

基于相容粗糙-模糊集的电力通信网风险评估

高会生,冯力娜

GAO Hui-sheng, FENG Li-na

华北电力大学 电子与通信工程系,河北 保定 071003

Department of Electronic and Telecommunication Engineering, North China Electric Power University, Baoding, Hebei 071003, China

E-mail: fengln82@163.com

GAO Hui-sheng, FENG Li-na. Risk evaluation of electric power communication network based on tolerant rough-fuzzy set. Computer Engineering and Applications, 2010, 46(12): 106-108.

Abstract: Owing to the complexity and the uncertainty of risk factors of electric power communication network, as well as the fuzziness of data, it has given the risk evaluation method of the electric power communication network based on tolerant rough-fuzzy set after analyzing the problem. The risk evaluation model of the electric power transmission network has established, and after analyzing the actual data using this method, the possibilities of each tolerant class belonging to the different decision-making class are determined and objective risk evaluation rules are obtained. The results indicate that this method is effective and feasible, and it has certain guiding sense to the risk management.

Key words: tolerant rough-fuzzy set; risk evaluation; rough set; electric power communication network

摘 要: 鉴于电力通信网风险因素的复杂性和不确定性以及评估数据的模糊性问题,在对其分析的基础上,提出运用相容粗糙-模糊集对电力通信网进行风险评估的方法。通过建立电力通信传输网风险评估模型,利用该方法对某地电力传输网的实际数据进行分析,求出每一个相容类属于不同风险等级的可能值,得到客观的风险评估规则。结果表明该方法有效可行,对风险管理具有一定的指导意义。

关键词: 相容粗糙-模糊集; 风险评估; 粗糙集; 电力通信网

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2010.12.030 **文章编号:** 1002-8331(2010)12-0106-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TN915.853

1 引言

电力通信网是面向电力系统运行和管理的通信专网^[1],具有明显的行业特色和特殊的安全可靠性要求。电力通信网具有多技术、多层次的复杂网络结构,任何一个部分的故障,都会影响到通信系统的服务质量,甚至还会对电网的安全稳定运行构成严重威胁。风险评估是一种预防风险发生和加强安全管理的有效方法。目前国内外风险评估的方法很多,主要有基于概率论的方法、基于可靠性理论的方法、基于模糊理论的方法和基于人工智能的方法等。近年来,粗糙集理论(Rough Set)的广泛应用为风险评估提供了新的思路,它在网络安全风险评估^[2]、信用风险分析^[3]以及信息系统安全风险评估^[4]、电力稳态安全评估^[5]等方面已得到了一定的应用。

然而,传统粗糙集方法仅仅考虑条件属性是离散值,决策属性值是确定值的情况,这对于结构复杂、风险事件杂乱、种类繁多的电力通信网来说常常很难满足。一方面,电力通信网中存在大量的连续数据,对数据的离散化处理可能会丢失信息,影响评估的结果。另一方面,电力通信网的风险常常处在两个(或两个以上)风险等级之间,使决策不能完全确定,即决策属性值是模糊的。鉴于这几方面的因素,粗糙集的应用就受到了限制。基于相容粗糙模糊集的电力通信网风险评估方法能有效地解

决以上问题,它不仅能处理决策属性值的模糊性,而且将不可分辨关系拓展到相容关系,放宽了粗糙-模糊集的不可分辨关系^[6]对实际数据的限制,避免了数据离散化丢失信息的问题。由于电力通信网的复杂性,这里仅以电力传输网的风险分析为例来说明该方法的可行性和有效性。

2 电力通信网风险评估

电力通信网是由光纤、微波及卫星电路构成主干线,各支路充分利用电力线载波、特种光缆等电力系统特有的通信方式,并采用明线、电缆、无线等多种通信手段及程控交换机、调度总机等设备组成的多用户多功能的综合通信网,它是电力系统中的支撑和保障系统。其最重要的特点是要求高度的可靠性和适时性,另外还有用户分散、容量小、网络复杂等特点。风险在电力通信网中的定义是电力通信网面临的不确定性因素发生的可能性及所造成的影响。电力通信网风险评估^[7]就是根据电力通信网的特点,利用综合性的、多层次的方法对电力通信网的业务运行状况、设备的安全状况等方面进行评价,评估网络风险发生的可能性,以及影响因素,采取措施将风险的影响降到最低。

作者简介: 高会生(1963-),男,教授,研究方向为通信网的管理和安全风险评估、信息处理;冯力娜(1982-),女,硕士研究生,研究方向为电力通信网安全风险评估。

收稿日期: 2008-10-14 **修回日期:** 2009-01-07

3 相容粗糙-模糊集

定义1(相容关系)^[8] $\forall x, y \in U, \forall a_j \in C(j=1, 2, \dots, m)$, 定义阈值 $t(a_j)$, 如果均满足 $d(a_j(x), a_j(y)) \leq t(a_j)$, 则说 xRy , 其中 $d(a_j(x), a_j(y)) = |a_j(x) - a_j(y)|$.

