

基于土地发展潜力的武汉城市圈土地利用结构优化研究

余光英¹, 员开奇²

(1. 中南财经政法大学武汉学院, 湖北武汉 430079; 2. 华中农业大学土地管理学院, 湖北武汉 430070)

【摘要】土地利用结构优化是实现区域土地合理利用的重要途径, 城市圈作为地区发展的集群, 在发展中应遵循协调一致、互动发展的原则, 在土地利用结构优化尤其是建设用指标分配中更应以各城市的土地发展潜力为指导。土地利用结构优化对建设用地根据其发展的水平和潜力进行了明显的调整, 生态用地面积有所增加。合理的土地利用结构是实现土地集约节约利用的关键, 土地利用结构优化的研究必须立足区域整体, 兼顾各自的发展优势与特色, 合理地分配各类用地的指标。

【关键词】土地利用; 发展潜力; 城市圈; 土地利用结构; 全排列多边形图示指标法

【中图分类号】F293.2

【文献标识码】A

【文章编号】1003-8477(2013)08-0071-04

一、引言

随着经济发展与有限土地资源间的矛盾日益深化, 如何调节“吃饭”和建设之间的矛盾变得非常重要。土地利用结构代表了土地不同利用类型之间的复杂关系, 科学合理的土地利用结构是提高土地利用效率、保持土地质量、优化土地利用格局、实现土地可持续的基础。如何根据土地利用的总体目标, 即在实现经济效益、社会效益、生态效益等众多综合效益最大化的基础上对土地利用结构进行合理的调控和优化, 是土地研究领域的重要课题之一。^{[1] (p20)}

城市圈是地理上有一定联系、经济上可相互依托实现集聚效应发展的综合体, 内部各成员发展的优势、所处的阶段、重点开发方向等存在着较大的差异, 尤其是土地的发展潜力,^{[2] (p80)}更存在较大差异, 对于发展潜力高的地区应适时地增加土地开发的面积, 对于潜力不足的地区, 则应遵循收敛性的发展思路。研究基于对城市圈土地发展潜力的评价, 首先分析了各城市间合理有效的建设用地指标分配比例, 随后又根据已有研究对各成员内部的土地利用结构进行了进一步优化, 建立了城市圈协调互动的土地利用配置模式。

二、研究区域简介

武汉城市圈是以武汉市为中心城市, 由其及周边 100 公里范围内的其他八个城市即黄石、鄂州、黄冈、咸宁、孝感、仙桃、天门、潜江组成的区域发展集群。武汉城市圈国土面积总量为 58051.9 平方公里, 占全省总面积的 31.2%; 区域常住人口 2987.65 万人 (2007), 占全省的 65.3%。2011 年, 武汉城市圈实现地区生产总值 11859.60 亿元, 占全省的 60.5%, 其中, 社会消费品零售总额占全省的 63.1%, 固定资产投资总额占全省的 59.9%。

作者简介: 余光英 (1972—), 女, 中南财经政法大学武汉学院讲师, 华中农业大学园艺经济研究所研究员, 博士。员开奇 (1990—), 男, 华中农业大学硕士研究生。

基金项目: 教育部人文社科基金课题 (11YJC790253); 湖北省教育厅人文社科研究课题 (2011JYTE247) 的阶段性成果。

武汉城市圈总面积为 57972，是中部地区最大、发展条件最好的城市圈之一。在土地利用结构中，面积最大的是耕地，林地、水域和建设用地位次之，未利用地最少。武汉城市圈耕地面积达 29321km²，占总面积的 50.58%，主要集中在中东部地区和黄冈，耕地面积最大的地区是黄冈和孝感，占总量的 46.06%；林地面积达 17535km²，占总面积的 30.25%，主要分布在南部和东北部，尤其是黄冈市，该地区林地面积占总面积比例高达 43.43%，此外，咸宁也是林地分布较集中的地区；水域面积达 5731km²，占总面积的 9.89%，武汉在水域分布中占有绝对优势，占总量的 30%；草地面积达 1413km²，占总面积的 2.44%，分布较为集中，黄冈和咸宁的草地面积超过总量的 80%；城乡、工矿、居民点用地面积达 3722km²，占总面积的 6.42%，各地区差异不明显，除武汉外几乎均匀分布；未利用地是 251km²，占总面积的 0.43%。

