

中欧班列口岸站通关风险分析

——基于FTA-BN模型

冯芬玲,樊立峰

(中南大学 交通运输工程学院,长沙410075)

摘要:为有效提升中欧班列运行效率,更好发挥其在“一带一路”倡议下的重要作用,构建了FTA-BN模型针对中欧班列通关时间风险开展分析评估。针对问题的特点,利用故障树映射及EM(expectations maximization)算法等工具获取了完善的贝叶斯网络结构及节点参数。以此为基础对中欧班列通关时间风险进行多方面的推理分析,最终确定报关、审单等相关风险事件为通关作业流程中的关键影响环节,为中欧班列运营管理工作提供了可靠的基础手段。

关键词:风险分析;故障树;贝叶斯网络;中欧班列;证据推理

中图分类号:F51 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)10—0054—10

作为“一带一路”倡议下推动经贸合作的重要载体,中欧班列的开通使得沿线各个国家之间的经济交易更加频繁,对我国和亚欧大陆其他国家的经济发展起到促进作用。2019年全年开行中欧班列8225列、同比增长29%,发送72.5万标箱、同比增长34%,综合重箱率达到94%。为更有效发挥中欧班列在“一带一路”倡议下的重要推动作用,需要保证中欧班列的开行效率。通关作业是中欧班列经过口岸站时作业中最为重要的一个环节,其效率直接影响班列的运行效率,进而影响班列的运营状况。同时,Asian Development Bank(亚洲开发银行)及部分学者通过建立时间-距离-成本(TCD)调查表等分析方法开展了关于走廊绩效、物流绩效等方面的研究^[1-4],证明在国际货物运输过程中,通关时间及效率会对物流运输中的有延误速度(SWD)指标产生影响,是相关绩效评估考虑的重要方面。由此可知,通关效率是影响中欧班列全程物流时间及费用的重要因素,开展通关延时风险管理工作可有效提升运营效率,改善运营成本结构,对于中欧班列常态化运营及高质量发展具有重要意义。因此,本文针对中欧班列在开行过程中存在的通关时间风险,引入先进的风险管理工具开展分析评估,确定影响中欧班列通关过程的关键风险事件。

近年来,物流运作^[5]、货物运输^[6]及供应链管理^[7-9]等领域风险管理方法及理论得到了显著的发展,包括风险矩阵^[10]、人工神经网络^[11]等方法被应用到相关问题中,可有效获取风险因素或事件的重要度。但大部分风险评估模型对风险因素间的相互关系研究较少,而贝叶斯网络^[12-13]作为一种概率图模型,可有效反映变量之间的变量关系,对不确定因素开展分析推理,目前广泛应用于可靠性分析^[14]、风险评估^[15]等领域。

目前,中欧班列方面的相关研究仍处于初始发展阶段,部分学者从市场需求、运输组织、运营机制等方面对中欧班列运营现状进行了系统分析,在不同时间段为中欧班列的可持续发展提出了相应的对策及建议^[16-20]。鉴于中欧班列风险视角的相关研究较为缺乏,本文将贝叶斯网络工具引入中欧班列通关时间分析中,同时针对相关数据较少的局限性,利用故障树模型的映射形成可靠的贝叶斯网络结构及初始条件概率,并通过EM算法开展贝叶斯网络参数学习更新节点参数,为中欧班列通关时间风险分析建立有效的基础,实现通关时间风险网络推理过程。

一、FTA-BN风险评估理论与方法

根据故障树及贝叶斯网络的特点,可知故障树模型可对系统风险事件进行可靠评估,因此可通过故障树模型为贝叶斯网络的结构确定提供有效参考。同时,相比较于层次分析法等评估模型,贝叶斯网络评估工具能够灵活地输入和输出数据,可为风险管理工作提供直观、高效的评估框架^[21]。而与BP神经网络模型等方

收稿日期:2020—02—28

基金项目:国家社会科学基金“‘一带一路’中欧班列沿线国家铁路货运价格比较及中国标准研究”(18BJY169)

作者简介:冯芬玲(1973—),女,河北邯郸人,博士,中南大学教授,博士研究生导师,研究方向:交通运输规划与管理;樊立峰(1994—),男,山西朔州人,中南大学交通运输工程学院硕士研究生,研究方向:交通运输规划与管理。

法相比,贝叶斯网络具备有效处理小样本、不完整数据集的优势,在数据缺乏时能够利用专家意见进行评估分析,是在不确定环境和不完全信息下开展推理分析的可靠工具。因此,根据中欧班列通关时间风险的实际特点,本文建立故障树-贝叶斯网络(FTA-BN)模型,将故障树与贝叶斯网络工具的优势相结合,构建更为有效的风险评估工具。

(一)贝叶斯规则

贝叶斯规则是在概率论基础上建立的一种把先验知识与证据相结合的统计原理,可在不确定性环境下进行正反两个方向的概率推理计算。先验概率和后验概率是相对于某组证据而言的,设 X 和 Y 为两个随机变量, $Y = y$ 为某一假设, $X = x$ 为一组证据,则概率 $P(Y = y|X = x)$ 为 Y 的后验概率;相应的, $P(Y = y)$ 即为随机变量 Y 的先验概率。贝叶斯定理描述了先验概率与后验概率间的关系如式(1)所示:

$$P(Y = y|X = x) = \frac{P(X = x|Y = y)P(Y = y)}{P(X = x)}$$

(1)

