

轻轨项目分项工程投资风险评价模型设计 ——基于BP神经网络的投资风险分析

王树强,陈立文

WANG Shu-qiang, CHEN Li-wen

河北工业大学 管理学院,天津 300130

School of Management, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China

E-mail: wsqxaf@126.com

WANG Shu-qiang, CHEN Li-wen. Design of investment risk valuation model on subentry project of light track construction—investment risk analysis based on BP neural net. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(1): 219–221.

Abstract: The questionnaire survey cost datum from the first part of the Jin-Bin Light Track project and the statistic cost datum from this project and projects alike were processed to estimate the percents distribution of cost overspending on the subentry project and this kind of distribution caused by each risk factor. BP Neural Net Valuation Seed Model on the investment risk was constructed when the roadbed project was taken as an example with the neural net theory. It was helpful to value the investment risk of the second part project of the Jin-Bin Light Track and other city track projects which would begin as a effective quantified valuation model. It also prepared a promotion template for advanced valuation model with sufficient training sample.

Key words: subentry project; BP neural net; two dimension input variable; seed model

摘要:以津滨轻轨一期工程的问卷调研数据为基础结合该工程及其它相似工程的投资统计数据,估计了各分项工程成本超支百分比分布及其特定风险因素诱发的成本超支百分比分布,利用BP神经网络原理,以路基工程为例构建了分项工程的投资风险BP神经网络评估种子模型,为二期工程及其它欲建的城市轨道工程的投资风险评估提供了有效的定量评估依据,为样本扩充后成熟评估模型的构建提供了升级模板。

关键词:分项工程;BP神经网络;二维输入向量;种子模型

文章编号:1002-8331(2008)01-0219-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**F407.9

1 引言

天津市市区至滨海新区快速轨道交通工程(以下简称津滨轻轨工程)是天津市重点工程。该项目一期工程由市区中山门至开发区第八大街,全长45.049 km,其中高架线路40.186 km,地面线路5.223 km,共规划19个车站(高架站16个,地面站3个,近期开通车站15个,预留车站4个)、车辆段一处,停车场一处及控制中心一处。工程投资估算总额为637 209万元,设计最高时速为100 km/h,按计划于2001年5月18日开工,已于2003年10月1日建成通车^[1]。

津滨轻轨工程项目建设不但技术要求全面,而且一般贯穿城市闹市区、居民区、农田等不同地理环境,因此时间跨度大,施工场地空间范围广,途经地域的地理环境和地质环境复杂,这样施工常会涉及路基工程、桥涵工程、轨道工程、车站工程、电力及牵引供电、通信系统、信号系统等多项专业,同时建设期间也会面临拆迁量大、项目标段划分较多,专业复杂、重叠并行任务多、变更概率大等实际困难,这经常会提高项目建设期间的预算超支风险,增加投资控制难度,因此,依据项目的建设特

点和风险衍生规律,量化各分项工程的成本超支风险从而确定其投资风险控制级别是项目管理的关键^[2]。本文使用德尔斐法确定津滨轻轨工程项目各分项工程的风险因素及诱发的成本概率分布,在收集此项目及各相似项目分项工程实际成本分布的基础上,训练了一般轻轨工程项目分项工程的BP神经网络模型,为今后相似项目建设确定投资控制的重点提供了定量化依据。

2 项目建设期的风险因素辨识

2.1 确定各风险因素诱发投资失控的风险分布特征

对于复杂的大型建设项目,其风险因素会随着时间的推移而相互集结,最终形成项目的建设风险源,识别这些风险因素需要使用有效的风险辨识方法。按照津滨轻轨工程施工计划,整体工程可被划分为如表1纵列所示的13个分项工程^[3],该表的横行列示了每一个分项工程可能面对的风险类型。为了揭示各风险因素对分项工程投资的实际影响,总共向施工人员、现场管理人员、设计人员以及相关专家发放60份调查问卷,问卷

基金项目:河北省自然科学基金(the Natural Science Foundation of Hebei Province of China under Grant No.G2005000085)。

作者简介:王树强(1971-),男,副教授,在读博士,从事项目管理及风险控制专业的研究;陈立文(1965-),男,教授,博士生导师,从事项目管理及风险控制专业的研究。

