

文章编号: 1007- 7588(2008) 06- 0912- 07

基于精明增长理念的区域土地利用结构优化配置 ——以江苏宜兴市为例

任奎¹, 周生路¹, 张红富¹, 廖富强^{1,2}, 吴绍华¹

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210093; 2. 江西师范大学地理与环境学院, 南昌 330027)

摘要:精明增长理念对于解决我国城市化快速发展中面临的一系列问题具有重要的现实意义。土地利用结构优化配置是实现精明增长的核心内容之一。为此, 本文尝试对精明增长指导下区域土地利用结构优化配置进行研究, 旨在从土地利用角度在理论和实践上进一步充实、完善乃至深化精明增长的一些研究理论与定量分析方法。本研究首先明确了精明增长指导下区域土地利用结构优化配置的内涵, 构建了土地利用精明增长度测度体系; 接着, 构建了灰色多目标动态规划模型对区域土地利用结构进行优化, 经运算求解可以得出几种备选优化方案; 在此基础上, 采用灰色关联度分析及主成分投影相结合的方法进行方案择优, 以最终确定土地利用结构优化方案。并以江苏宜兴为例, 对精明增长指导下区域土地利用结构优化配置进行了有益尝试。

关键词:精明增长; 土地利用结构; 优化配置; 区域; 宜兴

精明增长理念是 20 世纪 90 年代西方发达国家针对城市日益严重的无序蔓延提出的, 已成为当今规划界主导下社会各界普遍予以关注的城市及社区发展的主流思想^[1-9]。建国 50 多年来, 我国城市化有了长足的发展, 城市在经济发展中的作用可见一斑^[1]。然而, 我国在城市化推进过程中却出现了一些不和谐的“音符”, 即所谓的城市扩张过快、土地利用结构不合理等“城市病”, 严重削弱了城市化的积极作用。精明增长理念将为我国城市化道路提供有益借鉴, 对于解决我国城市化快速发展中面临的一系列问题具有重要的现实意义。

土地作为城市的基本构成要素, 是城市发展的重要载体, 城市一定的经济结构、社会结构、生态结构必定会通过相应的土地利用结构得到反映。因此土地利用结构优化配置是实现精明增长的核心内容之一。目前, 梁鹤年、易华、刘海龙等人对精明增长这一理念提出的背景、内涵、意义和实践情况进行了详细介绍^[1-3], 诸大建、马强、李王鸣等人对精明增长对我国城市发展的启示做了积极的思考^[4-9], 李景刚、欧名豪、龙开胜等人对我国土地利用规划如何融入精明增长理念做了有益的探讨^[10,11], 然而对于精明增长的系统深化研究以及把精明增长与土地利

用结合一体的研究尚不多见, 量化研究相对缺乏。为此, 本文拟以宜兴市为例, 以精明增长为指导理念和约束条件, 采用灰色多目标规划, 结合灰色关联分析, 对其土地利用结构进行优化配置研究, 旨在从土地利用角度在理论和实践上进一步充实、完善乃至深化精明增长的一些研究理论与定量分析方法, 同时也可以促进区域的土地资源优化配置、为新一轮规划修编提供有利借鉴, 具有十分重要的理论和实践意义。

1 精明增长指导下区域土地利用结构优化配置研究过程

精明增长指导下土地利用结构的优化是一项复杂的系统工程。本研究首先结合相关研究成果明确精明增长指导下区域土地利用结构优化配置的内涵, 并构建土地利用精明增长度测度体系, 用以反映精明增长在土地利用结构优化中的表征; 然后结合其优化目标、优化原则及土地利用结构的特点, 将灰色线性规划模型和多目标规划模型结合起来, 构建灰色多目标动态规划模型^[12-14], 经运算求解可以得出几种备选优化方案; 在此基础上结合区域土地利用特点, 确定择优指标, 构建择优矩阵; 为了避免择优指标间的信息重叠问题, 采用灰色关联度分析及

