

# 基于多目标线性规划的六安市土地利用结构优化研究

田思萌, 於冉\*, 江礼婷

(安徽农业大学经济管理学院国土资源研究所, 安徽农业现代化研究院(安徽省重点智库), 合肥 230036)

**摘要:** 将多目标线性规划模型优化的六安市土地利用结构, 与六安市土地利用总体规划目标确定的土地利用结构比较, 结果发现, 优化的土地利用系统, 无论从土地约束性指标的实现, 还是碳减排和生态价值的实现等, 均优于规划目标的土地利用系统。因此, 在土地利用总体规划编制过程中, 应用多目标线性规划模型优化的土地利用结构, 比上级规划下达的硬性指标更科学合理, 更符合规划区域实际; 土地利用系统碳排放的减少和生态价值的提高, 正是生态优先, 绿色发展理念所倡导的。

**关键词:** 多目标; 线性规划; 土地利用结构; 六安市

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2017)04-0665-05

## Optimization of land use structure in Lu'an city based on multiobjective linear programming

TIAN Simeng, YU Ran, JIANG Liting

(School of Economics and Management, Institute of Land and Resources, Anhui Agricultural Modernization Research Institute (Anhui Key Think Tank), Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

**Abstract:** The land use structure in Lu'an city was optimized using the multiobjective linear programming model, which was compared with the land use structure determined by the goal of Lu'an land use planning. The result showed that the optimized land use system is better than the land use system of the planning target, whether from the realization of the land constrained index, or from the carbon emission reduction and the realization of ecological value. Therefore, it is more reasonable and realistic to use the multiobjective linear programming model in the process of overall land using planning. The reduction of carbon emission and the improvement of ecological value in land use system are advocated by prioritizing ecological benefits and the green development concept.

**Key words:** multiobjective; linear programming; land use structure; Lu'an city

土地是人类最基本的生产资料 and 不能出让的生存条件。土地稀缺, 尤其是优质土地的稀缺, 已经严重制约着经济社会的可持续发展。然而, 目前土地利用存在的普遍问题是“头疼医头, 脚疼医脚”, 即城镇化、工业化要推进, 主要是通过占用耕地来实现; 要确保 18 亿亩耕地红线, 又不得不挤占生态空间, 走耕地“下湖”“上山”之路, 包括开发劣质荒草地、填埋坑塘、围垦滩涂及营造梯田等; 为了完成“退耕还林”“千万亩造林工程”等任务, 又回过头来走“下田造林”之路, 造成了实地“一片林”, 图上“一片黄”, 即实际的耕地已经是林地, 但图上和数据库里仍是基本农田。这些基本农田面

积与耕地面积倒挂等现象根源, 除了与追求政绩的发展理念、急功近利的土地财政、完成任务的工作方式和规划执行不力等因素, 重要因素之一是规划目标过于单一<sup>[1]</sup>。这势必导致土地利用系统不协调, 如盲目扩城, 导致碳排放增加; 耕地挤占生态用地, 导致生态效益下降, 系统负熵降低等。基于上述现状, 以六安市为实证, 引进多目标的规划理念, 进行土地利用结构优化研究。

### 1 研究区域概况

六安市位于安徽省西部, 大别山北麓, “长三角”经济区的西翼, 东与合肥市接壤, 南与安庆市相连,

收稿日期: 2017-06-06

基金项目: 安徽省国土资源软科学研究项目《安徽省城市建设用地减量增长规划研究》(财建[2016]997号)资助。

作者简介: 田思萌, 硕士研究生。E-mail: 350835269@qq.com

\* 通信作者: 於冉, 博士, 讲师。E-mail: yuran@ahau.edu.cn

西与河南省信阳市毗邻，北接淮南市和阜阳市。地理位置依山襟淮，承东接西，具有“贯淮淠而望江海，连鄂豫而衔中原”的独特区位优势，是大别山区域中心城市，国家级皖江城市带承接产业转移示范区、“长三角”城市群成员城市，合肥都市圈副中心城市，国家级交通枢纽城市。现辖金安、裕安、叶集3区和霍邱、霍山、金寨、舒城4县（见图1），国土面积15 451 km<sup>2</sup>（除寿县2 942 km<sup>2</sup>），人口580.5万人。



