

基于灰色线性规划的土地利用结构优化研究

耿 红¹ 王泽民²

(1 武汉测绘科技大学土地科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

(2 武汉测绘科技大学地学测量工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘 要 针对现行土地利用总体规划编制中土地利用结构优化方法的不足, 探讨了用灰色线性规划方法优化土地利用结构, 使规划方案更加科学、合理, 并以广西田阳县为例验证了它的合理性、科学性。

关键词 土地利用结构; 灰色线性规划; 优化

分类号 P271

土地利用系统是一个非常复杂的系统, 土地利用规划结构方案的制定就是要根据国民经济和社会发展及环境保护的需要, 实现土地资源的优化配置。土地利用结构是指各种用地, 如耕地、园地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域和未利用地占本区总面积的百分比。土地利用总体规划中土地利用结构的确定和优化是土地利用总体规划编制的核心任务。所谓优化土地利用结构是指通过一定方法使未来土地利用取得经济、社会、生态效益的最佳土地利用结构, 现行土地利用总体规划编制中以常规方法(综合平衡法)为主, 系统化方法应用较少。本文尝试用灰色线性规划的方法来优化土地利用结构。

线性规划是一种优化资源配置的有效方法, 是一种确定的静态模型, 它要求目标函数中效益系数、约束条件中的技术系数及其他限制量都固定下来。但由于土地利用系统的多变性及系统因素之间的复杂性, 所求出的解往往与实际不符, 甚至无解。而灰色线性规划是在技术系数为可变的灰数、约束值为发展的情况下进行的, 是一种动态的线性规划, 它弥补了一般线性规划的不足, 不仅可以知道既定条件下的最优结构, 还可以知道最优结构的发展变化情况。因为灰色线性规划中约束条件的约束值可以是变动的, 有的可以用时间序列描述, 按 GM(1, 1)模型进行预测得到, 这样的线性规划不仅反映一种特定的情况, 而且反映约束条件发展变化的情况。给定一组信息, 就可得到一组优化方案。灰色线性规划中的约束条件系数是灰区间数, 既可按下限规划, 又可按上限规

划, 还可按区间内的任何一白化值进行规划。在区间内, 只要得到一组白化值, 便可得到一组优化方案, 从而使规划灵活多变, 有众多的调整余地, 可以适应情况的发展变化。

1 灰色线性规划模型的建立及算法设计

1.1 灰色线性规划模型的建立

灰色是指系统内部的信息部分已知、部分未知, 即信息不完全。灰色系统理论认为, 由灰变白不是绝对的, 而是相对的, 因而灰色系统在模型、预测、决策、数据分析中存在灰数, 并把预测和决策目标定在某一范围的灰平面内或灰靶上的满意区域内。

若在一般线性规划模型中, 至少有一个系数(价格系数、约束量或 A 中元素)是灰的或由灰色系统的理论和方法确定的, 即为灰色线性规划问题。下面用灰色系统的思想和建模方法来解决线性规划问题。数学模型如下:

目标函数为: $f(x) = cx \rightarrow \max$ (或 \min)

约束条件为: $\otimes(A)x \leq b; x \geq 0$

式中, $x = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_m]^T$; $c = [c_1 \ c_2 \ \dots \ c_n]$, 其中, $c_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 可以是灰数; 约束条件的系数矩阵 $\otimes(A)$ 为:

$$\otimes A = \begin{bmatrix} \otimes(a_{11}) & \dots & \otimes(a_{1m}) \\ \dots & & \dots \\ \otimes(a_{n1}) & \dots & \otimes(a_{nm}) \end{bmatrix}$$

$\otimes(A)$ 的白化矩阵 A 为:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \dots & & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix}$$

约束量 $b = [b_1 \ b_2 \ \dots \ b_n]^T$ ，它可以通过GM(1, 1)模型求得。

约束条件式中, x_j 为土地利用类型(ha); a_{ij} 为约束系数(单位依具体情况而定); b_i 为约束常数(单位依具体情况而定)。目标函数中, x_j 为各种土地利用类型(ha); c_j 为利益系数(元/ha); $f(x)$ 为产值(元)。

