

基于情景分析的突发事件应急响应培训系统研究

荆思凤¹ 刘希未^{1,2} 商秀芹^{1,2} 熊刚^{1,2}

1 中国科学院自动化研究所, 复杂系统管理与控制国家重点实验室, 北京, 中国, 100190

2 中国科学院云计算产业技术创新与育成中心自动化所东莞研究院, 东莞, 广东, 523808

sifeng.jing@ia.ac.cn

摘要 为有效应对突发事件应急处置过程中的蕴涵的巨大复杂性问题, 本文提出开发基于情景分析的突发事件应急响应培训系统, 其主要思路框架是, 一方面, 将情景分析法应用于应急演练预案的编制过程, 改善以往应急预案缺乏针对性、具体性和操作性的问题; 另一方面, 构建岗位角色智能体, 完善应急预案演练效果评估方法。同时, 文中综述了情景分析方法的产生、发展、基本理论及基本步骤。并分析了情景分析方法在实际应用过程中的优劣性。

关键词 情景分析 应急响应培训系统 应急预案

The Study of Scenario-Based Emergency Response Training System

Sifeng Jing¹ Xiwei Liu^{2,1} Xiuqin Shang^{2,1} Gang Xiong^{2,1}

1. State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Science, Beijing, China 100190;

2. Cloud Computing Center, Chinese Academy of Sciences, Dongguan, Guangdong, 523808

sifeng.jing@ia.ac.cn

Abstract To effectively cope with complexity in emergency response process, a scenario-based emergency response training system is proposed. The main framework is that one is to apply scenario to the preparation of emergency response plan(ERP) to enhance the target, feasibility and operability of the ERP, the other is constructing agents for roles to effectively assess ERP. At the same time, this paper gives a brief introduction to the development and fundamental characteristics of scenarios, presents the basic steps of scenarios and analyses the advantages and disadvantages in application.

Keywords scenario; emergency response training system; emergency response plan (ERP)

前言

“突发事件”是指突然发生, 造成或者可能造成重大人员伤亡、财产损失、生态环境破坏和严重社会危害, 危及公共安全的紧急事件。一般认为突发事件的主要特点表现为突然发生、高度不确定性、危害大、动态性, 而且事态模糊, 一旦发生, 通常是发展迅速、危害巨大, 必须快速处置, 果断遏制, 否则后果无法收拾。但在实践过程中, 事态总是超出预想, 应急处置措施效果微弱, 究其原因, 还是在于应急处置过程中蕴涵的巨大复杂性。理想的应急处置过程是一个应急救援力量不断遏制突发事件引发的混乱和无序状态的过程, 但是救援力量、危害事件、环境之间的不断相互作用, 往往会使救援过程失去方向性, 涌现新的事件或次生问题, 这些因素和原来的因素继续作用, 产生更为复杂的过程。如果应急指挥体系缺乏应对这种复杂性的准备和措施, 应急救援就必然面临失控的危险。

收稿日期: 2012-10-19

作者简介: 荆思凤, 1980年生, 工程师, 主要从事复杂系统平行管理、应急管理研究。

基金项目: 国家自然科学基金(71232006, 61233001, 61174172), 中国科学院项目 2F12N02。

面对突发事件应急处置过程的复杂性问题，如何在应急队伍中开展有效的应急反应培训，锻炼一支灵活、高效的应急反应团队是各应急管理部门一直以来的研究重点。应急反应培训主要包括两部分主要内容，一是，制定科学、合理、有效的应急预案；二是，在应急队伍中展开应急预案演练，培养应急人员应急反应能力。

目前大部分企事业单位都是通过在应急队伍中展开对已有应急预案的应急演练方式执行应急反应培训。但是，目前的这种培训方式存在以下主要不足之处：**一方面**，用于应急演练的应急预案都是企事业单位的专门机构专门人员编制，参与培训人员只是被动接受，导致演练效果不佳，**同时**，由于突发事件本身的动态性导致以往的“预测-应对”方式所编制的应急预案本身存在着缺乏针对性、缺乏具体性、缺乏操作性等问题^[1]，与现实情况脱节较大；**另一方面**，现有的应急管理体系中缺乏有效的应急预案评估方法^[2..3]，应急预案难以及时动态优化。