的问题是当某个风险因素发生时,分项工程实际投资和预算相差特定百分比的概率,问卷共回收 43 份,利用德尔斐法进行了反复对比修正后,笔者计算了各百分比与其出现概率的数学期望和标准差,表 1 列示了计算结果。

2.2 分项工程投资变动分布特征

经统计上海、深圳、广州、北京轨道工程以及津滨轻轨一期工程中各分项工程的实际投资额和预算的差额百分比,从而估计了其概率分布,计算了各分项工程投资变动数学期望和标准差,如表 2 所示。

表 2 各分项工程成本超支百分比统计特征(%)

工程名称	数学期望	标准差	工程名称	数学期望	标准差
施工准备	12.58	3.68	防灾报警	4.22	2.38
路基工程	6.78	3.30	房屋装修	6.96	3.74
桥涵工程	7.48	3.94	自动扶梯	3.96	2.52
轨道工程	4.42	3.01	给排水及消防	4.35	2.48
通信工程	6.54	3.17	环保工程	6.04	3.53
信号系统	5.95	3.12	车辆购置	3.18	3.67
电力及牵引供电	4.74	2.79			

3 项目建设期的投资风险评估

3.1 BP 神经网络的基本特征

人工神经网络是生物神经网络系统的模拟,其信息处理功能是由网络单元的输出输入特性(激活特性)和网络的拓扑结构(神经元的连接方式)所决定^[4],需要通过样本训练优化网络传输参数,精确综合评估结果,其中 BP 神经网络模型不需要构建任何数学模型,只靠过去的经验和专家的知识进行模型构建,尤其可用来处理模糊的、非线性的及含有噪声的数据^[5],因此相对于其他综合评估模型来讲,更适合城市轻轨项目的风险评估。

该网络模型是反向传播模型的简称,具有较好的自学习、自联想功能,应用最为广泛,它是一个典型的多层神经网络,包括输入层、隐节点层和输出层,层间多为全互连方式,同层单元之间不存在相互连接,G.Cybenyo 等人证明,具有一个隐节点层的神经网络能够以任意精度表示任何连续函数^[6],因此实际应用中,经常使用三层网络结构。

BP 算法的学习是由正向传播和反向传播两个过程组成的,在正向传播过程中输入信息从输入层经隐节点层逐层处理,并传向输出层,如果在输出层不能得到期望输出,则转入反

向传播将误差信号沿原来的连接通路返回,把网络学习时输出层出现的与事实不符的误差归结为连接层中各节点间连接权及阈值的过错,通过把输出层节点的误差逐层向输入层逆向传播以分摊给各连接节点,据此调整连接权,从而使输出值达到满意。

3.2 分项工程投资风险 BP 神经网络模型的构建

图 1 构建了路基工程的三层 BP 网络的拓扑结构。

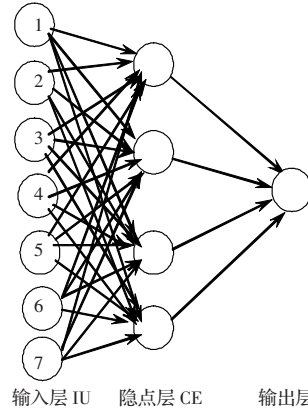


图 1 路基工程投资风险 BP 神经网络评估种子模型

这里之所以称为种子模型是由于我国轨道工程建设数量较少,而且工程投资数据统计不全,因此用于训练网络的样本数量较少,由表 1 可知,每个分项工程的每个风险因素的成本超支分布只有一个,对应的表 2 所示的每个分项工程的成本超支分布也只有一个,综合来看只有一个训练样本,这样所得的网络模型很不精确,笔者认为,此模型可看作模型种子,随着我国城市轨道交通工程项目的增多,可对样本按照工程类型细分,并对每个类别分别进行数据调研和成本超支百分比分布计算,这样样本数量会大幅增加,训练次数迅速增多,种子模型稍加修正可萌生更成熟的网络模型,所以该模型可看作未来成熟模型的种子。