(二)贝叶斯网络推理

贝叶斯网络(简称“BN”)是在贝叶斯规则的基础上建立的一种基于网络结构的有向无环图描述,用其节点代表各个随机变量,节点间的有向弧代表变量间的直接依赖关系。并且每个节点都附有一个概率分布,用来表示各个变量之间的影响程度,即条件概率表(CPT),是贝叶斯网络开展推理学习等功能的基础。例如,图1所示为简单的贝叶斯网络结构,0、1表示节点的状态,图1的表中数值为节点状态的先验概率,子节点 Y 的条件概率见表1。根据各节点证据状态的输入更新可进行贝叶斯网络信念更新,获取该证据样本下各节点的后验概率,是贝叶斯网络推理的基础。

根据已知先验概率及节点概率,通过证据样本更新所在节点状态,在已有贝叶斯网络中进行信念更新,可获取其他节点后验概率。所得推理结果如图2所示。

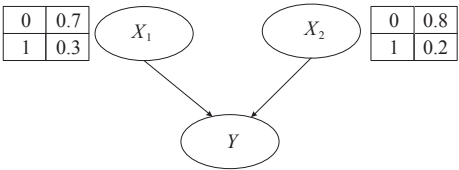


图1 贝叶斯网络结构示意图

表1 节点Y条件概率表

X_1	X_2	$Y=0$	$Y=1$
0	0	0.95	0.05
	1	0.24	0.76
1	0	0.21	0.79
	1	0.02	0.98

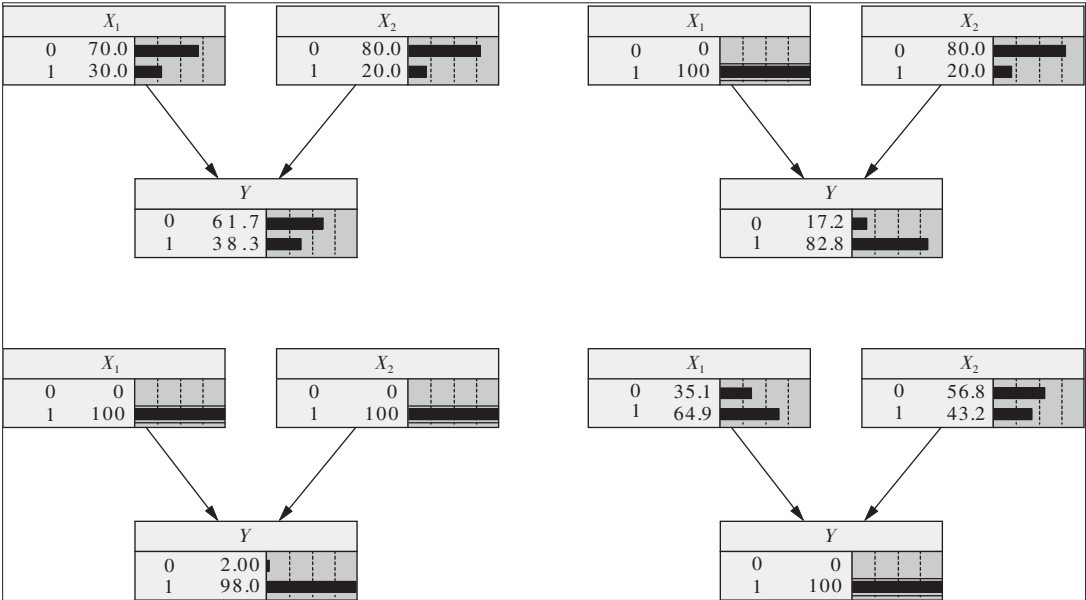


图2 贝叶斯网络推理结果

(三)故障树向贝叶斯网络映射

故障树分析法(fault tree analysis)是一种将系统故障形成的原因由总体至局部按树枝状逐级细化的分析方法,可有效确定故障发生的原因及其影响^[22]。图3所示为一个故障树的案例。系统故障为顶事件,A、B为中间事件,1、2、3、4为基本事件。

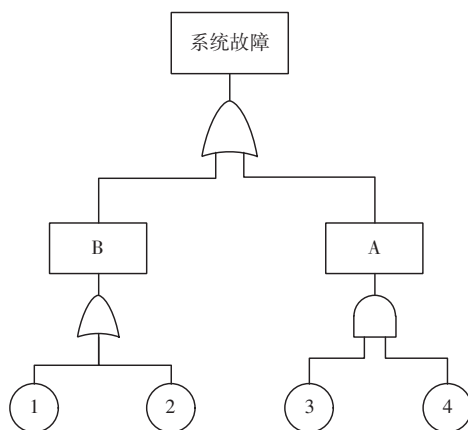


图 3 故障树案例图

根据故障树及贝叶斯网络的定义,可将故障树模型向贝叶斯网络映射^[23]。映射形成的贝叶斯网络节点与故障树中事件逐一对应,构成有向无环图,同时各节点对应的初始条件概率参数可根据故障树的逻辑门确定。映射过程如图 4、图 5 所示。

