

广东省县级建设用地集约利用综合评价

——以紫金县为例*

张俊平¹ 胡月明¹ 田 原^{2**} 王 璐¹ 刘素萍³

(¹ 华南农业大学信息学院, 广州 510642; ² 北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871; ³ 中国科学院华南植物园, 广州 510650)

摘 要 基于评价指标的权重和隶属度值构建了广东省紫金县建设用地集约利用水平测度模型,运用最大相容类原则实现了建设用地集约利用水平的模糊识别分类,并通过将城镇及独立工矿区人均建设用地、农村居民点人均建设用地与国家 2007 年颁布的镇规划用地标准进行比较,测算了 2005 年广东省紫金县建设用地集约利用潜力.结果表明 2005 年紫金县建设用地集约利用水平测度值为 0.421,处于低效粗放利用阶段,理论上全县可减少 555.69 ~ 2197.69 hm² 的建设用地,集约利用潜力较大.

关键词 建设用地 集约利用 测度模型 潜力 县级

文章编号 1001-9332(2010)02-0422-07 **中图分类号** F293.2 **文献标识码** A

Comprehensive evaluation of county-level construction land intensive utility in Guangdong Province : A case study for Zijin County. ZHANG Jun-ping¹, HU Yue-ming¹, TIAN Yuan², WANG Lu¹, LIU Su-ping³(¹College of Information, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ²Institute of Remote Sensing and Geographic Information System, Peking University, Beijing 100871, China; ³South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2010 21(2): 422-428.

Abstract : Based on the weights and membership values of evaluation indices, a measurement model of construction land intensive utility in Zijin County of Guangdong Province was established, and the basic principles of the greatest compatible class were adopted to classify the intensive utility levels of the construction land based on fuzzy recognition. Additionally, the intensive utility potential of construction land in Zijin County in 2005 was calculated by comparing the per capita construction land in towns, independent industrial and mining areas, and rural residential areas with the latest national land use standards for planning of town launched in 2007. The predicted value of the model was 0.421, suggesting that the construction land utility in Zijin County was still low-effective and extensive. Theoretically, the construction land area could be decreased by 555.69-2197.69 hm², which meant there was a great potential in the intensive utility of construction land in the county.

Key words : construction land; intensive utility; measurement model; potential; county-level.

建设用地的空间扩展^[1-2]和耕地面积的减少^[3-4]是我国近 30 年快速城镇化过程中土地利用状况最直观的表现,全国城镇化水平由 1978 年的 17.92% 提高到 2005 年的 42.99%,在这一进程中城镇化水平每提高 1%,城镇建成区面积将扩大 1053.33 hm²、耕地将减少 4100 hm²^[5],然而确保足

够数量和相当质量的耕地,是我国粮食安全、社会稳定和生态环境保护的客观需要^[6-8].这一此长彼消过程迅速改变了我国城镇村庄等建设用地和耕地的景观格局,但 2005 年全国城镇化发展水平仍低于 2000 年世界 50% 的城镇化水平,农村仍然居住着全国 50% ~ 60% 的人口,根据《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020 年)》,1997—2005 年全国农村人口减少了 9633 万,而农村居民点用地却增加了约 1.18 × 10⁶ hm²^[9],其中 1999 年全国农村居民点用地是城镇用地的 5.61 倍^[10],农村居民点土地利用

* 国家“十一五”科技支撑计划项目(2008BAJ11B04, 2008BAB38B01)和国家自然科学基金面上项目(40671145)资助.
** 通讯作者. E-mail: tianyuanpku@pku.edu.cn
2009-07-06 收稿, 2009-12-01 接受.

效率普遍较低。在当前我国实施从严从紧的土地政策下,城镇外延扩张严重受阻,建设用地刚性需求与耕地保护之间的矛盾日益突出,通过建设用地内涵挖潜及“城镇用地增加和农村居民点用地减少”增减挂钩的新型用地方式来提高建设用地集约利用水平,是缓解这一矛盾的有效途径。目前,国内外建设用地集约利用水平及利用潜力研究大多集中在城镇土地集约利用理论^[11-14]与定量评价方法^[15-17]上,对农村居民点用地状况及利用潜力的定量研究相对较少^[18-19]。同时,鉴于我国现行的行政建制体系,县级尺度是研究建设用地资源集约利用、管理和规划的最佳尺度^[20],但从 Google 学术搜索引擎、CNKI 中国知网、JSTOR 国际学术期刊数据库以及中国国家图书馆等搜索引擎检索的结果来看,国内外土地集约利用研究主要集中在城镇和农地,很少有严格意义上较系统的县级建设用地(含城镇及独立工矿区、农村居民点等用地)集约利用评价研究成果。

