

基于正余弦算法的城市土地利用空间的优化配置

张哲

西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127

摘要: 针对环境友好程度和总体资源节约条件下, 实现土地空间的最优化利用和为城市土地规划提供参考和决策依据。本文在传统的 RLUAM 数学模型的基础上, 提出一种基于正余弦算法优化 RLUAM 模型的城市土地利用空间的最优化配置的数学模型。为了验证其有效性, 选择上海市某区域 2014 年土地利用现状数据为研究对象, 实证分析结果表明, 优化模型能够实现土地环境友好和总体资源节约下的优化配置, 其算法效率较传统算法提高 61.38%。

关键词: 正余弦算法; 土地利用; 优化配置

中图分类号: F293.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)05-0701-04

Optimal Allocation of Urban Land Use Space Based on Sine Cosine Algorithm

ZHANG Zhe

College of Urban and Environmental Science/Northwest University, Xi'an 710127, China

Abstract: To provide a reference and decision-making for an optimal utilization of land space and urban land planning within a friendly environment and overall resource conservation, this paper proposed a new optimal allocation model of urban land use space based on the RLUAM model with a sine cosine optimization on the basis of the traditional one and selected some current data of land utilization in a region of Shanghai 2014 as the object to validate the algorithm's validity so as to indicate that the optimal model was able to realize the optimal allocation for land within a friendly environment and resource conservation and the efficiency of its algorithm improved 61.38% than a traditional algorithm.

Keywords: Sine cosine algorithm; land use; optimal allocation

随着我国工业化、城镇化进程的推进和发展, 城市规模的扩大, 引起城市土地利用空间的变化, 在土地利用空间的变化过程中, 会带来一系列的问题, 如交通拥堵、环境污染和居民生活环境的恶化等, 影响城市区域的可持续发展和绿色发展。城市土地利用空间优化配置涉及多个变量, 是一个多目标决策优化问题^[1], 如环境保护的最优化、土地资源使用的最优化和空间协同最优化等。研究城市土地利用空间的优化配置有助于城市土地空间的合理化布局和使用, 同时能够为城市布局的规划和使用提供参考和决策的依据, 具有重要的实际意义和理论价值。

1 正余弦算法

正余弦算法是受正弦函数和余弦函数曲线变化启发而提出的一种搜索算法, 其通过公式 (1) 和公式 (2) 更新搜索位置^[2]:

$$X_i^{t+1} = X_i^t + r_1 \times \sin(r_2) \times |r_3 P_i^t - X_i^t| \quad (1)$$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + r_1 \times \cos(r_2) \times |r_3 P_i^t - X_i^t| \quad (2)$$

其中, X_i^{t+1} 表示在 t 时刻第 i 维的当前位置; r_1, r_2, r_3 表示随机数, $r_1, r_2, r_3 \in [0, 1]$; P_i^t 表示第 i 维目标点的位置;

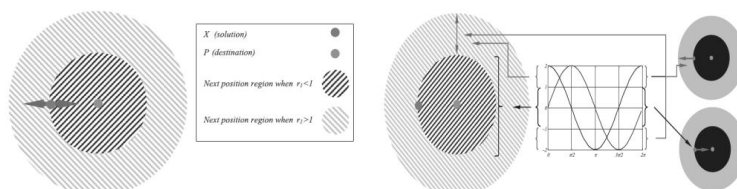


图 1 正余弦算法搜索原理图
Fig.1 Searching principle of the sine cosine algorithm

2 区域土地利用优化配置模型

2.1 RLUAM 模型的内涵

收稿日期: 2016-04-15

修回日期: 2016-05-18

作者简介: 张哲(1983-),男,硕士研究生,助理实验师,主要研究方向为自然地理学. E-mail:woaiwodezuqiu@163.com

选择城市空间布局 and 不同土地利用类型为研究对象, 以城市土地利用社会效益、生态效益和经济效益最大化为研究目标^[3], 从城市土地利用最优化的角度出发, 首先定义不同土地利用类型和不同土地利用类型在使用过程的用途, 构建出相应的数学模型。通过正余弦优化算法进行 Pareto 寻优。在考虑城市土地利用三维特性的基础上, 构建出基于城市土地利用的数量、空间、时间三维一体的数学优化模型, 实现城市土地利用社会效益、生态效益和经济效益的最大化, 促进绿色发展和可持续发展。