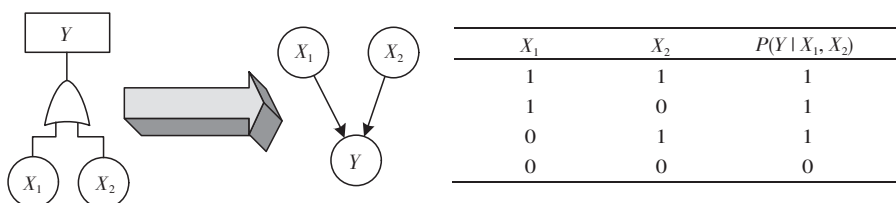


图 4 或门结构映射过程

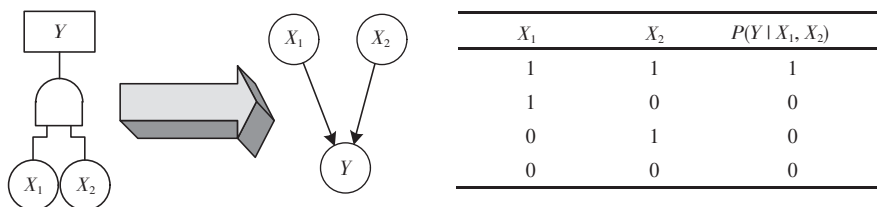


图 5 与门结构映射过程

(四) 参数学习

在贝叶斯网络构建完成后,可通过参数学习方法确定或更新网络中各节点参数,为贝叶斯网络推理过程提供更为可靠的基础。其中 EM 算法通过搜索局部最小值对缺乏数据的未知参数渐进地确定性估计,可在数据存在缺失及模糊状态时有效进行最大似然估计,获取贝叶斯网络评估模型中各节点的参数。其算法流程可概括如下:

观察样本数据 $x = (x^1, x^2, \dots, x^m)$, 联合分布 $p(x, z; \theta)$, 条件分布 $p(z|x; \theta)$, 最大迭代次数 j 。

S0. 随机初始化模型参数 θ 的初始值 θ^0 ;

S1. 开始 EM 算法迭代;

S2. 计算联合分布的条件概率期望:

$$Q_i(z^i) = P(z^i | x^i, \theta^j) \quad (2)$$

$$L(\theta, \theta^j) = \sum_{i=1}^m \sum_z Q_i(z^i) \log P(x^i, z^i; \theta) \quad (3)$$

S3. 极大化 $L(\theta, \theta^j)$, 得到 θ^{j+1} :

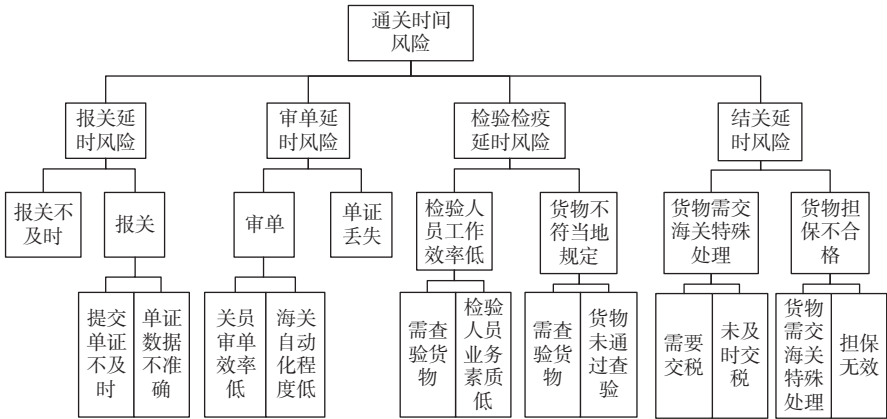
$$\theta^{j+1} = \arg \max_{\theta} L(\theta, \theta^j) \quad (4)$$

S4. 如果 θ^{j+1} 已收敛, 则算法结束, 否则继续返回 S2 步进行迭代运算。

三、基于 FTA-BN 模型的中欧班列通关时间风险分析

根据 Asian Development Bank 及多位学者在走廊绩效、物流绩效等方面的研究^[1-4]可知,在国际货物联运过程中,基础设施建设、通关环境及效率等指标对于国际物流绩效及贸易便利化方面具有重要的影响。在中欧班列运营过程中,通关流程中出现的长时间延误对运输效率及成本均会产生负面影响,进而影响中欧班列全程运作时间及运营成本结构,因此需要重点关注口岸站通关相关风险及问题。依托中欧班列的统一品牌优势及通关便利化建设任务,相关部门加强了海关合作及监管机制的建设,一定程度上缓解了海关延时风险、贪污腐败问题以及“灰色清关”现象等问题对中欧班列通关效率产生的影响。为更有效保障中欧班列在口岸站的通关效率,本文选取通关时间风险为目标,通过 FTA-BN 模型开展推理评估,确定中欧班列通关作业流程中的关键风险事件。

目前,经阿拉山口口岸、满洲里口岸和二连浩特口岸等五大口岸进出的西、中、东 3 条中欧班列运输通道已逐步形成。中欧班列作为国际铁路联运,涉及不同国家之间的货物运输,需要在口岸站执行相关通关程序。根据中欧班列运营实际作业流程可知,在完成通关作业后才能开展进一步的货物换装技术作业流程。由此可知,中欧班列口岸站通关作业流程的效率直接影响着中欧班列的开行效率,是运营过程中的重要作业环节。根据目前世界海关组织(WCO)的相关条约及口岸站作业实际情况,目前国际货物通关程序基本环节包括:报关、审单、查验、放行。根据中欧班列在口岸站通关作业流程的分析,可确定中欧班列通关时间风险结构^[24]如图 6 所示。