广东省是我国经济规模最大、发展最快的省份之一,其中珠三角地区在华南、全国乃至世界产业分工中扮演着重要角色。2003 年珠三角地区的基本农田有一半已不符合基本农田保护区的划定标准^[21]。与全国其他地区一样,广东各市县正在进行第三轮土地利用总体规划修编(2006—2020 年),未来规划期间是广东经济持续高速发展、城镇人口快速增长、产业结构转型的阶段,建设用地需求旺盛、耕地保护任务艰巨。目前,挖掘建设用地潜力、特别是农村建设用地潜力已成为统筹广东省城乡土地利用、协调城市用地扩展和耕地保护之间矛盾的主要途径之一。然而,广东省城镇及独立工矿区、农村居民点等建设用地利用现状及集约利用潜力研究目前尚未见报道。因此,本文基于城市土地集约利用的评价思想,以广东省紫金县为例探讨了广东省县域建设用地利用现状的集约水平和潜力,旨在为广东省和紫金县今后的土地利用监测与管理提供服务,并为我国县级建设用地集约利用评价研究提供一套较科学的定量测算方法。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

紫金县位于广东省东中部(23°10′—23°45′ N, 114°40′—115°30′ E),属经济发展落后的典型农业山区县,但其地理区位较优越,县城所在地距广州市、深圳市和惠州市的距离分别为 270、223 和 120 km。全县辖 20 个镇、273 个村委会、25 个居委会,土

地总面积 $36.21 \times 10^5 \text{ hm}^2$,2005 年末全县建设用地 9314.22 hm^2 ,其中存量建设用地、低效建设用地分别占建设用地总量的 0.38% 和 6.68%,同期全县常住人口 82.1 万,其中非农人口 21.2 万;当年实现地区生产总值(GDP)32.37 亿元,第一、二、三产业比重分别为 36.5%、27.9%、35.6%。

1.2 数据来源

各类建设用地面积、建设用地绿化覆盖率等土地基础数据源于紫金县和广东省 2005 年土地利用变更详查数据及土地利用更新调查数据库;建设用地固定资产投资额、人口、工业废水排放达标率等经济、社会、环境状况数据源于紫金县和广东省 2006 年统计年鉴。

1.3 建设用地集约利用现状分析

建设用地集约利用的评价过程含有大量模糊信息,而描述这种模糊性的模糊数学却是精确的,且层次分析法通过专家的经验知识,规避了指标因素基础数据的质量问题,故本文采用层次模糊综合分析法^[22-23]对研究区建设用地集约利用现状进行测度分析。

1.3.1 评价指标体系的构建及指标权重的确定 我国县级建设用地是一个包括农村居民点用地、城镇用地及独立工矿区的复合体,县域间经济发展差异较大,其集约利用评价不可简单地移植城镇、单一建设用地、农地或其他县域的评价指标体系。根据全国土地利用规划修编对县级建设用地集约利用的要求,本文从社会、经济、生态环境 3 个方面建立紫金县建设用地集约利用评价指标体系:经济因素反映单位面积建设用地的投资、产出及利用效益状况,选择建设用地地均固定资产投资(指建设用地上固定资产投资与建设用地面积之比,反映全县建设用地利用的总体投入强度, $\times 10^5 \text{ yuan} \cdot \text{hm}^{-2}$)、建设用地地均 GDP(建设用地上的 GDP 值与建设用地面积之比,反映建设用地利用的产出强度, $\times 10^5 \text{ yuan} \cdot \text{hm}^{-2}$)、GDP 增长与建设用地增长弹性^[24](某时段建设用地上的 GDP 增长百分比与建设用地面积增长百分比之比,主要反映建设用地集约利用程度的发展趋势)3 个指标因素表征全县建设用地生产力和经营水平;社会因素反映建设用地的利用方向和程度,确定人均建设用地(可从总体上反映全县建设用地集约利用现状, m^2)、城镇及独立工矿区人均建设用地(可反映城镇及独立工矿区建设用地的集约利用水平, m^2)、农村居民点人均建设用地(反映

