}=-\left(\sum_{i=1}^n P_i\ln P_i\right)/\ln n,$$

(12)

式中: J 为均衡度指数, H 为土地利用多样性指数, H_{\max} 为最大多样性指数, n 为土地利用类型的种类.

3 结果分析

首先结合研究期内的宿州市统计年鉴,获取 a1 ~ a24 等指标的数据,利用 2000 ~ 2010 年宿州市土地变更调查数据,根据式(10)、(11)和(12)计算得到历年土地利用程度综合指数、多样性指数和均衡度指数数据;然后根据前文所述 TOPSIS 法的评价步骤,对协调性进行评价.

表 3 为评价指标的权重、评价指标的标准化值与其权重构成的规范化矩阵中各指标的最优解和最劣解. 表 4 为宿州市 2000 ~ 2010 年土地利用与区域发展协调性评价结果.

表 3 评价指标的权重与正、负理想解
Table 3 Weight and positive and negative-ideal solution of evaluation factors

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14
W_j	0.040	0.037	0.031	0.055	0.020	0.026	0.023	0.037	0.033	0.033	0.033	0.034	0.020	0.036
X^+	0.040	0.037	0.000	0.055	0.020	0.026	0.023	0.000	0.000	0.033	0.033	0.034	0.020	0.036
X^-	0.000	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	a15	a16	a17	a18	a19	a20	a21	a22	a23	a24	a25	a26	a27	
W_j	0.029	0.030	0.030	0.035	0.022	0.043	0.044	0.023	0.018	0.042	0.093	0.065	0.065	
X^+	0.029	0.030	0.000	0.000	0.000	0.043	0.044	0.023	0.018	0.042	0.093	0.065	0.065	
X^-	0.000	0.000	0.030	0.035	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

表 4 宿州市 2000 ~ 2010 年土地利用与区域发展协调性
Table 4 The coordination on land use and regional development in Suzhou City from 2000–2010

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
S^+	0.188	0.182	0.177	0.165	0.165	0.155	0.152	0.145	0.136	0.073	0.07
S^-	0.076	0.078	0.076	0.084	0.071	0.081	0.091	0.104	0.117	0.174	0.19
D_i	0.287	0.299	0.299	0.338	0.299	0.342	0.375	0.417	0.462	0.706	0.732

从表 4 可以看出,宿州市在 2000 ~ 2010 年的 11 年中,2010 年 D_i 值为 0.732,土地利用变化与其社会经济发展协调度最高;2000 年 D_i 值为 0.287,相比较而言协调性程度最低. 2000 年至 2003 年间宿州市土地利用与区域发展的协调性呈平缓上升阶段,2003 年至 2004 年两者间的协调性出现小幅下降,2004 年 D_i 值为 0.299,2004 年至 2008 年间两者间的协调性呈加速上升阶段,2008 年至 2009 年两者间的协调性呈高

速上升阶段,2009 年至 2010 年协调度增长速率有所回落. 总体来说,宿州市土地利用与区域发展协调度在 11 年间呈现不断递增的态势,增加幅度为 0.445. 这说明随着经济、社会和生态各方面的发展进步,宿州市土地利用与其区域发展之间的协调性也呈现出越来越好的趋势.

本文采用 SPSS19 软件选取相关分析模块,对 2000 ~ 2010 年间的土地利用和区域发展的每个评价指标逐一与协调性指标进行相关分析,分别得到 27 个指标和 D_i 的 Pearson 相关系数,见表 5.

表 5 27 个指标和 D_i 的皮尔逊相关系数

Table 5 27 indicators and D_i 's Pearson correlation coefficient

指标	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14
与 D_i 的相关系数	0.829	0.085	-0.910	0.976	0.599	-0.976	-0.128	0.895	0.752	0.799	0.701	0.863	-0.063	0.601
指标	a15	a16	a17	a18	a19	a20	a21	a22	a23	a24	a25	a26	a27	
与 D_i 的相关系数	0.648	-0.489	-0.235	-0.656	-0.003	0.816	0.933	0.123	-0.827	0.886	0.931	0.967	0.967	

为了比较相关系数的大小,将负相关系数作绝对值化处理,得到除 a2、a5、a7、a13、a14、a16、a17、a19、a22 外的其余区域发展指标都和土地利用与其区域发展的协调性呈显著相关. 结合宿州市社会经济发展的实际情况进行分析,区域的经济发展水平,人口的结构变化以及受教育程度,社会的保障体系、环境承载能力以及土地利用的程度与空间变化等指标对宿州市土地利用与其区域发展的协调性具有较明显的影响. 具体来说,宿州市区域发展战略的调整带来土地利用空间布局的优化,土地管理制度的严格执行带来土地利用方式的转变,从而不断推进土地利用与社会经济协调发展.