收稿日期: 2007- 02- 05; 修订日期: 2007- 08- 31

作者简介: 任奎, 男, 河南三门峡人, 博士生, 研究方向为土地评价与土地规划。

E-mail: jxn1982@sohu.com

通讯作者: 周生路, E-mail: zhousl@nju.edu.cn

主成分投影相结合的方法进行方案择优^[15 16], 以最终确定土地利用结构优化方案。

1.1 精明增长指导下区域土地利用结构优化配置内涵及测度体系构建

1.1.1 精明增长指导下区域土地利用结构优化配置内涵 精明增长理论是一种管理城市协调成长的新理论工具, 它通过土地使用功能组合、土地利用结构优化, 限制城市成长边界, 提高土地使用效率, 保护空地、农田、自然景观和环境保护区, 改变交通模式, 加强现有社区改造等方式来解决城市蔓延中出现的经济、社会和环境等问题^[4]。

精明增长指导下区域土地利用结构优化是指在一定的社会经济技术条件下, 按照精明增长对土地利用结构布局的要求, 对区域内土地资源的各种利用类型进行合理的数量安排和空间布局, 以实现土地利用系统经济效益、社会效益、生态效益的最大化。其目标是在时空上分配有限土地资源于不同的用途, 并在微观层次与其他经济资源(人力、资金、技术)达到合理组合, 以使这些资源生产出更多的社会所需的产品和提供更多的服务, 又不导致社会效益和生态效益下降。为此需遵循精明增长优先、统筹兼顾和因地制宜三项原则。

1.1.2 土地利用精明增长度测度体系构建 精明增长理论在土地利用优化中的表征主要是通过土地利用精明增长度来进行反映。土地利用精明增长度指标是用来反映土地利用精明增长的若干属性。为此, 其测度指标的选取需结合本区自然环境背景和社会经济发展状况, 遵循如下基本原则: ①综合性和主导性原则; ②动态性和相对稳定性原则; ③科学性和可操作性原则; ④层次性和相对独立性原则, 在理论分析、经验选取和专家咨询相结合的基础上, 建立了土地利用精明增长度测度指标体系。指标体系是由目标层、三大要素层、8 项因子组成。要素层由土地利用程度、土地利用与经济增长协调度、土地利用效益度、建设用地集约度组成, 分别从土地利用的程度、结构、功能协调性效益以及集约状况来衡量土地利用的精明度, 体现其相互之间的逻辑关系。指标因子层采用可测、可比、可以获得的指标因子, 包括: 市域人口与建设用地增长弹性系数; 农用地消耗与经济增长协调度、耕地消耗与经济增长协调度; 地均 GDP、地均吸纳劳动力人数、地均固定资产投资强度、地均基础设施投资额、工业用地地均 GDP、城镇人均建设用地集约度、农村人均建设用地

集约度。

1.2 灰色多目标规划模型构建

灰色多目标规划模型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, 具有多目标性、多方案、动态性的特点, 可以发挥线性规划和多目标规划各自的优势, 充分反映决策者的愿望, 给决策者提供期望的最佳土地利用结构优化方案。其一般模型如下:

目标函数为: $\max(\min)(f_1(x, \leftarrow_1^{(1)}), f_2(x, \leftarrow_1^{(2)}), \dots, f_m(x, \leftarrow_1^{(m)}))$, 约束条件为: $g_j(x, \leftarrow_2^{(j)}) \leq (\geq) 0, j = 1, 2, \dots, p, h_k(x, \leftarrow_3^{(k)}) = 0, k = 1, 2, \dots, q, x \geq 0$, 式中: $f_i(x, \leftarrow_1^{(i)})$ 为灰色目标泛函, $g_j(x, \leftarrow_2^{(j)})$ 、 $h_k(x, \leftarrow_3^{(k)})$ 为灰色约束泛函, $x = [x_1 x_2 \dots x_m]^T$, 为土地利用类型; 约束条件式中 $\leftarrow(b)$ 为约常数, 可以通过 GM(1, 1) 白化。

1.3 方案择优模型构建

1.3.1 择优矩阵构造及指标规一化

(1) 设有 m 个土地利用优化方案 L_i 由 n 个指标进行评价, 得到评价矩阵:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} = (x_{ij})^{m \times n} \quad (1)$$

(2) 择优矩阵中, 由于各评价指标的量纲、各指标值的变化范围都不尽相同, 这些差别使得实际择优结果的精度和可靠性不能保证。为此本文引入功效函数进行规一化处理, 得矩阵 $Y = (y_{ij})^{m \times n}$ 。文中功效函数为: $y_{ij} = x_{ij}/x_{0i}$, 当 x_{ij} 具有正功效时; 或 $y_{ij} = x_{0i}/x_{ij}$, 当 x_{ij} 具有负功效时。式中: x_{0i} 为相对最佳设计方案 u_0 的第 j 因素指标值。