如图 1 IU 含有 7 个节点,分别对应路基工程面对的 7 个风险因素所诱发的成本超支百分比数学期望和标准差,这样 IU 的每个节点实质上是二维输入向量;OU 含有 1 个节点,对应路基工程成本超支百分比的数学期望和标准差,这样 OU 的每个节点实质上是二维输出向量;所以 CE 的每个节点实质上是二维响应向量,其含有的节点数量由如下公式确定:

表 1 各分项工程特定风险因素诱发的成本超支百分比统计特征(%)

	经济风险(1)		政策风险(2)		不可抗力(3)		现场环境(4)		管理协调(5)		设计风险(6)		技术风险(7)	
	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V
施工准备	7.56	6.04	7.01	4.96	-	-	9.07	5.41	0.70	5.34	-	-	-	-
路基工程	1.74	3.94	1.51	3.50	3.84	3.87	2.68	4.75	-1.28	3.43	0.58	3.44	0.71	3.16
桥涵工程	2.44	3.80	2.21	3.45	3.49	3.99	3.61	5.12	-1.52	3.66	0.93	3.45	1.16	3.38
轨道工程	0.46	3.37	0.12	2.95	1.17	3.21	-	-	-1.86	3.24	0.71	3.83	0.23	3.40
通信工程	1.51	3.33	1.51	2.96	1.39	2.92	-	-	-1.28	4.20	2.79	4.08	2.90	4.21
信号系统	1.39	2.92	0.35	3.12	-0.23	4.31	-	-	1.51	3.66	2.10	3.62	2.46	4.63
电力及牵引供电	0.59	2.90	0.47	4.01	0.12	3.14	-	-	-0.70	3.83	2.22	2.92	0.81	2.63
防灾报警	0.12	2.95	0.35	3.64	0.35	3.64	-	-	-1.05	3.15	0.12	3.81	0.93	2.90
房屋装修	1.16	3.70	1.86	2.86	2.32	3.79	1.74	5.79	-0.93	4.35	1.86	3.58	1.63	3.01
自动扶梯	0.58	3.77	-0.47	3.02	0	3.23	-	-	-1.28	3.25	-0.12	3.81	0	2.65
给排水及消防	0	2.65	0.12	2.95	0.82	3.22	1.40	3.46	-1.86	3.41	-0.24	3.72	-0.12	2.95
环保工程	0.35	3.31	4.03	3.59	0.70	4.12	1.28	4.83	-1.52	3.66	0.47	4.15	0.82	3.88
车辆购置	0.70	3.67	-	-	-	-	-	-	-0.71	4.25	-0.01	3.73	-	-

E:均值;V:标准差

$$n_{CE} = \sqrt{n+p} + l$$

n 为输入节点数量, p 为样本数量, l 是 1~10 间的常数。

根据上述模型设计, n 为 7, p 样本数量为 1, 所以 n_{CE} 可设定为 4。

设 IU 层节点 $a_i=(E_i, V_i)(i=1, 2, \dots, 7)$ 到 CE 层节点 $br=(E_r, V_r)(r=1, 2, \dots, 4)$ 间的连接权为 w_{ir} , CE 层节点 b_r 到 IU 层节点 $c_j=(E_j, V_j)(j=1)$ 间的连接权 v_{jr} , T_r 为 CE 层节点的阈值, O_j 为 OU 层节点的阈值。则 CE 层中节点的输出函数为:

$$b_r = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ir} a_i + T_r\right) \quad r=1, 2, 3, 4$$

OU 层中节点的输出函数为:

$$c_j = f\left(\sum_{r=1}^n v_{jr} b_r + O_j\right) \quad j=1$$

其中 $f(x) = (1 + e^{-x})^{-1}$ 。

该 BP 网络学习过程如下:

(1) 给 w_{ir}, T_r, v_{jr}, O_j 随机赋一个较小的值。

(2) 对样本 (IU^k, OU^k) (目前 $k=1$, 当以后城市轨道交通工程项目增多后, $k=1, 2, \dots, p$) 进行下列操作。

① 将 IU^k 的值 a_i^k 输入 IU 层节点, 依次正向计算:

$$b_r = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ir} a_i + T_r\right) \quad r=1, 2, 3, \dots, m$$

$$c_j = f\left(\sum_{r=1}^n v_{jr} b_r + O_j\right) \quad j=1$$

② 计算 OU 层节点输出 c_j 与期望输出值 c_j^k 的误差, 令: $d_j =$

$\sum_{s=1}^2 c_{js} (1 - c_{js}) (c_{js}^k - c_{js})$, $c_{j1}^k = E, c_{j1}^k = V$ 。向 CE 层节点反向分配误差, 令: $e_r = b_r (1 - b_r) (v_{jr} - d_j)$, $j=1$ 。

