

基于 FMEA 的出入境检验检疫 目标符合性条件筛选研究

戴云徽^{1,2}, 韩之俊¹, 郭春明³

(1. 南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094; 2. 江苏检验检疫质量研究中心, 南京 210001;
3. 南京财经大学 会计学院, 南京 210046)

摘要:旨在根据“可接受风险”从进出境检验检疫对象的众多背景符合性条件中筛选出目标符合性条件, 以增强我国检验检疫工作的科学性、提高检验检疫的执法效率。提出了基于 FMEA 的目标符合性条件筛选基本模型, 给出了测度发生度、严重度、预警度的关键技术, 并实证检验了该模型的有效性。

关键词:检验检疫; 目标符合性条件; 故障模式与影响分析; 风险度

中图分类号: F224.33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2009)01-0042-06

近年来我国对外贸易迅速发展, 2007 年我国货物进出口总额达到 2.17 亿美元, 是 2002 年的 3.5 倍。如此庞大的进出口规模使得我国对出入境货物检验检疫的需求急剧膨胀, 而要提高检验检疫工作的科学性、规范性, 用有限的检验检疫资源有效管理海量的检验检疫对象, 就必须在风险分析的基础上对待检对象的背景符合性条件进行筛选。

1 问题提出

符合性检查是进出境检验检疫的基本特征, 经检验检疫确认符合给定条件的进出境对象方被准予进出境。给定的符合性条件、检查方法及符合性判定是检验检疫活动的 3 个重要要素。符合性条件涉及法定检查的进出境对象品目、禁止进出境的对象名录、进出境许可凭证、安全卫生符合性指标等, 是进出境检验检疫执法工作的规定要素。符合性条件缺失或模糊将导致检验检疫执法操作的随意性和不一致性、透明度及贸易的预见性变差、执法及贸易风险增大, 甚至会引发公众对检验检疫制度的质疑。本文将某一进出境对象的全部符合性条件称为背景符合性条件。

我国一直非常重视出入境检验检疫符合性条件的建设, 制定了法检产品名录、禁止或限制入境的有害物质及有害生物名录、国外技术性贸易措施、国家强制性标准等, 为出入境检验检疫符合性条件建设提供了重要的基础。但是, 出入境检验检疫符合性

条件涉及面广、组成复杂、更新快, 而另一方面, 出入境物流量、旅客量和交通工具数量空前膨胀, 每种商品都具有几十项、上百项甚至几百项的背景符合性条件, 我国检验检疫工作中普遍存在的符合性条件模糊、分散、混乱、人工提取困难等现象导致了国内各口岸检验检疫操作不一致, 甚至不得不依据贸易方提出的符合性条件来实施检验检疫执法或通过临时决定来确定符合性条件, 从而增加了行政责任风险, 弱化了我国检验检疫执法的刚性体现, 并使检验检疫执法具有严重的法律隐患。

本文在国家质量监督检验检疫总局基本完成的背景符合性条件信息集成系统的基础上, 运用故障模式与影响分析 (failure model and effect analysis, FMEA), 构建了出入境检验检疫符合性条件筛选模型, 并基于 D-S 证据理论测评检验检疫背景符合性条件的发生度和严重度。通过对检验检疫背景符合性条件进行风险度分析, 从背景符合性条件中筛选出能够反映可接受风险水平的符合性条件, 即目标符合性条件。本研究对增强我国检验检疫工作的科学性、规范性和提高海关检验检疫执法效率具有重要意义。

2 文献回顾

目前系统地研究检验检疫目标符合性条件筛选问题的文献较鲜见, 但检验检疫领域中有关风险评估、风险分析的研究和相关文件具有借鉴价值。如:

收稿日期: 2008-09-29

基金项目: “十一五” 国家科技支撑计划项目“出入境检验检疫安全预警与引导系统关键技术研究”(2006BAK10B02)

