

文章编号:1004-4574(2013)01-0019-05

基于 DEA 的城镇防灾有效性评价及 提高途径分析研究

张明媛, 双 晴, 袁永博

(大连理工大学 建设工程学部 建设管理系, 辽宁 大连 116024)

摘 要:城镇的防灾水平或能力是不是足以与城镇的功能特性相匹配,是合理评价城镇防灾有效性的标准之一。从城镇的社会性、经济性和环境性3方面考察城镇的功能特征,选取适当的、能够反映城镇防灾能力或水平的易得变量指标,利用 DEA 具有评价多输入多输出决策单元相对效率的能力,选择经典传统的 C2R 模型进行了城镇防灾有效性的评价。通过实例分析的评价结果,对输入输出向量的权重进行调整,通过非有效单元向有效单元的转化,实现了提高防灾有效性途径的分析。

关键词:城镇防灾;有效性评价;数据包络分析

中图分类号:X4 文献标志码:A

Research on efficiency evaluation of urban disaster prevention and its improvement way based on DEA

ZHANG Mingyuan, SHUANG Qing, YUAN Yongbo

(Department of Construction Management, Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Whether the urban disaster-prevention capability matches the urban functions well is one of the standards in evaluating the efficiency of urban disaster prevention. This study investigated urban functions in respect of society, economics and environment and chose proper indices that can reflect the capability of disaster-prevention as well as can be easily obtained to evaluate the efficiency of the urban disaster-prevention capability. The DEA method which has the capacity to evaluate the relative efficiency of decision-making units with multi-input and multi-output was adopted as the analysis method, and the C2R classic model were chosen as the example. Through the example study and analysis of results, adjust the weights of input and output vectors, and transfer the non-efficient units into efficient units, the efficiency of urban disaster-prevention could be improved.

Key words: urban disaster defense; efficiency evaluation; data envelope analysis(DEA)

城镇的防灾措施或能力是不是足以与其城镇的功能特性相匹配,是合理评价城镇防灾有效性的标准之一。正如模糊语言所描述的那样,有效与否是个相对的概念,是人们在经济社会不断发展的过程中逐步积累的经验。对于城镇功能系统来说,应该从其社会、经济和环境3个方面来探讨系统组成和各自发挥的效用,而将防灾减灾特征与城镇功能系统相结合,根据通过城镇功能系统所实现或所需要的一系列功能性来判断城镇防灾减灾是否可以保障城镇功能的需求和实现这一思想,并考虑到数据的可得性,本文构建了城镇

收稿日期:2012-03-09; 修回日期:2012-06-20

基金项目:国家自然科学基金项目(51208081);国际科学理事会灾害风险综合研究计划项目(IRDR-CHINA)

作者简介:张明媛(1981-),女,讲师,主要从事工程系统及灾害风险管理研究。E-mail: myzhang@dlut.edu.cn

防灾有效性评价指标体系,如表 1 所示,并对指标进行了说明,应用分析相对有效性的 DEA 方法进行判断。

1 城镇防灾有效性评价指标体系

本文选取的 DEA 有效性分析指标分别为:反映城镇社会功能的指标——人口密度,反映城镇经济功能的指标——经济多样性与经济密度,反映城镇环境生态功能的指标——环境质量,作为输入指标;反映城镇防灾能力的指标,考虑到防灾能力建设考察的是城镇在灾害来临之前应该做的哪些准备与准备的充分性,因此,选取了反映防灾经济投入和防灾工程及非工程措施两方面的指标,其中,反映经济投入的指标为防灾投入力度,反映工程及非工程措施的指标为医疗保障(社会性)、基础设施抗灾能力建设强度(经济性) and 环境保护力度(生态性),作为城镇防灾有效性的输出指标^[1-4]。个别指标说明如下:

(1) 建构建筑物抗灾能力。尽管建筑物的建筑年限、建筑类型等因素也决定了建筑物的抗灾性能,但由于城市建设的快速发展,城市建筑物的现状资料在不断的变化,震害预测的结果也是动态变化的,存在着数据库更新和调整震害预测结果的问题^[5],因此这里暂且忽略建筑年限带来的性能差异,用“统计数据起始年以来的房屋建筑面积占实有房屋总面积的百分比”来反映城镇的建筑物整体抗灾能力。

(2) 生命线各子系统抗灾能力。生命线系统的抗灾能力主要应包括其连通可靠度和网络均衡性。但对生命线管网可靠性的分析是建立在已知网络拓扑结构参数的基础上进行的,而被评价的各城镇生命线管网数据无法全部精确得到,并且,对每个被评价城镇的管网数据都进行详细的数值化精确计算或模拟计算也是不现实的,更超出了综合评价城市防灾有效性的初衷。因此这里借鉴文献[6]中的思想,选用“近年来每平方公里内城镇基础设施投资额”和“近年来的城镇基础设施投资年均增长率”两个即可以反映出城镇基础设施建设程度又可以反映城镇基础设施建设发展速度和趋势的经济型指标。

(3) 防灾投入力度。本文选择用单位面积上的已有设施更新改造投入来近似代表防灾投入力度。原因在于,基础设施对城镇的防灾能力起主要作用,而对基础设施的更新改造增强了其牢固性和耐用性,从另一个角度来看,正是加强了城镇的防灾能力。

(4) 环境保护力度。考虑到环境对次生灾害发生的可能影响,本文增加了以往很多研究中都忽略的环境因素,并考虑到数据的可获取性,用环境治理投资和环境基础建设投资的和与城镇工业生产总值的比来量化。

表 1 城镇防灾有效性指标

Table 1 Efficiency index of urban disaster prevention

| 目标层 | 一层指标 | 二层指标 | 量化指标 |
|-------|------|--------------|--|
| 防灾有效性 | 防灾能力 | 1 医疗社会保障 | 社会性保障支出占财政支出比例每 10 万人拥有的医生和病床数 |
| | | 2 基础设施抗灾能力建设 | 1995 年以来的房屋建筑面积占实有房屋总面积的百分比(建构建筑物抗灾能力) |
| | | 3 防灾投入力度 | 近 5 a 内的每 km ² 内城镇基础设施投资额及其年均增长率(生命线系统抗灾能力) |
| | | 4 环境保护力度 | 单位面积上的已有设施更新改造投入 |
| 城镇功能 | 城镇功能 | 5 经济多样性 | 环境治理投资和环境基础建设投资的和与城镇工业生产总值的比 |
| | | 6 财富密度 | (第二产业占 GDP 比重/第三产业占 GDP 比重) - 1 |
| | | 7 人口密度 | 单位面积上的 GDP |
| | | 8 环境质量 | 人口数量/面积 |
| | | | 空气质量好于二级的天数 |

2 DEA 与相对有效性

数据包络分析(DEA)是一种在具有多输入多输出的同水平决策单元(DMU)上其评价相对效率的方法,并可以通过评测决策单元的劣势提出改进方案。自 1978 年 Charnes 提出后,数据包络分析在很多领域的综合评价中进行了实证研究,被证明是一种有效的评测工具,能够利用一组 DMU 的相同输入输出结构来评价相对有效性。假设存在 n 个 DMU,第 d 个 DMU 存在 m 项输入 $X_{id}, i = 1, \dots, m$,并产生输出 $Y_{rd}, r = 1, \dots, s$ 。则效率值 E_{dd} 的计算通过如下 CCR 模型^[7]进行:

$$\begin{aligned}
 E_{dd} &= \max \cdot \sum_{r=1}^s u_{rd} Y_{rd}; \\
 st \sum_{i=1}^m v_{id} X_{id} &= 1; \\
 \sum_{r=1}^s u_{rd} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{id} X_{ij} &\leq 0, j=1, \dots, n; \\
 u_{rd}, v_{id} &\geq 0, r=1, \dots, s, i=1, \dots, m.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