了农村居民点建设用地的集约利用水平^[24]、人口增长与建设用地增长弹性^[24](反映出建设用地人口承载能力的变化趋势)4个指标因素表达全县建设用地利用的人地关系格局;生态环境因素反映建设用地利用对土地环境的影响,可制约未来建设用地利用结构与空间结构的重要方向,应用建设用地绿化覆盖率(指建设用地上绿化覆盖面积与建设用地面积之比,反映建设用地的绿化程度%)和工业废水排放达标率(指工业废水排放的合格企业占工业企业总数的百分比,可反映建设用地的污染状况,%)2个指标来表达全县人居环境条件(表1)。

基于层次分析法,应用 Satty 标度法对各层指标因素间的重要性做出判断,并对判断矩阵进行一致性检验,在 DPS“其他-层次分析法”层次分析模块环境下调试指标权重。

1.3.2 评价单元的划分和基础数据的变换 以广东省县级行政单位为评价单元,包括23个县级市、41个县和3个自治县,共67个。采用极差变换^[25]对评价指标原始数据进行归一化处理,归一化后数值值域范围在[0,1],消除了指标量纲和数量级的影响。

1.3.3 指标隶属函数的确定 鉴于当前我国县级建设用地普遍粗放型利用的现状,可近似应用单调性 Sigmoid 隶属函数表达各评价指标与土地集约利用

评价目标的正、负相关关系,其中 GDP 增长与建设用地增长弹性、建设用地地均固定资产投资、建设用地地均 GDP、建设用地绿化覆盖率、工业废水排放达标率5个正相关指标采用正 Sigmoid 函数 $f(x)$ 表达,人均建设用地、城镇及独立工矿区人均建设用地、人口增长与建设用地增长弹性、农村居民点人均建设用地4个负相关指标则采用反 Sigmoid 函数 $1-f(x)$ 表达。

Sigmoid 隶属函数表达式为:

$$f(x)=\frac{1}{1+e^{-a(mx-c)}}$$

式中 a 、 c 、 m 为函数特征参数,在参数 m 一定的条件下,当参数 a 增加或减小时,Sigmoid 函数曲线将变得更陡或更平缓;当参数 c 增加或减小时,曲线向左或向右平移,而隶属函数的形状不变。为了与归一化处理指标数值区间[0,1]保持一致性,且以坐标(0.5,0.5)为中心值,本文中 $m=10$ 、 $c=5$ 。根据不同参数 a 水平下 Sigmoid 隶属函数曲线的结果表明(图1) $a=1$ 时 Sigmoid 函数曲线的平滑性最好,且指标归一化数值和隶属度均匀分布在值域[0,1]之间,故本文中 $a=1$ 。然后将指标归一化数值代入相应的隶属函数求解全省各县级建设用地指标的隶属度值。

1.3.4 测度模型的建立 基于加权求和的思想,广东省县级建设用地集约利用水平测度模型可表达

为 $U_i=\sum_{j=1}^n(M_{ij}W_{ij})$ ($i=1,2,\dots,67$; $j=1,2,\dots,9$)。式中 U_i 为*i*县建设用地集约利用测度值; M_{ij} 、 W_{ij} 分别为*i*县指标*j*的隶属度和权重值。应用此模型测算全省各县建设用地集约利用水平测度值在0.286~0.927,其中紫金县建设用地集约利用水平测度值为0.421。

1.3.5 评语集的制定 采用 ArcGIS 的 Natural Breaks 自然分级方案将测度值分为低效粗放、初等集约、中等集约和高度集约利用4个梯度等级,各等级对应的测度区间分别为(0.286,0.397]、(0.397,0.584]、(0.584,0.783]、(0.783,0.927],即广东省县级建设用地集约利用水平评语集*V*可设置为: $V=(0.397,0.584,0.783,0.927)$ 。

1.3.6 集约利用水平的归类 Natural Breaks 自然分级采用 Jenks optimization 算法,通过聚类分析将相似性最大的数据分为一级,差异性最大的数据分在不同级,以确保数据的统计特征,但分级界限往往是任意数^[26]。这种分级界限的任意性带来了界限附

表1 紫金县建设用地集约利用水平测度评价指标体系
Tab.1 Index system of level measure evaluation of the construction land intensive utility in Zijin County

目标层 Target layer	准则层 Rule layer	因素层 Factor layer
集约利用水平测度 Intensive utility measure-valued evaluation	经济因素 Economic factor	建设用地地均固定资产投资 A
		建设用地地均 GDP B
		GDP 增长与建设用地增长弹性 C
	社会因素 Social factor	人均建设用地 D
		城镇及独立工矿区人均建设用地 E 农村居民点人均建设用地 F
	生态环境因素 Ecological environment factor	人口增长与建设用地增长弹性 G
		建设用地绿化覆盖率 H 工业废水排放达标率 I

A: Construction land fixed assets investment per hectare; B: Construction land GDP per hectare; C: Elastic coefficient between GDP growth and construction land increase; D: Per capita construction land; E: Per capita construction land in the region of town and independent industries and mining; F: Per capita construction land of rural residential area; G: Elastic coefficient between population growth and construction land increase; H: Construction land green coverage; I: Standard-reaching rate of industrial wastewater discharge. 下同 The same below.

