

基于熵权法的城市地下物流建设风险模糊评价

姜晓梦, 周爱莲

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要: 城市地下物流系统建设周期长、投入大、隐蔽性较强及众多的不确定性因素, 决定了其建设过程中存在较大风险。为了对地下物流系统建设风险进行客观公正的评价, 文中在属性权重信息尚且未知的情况下, 以政策审批、工程地质、经济、环境、技术与施工等 5 项可能引起重大风险的因素进行分析, 建立评价指标体系, 通过熵权法确定各评价指标的权重, 运用模糊数学方法对系统建设风险进行综合评价。

关键词: 物流; 地下物流; 建设风险; 模糊综合评价

中图分类号: U492.3

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)01-0060-05

近年来, 中国城市规模迅速扩大, 城市物流的范围渐增, 并带来了城市交通堵塞、生态环境破坏、资源浪费等城市问题, 利用城市地下空间建设地下物流系统是解决城市问题的一种新方法。但地下物流系统建设不可避免地会对当地经济、社会、环境等带来影响, 并直接涉及到人民的切身利益。

目前对地下物流系统建设风险评价的研究还不成熟, 相关理论和应用尚处于发展阶段, 需不断完善和创新。GB 51157-2016《物流建筑设计规范》要求物流建筑根据建筑性质和功能要求, 结合当地气象、水文、地质和施工条件进行设计, 根据物品的来源和流向、建设条件、经济、社会人文、环境保护等因素综合确定。地下物流系统建设风险影响因素也应在以上要求的基础上结合自身特点来确定。该文对地下物流系统建设风险进行识别, 基于模糊数学和熵权法构建综合评价模型, 对地下物流系统建设风险进行评价。

1 风险因素评价指标体系的建立

1.1 风险定义与发生机理

风险普遍存在于人类社会生产活动中, 它是指在某一特定环境中, 某个特定情况下某种损失发生的可能性。对于城市地下物流系统建设, 风险是指可能发生事故的场所区域、周边环境、施工技术和处理方案等。

风险发生机理涉及的孕险情况因子、致险因子、承险体的定义如下: 1) 孕险情况因子。孕险情况是指可能发生事故的各类场地、周围环境等。对于地下物流系统建设, 地质水文情况、不良的岩层及土层

环境、工程周边的建筑物、地下管线及构筑物等均为孕险因子的组成部分。2) 致险因子。激发工程风险产生的因素即为致险因子, 亦是诱发危害的直接原因, 和孕险情况一起组成风险事故的两个重要因子。3) 承险体。承险体是指承担危害的工具, 地下物流体系节点及地道布局、地下管线和社会群体等均是地下物流建造期危害的承载体。

1.2 风险识别方法

风险如果不能被识别, 它就不能被控制、转移或管理。适用于地下物流系统建设风险辨识的方法较多, 实际运用的常见风险识别方式主要有专家调查法、事故树法、工作风险分解法、半履历法、类比法。

类比是科学认识的一种主要方法, 它是遵照两个或两类对象间的某些方面的相近性而推理出它们在此外一些方面也相像的一种逻辑方式。该方法以比较为基础, 通过对两个或两类不同对象进行比较, 找出它们的相似点, 并以此为依据, 把其中一个对象的有关知识推移到另一对象中。考虑到目前地下物流系统建设并未具体实施, 而地下物流系统建设与地铁及地下工程建设有相像之处, 采用类比法并结合相关文献进行风险识别。

1.3 风险因素分析

影响城市地下物流系统决策的因素很多, 即便是在同一城市, 在不同时间段或不同地段开展城市地下物流项目建设, 对周边环境的影响程度也不同, 所产生的风险亦不同。因此, 在大量地下工程建设风险相关文献及《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》要求的基础上, 将整体风险系统分解为政策审批风险、工程地质风险、经济风险、环境风险、技

术与管理风险五方面,进一步分析地下物流建设中发生概率较高的风险因素。

(1) 政策审批风险。是指因为地下物流系统所需的法律法规、政策体系的不完善和审批流程(政策审批流程是系统建设从立项到竣工的全部程序)不规范而致使项目从一开始就难以顺利进行或失败的可能性,它贯穿于地下物流系统建设的全过程,也是其法律保障。