图1 六安市行政区划

Figure 1 The administrative district of Lu'an City

气候上属于北亚热带向暖温带转换的过渡带，四季分明。地形地貌复杂，西南高峻，山峦起伏，平均海拔400 m以上；中部为丘陵和岗地，海拔一般在30~200 m之间；东部和北部为沿淮平原和杭丰圩畝区，是全市优质粮、油和棉的主要产区。江淮分水岭使境内形成了淮河、长江两大水系，淮河流域面积占总面积的83%，长江流域面积占17%。境内有淠河、史河和杭埠河等7条主要河流。1949年以后，先后建成了佛子岭、梅山、磨子潭、响洪甸、龙河口和白莲崖等六大水库。以六大水库为依托兴建的淠史杭综合利用工程是我国最大的人工灌区。20世纪90年代以来，淠河成为合肥市居民的饮用水源。

## 2 数据来源和研究方法

### 2.1 数据来源

数据来源于全国第一次土地详查(下称“一调”)及其变更调查、全国第二次土地调查(下称“二调”)数据库和《六安市土地利用总体规划(2006—2020年)》及其配套成果、《六安统计年鉴》、六安市国土局网站和中国知网数据库，以及野外调查等。

## 2.2 研究方法

**2.2.1 数据处理** 六安市第三轮土地利用总体规划的基期是2005年，规划期限是2016—2020年，规划启动时依据“一调”数据及其变更调查成果和1984年由全国农业区划委员会颁布的《土地利用现状调查技术规程》中的全国土地利用现状分类系统。2009年“二调”结束后要求使用“二调”及其变更调查成果，启用《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2007)<sup>[2]</sup>。因此在实际工作中，需将2009年的六安市“二调”数据逆推至2005年12月31日，并参照“一调”变更调查成果和新、旧2个土地分类系统进行磨合和修正，形成规划基期的数据。

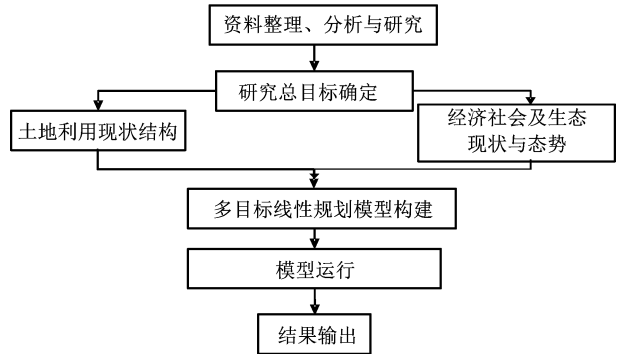


图2 研究路线

Figure 2 Research process

**2.2.2 研究思路** 在对六安市土地利用结构等资料整理、分析和研究的基础上，结合其经济社会和生态建设现状与发展态势，以提高土地产能和降低碳排放为总目标，构建多目标线性规划模型，通过模型运行结果分析，得到六安市土地利用结构优化方案(见图2)。

## 3 六安市多目标线性规划模型构建与运行

### 3.1 六安市土地利用结构演变

六安市第3轮土地利用总体规划的基期虽然是2005年，但直至2012年才完成编制并获省级人民政府批准实施，即2006—2010年的土地利用结构实际上是依据演变的现状对第2轮土地利用总体规划确定的利用结构进行纠偏和修正，2011—2020年的土地利用结构才是真正意义上的规划调整结构(表1)。

### 3.2 多目标线性规划模型

多目标规划一般由2个基本部分构成，一是超过2个以上的目标函数，二是有若干个约束条件。构建多目标线性规划模型能够为多目标选择提供一个良好的途径，但是多目标线性规划模型的解不是唯一的，模型中的参数选择决定了选择解的结果，

即怎样从模型中获得参数选择信息至关重要<sup>[3]</sup>。土地利用结构优化, 就是依据规划区域的自然资源禀赋和经济社会条件, 合理配置国民经济各部门用地, 实现生态、经济和社会等综合效益最大化。由于土地利用系统诸要素之间的关系复杂多变, 因此, 在土地利用总体规划编制过程中, 利用多目标线性规

划模型研究土地利用结构优化布局, 可信度高<sup>[4]</sup>。在利用多目标线性规划模型求解的实际工作中, 是提前给出一组理想的目标值, 然后进行系统协调, 再观察系统能否完成各目标和完成情况, 最后, 根据实际情况进行用地优化。

表 1 六安市 2005 年和 2010 年土地利用类型面积统计

Table 1 Averages of various land use types of Lu'an City municipality in 2005 and 2010