1.3.2 关联度计算及灰色关联判断矩阵构建 根据模糊数学和灰色系统的基本理论, 土地利用优化方案的选择可通过比较各个方案与相对最佳方案的关联度来进行确定, 本文关联度的计算公式如下:

$$\tau_{ij} = \frac{\rho \max_i \max_j |y_{ij} - 1|}{|y_{ij} - 1| + \rho \max_i \max_j |y_{ij} - 1|} \quad (2)$$

式中分辨系数 ρ 的取值规则如下: 记 Δ_v 为所有差值绝对值的均值, $\xi_{\Delta} = \Delta_v / \Delta_{\max}$; 则 ρ 的取值为: 当 $\Delta_{\max} > 3\Delta_v$ 时, $\xi_{\Delta} \leq \rho \leq 1.5\xi_{\Delta}$; 当 $\Delta_{\max} \leq 3\Delta_v$ 时, $1.5\xi_{\Delta} \leq \rho \leq 2\xi_{\Delta}$ 。 $m \times n$ 个 τ_{ij} 就构成多目标灰色关联度判断矩阵 ξ , 即 $\xi = (\xi_{ij})^{m \times n}$ 。

1.3.3 指标的正交变换及理想方案构造 择优指标间的相互联系会造成决策信息的相互重叠,相互干扰,从而很难反映各方案的相对地位。为了过滤掉重叠信息,遵守决策向量变换时长度保持不变、新旧指标的总方差不变的原则,进行正交变换,得到的决策矩阵为: $U_{m \times n} = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ 。构造理想方案 $L^* = (l_1, l_2, \dots, l_n)$, 其中 $l_j = \max(u_{ij})$, $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ 。

1.3.4 方案投影及优化方案确定 将 L^* 单位化, 得到新矩阵为 L^* , 然后求各方案在理想方案方向上的投影, 由各方案投影值的大小(以大为优), 就可以对土地利用优化方案进行科学的排序和比较分析。其投影的计算公式如下:

$$D_i = L^* \cdot l_i = \sum_{j=1}^n l_i u_{ij} / \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + \dots + l_n^2} \quad (3)$$

2 实证研究

2.1 研究区概况与数据源

2.1.1 研究区概况 宜兴市位于北纬 $31^{\circ}07' \sim 31^{\circ}37'$, 东经 $119^{\circ}31' \sim 120^{\circ}03'$ 之间。地处经济发达的长江三角洲地区和沪、宁、杭三角中心, 全市总面积 $2\,038.7 \text{ km}^2$ 。2004 年末全市总人口 105.85×10^4 人, 城市化水平达 52.28% , 实现国内生产总值 310.12×10^8 元。全市城市化发展迅速, 土地利用结构不尽合理, 土地利用压力日益剧烈, 具有一定的代表性。

2.1.2 数据源 研究中使用的土地属性数据库主要来自于宜兴市 1:5 000 土地利用更新调查(2004)、1:5 000 土地利用现状图(2004), 并运用 ARC/INFO、MGE、ERDAS 等 GIS 和遥感图像处理软件进行修正。研究中使用的社会经济类数据主要来源于宜兴市统计年鉴(2004)、宜兴市国民经济“十一五”规划以及农林局、交通局、经贸局、环保局等部门的发展规划。

2.2 灰色多目标规划模型构建

根据灰色多目标规划模型构建的方法与原理, 结合宜兴市土地利用的基本情况, 分别进行变量的设置、多目标的构造、约束条件的选取和简化, 构造出适合宜兴市的灰色多目标规划模型(规划基期为 2004 年, 规划目标年为 2010 年)。

2.2.1 变量设置 变量设置是模型构建的关键。本研究以土地利用现状分类为基础, 结合宜兴市土地资源特点、社会经济发展要求和经营习惯, 综合考

虑资料的宜获取性和变量的可操作性, 设置了 18 个变量(表 1)。

表 1 宜兴市土地利用现状及结构优化变量设置说明

Table 1 Land use current situation and structure

optimization variable description in Yixing

(hm^2)

