

基于 GERTS 网络的非常规突发事件情景推演共力耦合模型

保华¹, 方耕¹, 刘思峰¹, 胡明礼¹

(1. 南 航 空 航 大 经 济 管 理 , 南 210016; 2. 师 范 大 学 管 理 学 院 , 221009)

摘 要 对非常规突发事件情景 GERTS 网络衍生耦合问题, 分析了突发事件耦合的方式, 提出了耦合概念; 设计了基于 GERTS 网络的耦合节点的逻辑结构, 并定义了耦合算法, 给出了耦合参数求解方法. 该研究为非常规突发事件情景耦合问题提供了工具, 为非常规突发事件“情景-对策”决策研究提供了新的思路.

关键词 非常规突发事件; 耦合; GERTS 网络; 情景

Model of co-coupling in GERTS network

YANG Bao-hua¹, FANG Zhi-geng¹, LIU Si-feng¹, HU Ming-li¹

(1. College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China;
2. School of Management, Xuzhou Normal University, Xuzhou 221009, China)

Abstract In this paper, the way of coupling in emergency has been studied in tackling issue on disaster derivative coupling in the GERTS network. Three kinds of notions about coupling have been put forward by having designed the logic structure of co-coupling nodes based on GERTS network, having defined co-coupling algorithm, and having studied the optimal evaluation of co-coupling algorithm parameters in different forms. This research provides the method for co-coupling analysis in the scenario of unconventional incidents and provides new outlook for the decision-making of “scenario-reaction” in unconventional incidents.

Keywords unconventional incidents; co-coupling; GERTS network; scenario deduction

1 引 言

非常规突发事件的发生、发展和演化具有耦合性、传导性和快速扩散性, 由其引发的次生衍生灾害表现为全新类型、全新危害的特征. 如 2008 年年初我国南方大部分地区出现的低温、雨雪和冰冻灾害事件, 就具有突出的耦合性、传导性与叠加性, 是典型的极端天气事件与极端技术事件交互作用、相互耦合的结果, 这给我国经济社会生活造成了巨大损失. 如果对突发事件及其次生衍生灾害的耦合规律缺乏科学的认识, 就无法识别事件的耦合、传导和变异, 管理部门也将难以对非常规突发事件采取有效的预警与应急措施. 因此, 量化描述非常规突发事件演化过程中事件的耦合特征、科学分析和准确掌握突发事件的耦合规律, 是非常规突发事件应急管理理论与 践亟待解决的关键问题.

近年来, 对突发事件耦合问题的研究已成为应急管理研究中的一个重要方面. 文献 [1] 在汶川地震灾害调查的基础上, 总结了山区地震地质灾害形成过程中活动断裂和风化作用的耦合、岩土体结构与变形破坏形式的耦合、地震力与地形地貌的耦合以及地震力与地下水的耦合等几种的主要内外动力耦合表现形式, 对于认识地震地质灾害形成机理和发育规律具有一定的指导意义. 文献 [2] 通过对滑坡形成的环境因素进行分析, 诠释了地质构造、坡前水位、降雨、地下水、人类活动五大类环境因素内在的耦合效应, 运用改进的 3 层 BP 神经网络系统对耦合参数进行量化, 并结合具体的工程实例进行了验证. 文献 [3] 采用中尺度大气

收稿 期: 2011-09-26

资助项目: 国家自然科学基金 (90924022, 70901040, 70971064); 国家社会科学基金 (08AJY024); 教育部人文社会科学基金 (10YJC630084, 12YJC630262)

作者简介: 杨 华 (1979-), 男, 讲师, 博士研究生, 研究方向: 应急管理, 不确定性理论; 方志耕 (1962-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 系统工程, 应急管理.