式中: u_{rd}, v_{id} 分别为 DMU_d 的第 r 项输出和第 i 项输入的权度量, 并用于计算效率值 E_{dd} 。

选择 DEA 方法中的输入输出指标的首要原则是反映评价目的和评价内容; 其次, 从技术上应避免输入(输出)集内部指标间的强线性关系; 同时考虑指标的多样性和指标的可获得性等。DEA 特别适用于具有多输入多输出的复杂系统。这主要体现在以下两点: (1) DEA 以决策单元各输入输出的权重为变量, 从最有利于决策单元的角度进行评价, 从而避免了确定各指标在优先意义下的权重。(2) 假定每个输入都关联到一个或多个输出, 而且输入输出之间确实存在某种关系, 使用 DEA 方法则不必确定这种关系的显式表达式。运用 DEA 方法进行多指标评价的优势在于各个评价对象的相对有效性是在对大量实际原始数据进行定量分析的基础上得来的, 从而避免了人为主观确定权重的缺点, 并且利用数据包络分析进行评价无需对输入输出指标进行无量纲化处理, 即 DEA 方法排除了很多主观的因素, 因而具有很强的客观性^[8]。DEA 多输入多输出情况下的有效性是 Pareto 意义下的有效性。

当 DMU 单元为非有效时, 可以通过两种不同方式对 DMU 进行优化调整, 使其达到有效。其一是通过分散的输入输出向量的权度量调整; 其二是通过某一单项输入输出向量的权度量调整, 多用于 DMU 在某一单项具有较大优势的情况。DEA 有效单元均位于一个超平面上, 通过对非有效单元在该超平面上的投影方法, 寻找到使非有效单元改进为有效单元的途径或方式^[6]。

3 基于 DEA 的城镇防灾有效性评价及提高途径分析

根据城镇防灾能力建设与城镇发展水平相关关系, 综合运用 DEA 方法建立有效性评价模型, 实现对城镇防灾能力的有效性评价, 并可根据评价结果提出相应改进措施。

DEA 相对有效性是对某一时点的评价对象进行相对有效性分析的。而我们知道, 城镇的防灾能力和城镇的基本功能不是一日成就的, 是在城镇发展过程中日积月累的, 是“存量 + 流量”共同作用的结果。为同时满足评价对象对数据的要求, 考虑城镇发展的阶段性特点, 本文对城镇防灾能力与基本功能中的“存量 + 流量”数据选取了 10 a 的统计值, 评价得到的 DEA 相对有效性反映的是某一选定时间的样本城镇防灾有效性。本文选取了全国 29 个城镇样本作为 DEA 分析数据。部分数据见表 2 所示。

表 2 DEA 分析样本数据
Table 2 Sample data of DEA

| 样本号 | 输出 | | | | | | 输入 | | | |
|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|-----------|----------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 0.02 | 0.76 | 0.54 | 5.28 | 0.18 | 0.62 | 0.43 | 30 146.30 | 864.48 | 0.61 |
| 2 | 0.09 | 0.41 | 0.38 | 18.16 | 0.43 | 1.06 | 0.10 | 44 600.41 | 1 022.89 | 0.72 |
| 3 | 0.04 | 0.46 | 0.56 | 15.64 | 0.75 | 0.97 | 0.09 | 41 970.49 | 4 629.17 | 0.58 |
| 4 | 0.13 | 0.87 | 0.38 | 18.48 | 0.38 | 0.52 | 0.05 | 24 443.69 | 1 714.18 | 0.50 |
| 5 | 0.03 | 0.58 | 0.46 | 52.41 | 0.18 | 0.13 | 0.30 | 24 874.87 | 534.08 | 0.78 |
| | | | | | | | | | | |
| 26 | 0.08 | 0.63 | 0.32 | 5.67 | 0.49 | 0.49 | 0.13 | 26 901.27 | 1 194.3 | 0.57 |
| 27 | 0.15 | 0.70 | 0.38 | 8.56 | 0.37 | 0.47 | 0.32 | 15 632.16 | 2 844 | 0.72 |
| 28 | 0.01 | 0.81 | 0.53 | 33.76 | 0.24 | 0.78 | 0.10 | 14 302.73 | 438.73 | 0.80 |
| 29 | 0.06 | 1.00 | 0.47 | 34.53 | 0.34 | 0.26 | 0.44 | 23 829.72 | 239.4 | 0.77 |