2.2 目标函数

在数学模型中, 整个城市土地利用空间被分割成 $N \times M$ 个空间规则的格网单元, 整个城市土地空间上拥有 K 种土地利用类型。其中, k 表示土地利用类型, S_k 表示不同土地利用类型的面积。

2.2.1 经济效益 通过城市土地利用的优化, 使得整个土地空间的经济价值最大, 同时保证土地开发费用最低。因此, 将整个土地空间的经济产出最大化和土地开发费用最低化最为目标函数^[4]。

$$MaxF_1 = \sum_{k=1}^K W_k \cdot S_k \tag{3}$$

其中, F_1 表示区域土地利用总经济产出; W_k 表示不同土地利用类型的经济产出系数。

$$MinF_2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K C_{ijk} X_{ijk} \tag{4}$$

其中, F_2 表示区域土地利用类型的总成本; C_{ijk} 表示当土地类型为 k 时, 城市土地利用在空间单元 (i, j) 位置上的成本。 X_{ijk} 是一个二值变量, 如果土地利用空间单元 (i, j) 的土地利用类型是 k , 那么其值等于 1; 反之, 其值等于 0。

2.2.2 生态效益 生态效益表示通过城市土地空间的优化配置和选择, 达到生态环境友好程度的最优化。因此, 将整个城市土地利用空间的生态环境兼容性和生态系统服务总价值作为目标函数。

$$MinF_3 = \sum_{k=1}^K P_k \cdot S_k \tag{5}$$

其中, F_3 表示不同土地利用类型生态系统服务功能的价值总和; P_k 表示不同类型土地 k 在单位面积土地上所提供的生态系统服务功能价值系数。

$$MinF_4 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K \sum_{i'=1}^N \sum_{j'=1}^M \sum_{k'=1}^K L_{ij,i'j'} H_{k,k'} \tag{6}$$

其中, F_4 表示不同区域土地利用类型的生态环境兼容性总和, $L_{ij,i'j'}$ 表示 2 元变量; 若空间单元 (i, j) 和 (i', j') 之间存在邻接, 其值等于 1; 反之, 等于 0。 $H_{k,k'}$ 表示土地利用类型为 k 的空间单元 (i, j) 和土地利用类型为 k' 的空间单元 (i', j') 之间的生态环境兼容性程度。

2.2.3 社会效益 社会效益表示通过城市土地空间的优化配置和选择, 实现社会保障服务功能最大化, 将整个城市土地利用空间的社会保障服务功能的价值总和作为目标函数^[5]。

$$MaxF_5 = \sum_{k=1}^K G_k \cdot S_k \tag{7}$$

其中, F_5 表示不同土地利用类型的社会保障服务功能的价值总和; G_k 表示不同土地利用类型 k 在单位面积土地上贡献出的社会保障服务功能价值系数。

2.3 约束条件

由于城市土地空间的最优化配置涉及多个因素和变量, 主要包括土地面积、粮食安全、人口、生态环境条件、劳动力资源、市场经济、土地利用公平、空间布局等 8 个方面^[6]。

2.3.1 土地面积约束 土地总面积等于不同土地利用类型面积的总和: $\sum_{k=1}^K S_k = S$ (8)

其中, S 表示整个土地利用空间下土地面积的总和。

2.3.2 人口约束 人口数量直接影响土地的使用需求, 整个土地空间的所能容纳的人口数量应小于等于规划期内的预测人口数量:

$$M_1 \cdot S_f + M_2 \cdot S_u \leq P \tag{9}$$

其中, M_1, M_2 分别表示农业用地和城镇用地上的平均人口密度; S_f, S_u 分别表示农用地面积和城镇用地面积; P 表示在规划期内所要预测区域内的人口数量。

2.3.3 粮食安全约束

$$S_g \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \geq P \cdot f_0 \cdot f_1 \quad (10)$$

其中, S_g 表示能够保证粮食安全所需的耕地面积; f_0, f_1, f_2, f_3, f_4 分别表示人均用粮标准、粮食自给率、粮食单产、粮食作物种植比、复种指数; P 表示在规划期内所要预测土地区域内的人口数量。

