

文章编号: 1004-4574(2007)01-0119-04

城市地下空间发展可持续性评价

孔令曦¹, 沈荣芳²

(1. 罗便士保险公估(中国)有限公司, 上海 200001; 2. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 构建了一个包含 4 个层次、72 个指标的城市地下空间可持续发展评价指标体系。在此基础上, 运用模糊综合评价理论建立多层次评价模型对城市地下空间发展的可持续性进行了评价, 并以上海市为例, 验证了该模型的有效性。

关键词: 城市地下空间; 可持续发展; 指标体系; 评价模型

中图分类号: TU984.11+3 文献标识码: A

Evaluation of sustainability for development of underground space in urbs

KONG Ling-xi¹, SHEN Rong-fang²

(1. GAB Robins China Co., Ltd., Shanghai 200001, China; 2. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract A new evaluation index system including 4 layers and 72 indices for sustainable development of urban underground space is offered in this paper. Based on fuzzy comprehensive evaluation method, a three-layer fuzzy comprehensive evaluation model is established. The model is applied to Shanghai to demonstrate its validity.

Keywords urban underground space; sustainable development; index system; evaluation model

城市地下空间是指城市规划区以内、地表以下, 以土体或岩体为主要介质的空间领域。城市地下空间的利用形式主要有地下交通设施、地下管线、地下商业服务设施及地下人防设施等。将地下空间作为一种资源早已是学术界的共识, 1982年, 联合国自然资源委员会正式将地下空间列为“自然资源”。国内外关于自然资源可持续发展定量测度的研究较为成熟, 主要包括联合国统计局 (UNSD) 开发的综合环境经济核算体系 (SEEA)^[1]; 联合国可持续发展委员会基于“压力-状态-反应”模型 (PSR 模型) 提出的可持续发展指标体系框架; 用于综合评估可持续发展状况的生态足迹指数^[2]; 反映生态资源系统质量与压力的自然资本指数 (NCI)^[3]。

目前, 有关城市地下空间可持续发展评价的研究还少见报道。本文从系统的观点出发, 以指标体系作为可持续发展评价的基础框架, 运用模糊综合评价理论建立多层次评价模型对城市地下空间发展可持续性进行评价。

1 城市地下空间可持续发展评价的必要性

由于处于地层之下, 城市地下空间开发过程中存在的问题难以得到直观的认识。因此, 综合资源利用、社会经济发展、生态环境保护、人类活动等各方面内容, 构建可持续发展评价模型, 并据以作为城市规划开发的决策依据, 有利于实现地下空间资源的适时、适度、有序开发。城市地下空间可持续发展评价的必要性主要在于: (1) 实现对城市地下空间这种需高成本投入的稀缺资源的有效利用, 避免资源浪费。(2) 与城市经济发展相适应, 避免脱离社会经济需求的盲目开发。(3) 城市地下空间可持续发展评价, 可以预测地下空间

收稿日期: 2006-10-01 修订日期: 2006-12-15

作者简介: 孔令曦 (1978-), 女, 博士, 主要从事工程建设与运营的风险管理研究。E-mail: leona_kong@126.com

开发的动态性需求,使得地下工程在规划和建设时,能够考虑到将来进一步扩容或功能转换而留有一定的余地。(4)通过综合评价,有利于发现目前城市地下空间发展过程中不利于其可持续性的问题,对城市规划和建设具有一定的指导意义。

2 城市地下空间可持续发展的评价指标体系

以往对城市可持续发展的研究早已指出,城市可持续发展强调的是资源、环境、经济、社会的协调发展^[4]。地下空间是城市空间的向下延伸,其可持续发展也应包含这四方面的内容。城市地下空间可持续发展系统是由地下空间资源、人类的开发利用活动、社会经济活动、生态环境等多因素构成的复杂巨系统,这些因素相互依存、相互作用,它们在一定时期内的状况和发展趋势决定了整个系统的可持续性。

