

# 基于FPN的电力信息工程监理服务质量评价研究

在电力行业的信息化建设中引入监理机制促进了电力行业信息化建设的健康发展,但对电力行业信息化监理服务的评价这一领域却鲜有人问津,依据GB/T 19668.1-2014《信息技术服务监理 第1部分:总则》提出的信息工程监理服务评价相关内容,将模糊Petri网理论运用于电力行业的信息工程监理服务质量评价中,结合模糊Petri网的知识推理能力,构建出电力行业信息工程监理服务质量评价FPN模型,结合熵权法与模糊Petri网的形式化推理算法,实现对监理服务质量客观有效地评价,并通过实例证明该方法的有效性和实用性。

吴丹<sup>1</sup> 刘宏志<sup>1</sup> 李伟<sup>2</sup> 舒彬<sup>2</sup> 尹璐<sup>2</sup>/1.北京工商大学计算机与信息工程学院  
2.国网北京电力经济技术研究院



吴丹/硕士研究生

## 关键词/Keywords

电力行业·  
信息工程监理·  
FPN·  
服务质量评价·

## 0 引言

随电力行业是信息化技术发展较早的行业之一<sup>[1]</sup>,近年来,电力行业的众多信息化项目都引入了监理机制,信息化监理促进了电力行业信息化建设的健康发展,相比之下,对电力行业信息化工程监理服务的评价这一领域却极少有人问津。2014年12月12日,工信部发布了GB/T 19668.1-2014《信息技术服务监理 第1部分:总则》<sup>[2]</sup>,定于2015年4月1日正式实施,该标准增加了对信息工程监理服务评价的相关内容。对监理服务的评价在业内尚没有统一的方法,目前较常用的方法包括模糊综合评价法<sup>[3]</sup>以及

朱方方等人提出的基于云模型的监理服务质量评价方法<sup>[4]</sup>。这些方法不仅计算量大,而且缺乏严密的数据逻辑推理支撑。

本文在结合电力行业信息化工程监理的特殊性,构建出基于模糊petri网(FPN)理论的信息工程监理服务质量评价模型,把信息工程监理服务质量评价看作多个阶段动态决策的模糊知识推理过程,通过结合熵权法与模糊Petri网的形式化推理算法来确定监理服务质量等级,使评价结果更客观和具有说服力。

## 1 电力行业信息工程监理服务质量评价指标体系

电力行业作为具有专业特性的行业,其行业背景和现状使电力信息系统工程监理有了一定的特殊性。对电力信息系统工程监理服务质量的评价,需分别从承建方和建设方的视角,分析出影响监理服务质量的关键指标。本文依据信息工程监理内容<sup>[5-7]</sup>,从监理组织结构及工作制度、监理工作策划及前期准备、监理质量控制、监理进度控制、监理投资控制和监理合同及信息管理六个方面构建电力行业信息化工程监理服务质量评价指标体系,如图1所示。

## 2 基于FPN的电力信息工程监理服务质量评价模型

### 2.1 模糊petri网

模糊petri网(FPN)可以描述为一个六元组FPN  $(P, T, IN, OUT, V, M)$ <sup>[8]</sup>。其中, $P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 为库所的有限集合; $T=\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ 为变迁的有