一级地类	二级地类	变量	土地利用类型	面积
农用地	耕地	x_1	水田 ¹	44 033.33
		x_2	旱田 ²	6 887.71
		x_3	菜地	1 024.50
	园林地	x_4	园地	12 386.37
		x_5	林地	27 109.29
		x_6	牧草地	16.90
		x_7	其他农用地	29 225.86
建设用地	居民点工矿	x_8	城镇用地	6 786.39
		x_9	农村居民点	10 188.57
		x_{10}	独立工矿	8 135.12
		x_{11}	特殊用地	1 246.35
		x_{12}	交通运输用地	3 141.33
		x_{13}	水利设施用地	2 059.27
未利用地	未利用地	x_{14}	荒草地	4 870.65
		x_{15}	难以利用土地 ³	1 518.36
		x_{16}	水域 ⁴	58 152.36
			生态涵养用地 ⁵	966.57

注: 1. 为了计算方便, 将水浇地算做水田; 2. 为了计算方便, 将望天田算做旱地; 3. 将原未利用土地中的裸土地、裸岩石砾地、其它未利用地合为难以利用土地; 4. 河流水面与湖泊水面合为水域; 5. 将原未利用土地中的沼泽地、苇地、滩涂合为生态涵养用地。

2.2.2 目标函数构建 灰色多目标规划模型的目标是追求经济效益、生态效益、社会效益的最大化, 为此本研究建立基于三效益的目标函数。目标函数构建的核心和难点是效益系数的合理确定。本文结合前人研究成果^[12-18], 在理论分析的基础上, 确定了效益系数的科学计算方法。经济效益系数通过单位土地面积上按当年价计算的产出效益乘以各类用地的效益相对权益系数来进行计算; 生态效益目标函数通过建立基于绿当量的目标函数来进行描述; 社会效益系数计算步骤如下: 首先通过特尔菲法确定各地类三效益在综合效益中的比重, 结合各地类已确定的经济效益和生态效益系数来计算社会效益系数。最终建立的三效益目标函数见表 2。

2.2.3 约束条件构建 选取精明增长、土地总面积、人口总量、粮食需求量、土地供应、生态环境及上级下达的各项控制性指标等作为约束条件, 在遵循:

表 2 宜兴市土地利用结构优化目标函数

Table 2 Land use structure optimization goal function in Yixing

模型目标	函数构建
经济效益	$\max f(x) = 0.12x_1 + 0.1x_2 + 0.2x_3 + 0.25x_4 + 0.08x_5 + 0.07x_6 + 0.2x_7 + x_8 + 0.6x_9 + x_{10} + 0.4x_{11} + 0.85x_{12} + 0.45x_{13} + 0.05x_{14} + 0.04x_{15} + 0.1x_{16} + 0.091x_{17}$
社会效益	$\max f(x) = x_1 + x_2 + 0.98x_3 + 0.9x_4 + 0.45x_5 + 0.14x_6 + 0.6x_7 + 0.78x_8 + 0.78x_9 + 0.3x_{10} + 0.45x_{11} + 0.7x_{12} + 0.3x_{13} + 0.15x_{14} + 0.1x_{15} + 0.4x_{16} + 0.5x_{17}$
生态效益	$\max f(x) = 0.5x_1 + 0.42x_2 + 0.42x_3 + x_4 + x_5 + 0.49x_6 + 0.4x_7 + 0.45x_{11} + 0.4x_7 + 0.45x_{14} + 0.47x_{16} + 0.45x_{17}$

表 3 宜兴市土地利用结构优化约束因素、因子及表达式

Table 3 The constraint factor and expression of land use structure optimization in Yixing