本文所构建评价指标体系以城市地下空间的可持续发展为总目标,分解为生存支持、发展支持、环境支持、智力支持 4个子系统,各子系统之下设置主题层和指标层,包含 4个递阶层次,共 72个指标,指标体系结构见图 1。

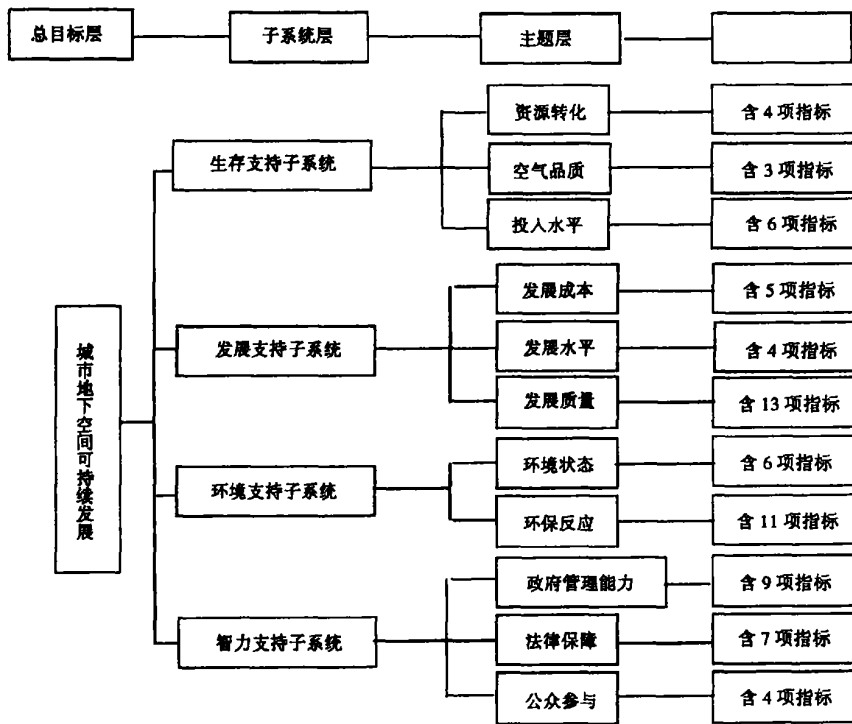


图 1 城市地下空间可持续发展评价指标体系层次结构图

Fig 1 Evaluation indices system of urban underground space sustainable development

生存支持子系统对应地下空间资源,划分为资源转化、空气品质、投入水平 3个主题,反映资源的利用情况、开发的能耗投入和资金投入。发展支持子系统分为发展成本、发展水平、发展质量 3个主题,反映城市社会经济条件对地下空间开发的支持以及地下项目的综合效益。环境支持子系统包含环境状态和环保反应 2个主题,反映地下空间开发对环境的影响以及人们对负面环境影响的控制和改善。智力支持子系统包括政府管理能力、法律保障、公众参与 3个主题,反映政府在地下空间开发过程中的行政管理能力和决策能力、相应法规的建设以及公众参与地下空间开发的情况。

3 城市地下空间可持续发展的模糊综合评价模型

城市地下空间可持续发展的 4个子系统,相互影响、相互制约,呈现出非线性变化的关系,从而使得对其可持续性的预测具有较强的模糊性和主观性。模糊数学用数学语言描述模糊性现象,为解决这一问题提供

了途径。

根据评价指标体系,本文按照从指标聚合到主题,主题聚合到子系统,再由各子系统聚合到城市地下空间发展可持续程度的整体评价结果,构建一个 3 个层次的模糊综合评价模型。

针对城市地下空间开发利用过程中各项指标对应于可持续发展的适宜程度,将评价集 V 分为 4 个等级的评语,并对其分别赋值: $V = (v_1, v_2, v_3, v_4) = (\text{根本不适宜}, \text{适宜性差}, \text{基本适宜性}, \text{适宜性好})$ 。

