

刘毅,陈吉宁,何炜琪. 2008. 城市总体规划环境影响评价方法[J]. 环境科学学报, 28(6): 1249 - 1255

Liu Y, Chen J N, He W Q. 2008. A method of strategic environmental assessment of urban master plans[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 28(6): 1249 - 1255

# 城市总体规划环境影响评价方法

刘毅\*, 陈吉宁, 何炜琪

清华大学环境科学与工程系, 北京 100084

收稿日期: 2007-04-18 修回日期: 2007-07-19 录用日期: 2008-03-11

**摘要:** 开发不同类型规划的环境影响评价技术和方法是当前国内的热点研究领域之一。围绕城市总体规划特点, 在分析识别规划经济增长和用地布局方案中存在的多种不确定性的基础上, 以产业和用地为基本评估单元, 综合运用蒙特卡罗随机采样技术和 HSY 算法, 并将其与地理信息系统进行整合, 建立了基于结构与空间不确定性分析的城市规划环评方法和系统评估模型。

**关键词:** 规划环评; 产业结构; 土地利用; 蒙特卡罗采样; HSY 算法

文章编号: 0253-2468(2008)06-1249-07 中图分类号: X32 文献标识码: A

## A method of strategic environmental assessment of urban master plans

LIU Yi\*, CHEN Jining, HE Weiqi

Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084

Received 18 April 2007; received in revised form 19 July 2007; accepted 11 March 2008

**Abstract:** Development of efficient and effective methods for implementing plan environmental assessment (PEA) is one of the frontier research domains in China. This article develops an integrated methodology aiming to appropriately depict and evaluate the underlying uncertainties of economic growth designs and land use in urban master plans as well as their related environmental impacts. Combining Monte Carlo sampling technique and the HSY algorithm, the method introduces an uncertainty analysis approach into PEA. A GIS-based model is subsequently constructed, which enables all tentative stochastic samples regarding potential industrial development and land use patterns and their induced environmental impacts to be examined in a systematic way.

**Keywords:** plan environmental assessment (PEA); industrial structure; land use; Monte Carlo sampling; HSY algorithm

### 1 引言 (Introduction)

规划环境影响评价是将环境因素系统纳入宏观决策, 协调经济发展与环境保护的重要途径和制度保障, 也是我国现阶段依法推进战略环评的主要形式。规划环评的主要研究目标是通过科学预测、分析和评估规划方案可能产生的多种环境影响, 从源头控制和减缓增长型环境压力、结构性环境隐患、布局性环境风险, 以环境优化资源配置和经济增长, 为宏观调控和综合决策提供科学依据 (潘岳, 2005)。

目前, 国内已有学术研究大多集中在开展规划

环评的一般性原则、框架和程序 (徐鹤等, 2001; 包存宽等, 2004; 蔡玉梅等, 2005), 以及指标体系 (郭红连等, 2003; 李贞等, 2006; 吕昌河等, 2007)、情景分析 (马小明等, 2003; 王吉华等, 2004)、公众参与 (李天威等, 1999; 刘毅等, 2007) 等常规性评价方法的开发和应用。总体来看, 规划环评理论储备不足, 规范化和可操作的评价方法和技术体系尚未系统地建立起来。特别是面对规划类型的多样化, 规划方案的系统性及其环境影响的复杂性和不确定性, 还缺乏有效的评价理论基础与适用的评估技术系统。这些制约因素造成了实践中评价技术方法选用具有一定的盲目性和随意性, 进而对规划环评

基金项目: 国家自然科学基金 (No. 40701057/D0110); 国家“十一五”科技攻关支撑项目计划 (No. 2006BAJ02A01-02)

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 40701057/D0110) and the 11th FYP Key Technologies R&D Program (No. 2006BAJ02A01-02)

作者简介: 刘毅 (1975—), 男, 讲师 (博士); \* 通讯作者 (责任作者), E-mail: yi liu@tsinghua.edu.cn

Biography: LIU Yi (1975—), male, lecturer (Ph D.); \* Corresponding author, E-mail: yi liu@tsinghua.edu.cn

