

基于模糊综合评价的 土地集约利用程度评价

——以广西14个地级市市辖区为例

谢其军, 柯杨敏, 蔡银莺

(华中农业大学 土地管理学院, 湖北 武汉 430070)

摘要:针对广西14个地级市,从土地利用强度、经济效益、社会效益和生态效益4个方面构建评价指标体系,通过各个指标的均值与标准差的组合确定评价标准,并利用遗传投影寻踪模型对标准进行检验。利用模糊综合评价法得到各个地级市的土地集约利用等级。结果表明,土地利用集约程度处于Ⅰ等的地级市为贺州和崇左;处于Ⅱ等的为河池、来宾、贵港、钦州和防城港;处于Ⅲ等的为梧州和玉林;处于Ⅳ等的为百色;处于Ⅴ等的为南宁、柳州、桂林和北海。评价结果为Ⅴ等的城市土地集约利用程度最高。广西各地级市的土地集约利用等级分布较不均衡,这种非均衡布局不利于今后的发展。广西应该使各个地级市之间产业布局整体化,互相促进,减少差距;严格限制投资企业的粗放式经营;结合自身的发展趋势,优化土地利用布局,最大限度地提升土地的利用效益。

关键词:土地集约利用;评价标准;遗传投影寻踪模型;模糊综合评价模型;超标加权法;广西

中图分类号:F293.2(267)

文献标识码:A

文章编号:1009-4210(2013)01-019-07

人多地少的国情决定了我国必然要选择节约、集约利用土地,这也是土地科学界研究的重点领域之一,很多学者都对此做了大量的研究。但是,国内绝大多数的研究都是针对发达的东部城市与中部的一些城市或地区,关于西部地区的研究较缺乏。地处西部的广西是中国与东盟地区唯一既有陆地连接又有海上通道的省区。随着中国与东盟自由贸易区的建立,广西近年来经济发展较快,土地需求量不断增加,因此对其土地集约利用程度的研究显得较迫切。有学者利用综合评价法和障碍因子分析法对广

西北部湾经济区城市土地集约利用做了研究^[1]、通过因子分析对广西城市的土地集约利用空间格局进行了研究^[2]及使用层次分析法、加权函数法对广西贵港市农村居民点进行了土地集约利用评价^[3]。然而在这些研究中,由于所选指标不同结果差异较大,而且没有一个评判的标准,也缺乏相应的检验,主观性较强。因此本文尝试建立一个适合广西的评价等级标准,然后利用基于遗传算法的投影寻踪模型对标准进行检验,检验通过后再利用模糊综合评价模型对研究区土地集约利用程度进行评价。这不仅

收稿日期:2012-09-12;改回日期:2012-09-24

基金项目:教育部博士点新教师基金(2009014612005)

作者简介:谢其军(1989—),男,本科在读,所学专业为土地资源利用与管理。

通讯作者:蔡银莺(1979—),女,副教授,从事土地资源经济与管理研究。E-mail:caiyinying@mail.hzau.edu.cn

够为评价找到一个标准,也能够确保结果的客观性与准确性。

1 评价指标选取与评价标准确定

1.1 指标体系及数据来源

本文参考相关文献^[4-6],结合广西的特点,分别

从土地利用强度、土地利用经济效益、土地利用社会效益和土地利用生态效益 4 个方面选择了相应的评价指标。各指标及其具体的计算如表 1 所示。所有研究数据均来源于《2011 年中国城市统计年鉴》,且所有数据均为市辖区数据。各个指标相关的原始数据带入表 1 中的表达式,即可得文中所需的指标数据。