2.3.4 劳动力资源约束

$$\sum l_{ak} S_k \leq L_a, \sum l_{ck} S_k \leq L_c \quad (11)$$

其中, l_{ak}, l_{ck} 分别表示第 k 种农业用地和非农业用地的单位面积劳动力数量; L_a, L_c 分别表示可供农业利用和非农业利用的劳动力数量。

2.3.5 市场经济约束

根据市场经济发展规律和要求, 城镇、工矿、交通运输等领域的用地是随时间的推移其需求是不断增加的, 而随时间的推移未被利用的土地数量是不断减少的, 在此基础上, 有:

$$S_{k1} \geq S_{k0}, S_{w1} \geq S_{w0} \quad (12)$$

其中, k 表示不同土地利用类型, 如城镇、工矿和交通运输等用地; S_{k1}, S_{k0} 分别表示此类土地在规划期末尾和在规划基期的土地面积; S_{w1}, S_{w0} 分别表示规划期末尾和规划基期的未利用土地面积。

2.3.6 生态环境条件约束^[7]

$$S_e \cdot c \geq S \cdot r \quad (13)$$

其中, S_e, c, r 分别表示规划期末尾的林地面积、转换系数和森林覆盖率。

2.3.7 空间布局约束

1) 不同土地空间中, 必有一种土地类型被利用: $\sum_k X_{ijk} = 1 \quad (14)$

2) 新增建设用地必须满足土地空间利用的紧凑性约束: $\sum_{i,j \in \Omega} B_{ijk} \geq 2 \quad (15)$

其中, 若空间单元 (i, j) 的土地利用类型为建设用地, $B_{ijk}=1$; 否则, $B_{ijk}=0$ 。

2.3.8 土地利用公平约束

土地利用公平约束的目的是在保证土地得到合理利用的前提下, 保证整个土地空间总的生态生产力不降低。

1) 规划期末尾的整个土地空间的总生态生产力大于等于规划基期的总生态生产力:

$$(EP_0^k - EP_C^k) \times P_k \geq EP_0^k \quad (16)$$

其中, EP_0^k 表示农用地 k 在规划基期的生态生产力; EP_C^k 表示农业用地 k 在规划期内所能够接受的最大生态生产力产出的损失; P_k 表示农用地 k 的生态产出进步系数。

2) 农业用地非农业化空间时序约束^[8] $\sum_t q_t = Q \quad (17)$

其中, q_t, Q 分别表示规划期期 t 时间段内的农业用地非农业化数量和所允许的最大建设占用农业用地数量。

3 实证分析

3.1 数据来源

选择上海市某区域 2014 年土地利用现状数据为研究对象^[9], 数据根据《全国土地分类(试行)》进行分类, 每期数据均包含三大类所有三级类。为了方便分析和计算, 本文分类截至二级类, 一级类包括农用地、未利用地、建设用地; 二级类包括住宅用地、水利设施、耕地、工矿仓储用地、园地、公共建筑用地、林地、牧草地、商服用地、其他农用地、特殊用地、公共设施用地、未利用土地、交通用地和其他土地。

3.2 评价指标

为了实现土地空间优化配置前后的结果的对比, 采用平均斑块最邻近距离 d_{MEN} 、平均斑块分维数 D_{MPF} 以及聚集指数 I_A 等空间格局指标来评价某一土地利用类型的斑块总体呈紧凑型程度和合理化利用程度, 也就是土地资源节约程度; 采用环境兼容性指数 C_E 用来评价某一土地利用类型的环境兼容性和环境友好程度。评价指标的具体计算公式参看文献^[10]。

3.3 结果分析

由图 1 和图 2 优化前后结果可知, 图斑之间平均最近距离减少最大的是特殊用地、商服用地和公共建筑用地类型, 图斑距离缩小了 187.27 m、93 m 和 79 m, 而住宅用地、林地和耕地之间的距离变化差异小, 均在 1.5 m 以内; 在平均最近邻指数差值方面, 变化较大的特殊用地、公共建筑用地和交通运输用地, 而住宅用地差值大于 0。实验结果表明, 优化前后区域土地利用数据整体呈现图斑距离减少且 ANN 指数下降, 在空间上呈现聚集趋势, 在地类方面, 特殊用地、商服、公共建筑用地以及交通运输在过去四年间因新增用地或位置变化而在空间上呈现聚集趋势。