结论的科学性及其决策支撑能力产生不利影响。

本文以城市总体规划环评为研究对象,在分析识别规划特征及其不确定环境影响的基础上,综合运用不确定性随机模拟识别方法与地理信息系统技术,首次建立了以产业和用地为基本评估单元,针对结构和空间不确定性分析的规划环评方法学和系统评估模型。

## 2 城市总体规划的不确定性环境影响 (Uncertain environmental impacts of urban master plan)

城市规划是对一定时期内城市的经济和社会的发展、土地利用、空间布局以及各项建设的综合部署、具体安排和实施管理,一般分为总体规划和详细规划两个阶段。其中,总体规划是对城市性质与功能定位、发展目标与发展方向、人口规模、产业结构、空间布局以及各项基础设施进行的系统部署和安排,涵盖了区域社会经济和城市建设的各个层面。与城市详细规划(包括控制性规划和修建性规划)相比,城市总体规划的层次更高,政策性、战略性、综合性、前瞻性等特点更为突出。

城市总体规划的核心任务是在宏观层次上对于规划期内城市发展的规模、结构和布局 3 大问题明确给出政策性预期和制度性安排。城市总体规划的实施将从根本上决定规划期内区域资源消耗、污染排放、生态扰动的强度及其空间分布。相应地,规划环评的中心目标就是要科学分析、定量预测和系统评估规划的规模、结构和布局 3 大方案可能导致的环境影响,论证城市定位与发展方向的环境合理性和生态适宜性,确定与环境相适宜的人口增长和经济发展规模,充分识别并从源头上规避结构性环境隐患和布局性环境风险。

然而,城市总体规划的性质、定位和编制要求决定了其规划方案通常不会也不可能对城市建设发展做出细致和详尽的规划安排;其所制定的政策导向性的、战略性的规划方案的贯彻实施,主要是通过下一层次的城市详细规划、分区规划以及其它各类专项规划来进一步细化和落实。这就意味着城市总体规划方案,特别是产业结构和用地布局方案均会在不同程度上存在着不确定性的因素。一般而言,城市总体规划已对人口、经济 and 用地等规模给出了较为明确的规划预期,而产业结构和用地布局规划方案相对粗略:(1)规划通常会制定规划年经济增长总体目标、三次产业结构、主导产业发展目标等,但是三次产业内部的行业结构比重往往不甚

明确;由此造成了对产业结构性污染排放与环境影响进行准确预测和客观评估的困难;(2)依据现行“城市用地分类与规划建设用地标准”(GBJ137-90),规划城市区域内的用地类型的详尽程度不能满足规划环评的实际需求;规划用地布局通常也不涉及城市外围地区,例如城乡结合部和下辖区县等。

城市总体规划编制的详尽程度、重点规划范围等基本特征决定了规划规模、结构和布局方案中的不确定性依次递增。规划方案本质存在着的多种不确定性在规划实施过程中相互叠加,相应地导致规划的总体环境压力以及规划环境影响的性质、强度和分布产生随机波动,如图 1 所示。

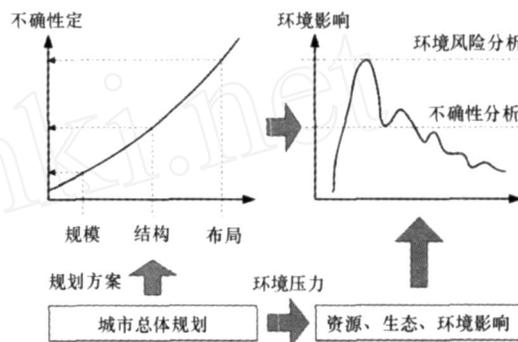


图 1 城市总体规划中的不确定性及其环境影响

Fig 1 Inherent uncertainties of urban master plans and the induced uncertain environmental impacts

因此,开展城市总体规划的环境影响评价,就必须运用有效的技术方法,系统地建立规划结构和用地方案与其环境影响之间的因果关联,定量地表征规划环境影响所具有的不确定性,从而对规划期内资源消耗、环境生态质量变化的总体趋势,以及环境不确定性的峰值(即环境风险)进行科学的预测、分析和评估。