表 1 土地集约利用程度评价指标体系

一级指标	二级指标	计算表达式
土地利用强度	道路用地占地比例 $X_1/\%$	道路用地占地面积/市辖区面积
	住宅用地占地比例 $X_2/\%$	住宅用地占地面积/市辖区面积
	建设用地占地比例 $X_3/\%$	建设用地占地面积/市辖区面积
土地利用经济效益	地均固定资产投资额 $X_4/\text{万元} \cdot \text{km}^{-2}$	固定资产投资额/市辖区面积
	技术密度 $X_5/\text{人} \cdot \text{km}^{-2}$	技术人员/市辖区面积
	地均第二、三产业 GDP $X_6/\text{万元} \cdot \text{km}^{-2}$	第二、三产业 GDP/市辖区面积
	人均 GDP 产值 $X_7/(\text{元}/\text{人})$	GDP 总额/人口数量
土地利用生态效益	地均 GDP 产值 $X_8/\text{万元} \cdot \text{km}^{-2}$	GDP 总额/市辖区面积
	人均绿地面积 $X_9/(\text{m}^2/\text{人})$	绿地面积/人口数量
土地利用社会效益	市辖区绿地覆盖率 $X_{10}/\%$	市辖区绿地面积/市辖区面积
	就业密度 $X_{11}/\text{人} \cdot \text{km}^{-2}$	人口数量/市辖区面积
	学校数量 $X_{12}/\text{所}$	各学校数量的加权和
	医院数量 $X_{13}/\text{所}$	市内医院数量
	城市化水平 X_{14}	非农业人口数量/人口数量
	人口密度 $X_{15}/\text{人} \cdot \text{km}^{-2}$	人口数量/市辖区面积

注:学校数量=普通高校数量 $\times 1.5$ +普通中学数量+小学数量 $\times 0.5$;技术人员是指从事第二、三产业的人员。

1.2 标准的确定与验证

1.2.1 标准的确定

本文采用模糊综合评价模型评价广西 14 个地级市的土地集约利用程度。由于模糊综合评价模型必须基于一个预先给定的评价标准,而目前国家还没有统一的土地集约利用程度等级评价标准,因此需制定一个等级评价标准。结合广西的具体情况,通过各个指标值的均值与标准差的组合制定标准的各个等级范围,从而得到适合广西的等级评价标准。然后再通过投影寻踪模型对标准进行检验。

根据该区域的情况,将广西 14 个地级市的土地集约利用程度分为 5 个等级,分别为:Ⅰ等、Ⅱ等、Ⅲ

等、Ⅳ等和Ⅴ等,评价等级值越大说明该地级市的土地集约利用程度越高。

先求出 14 个地级市各指标的平均值和标准差,以平均值为准,进行上下浮动确定标准中各个等级指标值范围。以指标 X_1 为例, X_1 的最小值 0.050 0 作为评价等级Ⅰ的下限;用平均值 0.414 3 减去标准差 0.586 5 的 0.5 倍得到 0.121 0,作为Ⅰ等上限;用平均值减去标准差的 0.2 倍得到 0.297 0,作为Ⅱ等的上限;用平均值加上标准差的 0.2 倍得到 0.531 6,作为Ⅲ等的上限;用平均值加上标准差的 0.5 倍得到 0.707 5,作为Ⅳ类的上限;大于 0.707 5 作为Ⅴ等。其他指标依次类推,这样得到本研究所需要的土地集约利用程度评价标准(表 2)。

表 2 土地集约利用程度评价标准

指标	土地集约利用等级				
	I	II	III	IV	V
X_1	0.050 0	0.121 0	0.297 0	0.531 6	0.707 5
X_2	0.130 0	0.462 9	0.827 2	1.312 8	1.677 1
X_3	0.360 0	1.095 6	2.753 4	4.963 7	6.621 5
X_4	147.720 0	408.092 0	885.765 4	1 522.663 2	2 000.336 5
X_5	5.000 0	13.738 8	32.281 2	57.004 5	75.546 9
X_6	150.316 8	327.635 6	1193.624 8	234 8.277 0	3 214.266 2
X_7	11 191.000 0	20 691.320 7	25 291.242 6	31 424.471 7	36 024.393 6
X_8	201.000 0	426.890 8	1 297.899 2	2 459.243 7	3 330.252 1
X_9	3.420 0	12.498 1	22.446 8	35.711 7	45.660 4
X_{10}	0.080 0	0.506 3	1.290 7	2.336 5	3.120 9
X_{11}	14.000 0	35.207 9	106.397 4	201.316 8	272.506 4
X_{12}	64.000 0	115.668 2	148.353 0	191.932 7	224.617 5
X_{13}	37.000 0	96.006 0	113.531 0	136.897 6	154.422 5
X_{14}	0.093 3	0.184 3	0.262 1	0.366 0	0.443 8
X_{15}	93.520 0	270.071 5	407.353 2	590.395 4	727.677 0