土地利用类型 Land use type	2005 年		2010 年	
	面积/hm <sup>2</sup> Area	结构/% Proportion	面积/hm <sup>2</sup> Area	结构/% Proportion
耕地 Farmland	651 565.70	35.42	648 197.35	35.24
园地 Garden plots	56 089.57	3.05	55 602.55	3.02
林地 Woodlands	614 992.45	33.44	628 955.30	34.19
牧草地 Grassland	1 687.29	0.09	1 997.24	0.11
其他农用地 Agro-land	189 522.29	10.30	180 046.20	9.79
城乡建设用地 City and countryside construction land	136 142.10	7.40	137 743.92	7.49
交通水利用地 Traffic and water conservancy land	42 804.31	2.33	45 258.74	2.45
其他建设用地 Other construction land	5 361.39	0.29	5 061.00	0.28
其他用地 Other land	141 175.73	7.68	136 478.50	7.42
合计 Total	1 839 340.83	100.00	1 839 340.83	100.00

注: 2005 年为逆推、磨合和修正数据, 2010 年为“二调”数据。2015 年 12 月, 寿县由六安市划归淮南市, 为了保持数据的连贯性, 数据暂不做调整, 但不影响多目标规划结果(下同)。

Note: The data in 2005 is from inverse, running in and revision. The data in 2010 is from the second national land survey. Shouxian County was incorporated from Lu'an City into Huainan in December 2015. In order to keep data coherence, the data will not adjust temporarily. But it will not affect the result of multi-objective program (The same below).

$$\min z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq (=, \geq) b_i \quad (2)$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \quad (3)$$

式(1)为模型目标函数; 式(2)为约束条件; 式(3)为非负约束条件; 变量  $x_i$  为各类土地利用面积。

### 3.3 变量选择与目标函数设置

**3.3.1 变量选择** 变量选择应遵循综合性、典型性和资料能够获取性之原则<sup>[5]</sup>。依照六安市土地利用现状及其演化规律, 结合其土地资源利用特征和土地利用总体规划内容等, 共设 9 个变量, 即耕地 ( $X_1$ )、园地 ( $X_2$ )、林地 ( $X_3$ )、牧草地 ( $X_4$ )、其他农用地 ( $X_5$ )、城乡建设用地 ( $X_6$ )、交通水利

地 ( $X_7$ )、其他建设用地 ( $X_8$ ) 和其他土地 ( $X_9$ ) 等。

#### 3.3.2 目标函数设置 (1) 碳排放目标函数

$$F_1(X) = 0.34X_1 + 0.05X_2 + 0.03X_3 + 0.05X_4 + 2.90X_5 + 150.81X_6 + 29.36X_7 + 6.75X_8 + 0.72X_9 \quad (4)$$

式(4)中, 0.34、0.05 和 0.03 等为各地类碳排放系数, 参考 IPCC 报告<sup>[6]</sup>和《中国能源统计年鉴》中的数值<sup>[7]</sup>。

(2) 生态效益目标函数。运用中国陆地生态系统单位面积生态服务价值系数(表 2)<sup>[8]</sup>, 构建生态目标函数:

$$F_2(X) = 6 114X_1 + 12 157X_2 + 18 201X_3 + 6 405X_4 + 371X_{建} + 371X_{未} \quad (5)$$

式(5)中  $X_{建}$  包含式(4)的  $X_6$ 、 $X_7$  和  $X_8$ ;  $X_{未}$  主要为式(4)的  $X_9$ 。

表 2 与土地利用类型相对应的生态价值系数

Table 2 Ecological value coefficient to land use types

土地覆盖类型 Land cover type	耕地 Farmland	园地 Garden plots	林地 Forest lands	牧草地 Grassland	建设用地 Construction land	元·hm <sup>-2</sup> 未利用地 Unused land
生态价值系数 Ecosystem service value coefficient	6 114	12 157	18 201	6 405	371	371

### 3.4 模型变量与约束条件设置

为了优化六安市土地利用结构，以实现土地利用的低碳化和生态效益的最大化为目标设置约束条件。约束条件包括：土地总面积、农用地总面积和城乡建设用地面积等。

**3.4.1 土地总面积约束** “二调”结果显示，六安市土地总面积为 1 839 340 hm<sup>2</sup>，因此：

$$X_1+X_2+X_3+\dots+X_8+X_9=1\ 839\ 340 \quad (6)$$

**3.4.2 农用地总面积约束** 依照《六安市土地利用总体规划(2006—2020年)》(下称《规划》)，至 2020 年，农业土地用地总面积不得低于 1 517 145 hm<sup>2</sup>，在土地总面积中占 82.48%。

(1) 耕地面积保护目标约束。耕地保有量不少于 645 787 hm<sup>2</sup>，把 2005 年 651 566 hm<sup>2</sup> 的耕地面积作为上限。因此，耕地的约束条件为：645 787 ≤ X<sub>1</sub> ≤ 651 566。