三、土地发展潜力适宜性评价

1. 评价指标体系。

土地发展潜力是土地开发效率的综合代表。通过对评价对象各指标的综合分析，可以得出各城市在土地利用效率方面的潜力值。发展潜力高的地区土地利用的边际效益较高，应给予较高的土地开发指标；发展潜力较低的地区土地利用的边际效益不足，在进行指标分解时应适当减少土地利用的开发指标。研究从土地投入、土地利用、土地产出 3 个一级指标来测度土地发展潜力，在这 3 个一级指标中又共选取了 9 个二级指标（见表 1）。

表 1 土地发展潜力评价指标体系

一级指标	二级指标	解释说明
土地投入	地均固定资产投资	固定资产投资额/辖区面积
	地均二三产业从业人员	二三产业从业人数/辖区面积
	建设用地占土地总面积比例	建设用地面积/辖区面积
	第三产业增加值占 GDP 比重	第三产业增加值/GDP
土地利用	城镇人均建设用地	建设用地面积/总人口
	土地利用效率	已利用土地面积/辖区面积
土地产出	地均 GDP	GDP/辖区面积
	地均工业总产值	工业总产值/辖区面积
	地均社会消费品零售额	社会消费品零售总额/辖区面积

2. 评价方法及数据来源。

鉴于数据的可获取性和研究的时效性，本文选取武汉城市圈 2010 年的统计数据，数据来源有《2011 年湖北省统计年鉴》、

《2011 年中国城市统计年鉴》、《2011 年湖北省国民经济与社会发展统计公报》、各州市的统计年鉴等。全排列多边形图示指标法的应用最早出现在生态评价方面，主要在城市生态效果的评价中。吴琼、陈亮等专家最早使用了基于全排列多边形图示指标法进行生态评价相关研究。随后，该方法又被引入土地适宜性评价、可持续利用评价、生态安全性评价等方面的研究。

全排列多边形图示指标法的基本思想如下：假设评价对象共有 n 个评价指标，这 n 个指标之间有相对的独立性。首先对数据对象进行标准化，标准化方法采用如公式 1^{[3] (p86)}所示的双曲线标准化函数：

$$F(x) = \frac{a}{bx+c} \quad \text{公式 1}$$

$$F(x) \text{ 满足: } F(x)|_{x=L} = -1, F(x)|_{x=T} = 0, F(x)|_{x=U} = 1,$$

其中：L、U、T 分别为指标 x 的下限值、上限值和阈值。根据以上标准化公式，可得到最终的标准化函数如下：

$$F(x) = \frac{(U-L)(x-T)}{(U+L-2T)X+UT+LT-2UL} \quad \text{公式 2}$$

分析标准化函数 F(x) 的相关性质可知，标准化函数 F(x) 实现了将位于上限与下限之间的指标值映射到 -1 和 1 之间，这样的数值既保持了原有的相对大小关系，归一化的处理又便于后续的比较研究。该标准化函数还改变了指标在 -1 和 1 之间的增长速度，当指标值小于临界值时，标准化后的指标变化速率越来越慢；反之，当指标值大于临界值时，标准化后的指标变化速率越来越快。即，指标标准化前的速度呈现线性变化的特征，但标准化后呈现出快—慢—快的非线性变化特征，变化速度的临界点是临界值位置。所以，对于第 i 个指标对象，标准化值计算的公式为：

$$S_i = \frac{(U_i-L_i)(x_i-T_i)}{(U_i+L_i-2T_i)X+U_iT_i+L_iT_i-2U_iL_i} \quad \text{公式 3}$$

同样，式中 L 代表指标的下限值，U 代表指标的上限值，T 代表指标的临界值。当评价对象有 n 个指标时，可以做出一个正 n 边形，正 n 边形的 n 个顶点代表评价指标值为 1 时的最优状态，正 n 边形的中心代表评价指标值为 -1 时的最劣状态，在中心与顶点的中心位置，是临界值对应的 0 点。在每个顶点与 n 边形的中心点连线上，分布着各评价对象的指标标准化后的值，这些指标值越靠近外围越优，当评价结果显示在图示上的时候，我们可以清晰地发现各评价对象在各指标值上的优劣。