## 3 基于不确定性分析的规划环评方法 (An uncertainty analysis based PEA method)

### 3.1 方法学总体框架

综合考虑城市规划中的城市规模、产业结构、用地布局等不确定性因素,结合情景分析方法和基于大样本随机采样的现代不确定性分析技术,以产业和用地为基本评估单元,构建城市规划环评方法学的总体框架,如图 2 所示。

如前所述,规划方案中人口、产业和土地利用的总体规模较为明确,但是规划对于未来产业经济系统内部结构变化的描述往往较为宏观和概括。由

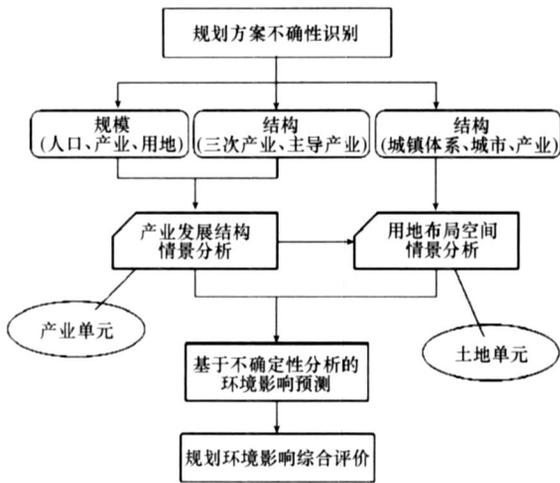


图 2 基于不确定性分析的城市规划环评方法框架

Fig 2 A methodology for integrating uncertainty analysis into strategic environmental assessments of urban master plans

于不同产业特别是工业行业的资源消耗强度和污染排放强度差异很大,这将导致规划期内区域结构性环境压力的总体强度在一定程度上存在着不确定性因素。

在规划规模总量相对确定的前提条件下,可以依据规划产业发展指导思想,参照国民经济发展战略,遵循产业经济增长一般性原理,采用情景分析的技术方法,对其最有可能出现或者最有代表性的结构组合进行预测分析,并在此基础上进行环境影响评价。情景分析是规划环评中比较常见而且相对成熟的方法,鉴于国内外已有大量文献予以报道 (Ravetz, 2000; Therivel, 2004; Prato, 2007; 马小明等, 2003; 王吉华等, 2004),因此,本文不再赘述。通过情景分析,可以给出在特定规模和产业结构条件下的资源消耗总量、污染物排放总量的预测结果,进而可以对研究区域内的总体环境压力进行分析和评估。

大气、地表水、海域等环境要素具有显著的地域性特征。规划期内环境要素的质量变化不仅取决于区域层次上的总体环境压力的大小,更受到污染物产生和排放空间分异规律的直接影响,即与城市规划中的居民组团、产业等不同类型的土地利用布局方案紧密相关。在城市规划体系中,城镇体系布局、城市用地格局、产业集群分布等规划方案会对规划期内资源空间配置和生产力布局的战略发展方向和基本原则给予不同程度上的规范和安排。如前所述,现行土地利用分类标准规定的土地利用类型较为简单,特别是工业用地类型划分标准较为粗

略。土地利用类型划分的详尽程度与规划用地范围的局限均严重制约了对规划布局性环境影响进行定量化的预测和评估。

土地开发的实际地块规模与整个规划区域在空间尺度上存在着多个数量级的差距,因此,规划中与用地相关的布局方案及其环境影响具有非常突出的空间不确定性。常规的情景分析方法可以给出研究对象最有可能或最有代表性的几个主要发展趋势,其对于结构不确定性分析是有效的;但是面对较大空间区域尺度上的用地布局不确定性分析,这种有限枚举法的局限性则较为突出。例如,如将各个行业均匀地分布于整个规划用地区域,即不符合城市建设和产业发展的客观规律,也不利于识别局部地域性的环境风险;如将某些特定行业(如主导产业)分布于若干重点区域内,则有可能忽略其他地区产业集聚所产生的潜在环境影响。总体而言,情景分析方法将不可避免地过分突出和强调局部区域或个别产业的布局优化,但却难以有效地识别不同区域、不同行业的空间布局之间的相关性,因而无法对整个评价区域内的产业规模、结构和布局提出总体性的优化调整方案。