1.2.2 基于 GAPP 模型的标准验证

采用基于遗传算法(简称 GA)的投影寻踪(简称 PP)模型^[7-10]对确定的标准进行验证。

基于 GA 的投影寻踪建模相关步骤^[9]如下:

(1)构造投影指标函数。将标准表中各个等级作为经验等级及其指标值分别为 k_j 及 $\{x_{ij}^* \mid i = 1 \sim n\}$, $j = 1 \sim m$, 其中 m, n 分别表示等级个数和评价指标个数。建立土地集约利用程度综合评价模型就是建立 x_{ij}^* 与 k_j 之间的数学关系, PP 方法就是把 n 维数据 x_{ij}^* 综合乘以 a ($a = (a_1, a_2, \cdots, a_n)$, 为投影方向)得到一维投影值 B_j :

$$B_j = \sum_{i=1}^n a_i x_{ij}^* \tag{1}$$

为消除各评价指标的量纲和统一各评价指标的变化范围,使 PP 建模具有一般性,式(1)中的 a 为单位长度向量, $\{x_{i,j} \mid i = 1 \sim n\}$ 为 $\{x_{ij}^* \mid i = 1 \sim n\}$ 的标准化值,即:

$$x_{ij} = x_{ij}^* / \max(x_i) \tag{2}$$

式中: $\max(x_i)$ 为土地集约利用程度评价标准表确定的第 i 个评价指标的最大值。

在综合投影值时,要求投影值 z_j 应尽可能大地提取 $\{x_{i,j} \mid i = 1 \sim n\}$ 中的变异信息,即 B_j 的标准差 S_B 尽可能大;同时要求 B_j 与 k_j 的相关系数的绝对值 $|R_{Bk}|$ 尽可能大:

$$Q_a = S_B \times |R_{Bk}| \tag{3}$$

式中: S_B 为投影值 B_j 的标准差; R_{Bk} 为 B_j 与 k_j 之间的相关系数。

(2)计算优化投影指标函数。在给定了标准等级和指标值 k_j 和 $\{x_{ij}^* \mid i = 1 \sim n\}$ 时,投影指标函数 Q_a 只随着投影方向 a 的变化而改变,可将估计最佳投影方向问题转化成求解投影指标函数最大化问题,即:

$$\max Q_a = S_B \times |R_{Bk}| \tag{4}$$

$$s. t. \sum_{i=1}^n a_i^2 = 1 \quad (5)$$

这是一个以 $\{a_i | i = 1 \sim n\}$ 为优化变量的非线性优化问题,为了解决这个问题,本文用 MATLAB 优化工具箱来求解上述优化问题。

(3)建立投影寻踪标准评价模型。把步骤 2 求得的最佳估计投影方向 $a = (0.209\ 3, 0.248\ 3, 0.203\ 9, 0.219\ 2, 0.210\ 4, 0.179\ 6, 0.359\ 6, 0.189\ 7, 0.246\ 5, 0.203\ 2, 0.190\ 2, 0.337, 0.378\ 6, 0.295\ 3, 0.283\ 4)$ 代入式(1)后即可得到第 j 个等级的投影值 B_j 。

$$B_j = (3.753\ 409, 2.999\ 997, 1.988\ 799, 1.220\ 86, 0.523\ 445)$$

通过文献[9],用逻辑斯谛曲线作为标准表验证是很合适的,即:

$$k_j^* = \frac{N}{1 + e^{c(1)-c(2)B_j}} \quad (6)$$

式中: k_j^* 为第 j 个标准等级的计算值;标准等级 N 为该曲线的上限值; $c(1), c(2)$ 为待定参数,它们通过求解如下最小化问题来确定:

$$\min f(c(1), c(2)) = \sum_{j=1}^m (k_j^* - k_j)^2 \quad (7)$$

这里用的是遗传算法(简称 GA)来处理这一非线性优化问题。

选定父代初始种群规模 $n=50$, 交差概率 $pc=0.65$, 迭代次数 $ger=200$, 变异概率 $pm=0.05$ 。利用 MATLAB 编程, 得到待定参数 $c(1)=2.100\ 972$, $c(2)=1.309\ 080$, 代入(7)得:

$$k_j^* = \frac{5}{1 + e^{2.100\ 972 - 1.309\ 080 B_j}} \quad (8)$$

通过公式(8)和投影值 B_j , 可以计算得到 GAPP 的计算值,与标准等级(表 2)进行误差分析,得到表 3。

从表 3 可以发现, GAPP 模型的误差比较小。将绝对误差和相对误差的绝对值进行分别加总平均后,得到平均绝对误差为 0.166 3, 平均相对误差为 4.93%, 可见 GAPP 模型精度很高。而 GAPP 模型