(2) 工程地质风险。地质危害是因为地质、水文等条件决定的,会存在坍塌、地下水造成的涌水和涌砂及不利地层等施工条件的风险。在地下物流系统建造前,需勘察的地质风险状况(主要有基本地下土质水文条件、所在地的岩层特质和特点、地质构造状况和地下断层情况)及勘探资料的不准确等都会带来一定风险。

(3) 经济风险。地下物流系统建设需大量资金投入,若缺少恰当的风险投资分析,会导致其在创建初期因资金缺少而丢失发展机会。另外,对于建设项目需进行详细的生命周期效益成本分析,以明确地向规划者和决策者展示其经济可行性。成本和工期目标是衡量项目经济性及是否能如期完成施工的关键指标。

(4) 环境风险。环境风险是指建设城市地下物流系统所处的自然情况由于外部或人为因素而改变,使地下物流系统在投资、建造过程中发生的风险。主要包括自然灾害(地震、暴雨、飓风、泥石流、冰雪)、生态环境污染与破坏(空气污染、噪声污染、能源与原材料耗损等)、社会环境风险(社会安定、文化风俗、公众的支持)。

(5) 技术与施工风险。该风险是指遵照现实施工流程进行施工的过程中产生的危害。地下物流系统建设需考虑特殊设计和技术的先进性,其技术效果需较长时间才能显示出来,更先进的技术出现,可能会使正在被研究的地下物流系统技术在没有实施产业化前就被淘汰。另外,城市的内部基础设施状况也会给地下物流系统建设带来风险,地下物流系统施工中面临复杂的地下管线及周围建筑物(古文物、地下障碍物),需考虑布置不明的地下管线、周边建筑沉降等风险因素。

综上,在一级风险因素中,工程地质风险、技术与施工涵盖的风险因素更多的是孕险因子;政策审批风险、经济风险及环境风险除包含部分孕险因子外,更多的是不确定的致险因子,尚不能作明确划

分。承险体则为项目建设中具体风险事故的作用对象。风险因素识别结果见表 1。

表 1 城市地下物流系统建设风险识别结果

识别对象	一级风险因素	二级风险影响因素
城市地下 物流系统 建设风险	政策审批风险 A	法律政策体系不配套 A_1
		审批程序不规范 A_2
	工程地质风险 B	不明的地下水文条件 B_1
		地下岩层特质和特点 B_2
		地质构造与断层情况 B_3
		勘探资料不准确 B_4
	经济风险 C	融资风险 C_1
		成本风险 C_2
		工期延期风险 C_3
	环境风险 D	自然灾害 D_1
生态环境污染与破坏 D_2		
社会环境风险 D_3		
技术与施工风险 E	技术的先进性 E_1	
	城市内部基础设施 E_2	
	布置不明的地下管线 E_3	

2 基于熵权法的模糊综合评价

2.1 熵权法

遵照信息论原理,信息是体系有序水平的一个度量,熵是体系无序水平的一个度量;指标的信息熵越小,则其供给的信息量越大,在综合评价中所起作用越大,权重越高。依照熵的特点,通过计算熵值来确定一个事件的随机性及无序程度,可判定某指标的分离程度,指标的离散度越大,对综合评价的影响(权重)越大。

2.2 基于熵权的模糊数学

模糊综合评价是一种基于模糊数学的综合评价方法,根据模糊数学的附属度理论把定性评价转化为定量评价,具有结论清晰、系统性强的特点,并能解决模糊、难以量化的问题,适合各种非确定性问题的处理。设 A 是集合 X 到[0,1]的一个映射, $A: X \rightarrow [0,1], x \rightarrow A(x)$, 则分别称 X 是 A 上的模糊集、A(x)为 x 对模糊集 A 的从属度(从属函数)。若 A(x)越接近于零,则 x 隶属于 A 的水平越小;若 A(x)越接近于 1,表明 x 隶属于 A 的水平越大;若 A(x)为 0~1,则 x 具有模糊性。

