

环境承载力评价的符号函数极值法研究

陈雁平, 袁林江 (西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 陕西西安 710055)

摘要 针对矢量模法在出现单因子超载, 相对剩余率出现负值, 平方后又使其成为正值而失真的问题, 提出了符号函数极值法。该方法在考虑各因子承载力平均水平的同时, 突出了超载因子的影响。通过情景验证证明该方法对环境承载力能作出更准确的判断。

关键词 环境承载力; 符号函数极值法

中图分类号 X820.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)24-11670-02

Study on Environmental Carrying Capacity by Symbolic Function Extreme Value Method

CHEN Yan-ping et al (School of Environmental and Municipal Engineering of Xi'an University of Architecture and Technology, Xian, Shanxi 710055)

Abstract Aiming at the problem of vector magnitude method that the distortion was caused by square because of single factor overloading, symbolic function extreme value method was proposed. Meanwhile, it can highlight the effect of overloading factors when considering average carrying capacity level of all the factors. The result showed that this method made the carrying capacity more accurately.

Key words Environmental carrying capacity; Symbolic function extreme value method

早在 1921 年, 帕克和伯吉斯就提出了环境承载力的概念, 即“某一特定环境条件下(主要指生存空间、营养物质、阳光等生态因子的组合), 某种个体存在数量的最高极限”。后来这一术语被应用于环境科学中, 便形成了“环境承载力”的概念。1974 年 Bishop 将其修订为: “环境承载力表明在维持一个可以接受的生活水平前提下, 一个区域所能永久承载的人类活动的强度”。这一认识后来被推及到: “地球或任何一个生态系统所能承受的最大限度的影响就是其承载力。人类借助技术增大承载力, 但通常以减少生物多样性和生态功能作为代价, 而在任何情况下, 也不可能将其无限的增大”^[1]。唐剑武等则认为, 环境承载力是: “某一时期, 某种环境状态下, 某一区域环境对人类社会经济活动支持能力的阈值”, 某种环境状态是指“环境系统的结构不向明显不利于人类生存方向转变”^[2]。彭再德等认为: “区域环境承载力是指在一定时期和区域范围内, 在维持区域环境系统不发生质的改变, 区域环境功能不朝恶性方向转变的条件下, 区域环境系统所能承受的区域社会经济活动的适宜程度”^[3]。尽管对于环境承载力的认识和表述上略有不同, 但其本质是一样的。

由于环境是人类活动的受体, 因此环境承载力可以用人类活动的方向、强度、规模来定性或定量其大小。由于社会经济环境系统的复杂性、人类活动的多样性, 衡量承载力的指标体系难以涵盖全部的人类活动, 亦不可能对具体指标作硬性的统一规定, 只能从各子系统中选择有代表性、易量化的指标作定性定量相结合的分析。因而选择环境承载力综合分析指标^[4], 即资源环境承载力指标、社会经济开发强度指标和污染承受能力指标来表示: ①资源环境承载力指标: 水环境容量、大气环境容量、土地资源可供利用量等; ②社会经济开发强度指标: 反映区域开发强度的总人口量、工业总产值、污染物排放量、水资源利用量等; ③污染承受能力指标: 污染源迁移、扩散和转化能力、绿化状况等。

环境承载力可以用“在一定生活水平和环境质量要求

下, 不超出生态系统弹性限度条件下, 环境子系统所能承受的污染物质, 以及支撑的经济规模和人口数量”来衡量^[5]。由此可见, 环境承载力与要求的环境质量标准及区域的环境容量有关^[6-7], 并随之不同。这也表明环境承载力是相对的, 采用指标法这样单纯的定性方法, 难以准确把握, 因此在实践中需要对其量化来进行比较分析或用于判断。

1 环境承载力的评价方法

环境承载力的分析主要是判别一定区域内环境能否满足人类的某种开发活动, 常以识别限制因子为出发点, 用模型定量描述各限制因子所允许的最大水平, 综合各限制因子得出最终承载力^[8]。目前常用的环境承载力量化方法主要有指数评价法^[9]、承载率评价法^[3]、系统动力学法^[10]、多目标模型最优法^[11-12]和矢量模法^[12-14]。