模式 MM5 和区域海洋模式 POM 构造了中尺度海气耦合模式, 模拟了 Krovanh 风过程中 风 - 海洋相互作用, 分析了 风引起的海面降温影响 风强度的机制和海洋对 风响应的特征, 并得到了热通量的减少 得湿静力 及湿静力 径向梯度减小, 可削弱 风强度的结论. 文献 [4] 通过对大量古滑坡的空间分布特征和发育时间及大型基岩滑坡滑带发育演化过程的研究, 揭示了滑坡发育演化与地球内外动力耦合作用的关系, 提出了滑带形成演化的典型四阶段模式及其内外动力耦合作用机制, 并以三峡水 工程库区大型山体滑坡为对象, 从三个方面研究地质灾害形成的内外动力耦合作用机制, 对三峡库区新生滑坡的发现和预测提供了新的途径. 文献 [5] 则以工业生产中具有耦合环节的控制问题为背景, 指出各环节之间的耦合可以看成是相互间的干扰, 因而克服耦合问题则变成抑制干扰的问题, 用无模型控制方法对多变量耦合系统进行控制可收到良好的效果. 文献 [6] 结合战略应急库存和 期权两种应急供应方法, 建立了基于应急供应的弹性供应网络耦合模型, 该模型不但 显著提高供应网络的弹性, 而且 达到网络成本、可靠性和弹性三者之间的平衡. 文献 [7-8] 则从应急设施的布局 and 应急人员撤离等视角研究了非 规突发事件处置过程中的耦合问题.

GERT (graphical evaluation review technique, 简称 GERT) 是一种直观、有逻辑和 学根据的随机网络模型, 其应用范围十分广 [1]. Pritsker 等人进一步从建模的 际需要出发, 扩展了 GERT 网络节点的功能, 形成了 GERTS (随机网络 真技术) 网络模型. GERTS 模型把网络理论、概率论和 真技术结合起来, 够很好地描述流程中活动之间的关系及状态的转移, 并 有效地反 流程的随机性; 其应用范围几乎涵盖了包括资源规划 [1-11]、设备维护 [1-11]、任务评估 [11]、产品开发试制及改进计划 [11] 等许多行业和领域.

上述文献从不同的角度探讨了灾害演化中耦合问题, 但在对非 规突发事件情景推演过程中, 如何从逻辑上表示突发事件的耦合关系以及如何测算突发事件的耦合效应等问题, 现有的研究还鲜有涉及. 本文针对这一研究上的不足, 通过分析非 规突发事件情景演化过重的耦合作用形式, 提出共力耦合作用概念; 设计情景推演中的共力耦合节点的逻辑结构, 构建非 规突发事件情景推演 GERTS 网络模型, 定义并研究共力耦合算子及其参 的求解方法, 从而提供了非 规突发事件情景推演过程中共力耦合效应测算的有效工具, 进而为构建面向多事件耦合与情景构建的非 规突发事件综合决策平 提供理论和技术支持.

2 GERTS 网络共力耦合节点设计

从时间的维度来看, 非 规突发事件的演化是一种动态的过程, 这种演变 得非 规突发事件所处的状态 (情景) 不断发生转移. 如果用突发事件演化过程中系统所处的状态作映时映下梯实势现 实梯时下 下 下统 实梯时下收

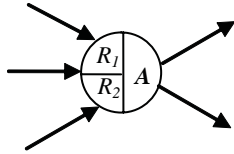


图 1 GERTS 网络节点示意图

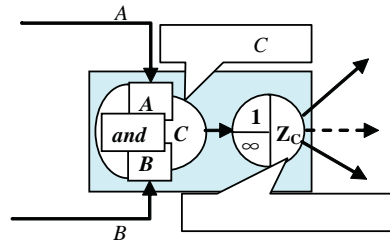
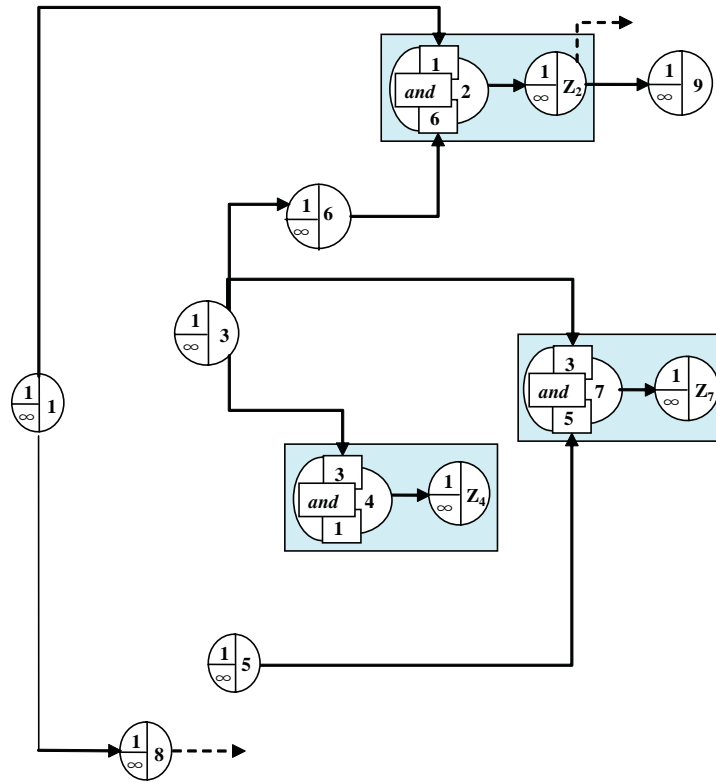