显然, 关系 R 满足(1)自反性: xRx ; (2)对称性 $xRy \rightarrow yRx$. 但它不满足传递性, 因而关系 R 是相容关系. 相容关系是相容粗糙-模糊集的核心, 是不可分辨关系的拓展.

定义2(相容类)^[8] $\forall x \in U$, 其中相容类的定义为:

$$RS(x) = \{y \in U | xRy\} \quad (1)$$

这样, 将对象集分成 h 个相容类, $U = \{F_1, F_2, \dots, F_h\}$.

定义3(相容粗糙-模糊集)^[8] 设 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, X 是 U 上的一个模糊集, 在相容关系 R 下, 定义相容粗糙-模糊集为 $R(X) = (\underline{R}(X), \overline{R}(X))$.

对于 $x \in U$, 相容类 $RS(x)$ 在相容粗糙-模糊集中的隶属函数为:

$$\mu_{\underline{R}(X)}(RS(x)) = \inf\{\mu_X(x) | x \in RS(x)\} \quad (\forall x \in U) \quad (2)$$

$$\mu_{\overline{R}(X)}(RS(x)) = \sup\{\mu_X(x) | x \in RS(x)\} \quad (\forall x \in U) \quad (3)$$

定义4(相容粗糙-模糊隶属函数)^[8] 设 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, X 是 U 上的一个模糊集, 在相容关系 R 下, 对象 $x \in U$ 对 X 的相容粗糙-模糊隶属函数定义为:

$$\eta_X(x) = \frac{|F \cap X|}{|F|} \quad (4)$$

式中, $F = RS(x)$, 即为 x 的相容类. 另外有 $0 \leq \eta_X(x) \leq 1$.

4 基于相容粗糙-模糊集的风险评估模型

4.1 电力传输网评估指标体系

随着电网的延伸和通信技术的进步, 电力传输网的传输方式也多种多样, 主要以光纤、数字微波传输为主, 卫星、电力载波、电缆、移动通信等多种通信方式并存, 承载的业务涉及语音、数据、远动、继电保护、电力监控、移动通信等领域. 综合考虑风险的影响因素以及指标建立的系统性、简要性和可操作性原则初步建立电力传输网的评估指标体系, 如图1所示.

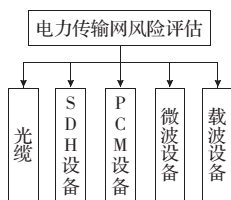


图1 电力传输网评估指标体系图

4.2 电力传输网风险评估系统

根据上面的分析, 电力传输网风险评估系统可以表示成一个决策表 (U, A, V) , 其中 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为非空有限集, 表示传输网所处的故障状态. A 为非空有限集, 其中 $A = C \cup D$, $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5\}$ 是条件属性, 分别表示传输部分各个指标, 即光缆、SDH设备、PCM设备、微波设备和载波设备. $D = \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\}$ 为决策属性, 表示系统的风险大小, 分别表示风险等级较低、低、中、高、很高. 风险等级的描述如表1所示. V 为属性值, $V = V_C \cup V_D$, 其中, V_C 是条件属性值集, V_D 是决策属性值集, 并且决策属性值 V_D 是一个模糊值, 即对于任一个对象 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$, 它可能属于多个决策类, 且属于每一个决策类的程度不同, 即决策属性值为模糊值.

表1 风险评价等级描述

等级	描述
较低 d_1	风险事件发生的概率很低, 并且对资产及其所服务的行业造成的经济损失很小, 甚至有些情况下可以忽略不计
低 d_2	风险事件发生的概率较低, 并且对资产及其所服务的行业造成较小的经济损失
中 d_3	风险事件发生的概率一般, 并且对资产及其所服务的行业造成较大的经济损失
高 d_4	风险事件发生的概率较高, 并且对资产及其所服务的行业造成较为重大的经济损失
很高 d_5	风险发生的概率很高, 并且对资产及其所服务的行业造成重大经济损失

4.3 具体分析步骤

利用相容粗糙-模糊集进行风险评估的步骤是: 先根据上述分析建立电力传输网风险评估信息决策表, 然后应用相容粗糙-模糊集的有关概念对其进行分析. 分析包括: (1)提取相容类, 相容类的数量就是最终得到规则的数目; (2)求取上下近似对各决策属性的隶属函数值; (3)计算相容粗糙-模糊集隶属函数值, 得到每一个对象在不同决策类中的可能值, 也就是获得所需的评估规则; (4)应用规则分析实际系统, 得到系统的风险等级.