约束因素	约束因子及表达式
精明增长	土地利用程度: $33\ 960\ 57 \leq \sum_{i=8}^{13} x_i \leq 165\ 715.4$ 土地利用与经济增长协调: $99\ 322\ 93 \leq \sum_{i=1}^7 x_i \leq 122\ 101.93; 49\ 971.62 \leq \sum_{i=1}^3 x_i \leq 51\ 794.9$ 土地利用效益: $33\ 557.03 \leq \sum_{i=8}^{13} x_i \leq 36\ 958.72; 6\ 684.72 \leq x_{10} \leq 10\ 241.16$ 建设用地集约度: $110 \leq x_{17} \leq (a_{41}) \leq 120; 130 \leq x_{17} \leq (a_{51}) \leq 140; (a_{41}) \in (31.67, 64); (a_{51}) \in (43, 74.18)$
土地面积	$\sum_{i=1}^{17} x_i = 217\ 748.94$
人口总量	$(a_{21}) \times (\sum_{i=1}^7 x_i + x_9) + (a_{22})x_8 \leq (b_2); (a_{21}) \in (5.52, 5.67); (a_{22}) \in (46.67, 58.20); (b_2) = 106 \times 10^4$
粮食需求	$(a_{31}) \times (x_1 + x_2) \times f_r \times f_0 \geq S_0 \times P_0 \times a \Rightarrow (a_{31}) \times (x_1 + x_2) \geq 2.97 \times 10^8; f_r$ 为粮作比; f_0 为目标年规划的复种指数; S_0 为年均用粮标准; a 为粮食自给率; $(a_{31}) \in (6891.00, 7617.24)$
土地供应	$59\ 713.08 \leq x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} \leq 65\ 507.94$
生态环境	森林覆盖率约束: $x_5 \geq 28\ 306.58; 123\ 863.37 \leq x_4 \leq 15\ 871.99$ 绿当量约束: $0.5x_1 + 0.42(x_2 + x_3) + x_4 + x_5 + 0.49x_6 + 0.4x_7 + 0.45x_{11} + 0.4x_7 + 0.45(x_{14} + 0.45x_{17}) + 0.47x_{16} \geq 69\ 679.66$
控制约束	耕地保有量与建设用地总量约束: $x_1 + x_2 + x_3 \geq 53\ 855; \sum_{i=8}^{13} x_i \leq 37\ 858.37$ 菜地约束: $1\ 024.5 \leq x_3 \leq 1\ 280.63; \text{新增建设用地总量} \leq 6\ 301.34$
非负约束	$x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, 17$

①精明增长度高于现状值并参考国内、国际上发展良好的城市进行确定; ②各类用地面积之和应等于土地总面积; ③全市土地承载人口不低于“十一五”规划预测人口数量; ④口粮、种子粮、储备粮等重点粮基本自给, 工业用粮、饲料用粮适量解决、主要靠外调; ⑤土地供应参照地区土地适宜性评价进行确定; ⑥生态环境支持能力达到中度可持续; ⑦耕地保有量和各项建设用地指标不超过上级下达的各项控制性指标的原则下, 构建了包括 9 个约束因素, 20 个约束因子(表 3)。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。

2.3 模型求解及方案择优

2.3.1 模型求解 根据以上建立的目标函数与约束条件, 结合灰色多目标动态规划模型计算原理, 利用 VC 编写的灰色多目标规划优化程序和运筹学软件 WINQSB 软件的 Goal Programming 模块对以上构建的模型进行求解。根据国家土地二三级分类标准以及人们对土地分类的普遍认识, 把 17 个变量合并为九大土地类型, 最终构建出 8 个优化备选方案(表 4)。
 2.3.2 方案择优 精明增长指导下土地利用优化方案的择取是本研究的重要组成部分。择优指标体系结合宜兴市的发展状况与精明增长的内涵, 遵循指标选择的科学性、整体性、层次性、可操作性、动态性、前瞻性原则进行构建^[17, 18](图 1)。

表4 宜兴市土地利用结构优化供选方案比较

Table 4 Land use structure optimization comparable program in Yixing

(hm²)

	方案1	方案2	方案3	方案4	方案5	方案6	方案7	方案8
耕地	51 794.90	53 855.00	53 855.00	50 794.90	53 900.00	53 855.00	51 000.00	62 871.00
园地	15 871.99	15 871.99	15 881.99	15 888.99	15 888.99	15 888.99	15 000.21	15 888.99
林地	28 306.58	27 409.58	28 396.58	28 346.58	28 356.58	28 000.15	31 200.35	29 800.00
牧草地	16.90	16.90	16.90	16.90	16.90	16.90	16.90	16.90
其他农用地	25 110.94	25 047.83	23 950.83	27 110.94	27 110.94	27 212.94	27 212.94	25 666.88
居民点工矿地	28 261.17	28 206.43	27 511.89	28 261.17	28 362.17	28 461.15	27 455.00	19 376.83
交通运输用地	3 236.59	3 141.33	3 835.87	3 345.59	3 352.65	3 356.56	3 256.00	2 232.00
水利设施用地	2 059.27	2 209.27	2 209.27	2 159.27	2 159.27	2 260.32	2 300.00	2 000.00
未利用地	62 090.62	61 990.62	62 080.62	61 824.61	58 601.45	58 696.94	60 307.55	59 896.95