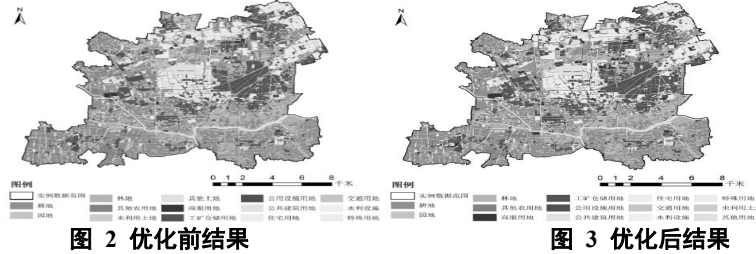


图 2 优化前结果 Fig.2 Result before optimization 图 3 优化后结果 Fig.3 Result after optimization

表 1 优化前后的配置评价结果

Table 1 Evaluation results before and after optimization

参数 Parameter	优化前 Before optimization			优化后 After optimization		
	居住用地 Land for reside	工业用地 Land for industry	商业用地 Land for business	居住用地 Land for reside	工业用地 Land for industry	商业用地 Land for business
d_{MEN}	145.321	169.245	149.687	132.514	155.455	138.663
D_{MPF}	1.127	1.438	1.267	1.006	1.349	1.105
I_A	65.876	38.214	57.929	70.381	45.112	68.475
C_E	0.642	0.677	0.708	0.771	0.734	0.769

表 2 正余弦算法优化配置结果

Table 2 Configuration results of sine cosine algorithm for optimization

用地类型 Type	d_{MEN}	D_{MPF}	I_A	C_E
居住用地	140.976	1.008	66.803	0.689
工业用地	158.74	1.412	40.257	0.694
商业用地	141.53	1.208	60.445	0.723

通过对比表 1 和表 2 可知, 不同用地类型 d_{MEN} 和 D_{MPF} 均比表 1 中优化之后的结果高, 而 I_A 和 C_E 则比表 1 中优化之后的结果低, 由此可以看出, 在环境友好程度和总体资源节约程度上, 基于正余弦算法的城市土地空间利用配置结果优于基于 RLUAM 模型的配置结果, 同时, 针对同一研究地块, 算法的效率可以提高 61.38%。

4 结论

针对环境友好程度和总体资源约束条件下, 在 RLUAM 模型的基础上, 提出一种基于正余弦算法优化 RLUAM 模型的城市土地利用空间的优化配置模型。为了验证本文算法的有效性, 选择上海市某区域 2014 年土地利用现状数据为研究对象, 实证分析结果表明, 在环境友好程度和总体资源节约程度上, 基于正余弦算法的城市土地空间利用配置结果优于基于 RLUAM 模型的配置结果, 同时, 针对同一研究地块, 本文算法的效率可以提高 61.38%。

参考文献

[1] 蔡运龙. 土地利用/土地覆被变化研究: 寻求新的综合途径[J]. 地理研究, 2001, 20(6): 645-652
 [2] Mirjalili S. SCA: A Sine Cosine Algorithm for Solving Optimization Problems[J]. Knowledge-based Systems, 2016, 96: 120-133
 [3] 刘纪远, 王绍强, 陈镜明, 等. 1990~2000 年中国土壤碳氮蓄积量与土地利用变化[J]. 地理学报, 2004, 59(4): 483-496
 [4] 史利江, 王圣云, 姚晓军, 等. 1994~2006 年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1468-1479
 [5] 朱晓华, 蔡运龙. 中国土地利用空间分形结构及其机制[J]. 地理科学, 2005, 25(6): 671-677
 [6] 王新生, 刘纪远, 庄大方, 等. 中国特大城市空间形态变化的时空特征[J]. 地理学报, 2005, 60(3): 392-400
 [7] 徐柏琪. 基于空间分析方法的土地利用变化驱动力研究[J]. 农业与技术, 2015, 35(19): 189-191
 [8] 尹长林, 张鸿辉, 朱建军, 等. 城市规划 CA 模型在城市空间形态演化中的应用研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(3): 133-137
 [9] 苗作华, 陈勇, 曾向阳. 基于斑块聚集的城市土地利用空间布局研究[J]. 地理与地理信息科学, 2013, 29(1): 56-59
 [10] 李凤霞, 石辉, 冯晓刚, 等. 西安市土地利用格局动态演变及其驱动力研究[J]. 测绘通报, 2015(12): 41-45