作者简介: 戴云徽 (1966-), 男, 江苏人, 江苏检验检疫质量研究中心主任, 南京理工大学经济管理学院博士研究生, 研究方向: 产品稳健设计与质量管理; 韩之俊 (1943-), 男, 江苏人, 南京理工大学经济管理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 质量管理、产品稳健设计; 郭春明 (1975-), 男, 山西人, 南京财经大学会计学院副教授, 博士后, 研究方向: 产品稳健设计、成本工程、企业绩效评价。

《实施动植物卫生检疫措施的协议》(The Agreement on the Sanitary and Phytosanitary Measures, 以下称为 SPS 协议)中界定了“风险评估”的含义^[1];陶嘉研究了 SPS 协议中风险评估的科学依据^[2];联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)发布的《国际植物检疫措施标准》中的“检疫性有害生物风险分析”(pest risk analysis, PRA)对国外病虫害的系统评估及相应的风险管理进行了阐释^[3],指出“风险评估”是在给定条件下确定潜在危险及其发生可能性和发生程度的过程,“风险管理”则是通过对可行的管理措施进行评价、确定最佳检疫策略的过程;我国《进境动物和动物产品风险分析管理规定》也对检验检疫领域的“风险分析”、“危害因素确定”、“风险管理”、“传入评估”、“发生评估”等进行了界定;张平清等研究了有害生物评估的量化方法,提出了有害生物风险评估的量化方法^[4];魏厚德给出了植物检疫风险的概念,对检疫过程中的主要风险进行了识别和分析^[5];黄冠胜等研究了风险预警系统的一般理论,创建了技术性贸易措施的风险评价体系^[6];朱顺泉等构建了一种进口商品检验检疫指标体系和分析评价模型^[7];陈毓芳等建立了进口商品检验检疫风险指标体系,采用 AHP 法和模糊综合评价法对我国部分进口商品的风险进行了综合评价^[8];肖庆昕运用统计学方法来确定需要评估风险的检验检疫对象的危险度和危害度,建立了风险系数数学模型^[9];段文仲将检验检疫风险分为市场风险、内部风险、商品特性风险和企业风险,并给出了基于模糊综合评价的检验检疫风险管理方法^[10];张凡建等针对动物及其产品进口风险分析与要素评价问题进行了研究,给出了包括危害确认、风险评

估、风险管理、风险交流的进口风险分析框架^[11]。

本研究的核心问题之一是对引发检验检疫风险和损失的因子进行解析,而季军芳等对软件项目管理的风险因子分析研究^[12]、郑明对风险等级划分与风险因素独立性的研究^[13]、姜青舫对风险度量原理的系统研究^[14]、王宗军等对企业自主创新中系统风险与非系统风险的研究^[15]等对于本研究也有很好的启发。

3 基于 FMEA 的目标符合性条件筛选基本模型

3.1 故障模式与影响分析

故障模式与影响分析(FMEA)是一种分析系统中故障发生的位置和原因、确定不同故障模式的影响程度,从而识别系统中最需要改进的环节并采取相应的改进措施的系统的事前方法^[16]。该方法目前被广泛应用于航空航天、核工业、汽车、机械、电子、舰船等领域。

FMEA 的核心是估算故障发生时的严重度(severity)、发生度(occurrence)及难检度(detection)等,进而计算出风险优先度(risk priority number, RPN),然后根据 RPN 的大小来判断是否有必要进行改进或确定改进的轻重缓急程度,从而以较低的成本减少事后损失,提高系统的可靠性。RPN 的计算公式见式(1)。

$$RPN = (S) \times (O) \times (D) \quad (1)$$

式(1)中:S是指潜在故障模式发生时对下一个工序、子系统、系统或顾客造成影响的严重程度,其等级一般分为灾难的、致命的、临界的、轻度的等,取值在1~10之间;O是指某一特定故障起因或机理出现的可能性,其等级一般分为极高、高、中等、低等,取值在1~10之间;D是指发现故障原因的难易性,