经数据处理及 DEA 运算, 得到 29 个样本城镇的防灾有效性相对数值见表 3。

表 3 防灾有效性 DEA 运算结果

Table 3 Results of DEA of disaster - prevention efficiency

| | | | | | | | | |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DMU(样本号) | 3 | 4 | …… | 29 | 8 | 23 | 12 | 1 |
| E_{dd} 值 | 1.000 0 | 1.000 0 | …… | 1.000 0 | 0.987 6 | 0.977 3 | 0.943 4 | 0.921 2 |
| DMU(样本号) | 7 | 16 | 26 | 25 | 2 | 20 | 19 | 21 |
| E_{dd} 值 | 0.875 9 | 0.869 8 | 0.867 5 | 0.838 8 | 0.752 5 | 0.745 8 | 0.707 2 | 0.548 9 |

通过 DEA 模型的计算,可以得出 DMU 决策单元 8,23……19,21 均为非有效单元。这一结果说明:在 29 个样本城市中,城市 3,4,29……共 17 个城市的防灾能力建设与城镇功能发展水平是相协调一致的;而决策值显示为非有效的样本城市 8,23……共 12 个城市的城镇防灾能力建设与城镇功能发展水平是不相协调的,特别是样本城市 21,其有效值非常低,仅为 0.5489,说明防灾能力有效性相对于其城市的发展水平来说十分不足,必须要通过一定的调整途径进行提高或改进。

表 4 使非有效单元变成有效单元(效率值为 1)的调整策略

Table 4 Adjustment strategy for changing non-efficient unit to efficient unit

| 样本号 | 输出指标调整量(增加 +) | | | | | | 输入指标调整量(减少 -) | | | |
|-----|---------------|----------|----------|-----------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | +0.011 2 | - | - | +24.581 8 | +0.222 1 | +0.495 4 | -0.180 6 | -0.086 0 | -0.254 1 | 0.000 0 |
| 2 | - | +0.084 7 | - | - | - | +0.315 2 | - | - | - | - |
| 7 | - | +0.018 3 | - | - | +0.210 3 | - | -0.195 4 | - | - | - |
| 8 | +0.018 1 | - | - | +7.864 7 | +0.275 8 | - | -0.038 0 | -0.056 8 | - | - |
| 12 | - | - | - | +8.629 1 | +0.357 8 | +1.167 9 | -0.133 6 | - | - | - |
| 16 | - | - | - | - | +0.173 2 | +1.053 7 | - | - | -0.001 4 | - |
| 19 | +0.036 2 | - | - | +4.898 6 | +0.153 5 | +2.210 7 | -0.150 9 | - | - | - |
| 20 | +0.015 4 | - | +0.140 6 | +2.319 2 | +0.309 2 | +2.242 2 | -0.288 0 | - | - | -0.015 3 |
| 21 | - | +0.108 2 | - | +6.355 5 | +0.453 8 | +1.694 4 | -0.342 4 | - | - | -0.016 3 |
| 23 | - | - | - | +5.486 2 | +0.333 4 | - | - | - | - | - |
| 25 | +0.050 9 | +0.139 8 | - | - | - | - | - | -0.091 6 | -0.163 8 | - |
| 26 | +0.002 1 | - | +0.094 6 | +9.657 2 | - | +0.327 7 | -0.099 4 | - | -0.141 1 | - |