模型中求得一组最优解 $\{x_j\}$ 即为最优的土地

利用结构。

1.2 算法设计

灰色线性规划求解方法用单纯形法, 其计算框图见图1。

2 田阳县土地利用结构优化结果及分析

2.1 田阳县土地利用结构优化

田阳县位于广西壮族自治区的西南部, 珠江流域西江水系上游, 地貌复杂多样, 主要有山地、

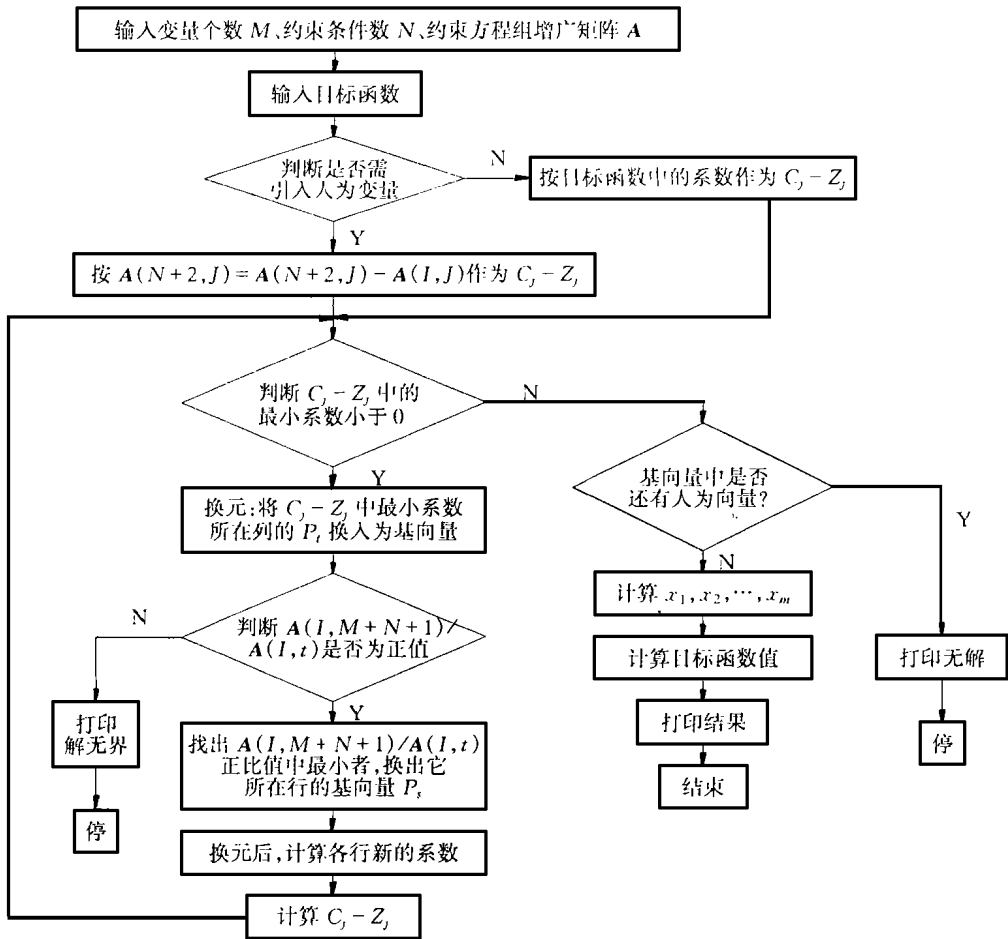


图1 线性规划程序框图

Fig. 1 The Flow Chart of Linear Programming

丘陵、平原等, 土地利用现状见表1。运用灰色线性规划方法优化土地利用结构, 在建模过程中, 约束方程和目标函数出现非线性时, 将其转化成线性来解决。具体采用一组灰色线性方程作为系统模型的约束条件, 来反映田阳县土地利用总体规划目标年(2010年)的经济平衡和生态平衡的要求及人力、物力、财力的限制, 并采用数学函数来表达土地利用结构优化的目标以评价不同结构方