因此,针对规划用地方案及其导致环境影响的空间不确定性,必须采取更为有效的分析评估技术,对不同用地类型在整个规划区域范围内所有可能的布局方案进行系统识别和定量表述,进而对规划可能产生的布局性环境影响和环境风险进行科学预测和整体性评估。用地布局的空间不确定性分析是构成整个方法学的重要内容,与结构情景分析方法有机衔接,通过产业结构情景设计和评估获得的有效情景是开展产业用地空间不确定性分析的基础;空间不确定性分析是对各个有效情景及其环境影响在空间上的细化分解和具体配置。以下重点讨论空间不确定性分析方法的基本原理与技术细节。

### 3.2 规划布局性环境影响的不确定性分析

运用基于大样本随机采样过程的 HSY 算法,建立规划布局性环境影响预测和评价方法。HSY 算法最初运用于环境复杂模型参数的区域灵敏度识别,体现了现代不确定性分析中不承认“最优”的基本思想 (Beck, 1987)。该算法的基本原理是基于模型某种形式的判定准则,通过随机采样过程产生参数样本,根据统计检验方法计算参数灵敏度 (Chen & Beck, 1999)。这里的判定准则是根据已有经验、数

据或是在一定置信区间下的模拟准则,用来判断随机样本是否满足既定规则;根据判断准则,样本被区别为可接受的样本与不可接受的样本,2组样本共同表征模型的本质特征(刘毅等,2002).

对于城市规划用地布局的空间不确定性分析,通过一定采样规则下的蒙特卡罗数值模拟,对城市未来空间发展布局的所有可能性进行随机采样,并逐一计算每个样本的环境压力或环境影响,通过与设定的环境目标比较,将样本分为满足环境目标和不满足环境目标的2组样本.当合法的采样数达到一个足够大的特定值时,样本空间可以表征规划用地布局的所有可能方案.通过识别和比较2组样本的统计特征,可对规划布局性环境影响给出量化的系统评估,也可进一步对规划规模、结构和布局方案的优化调整提出整体性建议.

基于不确定性分析的城市规划布局性环境影响评价技术路线如图3所示.以下对该方法的主要技术要点进行讨论.

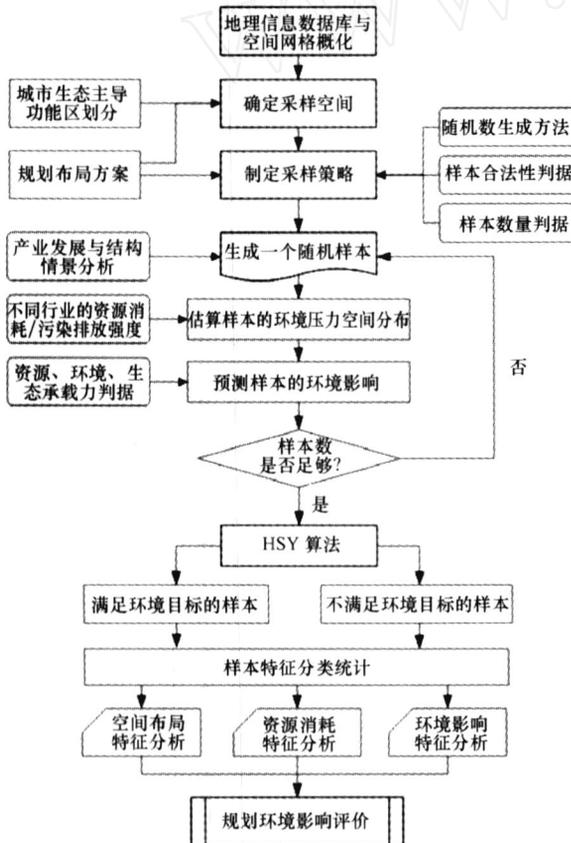


图3 规划布局性环境影响的不确定性分析技术路线

Fig 3 Uncertainty analysis of spatial environmental impacts of urban master plans

