

文章编号: 1009-6000(2015)03-0023-05
中图分类号: U491 文献标识码: A
doi: 10.3969/j.issn.1009-6000.2015.03.004

基金项目: 江苏省政府专项资助“江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)”; 江苏政府留学奖学金资助项目(JS-2011-029); 江苏省公安厅公安理论及软科学项目“突发事件下城市道路交通应急管理研究”。

作者简介: 龚鹏飞(1974-), 江苏警官学院治安系副教授, 东南大学交通学院博士研究生, 主要研究方向: 道路交通安全, 道路交通应急管理。

城市道路交通突发事件应急响应分级研究

Classification of Emergency Response to Urban Road Traffic Emergencies

龚鹏飞

GONG Pengfei

摘要:

为有效应对城市道路交通突发事件, 运用 AHP 方法构建多级递阶层次结构模型对城市道路交通突发事件应急响应分级进行了研究。建立以事件本身所具有的属性、事件发生区域城市道路网络脆弱性及城市公安交通管理部门的机构弹性为主的评价指标体系, 对每一指标进行了量化和说明, 计算综合评分, 最后确定应急响应等级。以一起治安事件引发的城市道路交通突发事件为例进行计算, 结果表明该方法能有效解决应急响应分级问题。

关键词:

城市道路交通管理; 突发事件; 应急响应分级; 道路网络脆弱性; 层次分析法

Abstract: In order to handle urban road traffic emergencies effectively, multi-level hierarchical structural model is used to study classification of emergency response to urban road traffic emergencies through analytic hierarchy process (AHP) method. According to the analysis on its establishment principles, the evaluation index system, based on influencing factors like the property of emergencies, the vulnerability of urban road network in regions where emergencies occurred, and the institutional resilience of traffic administrative departments of public security organ, is established, and the interpretation and quantitative criteria of each evaluation index are given. Next, the weight of each index is determined through AHP method. The comprehensive score, which determines the classification of an emergency, is obtained by using weighted summation method. Finally, an urban road traffic emergency caused by a social public security accident is used as an example to validate the model. The results show that AHP method can solve effectively the problem about emergency response classification.

Key words: urban road traffic management; emergencies; classification of emergency response; road network vulnerability; analytic hierarchy process(AHP)

0 引言

城市道路交通突发事件是指直接或间接对城市道路交通产生不良影响, 造成城市道路交通系统紊乱或失控的各类突发事件^[1]。国内外关于突发事件的分级研究主要有事前的预警分级、事中的响应分级以及事后的对事件本身的综合

评定分级。在不同阶段对突发事件的分级, 其目的和评价指标有所不同, 事前预警阶段主要考虑突发事件可能造成的危害程度、紧急程度和发展趋势^[2]等事件本身所具有的属性, 分级的主要目的是要确定该级别的突发事件应当启动哪个预案; 事后的分级, 主要是基于对突

发事件造成的损失进行评估的基础上进行的，目的是为总结经验教训、制定改进措施、追究相关责任及为恢复与重建提供依据，是一种问责式的分级。而事中的应急响应阶段的分级起承上启下的作用，其主要目的是快速、准确地确定应对某种突发事件的主体、措施和所必须调动的资源，既要避免对突发事件“反应不足”，也要避免“反应过度”^[3]。城市道路交通突发事件种类很多，不同类型事件的具体处置方法差别也很大，但是基于我国现行的行政管理体制，无论何种突发事件，快速、准确地确定应对突发事件的主体都是应急响应的首要任务，一般说来，应急响应等级越高，相应的响应主体的级别也就越高、协调能力就越强、能够调动的资源也就越广泛，龚鹏飞曾在2013及2014年对不同的城市道路交通应急响应等级所对应的应急主体及应急响应措施作了详细的研究^{[4][5]}。因此，对不同种类的城市道路交通突发事件进行简单、统一的应急响应分级有利于快速确定应急响应主体、尽快采取相应的应急处置措施，对尽可能减少各类城市道路交通突发事件对城市道路交通系统的影响，维护城市道路交通系统的正常运行具有重要意义。

目前，对突发事件应急响应级别的研究主要集中在安全生产^{[6][7]}及自然灾害领域^{[8][9]}，专门研究交通尤其是城市道路交通应急响应级别的情况很少。交通运输部^[10]将公路交通突发事件应急响应级别按照其可控性、严重程度和影响范围分为特别重大事件（Ⅰ级）、重大事件（Ⅱ级）、较大事件（Ⅲ级）和一般事件（Ⅳ级）四个等级，交通运输部负责Ⅰ级应急响应的启动和实施，省级交通运输主管部门负责Ⅱ级应急响应的启动和实施，市级交通运输主管部门负责Ⅲ级应急响应的启动和实施，县级交通运输主管部门负责Ⅳ级应急响应的启动和实