本文针对应急反应培训中存在的以上二方面问题，在基于 ACP 方法的三维应急演练培训系统的基础上^[4]，展开基于情景分析的应急反应培训系统的研究。

1、情景分析法的产生与发展

传统的预测方法主要是统计预测方法，对历史数据通过经济模型、回归分析和时间序列等方法预测未来的趋势^[5]。众所周知，在拥有大量历史数据，而且关键变量间的关系在未来保持不变时，统计预测方法比较有效。但在动荡多变和错综复杂的环境下，统计预测方法因其基于关键变量间的历史联系的假设跟实际情况不符而很难奏效^[6]。与之相反，情景分析法因其明确地聚焦于长期计划的假设而显得格外突出^[7]。

什么是情景分析法？“情景分析法”(Scenario Analysis)是在对经济、产业或技术的重大演变提出各种关键假设的基础上，通过对未来详细地、严密地推理和描述来构想未来各种可能的方案。情景分析法的最大优势是使管理者能发现未来变化的某些趋势和避免两个最常见的决策错误：过高或过低估计未来的变化及其影响。

情景分析法在西方已有好几十年的历史。该方法最早用在军事上，20 世纪 40 年代末，美国兰德公司的国防分析员对核武器可能被敌对国家利用的各种情形加以描述，这是情景分析法的开始。到 70 年代，兰德公司在为美国国防部就导弹防御计划做咨询时进一步发展了该方法。今天，除了壳牌石油公司外，德国的 BASF 公司、戴姆勒-奔驰公司、美国的波音公司等世界著名跨国公司在制定战略规划时都使用该方法。一些国家政府也采用了该方法。比如南非白人政府的种族隔离制度的和平变革，就是利用该方法推导了各种选择可能的结果之后做出的选择。

2、情景分析法的基本理论和基本步骤

2.1 基本理论

情景分析法的最基本观点是未来充满不确定性，但未来有部分内容是可以预测的。这是由不确定性的特征决定的。如果对不确定性进行分解，我们可以发现，不确定性由两部分构成：a.“影响系统”中本质上的不确定因素。“影响系统”是指影响某一事件的趋势或发展的，相互联系、相互影响的多种因素构成的体系。影响系统中本质上的不确定因素是无法预测的。b. 缺乏信息和缺乏对影响系统的了解。如果采用比较科学、系统的方法来把可预测的东西同不确定的东西分离出来，通过对影响系统和其可预测的、规律性的因素的更多了解，就可以大幅度降低不确定性，从而能预测未来的某些发展。

为达到预测的目的，情景分析法强调对未来的构想。因为如果未来是不确定的，那么一定存在几种同样可能的未来，对未来各种情景的构想可以增加我们对影响系统中规律性的、可预测的东西和根本上不确定的东西的理解。

情景分析法的价值在于它能使企业对一个事件做好准备，并采取积极的行动：将负

面因素最小化，正面因素最大化。情景分析法也提供了思想上的模拟，能保证企业按希望的方向行动。

2.2 基本步骤

情景分析法主要通过通过对最可能对企业的经营环境产生影响的各种因素可能发生的变化进行定性分析，然后构想可能出现的多种可能，并通过严密的分析和筛选将这些可能减少到最少的几种，并由此制定相应对策的方法。情景分析法的操作步骤有不同的版本，下面仅介绍比较简单的一种操作程序：确认需要决定的关键决策；决策需考察的时间框架；列出涉及的关键因素；研究影响关键因素的驱动力量(如 STEEP)；对驱动力量的重要性和它们的不确定性打分。最重要、最不确定的因素应是情景构想的主要目标；构想驱动力量可能的情景；详细阐述情景；根据每一情景审核问题的含意；监测主要的指标和先兆事件；预期哪一情景正在出现。

该流程常常需要重复多次才能完成。因为有经验的研究人员都知道，预测最主要的工作是提出正确的问题。要理解世界的运作规律，首先需要发现恰当的问题。只有通过设想的情景反复探讨而加深对影响系统的了解，才能发现恰当的问题。而影响系统太复杂，需要多次反复才能有比较深刻的理解。正如有关专家在评价壳牌公司的情景分析法时指出的那样：“壳牌公司最具创新的远见来自壳牌规划团队多年的深入研究、严谨的分析、连续的讨论和对情景本身的反复重复。”