图 2 GERTS 网络中两事件间共力耦合节点结构图

非 规突发事件的演化是一个非 复在性小在运 验信增灾应信削在在与在月站灾削向象向在向小向向域向小城在灾杂灾洋



利用上述数据和 GERTS 网络的真原理, 以 Matlab 为仿真工具, 在获得上述参情形下灾害系统的灾害损失速率的情景推演结果, 如图 5 所示。

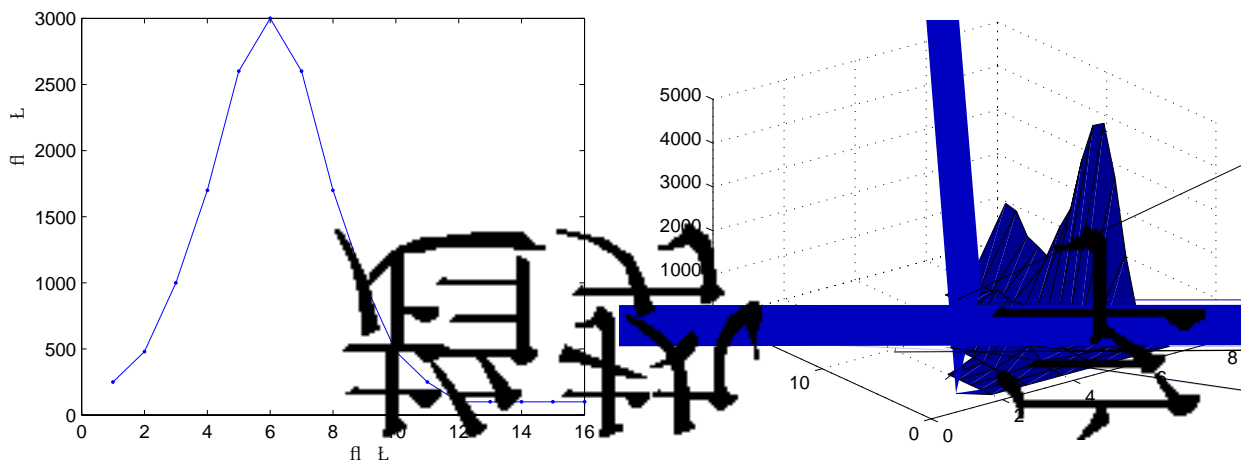
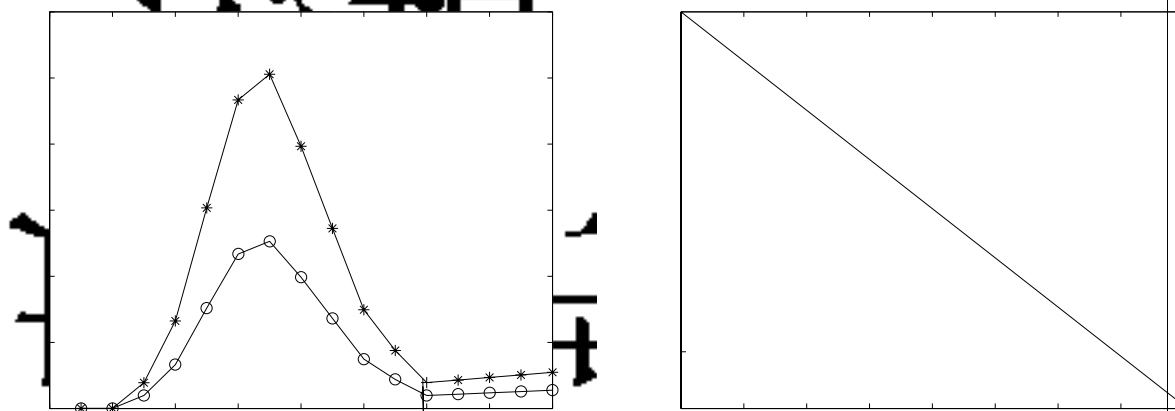


图 4 风灾害系统中各事件的损失速率演化情景



灾害损失速率情景推演结果

失速率越低, 且人口伤亡损失速率的峰值在相同的时间出现. 由此可以看出: 非 规突发事件诱导演化延迟时间的增加, 并没有改变灾害损失峰值出现的时间, 并 得灾害损失演化到达峰值的时间缩短, 但却为应急措施的 施提供时间. 因此, 在非 规突发事件出现之前, 应加强平时的灾害应急准备, 延长灾害诱导演化的延迟时间, 为政府的应急措施 施争取时间.