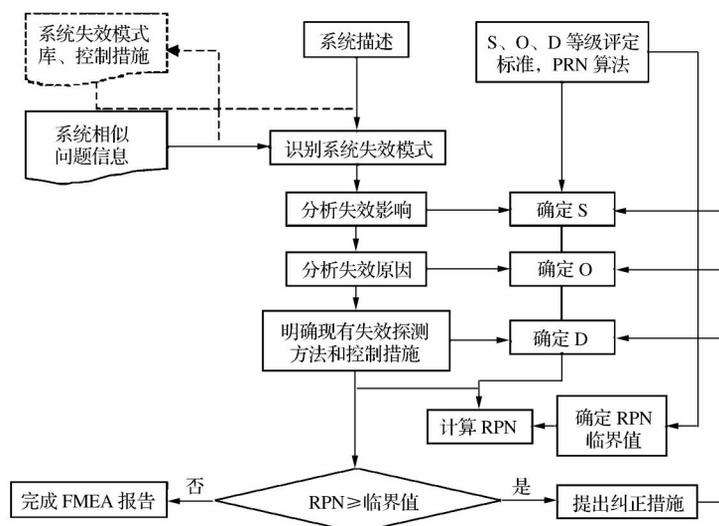


图1 FMEA 实施流程图

或指在故障发生后、流入顾客前被发现的难易性,其等级一般分为极难、难、可能、能等,取值在 1~10 之间。实施 FMEA 的基本流程如图 1 所示。

3.2 基本模型

根据 FMEA 的思想:首先,计算某一给定进出口

商品每项背景符合性条件的 RPN;然后,对 RPN 做归一化处理排序;最后,根据临界 RPN 水平,运用帕累托法则进行目标符合性条件的筛选。进出口商品背景符合性条件的 RPN 的计算流程见图 2;目标符合性条件的筛选流程见图 3。