指数评价法一般要涉及指数权重的选取问题, 具有一定的主观性; 承载率评价法是最简便的一种方法, 它通过计算某区域环境承载量(环境承载力指标体系中各项指标的实际取值)与该区域环境承载量阈值(各项指标上限值)的比值来衡量环境承载力, 但较难准确确定区域环境承载量的阈值; 系统动力学法由于变量不易掌握, 对长期发展情况进行模拟时常出现不合理的结论; 多目标模型最优法需要大量的数据, 模型求解亦存在一定难度^[15-16]; 矢量模法是用相对剩余率来表征环境承载力的, 它通过建立环境承载力指标体系, 借助现状调查或预测确定每一项指标的具体值, 进而计算单项指标的环境承载力。

矢量模法是将环境承载力视为多维空间的一个矢量, 它随人类社会经济活动方向和大小的不同而不同。设有 y 个发展方案(时期的发展状态), 分别对应着 y 个环境承载力, 对每个环境承载力的 n 个指标进行归一化, 则归一化后向量的模即是相应方案(时期)的环境承载力。通过比较各矢量模的大小来比较不同发展方案(发展状态)下的环境承载力的大小。

以相对剩余率来表征环境承载力^[12-14]。相对剩余率分别用以下 2 种公式表示:

(1) 正向指标: 表示环境质量与数值大小成正比。

$$E_i = C_{i0}/C_i - 1 \quad (1)$$

作者简介 陈雁平(1984-), 女, 陕西西安人, 硕士研究生, 研究方向: 建设项目的环境影响评价。

收稿日期 2009-04-23

(2) 逆向指标: 表示环境质量与数值大小成正比。

$$E_i = 1 - C_{i0}/C_i \quad (2)$$

式中, C_i 、 C_{i0} 分别为第 i 个环境因子的实测值、环境标准值; E_i 为第 i 个环境因子的相对剩余率。

针对多个区域或同一区域的多个方案对指标进行归一化。 y 个区域的环境承载力分别为 E_1, E_2, \dots, E_y , 每个环境承载力由 n 个指标组成 $E_k = \{E_{1k}, E_{2k}, \dots, E_{nk}\} (k=1, 2, \dots, y)$; 各项指标确定权重后, 第 k 个区域的环境承载力大小用归一化后的矢量模表示:

$$E_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n W_i E_{ik}^2} \quad (3)$$

式中, W_i 为第 i 项指标的权重; E_{ik} 为第 k 个区域中第 i 个环境因子的相对剩余率归一化指数; E_k 为第 k 个区域的环境承载力。

矢量模法不仅能对环境承载力进行量化, 而且考虑到环境承载力的层次性和综合性, 但该方法存在如下问题: ①在单项环境指标超载时, 单项环境指标的相对剩余率(E_i)会出现负值。而矢量模法的计算是基于单因子相对剩余率的平方和, E_i 的正负对最终结果的影响未体现出来, 导致其缺乏合理性。②虽然考虑了权重, 但没有突出超载因子对综合环境承载力的影响。

针对这一问题, 引入符号函数就可以解决。采用符号函数法, 环境承载力计算公式修订为:

$$E_k = \text{sgn} \left[\sum_{i=1}^n (W_i E_{ik}) \right] \sqrt{\sum_{i=1}^n \text{sgn}(E_{ik}) \cdot (W_i E_{ik})^2} \quad (4)$$

$$\text{sgn}(x) \text{ 为符号函数, } \text{sgn} = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$$

用符号函数对 E_{ik} 进行修正后, 可以保证单项环境指标的相对剩余率 E_i 为负值时平方后仍为负。在计算中为了避免 $\sum_{i=1}^n \text{sgn}(E_{ik}) \cdot (W_i E_{ik})^2$ 为负而无法进行开方运算, 引入绝对值及在根号外加符号函数的方法进行调节。

尽管符号函数法解决了矢量模法不能识别单因子超载时对承载力的影响问题, 但对环境承载力进行评价时, 常发现即使各因子相对剩余率平均值较高, 若存在个别严重超载的因子, 也将对环境的综合承载力产生较大制约。为突出超载因子对综合环境承载力的影响, 对环境承载力取平均值, 将符号函数法进一步改进为符号函数极值法, 计算公式如下:

$$E_k = \text{sgn}(C_k) \sqrt{|C_k|} \quad (5)$$

$$C_k = \frac{\text{sgn}(\min(E_{ik})) \cdot (\min(E_{ik}))^2 + \sum_{i=1}^n \text{sgn}(E_{ik}) \cdot (W_i E_{ik})^2}{2}$$