表 4 的意义在于,为了使防灾非有效的样本城市变为防灾有效的发展状态,需要对城市功能性与城市防灾能力建设进行相应调整或改进,具体的调整或改进量分别为表 4 中的结果。对于城市功能性指标,可通过降低经济多样性、财富和人口密度的方式,同时结合提高城市防灾能力建设的一系列指标,如提高社会医疗保障水平、防灾投入力度、基础设施防灾水平等措施实现城市防灾有效性。

但在城市实际发展过程中,经济多样性对于城市的经济发展是有正面效应的,我们不能只为提高城市的防灾有效性而“顾此失彼”。并且,反映城市功能性的指标大多都与城市的社会经济发展紧密相关,不能轻易降低和调整,所以,在现实中,尽可能的提高城市防灾能力建设水平,即提高 DEA 评价单元 DMU 的输出指标的方法才是切实可行的。

4 结论与展望

本文结合 DEA 的方法原理,将其应用于城镇防灾有效性的评价过程中,通过用城镇防灾能力建设水平与城镇功能的实现(或称城市发展水平)的相对关系,即发展的相对协调性来判断城镇防灾是否有效。从实例看,方法是行得通的,且可以给出具体的调整方案,供决策过程参考,具有一定的现实意义。

不足的是,本文选择了传统的 DEA 评价方法,对于判断城镇防灾有效性的输入和输出指标的选取具有一定的主观性——即只征询了数位专家的意见,由于数据获取的困难,没有从实际的时间序列数据上证明选取指标的代表性,这也将成为日后研究工作的主要内容之一。

参考文献:

- [1] 张明媛. 城市承灾能力及灾害综合风险评价研究[D]. 大连:大连理工大学,2008.
ZHANG Mingyuan. Research on the Assessment of Disaster - Carrying Capability and Disaster Comprehensive Risk in Urban Place [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2008. (in Chinese)
- [2] 张风华,谢礼立,范立础. 城市防震减灾能力评估研究[J]. 地震学报,2004,26(3):318-330.
ZHANG Fenghua, XIE Lili, FAN Lichu. Study on evaluation of cities' ability recuing earthquake disasters [J]. Acta Seismologica Sinica,2004, 26(3):318-330. (in Chinese)
- [3] 谢礼立. 城市防震减灾能力的定义及评估方法[J]. 地震工程与工程振动,2006,26(3):1-10.
XIE Lili. A method for evaluating cities ability of reducing earthquake disasters [J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration,2006,26(3):1-10. (in Chinese)
- [4] 郑宇. 城市防震减灾能力评价指标与应急需求研究[D]. 南京:南京工业大学,2003.
ZHENG Yu. Research on the Evaluating Index of Ability for Urban Earthquake Disaster Reduction and Requirements for Emergent Rescue [D]. Master's thesis. Nanjing University of Technology, 2003. (in Chinese)
- [5] 郭小冬,苏经宇,马东辉,等. 城市建筑物快速震害预测系统[J]. 自然灾害学报,2006,15(3):128-134.
GUO Xiaodong, SU Jingyu, MA Donghui, et al. Rapid earthquake damage prediction system of urban buildings [J]. Journal of Natural Disasters, 2006, 15(3):128-134. (in Chinese)
- [6] 杨挺. 城市局部地震灾害危害性指数 ULEDRI 及其在上海市的应用[D]. 哈尔滨:中国地震局工程力学研究所,2001.
YANG Ting. Urban Local Earthquake Disaster Risk Index & its Application in Shanghai [D]. Harbin: Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration, 2001. (in Chinese)
- [7] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2: 429-444.
- [8] 魏权龄,岳明. DEA 概论与 C2R 模型—数据包络分析[J]. 系统工程理论与实践,1989(1):58-69.
WEI Quanling, YUE Ming. DEA introduction and the C2R model [J]. System Engineering Theory and Practice, 1989(1):58-69. (in Chinese)