案的效益。

2.1.1 变量设置

以土地利用现状分类为基础, 根据田阳县土地资源的特点及土地利用总体规划的要求共设11个变量, 见表1。

2.1.2 约束条件

包括13个方面, 23个约束条件。为了保证规划的动态性, 约束系数 a_{ij} 和约束常数 b_i 采用灰

色GM(1,1)模型预测,并结合定性分析得到其白化值,再进行求解。

表1 田阳县土地利用现状

Tab. 1 Current Situation of Tianyang County's Land Use

变量	土地类型	现状面积/ha
x_1	耕地	29 645.9
x_2	园地	4 011.4
x_3	林地	72 772.0
x_4	牧草地	32 963.0
x_5	城镇用地	203.5
x_6	农村居民点用地	2 715.8
x_7	独立工矿用地	712.9
x_8	交通用地	3 747.8
x_9	水利用地	2 698.9
x_{10}	其他水域	2 812.9
x_{11}	未利用土地	86 446.7

注:表中城镇用地面积包括建制镇和县城面积;独立工矿用地面积包括特殊用地面积。

(1) 土地总面积约束。各类用地面积之和应等于土地总面积,即

$$x_1 + x_2 + \dots + x_{11} = 238\,730.8 \text{ ha}$$

(2) 人口总量约束。农用地和城镇用地承载的人口应控制在2010年规划人口之内,即

$$M_1 \sum x_j + M_2 \sum x_k \leq P$$

式中, M_1 为农用地的平均预测密度; M_2 为城镇用地的平均预测密度; x_j 为农用地; x_k 为城镇用地; P 为县域规划总人口。即

$$1.8(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6) + 89x_5 \leq 352\,400$$

人口灰区间35~36万人,它的设置主要依据规划中的人口预测结果,其下限为田阳县“九五”计划及2010年规划控制指标,指标偏紧。上限的设置是考虑如果计划生育控制不严,妇女总和生育率达到1.6时人口增长的预测值。人口是影响土地利用结构的主要因素,人口数量的变化决定了未来各类土地的需求量。

(3) 宏观计划约束。大农业用地不得少于国民经济计划所规定的面积,即

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq 162\,900$$

各主要建设用地应以宏观计划量为控制,城镇用地 $x_5 \leq 660$;交通用地 $x_8 \leq 3\,933$;农村居民点用地 $x_6 \leq 2\,715$ 。

(4) 社会需求约束。经综合预测,田阳县2010年粮食单产水平5400kg/ha,灰区间取4500~6900kg/ha,其下限为1996年粮食单产水平,上限是用GM(1,1)模型预测值,即2010年可达到的粮食单产水平。这样设置灰区间能保证规划期间粮食的需求,可根据粮食单产水平的增加速度选择规划方案。为满足全县人民生活

需要,以小康水平为标准测算,需 $15.91 \times 10^7 \text{ kg}$ (灰区间 $15.7 \times 10^7 \sim 16.02 \times 10^7 \text{ kg}$)粮食,即 $5400x_1 \geq 15.91 \times 10^7$ 。

(5) 劳动力资源约束。它分为农业利用和非农业利用两方面,分别为:

$$2.1x_1 + 2.2x_2 + 0.5x_3 + 0.8x_4$$

$$+ 0.75x_{10} \leq 17.4 \times 10^4$$

$$22x_5 + x_6 + 18x_7 + 2x_8 + x_9 \leq 41\,000$$

(6) 用水量约束。其满足:

$$\sum B_i x_i \leq W$$

式中, x_i 为各类用地面积; B_i 为单位面积需水量; W 为可供水总量。即

$$7\,560(x_1 + x_2 + x_3 + x_4) +$$

$$6\,825(x_5 + x_6 + x_7) \leq 16.4 \times 10^8$$

(7) 用电量约束和资金投入约束因资料不全而未考虑。

(8) 生态平衡约束。森林覆盖率应大于33.7%,即: $x_3 \geq 80\,547$;水土流失约束满足:

$$\sum h_i \times x_i \leq N$$

式中, h_i 为单位面积水土流失量; N 为控制流失量。环境污染约束满足:

$$\sum k_i \times x_i \leq M$$

式中, k_i 为单位面积污染物排放量; M 为控制排放量;水土流失、环境污染因资料不全而未考虑。

(9) 协调发展约束。国民经济各部门用地之间有其规律性,经济协调发展也有一定的宏观计划性。根据田阳县国民经济未来发展目标及土地资源的特点,确定各部门用地的比例,即

$$x_1 : x_2 : x_3 : x_4 = 0.36 : 0.24 : 1 : 0.38$$

$$x_5 : x_6 = 1 : 4$$

$$x_9 : x_{10} = 1.01 : 1$$

(10) 土地供应能力的约束。适宜开发未利用地32430ha,其满足 $x_{11} \geq 54\,016$ 。

(11) 实际情况和经济约束。城市用地、建制镇用地、独立工矿用地和交通用地一般大于现状面积,其他水域一般保持不变。城镇用地 $x_5 \geq 203.5$;独立工矿用地 $x_7 \geq 712.9$;交通用地 $x_8 \geq 3\,747.8$;水利用地 $x_9 \geq 2\,698$;其他水域 $x_{10} = 2\,812.9$ 。

(12) 数学模型要求约束。满足 $x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, 11$ 。

2.1.3 目标函数

$$f(x) = 10\,800x_1 + 22\,000x_2 + 5\,200x_3 + 8\,000x_4 + 190\,000x_5 + 120\,000x_6 + 903\,000x_7 + 28\,600x_8 + 500x_9 + 1\,100x_{10} + 100x_{11}$$

目标函数中各项系数为单位土地面积上的收益系数(元/ha),按1990年可比价格计算。各项系数为预测数,采用灰色预测、回归预测和经验预测等方法求得。

2.2 土地利用结构优化结果及分析

按规划中的预测对上述模型的灰数进行白化(人口35~36万,粮食单产4500~6900 kg/ha),分别取上限、下限及中间值,应用灰色线性规划计算程序求得人口高低产量、人口低高产量及中间值3个土地利用结构优化供选方案,见表2。

表2 各供选方案比较

Tab. 2 Comparison among Three Solutions

	方案1	方案2	方案3
人口/万人	36	35.24	35
耕地单产/(kg·ha ⁻¹)	4500	5400	6900
耕地	35 616.9	29 618.3	27 753.6
园地	19 331.4	19 745.5	19 331.4
林地	80 547	82 272.6	80 547
牧草地	30 607.8	31 263.5	30 607.8
居民点及工矿用地	3 610.4	3 629.4	3 940.7
交通用地	3 933	3 933	3 933
水域	5 654	5 654	5 654
未利用地	59 430.3	62 614.5	66 963.3
开发未利用地	27 043.4	23 832.3	19 483.3
人均国内生产总值/元	669.6	758	763

注:上表未标明单位的为 ha。

从表2可知,方案1是在人口控制不严、耕地产量又提高不快的情况下,为了维持人们的生活,故耕地的数量很大,林地、园地、牧草地的数量比其他方案少。居民点及工矿用地也必须严格控制,交通和水域基本没变化。开发未利用地的数量方案1大于方案2和方案3,实现方案1的难度在于未利用地的开发数量过大,由此可能会产生一些环境问题,经济发展会受到一定制约。

方案3是在严格的计划生育控制下,人口数量低,农业科技进步而使耕地的单产量有大幅度

提高,耕地的数量较少,居民点及工矿用地较高,需开发未利用地的数量最少,有利于环境保护,同时可提高人们的居住、生活水平,是一种较为理想的土地利用结构,但它的实现取决于计划生育国策的坚决贯彻和农业科技的进步。