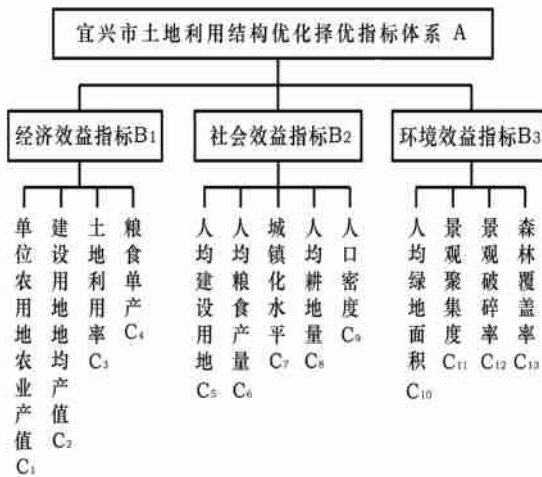


图1 宜兴市土地利用结构优化择优指标体系

Fig. 1 Land use structure optimization preferred index model in Yixing

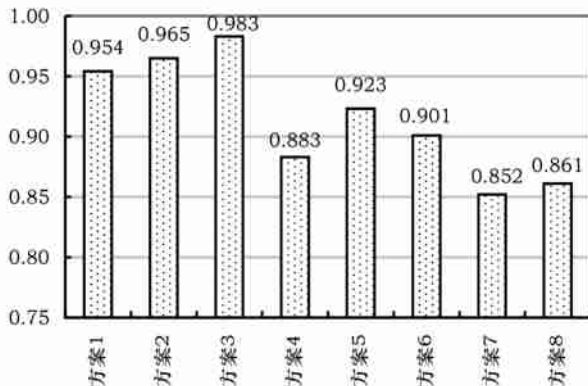


图2 宜兴市土地利用结构优化择优结果

Fig. 2 Land use structure optimization preferred result in Yixing

结合文中所述的方案择优模型构建的方法与原理,首先构造择优矩阵并对各项指标规一化,然后进行关联度计算与灰色关联判断矩阵构建,接着对指标进行正交变换、构造理想方案,最后对表4的8种土地利用结构优化供选方案进行投影及确定择优方案,所得结果图2所示。从图2可以看出,最终的择优方案排序如下:方案3>方案2>方案1>方案5>方案6>方案4>方案8>方案7。其中方案8为农业发展主体型,大量开垦未利用地,增加耕地面积,以粮食生产为重点,故居民点工矿用地、交通运输用地、水利设施用地配置较小,由于生产效率低下,故土地利用精明增长程度较低,因此会产生一些环境问题且经济发展会受到一定制约;方案7仅考虑了生态效益最大化,增加了大量经济效益低下的林地,且耕地数量不满足上级耕地保有量的控制要求,土地利用精明增长程度较低;方案4、方案5、方案6属于达到精明增长程度,但精明增长程度较低,其中方案4考虑了生态效益最大化,但耕地数量不满足上级耕地保有量的控制要求,方案6满足上级耕地保有量的控制要求,但生态用地配置略少,方案5达到了上级耕地保有量的控制要求、生态效益配置较合理,但精明增长程度较低;方案1、方案2、方案3属于完全精明增长,精明增长程度较高,其中方案1考虑了生态效益最大化,但耕地数量不满足上级耕地保有量的控制要求,方案2达到了上级耕地保有量的控制要求,但生态用地配置略少,方案3不仅达到了上级耕地保有量的控制要求,且生态用地配置比

较合理, 为最优方案。

3 研究结果与讨论

(1) 精明增长指导下区域土地利用结构优化配置研究从土地利用角度在理论和实践上进一步充实、完善乃至深化了精明增长的一些研究理论与方法, 可以促进区域的土地资源优化配置、为新一轮规划修编提供有利借鉴, 具有十分重要的理论和实践意义。