2.3 评价流程

结合熵权法与模糊综合评价法,运用模糊数学

综合评价法对地下物流系统建设中可能产生的风险因素进行评价,评价步骤见图1。

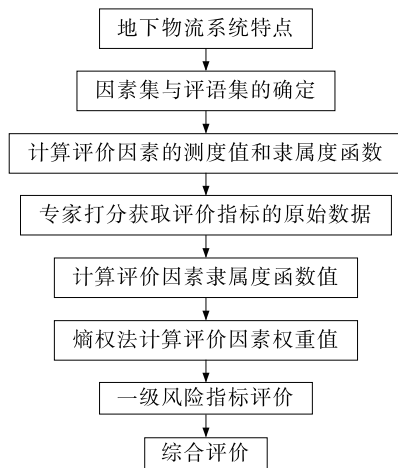


图1 城市地下物流系统建设风险模糊综合评价流程

3 评价模型

3.1 建立风险评价因素集

城市地下物流系统建设风险因素集是建设风险评价指标的集合,按它们的层次性将其分为一级和二级两个层次,分别用 $S = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5\}$ 、 $S_i = \{S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ij}\}$ 表示,其中 S_{ij} 为第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标。根据表1,地下物流系统建设风险评价因素集为:

$$S = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5\} = \{A, B, C, D, E\}$$

$$S_1 = \{S_{11}, S_{12}\} = \{A_1, A_2\}$$

$$S_2 = \{S_{21}, S_{22}, S_{23}, S_{24}\} = \{B_1, B_2, B_3, B_4\}$$

$$S_3 = \{S_{31}, S_{32}, S_{33}\} = \{C_1, C_3, C_3\}$$

$$S_4 = \{S_{41}, S_{42}, S_{43}\} = \{D_1, D_2, D_3\}$$

$$S_5 = \{S_{51}, S_{52}, S_{53}\} = \{E_1, E_2, E_3\}$$

3.2 风险评语集

由于城市地下物流系统建设各风险因素和各因素下的子指标所含的不确定性难以量化,将各指标的可能风险程度划分为可忽略、需考虑、严重与非常严重4个等级,对应分数为 $S = (90, 80, 70, 60)$ 。城市地下物流系统建设各风险等级所对应的风险程度及风险决策见表2。

3.3 熵权法确定权重

建立因素集与评语矩阵后,对风险指标进行量化处理,确定城市地下物流系统建设评价指标对应评语集的风险等级隶属程度。设评价体系有 m 个评价对象、 n 个评价指标,则经过规范化处理后的评价隶属矩阵为:

表2 城市地下物流系统建设风险等级划分与应对措施

风险等级	风险程度	风险分数	应对措施
I	可忽略	90	可忽略,无需风险处理措施,进行常规监测
II	需考虑	80	尚可接受,但需注意监督管理
III	严重	70	需采取相应措施消除或规避
IV	非常严重	60	需高度重视,采取紧急措施排除或转移

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

式中: x_{ij} 为第 i 个样本、第 j 个指标的值。

设第 k 个类别所占比重(测度) $p_{ij} = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik}, \dots, p_{ij}\}$, 其中 $0 \leq p_{ij} \leq 1$, 计算公式如下:

$$p_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

第 j 个指标的熵值为:

$$h_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, m; k=1/\ln n > 0) \quad (2)$$

信息熵冗余度(差异)为:

$$e_j = 1 - h_j \quad (3)$$

各风险指标的权重为:

$$w_j = e_j / \sum_{j=1}^m e_j \quad (4)$$

从而得到风险评价指标的熵权向量:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$$

3.4 模糊综合评价

将模糊评价隶属矩阵 X 和因素权重 W 进行合成,得到模糊综合评价矩阵:

$$T = W \cdot X = (w_1, w_2, \dots, w_n) \cdot$$

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} = (T_1, T_2, \dots, T_n) \quad (5)$$

式中: T_j 为评价指标 j 属于 S_i 相应模糊子集的风

$$\text{险程度}, T_j = \sum_{k=1}^m \omega_k x_{kj}。$$

4 算例分析

4.1 数据收集与整理

以某城市地下物流建设为例,通过问卷调查,邀

请相关专家对其建设风险进行评价,共发放 40 份问卷,其中 36 份有效。调查结果见表 3。

4.2 熵权法确定指标权重

采用测度计算方法确定各指标的隶属度,得出模糊关系矩阵,再应用熵权法得到每个风险影响因子的权重。

表 3 风险影响因素调查结果

一级风险	二级风险影响因素	问卷调查结果/人			
		非常严重	严重	需考虑	可忽略
政策审批风险	法律政策体系不配套	6	19	6	5
	审批程序不规范	5	20	9	2
工程地质风险	不明的地下水文条件	5	10	16	5
	地下岩层特质和特点	7	12	14	3
	地质构造与断层情况	6	14	13	3
	勘探资料不准确	11	7	16	2
	融资风险	9	18	7	2
经济风险	成本风险	12	17	5	2
	工期延期风险	10	20	4	2
	自然灾害	9	12	11	4
环境风险	生态环境污染与破坏	6	11	15	4
	社会环境风险	6	18	10	2
技术与施工风险	技术的先进性	7	22	6	1
	城市内部基础设施	16	9	10	1
	布置不明的地下管线	6	15	12	3