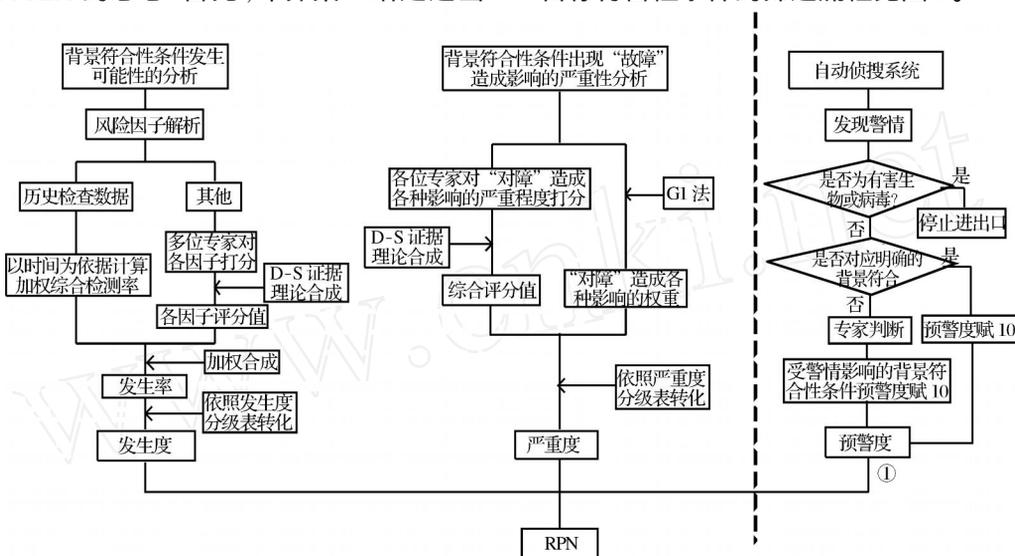


图 2 背景符合性条件 RPN 的计算流程图

注: 预警度自有相关商品进出口三个月后取消。

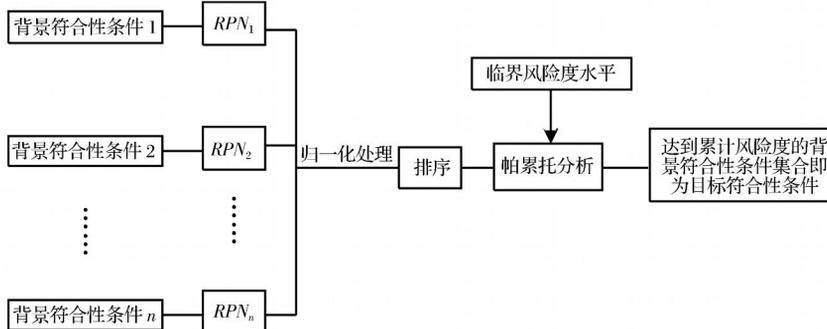


图 3 目标符合性条件筛选流程图

我们分别将发生度、严重度、预警度记为 P_1 、 P_2 、 P_3 ,其中 P_3 用于反映突发警情对背景符合性条件风险的影响程度。考虑到本研究的目的是对是否应检查出入境对象进行决策,故未考虑难检度对背景符合性条件风险的影响。每一背景符合性条件的风险优先度 RPN 可按式(2)计算:

$$RPN = P_1 \times P_2 \times P_3 \quad (2)$$

本文采用临界风险度作为目标符合性条件筛选的标准。临界风险度充分体现了检验检疫领域“可接受风险”的思想,“1-临界风险度”即“可接受风险”。如果一个国家一味强调“无风险”或“零风险”并以此进行检疫决策,就会失去贸易机会和贸易利益,而进口国以“可接受风险”理念进行入境疫情的风险分析来制定检疫措施,才能免受更多的贸易损失,因此,“可接收风险”或“最小风险水平”理念具有

可操作的现实意义^[17]。

假设某出口产品的可接受风险水平是 15%,则其临界累计风险度就是 85%;在这一水平下的目标符合性条件筛选见表 1;对 RPN 排序后,累计风险度达到 85%的前 k 个符合性条件即目标符合性条件。

表 1 目标符合性条件筛选

背景符合性条件	RPN	$p_i = RPN_i / \sum_{i=1}^k RPN$
A_1	RPN_1	p_1
A_2	RPN_2	p_2
...
A_k	RPN_k	p_k

对 p_i 按从大到小排序,分别为 p_1, p_2, \dots, p_k ,选取背景符合性条件 A_1, A_2, \dots, A_k ,使得下式成立: $F = \sum_{i=1}^k p_i \geq 85\%$ 。

注: p_i 为第 i 个背景符合性条件的风险优先度占风险优先度总和的比重。

4 基于 FMEA 的目标符合性条件筛选关键技术

4.1 发生度的确定

在本文中,风险因子是指对引起检验检疫风险和损失因素的定性表述,所有风险因子共同决定着背景符合性条件的发生度。笔者经过广泛调研,初步将导致检验检疫损失频率或损失程度增加的因素归结为交易、结汇方式、金额、出入境、最终用途、历史检测数据、安全预警状态、运输方式、包装、状态、产品质量管理水平、贸易国别、检验依据等 13 大类指标;然后,运用德尔菲法(Delphi),请来自检验检疫领域的 28 名专家对背景符合性条件风险因子进行筛选、归类、分析,最终将其归结为 8 项指标,即历史检测数据、指标宽严程度、货物使用状态、法规标准规定、工厂管理水平、突发事件影响、环境状况改变、来自疫区影响;在此基础上,本文使用如式(3)所示的线性模型对背景符合性条件的发生度进行综合评价:

$$Y = \sum_{j=1}^8 w_j M_j \quad (0 < w_j < 1; j = 1, 2, \dots, 8; \sum_{j=1}^8 w_j = 1) \quad (3)$$

式(3)中:Y 为评价对象的综合发生率; w_j 为评价指标所对应的权重系数; M_j 为经过处理后的各项风险因子的指标值。

4.1.1 发生度的计算——基于历史检测数据

如果被评价对象有历史检测数据,则按照以下方法直接计算发生度:考虑到各时点的历史检测数据对发生度的影响程度不同,本文给出以历史检测数据发生时间为基本依据的加权计算模型。该模型既考虑了历史月份的检测数据,还考虑了检测当月的即时监测数据,从而使发生度值对现实检测情况更加灵敏。