(2) 采用构建灰色多目标动态规划模型和采用灰色关联度分析、主成分投影相结合的方法, 可以很好的对精明增长指导下土地利用结构优化配置进行研究。采用灰色多目标动态规划模型可以通过控制约束条件获得多个优化方案, 供决策者选择, 增强了土地管理者在数据和空间上对土地利用结构优化的灵活控制; 同时采用灰色关联度分析、主成分投影相结合的方法, 可以对多个优化方案进行比较选择, 可保证规划方案的优选性和科学性。

(3) 本文以江苏宜兴为例, 对精明增长指导下区域土地利用结构优化配置进行了有益尝试。在精明增长理念指导下目标年(2010年)优化后的宜兴市土地利用结构方案与基期(2004年)方案相比, 耕地、园地、林地、居民点工矿用地、交通运输用地、水利设施用地分别增加了1 909.45 hm²、3 495.62 hm²、1 287.29 hm²、1 155.46 hm²、694.54 hm²、150.00 hm², 其他农用地、未利用地分别减少了5 275.03 hm²、3 427.32 hm²。方案充分考虑了土地利用精明增长长度、粮食安全和国家政策的控制因素, 结合了本地区经济发展对居民点工矿用地、交通运输用地、水利设施用地的要求, 对农业调整对园地和菜地的要求与生态效益对林地的要求也有所兼顾, 获得了最大的经济效益、社会效益、生态效益。

(4) 国内对精明增长的系统研究不多, 对精明增长与土地利用结合一体的研究尚不多见, 本文采用定量化的方法对其研究, 虽在土地利用精明增长长度、灰色多目标动态规划建模与择优分析方面做了大量工作, 但在很多方面还需进一步完善。

参考文献 (References):

[1] 梁鹤年. 精明增长[J]. 城市规划, 2005, 29(10): 65~69. [LIANG He-nian. Smart growth[J]. *City Planning Review*, 2005, 29(10): 65~69.]

[2] 易华, 诸大建, 刘东华. 城市转型: 从线性增长到精明增长[J]. 价格理论与实践, 2006, (7): 66~67. [YI Hua, ZHU Da-jian,

LIU Dong-hua. Urban transition: from linear growth to smart growth[J]. *Price: Theory & Practice*, 2006, (7): 66~67.]

- [3] 刘海龙. 从无序蔓延到精明增长[J]. 城市问题, 2005, (3): 67~72. [LIU Hai-long. From sprawl toward smart growth[J]. *Urban Problems*, 2005, (3): 67~72.]
- [4] 诸大建, 刘东华. 管理城市成长: 精明增长理论及对中国的启示[J]. 同济大学学报(社会科学版), 2006, 17(4): 22~28. [ZHU Da-jian, LIU Dong-hua. Managing urban growth: Review on the theory of smart growth and its reference for city development in China[J]. *Journal of Tongji University*, 2006, 17(4): 22~28.]
- [5] 马强, 徐循初. “精明增长”策略与我国的城市空间扩展[J]. 城市规划汇刊, 2004, (3): 16~22. [MA Qiang, XU Xun-chu. Smart growth policy and urban spatial expansion in China[J]. *Urban Planning Forum*, 2004, (3): 16~22.]
- [6] 刘志玲, 李江风, 龚健. 城市空间扩展与“精明增长”中国化[J]. 城市问题, 2006, (5): 17~20. [LIU Zhi-ling, LI Jiang-feng, GONG Jian. Urban expansion and response to Smart Growth used in China[J]. *Urban Problems*, 2006, (5): 17~20.]
- [7] 李景刚, 欧名豪, 张效军, 等. 城市理性发展理念与我国城市化道路的战略选择[J]. 农业现代化研究, 2005, 26(5): 321~325. [LI Jing-gang, OU Ming-hao, ZHANG Xiao-jun, et al. Smart growth and strategic choice of urbanization in China[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2005, 26(5): 321~325.]
- [8] 张娟, 李江风. 美国精明增长对我国城市空间扩展的启示[J]. 城市管理与科技, 2006, 8(5): 203~206. [ZHANG Juan, LI Jiang-feng. The enlightenment from american “smart growth” on the spatial extent of the cities in our country[J]. *Municipal Administration & Technology*, 2006, 8(5): 203~206.]
- [9] 李王鸣, 潘蓉. 精明增长对浙江省城镇空间发展的启示[J]. 经济地理, 2006, 26(2): 230~232, 240. [LI Wang-ming, PAN Rong. The enlightenment of smart growth towards town space development in zhejiang province[J]. *Economic Geography*, 2006, 26(2): 230~232, 240.]
- [10] 李景刚, 欧名豪, 张全景, 等. 城市理性发展理念对中国土地利用规划的启示[J]. 中国土地科学, 2005, 19(4): 56~60. [LI Jing-gang, OU Ming-hao, ZHANG Quan-jing, et al. Inspiration of smart growth on land use planning in China[J]. *China Land Science*, 2005, 19(4): 56~60.]
- [11] 龙开胜, 陈利根. 土地利用总体规划如何融合“理性增长”理念[J]. 中国土地, 2005, (11): 13~14. [LONG Kai-sheng, CHEN Li-gen. How general land use planning merge “Smart Growth”[J]. *China Land*, 2005, (11): 13~14.]
- [12] 耿红, 王泽民. 基于灰色线性规划的土地利用结构优化研究[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(2): 167~171. [GEGN Hong, WANG Ze-ming. Research on optimization of land use structure based on gray linear programming[J]. *Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping*, 2000, 25(2): 167~171.]
- [13] 刘艳芳, 李兴林, 龚红波. 基于遗传算法的土地利用结构优化研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(4): 288~292. [LIU Yan-fang, LI Xing-lin, GONG Hong-bo. Optimization for land