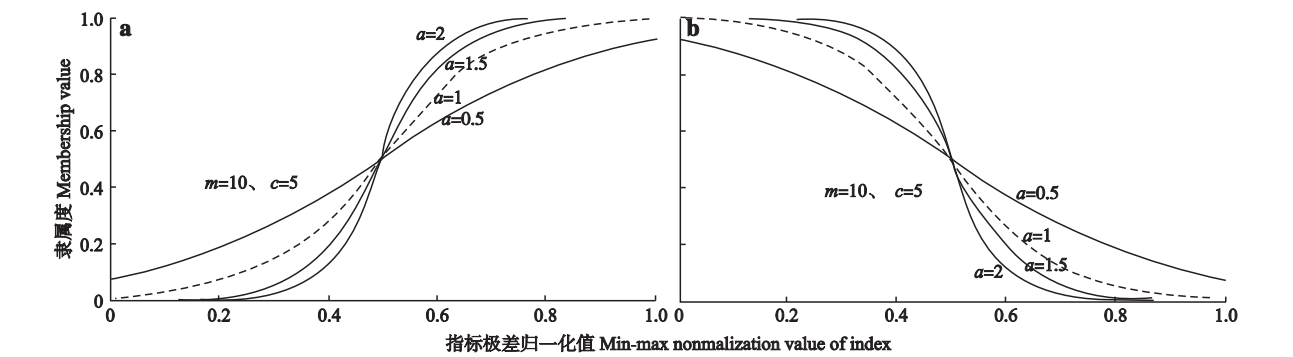


图 1 不同参数 a 下的正 Sigmoid 隶属函数(a)和反 Sigmoid 隶属函数(b)曲线
Fig.1 Membership function curves of Positive Sigmoid(a) and Inverse Sigmoid(b) based on different a parameter values.

近数值的模糊性或不确定性,而引进相容度,按照最大相容类原则^[27-28],可实现研究区域数值的模糊明晰化。

1.4 建设用地集约利用潜力分析

集约利用现状的水平测度分析难以明确回答研究区建设用地利用潜力的大小,而这往往是国家和地方政府最关心的问题。为了较好地描述紫金县建设用地集约利用潜力,同时鉴于目前收集的数据,本文选择水平测度评价指标体系中研究区人均建设用地、城镇及独立工矿区人均建设用地、农村居民点人均建设用地、建设用地地均固定资产投资和建设用地地均 GDP 5 个指标与经济发达的珠三角地区、广东全省以及国家相关用地标准进行比较,从“地区-省-国家”3 个尺度描述及分析紫金县建设用地资源集约利用潜力。

1.5 数据处理

采用 DPS V8.01 软件计算集约利用水平测度评价指标的权重,采用 MatLab R2008a 可视化调试 Sigmoid 隶属函数,采用 ArcGIS 9.1 软件对集约利用水平进行自然分级。

2 结果与分析

2.1 广东省紫金县建设用地集约利用现状评价

从表 2 可以看出 2005 年制约紫金县建设用地利用集约化的主要要素为经济因素,其中建设用地地均固定资产投资、建设用地地均 GDP、GDP 增长与建设用地增长弹性指标的权重值较大,但其隶属度值分别仅为 0.1892、0.1671、0.2134,均处于低效集约状态,而社会因素和生态环境因素对全县建设用地集约利用的影响总体表现较好,其中农村居民点人均建设用地和工业废水排放达标率 2 个指标的隶属度值达到 0.8057 和 0.9322。

紫金县建设用地集约利用水平测度值对评语集

V 的相容度 $\pi_0 = (0.976, 0.837, 0.638, 0.494)$,最大相容度 $\pi_0 = 0.976$,其对应类别为低效粗放级。从广东省县级建设用地集约利用 Natural Breaks 自然分级和模糊识别分类的结果来看(图 2),紫金县建设用地利用水平测度值处于低效粗放与初等集约界限附近的模糊区域,这一利用水平与土地集约利用要求、甚至与全省平均利用水平还有很大差距,但另一方面也反映出紫金县建设用地内涵的挖潜潜力普遍大于省内其他县域。