施。但其响应级别只考虑了事件本身所具有的属性，是直接根据预警级别确定的，没有考虑到承载体的脆弱性及机构弹性等方面的因素。何雅琴等^[11]从交通响应的紧急程度和交通救援的难易程度两个方面，对城市突发事件交通应急响应级别的评价指标体系进行了研究，提出了基于交通的城市突发事件等级划分标准，但在评价指标的选取上没有考虑到评价指标的可测性，没有给出具体指标的量化方法，最终将会导致应急响应级别的判定难以实现。

从已有的相关文献看，针对城市道路交通突发事件应急响应分级的研究较少，已有的研究在评价指标选取、量化、评价方法上都有进一步改进和提升的必要。为了快速、准确地对城市道路交通突发事件应急响应进行分级，本文采用AHP方法，综合考虑突发事件本身所具有的属性、事件发生区域城市道路网脆弱性及城市公安交通管理部门的机构弹性三方面的因素，建立多级递阶层次评价指标体系来确定应急响应等级。

1 评价指标体系的说明及量化

根据AHP方法，把影响城市道路交通突发事件应急响应级别评价的诸多因素条理化、层次化，从而建立多级递阶

层次评价指标体系（图1）。该层次结构由目标层（O）、准则层（C）、指标层（P）组成。每个具体指标按5分制进行评分，分数越高表示需要应急响应的等级越高。

本文将城市道路交通突发事件应急响应级别划分为特别重大事件（Ⅰ级）、重大事件（Ⅱ级）、较大事件（Ⅲ级）和一般事件（Ⅳ级）四个等级，每个等级及其对应分值见表1^{[10][12]}。

1.1 事件本身的属性（C₁）

事件本身的属性通常包括事件的性质及可控性、严重程度和影响范围等因素。

1.1.1 事件的性质及可控性（P₁）

事件的性质直接影响事件的可控性，是启动应急响应工作的重要依据。各种对城市道路交通有直接影响的突发事件的性质及可控性的评价分值见表2^[13]。

1.1.2 严重程度（P₂）

事件的严重程度通常用伤亡人数及直接经济损失来衡量，考虑到直接经济损失在应急响应阶段可能难以计算或估计，本文采用当量死亡人数作为事件严重程度的衡量指标。根据公安部发布的《关于修订道路交通事故等级划分标准的通知》（公通字[1991]113号），当量死亡人数可以按公式（1）进行计算：

$$D_0 = D_1 + 0.33D_2 + 0.1D_3 \quad (1)$$

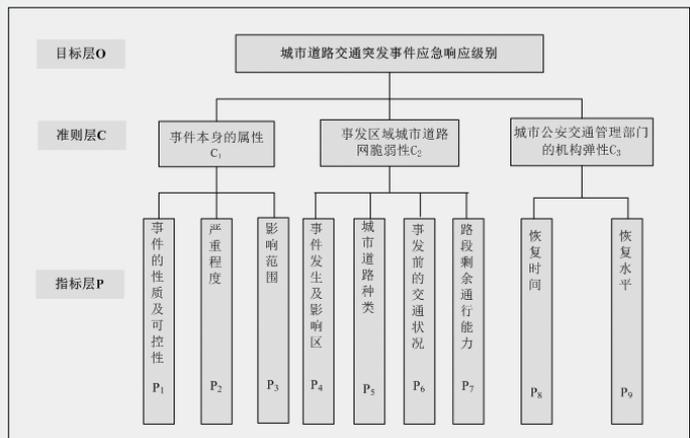


图1 城市道路交通突发事件应急响应分级评价指标体系

式中: D_d 为当量死亡人数; D_1 为直接死亡人数; D_2 为重伤人数; D_3 为轻伤人数。

根据公安机关交通管理部门处理道路交通事故的相关规定: 死亡 1~2 人为重大事故, 死亡 3 人以上的为特大事故, 死亡 5 人以上的应当立即将道路交通事故基本情况逐级上报至公安部交通管理局, 死亡 10 人以上的更有特别的程序规定, 据此具体评价分值见表 3。

1.1.3 影响范围(P_3)

对城市道路交通的影响范围可以用对城市道路交通的影响半径(R)作为评价指标, 突发事件对城市道路交通可能的影响半径的确定, 往往要依据交警指挥中心值班人员根据监控设施等进行判断。评分的分界半径(五级有四个分界半径)可以按公式(2)进行计算。

$$R_i = p_i \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \quad i=1,2,3 \quad (2)$$