- use structure based on genetic algorithms[J]. *Editorial Board of Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2005, 30(4): 288- 292.
- [14] 吕永霞. 土地利用结构优化灰色多目标规划建模与实证研究[D]. 广西: 广西大学, 2006. [LÜ Yong-xia. Example Research and Model of Grey Multi-goal Programming on Land-Use Structure Optimization[D]. Guangxi: Guangxi University, 2006.]
- [15] 周前祥, 张达贤. 工程系统设计方案多目标灰色关联度决策模型及其应用的研究[J]. *系统工程与电子技术*, 1999, 21(1): 1~ 3. [ZHOU Qian-xiang, ZHANG Da-xian. Multiobjective grey relevant optimized decision making model of engineering system and its application [J]. *Systems Engineering and Electronics*, 1999, 21(1): 1~ 3.]
- [16] 吴皓莹, 吕锋. 多目标灰色决策及其在经济指标分析中的应用[J]. *武汉理工大学学报*, 2001, 23(3): 90~ 93. [WU Hao-ying, LV Feng. Research on the method and its application of multiobjective decision-making about grey system[J]. *Journal of Wuhan University of Techn*, 2001, 23(3): 90~ 93.]
- [17] 周生路. 土地评价学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2006. [ZHOU Sheng-lu. Land Evaluation[M]. Nanjing: Dongnan Press, 2006.]
- [18] 彭补拙, 周生路. 土地规划学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2003. [PENG Bu-zhuo, ZHOU Sheng-lu. Land Plan[M]. Nanjing: Dongnan Press, 2006.]

Optimization of Regional Land Use based on Smart Growth

REN Kui¹, ZHOU Sheng-lu¹, ZHANG Hong-fu¹, LIAO Fu-qiang^{1,2}, WU Shao-hua¹

(1. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2. College of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330027, China)

Abstract: Smart growth concepts are useful for addressing problems related to China's rapid urbanization. One important component of implementing smart growth is the optimization of land use. This paper analyzes regional land use structure based on principles of smart growth, and identifies ways to accelerate the optimal use of land resources. First, this study defines optimal regional land use structure and proposes a system for evaluating land use in terms of smart growth. We built a model using multi-objective and dynamic programming to optimize regional land use structure, which identifies several options for optimization programs. We then used a combination of gray correlation analysis and principal components projection to select a final plan for land use optimization. Yixing in Jiangsu Province is used as a case study to demonstrate the optimal regional land use structure. The results show the usefulness of our model and analysis for addressing regional land use based on principles of smart growth. Policymakers can select an appropriate plan and control land use structure in time and space, and the use of gray correlation analysis and principal components projection to compare programs ensures that the plan is scientific and rational. Yixing's land use structure optimization program for 2010 is compared with the existing plan from 2004. The final plan incorporates considerations of smart growth, food security, demand for residential and industrial land, and transportation needs, as well as a balance between water conservation and regional economic development.

Key words: Smart growth; Land use structure; Optimization; Regional planning; Yixing