北京市属高等学校科学技术与研究生教育创新工程建设项目(PXM2012\_014213\_000037)。

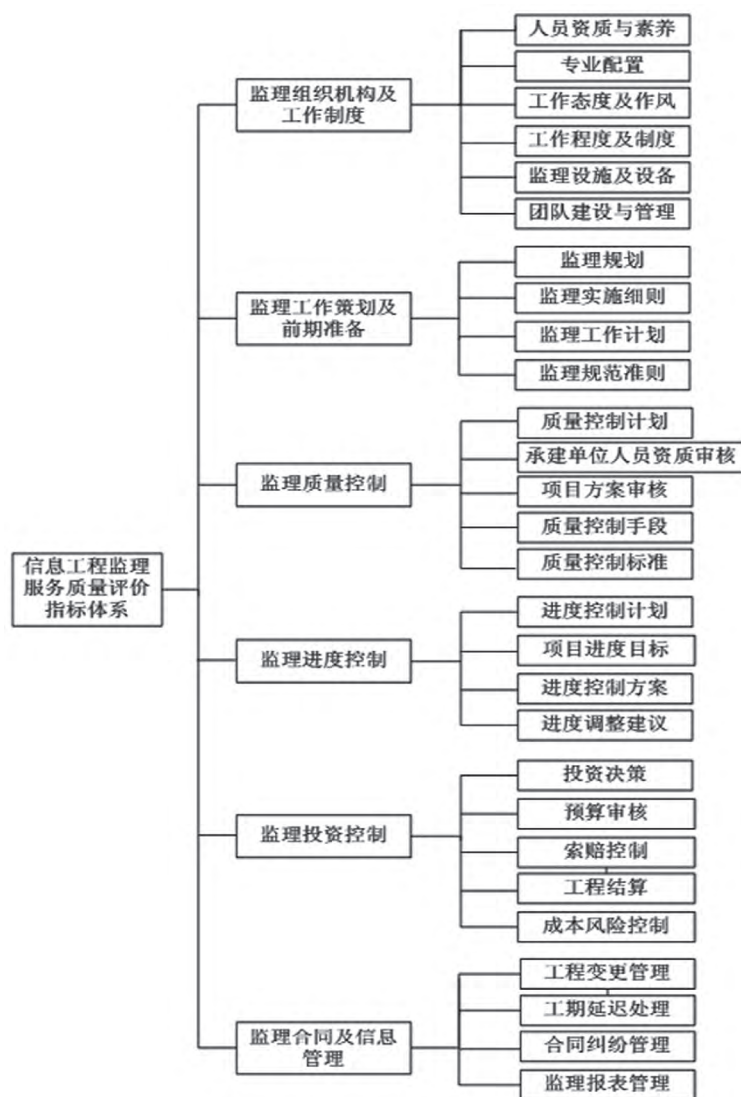


图1 信息工程监理服务质量评价指标体系

限集合； $IN: P \rightarrow T$ 是变迁的输入矩阵， $IN=\{\alpha_{ij}\}$ ， $\alpha_{ij} \in \{0,1\}$ ，当 $p_i$ 为 $t_j$ 的输入时， $\alpha_{ij}=1$ ，否则， $\alpha_{ij}=0$ ； $OUT: T \rightarrow P$ 为变迁的输出矩阵， $OUT=\{\beta_{ij}\}$ ， $\beta_{ij} \in \{0,1\}$ ，当 $p_i$ 为 $t_j$ 的输出时， $\beta_{ij}=1$ ，否则， $\beta_{ij}=0$ ； $V$ 是 $T$ 的置信度相量， $v_j$ 为变迁 $t_j$ 的置信度； $M(0)$ 为 $n \times q$ 阶的初始状态矩阵，其元素 $m_{ij}^0$ 是 $p_i$ 在 $j$ 等级的初始状态值， $n \times q$ 为 $n$ 个库所在 $q$ 个等级中的状态， $M(k)$ 为发生了 $k$ 次变迁后的状态矩阵。

## 2.2 基于形式化推理的FPN监理服务质量评价

### 2.2.1 基本定义

(1) 设 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 和 $E$ 均为 $n \times m$ 维的矩阵<sup>[9-10]</sup>，则：

1) 加法算子 $\oplus$ ： $C=A \oplus B \Leftrightarrow c_{ij}=\max(a_{ij}, b_{ij})$ 。

2) 比较算子 $\circ$ ： $D=A \circ B \Leftrightarrow d_{ij}=1$  if  $a_{ij} \geq b_{ij}$ ， $d_{ij}=0$  if  $a_{ij} < b_{ij}$ 。

3) 直乘算子 $\otimes$ ： $E=A \otimes B \Leftrightarrow e_{ij}=a_{ij} \times b_{ij}$ 。

(2) 服务质量等级评价矩阵 $Q$ ，设 $Q=(10, 8, 6, 4, 2)$ ，其中，8~10为等级A，表明服务质量“非常好”；6~8为等级B，表明服务质量“较好”；4~6为等级C，表明服务质量“一般”；2~4为等级D，表明服务质量“较差”；0~2为等级E，表明服务质量“非常差”。