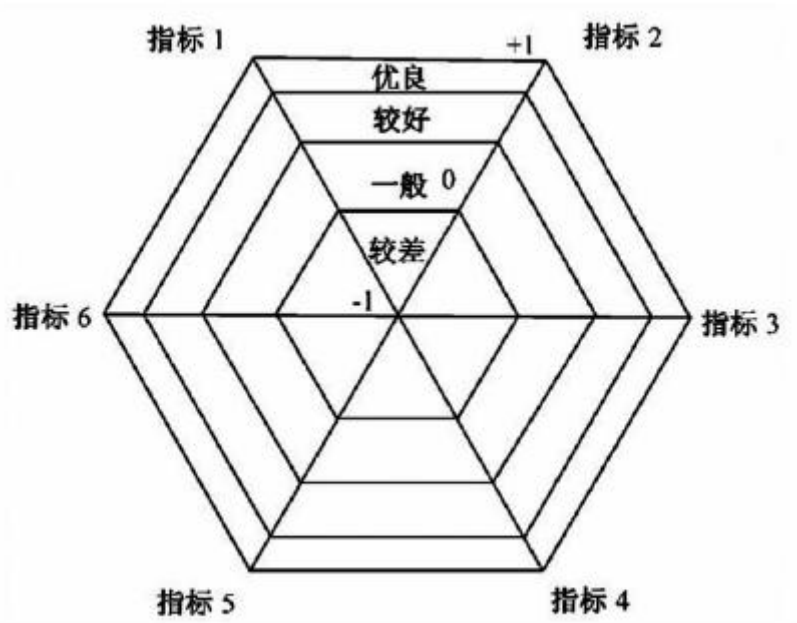


图 1 全排列多边形图示

以评价对象的 n 个指标为边界构成一个不规则的多 n 边形，这个多 n 边形的顶点是 n 个指标的一个全排列， n 个指标共可以组合成 $n!$ 个不同形状的不规则多边形，综合评价指数等于这些不规则多边形面积的均值除以中心多边形的面积。全排列多边形综合指数计算公式为：

$$S_i = \frac{\sum_{i \neq j} (S_i + 1)(S_j + 1)}{2n(n-1)} \quad \text{公式 4}$$

式中 S 是综合指数， S_i 是第 i 项指标值， S_j 是第 j 项指标值， n 是指标的个数。全排列多边形综合指数是一种客观的评价方法，在评价过程中没有涉及主观性较强的权重确定问题，使得评价结果最大可能地反映了评价对象的真实水平。该方法最大的优点是客观、评价结果可视化。该方法与现有的多因素统计方法相比有较大优势，其主要特点包括计算简单、可视化效果好、可观性强等，该方法在环保、生态等领域有较多应用。

3. 评价结果。

运用上述方法，研究以武汉城市圈为例，计算得到了武汉城市圈各城市土地发展潜力综合评价值，如下表所示。

表 2 武汉城市圈土地发展潜力综合评价值

城市	武汉	黄石	鄂州	孝感	黄冈	咸宁	仙桃	潜江	天门
综合评价指数	0.305	0.022	0.154	0.055	0.017	0.037	0.079	0.131	0.097

由评价结果可知，武汉市在土地发展潜力中综合评价价值最高，达 0.305。武汉市是武汉城市圈的中心城市，又是传统的工业重镇，经济水平在武汉城市圈乃至全省都处于绝对领先的位置，这使得武汉市的土地开发效率较高，在后续的发展中应进一步加大土地开发的政策力度。此外，鄂州市和潜江市的评价价值也较高。在武汉城市圈中评价价值最低的是黄冈市，该市是典型的山区，土地开发受到了一定自然环境的限制，这是造成其土地发展潜力不足的主要原因。黄石市是中部地区重要的工业城市，亦是中部地区主要的原材料产地，其优势产业包括钢铁、煤炭、冶金、水泥等，但其土地利用方式较为单一，土地粗放式经营，整体来看土地利用效率较低，所以其评价结果处于较低水平。

四、土地利用结构优化

1. 优化方法选择。

线性规划只研究了在满足一定条件下，单一目标函数取得最优解的问题，而在土地资源管理及优化问题中，经常遇到多目标决策问题，例如土地利用结构优化中需要考虑经济效益、社会效益、生态效益等的最大化，这些目标之间的重要程度不同，甚至有些目标之间存在着相互冲突。^{[41] (p132)}线性规划致力于解决某个目标函数的最优解，这个最优解若是超过了实际的需要，很可能是以过分地消耗约束条件中的某些资源作为代价。线性规划把各个约束条件的重要性不分先后地同等看待，这是与事实严重不符的。为了弥补线性规划问题的局限性，解决有限资源和计划指标之间的矛盾，在线性规划基础上，建立多目标规划方法，从而使一些线性规划无法解决的问题得到满意的解答。一般确定性多目标问题的数学模型为：

$$\begin{aligned} \min f(x) &= (f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)) \\ \text{s.t.} & \\ g_j(x) &\geq 0, j=1, 2, \dots, m \\ h_k(x) &= 0, k=1, 2, \dots, l \end{aligned} \quad \text{公式 5}$$