2.2 广东省紫金县建设用地集约利用潜力评价

由表 3 可以看出,2005 年,紫金县建设用地集约利用潜力评价的 5 个指标值均低于广东省和珠三角地区,与广东省人均建设用地、城镇及独立工矿区人均建设用地、农村居民点人均建设用地、建设用地地均固定资产投资和建设用地地均 GDP 的平均水平相比,紫金县分别降低了 64.38%、101.08%、55.36%、257.31% 和 275.22%,与珠三角地区这 5 个指标相比,紫金县分别降低了 60.12%、112.52%、33.74%、451.58% 和 535.31%。其中,人

表 2 紫金县建设用地集约利用水平评价指标测度值
Tab.2 Index measure value of the level evaluation of construction land intensive utility in Zijin County (2005)

评价指标 Evaluation index	指标权重值 Index weight value (W_{ij})	隶属度值 Membership value (M_{ij})	测度值 Measurable value (U_i)
建设用地地均固定资产投资 A	0.1602	0.1892	0.0303
建设用地地均 GDP B	0.2028	0.1671	0.0339
GDP 增长与建设用地增长弹性 C	0.1326	0.2134	0.0283
人均建设用地 D	0.0191	0.6136	0.0117
城镇及独立工矿区人均建设用地 E	0.0850	0.6313	0.0536
农村居民点人均建设用地 F	0.0520	0.8057	0.0419
人口增长与建设用地增长弹性 G	0.0191	0.2939	0.0056
建设用地绿化覆盖率 H	0.2195	0.5175	0.1136
工业废水排放达标率 I	0.1098	0.9322	0.1023

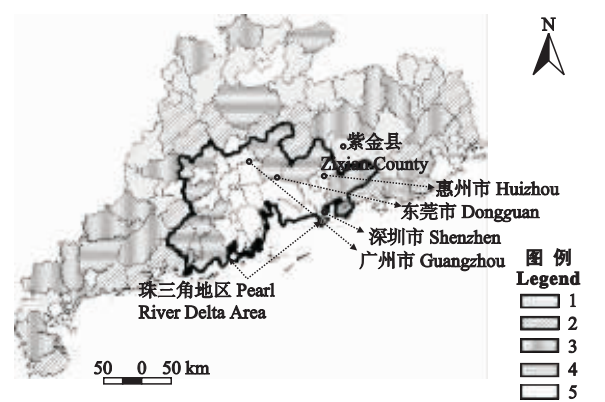


图 2 基于模糊识别归类的广东省县级建设用地集约利用水平的空间分布

Fig.2 Spatial distribution of the county-level construction land intensive utility level in Guangdong Province based on fuzzy recognition classification (2005).

1)低效粗度 Inefficient negligence ; 2)初等集约 Elementary intension ; 3)中等集约 Medium intension ; 4)高度集约 High efficient intension ; 5)地级市 City.

表 3 广东省、珠三角地区和紫金县建设用地集约利用潜力评价指标值

Tab.3 Index value of the potential evaluation of construction land intensive utility in Guangdong Province , Pearl River Delta Area and Zijin County (2005)

评价指标 Evaluation index	广东省 Guangdong Province	珠三角地区 Pearl River Delta Area	紫金县 Zijin County
人均建设用地 D	186. 57	181. 74	113. 50
城镇及独立工矿区人均建设用地 E	119. 30	126. 09	59. 33
农村居民点人均建设用地 F	180. 72	155. 57	116. 32
建设用地地均固定资产投资 A	41. 77	64. 48	11. 69
建设用地地均 GDP B	130. 39	220. 77	34. 75

均建设用地、城镇及独立工矿区人均建设用地和农村居民点人均建设用地 3 个负相关指标反映出紫金县建设用地利用程度较全省平均水平和珠三角地区合理 ,而建设用地地均固定资产投资和建设用地地均 GDP 这 2 个正相关指标则说明紫金县单位建设用地利用效率与全省平均水平、特别是珠三角地区存在明显差距 ,今后全县建设用地利用应重视利用效率的提高 ,以增加单位土地面积上的经济价值容量.