3.2.1 准备基础地理信息数据 为了完整地表达

规划用地布局的不确定性并计算其环境影响,需运用地理信息数据库技术对采样以及样本分析过程进行必要控制和成果表达.以布局性的地表水环境影响评价为例,除基础地理信息之外,与规划用地布局相关的主要信息可能包括:现状土地利用和规划城市用地;现状及规划市域和城市交通系统;规划城乡人口以及居民组团的空间分布;现状主要工业企业和工业园区位置或范围、生产规模、资源消耗及污染排放情况;现状及规划的农业生产区分布及生产情况;现状及规划污水处理厂服务区、处理能力、出水标准和排放去向.

3.2.2 空间网格概化 即将研究区域概化为一系列相互关联的网格,以此为基础进行样本采集和分析.计算网格形状一般可取为正方形.网格边长直接关系到数据需求量、样本精度和模型计算效率;在数据需求能够满足的条件下,适合的网格大小应即有较强的用地布局空间代表性,又能够保证进行有效的样本统计分析并提出具有可操作性的规划调整建议.对于城市总体规划,网格边长可取为城市主干道之间的距离,即800~1000m;对于详细规划等其它规划,可根据实际情况采用更小的边长.

3.3.3 确定采样空间及采样策略 确定合适的采样空间和采样策略是保证随机样本合法性和合理性的重要前提.规划期内新增用地并非完全随机分布,受到规划方案和多种确定因素的制约.从新增用地可能的空间分布来看,除了规划中已经明确提出的建设用地以外,还需要重点考虑城市可能的发展方向和发展空间.例如,可以依据生态保护原则和土地开发适宜度,综合运用生态功能区划方法和土地建设适宜性分析技术,将整个评价区域划分为4大主导功能区(刘毅等,2007).除禁止开发区之外的其它区域均可作为新增用地的采样空间;为区别规划期内不同区域内的土地开发强度,还可进一步对重点开发区、优化开发区和限制开发区设定采样权重.

不同土地开发利用类型在确定的采样空间上分布也并非可以完全随机地进行组合,即土地利用格局具有其内部逻辑性和相关性.为了合理准确地模拟和表达用地布局的空间不确定性,需确定各种土地利用类型的采样策略.以新增工业用地为例,应着重考虑:现状及规划的重点工业区的相对优势;现状工业用地的聚集和拉动作用,以及其周边缓冲地带的相对优势;现状及规划的道路交通

对于周边地区产业发展的促进作用; 规划中各地区限制行业、主导行业以及工业集群的影响; 现状及规划中的工业园区分布及其影响; 规划的大型建设项目及其对相关上下游产业的吸引和带动作用.

3.3.4 采样过程终止判据 采样过程的终止条件设定为:合法总样本数  $N$  大于等于给定的  $N^*$ . 根据概率统计理论,样本数越大,统计结果越趋向实际;但同时采样效率和计算效率逐步降低.对于规划用地布局的空间不确定性分析而言,一般可取  $N^* = K^2$ ,其中,  $K$  为有效的采样空间网格数.

3.3.5 样本统计分析 通过上述采样规则,运用蒙特卡罗随机采样方法(为提高计算效率,可进行分层采样)可对规划期内可能的用地空间布局进行大样本模拟.在此基础上,运用 HSY 算法对样本统计特征以及规划环境影响进行分析. HSY 算法的主要步骤如下:

根据采样空间确定各个参数的可能取值范围,即确定参数取值的上限和下限以及其概率分布函数、空间分布状态;模型中参数可以是某一工业行业的规模、污染排放强度系数等;

根据采样策略对参数在可能的取值空间上进行随机采样,并计算样本的环境影响;样本的环境影响是指对应模拟的用地布局条件下的环境影响,可以是基于行政分区域的资源消耗和污染排放强度,也可为基于大气、水、海域等环境功能区的污染物排放总量;在计算效率允许的条件下,甚至可以计算每一样本对应的用地布局导致的实际环境质量变化.