4 结论与讨论

运用 TOPSIS 法对宿州市土地利用与区域发展进行协调性评价,结果表明:

(1)土地利用与区域发展之间的协调性受到诸多因素的影响,TOPSIS 法作为一种多目标决策方法,通过计算各评价目标与理想解和反理想解的距离,获得各目标与理想解的贴近度,最终的排序结果从纵向上反映了土地利用与区域发展之间协调性的变化趋势. 总的来说,TOPSIS 法评价以定量化的形式明确反映相对贴近度,评价结果科学客观,该方法适宜进行土地利用与区域发展的协调性评价.

(2)宿州市土地利用与区域发展之间的协调程度在 2000 ~ 2010 年间总体上呈上升趋势. 其中,2000 年协调度最低,为 0.287,2010 年协调度最高,为 0.732. 2000 ~ 2004 年缓慢上升、略有反复,2004 ~ 2008 年呈加速上升态势,2008 ~ 2010 年为协调性高速上升阶段. 分析表明,2000 ~ 2010 年以来,宿州市土地利用变化与社会经济协调度呈现不断优化趋势,土地利用变化导致了社会经济的正向变化,对宿州市社会经济发展起到了正向的推动作用.

(3)通过对土地利用和区域发展指标与两者间的协调性指数进行相关分析,结果显示区域的社会、经济、生态以及土地利用程度和空间布局等因素对两者之间的协调性具有重要的影响.

土地利用与区域发展作为一个社会、经济、资源与环境的复合系统,带有明显的区域特点,受到各方面因素的影响. 本文在进行评价研究过程中,结合地域特点,筛选评价指标,构建了土地利用与区域发展协调性评价指标体系,但是这些指标的选择具有一定的主观性,如何更加合理和有针对性选取指标,对特定区域进行评价研究,还有待于进一步的验证和优化,进而找出区域土地资源合理利用的方法 and 对策,推动区域经济社会的全面发展.

[参考文献]

[1] 王国友,塔西甫拉提·特依拜,谭灵芝. 新疆于田绿洲—荒漠交错带土地利用变化的社会驱动力研究[J]. 中国沙漠, 2006,26(2):259-263.

[2] 张佰林,杨庆媛,鲁春阳,等. 不同经济发展阶段区域土地利用变化及对经济发展的影响—以重庆市 40 个区县为例 [J]. 经济地理,2011,31(9):1 539-1 544.

[3] 樊杰. 地理学的综合性与区域发展的集成研究[J]. 地理学报,2004,59(增刊):33-40.

[4] 杨梅,张广录,侯永平. 区域土地利用变化驱动力研究进展与展望[J]. 地理与地理信息科学,2011,27(1):95-100.

- [5] Lambin E F, Turner B L, Helmut J G, et al. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths[J]. Global Environmental Change, 2001, 11(4): 261–269.
- [6] 甄霖, 谢高地, 杨丽, 等. 泾河流域土地利用变化驱动力及其政策的影响[J]. 资源科学, 2007, 27(4): 33–37.
- [7] 夏勇奇, 吴祈宗. 一种混合型多属性决策问题的 TOPSIS 方法[J]. 系统工程学报, 2004, 19(6): 630–632.
- [8] 王永兰, 孙雷, 孙良田, 等. 改进的 TOPSIS 法在油气田开发中的应用[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2008, 30(2): 109–111.
- [9] 夏勇其, 吴祈宗. 基于改进 TOPSIS 方法的温榆河水环境质量综合评价研究[J]. 南水北调与水利科技, 2007, 5(3): 57–60.
- [10] 高强, 朱金福. 混合型 TOPSIS 方法在多式联运服务商选择中的应用[J]. 物流科技, 2008, 32(2): 110–113.
- [11] 张锐. 乌鲁木齐北部地区土地利用变化研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学地理科学与旅游学院地理系, 2009.
- [12] 樊玉山, 刘继远. 西藏自治区土地利用[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [13] 陈士银, 刘耀林, 周飞. 湛江市土地利用结构及生态服务价值研究[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(3): 83–86.
- [14] 刘俊, 董平. 1996 年以来苏锡常地区土地利用结构时空演变研究[J]. 地域研究与开发, 2009, 28(2): 79–84.

[责任编辑: 丁 蓉]