(一)故障树构造

基于风险结构示意图,本文构建以中欧班列通关时间风险为顶事件的故障树模型。根据中欧班列通关作业流程实际情况,选取 13 个基本事件和 10 个中间事件,各事件之间的逻辑关系有“与”“或”“非”3 种。根据图 6 构画了中欧班列通关时间风险的风险评估故障图,如图 7 所示,相关风险事件的符号及名称见表 2。

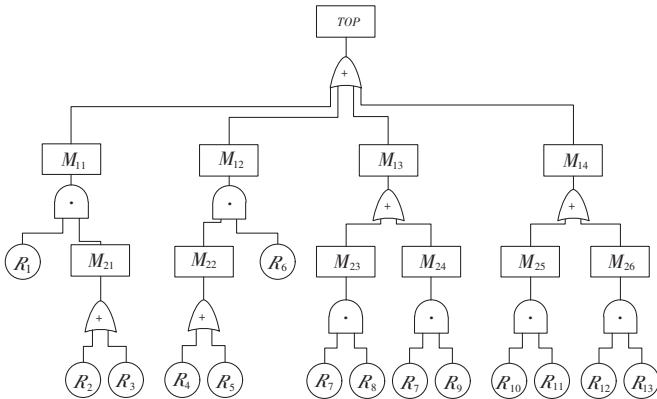


表 2 中欧班列通关时间风险故障树事件表

事件类型	符号	事件名称	事件类型	符号	事件名称
顶事件	TOP	通关时间风险	基本事件	R_2	提交单证不及时
中间事件	M_{11}	报关延时风险		R_3	单证数据不准确
	M_{12}	审单延时风险		R_4	海关自动化程度低
	M_{13}	检验检疫延时风险		R_5	关员工作效率低
	M_{14}	结关延时风险		R_6	单证丢失
	M_{21}	报关		R_7	需查验货物
	M_{22}	审单		R_8	检验人员业务素质低
	M_{23}	检验人员工作效率低		R_9	货物违规未通过查验
	M_{24}	货物不符当地规定		R_{10}	需要交税
	M_{25}	货物税费未及时缴纳		R_{11}	未及时交税
	M_{26}	货物担保不合格		R_{12}	货物需海关特殊处理
基本事件	R_1	报关不及时		R_{13}	担保无效

(二)故障树映射成贝叶斯网络

根据故障树及贝叶斯网络的原理,可结合上述故障树模型确定中欧班列通关时间风险评估的贝叶斯网络结构及初始条件概率如图 8 及表 3 所示。

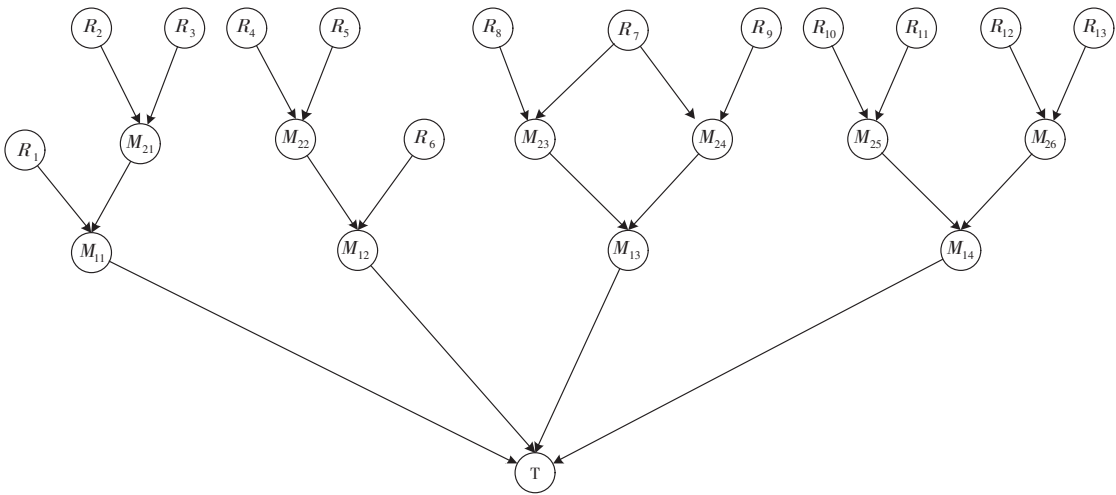


图 8 通关时间风险贝叶斯网络

表 3 初始条件概率示例

M_{11}	M_{12}	M_{13}	M_{14}	$P(T M_{11},M_{12},M_{13},M_{14})$	R_7	R_8	$P(M_{23} R_7,R_8)$
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0			
1	0	1	0	0			
1	0	0	1	0			
1	0	0	0	0			

(三)贝叶斯网络参数学习

通过故障树模型映射可获取贝叶斯网络结构及初始条件概率表,为更有效开展贝叶斯网络推理过程,可根据实际数据开展贝叶斯网络参数学习,更新贝叶斯网络条件概率分布,为推理过程提供更为可靠的基础。同时,可结合专家意见,在实际数据的基础上确定贝叶斯网络中节点的先验概率^[25]。本文依托某列中欧班列开行过程中收集的相关数据为基础,确定各风险事件的先验概率,并开展参数学习更新贝叶斯网络节点参数,为通关时间风险分析建立基础。