按照国家建设部 2007 年最新出台的镇规划标准(GB50188—2007)^[29] 2005 年紫金县城镇及独立工矿区现状人均建设用地(≤60. 0 m²)属于规划 I 级[城镇人均用地标准可分为 4 级 :I 级(60 ~ 80 m²)、II 级(80 ~ 100 m²)、III 级(100 ~ 120 m²)、IV 级(120 ~ 140 m²)] ,全县城镇及独立工矿区用地规模

需增加 14. 20 ~ 438. 20 hm² ;全县农村居民点现状人均建设用地(>100 m²)属于规划 II 或 III 级[村庄人均用地标准可分为 4 级 :I 级(60 ~ 80 m²)、II 级(80 ~ 100. 0 m²)、III 级(100 ~ 120. 0 m²)、IV 级(120 ~ 140 m²)] ,从当前国家实施土地从紧政策的角度来考虑 ,采用 II 级规划用地标准较合理 ,据此说明全县农村居民点用地规模可减少 993. 89 ~ 2211. 89 hm² . 根据上述 2 个指标的国家用地标准要求 ,紫金县建设用地集约利用可减少 555. 69 ~ 2197. 69 hm² ,这一范围比 1996 年编制的第二轮土地利用规划修编(1996—2010 年)制定的全县 2010 年建设用地增量控制规模(696 hm²)普遍较大 ,理论上通过内涵挖潜的方式完全可以供给全县社会经济发展对建设用地的需求 . 今后 ,紫金县应重视现有建设用地的集约利用 ,积极盘活存量用地、鼓励农村集体建设用地流转行为、加大农村居民点整理的力度(特别是空心村的整理)、贯彻城镇建设用地增加与农村居民点用地减少相挂钩的原则以及实行耕地的占补平衡 ,以切实缓解当前耕地保护、特别是基本农田保护的 压力 ,实现全县社会、经济、环境的可持续发展.

3 讨 论

新形势下城镇建设用地利用不再追求最高的土地利用强度 ,而是基于可持续发展的思想以实现经济、社会和生态效益的统一 . 近年来 ,许多学者从理论上探讨了城镇土地集约利用评价指标体系的建设^[30 - 31] ,而目前针对县级建设用地(农村居民点用地、城镇用地及独立工矿区的复合体)评价指标体系的研究尚少有报道 . 本文所建县级建设用地评价指标体系的重点旨在表达土地利用强度、人地关系格局和人居环境状况 ,选择的指标因素基本反映了紫金县经济、社会、生态环境因素对建设用地集约利用的影响 ,该指标体系适于经济尚不发达的县域 ,而基础设施水平、公共服务水平、地价、大气环境质量等影响因素尚未涉及 . 随着珠三角产业的转移和辐射以及紫金县工业和第三产业的快速发展 ,今后全县建设用地利用集约评价应考虑将上述影响因素纳入评价指标体系.

建设用地集约利用评价应处理好评价过程中指标整体与个体、方法特殊与一般、结果精确与模糊之间的关系 . 在紫金县建设用地多因素综合测度评价中 ,主要包括指标权重的计算、指标 Sigmoid 隶属函数参数可视化调试、集约利用水平模糊综合测度模型的构建、评语集的制定和集约利用水平测度值的

模糊识别分类等内容,这些内容较好地处理了评价过程和结果的精确与模糊表达,但指标因素成对对比重要性的判断、指标隶属函数的选择、隶属函数参数的确定、评语集的制定均依赖于评价人员和专家的经验知识,为了减小少数专家误判或片面应用“少数服从多数”(可能少数是对的)的判定方法给评价结果带来的风险,当专家意见出现分歧时,评价人员应对研究区域社会经济生态环境状况、建设用地利用现状、未来中远期土地利用规划和产业结构布局作详细介绍,然后组织第二轮、甚至第三轮专家对上述内容进行判定,直到专家的认识基本一致。

建设用地集约利用潜力测算中的用地标准是一个颇具争议的问题,目前相关研究大多仍沿用 20 世纪 90 年代制定的国家城市和村镇规划用地标准,也有少量研究参照地方相关标准、地区发展规划、区域比较或专家经验等制定的用地标准^[22,32-34]。显然 20 世纪 90 年代制定的国家城市和村镇规划用地标准已难以适应当前经济快速发展下城镇村规划的要求,因此紫金县建设用地集约利用潜力评价采用了国家 2007 年公布的镇规划标准,测算结果体现了全县建设用地集约利用潜力大小的现时性。然而,更具有针对性的广东省县级或地方区域性建设用地标准目前尚未制定,同时镇规划标准中县级城镇与村镇界定混乱,亟需相关部门理清并制定不同经济发展水平下的县城(镇)、中心镇、一般乡镇和村各级规划用地标准。