本文用 x_0 表示当月时点,用 x_1, x_2, \dots, x_n 表示产生监测数据的不同时点,则各个时间点的监测数据的权重为:

$$w_i = \frac{\frac{1}{m}}{1 + \sum_{i=1}^m \frac{1}{m} (1 + x_i)} \quad (4)$$

x_0 时点的检测率 D_0 随当月监测情况动态变化,无论当月经过几天,时间跨度均视为 1 个月; x_1, x_2, \dots, x_n 时点的检测率 D_i 为历史月份的统计值。

基于以上分析,可确定发生度的加权综合检测

率为:

$$M_i = D_0 \times \frac{1}{1 + \sum_{m=1}^m [1/(1 + x_i)]} + D_i \times w_i \quad (5)$$

考虑到历史检测数据的时效性,笔者认为取离计算发生度时点 5 年的检测数据是比较合适的。

4.1.2 发生度各指标的赋值

如果被评价对象没有历史检测数据,则进行多专家综合评价。本文运用 D-S 证据理论将主观模糊性描述转化为定量值,对多位专家的不同评判进行综合。证据理论最初由 Dempster 在 1967 年提出,他的学生 Shafer 对其进行了改进推广。在证据理论中,证据指的是人们经验和知识的一部分,是人们对该问题所做的观察和研究的结果;根据证据可建立一个信度的初始分配,即确定证据对每一个命题的支持程度;根据 D-S 理论中的证据合成准则,可计算出一批证据的共同作用对每一个命题的支持程度^[18]。目前,证据理论是被用于解决专家评判、智能决策、人才评价和风险评价等问题的标准工具之一。

4.1.3 评价指标的预处理

8 项风险因子中既有“极大型”指标又有“极小型”指标,例如,一般认为“工厂管理水平”越高越好,而“历史检测数据”越小越好,因此在对各项背景符合性条件发生度进行测度前,需要对评价指标进行一致化处理。另外,由于各指标的单位及量级不同而存在不可公度性,因此还需要对评价指标做无量纲处理。

4.1.4 权重系数的确定

常用的对指标体系赋权的方法是基于两两判别矩阵的特征值法,但是该方法具有以下缺陷:1)难以保证判别矩阵的一致性;2)不同的专家建立的判断矩阵不同,可能得出差别较大的权重系数;3)计算量大。为了克服这些缺陷,需要对特征值法进行若干改进。本文通过比较诸多特征值法的改进方法,认为 G1 法用于指标体系赋权是合适的,因为该方法不需构造判断矩阵,更无需进行一致性检验,计算量较 AHP 法成倍减少,对同一层次中的元素个数没有限制,且具有保序性^[19]。

4.1.5 发生度的测定

根据 FMEA 思想,通过征求检验检疫领域内多位专家的意见,本文确定背景符合性条件发生度分级,见表 2。实际中,在对某一进出口商品的风险发生度进行等级划分时,为保险起见,一般取风险等级的上限,即按照抽样检验从严法则决定。

表 2 背景符合性条件发生度分级表

发生可能性	可能的发生率	等级
很高:几乎不可避免	1/2	10
	1/3	9
高:经常发生	1/8	8
	1/20	7
中等:偶尔发生	1/80	6
	1/400	5
	1/2000	4
低:很少发生	1/15000	3
	1/150000	2
极低:不大可能发生	1/1500000	1

4.2 严重度的确定

严重度(P₂)是指某项背景符合性条件出现问题而带来危害的严重程度。考虑到可操作性,本文认为,对于有分类目录(如有害生物及病毒分类、农药毒性分类等)的符合性条件,可按照分类目录对其危害严重度进行等级划分;对于如果没有分类目录的符合性条件,则要对其危害严重度进行评价后再进行等级划分。本文运用德尔菲法确定了如图 4 所示的评价指标体系来评价无分类目录的背景符合性条件的危害严重度,在评价不同检验检疫对象的背景符合性条件时,可在此基础上做一些调整。