记可行域为 D 。绝对最优解 $x^* : \forall x \in D, f_i(x) \geq f_i(x^*)$ ，通常是不存在的。在一个二维平面中，如果可行域是一个平行四边形，平行四边形区域 x 取最小值， y 取最小值是不可能在一个点上同时达到的。有效解 (pareto 解)： x^* ：不存在 $x \in D, f_i(x) \geq f_i(x^*), i=1, 2, \dots, p$ ，使得存在某个使得存在某个 $i_0, f_{i_0}(x) < f_{i_0}(x^*)$ 。有效解通常很多。

弱有效解： x^* ：不存在 $x \in D$ ，使得 $f_i(x) < f_i(x^*), i=1, 2, \dots, p$ 。有点目标达到最优。多目标求解方法有很多，但主要思想都是将多目标规划转化为单目标问题。即借助于几何或应用中的直观效果或决策者提供的决策信息构造一个能够综合所有目标函数的实效用函数，使得求解满意解等价于求以该实函数为新目标函数的单目标规划问题的最优解，则可用已有算法求解。构造实函数的方法有线性加权法、变权加权法、指数加权法、极小极大法、理想点法、加权偏差函数法、费效比函数法、功能系数函数法、参考目标法、模糊线性规划法等。

2. 土地利用结构模型。

利用线性规划的理论，首先建立一个武汉城市圈各城市间建设用地指标优化模型，如下所示：

$$\begin{aligned}
& \max \sum_{i=1}^{n=9} \alpha_i * CL_i \\
& CL < U \\
& CL > L \\
& \sum_{i=1}^{n=9} CL_i < TCL
\end{aligned}
\tag{公式 6}$$

其中代表第 i 个城市的建设用地控制指标，U 代表土地利用总体规划中建设用地面积的上限，L 代表优化基期的建设用地指标，代表第 i 个城市的土地发展潜力综合评价指标。

根据多目标规划理论，综合生态效益和经济效益，建立武汉城市圈各城市土地利用结构优化模型，如下所示：

$$\begin{aligned}
& \max \sum_{i=1}^{n=6} \beta_i * KL_i \\
& \max \sum_{i=1}^{n=6} \gamma_i * KL_i \\
& KL < U \\
& KL > L \\
& \sum_{i=1}^{n=6} KL_i = TL
\end{aligned}
\tag{公式 7}$$

其中 k_{Li} 代表第 i 种土地利用类型的面积， β_i 代表第 i 种土地利用类型的生态效益值， γ_i 代表第 i 种土地利用类型的经济效益值，U 和 L 分别代表土地利用总体规划的上限和优化基期的下限值，TL 代表各城市 i 土地总规模。

选择模糊线性规划对多目标规划进行求解，经过模糊线性规划转换后，上述模型可以转换成单目标规划问题，利用 matlab 软件编程可以实现对单目标规划问题的求解，^{[5] (p128)} 得到其最优解。

3. 优化结果分析。

运用公式 6 中的模型，以武汉城市圈为例对各城市间建设用地指标进行优化，建设用地指标的总量为土地利用总体规划中 2020 年的建设用地量，以各成员的土地发展潜力综合价值为优化系数，得到了如下表所示结果：

表 3 武汉城市圈建设用地指标分解 (单位:hm²)

城市	建设用地优化结果	2010 年建设用地	2020 年规划建设用地
武汉	181237.16	156600	185000
黄石	49478.89	48542	56791
鄂州	20609.99	19809	23285
孝感	96723.62	96699	102499
黄冈	156216.34	112076	158000
咸宁	70185.33	66400	72500
仙桃	30730.34	29726	30737
潜江	24325.39	22300	24700
天门	31697.95	30790	33056

建设用地指标优化结果中武汉市的建设用地区量最高,为 181237.16hm²,建设用地区量最低的是鄂州市,仅为 20609.00hm²。在与优化基期 2010 年的建设用地指标进行对比中,由于经济发展的需要,所有城市的建设用地均有所增加,但增加的幅度有很大差异,例如建设用地指标增加最多的城市是鄂州市,为 44140.34hm²,此外,武汉市的建设用地也有大幅增加,达到 24637.16hm²,其他城市建设用地增量均较小,孝感市的增量最低,仅为 24.63hm²,这是由于其土地发展潜力不足导致的。