研究结果显示 2005 年紫金县建设用地集约利用水平低且利用潜力很大,从数值上看通过现有建设用地的内涵挖潜可以满足全县社会经济发展的土地需求,但对现阶段经济欠发达的紫金县来说,实施全县农村居民点整理这项工程需要大量的资金投入,仅靠国家和地方政府的投入将无法维持,因此要在短时期内阻止城镇化外延扩张惯性的条件还不具备。需要注意的是,通过建设用地内涵挖潜的方式来满足城镇化建设的需求,并不会阻碍社会经济和城镇化的发展,而应是一个地区经济、社会高水平发展的标志^[17,35]。

参考文献

- [1] Chen C-H (陈彩虹), Hu F (胡 锋), Zhang L-C (张落成). Landscape pattern of Nanjing urban-rural ecotone. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2003, **14**(8): 1363-1368 (in Chinese)
- [2] Liu J-Y (刘纪远), Liu M-L (刘明亮), Zhuang D-F (庄大方), et al. Spatial pattern analysis of the recent land-use change in China. *Science in China Series D* (中国科学·D 辑), 2002, **32**(12): 1031-1040 (in Chinese)
- [3] Verburg PH, Veldkump A, Fresco LO. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China. *Applied Geography*, 1999, **9**: 211-233
- [4] Yang G-S (杨桂山). The process and driving forces of change in arable land area in the Yangtze River Delta during the past 50 years. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 2001, **16**(2): 121-127 (in Chinese)
- [5] Wang J-T (王家庭), Ji K-W (季凯文). An empirical research on the factors influencing urban land intensive use: Based on the data of 34 sample cities in China. *Economic Geography* (经济地理), 2009, **29**(7): 1172-1176 (in Chinese)
- [6] Zhang G-P (张国平), Liu J-Y (刘纪远), Zhang Z-X (张增祥). Spatial-temporal changes of cropland in China for the past 10 years based on remote sensing. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 2003, **58**(3): 323-332 (in Chinese)
- [7] Shao X-M (邵晓梅), Xie J-Q (谢俊奇). Analyzing regional changes of the cultivated land in China. *Resources Science* (资源科学), 2007, **29**(1): 36-42 (in Chinese)
- [8] Wu X-Q (吴晓青), Hu Y-M (胡远满), He H-S (贺红士), et al. Spatiotemporal pattern and its driving forces of urban growth in Shenyang City. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2007, **18**(10): 2282-2288 (in Chinese)
- [9] The Central People's Government of People's Republic of China (中华人民共和国中央人民政府). National Land Use Planning Outline (2006-2020) [EB/OL]. (2008-10-24) [2009-11-26]. http://202.123.110.5/jrzg/2008-10/24/content_1129693.htm
- [10] Tian G-J (田光进), Liu J-Y (刘纪远), Zhuang D-F (庄大方). The spatio-temporal characteristics of rural residential land in China in the 1990s. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 2003, **58**(5): 651-658 (in Chinese)
- [11] Tao Z-H (陶志红). Study on some basic problems for urban land intensive use. *China Land Science* (中国土地科学), 2000, **14**(5): 1-5 (in Chinese)
- [12] Xie M (谢 敏), Hao J-M (郝晋珉), Ding Z-Y (丁忠义), et al. Study on connotation of intensified urban land use and its evaluation index. *Journal of China Agricultural University* (中国农业大学学报), 2006, **11**(5): 117-120 (in Chinese)
- [13] Downs A. Smart growth: Why we discuss it more than we do it. *Journal of the American Planning Association*, 2005, **71**: 367-381
- [14] Bengston DN, Fletcher JO, Nelson KC. Public policies for managing urban growth and protecting open space: Policy instruments and lessons learned in the United States. *Landscape and Urban Planning*, 2004, **69**: 271-286
- [15] Reilly J, Maggio P, Karp S. A model to predict imper-