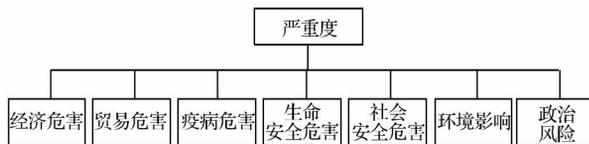


图 4 背景符合性条件严重度评价指标体系

确定严重度的步骤如下:首先,计算严重率;然后,建立类似于表 2 的严重度分级表,将危害严重程度划分为灾难性、严重、极大、重大、较大、中等、较小、轻微、非常轻微、没有 10 个等级,并设定划分的标准。

严重率的确定是一个评价的过程,可以参照发生率的测评方法来进行,所不同的是,图 4 所示的 7 项指标不存在一致化和无量纲化处理问题。

4.3 预警度的确定

预警度(P₃)确定的前端是国家质量监督检验检疫总局开发的全球危害因子智能侦搜系统。如果系统侦搜到了危害生物及病毒突发警情,在预警发出后,相关商品将被暂停进出口,故不存在背景符合性条件筛选的问题。如果系统监测了其他警情(如 SKII 品牌下多种化妆品中铬和钨超标),则相关背景符合性条件预警度赋值为 10,自有相关商品进出口 3 个月后取消,理由是在这 3 个月内相关警情对背景符合性条件筛选的影响已在发生度值中有了很好的体现。若系统侦搜到的是与背景符合性条件对

应关系不明确的突发事件(如蓝藻事件),则首先要由相关领域专家判断“突发警情会对被检测对象的哪些背景符合性条件造成影响”,对有影响的背景符合性条件预警度赋值为 10,自有相关商品进出口 3 个月后取消。

5 实证检验

按照目前我国的有关法律、法规,进口阿根廷大豆检测共有 67 项背景符合性条件,根据这些背景符合性条件分为有毒有害物质和有害生物两大类。

本文以某批进口阿根廷大豆为例,将模拟算得的每项背景符合性条件的 P₁、P₂、P₃ 的值规范到 1~10 之间,将临界风险度设定为 80%,可得到该批进口大豆检查的目标符合性条件为大豆猝死综合症、曼陀罗籽、假高粱等 12 项,具体模拟结果见表 3。

实际操作中,可将临界风险度设置为 2 个,如一个设定为 80%,另一个设定为 90%,这样就可以产生高、中、低风险 3 个水平下的目标符合性条件。另外,为保险起见,在对 RPN 进行帕累托分析时应对严重度也设一个临界值,当某项背景符合性条件的 PRN 不是很大而其严重度很高时,也将其作为目标符合性条件。

表 3 某批阿根廷进口大豆的背景符合性条件模拟筛选结果

背景符合性条件	发生度 (P ₁)	严重度 (P ₂)	预警度 (P ₃)	风险优先度 (RPN)	f = RPN / T (取小数点后 3 位)
大豆胞囊线虫	4	4		16	0.024
大豆猝死综合症	4	7	10	280	0.371
大豆根结线虫	6	5		30	0.045
...					
艾氏剂和狄氏剂	4	7		28	0.042
百菌清	5	5		25	0.038
对硫磷	6	6		36	0.054
...					
汞	5	6		30	0.045
锌	4	5		20	0.030
铜	3	6		28	0.042

注:f 为风险优先度占比, T 为总风险优先度。

6 结论

本文基于 FMEA 建立了检验检疫目标符合性条件筛选模型,给出了测度发生度、严重度、预警度的关键技术,并以某批阿根廷进口大豆为例进行了实证研究。本研究对增强我国检验检疫工作的科学性、提高检验检疫的执法效率具有重要意义。本研究的不足之处在于,由于时间比较紧张,本研究在深度和广度上有待扩展,特别是在应用案例上由于原始数据积累不多,在一定程度上影响了筛选模型的精确度和可靠度。另外,本研究针对检验检疫背景符合性条件的筛选所构建的是统一模型,而实际上