隶属度=指标所得相应评语的有效问卷/总的有风险评价。由式(1)得各风险指标的测度值分别为:(0.17, 0.53, 0.17, 0.14); (0.14, 0.56, 0.25, 0.06); (0.14, 0.28, 0.44, 0.14); (0.19, 0.33, 0.39, 0.08); (0.17, 0.39, 0.36, 0.08); (0.31, 0.19, 0.44, 0.06); (0.25, 0.50, 0.19, 0.06); (0.33, 0.47, 0.14, 0.06); (0.28, 0.56, 0.11, 0.06); (0.25, 0.33, 0.31, 0.11); (0.17, 0.31, 0.42, 0.11); (0.17, 0.50, 0.28, 0.06); (0.19, 0.61, 0.17, 0.03); (0.44, 0.25, 0.28, 0.03); (0.17, 0.42, 0.33, 0.08)。据此得到式(6)所示模糊评价矩阵。

由式(2)得政策审批风险的 2 个因素的熵值分别为:

$$h_{A1} = -\frac{1}{\ln 4} \sum_{j=1}^4 p_{1j} \ln p_{1j} = 0.87$$

$$h_{A2} = -\frac{1}{\ln 4} \sum_{j=1}^4 p_{2j} \ln p_{2j} = 0.80$$

由式(3)得 $e_A = 1 - h_A = (0.13, 0.20)$, 由式(4)

$$X = \begin{bmatrix} X_A \\ X_B \\ X_C \\ X_D \\ X_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.17 & 0.53 & 0.17 & 0.14 \\ 0.14 & 0.56 & 0.25 & 0.06 \\ 0.14 & 0.28 & 0.44 & 0.14 \\ 0.19 & 0.33 & 0.39 & 0.08 \\ 0.17 & 0.39 & 0.36 & 0.08 \\ 0.31 & 0.19 & 0.44 & 0.06 \\ 0.25 & 0.50 & 0.19 & 0.06 \\ 0.33 & 0.47 & 0.14 & 0.06 \\ 0.28 & 0.56 & 0.11 & 0.06 \\ 0.25 & 0.33 & 0.31 & 0.11 \\ 0.17 & 0.31 & 0.42 & 0.11 \\ 0.17 & 0.50 & 0.28 & 0.06 \\ 0.19 & 0.61 & 0.17 & 0.03 \\ 0.44 & 0.25 & 0.28 & 0.03 \\ 0.17 & 0.42 & 0.33 & 0.08 \end{bmatrix} \quad (6)$$

得该风险的熵权为 $\omega_A = (0.39, 0.61)$ 。同理可计算出其他风险因素的权重:

$$\omega_B = (0.21, 0.22, 0.25, 0.32); \omega_C = (0.29, 0.31, 0.40)$$

$$w_D = (0.17, 0.28, 0.55); w_E = (0.49, 0.30, 0.21)$$

由 e_A, e_B, e_C, e_D, e_E 得各一级指标的权重:

$$E_A = \sum_{j=1}^2 e_{Aj} = 0.13 + 0.20 = 0.33$$

$$E_B = \sum_{j=1}^4 e_{Bj} = 0.09 + 0.09 + 0.10 + 0.13 = 0.42$$

$$E_C = \sum_{j=1}^3 e_{Cj} = 0.15 + 0.17 + 0.22 = 0.54$$

$$E_D = \sum_{j=1}^3 e_{Dj} = 0.05 + 0.08 + 0.16 = 0.29$$

$$E_E = \sum_{j=1}^3 e_{Ej} = 0.27 + 0.16 + 0.10 = 0.54$$

依照每个指标效用占总效用的比重,由 $W_n = E_n/E$ 可求出一级指标的权重为 $W_A = 0.16, W_B = 0.20, W_C = 0.25, W_D = 0.14, W_E = 0.25$ 。