③ 调整 CE 层与 OU 层节点间的连接权 v_{jr} 及 OU 层节点阈值 O_j :

$$v_{jr} = v_{jr} + \alpha b_r d_j \quad 0 < \alpha < 1 \quad O_j = O_j + \alpha d_j \quad 0 < \alpha < 1$$

④ 调整 IU 层与 CE 层节点间连接权 w_{ir} 及 CE 层节点阈值 T_r :

$$w_{ir} = w_{ir} + \alpha a_i e_r \quad 0 < \alpha < 1$$

$$T_r = T_r + \alpha e_r \quad 0 < \alpha < 1$$

(3) 重复步骤(2), 直至对于 $j=1, 2, 3, \dots, p; k=1, 2, \dots, q$, 误差 E_m (学习的目标函数) 变得足够小。

$$E_m = \frac{0.5 \sum_{k=1}^p \sum_{s=1}^2 (c_{js}^k - c_{js})^2}{p}, j=1, \text{当前 } P=1, \text{当以后城市轨道交通工程项目增多后, } p > 1。$$

3.3 网络模型训练结果

经马克威分析系统训练, 得到如下学习结果:

当前系统精度为 0.000 990 达到设定系统精度 0.001 000。

由上述结果可知, 经过训练, 种子 BP 模型的训练精度可

表 3 变量(成本超支分布)训练结果(%)

	预测值	实际值	绝对误差	相对误差
行号:01	6.624 8	6.780 0	0.155 2	0.022 9
行号:02	3.454 4	3.300 0	0.154 4	0.046 8

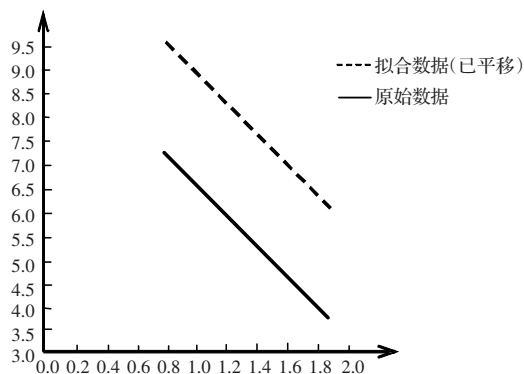


图 2 成本超支分布训练拟合图

达 95% 以上, 但由于样本较少, 拟合图形略显单调, 随着更多城市轨道交通项目的完工, 样本会大幅增加, 衍生模型训练结果将更为精确, 风险预测将更位准确。

依此类推可设计其他分项工程的投资风险 BP 网络评估模型。

4 结语

BP 神经网络模型是综合评价社会、经济现象的有效定量方法, 但是模型设计的有效性和实用性还取决于专家、各级管理技术人员对风险因素的客观、负责的估计, 因此, 需要科学合理地设计调查咨询方案, 必要时应建立风险评估管理的专业机构, 或者将风险管理列入建设单位内部的日常管理职能, 提高相关人员参与风险管理工作的自觉意识, 增强其对风险评估工作的责任感。(收稿日期: 2007 年 7 月)

参考文献:

- [1] 王树强, 张祖刚. 津滨轻轨工程全过程投资控制体系分析及评价[J]. 建筑经济, 2006(9): 23-26.
- [2] Ranasinghe, Malik, Russell, Alan D. Economic risk analysis of large engineering projects[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 1991, 18(3): 170-177.
- [3] 张金立. 津滨轻轨工程建设管理系统研究[M]. 天津: 天津大学出版社, 2005: 108-123.
- [4] Chen Liwen. Theory model of item investment risky returns[J]. Journal of Systems Science and Information, 2003(2): 153-162.
- [5] Chen Liwen. A method on the item investment risk internal decision-making of processing ranking style[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2002, 11(3): 333-340.
- [6] 陈立文. 项目投资风险分析理论与方法[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 56-66.