3、情景分析法在应急反应培训系统中的应用框架

由突发事件的偶然性、不确定性等特点可以看出，应急反应团队每次面对的应急任务是独一无二的，且虽然突发事件时有发生，但是其实际是一类小概率事件，所以现实社会中对应急反应培训系统的实际需求是通过应急反应培训实现应急反应团队成员迅速识别事故状态、正确判断事故发展趋势、团体协作有效执行应急处理的能力。显然，传统的在应急团队中展开对固定应急预案进行应急演练的培训方式是远远不能满足现实社会中应急处置的实际需求的。

针对突发事件应急反应培训系统的实际需求，图 1 提出了基于情景分析的应急反应培训系统总体框架。

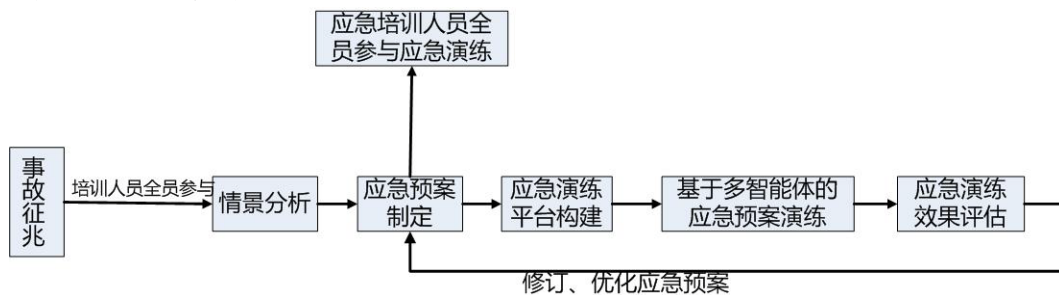


图 1 基于情景分析的应急反应培训系统

该应急反应培训系统的总体工作思路如下，根据应急反应培训团队所属行业，进行行业风险分析，确定事故征兆，全体培训人员进行事故预想，列出导致事故征兆进一步发展的所有关键因素及关键因素可能导致的事故后果，并根据行业实际情况，对所有设想假设进行概率分析，最终确定最坏事故后果、最理想事故后果、最大可能事故后果，然后分别制定详细的应急预案，构建不同应急处置角色的智能体，利用本课题组之前构建的三维应急预案演练人工系统^[4]执行自动应急预案演练，给出演练效果评估，进一步优化应急预案，然后全体培训人员利用三维应急演练系统进行多机协同演练，提高全体培训人员的应急反应能力。

情景分析法是一种定量和定性相结合的方法。该方法两头属于定性分析，中间属于定

量分析。两头是指关键影响因素及其驱动因素的识别和情景描述与分析，中间是指利用概率论计算关键影响因素发生概率、情景发生概率以及关键因素交叉影响概率。

图 2 为应急事件情景分析的主要流程，在第一步定性分析中目前主要有 PSR (Pressure-State-Response) 模型，其中 P 主要是引发事件的各种危险因素或事件演变过程中的各种干扰因素，S 表示事件目前或将来的状态，R 表示应急处置或反应措施，在该模型中事件发展的每一个具体的情景可以表示为 $s_i(P_i, S_i, R_i)$ $i = 1, 2, \dots, n$ 。利用该模型可以描述出事件的多条演变路径。

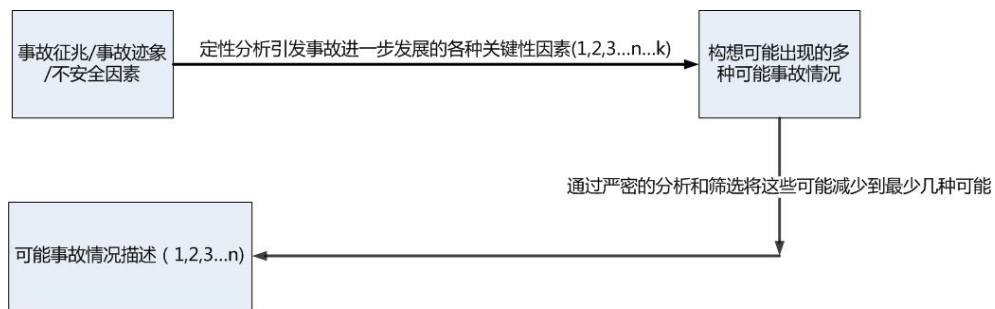


图 2 应急事件情景分析的主要流程

在该流程的中间定量分析过程中，现有的分析方法主要有基于贝叶斯网络的情景推理方法，该方法主要是一种基于概率分析和图论的一种不确定性知识的表示和推理模型，在第一步定性分析的基础上，基于贝叶斯网络构建应急事件情景的过程主要有三个步骤：