5 风险分析

首先收集评估数据, 根据某地电力通信网实际运行情况, 并结合各时期评估数据得到如下评估决策表, 如表2所示. 决策表的条件属性是传输网的评估指标集, 决策属性是风险等级. 条件属性值是各设备的故障概率, 是连续值. 因为电力通信网的风险因素的不确定性很大, 具有模糊性, 所以决策属性值不是一个确定值, 而是风险隶属度函数.

表2 模糊目标评估决策表

对象	条件属性					决策属性				
	光缆	SDH设备	PCM设备	微波设备	载波设备	很低	低	中	高	很高
U	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
1	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.95	0.10	0	0	0
2	0.21	0.13	0.11	0.11	0.08	0.80	0.25	0	0	0
3	0.39	0.61	0.25	0.64	0.71	0	0	0.20	0.75	0.10
4	0.55	0.41	0.50	0.19	0.43	0	0	0.60	0.50	0
5	0.60	0.40	0.21	0.41	0.22	0	0.20	0.60	0.30	0
6	0.75	0.61	0.60	0.44	0.36	0	0	0.20	0.20	0.70
7	0.45	0.25	0.54	0.29	0.60	0.20	0.85	0.20	0	0
8	0.57	0.45	0.53	0.20	0.59	0	0	0.30	0.80	0
9	0.72	0.62	0.61	0.40	0.21	0	0	0.25	0.40	0.60
10	0.47	0.22	0.47	0.31	0.61	0.35	0.75	0.10	0	0
11	0.40	0.66	0.33	0.71	0.62	0	0	0.40	0.65	0.10
12	0.71	0.50	0.31	0.44	0.29	0	0.10	0.65	0.20	0
13	0.44	0.28	0.51	0.31	0.66	0.20	0.80	0.15	0	0
14	0.65	0.50	0.31	0.51	0.30	0	0.10	0.85	0.10	0
15	0.85	0.73	0.67	0.71	0.55	0	0	0	0.25	0.75

根据评估决策表的特点, 采用属性离散化的方法提取规则显然是不合适的. 现在用相容粗糙-模糊集方法分析该决策表.

根据各指标故障概率的取值情况, 并取阈值 $t(\alpha_i) = 0.09 (i=1, 2, 3, 4, 5)$ 得到相容类为:

$$U/C = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7\} =$$

$$\{\{1, 2\}, \{3, 11\}, \{4, 8\}, \{5, 12, 14\}, \{6, 9\}, \{7, 10, 13\}, \{15\}\}$$

利用式(2)和式(3)得到相容等效类在相容粗糙-模糊集中的隶

属函数。首先相容类 F_1 对决策属性 d_1 下近似隶属函数为:

$$\mu_{R(d_1)}(F_1)=\inf\{\mu_{d_1}(\{1,2\})\}=\inf\{0.95,0.8\}=0.8$$

上近似隶属函数为:

$$\mu_{\bar{R}(d_1)}(F_1)=\sup\{\mu_{d_1}(\{1,2\})\}=\sup\{0.95,0.8\}=0.95$$

同样可得其他相容类对决策类的下、上近似的隶属函数,进而得到相容类 F 对下、上近似的隶属函数,如表 3 所示。利用式(4)可求得对每一个决策类的相容粗糙-模糊集的隶属函数值:

$$\eta_d(F_1)=\frac{|F_1 \cap d_1|}{|F_1|}=\frac{\sum_{x \in U} \min\{\mu_{F_1}(x), \mu_{d_1}(x)\}}{2}=\frac{1}{2}(\min\{\mu_{F_1}(x_1), \mu_{d_1}(x_1)\}+\min\{\mu_{F_1}(x_2), \mu_{d_1}(x_2)\}+\dots+\min\{\mu_{F_1}(x_7), \mu_{d_1}(x_7)\})=0.875$$

表 3 下、上近似隶属函数

	$\mu_{R(d_i)}(F)$	$\mu_{\bar{R}(d_i)}(F)$
d_1	{0.8,0.0,0.0,0.2,0}	{0.95,0.0,0.0,0.35,0}
d_2	{0.1,0.0,0.1,0,0.75,0}	{0.25,0.0,0.2,0.2,0,0.85,0}
d_3	{0,0.2,0.3,0.6,0.2,0.1,0}	{0,0.4,0.6,0.85,0.25,0.2,0}
d_4	{0,0.65,0.5,0.1,0.2,0,0.25}	{0,0.75,0.8,0.3,0.4,0,0.25}
d_5	{0,0.1,0.0,0.6,0,0.75}	{0,0.1,0.0,0.7,0,0.75}