已知中欧班列“N-D”由国内 C 城市始发经新疆阿拉山口出境,途经哈萨克斯坦等国家抵达德国杜伊斯堡。选取 2017 年 1 月至 2018 年 3 月开行的班列车次作为样本,在此期间中欧班列“N-D”共计划开行 53 列,因故取消 7 列,实际开行 46 列。班列开行路线先后经过蒙古、俄罗斯、白俄罗斯、波兰 4 个国家后到达德国杜伊

斯堡。根据在班列运营单位 X 公司的实地调研,通过公司运营数据系统中关于班列通关作业流程的数据统计报表,可获取班列开行中各事件发生的次数见表 4。

表 4 中欧班列实际数据收集结果

事件名称	总计	风险事件名称	发生次数
报关	260	报关不及时	9
		海关自动化程度低	46
		关员工作效率低	10
		需查验货物	2
提交单证	276	提交单证不及时	5
		单证数据不准确	12
		单证丢失	10
查验货物	278	检验人员业务素质较低	14
		货物违规未通过查验	10
		需要交税	12
		未及时交税	8
		货物需交海关特殊处理	11
货物需要担保	83	担保无效	7

以表 4 数据为基础,由国家铁路局、中欧班列运营单位的多位专家结合实际情况进行修正,获取各基本事件发生的先验概率见表 5。

表 5 通关时间风险基本事件及其发生先验概率

基本事件	符号	先验概率
报关不及时	R_1	3.4%
提交单证不及时	R_2	1.8%
单证数据不准确	R_3	4.3%
海关自动化程度低	R_4	17.7%
关员工作效率低	R_5	3.8%
单证丢失	R_6	3.6%
需查验货物	R_7	0.8%
检验人员业务素质较低	R_8	5.1%
货物违规未通过查验	R_9	3.6%
需要交税	R_{10}	4.4%
未及时交税	R_{11}	2.9%
货物需交海关特殊处理	R_{12}	4.0%
担保无效	R_{13}	2.5%

将收集到的数据通过 ACCESS 标准化处理,利用 EM 算法开展贝叶斯网络参数学习,得到本次参数学习的最大似然函数 $\ln P = 586.772385$,证明所求得节点参数可用于进一步的推理过程。更新后的部分条件概率表见表 6。同时可根据专家意见对部分条件参数进行修正,确定更为合理的贝叶斯网络条件概率分布。

表 6 参数学习后更新的部分条件概率

M_{11}	M_{12}	M_{13}	M_{14}	$P(T M_{11},M_{12},M_{13},M_{14})$	R_7	R_8	$P(M_{23} R_7,R_8)$
1	1	1	1	0.3711972	1	1	0.49808634
1	1	1	0	0.7288591	1	0	0.5
1	1	0	1	0.4609042	0	1	0.51242956
1	1	0	0	0.3077207	0	0	0
1	0	1	1	0.6084287			
1	0	1	0	0.4406422			
1	0	0	1	0.5435322			
1	0	0	0	0.6499388			

四、实验结果分析

在确定中欧班列通关时间风险分析贝叶斯网络结构及参数后,可根据模型开展所需要的推理过程,本文主要开展单个延时中间事件风险影响程度推理、复合延时中间事件风险影响程度推理以及通关时间风险逆向推理 3 个推理过程。通过多方面的推理工作,可有效获取相关风险事件对通关作业过程的影响程度,对影响程度较大的风险事件需采取严格的风险控制及应对措施,保证中欧班列通关作业流程顺利开展。

(一)单延时事件推理

在构建好的贝叶斯网络评估模型中,将与中欧班列通关时间风险顶事件的父节点逐一输入证据,进行信念更新后得到贝叶斯网络推理结果,获取其父节点及顶事件节点的后验概率分布。单个延时中间事件风险影响程度推理结果见表 7。

根据单延时事件风险推理结果可以看出,在报关延时风险事件发生的情况下,中欧班列通关时间处于风险状态的概率相对最高,可达到 61.9%。由此可知,报关工作在中欧班列通关过程中可能较大程度影响通关效率,需要在作业过程中重点关注。同时,在报关延时风险事件的推理结果中,可知报关不及时具有较高的后验概率,因此该风险事件在报关工作过程中需要进行有效防范,进而降低报关延时风险的发生概率,保障通关作业的高效开展。同理可分析获取其他风险事件对通关时间的影响程度。

(二)复合延时事件推理

根据不同需求,可依据贝叶斯风险评估模型开展相应复合事件的风险推理过程,获取复合事件发生状况下通关时间风险处于风险状态的概率,进而分析相关事件对中欧班列通关过程的影响程度。受限于篇幅,本文仅列举部分复合延时事件的风险推理结果见表 8。

通过复合延时时间的推理过程,可获取不同情形下相关事件处于风险状态的后验概率,为通关风险管理工作提供有效参考。当推理结果中顶事件的后验概率较高时,相应情形需要在作业过程中采取重点的风险管控措施,以确保通关程序的顺利推进。

(三)逆向推理

通过更新中欧班列通关时间风险顶事件状态的证据,可逆向推理获取各延时中间事件及底事件的后验概率分布,从而了解各事件对中欧班列通关时间风险的影响程度。同时可根据相关事件先验概率与后验概率的对比来分析风险事件在通关作业过程中的敏感性程度,综合评估后确定关键风险因素。由表 9 结果可知,报关、审单相关中间延时事件及底事件对通关时间风险影响较大,需要在通关过程中加强对相关风险事件的防范,有效提升中欧班列通关作业效率。