4.3 综合风险评价

4.3.1 评价因素权重计算

按式(5)计算,得到反映评价指标与风险程度间的模糊关系 T , T 和分数梯度矩阵 $S = (90, 80, 70, 60)$ 的乘积即为二级评价指标的最后得分 F 。政策审批风险的最后得分为:

$$F_A = W_A \cdot X_A \cdot (90, 80, 70, 60)^T = 78.3$$

同理可得其他4项风险的得分为 $F_B = 76.1, F_C = 80.5, F_D = 77.6, F_E = 79.4$ 。

4.3.2 地下物流建设综合评价

由隶属度计算公式 $Y_{A \sim E} = W_{A \sim E} X_{A \sim E}$ 得:

$$Y_A = (0.15, 0.55, 0.22, 0.09)$$

$$Y_B = (0.21, 0.29, 0.41, 0.09)$$

$$Y_C = (0.29, 0.51, 0.14, 0.06)$$

$$Y_D = (0.18, 0.42, 0.32, 0.08)$$

$$Y_E = (0.26, 0.46, 0.24, 0.04)$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y_A \\ Y_B \\ Y_C \\ Y_D \\ Y_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.55 & 0.22 & 0.09 \\ 0.21 & 0.29 & 0.41 & 0.09 \\ 0.29 & 0.51 & 0.14 & 0.06 \\ 0.18 & 0.42 & 0.32 & 0.08 \\ 0.26 & 0.46 & 0.24 & 0.04 \end{bmatrix}$$

$$F = W \cdot Y \cdot (90, 80, 70, 60)^T =$$

$$[0.22 \quad 0.44 \quad 0.25 \quad 0.09] \cdot$$

$$(90, 80, 70, 60)^T = 77.8$$

该城市地下物流系统建设风险最后综合得分为77.8,风险等级为Ⅱ~Ⅲ级;9%的人认为该城市地下物流建设风险等级为非常严重,25%的人认为其风险级别为严重,44%的人认为其风险级别为需考

虑,22%的人认为其风险可忽略。根据《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》,该程度的风险不能小觑,政府主管及工程建设部门应实施风险防范与监测,制定风险处置措施并加强日常管理;一级风险中工程地质和环境风险的得分较低,项目建设前要做好地质勘探和周围环境方面的准备。

5 结语

城市地下物流系统建设可大大拓宽城市的生存空间,为人们的生活带来诸多效益。但地下物流系统建设和运作中均会出现无法预知的风险。该文仅从政策审批、工程地质、经济、环境、技术与施工风险5个主要方面进行分析,对可能发生的风险进行预测评估,为以后城市地下物流系统建设提供参考。目前对于城市地下物流系统的建设并没有可供参考的实践经验,其建设风险也并不只有上述几方面,建设中需进行更多主、客观因素的详细论证。

参考文献:

- [1] 张文显.法制与国家治理现代化[J].中国法学,2014(4).
- [2] 马成功.基于FAHP和熵权的水利工程社会稳定风险评估研究[D].郑州:华北水利水电大学,2017.
- [3] GB 51157-2016,物流建筑设计规范[S].
- [4] 张萌.地铁建设期风险评估方法及其应用研究[D].广州:广东工业大学,2012.
- [5] 孔德军,刘冬松.建设项目中的风险识别方法[J].基建优化,2002,23(4).
- [6] 贺爱群.地铁施工重大危险源识别与评估研究[D].长沙:中南大学,2010.
- [7] 何煦,周爱莲.基于灰色模糊的城市地下物流系统建设适应性评价[J].公路与汽运,2017(6).
- [8] Ehsan Zahed, S Mohsen Shahandasht, Mohammad Najafi. Investment valuation of an underground freight transportation (UFT) system in texas[A]. Conference Information[C].2017.
- [9] 傅方方.城市地下物流系统风险评价及发展前景研究[D].大连:大连海事大学,2010.
- [10] 侯寒冰.地铁建设项目施工风险评价方法与准则研究[D].大连:大连理工大学,2011.
- [11] 张军,谢洪平,张东,等.基于多级模糊数学和熵权法的输变电工程造价风险评价研究[J].电力经济与研究,2015,43(10).