根据随机样本是否满足给定环境目标的判别标准,将其划分为可接受 ( $A$ ) 和不可以接受 ( $\bar{A}$ ) 的两个样本子集;这里给定的环境目标,即样本判定准则,应与 (2) 中计算得到的样本环境影响指标保持一致.例如,可以以分解到各个区域的污染物排放总量控制目标,或者评价区域内主要环境功能区的环境容量或承载力等,作为判定每一随机产生样本是否满足环境目标要求.

重复步骤 和 ,直到样本数量满足采样策略给定的终止准则.

在 HSY 不确定性分析框架下,规划布局性环境影响不再是简单的一个或几个情景,而是由基于随机过程产生的  $A$  和  $\bar{A}$  两个样本集的统计特征来共同表征.通过对两组样本特征进行统计分析,比较

环境可行 ( $A$ ) 和环境不可行 ( $\bar{A}$ ) 的土地利用方案集合的空间布局差异,识别各行业在空间布局上的污染排放特征及其环境影响特征,可以得到特定行业的环境敏感空间范围,以及特定区域内的环境敏感行业,从而为规划用地布局方案调整提供分析评价基础.这里的特定区域可以是某一流域、海域、行政区,甚至整个评价区域.

对于大样本非参数检验,一般可以采用 K-S 算法等方法分析参数在两组样本中的概率分布差异,以识别参数灵敏度(刘毅等, 2002).如参数样本服从正态概率分布,可以通过比较正态分布均值和方差统计值,得到该参数对于环境控制目标判定准则的灵敏度,即环境敏感度.

以某一工业行业规模(在模型中折算为行业占地面积)参数为例,它在两个样本集中的概率分布如图 4 所示.记样本集  $A$  中的参数概率分布期望为  $E$ ,方差为  $\sigma^2$ ;在样本集  $\bar{A}$  中的期望和方差分别为  $\bar{E}$  和  $\bar{\sigma}^2$ .样本均值  $E$  和  $\bar{E}$  共同表征了规划用地布局方案可能导致环境影响的总体平均趋势,  $\sigma$  和  $\bar{\sigma}$  则共同表征出现极端环境影响,即环境风险的概率.

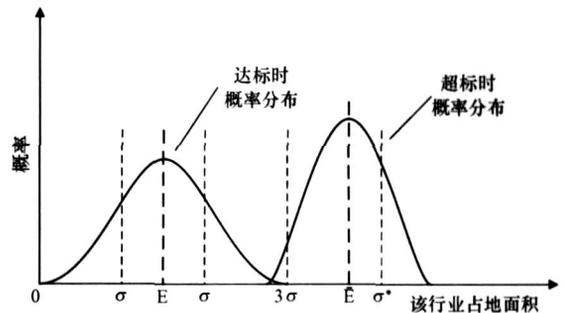


图 4 参数灵敏度(行业环境敏感度)统计分析示意图

Fig 4 Sensitivity analysis of model parameters based on a HSY algorithm

如若在研究区域内环境质量是否达标对于该行业发展规模不敏感,则理论上该参数在  $A$  和  $\bar{A}$  两个样本集中的概率分布应具有统计相似性;否则,若该参数统计灵敏度较高,即两个概率分布曲线之间会有显著差异.参数灵敏度可用样本期望值  $E$  和  $\bar{E}$  之间的空间距离来表征.