该方法考虑了各因子承载力平均水平的同时, 又显示出超载因子的影响。

2 结果与分析

采用假设情景。利用某地区 1995 ~ 1998 年的 7 个因子的数据, 对环境承载力进行量化分析^[14], 每个因子设有相应的标准值^[13]。为说明矢量模法在单因子超载时计算的失真, 假设了一组值, 其绝对值与 1995 年相同, 但皆为正。具体数值见表 1。

对假设年、1995 ~ 1998 年的区域综合环境承载力分别采用矢量模法、符号函数法及符号函数极值法进行计算, 结果见表 2。

表 1 单因子环境承载力

Table 1 Environmental carrying capacity of single factor

因子 Factor	假设年 Hypothesis year	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	权重 Weight
人口密度 Population density	0.556	0.556	0.540	0.521	0.502	0.252
财政收入所占比重 Percentage of financial revenue(108)	0.617	-0.617	-0.575	-0.528	-0.484	0.252
环境噪声污染指数 Pollution index of environmental noise	0.028	-0.028	-0.052	-0.078	-0.098	0.137
废水排放密度 Wastewater discharge density	0.008	0.008	-0.140	-0.268	-0.432	0.137
TSP 污染指数 TSP pollution index	0.100	-0.100	-0.110	-0.127	-0.140	0.074
绿化覆盖率 Green cover percentage	0.098	0.098	0.122	0.183	0.247	0.074
固体废物排放密度 Solid waste discharge density	0.120	0.120	0.087	0.053	0.013	0.074

表 2 区域综合环境承载力

Table 2 Carrying capacity of regional comprehensive environment

方法 Method	假设年 Hypothesis year				
	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年
矢量模法 Vector model method	0.209 6	0.209 6	0.200 0	0.191 3	0.186 8
符号函数法 Sign function method	-0.067 1	-0.066 8	-0.053 2	-0.042 6	-0.048 2
符号函数极值法 symbol function-extreme valuemethod	-0.192 6	-0.438 8	-0.408 3	-0.374 6	-0.343 9

由表 1、2 知, 假设年和 1995 年的环境噪声污染指数、废水排放密度的承载力的符号相反, 即一个超载, 一个不超载, 但矢量模法计算的综合环境承载力却完全相同, 皆为 0.209 6, 这显然是不合理的; 用符号函数法、符号函数极值法计算的结果与假设年都有一定的差别, 其中符号函数极值法的差别较明显, 各年均低于假设年。

3 结论

在单因子超载时出现负值的情况下, 符号函数极值法在 (下转第 11689 页)

统结构有变化,水环境生态系统服务功能已经退化,存在一些生态问题,虽然生态环境尚可维持水体的基本功能,但一旦受到干扰后则可极易恶化。

最后,根据上海市水环境生态安全年际变化趋势分析可知,上海市各区(县)水环境生态安全状况的发展趋势为:各区(县)水环境生态安全综合评价将会有逐步缓慢上升的趋势,但在今后较长时间内,大部分区(县)水环境生态安全仍处于Ⅱ级,处于中警状态;部分区(县)如黄浦、奉贤、卢湾、静安和崇明等由于水环境生态安全状况较差而难以在近期内获得很大改善,这些区(县)应成为今后上海市水环境生态安全建设的重点。

4 结论

(1)该研究在深入探讨生态安全基本理论的基础上,以水环境生态系统和生态安全理论为指导,针对上海市水环境生态系统在安全方面存在的主要问题,按照生态安全评价的指标框架,建立了上海市水环境生态安全评价指标体系;采用极差标准化法和客观赋值的变异系数法,对上海市水环境生态系统进行了生态安全评价;通过确定评价标准进行综合指数分级处理,共分为I、II、III、IV、V 5 个水环境生态安全等级,其预警状态分别对应重警、中警、预警、较安全和安全状态,据此揭示了上海市水环境生态安全的现状、变化趋势和主要警源。

(2)该研究表明,2003 年~2006 年上海市水环境总体生态安全基本处于预警状态,且警情得到了一定程度的抑制。2003 和 2004 年上海市水环境总体生态安全处于中警状态,水环境生态系统服务功能严重退化,周围的生态环境受到较