首先,从指标到主题进行一级评价。以生存支持子系统的资源转化主题为例,该主题的 4 项指标形成其因素集: $X_1 = (x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14})$ 。因素集对应于评价集形成该主题的单因素评价矩阵:

$$R_{11}^1 = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \end{bmatrix}$$

设该主题的权重集为: $A_1 = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ 。对该主题进行一级评价: $B_1^1 = A_1 R_{11}^1 = (b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{14})$ 。同理,对空气品质、投入水平主题进行一级评价,得 $B_2^1 = A_2 R_{12}^1 = (b_{21}, b_{22}, b_{23}, b_{24})$, $B_3^1 = A_3 R_{13}^1 = (b_{31}, b_{32}, b_{33}, b_{34})$ 。

取 $R_1^2 = \begin{bmatrix} B_1^1 \\ B_2^1 \\ B_3^1 \end{bmatrix}$ 作为生存支持子系统的单因素评价矩阵。设其权重分配为: $A_1^2 = (a_1, a_2, a_3)$ 。进行二级评

价: $B_1^2 = A_1^2 R_1^2 = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ 。

取 $R^3 = \begin{bmatrix} B_1^2 \\ B_2^2 \\ B_3^2 \\ B_4^2 \end{bmatrix}$, 作为城市地下空间发展可持续程度的单因素评价矩阵。设其权重分配为: $A_1^3 = (a'_1, a'_2, a'_3, a'_4)$ 。

进行三级评价 $B^3 = A_1^3 R^3 = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ 。根据最大隶属度原则,令 $b_k = \max(b_1, b_2, b_3, b_4)$, $k \in (1, 2, 3, 4)$, 则第 k 条评语就是对城市地下空间发展可持续程度的模糊综合评价结果。

4 上海市地下空间发展可持续性评价

上海市从 20 世纪 90 年代开始大规模的地下空间开发,目前已建成的地下功能设施包括超过 25000 km 的地下市政管线;全长约 52 km 的地下轨道交通系统;大型的越江隧道、地下商业街、地下综合体……其 20 多年的发展历程是我国大型、特大型城市地下空间开发利用的缩影,其发展过程中存在的影响可持续性的问题具有一定的普遍性。

为了获得基础数据,笔者采用选择式问卷的形式,就其地下空间可持续开发利用的现状,向上海市政工程设计院、道路管线监察办公室、隧道工程设计院、申通地铁股份有限公司中长期从事城市地下空间规划、设计、管理的工程技术人员进行了问卷调查。共发送问卷 80 份,收回有效问卷 72 份。

本文的 4 个子系统需要分别进行评价,以生存支持子系统为例:

$$B_{11}^1 = A_1^1 R_{11}^1 = (0.2143 \quad 0.2857 \quad 0.3571 \quad 0.1429) \begin{pmatrix} 0.1875 & 0.5625 & 0.2500 & 0 \\ 0.375 & 0.3750 & 0.1250 & 0.1250 \\ 0 & 0.5000 & 0.4375 & 0.0625 \\ 0.0625 & 0.5000 & 0.4375 & 0 \end{pmatrix}$$

$$= (0.1562 \quad 0.4778 \quad 0.3080 \quad 0.0580)$$

$$B_{12}^1 = A_2^1 R_{12}^1 = (0.3367 \quad 0.2857 \quad 0.3776) \begin{pmatrix} 0.1875 & 0.3625 & 0.4500 & 0 \\ 0.3750 & 0.2750 & 0.2250 & 0.1250 \\ 0 & 0.4000 & 0.5375 & 0.0625 \end{pmatrix}$$