是依据标准表等级来计算 GAPP 的等级,其对标准的依赖性比较强,因而这反过来说明评价标准比较合理。

表 3 GAPP 模型误差分析结果

	土地集约等级				
	I	II	III	IV	V
GAPP 计算值	0.976 7	1.897 1	3.115 3	4.306 6	4.716 7
绝对误差	-0.023 3	-0.102 9	0.115 3	0.306 6	-0.283 3
相对误差/%	-2.33	-5.15	3.84	7.67	-5.67

2 土地集约利用程度评价

2.1 模糊综合评价原理

模糊综合评价最大的优点就是能够同时考虑多个指标进行评价,能有效地对受多个因素影响的对象进行比较全面的评价。模糊综合评价的步骤^[11]如下:

(1)根据问题,建立因素集 $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_{15}\}$, 其中 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_{15}$ 分别表示 15 个评价指标。

(2)确定土地集约利用程度评判集 $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$, 其中 b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 分别表示 I 等、II 等、III 等、IV 等和 V 等,用阿拉伯数字表示为 1, 2, 3, 4, 5。

(3)进行单因素评判得 $v_k = \{b_{k1}, b_{k2}, b_{k3}, b_{k4}, b_{k5}\}$ 。

(4)构造综合评判矩阵。

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{15} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{25} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ p_{151} & p_{152} & \cdots & p_{155} \end{bmatrix}$$

(5)超标加权法确定权重。在土地集约利用中,如果某个城市某个指标超出标准(即超标),那么它在该城市的权重系数就应该较大;相反,则较小。也就是说同一指标,因为在不同城市的指标值不同,所以反映的权重系数也不同,而应是一个变量,是实测数据与标准的函数。这种方法称之为超标加权法,

该确权法适合土地集约利用评价。公式表达如下:

$$q_j^{(k)} = z_j^{(k)} / \sum_{i=1}^5 (z_j^{(k)} / x_{ij}^{(k)}) \quad (9)$$

式中: $q_j^{(k)}$ 为第 k 个指标在第 j 个城市的权重系数;
 $z_j^{(k)}$ 为第 k 个指标在第 j 个城市的实际值; $x_{ij}^{(k)}$ 为第 j
个城市第 i 级等级标准值。

(6) 综合评判。设权重为 Q , D 为隶属度矩阵,
采用加权平均型 $M(\cdot, +)$, 计算 $D = Q \cdot P$, 并根据
最大隶属度原则对各个城市的土地集约利用程度做
出评判。

2.2 结果分析

利用 MATLAB 编写程序, 得到评价结果(表 4)。

表 4 模糊综合评价结果

城市	土地集约利用等级					模糊评价等级
	I	II	III	IV	V	
南宁市	0.000 0	0.019 9	0.194 3	0.135 1	0.650 7	V
柳州市	0.000 0	0.000 0	0.012 5	0.002 9	0.984 6	V
梧州市	0.031 0	0.072 9	0.484 5	0.248 1	0.163 6	III
桂林市	0.003 5	0.012 1	0.011 9	0.016 2	0.956 2	V
北海市	0.021 0	0.028 7	0.127 0	0.268 5	0.554 8	V
防城港市	0.155 2	0.348 9	0.306 6	0.022 5	0.166 7	II
贵港市	0.115 2	0.418 3	0.139 6	0.088 5	0.238 5	II
玉林市	0.000 0	0.072 2	0.330 4	0.303 6	0.293 9	III
钦州市	0.171 5	0.568 8	0.050 8	0.000 0	0.208 8	II
百色市	0.250 5	0.164 9	0.042 0	0.295 7	0.247 0	IV
贺州市	0.448 9	0.275 4	0.000 0	0.072 7	0.203 0	I
来宾市	0.338 1	0.439 2	0.044 8	0.177 9	0.000 0	II
河池市	0.299 7	0.388 4	0.045 2	0.000 0	0.266 7	II
崇左市	0.498 2	0.426 4	0.075 4	0.000 0	0.000 0	I