随后,研究以经济效益和生态效益最大化为优化目标,运用公式 7 分别对武汉城市圈各城市的土地利用结构进行优化。生态效益较高的土地利用类型主要有耕地、园地、林地、牧草地等,经济效益较高的用地主要有建设用地、耕地等,如何在各种用地类型的分配中实现经济效益和生态效益的平衡是实现土地高效利用的关键。研究得到了各城市的土地利用结构对比表,如下表所示:

表 4 武汉城市圈土地利用结构优化对比表 (单位:hm²)

城市	耕地	园地	林地	牧草地	建设用地	未利用地
武汉	378964.14	3850.54	200524.00	0.00	181237.47	6353.56
黄石	108171.15	1668.51	205353.17	0.00	50478.11	34387.93
鄂州	53424.04	1196.97	23029.19	0.00	20409.78	62881.11
孝感	367379.98	5815.50	223208.47	1089.07	96723.62	69834.74
黄冈	436095.37	14120.42	949200.31	5127.12	156216.34	27551.39
咸宁	283805.63	8449.03	526338.59	122.66	70187.33	56981.75
仙桃	135852.44	748.95	42409.62	8.54	30731.34	25473.53
潜江	136101.58	10.26	7912.87	0.00	24323.39	7850.18
天门	160236.94	10.10	5604.86	0.00	31691.95	40041.83

各城市的土地利用结构较基期和土地利用总体规划均有不同程度的变化。在耕地面积的对比中，黄冈市的耕地面积为 436095.37hm²，是耕地面积最大的城市，占总耕地面积的 21.17%，其次是武汉市，总面积为 378964.14hm²。咸宁市的耕地面积也较大，为 283805.63hm²，虽然在城市圈的对比中仅占 13.78%，但咸宁市耕地面积在其城市总面积中的占比却高达 30.00%，可见咸宁市是耕地大市，第一产业在其经济发展中的比重较高。此外，由于林地的生态效应和经济效应较平衡，各城市的林地面积均有显著增加，林地面积增加的来源主要有未利用地、退耕还林用地、园地等。

五、结论与讨论

研究首先针对武汉城市圈九个城市的土地发展潜力水平进行了评价，运用全排列多边形图示指标法，得到了各城市土地发展潜力综合评价指数。从各评价对象的综合评价价值来看，武汉城市圈各城市间土地发展潜力水平差异显著。首先，发展潜力水平最高的武汉市是发展潜力最低的咸宁市的 9 倍多；其次，各城市之间的综合评价价值分布较为离散。从评价结果进行分级来看，发展潜力较高的城市包括武汉市、鄂州市、潜江市，发展潜力较低地区包括黄石市、黄冈市、咸宁市。

实现土地的集约节约利用是当今中国经济发展面临的主要问题之一，只有以各地区发展潜力为根据并将这一点体现到土地利用的布局中，才能尽可能地克服经济发展的负面效应，实现较高水平的土地利用。土地发展潜力评价研究能够获得土地发展潜力综合评价价值和土地利用的不足和优势，这些工作是土地利用结构优化的基础，^{[6] (p911)}土地利用结构优化必须建立在对发展现状充分把握的基础之上，这是保证土地利用结构优化高效合理的根本措施。

参考文献:

[1]严金明. 简论土地利用结构的系统分析与优化设计[J]. 南京农业大学学报, 1996, (2) .

- [2]井波, 任建兰. 生态位理论在土地利用结构优化中的应用——以济南市为例[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2006, (4) .
- [3]周伟, 曹银贵, 等. 基于全排列多边形图示指标法的西宁市土地集约利用评价[J]. 中国土地科学, 2012, (4) .
- [4]汤洁, 毛子龙, 等. 基于碳平衡的区域土地利用结构优化——以吉林省通榆县为例[J]. 资源科学, 2009, (1) .
- [5]严海涛, 刘学录. 基于生态效益的兰州市土地利用结构优化研究[J]. 湖南农业科学, 2009, (4) .
- [6]余德贵, 吴群. 基于碳排放约束的土地利用结构优化模型研究及其应用[J]. 长江流域资源与环境, 2011, (8) .