(2) 园地面积约束。园地面积不得小于 55 341 hm<sup>2</sup>，2005 年园地面积为 56 090 hm<sup>2</sup>，因此，园地约束条件为：55 341 ≤ X<sub>2</sub> ≤ 56 090。

(3) 林地面积约束。林地面积不少于 644 115 hm<sup>2</sup>，则 X<sub>3</sub> ≥ 644 115。

(4) 牧草地面积约束。牧草地面积不小于 1 678 hm<sup>2</sup>，2005 年牧草地面积为 1 687 hm<sup>2</sup>，则牧草地约束条件为：1 678 ≤ X<sub>4</sub> ≤ 1 687。

(5) 其他农业用地面积约束。该类土地面积规划目标为 170 224 hm<sup>2</sup>，则 X<sub>5</sub> ≤ 170 224。

**3.4.3 城乡建设用地用地约束** 依照《规划》，至 2020 年，城乡建设用地面积不能超过 142 975 hm<sup>2</sup>，则：137 743 ≤ X<sub>6</sub> ≤ 142 975。

**3.4.4 交通水利土地用地约束** 依照《规划》，至 2020 年，交通水利用地面积不能多于 48 453 hm<sup>2</sup>，因此，45 259 ≤ X<sub>7</sub> ≤ 48 453。

**3.4.5 其他约束条件** 依照《规划》，X<sub>8</sub> ≤ 3 250，127 517 ≤ X<sub>9</sub> ≤ 141 175。

### 3.5 六安市土地利用结构优化结果与分析

**3.5.1 模型运行结果** 模型优化目标年与规划目标年同步，即均以 2020 年为目标年，利用 LINGO11.0 求取最优解(表 3)。

表 3 六安市土地利用结构规划目标与优化结果的比较

Table 3 Comparison of Lu'an City land use planning objectives and structure optimization results

变量 Variable	土地利用类型 Land use type	2020 年规划目标 Planning aim in 2020				模型优化结果 Optimizing model results			
		面积/hm <sup>2</sup> Area	结构/% Proportion	碳排放/10 <sup>4</sup> t Carbon emission	生态效益 /10 <sup>4</sup> 元 Ecological benefit	面积/hm <sup>2</sup> Area	结构/% Proportion	碳排放/10 <sup>4</sup> t Carbon emission	生态效益 /10 <sup>4</sup> 元 Ecological benefit
X <sub>1</sub>	耕地	645 787	35.11	21.96	398 367	649 832	35.33	22.09	397 307
X <sub>2</sub>	园地	55 340	3.01	0.28	68 189	59 510	3.34	0.30	72 346
X <sub>3</sub>	林地	644 115	35.02	1.93	1 119 340	645 830	35.11	1.94	1 174 656
X <sub>4</sub>	牧草地	1 678	0.09	0.01	1 081	1 680	0.09	0.01	1 076
X <sub>5</sub>	其他农用地	170 224	9.25	49.36	7 031	168 220	9.14	48.78	6 315
X <sub>6</sub>	城乡建设用地	142 975	7.77	2 156.21	5 051	139 150	7.57	2 098.52	5 200
X <sub>7</sub>	交通水利用地	48 452	2.63	142.26	1 588	47 335	2.57	138.98	1 756
X <sub>8</sub>	其他建设用地	3 250	0.18	2.19	199	3 015	0.16	2.04	112
X <sub>9</sub>	其他土地	127 517	6.93	9.18	5 238	124 768	6.78	8.98	4 740
	合计	1 839 340	100	2 383.38	1 606 084	1 839 340	100	2 321.64	1 663 508

注：规划目标(2020年)中的各类土地面积来自《六安市土地利用总体规划(2006—2020年)》(2012年经安徽省人民政府批准实施)。

Note: Various kinds of land area in planning objective (in 2020) are from Overall Plan for Land Utilization in Lu'an City (from 2006-2020) (which approved by the People's Government of Anhui Province in 2012).