注: 每一个等级下的数值代表某个城市隶属该等级下的隶属度; 模糊评价等级作为土地集约利用程度等级。

图 1 为 14 个地级市的评价等级空间分布。结
合图中的结果与各个市的具体情况如下。

(1) 土地利用集约程度为 I 等的地级市有贺州
市和崇左市。贺州市由于地处桂湘粤三省交界处,
受到地理区位的制约, 各方面的建设都显得相对滞
后; 崇左市则由于撤县建市时间还不是很长, 在土地
利用的投入中还不足, 同时, 城市的基础设施建设也
有待完善。因而土地利用的集约度都较低。

(2) 土地利用集约程度为 II 等的地级市有河池
市、来宾市、贵港市、钦州市和防城港市。河池市地
处广西西北边陲, 地形为多山和多岩洞, 土地利用存
在很大的制约, 经济投入也较低; 贵港市处于广西的

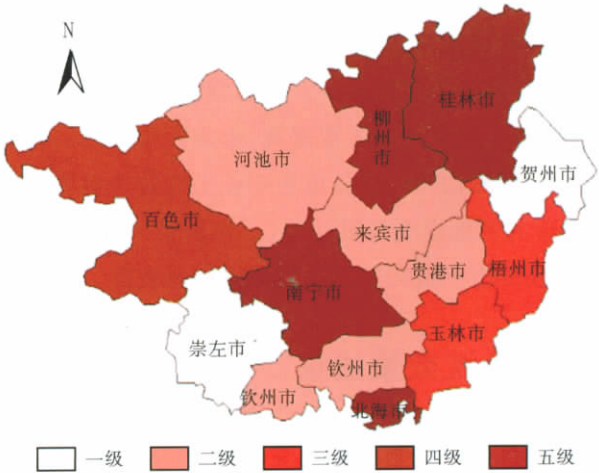


图 1 广西土地集约利用程度空间分布

平原地区,耕地资源较为丰富,但是各方面的建设较为粗放;钦州市与防城港市虽然在区位的分布上占据有较好的经济优势,但是,由于发展的时间较短,经济区位优势还存在很大的发展空缺,有待于进一步的开发。

(3)土地利用集约程度为Ⅲ等的地级市有梧州市和玉林市。梧州市虽然在地形上受到多山的限制,但是开发已久,它在广西的经济发展过程中起着非常重要的作用,在各个指标的衡量中也较为可观;玉林市则在全市内形成了机械、水泥陶瓷、食品医药、服装皮革四大主导产业,全市的产业发展较为强劲,城市的各方面基础建设因之得到了很好的带动,所以土地利用的集约度相对适中。

(4)土地利用集约程度为Ⅳ等的地级市为百色市。百色市地处泛珠三角经济圈和中国—东盟自由贸易区的结合部以及南宁、贵阳、昆明经济区的中心地带,是滇、黔、桂三省边缘交通枢纽、重要的物资集散地,是我国大西南出海通道的咽喉以及连接东盟的便捷通道。凭借着市内铝业资源的优势,百色市已经获得“铝都”的称谓。在铝业发展的带动下,其他工业也得到了较快的发展,土地投入与建设水平相对较高。

(5)土地利用集约程度为Ⅴ等的地级市有南宁市、柳州市、桂林市和北海市。这 4 个市是广西的工业、商业、教育、科技、文化、金融中心。其中南宁市是广西的首府城市,也是中国—东盟博览会的永久举办地,现有两个国家级开发区;柳州是西部的工业重镇,是广西最大的工业基地,也是西部地区的重要商品集散地;北海、桂林也在工业上有较大发展。这 4 个市的基础设施相对完善,土地的投入相对较高,所以表现出土地利用的集约度也相对较高。

3 结论及政策建议

广西各市的土地利用集约情况差异较为明显。从整体来看,呈现出较大的两级分化。有 4 个市的土地利用集约度处于最高等(Ⅴ等),仅有 1 个市处

于Ⅳ等。而处于Ⅱ等的有 5 个,处于Ⅰ的也达到了 2 个。这种分布的非均衡十分不利于广西的发展。针对以上结果,我们认为:

(1)各地级市之间经济、产业布局差异太大,缺乏连贯性,布局也有失均衡。应该根据各市的特点,从产业的分工与布局的视角出发,将各市之间的产业形成一个有机的整体,互相支持,互相促进,减少差距,从而提升土地利用的效益。

(2)土地利用较为粗放。广西境内为多山丘陵地带,大部分地级市都在土地利用的过程中受到地形的限制;而一些地级市则相对较好。土地的集约利用显得迫在眉睫。所以,应该加强土地集约利用的教育宣传力度。政府在企业的发展过程中,也要严格把关,严格限制粗放式的生产经营。

(3)应深度利用广西在经济区位上的地理优势。中国—东盟自由贸易区的建立为广西带来了很好的发展前景,各方投资会不断涌入。在土地的利用布局上,广西应从更加长远的角度来发挥土地的利用效益,提升土地利用的集约度,最大程度地利用好每一寸土地。

参考文献:

- [1] 吴壮金,周兴,左智莉.广西北部湾经济区城市土地集约利用研究[J].国土与自然资源研究,2009,(4):21—22.
- [2] 吴壮金,江吉智,周艳梅,等.广西城市土地集约利用空间格局研究[J].江西农业学报,2010,22(8):174—177.
- [3] 林伟丽,周兴.广西贵港市农村居民点土地集约利用评价[J].安徽农业科学,2010,38(31):17 695—17 698.
- [4] 渠丽萍,张丽琴,胡伟艳.城市土地集约利用变化影响因素研究[J].资源科学,2010,32(5):970—975.
- [5] 朱天明,杨桂山,苏伟忠,等.兴化市小城镇土地集约利用综合评价研究[J].长江流域资源与环境,2010,19(1):24—29.
- [6] 李进涛,谭术魁,汪文雄.基于 DSSIR 模型的城市土地集约利用时空差异的时空差异的实证研究——以湖北省为例[J].中国土地科学,2009,23(3):49—54.
- [7] 付强,付红,王立坤.基于加速遗传算法的投影寻踪模型在水质评价中的应用研究[J].地理科学,2003,23(2):

236—239.

- [8] 张欣莉, 丁晶, 李祚泳, 等. 投影寻踪新算法在水质评价模型中的应用[J]. 中国环境科学, 2000, 20(2): 187—189.

- [9] 金菊良, 魏一鸣, 丁晶. 水质综合评价的投影寻踪模型[J]. 环境科学学报, 2001, 21(4): 431—435.

- [10] 邵磊, 周孝德, 杨方廷, 等. 基于自由搜索的投影寻踪水质综合评价方法[J]. 中国环境科学, 2010, 30(12): 1708—1714.

- [11] 汪晓银, 周保平. 数学建模与数学实验[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

Evaluation of Intensive Land Use Based on GAPP Model and Fuzzy Synthetic Evaluation Model: A Case Study of 14 Cities in Guangxi

XIE Qi-jun, KE Yang-min, CAI Yin-ying

(College of Land Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Taking 14 Prefecture-level cities in Guangxi, this paper builds an index system of evaluation from the aspects of intensity of land use, economic benefit of land use, social benefit of land use and ecological benefit of land use, and then establishes a table of evaluation criterion by combining mean value and standard deviation of indexes and uses GAPP model to test the table of evaluation, obtaining the levels of intensive land use in the cities with fuzzy synthetic evaluation model. The results show that the first level of intensive land use is in the cities of Hezhou and Chongzuo, the second level in the cities of Hechi, Laibin, Guigang, Qinzhou and Fangchenggang, the third level in the cities of Wuzhou and Yulin. The City of Baise is on the fourth level, the other four cities, including Nanning, Liuzhou, Guilin and Beihai, are on the fifth level. The higher the assessment level, the higher the intensity of land use of the city. It is concluded that the imbalance of intensive land use goes against the development of Guangxi, and that the industrial distribution of Guangxi should be integrated and synergistic and reduce the gap. Besides, it is necessary to strictly restrict land use of the enterprises, to optimize the distribution of land use and to maximize the benefit of land.

Key words: intensive land use; evaluation criterion; GAPP model; fuzzy synthetic evaluation model; overweight weighting method; Guangxi