同样可得其他相容类的相容粗糙-模糊隶属函数值如表 4 所示。

表 4 相容粗糙-模糊集隶属函数

序号	相容类 F_i	$\eta_{d_1}(F)$	$\eta_{d_2}(F)$	$\eta_{d_3}(F)$	$\eta_{d_4}(F)$	$\eta_{d_5}(F)$
1	{1,2}	0.875	0.150	0	0	0
2	{3,11}	0	0	0.300	0.700	0.100
3	{4,8}	0	0	0.450	0.650	0
4	{5,12,14}	0	0.130	0.700	0.200	0
5	{6,9}	0	0	0.225	0.300	0
6	{7,10,13}	0.250	0.800	0.150	0	0
7	{15}	0	0	0	0.250	0.750

表 4 给出了每一个相容类属于各个风险等级的可能值,形成了 7 条风险评估规则。利用这些规则就可以根据条件属性中指标的故障情况确定系统的风险等级。

利用相容关系的定义,判断实际系统状况属于哪个相容类。根据给定的阈值 $t(\alpha_i)$ 计算每一个属性值与相容类中该属性值的距离,若满足相容关系的要求 $d(a_i(x), a_j(y)) \leq t(a_j)$, 则判定

该系统属于此相容类。根据规则就可以得到该系统的风险等级。例如:如果一个系统的状况落入第一种相容类,那么就可以得到,这一系统的风险情况是:较低风险的可能性为 0.875,低风险的可能性为 0.150,不可能是中风险、高风险和较高风险。由此可以看出,该方法简单易行,能有效地降低风险评估的复杂性,得到客观的风险评估结果。

6 结束语

在风险评估数据中存在着大量的不确定性和模糊性,利用传统的粗糙集方法很难解决这类问题,因此运用相容粗糙-模糊集方法有效地从决策属性是模糊值的数据中得到风险评估规则,扩展了粗糙集的应用范围,提高了风险评估的客观性,降低了评估的复杂度。但粗糙集是从实际的数据中提取风险规则,对数据的依赖性较大,因此要选择具有普遍性和代表性的数据才能得到合理的规则。

参考文献:

- [1] Gao Hui-sheng, Ran Jing-xue, Sun Yi-qun. Risk evaluation of communication network of electric power based on restriction coefficient[C]//The 3rd IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2007, 4: 3127-3134.
- [2] 陈志杰, 王永杰, 鲜明. 一种基于粗糙集的网络安全评估模型[J]. 计算机科学, 2007, 34(8): 98-100.
- [3] 施亚明, 何建敏. 基于粗糙集方法在信用评估中的应用探析[J]. 现代管理科学, 2005(5): 13-14.
- [4] 林梦泉, 王强民, 陈秀珍, 等. 基于粗糙集的网络信息系统安全评估模型研究[J]. 控制与决策, 2007, 22(8): 951-955.
- [5] Agreira C I F, Pinto J A D, Ferreira C M M. Electric power systems steady-state security assessment using the rough set theory[C]//8th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, 2004: 873-877.
- [6] Sarkar M, Yegnanarayana B. Rough-fuzzy membership functions[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Anchorage, USA, 1998: 796-801.
- [7] 彭元龙. “十一五”期间电力通信骨干传输网的建设与发展探讨[J]. 电力系统通信, 2006, 27(10): 25-27.
- [8] 胡寿松, 何亚群. 粗糙决策理论与应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- [9] Buyya R, Leyton-Brown K. Taming the computational complexity of combinatorial auctions: Optimal and approximate approaches[C]//Proc of International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1999: 548-553.
- [10] Buyya R, Abramson D, Giddy J. Nimrod/G: An architecture for a resource management and scheduling system in a global computational grid[EB/OL]. (2000). <http://www.buyya.com/papers/nimrodg.pdf>.
- [11] Buyya R, Giddy J, Abramson D. An evaluation of economy-based resource trading and scheduling on computational power grids for parameter sweep placements[C]//Proceeding of the 2nd International Workshop on Active Middleware Services, AMS2000, Pittsburgh, USA: Kluwer Academic Press, 2000: 221-230.
- [12] Buyya R, Murshed M, Abramson D. A deadline and budget constrained cost-time optimization algorithm for scheduling task farming applications on global grids[C]//The 2002 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications PDPTA'02, Las Vegas, Nevada, USA, 2002: 523-578.
- [13] Buyya R, Abramson D, Giddy J. An economy driven resource management architecture for global computational power grids[C]//Int'l Conf on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, Las Vegas, 2000: 424-467.
- [14] Davit mathematical induction[EB/OL]. (2005). <http://www.math.utah.edu/mathcircle/notes/Induction.pdf>.
- [15] Buyya R, Murshed M. GridSim: A toolkit for the modeling and simulation of distributed resource management and scheduling for grid computing[J]. The Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2002: 1175-1220.

(上接 87 页)