### 2.2.2 熵权法计算各指标权重系数

指标的信息熵表明了指标值变异程度的大小。熵权法的步骤如下：

(1) 数据标准化。假定有 $k$ 个指标 $X_1, X_2, \dots, X_k$ ，其中 $X_i=\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}$ 。设对各指

标数据进行标准化后的值为 $Y_1, Y_2, \dots, Y_k$ , 那么

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)} \quad (1)$$

(2) 求各指标的信息

$$E_j = -\ln(n)^{-1} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (2)$$

$$p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}} \quad (3)$$

如果 $p_{ij}=0$ , 则定义 $\lim_{p_{ij} \rightarrow 0} p_{ij} \ln p_{ij} = 0$

(3) 确定各指标的权重

$$W_i = \frac{1 - E_i}{k - \sum E_i} (i = 1, 2, \dots, k) \quad (4)$$

### 2.2.3 电力信息工程监理服务质量评价形式化推理算法

将信息工程监理服务质量评价指标体系转化为相应的模糊petri网, 根据FPN的定义, 求出输入矩阵 $IN$ , 输出矩阵 $OUT$ , 通过专家评分可确定初始状态矩阵 $M(0)$ , 利用熵权法确定变迁的置信度相量 $V=\{v_j\}$ , 其中 $v_j$ 为各因素影响监理服务质量的权重。步骤如下:

(1) 令 $k=0$ 。

(2) 计算各因素事件为真的可信度 $IN^T M(k)$ 及变迁发生后的输出置信度 $U \otimes OUT$ 。

(3) 计算变迁发生后监理服务质量状态变化程度

$$M^{k+1} = (U \otimes OUT)[IN^T M(k)] \quad (5)$$

(4) 计算变迁发生后模糊petri网的下一个

状态

$$M(k+1) = M(k) \otimes M^{k+1} \quad (6)$$

(5) 如果 $M(k+1)=M(k)$ , 则停止计算; 否则, 转向(3)。

(6) 利加权平均计算信息工程监理服务质量各指标最终评分 $F$

$$F = M(k)Q^T \quad (7)$$

式中,  $F$ 为 $n$ 维相量, 最优一个元素 $f_n$ 对应以及评价指标。

## 3 实例分析

对某电力公司的信息化工程项目的监理服务进行评价, 由电力公司和工程承建方代表组成的评分小组对监理服务进行评分, 运用信息工程监理服务质量评价形式化推理算法, 对该监理单位的服务进行客观公正的评价。

### 3.1 构建FPN评价模型

根据如图1所示的指标评价体系, 结合模糊petri网的定义以及模糊petri网的知识表达形式, 依据信息工程监理服务质量评价指标体系与模糊Petri网模型的对应关系, 如下表所示, 将其转化为对应的FPN模型如图2所示。

表 监理服务质量指标体系与模糊Petri网对应关系表

| 评价指标体系         | 模糊Petri网模型      |
|----------------|-----------------|
| 影响监理服务质量的指标    | 模糊Petri网的库所     |
| 影响监理服务质量的过程    | 模糊Petri网的变迁     |
| 指标的可能估计值       | 模糊Petri网库所中的托肯数 |
| 各指标影响监理服务质量的权重 | 模糊Petri网中变迁的置信度 |