表 7 单延时事件推理结果

事件	后验概率							
	1	0	1	0	1	0	1	0
M_{11}	100%	0%						
M_{21}	53.5%	46.5%						
R_1	47.9%	52.1%						
R_2	16.4%	83.6%						
R_3	39.3%	60.7%						
M_{12}			100%	0%				
M_{22}			75.0%	25.0%				
R_4			59.8%	40.2%				
R_5			24.1%	75.9%				
R_6			26.8%	73.2%				
M_{13}					100%	0%		
M_{23}					39.8%	60.2%		
M_{24}					62.9%	37.1%		
R_7					10.7%	89.3%		
R_8					36.9%	63.1%		
R_9					55.9%	44.1%		
M_{14}							100%	0%
M_{25}							52.4%	47.6%
M_{26}							49.3%	50.7%
R_{10}							34.0%	66.0%
R_{11}							21.0%	79.0%
R_{12}							29.6%	70.4%
R_{13}							21.8%	78.2%
T	61.9%	38.1%	45.0%	55.0%	49.3%	50.7%	48.9%	51.1%

表 8 复合延时事件推理结果

事件	后验概率							
	1	0	1	0	1	0	1	0
M_{11}	100%	0%					100%	0%
M_{21}	53.5%	46.5%					53.5%	46.5%
R_1	47.9%	52.1%					47.9%	52.1%
R_2	16.4%	83.6%					16.4%	83.6%
R_3	39.3%	60.7%					39.3%	60.7%
M_{12}	100%	0%	100%	0%			100%	0%
M_{22}	75.0%	25.0%	75.0%	25.0%			75.0%	25.0%
R_4	59.8%	40.2%	59.8%	40.2%			59.8%	40.2%
R_5	24.1%	75.9%	24.1%	75.9%			24.1%	75.9%
R_6	26.8%	73.2%	26.8%	73.2%			26.8%	73.2%
M_{13}			100%	0%	100%	0%	100%	0%
M_{23}			39.8%	60.2%	39.8%	60.2%	39.8%	60.2%
M_{24}			62.9%	37.1%	62.9%	37.1%	62.9%	37.1%
R_7			10.7%	89.3%	10.7%	89.3%	10.7%	89.3%
R_8			36.9%	63.1%	36.9%	63.1%	36.9%	63.1%
R_9			55.9%	44.1%	55.9%	44.1%	55.9%	44.1%
M_{14}					100%	0%		
M_{25}					52.4%	47.6%		
M_{26}					49.3%	50.7%		
R_{10}					34.0%	66.0%		
R_{11}					21.0%	79.0%		
R_{12}					29.6%	70.4%		
R_{13}					21.8%	78.2%		
T	32.6%	67.4%	77.6%	22.4%	53.1%	46.9%	71.2%	28.8%

表9 逆向推理结果

事件	后验概率		先验概率	
	1	0	1	0
T	100.0%	0.0%	8.4%	91.6%
M_{11}	27.2%	73.8%	3.7%	96.3%
M_{21}	15.3%	84.7%	3.0%	97.0%
R_1	14.3%	85.7%	3.4%	96.6%
R_2	5.3%	94.6%	1.8%	98.2%
R_3	12.8%	87.2%	4.3%	95.7%
M_{12}	35.9%	64.1%	6.7%	93.3%
M_{22}	27.8%	72.2%	6.3%	93.7%
R_4	30.9%	69.1%	17.7%	82.3%
R_5	10.2%	89.8%	3.8%	96.2%
R_6	10.8%	89.2%	3.6%	96.4%
M_{13}	16.4%	83.6%	2.8%	97.2%
M_{23}	8.1%	92.9%	3.0%	97.0%
M_{24}	10.8%	89.2%	2.3%	97.7%
R_7	2.2%	97.8%	0.8%	99.2%
R_8	9.5%	90.5%	5.1%	94.9%
R_9	10.9%	89.1%	3.6%	96.4%
M_{14}	26.9%	73.1%	4.6%	95.4%
M_{25}	15.1%	84.9%	3.7%	96.3%
M_{26}	14.4%	85.6%	3.7%	96.3%
R_{10}	11.3%	88.7%	4.4%	95.6%

根据对中欧班列通关时间风险的多方面综合推理,可明确通关作业流程中相关风险事件对通关时间风险的影响程度。通过对关键风险事件的可靠应对与管理,可有效规避或控制通关时间风险,一定程度上提升通关效率,保障中欧班列常态化运营效率,进一步改善运输成本结构,为中欧班列运输通道的走廊及物流绩效提供有力支持。

五、风险控制与应对建议

依托中欧班列建设发展规划等相关政策,在中欧班列通关时间风险评估结果的基础上,结合口岸站通关作业程序实际状况,可提出部分可行的风险控制与应对建议,为中欧班列提升通关效率提供可靠参考。

(1)继续推动全国通关一体化,提升口岸站通关效率。根据中欧班列建设发展规划的重点任务要求,可在相关部门的统筹协调下进一步深入推进全国通关工作的一体化发展,实现货物运输过程的一次申报、指运地(出境地)一次查验,对换装地不改变施封状态的直接放行。提升边境口岸设施质量水平,对内陆铁路口岸进行科学布局 and 高效管理,显著提高进出境通关能力,满足中欧班列规模化发展需要。同时海关、检验检疫等口岸工作机构应改善通关流程作业的配合与协作,优化协同合作机制及作业流程,减少中欧班列作业和停留时间,提升中欧班列在口岸站的通关效率。