- viousness surface for regional and municipal land use planning purposes. *Environmental Impact Assessment Review*, 2004, **24**: 363–382
- [16] Gabriel SA, Faria JA, Moglen GE. A multiobjective optimization approach to smart growth in land development. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2006, **40**: 212–248
- [17] Wu C-F (吴次芳), Lu Z-W (陆张维), Yang Z-R (杨志荣), *et al.* Quantitative study of dynamic relationship between urbanization and construction land expansion in China. *China Land Science* (中国土地科学), 2009, **23**(2): 18–23 (in Chinese)
- [18] Zhou R (周 锐), Li Y-H (李月辉), Hu Y-M (胡远满), *et al.* Spatiotemporal expansion of urban and rural built-up areas in Shenyang City: An analysis based on remote sensing and GIS technology. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2009, **20**(10): 2446–2454 (in Chinese)
- [19] Ma J (马 佳), Han T-K (韩桐魁). The standard of rural residential land based on intensive use: A case of Xiaonan District of Xiaogan City, Hubei Province. *Resources Science* (资源科学), 2008, **30**(6): 955–960 (in Chinese)
- [20] Wang J (王 静), Guo X-D (郭旭东). A study of scientific regulation of sustainable land use at county scale in China. *Progress in Geography* (地理科学进展), 2002, **11**(3): 216–222 (in Chinese)
- [21] Shen P (沈 彭), Shi J-W (史京文). How to deal with the five relationship of land using plan regimentation in the coastal economic zone. *Guangdong Land Science* (广东土地科学), 2005, **4**(1): 4–6 (in Chinese)
- [22] Zheng Z-Q (郑泽庆), Huang X-J (黄贤金), Zhong T-Y (钟太洋), *et al.* Review on the research of urban land intensive use assessment in China. *Journal of Shandong Normal University* (Natural Science) (山东师范大学学报 · 自然科学版), 2008, **23**(3): 89–93 (in Chinese)
- [23] Tang X (唐 旭), Liu Y-L (刘耀林), Zhao X (赵翔), *et al.* Study on methods of evaluation on urban land use potentials. *China Land Science* (中国土地科学), 2009, **23**(2): 64–80 (in Chinese)
- [24] Wang J-T (王家庭), Zhang H-Z (张换兆), Ji K-W (季凯文). Intensive Use of Urban Land in China: Theoretical Analysis and Empirical Research. Tianjin: Nankai University Press, 2008 (in Chinese)
- [25] Wei Y-C (韦玉春), Chen S-Z (陈锁忠), Li Y-M (李云梅), *et al.* Principles and Methods of Geography Modeling. Beijing: Science Press, 2005 (in Chinese)
- [26] Tang G-A (汤国安), Yang X (杨 昕). Geographic Information Systems Spatial Analysis Tutorial Based on ArcGIS Software. Beijing: Science Press, 2006 (in Chinese)
- [27] Yin J-H (殷剑宏). The generating algorithm of the greatest compatible classes in a compatible relation. *Journal of Hefei University of Technology* (Natural Sciences) (合肥工业大学学报 · 自然科学版), 2004, **27**(6): 702–705 (in Chinese)
- [28] Ni S-X (倪绍祥). Land Types and Land Evaluation Introduction. 2nd Ed. Beijing: Higher Education Press, 2005 (in Chinese)
- [29] Ministry of Construction of the People's Republic of China (中华人民共和国建设部). Standards for Planning of Towns (GB50188-2007). Beijing: China Building Industry Press, 2007 (in Chinese)
- [30] Zhao P-J (赵鹏军), Peng J (彭 建). High efficient and intensified use of urban land and its evaluation index system. *Resources Science* (资源科学), 2001, **23**(5): 23–27 (in Chinese)
- [31] Du J-F (杜金锋), Feng C-C (冯长春). Study on the key issues on implementation evaluation of comprehensive land use planning in China. *China Land Science* (中国土地科学), 2008, **22**(10): 74–80 (in Chinese)
- [32] Bai B-B (白冰冰), Cheng S (成 舜), Li L-W (李兰维). The macro-assessment of the intensive use of urban land: A case study of Baotou City. *Journal of East China Normal University* (Philosophy and Social Sciences) (华东师范大学学报 · 哲学社会科学版), 2003, **35**(1): 83–90 (in Chinese)
- [33] Zhen J-H (甄江红), Cheng S (成 舜), Guo Y-C (郭永昌). Studies on the assessment for land use intensification potentiality of industrial field in Baotou City. *Economic Geography* (经济地理), 2004, **24**(2): 250–253 (in Chinese)
- [34] Lei G-P (雷国平), Song G (宋 戈). Potential calculation and macro-evaluation of intensive use of urban land. *Learning and Exploration* (学习与探索), 2006 (6): 184–191 (in Chinese)
- [35] Dong L-M (董黎明), Yuan L-P (袁利平). Intensive use of land: The important direction of Chinese urban land use in the 21st century. *China Land Science* (中国土地科学), 2000, **14**(5): 6–8 (in Chinese)

作者简介 张俊平,男,1976年生,博士后.主要从事土地资源评价与GIS应用研究,发表论文15篇. E-mail: zjp01210@163.com

责任编辑 杨 弘