若该行业排污量大、占环境总负荷比重高,则研究区域内该行业规模(体现为行业用地面积)扩张将会显著提高该地区环境超标的概率,即有  $E < \bar{E}$ ;反之,若该行业排污量相对较小、对环境产生压力不大,则该行业规模扩大,占用土地资源增多,导致其它行业规模相应减小(给定研究区域内工业可

利用土地资源量是一定),从而会降低该地区环境超标的概率,即有  $E > \bar{E}$

据此,可以根据期望值  $E$  与  $\bar{E}$  之间的关系,判断  $A$  和  $\bar{A}$  两组样本中参数概率分布的相似性. 由于行业用地面积非负,且样本概率分布曲线必然从零点开始,因此,可进一步根据正态概率分布特征 ( $E$

3),定义某一行业环境敏感度计算公式:

$$I_s = \begin{cases} (1, +) & \text{环境高度敏感} \\ (0.3, 1] & \text{环境敏感} \\ [-0.3, 0.3] & \text{环境不敏感} \\ [-1, -0.3] & \text{环境次友好} \\ (-, -1) & \text{环境友好} \end{cases}$$

式中,敏感度因子  $I_s = (\bar{E} - E) / E$

由于对评价区域内用地布局进行整体性评价,因此,可以同时判定一个模拟用地布局方案是否满足不同的环境目标(例如大气环境和水环境控制目标);更重要的是运用该方法可以在整个区域层次上,系统地识别一个布局方案的全局性环境影响. 由于每一个布局方案均是在规划设定产业规模和结构情景分析条件下产生的,因此,通过对两组样本统计分析来评估整个产业规模或产业结构设置的合理性. 例如,如果所有用地布局样本均不能满足特定的环境容量刚性约束条件,则说明规划规模过大或环境敏感行业所占产业比重过高,需要对相关的规划方案进行适当调整.

以工业总规模这个参数为例,若其结果为不敏感,则说明在该研究区域内通过产业结构和用地布局调整,可以满足环境承载力目标要求,否则,说明该区域环境超标概率对于工业总规模敏感,此时仅考虑产业结构和用地布局调整不能满足环境目标要求,应对工业发展总体规模进行适当控制和调整,具体调整幅度可以根据控制样本达到环境目标的概率,通过进一步统计分析得到.

#### 4 结论 (Conclusions)

1)在综合考虑城市规划的城市规模、产业结构、用地布局等不确定性因素的基础上,运用结构情景分析和空间不确定性分析方法,以基于大样本随机模拟过程的 HSY 算法为核心,构建了完整的城市规划环境影响评价方法体系. 该方法可以在不同层次上量化地对规划可能产生的不确定性的环境影响和环境风险进行整体性分析和系统性识别.

2)本文提出的这一规划环评方法学及其系统

评估模型,已在大连城市发展规划环评项目中得到了成功应用. 实践证明该方法学的运用可以有效地为规划规模、结构、布局等方案的全局性优化调整提供科学决策的基础支撑.

责任作者简介:刘毅(1975—),男,讲师,博士,主要从事环境系统分析、规划环境影响评价等方面的研究. 发表论文 20 余篇.

#### References:

- Bao C K, Lu Y S, Shang J C. 2004. Plan Environmental Impact Assessment: Methods and Cases[M]. Beijing: Science Press, 51—73 (in Chinese)
- Beck M B. 1987. Water quality modeling: a review of the analysis of uncertainty[J]. *Water Resources Research*, 23(8): 1393—1442
- Cai Y M, Xie J Q, Du G Y, et al. 2005. Methodology of plan-based environmental impact assessment in land use planning[J]. *China Land Science*, 19(2): 3—8 (in Chinese)
- Chen J, Beck M B. 1999. Quality Assurance of Multi-Media Model for Predictive Screening Tasks[R]. EPA/600/R-98/106, USEPA.
- Guo H L, Huang Y Y, Ma W C, et al. 2003. A study on the indicator systems for strategic environmental assessment[J]. *Journal of Fudan University (Natural Science)*, 42(3): 468—475 (in Chinese)
- Li T W, Li X M, Wang N C, et al. Discussion on measures and mechanism of public participation in environmental impact assessment[J]. *Research of Environmental Sciences*, 12(2): 36—39 (in Chinese)
- Li Z, Leng F, Liu Y J. 2006. Study on environmental impact assessment indicators and methods of urban land-use planning [J]. *Environmental Protection*, (2B): 70—74 (in Chinese)
- Liu Y, Chen J, Du P F. 2002. Parameters identification and uncertainty analysis for environmental model [J]. *Environmental Science*, 23(6): 6—10 (in Chinese)
- Liu Y, Chen J N, Fan L, et al. 2007. Public participation in strategic environmental assessment of urban plan in China: a methodology and case study on Dalian municipality [J]. *China Environmental Science*, 27(3): 428—432 (in Chinese)
- Liu Y, Li T W, Chen J N, et al. 2007. Ecologically feasible space for urban development: a methodology and case study on Dalian Municipality, Northeastern China [J]. *China Environmental Science*, 27(1): 34—38 (in Chinese)
- Lu C H, Jia K J, Ran S H, et al. 2007. Indicators for assessing the ecological and environmental effects of integrated land use planning and their application to a case study[J]. *Geographical Research*, 26(2): 249—256 (in Chinese)
- Ma X M, Zhang L X, Dai D J. 2003. Method and example of strategic environmental assessment for industry structure adjustment[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 39(4): 565—571 (in Chinese)
- Pan Y. 2005. Strategic environmental impact appraisal and sustainable