$$= (0.1703 \quad 0.3517 \quad 0.4188 \quad 0.0592)$$

$$B_{13}^1 = A_3^1 R_{13}^1 = (0.1645 \ 0.1171 \ 0.2303 \ 0.7974 \ 0.1677 \ 0.1230) \begin{pmatrix} 0.0625 & 0.2500 & 0.6875 & 0 \\ 0 & 0.5625 & 0.4375 & 0 \\ 0.1250 & 0.4375 & 0.4375 & 0 \\ 0 & 0.3750 & 0.3125 & 0.3125 \\ 0.0625 & 0.3125 & 0.3750 & 0.1250 \\ 0.1625 & 0.2125 & 0.2750 & 0.2250 \end{pmatrix}$$

$$= (0.0960 \ 0.3603 \ 0.4235 \ 0.1202)$$

对生存支持子系统进行二级评价:

$$B_1^2 = A^2 R_1^2 = (0.4167 \ 0.2500 \ 0.3333) \begin{pmatrix} 0.1562 & 0.4777 & 0.3080 & 0.0580 \\ 0.1703 & 0.3517 & 0.4188 & 0.0592 \\ 0.0960 & 0.3603 & 0.4235 & 0.1202 \end{pmatrix}$$

$$= (0.1309 \ 0.4071 \ 0.3742 \ 0.0758)$$

发展支持子系统、环境支持子系统、智力支持子系统的二级评价结果分别为:

$$B_2^2 = A^2 R_2^2 = (0.2857 \ 0.3571 \ 0.3571) \begin{pmatrix} 0.0987 & 0.2892 & 0.5099 & 0.1022 \\ 0.0814 & 0.2839 & 0.4858 & 0.1489 \\ 0.0356 & 0.3713 & 0.4060 & 0.1871 \end{pmatrix}$$

$$= (0.0677 \ 0.3126 \ 0.4642 \ 0.1475);$$

$$B_3^2 = A^2 R_3^2 = (0.3750 \ 0.6250) \begin{pmatrix} 0 & 0.5000 & 0.3855 & 0.1145 \\ 0.0111 & 0.3030 & 0.2753 & 0.4106 \end{pmatrix}$$

$$= (0.0099 \ 0.3779 \ 0.3166 \ 0.2956)$$

$$B_4^2 = A^2 R_4^2 = (0.3846 \ 0.3846 \ 0.2308) \begin{pmatrix} 0.0353 & 0.4563 & 0.3881 & 0.1326 \\ 0.0543 & 0.5425 & 0.3421 & 0.0611 \\ 0.1300 & 0.6379 & 0.2024 & 0.0298 \end{pmatrix}$$

$$= (0.0620 \ 0.5290 \ 0.3276 \ 0.0814)$$

总的评价结果为:

$$B^3 = A^3 R^3 = (0.1764 \ 0.2941 \ 0.2376 \ 0.0814) \begin{pmatrix} 0.1309 & 0.4071 & 0.3742 & 0.0758 \\ 0.0677 & 0.3126 & 0.4642 & 0.1475 \\ 0.0099 & 0.3779 & 0.3166 & 0.2956 \\ 0.0620 & 0.5290 & 0.3276 & 0.0814 \end{pmatrix}$$

$$= (0.0636 \ 0.4087 \ 0.3734 \ 0.1496)$$

根据最大隶属度原则,上海市地下空间发展可持续程度的模糊综合评价结果介于弱可持续和基本可持续阶段之间,略偏向于弱可持续,符合现状。

5 结论

本文以可持续发展理论为基础,建立了城市地下空间可持续发展指标体系和评价模型。以上海为例进行的实证分析表明上海市城市地下空间开发利用目前处于弱可持续发展阶段,符合发展现状,说明所建立的指标体系和评价模型是可信的。

参考文献:

[1] United Nations Statistics Division. United Nations Environment Programme. Integrated Environmental and Economic Accounting: an Operational Manual[R]. New York: United Nations, 2000.

[2] Wackemagel M, Rees W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective [J]. Ecological Economics, 1997, 20: 3-24.

[3] OECD. OECD Environmental Outlook[R]. Paris: OECD, 2001, 327.

[4] 秦耀辰. 城市可持续发展的系统评价[M]. 系统工程理论与实践, 2003.