**3.5.2 结果分析** (1) 耕地规模：依据《规划》，至 2020 年，面积不能少于 645 787 hm<sup>2</sup>，而模型优化结果是 649 832 hm<sup>2</sup>，大于规划目标，表明六安市耕地在现行规划之外尚有一定量的后备资源。

(2) 园地规模：依据《规划》，至 2020 年，面积为 55 340 hm<sup>2</sup>，而模型优化结果是 59 510 hm<sup>2</sup>，

大于规划目标，表明六安市利用山区资源发展名、特、优等山区经济具有较大潜力，规划的其他农用地和城乡建设用地等地类，还可进一步优化为园地发展茶叶、板栗、核桃和中药材等。

(3) 林地规模：依据《规划》，至 2020 年，面积不能小于 644 115 hm<sup>2</sup>，而模型优化结果是

645 830 hm<sup>2</sup>, 大于规划目标, 表明六安市实施生态造林工程尚有一定潜力, 如通过其他农用地和建设用地整治等途径推进生态造林工程。

(4) 城乡建设用地规模: 依据《规划》, 至 2020 年, 面积不能多于 142 975 hm<sup>2</sup>, 而模型优化结果是 139 150 hm<sup>2</sup>, 小于规划目标, 表明六安市城乡建设用地通过节约集约用地等举措尚有较大潜力可挖。

(5) 碳减排与生态效益: 依据《规划》目标计算, 至 2020 年, 碳排放总量为  $2\ 383.38 \times 10^4$  t, 而模型优化结果为  $2\ 321.64 \times 10^4$  t, 碳排放总量减少了  $61.74 \times 10^4$  t; 生态效益总体目标为 1606 084 万元, 而模型优化结果为 1663 508 万元, 增加了 57 424 万元。表明按优化模型调整得出的土地利用结构若能实施, 系统的碳减排和生态效益增加等效益显著。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

多目标线性规划模型中的碳排放目标函数和生态效益目标函数设置引用的是文献研究成果, 取平均值, 结果导致林地和园地等用地面积增加, 碳排放也增加, 虽然增加幅度小, 但与实际不符。不同类型的林地和园地其碳汇不同, 植被越好则固碳能力越强, 碳减排能力就越强, 生态价值就越高。因此, 只有按林地和园地等二级分类设置模型中的碳排放目标函数和生态效益目标函数, 才能真正表达多目标线性规划模型的优化效果, 需进一步细化研究。

### 4.2 结论

(1) 在土地利用总体规划编制过程中, 应用多目标线性规划模型优化的土地利用结构, 比上级规划下达的硬性指标更科学合理, 更符合规划区域实际。六安市的实践充分表明, 优化结果的各项约束

性指标显著优于规划目标, 如耕地、园地和林地等面积大于规划目标, 城乡建设用地总规模小于规划目标。

(2) 碳排放的减少和生态价值的提高充分表明, 应用多目标线性规划模型优化的土地利用系统明显优于规划的土地利用系统, 符合生态优先, 绿色发展的理念。

(3) 多目标线性规划模型优化结果表明, 六安市应通过调整土地利用结构优化产业结构, 主要包括加大土地整治力度, 促进节约集约用地, 推进农村集体建设用地改革, 尤其是农村宅基地和农村集体经营性建设用地入市改革, 实现耕地面积增加、城镇建设用地增加、农村建设用地减少和土地利用效益提升的“双增一减一提升”的土地利用目标; 增加园地和林地面积, 发展山区特色经济, 减少碳排放, 增加系统负熵等。

## 参考文献:

- [1] 於冉, 於忠祥. 王万茂先生土地规划思想研究[J]. 安徽农业大学学报(社会科学版), 2016, 25(4): 16-20.
- [2] 国土资源部. 土地利用现状分类:GB/T 21010-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [3] 白鹤松. 基于多目标线性规划的决策模型研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2008, 13(6): 57-59.
- [4] 曾娟. 基于碳排放约束的广州市土地利用数量结构优化研究[D]. 广州: 广州大学, 2013.
- [5] 曾永年, 王慧敏. 以低碳为目标的海东市土地利用结构优化方案[J]. 资源科学, 2015, 37(10): 2010-2017.
- [6] IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis [M]. New York: Cambridge University Press, 2007.
- [7] 国家统计局工业交通统计司. 中国能源统计年鉴(2010)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [8] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746.