方案2中各种用地介于方案1和方案3之间,本方案的人口数量和耕地单产充分考虑了田阳县的现状和未来的发展等各种因素,实现的可能性最大。因此,推荐方案2为土地利用规划最佳结构。方案2土地利用优化结构与现状见表3,规划结构的比较见表4。

从表3、表4可以看出,园地的增加量最大,这与田阳县的社会经济发展计划(发展为优质水果基地)是一致的,优化的各类土地利用面积与规划面积相差不大。优化的土地利用结构目标函数最大值(国内生产总值)为28.5亿元,与田阳县2010年国民经济发展目标(31.48亿元)基本一致。由此可验证,用灰色线性规划优化土地利用结构是可行的,其结果是合理的。

3 结论

土地利用结构的优化是规划编制的核心,土地利用规划结构决定了未来土地利用的基本框架,它的合理与否将直接影响国民经济各部门的发展,从而影响社会的进步。土地利用是一个非常复杂的系统,用系统化的方法来优化土地利用结构,使未来土地利用更合理。但由于任何模型都是现实系统的近似描述,所得最优解对现实系统也必然是近似的结果,从这个意义上说,所谓终极的模型是不存在的。作者虽然在灰色线性规划建模与分析方面做了大量的工作,但在很多方面还需进一步完善。

表3 土地利用结构现状和优化比较

Tab. 3 Comparison between Current Situation and Optimization of Land Use Structure

土地类型	现状面积/ha	比重/%	优化面积/ha	比重/%	增减/%
耕地	29 645.9	12.42	29 618.3	12.41	-0.01
园地	4 011.4	1.68	19 745.5	8.27	+6.56
林地	72 772.0	30.48	82 272.6	34.46	+4.02
牧草地	32 963.0	13.81	31 263.5	13.10	-0.71
城镇用地	203.5	0.09	562.0	0.24	+0.15
农村居民点用地	2 715.8	1.14	2 248.0	0.94	-0.20
独立工矿用地	712.9	0.30	819.4	0.34	+0.04
交通用地	3 747.8	1.57	3 933.0	1.65	+0.08
水利用地	2 698.9	1.13	2 841.1	1.19	+0.06
其他水域	2 812.9	1.18	2 812.9	1.18	0.00
未利用地	86 446.7	36.21	62 614.6	26.20	-9.99

表 4 土地利用结构优化面积和规划面积比较/ ha

Tab. 4 Comparison between Optimizing Area and Planning Area in Land Use Structure/ ha

土地类型	优化面积	规划面积	上级下达指标
耕地	29 618.3	29 690.7	29 686.7
园地	19 745.5	19 000.0	19 000.0
林地	82 272.6	80 546.7	80 546.7
牧草地	31 263.5	24 082.3	33 666.7
居民点及工矿用地	3 629.4	4 142.9	5 506.7
交通用地	3 933.0	3 840.5	3 933.3
水域	5 654.0	5 769.1	5 513.3
未利用地	62 614.6	71 658.5	60 877.4

注: 规划面积为常规方法所得, 上级即百色地区。

参 考 文 献

1 王万茂. 土地利用规划学. 北京: 中国大地出版社.

1996

2 严金明. 土地利用总体规划修编的理性思维. 中国土地, 1998, 146(2): 16~18

3 傅立. 灰色系统理论及其应用. 北京: 科学技术文献出版社, 1991

4 范鸣玉, 张莹. 最优化技术基础. 北京: 清华大学出版社, 1982

5 Jeffrey L, Arthur, Darek J N. Clarification on the Use of Linear Programming and GIS for Land-use Modelling. INT. J. Geographical Information Science, 1997, 11(4): 397~402

6 耿红. 县级土地利用总体规划相关问题研究: [学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1999

耿红, 女, 32岁, 讲师, 现从事土地利用规划、管理研究。代表成果: 广西田阳土地利用总体规划。

Research on Optimization of Land Use Structure Based on Gray Linear Programming

GENG Hong¹ WANG Zemin²

(1 School of Land Science, WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

(2 School of Geo-science and Surveying Engineering, WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

Abstract Overall land use planning is important in land management. It is an urgent duty to draw up the planning for each level government. The land use structure is the most important part in county's overall land use planning. The optimization methods of land use structure contain usual method which is common and fixed quantity methods. This paper focused on filling up the shortage of the usual compiling of land use planning. In this paper we try to use mathematical model to determine the land use structure in fixed quantity to improve the planning.