大破坏,警源主要来自社会经济发展对水环境的压力和水环境生态安全保护措施的缺乏,尤其是在生产节水、污水处理及污染治理等技术上非常落后。2005 和 2006 年上海市水环境总体生态安全处于一般的预警状态,水环境生态系统服务功能已有所退化,整个生态环境受到一定程度的破坏,生态系统结构有变化,虽然生态环境尚可维持基本功能,但一旦受到干扰后则可极易恶化。自然水环境状态的不断地恶化,已经成为上海市水环境生态安全的主要警源。由此预测,未来上海市水环境生态安全预警状态虽然能够得到控制,但自然水环境条件的下降仍不可避免,因此需要长期地进行水环境的保护和水环境生态安全的维护。

(3)根据上海市水环境生态安全年际变化趋势分析可知,上海市各区(县)水环境生态安全状况的发展趋势为:各区(县)水环境生态安全综合评价将会有逐步缓慢上升的趋势,但在今后较长时间内,大部分区(县)水环境生态安全仍处于Ⅱ级,处于中警状态;部分区(县)如黄浦、奉贤、卢湾、静安和崇明等由于水环境生态安全状况较差而难以在近期内获得很大改善,这些区(县)应成为今后上海市水环境生态安全建设的重点。

参考文献

[1] 何焰,由文辉.水环境生态安全预警评价与分析——以上海市为例[J].安全与环境工程,2004,11(4):1-4.

[2] 汪松年,阮仁良.上海市水资源普查报告[M].上海:上海科学技术出版社,2001.

[3] 左伟,王桥,王文杰,等.区域生态安全评价指标与标准研究[J].地理学与国土研究,2002,18(1):67-71.

[4] 上海市统计局.2002 年上海统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2002.

[7] KYUSHIK O H, YEUNWOO J, DONGKUN L, et al. Determining development density using the urban carrying capacity assessment system [J]. Landscape and Urban Planning, 2005, 73: 1-15.

[8] 张红.国内外资源环境承载力研究述评[J].理论学刊,2007(16):80-83.

[9] 潘东旭,冯本超.徐州市区域承载力实证研究[J].中国矿业大学学报,2003,32(5):596-600.

[10] 陈传美,郑垂勇,马彩霞.郑州市土地承载力系统动力学研究[J].河海大学学报,1999,27(1):53-56.

[11] 蒋晓辉,黄强,惠决河,等.陕西关中地区水环境承载力研究[J].环境科学学报,2001,21(3):312-317.

[12] 冉圣宏,薛纪渝,王华东,等.区域环境承载力在北海市城市可持续发展研究中的应用[M].中国环境科学,1998,18(S1):83-87.

[13] 吴涛,王运泉,夏丽华.广东肇庆综合环境承载力初步研究[J].韶关学院学报:自然科学版,2005,26(3):76-79.

[14] 张妍,尚金城,姜建祥.可持续发展导向的环境规划研究[J].干旱环境监测,2001,15(4):204-207.

[15] 侯小阁,尚金城,张妍.区域可持续发展的定量评判和预测分析[J].农业与技术,2003,23(3):143-146.

[16] 王俭,孙铁钊,李培军,等.环境承载力研究进展[J].应用生态学报,2005,16(4):768-772.

(上接第 11671 页)

考虑各因子承载力平均水平的同时,能有效突出单因子超载时对综合环境承载力的影响。利用该法可对区域承载力作出更合理、准确的判断。

参考文献

[1] IUCN/ UNEP/ WWF. Caring for the earth: a strategy for sustainable living [M]. Gland, Switzerland: IUCN, 1991: 10-15.

[2] 唐剑武,郭怀成,叶文虎.环境承载力及其在环境规划中的初步应用[J].中国环境科学,1997,17(1):6-9.

[3] 彭再德,杨凯,王云.区域环境承载力研究方法初探[J].中国环境科学,1996,16(1):6-10.

[4] 曾维华,杨月梅,陈荣昌,等.环境承载力理论在区域规划环境影响评价中的应用[J].中国人口·资源与环境,2007,17(6):27-31.

[5] 毛文永.生态环境影响评价概论[M].修订版.北京:中国环境科学出版社,2003:350-356.

[6] FURUYA K. Environmental carrying capacity in an aquaculture ground of seaweed and shellfish in northern Japan [C]//YU H, BERMAS NI. Determining environmental carrying capacity of coastal and marine areas: progress, constraints and future options. [s.l.]: PEMSEA Workshop Proceedings, 2003: 52-59.