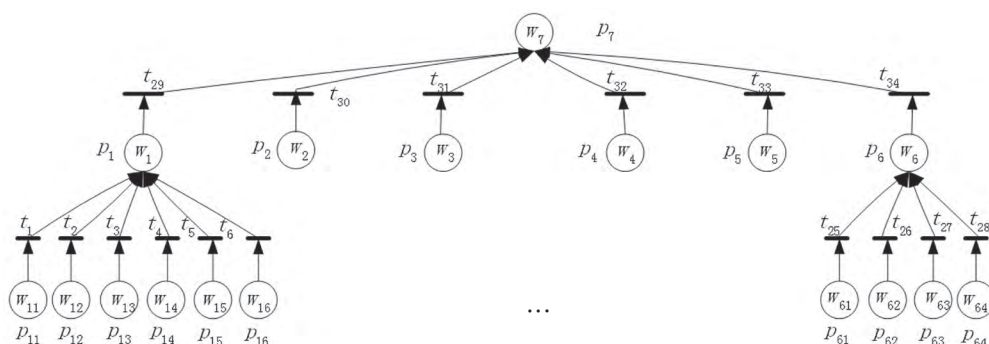


图2 信息工程监理服务质量FPN模型

### 3.2 求解评价指标

图1、图2中,  $p_i$ 为各评价指标;  $t_j$ 为变迁。

由电力公司成员和项目承建方代表共7名成员

组成的专家组根据该监理单位在此项目中的表现对监理服务质量进行评分，总分10分制，并按3.1中的服务质量等级评价矩阵将其划分为5个等级。由信息工程监理效果FPN模型确定输入矩阵 $I$ 和输出矩阵 $O$ 。根据评分表，运用熵权法计算各评价指标的权重相量，并根据粗糙隶属度原理，得到监理服务质量FPN各库所的初始状态 $M_0$ ，即

$$M_0 = \begin{bmatrix} 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0 & 0.43 & 0.43 & 0.14 & 0 \\ 0.14 & 0.29 & 0.43 & 0.14 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 \\ 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 & 0 \\ 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0 & 0.14 & 0.29 & 0.43 & 0.14 \\ 0 & 0 & 0.57 & 0.43 & 0 \\ 0.57 & 0.43 & 0 & 0 & 0 \\ 0.14 & 0.57 & 0.29 & 0 & 0 \\ 0.14 & 0.43 & 0.29 & 0.14 & 0 \\ 0.43 & 0.43 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0 & 0.43 & 0.43 & 0.14 & 0 \\ 0 & 0 & 0.57 & 0.43 & 0 \\ 0 & 0.14 & 0.29 & 0.43 & 0.14 \\ 0.14 & 0.57 & 0.29 & 0 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 \\ 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0.14 & 0.57 & 0.29 & 0 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 \\ 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 \\ 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0.14 & 0.29 & 0.43 & 0.14 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 \\ 0 & 0.29 & 0.43 & 0.14 & 0.14 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

由熵权法确定的各指标的权重向量可得各变迁的置信度相量为：

$$V = \{0.21, 0.20, 0.22, 0.06, 0.18, 0.13, 0.44, 0.08, 0.4, 0.08, 0.19, 0.14, 0.22, 0.23, 0.22, 0.08, 0.35, 0.13, 0.44, 0.30, 0.23, 0.09, 0.29, 0.09, 0.36, 0.38, 0.11, 0.15, 0.19, 0.16, 0.17, 0.16, 0.14, 0.18\} \quad (9)$$

由信息工程监理服务质量评价形式化推理算法进行程序迭代各指标的最终评价状态为

$$M_2 = M_3 = \begin{bmatrix} 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0 & 0.43 & 0.43 & 0.14 & 0 \\ 0.14 & 0.29 & 0.43 & 0.14 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 \\ 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 & 0 \\ 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0 & 0.14 & 0.29 & 0.43 & 0.14 \\ 0 & 0 & 0.57 & 0.43 & 0 \\ 0.57 & 0.43 & 0 & 0 & 0 \\ 0.14 & 0.57 & 0.29 & 0 & 0 \\ 0.14 & 0.43 & 0.29 & 0.14 & 0 \\ 0.43 & 0.43 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0 & 0.43 & 0.43 & 0.14 & 0 \\ 0 & 0 & 0.57 & 0.43 & 0 \\ 0 & 0.14 & 0.29 & 0.43 & 0.14 \\ 0.14 & 0.57 & 0.29 & 0 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 \\ 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0.14 & 0.57 & 0.29 & 0 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 \\ 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 \\ 0.29 & 0.57 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0.14 & 0.29 & 0.43 & 0.14 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.14 \\ 0 & 0.29 & 0.43 & 0.14 & 0.14 \\ 0.1917 & 0.3564 & 0.2667 & 0.1328 & 0.0524 \\ 0.1732 & 0.2964 & 0.3128 & 0.2064 & 0.0112 \\ 0.1408 & 0.362 & 0.3508 & 0.1464 & 0 \\ 0.1766 & 0.4979 & 0.224 & 0.0721 & 0.0294 \\ 0.2033 & 0.5178 & 0.2015 & 0.0522 & 0.0252 \\ 0.1576 & 0.3897 & 0.3102 & 0.1061 & 0.0364 \\ 0.287499 & 0.390622 & 0.271883 & 0.112726 & 0.018172 \end{bmatrix} \quad (10)$$