(1) 确定网络节点内容

贝叶斯网络由节点组成，在本文节点对应着非常规突发事件情景的不同变量，即表示事件情景 $s_i(P_i, S_i, R_i)$ 的各个子要素。节点确定后，需要确定节点变量的取值集合，即节点变量的所有可能取值。

(2) 确定节点关系

确定了节点内容之后，需要建立表示节点之间相互关系的有向无环图，即用有向边将节点之间的相互关系表示出来。对于非常规突发事件而言，网络中的有向边代表一种因果关系，描述了事件情景 $s_i(P_i, S_i, R_i)$ 各个子要素之间的相互影响作用。突发事件的情景分析是一个异常复杂的问题，对情景要素间因果联系的分析涉及到大量的领域知识，需要由相关工作人员、科研人员和领域专家共同完成。针对具体的非常规突发事件确定了节点内容和节点之间的因果关系，则确定了情景分析与推演的网络结构。

(3) 概率分配

建立了贝叶斯网络结构之后，需要对网络中的每一个节点赋予相应的条件概率，以描述节点与其父节点之间的关联程度。对没有父节点的节点给定先验概率。概率分配通常由充足的数据样本进行统计分析获得，或由领域专家根据其经验进行指定。而非常规突发事件具有罕见性，很难搜集到充分的数据样本。因此，本文由领域专家根据其经验进行指定。

由于非常规突发事件情景分析的复杂性，上面三个步骤不一定按顺序进行，而是可以交叉进行，反复修正以完成非常规突发事件情景贝叶斯推演网络的构建。

3、问题与展望

情景分析法是一种定量与定性相结合的方法，目前没有通用的框架和程序，在突发事件推演中，将该方法程序化还有一段很长的路要走。且在该方法的定量分析中，其发生概率、先验概率的确定还需要专家经验或以往案例经验来确定。故情景分析方法在应急反应培训应用中主要不足之处在于该方法耗时较长，因为利用情景分析法对应急事件进行情景

分析和态势推演的第一步关键影响因素识别和最后一步情景描述与分析属于定性分析，这两个步骤工作量大，且目前难以用计算机来完成。同时，将情景分析法引入应急反应培训系统也有其他方法所不能替代的优点，一方面，应急培训人员全员参与情景分析与态势推演，在提高应急人员积极性的同时，增强了应急处置如人员对突发事件发生、发展机理的认识，提高了应急人员的应急反应能力；另一方面，该方法所制定的应急演练预案克服了以往应急预案针对性差、可操作性差、不具体等问题，增强了应急演练的效果。

参考文献

- [1] 詹承豫.动态情景下突发事件应急预案的完善路径研究,行政法学研究,2011(1): 51-57.
- [2] 范维澄. 国家突发公共事件应急管理中科学问题的思考和建议[J] . 中国科学基金, 2007, 21(2) : 71- 76 .
- [3] 李湖生, 刘铁民. 突发事件应急准备体系研究进展及关键科学问题, 中国安全生产科学技术, 2009,5 (6): 5-11.
- [4] S.F. Jing, C.J.cheng, G. Xiong, X. Liu, X.Q. shang. ACP based 3D Emergency Drills System for petrochemical plants, the 10th World Congress on Intelligent Control and Automation 2012,Beijing,China.
- [5]易丹辉. 统计预测方法与应用. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [6] Ascher, W. Forecasting : An Appraisal for Policy- maker s and Planners. Balt-imore,MD: Johns Hopkins University Press, 1978.
- [7] Craig S. Fleisher , Babet te E. Bensoussan. Strategic and Competitive Analysis. Prentice Hall, 2003.