被检验检疫对象各有其特点,因此应该分别构建不同的模型,甚至可以按照产品大类分别构建不同的背景符合性条件筛选模型。

参考文献

- [1] 卫生与植物卫生措施(SPS)协议简介[J]. 世界标准信息, 2000(9):10-14.
- [2] 陶嘉. 浅析《SPS 协议》中风险评估的科学证据[J]. 商业文化(学术版), 2008(1):373.
- [3] 《国际植物保护公约》秘书处. 国际植物检疫措施标准[S]. 2004.
- [4] 张平清,陈桂林. 有害生物风险评估量化方法探讨[J]. 检验检疫科学. 2006(4):68-70.
- [5] 魏厚德,方雯雯. 植物检疫风险与控制策略[J]. 检验检疫科学. 2005(3):20-23.
- [6] 黄冠胜,林伟等. 风险预警系统的一般理论研究[J]. 中国标准化. 2006(3):9-12.
- [7] 朱顺泉,彭肖颜. 进口商品检验检疫风险管理研究[J]. 科技管理研究. 2006(11):43-45.
- [8] 陈毓芳,彭肖颜. 进口商品检验检疫风险综合评价的研究[J]. 检验检疫科学, 2005(15):97-99.
- [9] 肖庆昕. 出入境卫生检疫风险分析方法初探[J]. 口岸卫生控制, 2003(5):2-7.
- [10] 段文仲. 模糊综合评价在检验检疫风险管理中的应用[J]. 检验检疫科学, 2006(1):16-19.
- [11] 张凡建,李卫华,陈向前,等. 浅谈动物及其产品进口风险分析及其要素评价[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2005(2):3-6.
- [12] 季年芳,张宏书. 基于风险因子分析的软件项目管理模拟模型[J]. 科技进步与对策, 2005(12):172-175.
- [13] 郑明. 风险等级划分与风险因素的独立性[J]. 中国工程咨询, 2003(4):15-18.
- [14] 姜青舫,陈方正. 风险度量原理[M]. 上海:同济大学出版社, 2000.
- [15] 王宗军,杨萍. 企业自主创新风险的影响因素研究[J]. 技术经济, 2008, 27(4):1-6.
- [16] Institute for Healthcare Improvement. Failure Mode and Effects Analysis[Z]. 2004:1.
- [17] 邓铁军. 国内外有害生物风险分析(PRA)的研究发展[J]. 广西农学报, 2004(1):46-50.
- [18] 王雪荣. 一种基于证据理论的动态综合绩效评价实用方法[J]. 中国管理科学, 2006(8):121-127.
- [19] 郭亚军. 综合评价理论与方法[M]. 北京:科学出版社, 2002.

Research on Selecting of Objective Qualified Conditions in Entry-exit Inspection and Quarantine Based on FMEA

Dai Yunhui^{1,2}, Han Zhijun¹, Guo Chunming³

(1. School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;

2. Jiangsu Inspection and Quarantine Institute of Quality, Nanjing 210001, China;

3. School of Accounting, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210046, China)

Abstract: Based on acceptable risks, this paper aims to select objective qualified conditions from many background qualified conditions of check objects in entry-exit inspection and quarantine in order to improve the scientific tenability and the law enforcement efficiency of entry-exit inspection and quarantine. It establishes the basic model on selecting objective qualified conditions based on FMEA, and puts forward the key technology to measure the occurrence degree, the severity degree and the early-warning degree, and testifies empirically the effectiveness of this model.

Key words: inspection and quarantine; objective qualified condition; failure model and effect analysis; risk degree

(上接第 22 页)

- [16] COURTNEY H. Decision-driven scenarios for assessing four levels of uncertainty[J]. Strategy & Leadership, 2003, 31(1):14-22.
- [17] 银路,李天柱. 情景规划在新兴技术动态评估中的应用[J]. 科研管理, 2008, 29(4):12-18.
- [18] 麦茨·林德格伦,汉斯·班德霍尔德. 情景规划法[M]. 郭小英,郭金林,译. 北京:经济管理出版社, 2003.

Scenario Planning and Its Application under Emerging Technologies

Xiao Lei¹, Li Shiming¹, Zhang Xiaojun^{1,2}

(1. School of Management and Economics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China;

2. Mathematics School, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: This paper analyzes the theoretical origin, the implementation step and the main application of Scenario Planning. And it explains the effect of Scenario Planning on strategic decision under the complex environment.

Key words: scenario planning; emerging technology; strategy decision