各指标的等级状态如图3所示。

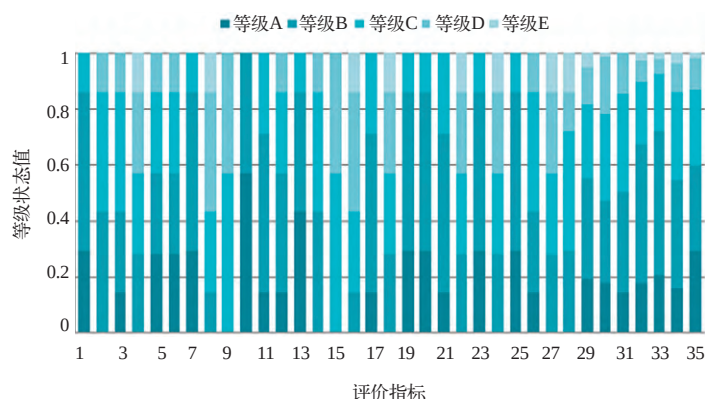


图3 评价指标等级状态图

由各指标的最终评价状态可得对监理效果的评价相量 $G$ 为

$$G = (0.287\ 499, 0.390\ 622, 0.271\ 883, 0.112\ 726, 0.018\ 172) \quad (11)$$

通过加权平均可得该监理单位的服务质量评分为7.798。

### 3.3 确定监理服务质量等级

根据满意度等级评价矩阵 $Q$ ，可知该电力公司的此信息化项目中，监理单位的服务质量为等级B，服务质量较好。

## 4 结束语

本文将基于推理的模糊petri网原理运用到电力行业的信息工程监理服务质量评价中，与传统的模糊综合评价法相比，能在一定程度上避免主观性，使评价结果更加客观。同时，该方法计算效率高，迭代次数取决于评价体系的层次数。但是该方法仍需专家评分，并且在构建指标体系时仍依赖于主观经验，所以在仍无法完全避免主观因素影响，这也将成为日后研究的重点。

### 参考文献

- [1] 滕树园. 电力企业信息化进程中信息监理制度的研究[D]. 大连: 东北财经大学, 2010.
- [2] GB/T 19668.1—2014. 信息技术服务监理 第1部分: 总则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [3] 刘洋. 信息工程监理的目标控制及效果评价研究[D]. 天津: 天津大学, 2004.
- [4] 朱方方, 刘宏志. 基于云模型的信息工程监理服务

质量评价的研究[J]. 计算机技术与应用, 2013, 39(10): 133-135.

- [5] 刘宏志, 徐全平, 葛乃康. 我国信息化工程监理体制框架的探讨[J]. 信息技术与标准化, 2004(9): 34-38.
- [6] 吴丹, 刘宏志. PCA模型在信息工程监理招标阶段的应用研究[J]. 广西民族大学学报(自然科学版), 2014, 20(3): 68-70.
- [7] 邓小云, 刘宏志. 基于云计算的食品安全监管研究[J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2012, 30(7): 75-78.
- [8] Motameni H, Ghassempouri T, Nematzadeh H. Evaluating the reliability of communication diagram using Fuzzy Petri nets[C]. Software Engineering and Service Science(ICSESS), 2011 IEEE 2nd International Conference on, 2011:520-523.
- [9] 孙晓玲, 王宁, 梁艳. 应用带标识的模糊Petri网的模糊推理[J]. 计算机工程与科学, 2012, 34(3): 152-157.
- [10] Wu S, He Z. Application of fuzzy Petri net in fault diagnosis of traction power supply system for high-speed railway[J]. DianWangJishu/Power System Technology, 2011, 35(9):79-85.

(收稿日期: 2015-05-15) EA

### 作者简介

吴丹(1991-), 女, 硕士研究生, 研究方向为信息工程监理。

刘宏志(1964-), 男, 教授, 研究生导师, 研究方向为信息化工程监理、电子政务、软件工程。