- development[J]. *Environmental Protection*, (9): 10—14 (in Chinese)
- Prato T. 2007. Evaluating land use plans under uncertainty[J]. *Land Use Policy*, 24(1): 165—174
- Ravetz J. 2000. Integrated assessment for sustainability appraisal in cities and regions[J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(1): 31—64
- Therivel R. 2004. *Strategic Environmental Assessment in Action* [M]. London: Earthscan, 109—132
- Wang J H, Liu Y, Guo H C, *et al* 2004. Strategic environmental assessment on regional development plans based on a inexact multi-objective method [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 24(5): 922—929 (in Chinese)
- Xu H, Zhu T, Liang D. 2001. Study on Development of Strategic Environmental Assessment Methodology [J]. *Shanghai Environmental Sciences*, 20(6): 295—296 (in Chinese)
- 中文参考文献:**
- 包存宽, 陆雍森, 尚金城. 2004. 规划环境影响评价方法及实例 [M]. 北京: 科学出版社, 51—73
- 蔡玉梅, 谢俊奇, 杜官印, 等. 2005. 规划导向的土地利用规划环境影响评价方法 [J]. *中国土地科学*, 19(2): 3—8
- 郭红连, 黄懿瑜, 马蔚纯, 等. 2003. 战略环境评价 (SEA) 的指标体系研究 [J]. *复旦学报 (自然科学版)*, 42(3): 468—475
- 李天威, 李新民, 王暖春, 等. 1999. 环境影响评价中公众参与机制和方法探讨 [J]. *环境科学研究*, 12(2): 36—39
- 李贞, 冷飞, 刘艳菊. 2006. 城市土地利用规划环境影响评价指标与方法研究 [J]. *环境保护*, (2B): 70—74
- 刘毅, 陈吉宁, 范琳, 等. 2007. 规划环境影响评价中公众参与研究方法 with 案例分析 [J]. *中国环境科学*, 27(3): 428—432
- 刘毅, 陈吉宁, 杜鹏飞. 2002. 环境模型参数不确定性与灵敏度分析 [J]. *环境科学*, 23(6): 6—10
- 刘毅, 李天威, 陈吉宁, 等. 2007. 生态适宜的城市发展空间分析方法与案例研究 [J]. *中国环境科学*, 27(1): 34—38
- 吕昌河, 贾克敬, 冉圣宏, 等. 2007. 土地利用规划环境影响评价指标与案例 [J]. *地理研究*, 26(2): 249—256
- 马小明, 张立勋, 戴大军. 2003. 产业结构调整规划的环境影响评价方法及案例 [J]. *北京大学学报 (自然科学版)*, 39(4): 565—571
- 潘岳. 2005. 战略环评与可持续发展 [J]. *环境保护*, (9): 10—14
- 王吉华, 刘永, 郭怀成, 等. 2004. 基于不确定性多目标的规划环境影响评价研究 [J]. *环境科学学报*, 24(5): 922—929
- 徐鹤, 朱坦, 梁丹. 2001. 战略环境评价方法学研究 [J]. *上海环境科学*, 20(6): 295—296