(2)与沿线国家海关强化国际合作机制。深化改善与中欧班列沿线国家海关建立的国际合作机制,推进信息互换、监管互认、执法互助等海关合作,加强海关监管机制的建设,根据实际情况的变化适时修订或完善双边陆地边境口岸管理协定,利用口岸管理共享平台建设过程逐步实现相关对单证格式及数据标准的简化统一。依托中欧班列建设规划重点任务,推行中欧“经认证经营者”互认合作,推进将铁路运输模式纳入中欧安全智能贸易航行试点计划,有效降低通关过程中贪污腐败风险的发生概率及相关风险对班列运营的影响,提高中欧班列的通关效率。

(3)提升通关作业信息化水平。依托中欧班列运输协调委员会职能,积极推进中欧班列沿线各国铁路、海关及代理企业间的数据交换和95306中欧班列信息平台建设,推广使用电子数据交换协议,明确电子文件数据交换种类和方法,实现国联单证信息的高效流通,降低数据录入错误、票据丢失等失误带来的风险。同时可逐步引入“区块链+通关”系统,实现快速通关及信息联通,减少口岸通关作业过程的操作时间及工作量,依托区块链去中心化、可追溯、实时共享、不可篡改等特性有效降低相关风险的发生概率,提升中欧班列的运营效率,进一步打造“数字化”中欧班列。

(4)建立可靠的救济渠道。依托“一带一路”倡议下中欧班列的统一品牌优势,可在中欧班列运输协调委员会等部门的协调下,在既有行政救济措施的基础上,结合口岸站通关程序中存在的实际问题及潜在风险,

建立更为便捷、可靠的行政救济渠道,为中欧班列在口岸站通关流程中提供可靠的法律援助及支持,及时有效地保障中欧班列运营的合法权益,降低相关风险因素带来的时间及成本损失。在境外段运输的通关作业中,可依托铁路合作组织(OSJD)和国际铁路货物运输政府间组织(OTIF)等政府间铁路合作组织的职能,根据相关国际公约及时制定风险响应预案,在发生风险事件时依法追偿和诉讼。同时运营单位可通过参与保险理赔、货物保价等方式来应对可能发生的风险事件,及时获取经济补偿,为中欧班列通关作业提供可靠支持与保障。

六、结论

口岸站通关作业程序是中欧班列在开展国际货物联运过程中的重要环节,本文以中欧班列通关时间风险分析为目标,建立了FTA-BN风险评估模型。针对所研究问题特点,通过引入故障树模型来映射得到贝叶斯网络结构及初始条件概率表,通过实际数据开展参数学习更新节点参数,最终利用更新后的贝叶斯网络模型开展通关风险事件的网络推理过程,确定报关、审单延时相关事件为中欧班列通关作业流程中的关键风险事件,并结合口岸站通关实际情况提出可供参考的风险控制与应对建议。本文通过建立FTA-BN模型,充分结合了故障树模型与贝叶斯网络的优势,构建了直观、高效的风险评估框架,为中欧班列运营风险分析及管理工作提供了可靠工具及方法,更好发挥其在“一带一路”倡议下的战略推动作用,对中欧班列的可持续、高质量发展进程具有重要意义。在之后的研究中,可通过收集更完善的数据集以开展贝叶斯网络结构学习,对节点间的相互关系进行更有效的描述,形成更为可靠的风险评估模型。

参考文献

- [1] ASIAN DEVELOPMENT BANK. 中亚区域经济合作 走廊绩效测量和监测: 前瞻性回顾[R]. 曼达卢永, 菲律宾: Asian Development Bank, 2014.
- [2] 李红昌, 匡旭娟. 中韩一体化背景下中国铁路物流基础设施发展及大陆桥铁路时代促进战略[J]. 铁道经济研究, 2015(6): 1-6.
- [3] 苏刚, 葛炬. 中国新疆对塔吉克斯坦物流走廊绩效研究[J]. 物流技术, 2015, 34(15): 51-53, 96.
- [4] 王爱虎, 杨淞晓. “一带一路”国际物流绩效对中国出口贸易影响研究[J]. 华南理工大学学报(社会科学版), 2017, 19(1): 10-18, 48.
- [5] 张浩, 邱斌, 唐孟娇, 等. 基于改进突变级数法的农产品冷链物流风险评估模型[J]. 系统工程学报, 2018, 33(3): 412-421.
- [6] 杨婷, 帅斌, 黄文成. 基于N-K模型的道路危险品运输系统耦合风险分析[J]. 中国安全科学学报, 2019, 29(9): 132-137.
- [7] 郑小京, 郑湛, 徐绪松. 供应链风险管理研究综述——风险评估[J]. 技术经济, 2013, 32(7): 123-130.
- [8] 刘文丽, 郝万禄, 鞠彦辉, 等. 基于盲数理论的第三方平台下银行供应链金融操作风险评估模型[J]. 技术经济, 2017, 36(4): 79-84, 116.
- [9] 杨斯玲, 蒋根谋. 基于约束理论和集对分析的EPC建筑供应链风险管理[J]. 技术经济, 2016, 35(8): 111-117.
- [10] 郭荣昌, 赵小娟, 张振海. 列控运营风险评价的三维矩阵模型研究[J]. 铁道学报, 2017, 39(5): 78-83.
- [11] 冯子健. 基于BP神经网络的铁路货运安全风险评价研究[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(S1): 178-185.
- [12] GARVEY M D, CARNOVALE S, YENIYURT S. An analytical framework for supply network risk propagation: A Bayesian network approach[J]. European Journal of Operational Research, 2015, 243(2): 618-627.
- [13] 周国华, 彭波. 基于贝叶斯网络的建设项目质量管理风险因素分析——以京沪高速铁路建设项目为例[J]. 中国软科学, 2009(9): 99-106.
- [14] 江磊, 王小敏, 蔺伟. 基于动态贝叶斯网络的列控中心可靠性及可用性评估[J]. 交通运输系统工程与信息, 2018, 18(3): 182-188.
- [15] 丁敦, 徐峰. 基于贝叶斯网络的工程风险管理研究——以港珠澳大桥主体工程设计风险为例[J]. 系统管理学报, 2018(1): 176-185.
- [16] 王姣娥, 景悦, 王成金. “中欧班列”运输组织策略研究[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(4): 370-376.
- [17] 代应, 李琴, 宋寒. “一带一路”倡议下中欧班列国内货物集散中心优化布局研究[J]. 重庆理工大学学报(社会科学版), 2018, 32(10): 66-75.
- [18] 文思涵, 张军. 基于选址-运输路线的中欧班列国际运输网络优化研究[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2018, 35(4): 88-96.