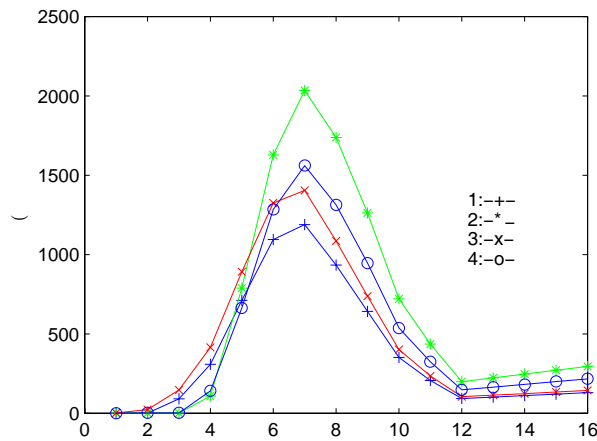


图 8 同耦合概率和 导延迟时间时节点 4 的损失速率

为了进一步考查共力耦合概率和延迟时间对事件灾害速率的影响, 在 真过程中随机生成四组 据 {1. (0.1889, 2.025); 2. (0.493, 3.736); 3. (0.2029, 1.523); 4. (0.3551, 3.523): 其中前一个 据为耦合概率, 后一个 据为延迟时间}, 进行 真 验, 验结果如图 8 所示 (仍以节点 4 为例说明).

从图 8 可以看出, 在事件共力耦合概率较大和灾害诱导演化延迟时间较长的情形下 (真 据组 2 和 真 据组 4), 事件共力耦合概率大的情形 (真 据组 2) 造成的灾害节点 4 的灾害损失峰值较大, 并且在后期也明显高于耦合概率低的情形; 在灾害节点 4 的灾害损失峰值出现前, 共力耦合概率较大情形 (真 据组 2 和 4) 造成的灾害损失速率变化较快; 而在灾害峰值出现之前, 灾害诱导演化延迟时间较短情形 (真 据组 3 和 1) 造成的灾害损失速率高于灾害诱导演化延迟时间长 (真 据组 2 和 4) 的情形. 由此可以看出: 阻隔 (降低) 灾害事件间的演化耦合概率和延长灾害事件间的诱导演化延迟时间, 可较好的控制灾害的损失. 此外, 从图 8 还可以看出, 无论在那一种情景推演中, 灾害节点 4 的灾害损失速率的峰值出现时间是相同的, 只是峰值的大小不同. 因此, 在灾害应急管理中, 当救灾的措施 够 得事件共

- Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2006, 25(1): 2650-2655.
- [3] 蒋小平, 刘春霞, 齐义泉. 利用一个海气耦合模式对台风 Krovanh 的模拟 [J]. 大气科学, 2009, 33(1): 99-108.
Jiang X P, Liu C X, Qi Y Q. The simulation of typhoon Krovanh using a coupled air-sea model[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2009, 33(1): 99-108.
- [4] 李晓, 李守定, 陈剑, 等. 地质灾害形成的内外动力耦合作用机理 [J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(9): 1792-1806.
Li X, Li S D, Chen J, et al. Coupling effect mechanism of endogenic and exogenic geological processes of geological hazards evolution[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 27(9): 1792-1806.
- [5] 韩志刚, 蒋爱平, 汪国强. 无模型控制方法对多变量耦合系统控制的应用研究 [J]. 控制与决策, 2004, 19(10): 1155-1158.
Han Z G, Jiang A P, Wang G Q. Study on control of multivariable coupling systems with model free control method[J]. Control and Decision, 2004, 19(10): 1155-1158.
- [6] 刘龙, 季建华. 基于应急供应的弹性供应网络设计研究 [J]. 控制与决策, 2007, 22(11): 1223-1227.
Liu X L, Ji J H. Resilient supply network design based on contingency supply [J]. Control and Decision, 2007, 22(11): 1223-1227.
- [7] ReYelle C S, Eiselt H A. A5.99iP N 3 8 3 T / T