Gray linear programming is a dynamic linear programming. Its characteristic is that the parameters of gray linear programming are variant and the constraints are developing. It can make up for the shortage of linear programming. The parameters of constraints of gray linear programming are in gray region, we can plan either to use the upper limit or to use the lower limit or any value of the region. A group of parameters we choose corresponds to a determining plan, therefore the planning becomes adjustable.

Using gray linear programming to optimize land use structure, several solutions of land use structure can be selected. The method has been used for Tianyang county's land use planning. In the planning, we choose a group of linear equations as the constraints of the system model. They represent the needing of economics balance and zoology balance, and the limits of labour force and financing. We use mathematical model to represent objective function of land use structure.

In Tianyang county's land use structure model, we select 11 variables, they are: ①cultivated land; ②garden land; ③forest land; ④grassland; ⑤land of town; ⑥residential area in village; ⑦land of independent industry and mine; ⑧communication land; ⑨land of irrigation works; ⑩other water area ⑪barren land. We construct 13 kinds and 23 equations of constraints, they are: ①total

(下转第 182 页)

can deal with complex spatial operations and is propitious to the update and maintenance of system data. This paper divides the whole map information into basic map information and extended map information. When the map is processed, the basic map information is shown only, don't take part in the construction of topology, but other information on the map is changed at any moment according to the actual demand. By reducing quantity of spatial data of system, the operation speed including query and search is improved obviously using this method.

At the same time, the article tries to create topology relations of entities composed of map-blocks and brings forward the method of automatic creation. It is well known that to create the general topology relation on the objects with a large number of parts is very slow and complex. It is not necessary to make such a complex topology structure because the consumers care for the exterior information of the projects instead of the interior constitution of them. The system sets up a series of polygons with nodes by the relation of the map-blocks, and then uses the common method of creating polygon topology to build the system topology relation. By doing that, we can speed creating the system topology and decrease the number of data that are used during system operation. Therefore, it is obvious that the information query and spatial analysis are more efficient.

The spatial data structure of the system has been used in the Three Gorges general-plan of construction managing information system. With the need of managing the construction information scientifically, the special information will be adopted widely. As follows, the suited spatial data will be required strongly.

Key words general-plan map; map-block; entity; data structure; topology relation; spatial analysis

GE Yong, female, 27, Ph. D candidate. Her major researches are spatial data analysis and application in GIS/RS, computer simulation, etc. E-mail: gey@reis.ac.cn

(上接第 171 页)

land; ②total population; ③macroscopical plan; ④social requirement; ⑤labour force; ⑥water resources; ⑦electricity resources; ⑧finance; ⑨ecological balance; ⑩harmonious development; ⑪land supply; ⑫current situation and financial condition; ⑬mathematical model. Then we determine the gray parameters of the constraints according to different constitutions. Three plans of land use structure have been got, and the best one has been given. Comparing the land use structure of current situation with optimization solutions, especially optimizing area and planning area in the land use structure, we find garden land added mostly, which is coincident with Tianyang's social economic development plan. The maximization of objective function of land use structure is 2.85 billion yuan. This is accordant with Tianyang's 2010 social economic development goal. It is shown that the method is better than the usual one. The approach has been proved scientific and reasonable. It can be used in county's overall land use planning.

Key words land use structure; gray linear programming; optimize

GENG Hong, female, 32, lecturer. Her major research orientations include land use planning and management. Her typical achievements are Guangxi Province Tianyang County's overall land use planning, etc.