(下转第69页)

Review, 1958, 48(3): 261-297.

- [28] 唐洋, 宋平, 唐国平. 企业生命周期、债务融资与企业绩效——来自中国制造业上市公司的经验证据[J]. 财经论丛, 2014(11): 49-56.
- [29] 姜军, 申丹琳, 江轩宇, 等. 债权人保护与企业创新[J]. 金融研究, 2017(11): 128-142.

Government Subsidies, External Financing Decisions and Innovation Investment: An Empirical Study Based on Panel Data of China's Manufacturing Enterprises

Yao Weibao, Zhang Yifei

(1. School of Public Finance & Taxation, Guangdong University of Finance & Economy, Guangzhou 510320, China;

2. School of Public Finance & Taxation, Zhongnan University of Economics & Law, Wuhan 430073, China)

Abstract: In order to study the impact of external financing structure differences and government subsidies on enterprises' innovation performance, fixed effect model is used to analyze the panel data of listed manufacturing enterprises from 2015 to 2018 in China. The results show that: the combination of short-term loans, long-term loans and government subsidies failed to have a significant incentive effect on enterprises' innovation performance. On the contrary, enterprises issuing bonds enhance the incentive effect of government subsidies on innovation performance. Further analysis find that: the increase of the proportion of equity financing has a more obvious positive impact on innovation performance, but the effect of government subsidies is weakened. Once the government subsidies exceed the critical value, the effect changes from incentive to inhibition. In the future, government decisions should strengthen the support of small and micro enterprises and reduce the distortion of enterprises' financing behavior. Enterprises should rationally adjust their financing decisions, promote the organic combination of government subsidies and the positive role of financing, and promote the ability of scientific and technological innovation.

Keywords: government subsidies; external financing decisions; innovation performance

(上接第62页)

- [19] 闫伟, 朱晓宁, 邓宇君, 等. 中欧班列去程运输组织优化模型[J]. 铁道学报, 2019, 41(2): 1-7.
- [20] 曾玮, 毛保华. 基于货物价值特性的国际集装箱班列竞争力分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2019, 19(2): 37-45.
- [21] 王双成. 贝叶斯网络学习、推理与应用[M]. 上海: 立信会计出版社, 2010: 11-12.
- [22] RAUZY A. New algorithms for fault tree analysis[J]. Reliability Engineering and System Safety, 1993, 40(3): 203-211.
- [23] 杨能普, 杨月芳, 冯伟. 基于模糊贝叶斯网络的铁路危险货物运输过程风险评估[J]. 铁道学报, 2014, 36(7): 8-15.
- [24] 冯芬玲, 牛天聪. 基于二元决策图的中欧班列运营风险评估[J]. 铁道科学与工程学报, 2018, 15(12): 3281-3287.
- [25] ZHANG J, TEIXEIRA A P, GUDES S C, et al. Maritime transportation risk assessment of Tianjin Port with Bayesian belief networks[J]. Risk Analysis, 2016, 36(6): 1171-1187.

Risk Assessment for Clearance in Port Station of CR Express: Based on FTA-BN Model

Feng Fenling, Fan Lifeng

(School of Traffic and Transportation Engineering, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: In order to improve the operation efficiency of CR Express and play its important role under the "One Belt And One Road" initiative, the FTA-BN model is used to analyze and evaluate the clearance time risk of CR Express. First, the structure of Bayesian network is formed by fault tree model mapping and the probability of initial conditions is obtained. The EM algorithm is used for parameters learning based on actual data. Then the complete Bayesian network evaluation model is formed by updating parameters of nodes. Finally, the clearance time risk of CR express is analyzed in various aspects, and relevant risk events including customs declaration and order review are determined as the key influencing links for clearance efficiency. The paper also provides a reliable means for risk assessment of CR Express.

Keywords: risk assessment; fault tree; Bayesian network; CHINA RAILWAY Express; evidence reasoning