式中: R_i 为各分级的分界半径; S 为城市建成区面积; p_i 为各分级的分界百分比。

公安部交通管理局^[14]对城市的分类, A类(特大城市)的建成区面积是 320km²以上, B类(大城市)的建成区面积是 120km²以上, 取两个阈值的中间值, 城市建成区面积按 220km²计算, 按从大到小的顺序, 分别取城市建成区半径的 80%、60%、40%、20% 分别作为五级的分界百分比, 计算后再四舍五入取整, 得到具体评价分值见表 4。

1.2 发生区域城市道路网脆弱性(C_2)

Berdica^[15]最早提出了有关路网脆弱性的定义, 他认为道路运输系统的脆弱性是一个易于受事件影响而导致路网的服务水平极大下降的敏感系数。本文用事件发生及影响的区域、城市道路种类、事发前的交通状况、路段剩余通行能力作为评价路网脆弱性的指标。

1.2.1 事件发生及影响区域(P_4)

我国一些城市的市政及交通部门在

表3 事件的严重程度量化标准

划分标准	评分
$D_d \geq 10$	5
$10 > D_d \geq 5$	4
$5 > D_d \geq 3$	3
$3 > D_d \geq 1$	2
$D_d < 1$	1

表4 影响范围量化标准

划分标准	评分
$R \geq 7\text{km}$	5
$7\text{km} > R \geq 5\text{km}$	4
$5\text{km} > R \geq 3\text{km}$	3
$3\text{km} > R \geq 2\text{km}$	2
$R < 2\text{km}$	1

表1 各应急响应等级分值分配

应急响应等级	I级	II级	III级	IV级
综合评价分值	[4,5]	[3,4)	[2,3)	[1,2)

表2 事件的性质及可控性量化标准

划分标准	评分
灾害类事件(地质灾害、气象灾害)	5
社会安全类事件(治安及刑事案件、涉外事件)	4
环境污染事件(危化品泄漏事件)	3
重、特大道路交通事故	2
常规交通事件(一般道路交通事故、车辆抛锚等)	1

表5 事件发生及影响区域量化标准

划分标准	评分
一类地区	5
二类地区	4
三类地区	3
四类地区	2
其他地区	1

表7 事发前的交通状况量化标准

划分标准	评分
工作日高峰期	5
非工作日高峰期	4
工作日平峰期	3
非工作日平峰期	2
低峰期	1

表6 城市道路种类量化标准

划分标准	评分
城市快速路	5
主干道	4
次干道	3
支路	2
其它胡同里巷	1

表8 路段剩余通行能力量化标准

划分标准	评分
$K \leq 1/8$	5
$1/8 < K \leq 1/6$	4
$1/6 < K \leq 1/4$	3
$1/4 < K \leq 1/2$	2
$1/2 < K \leq 1$	1

进行建设项目交通影响评价时, 通常会根据区位等情况将城市分为若干类地区, 其中一类地区是指城市的核心区域, 区位最敏感, 人口集中, 交通流量大, 其他各类地区区位敏感度及交通密集度依次递减。可以直接借用建设项目交通影响评价对城市的区域分类, 评价分值见表 5。

1.2.2 城市道路种类(P_5)

城市道路按其功能通常可以划分为城市快速路、主干道、次干道及支路, 各种城市道路承担的交通功能是不一样的, 各种突发事件对不同性质的城市道路的交通影响强弱也不一样。评价分值见表 6。

1.2.3 事发前的交通状况(P_6)

事发前的交通状况是指事发路段在事件发生前的交通流量情况。根据交通工程学的基本理论, 一个城市道路网

的交通量随时间的变化是有规律可循的, 工作日有明显的交通量高峰(上下班时段)、平峰和低峰, 非工作日的高峰、平峰和低峰同工作日有明显的不同, 但一般非工作日的高峰流量要较工作日低, 根据这个规律, 事发前的交通状况评分分值见表 7。

1.2.4 路段剩余通行能力(P_7)

指事件发生造成的道路通行能力下降, 用未被损坏或占用能正常通行的剩余车道数与原车道数的比值(K)表示。K 可以按公式(3)进行计算:

$$K = n/N \quad (3)$$

式中: n 为能正常通行的车道数; N 为原有车道数。具体评价分值见表 8。

1.3 城市公安交通管理部门的机构弹性(C_3)

机构弹性是指一个风险事件管理机构应对与处置突发事件并再度恢复到初

始正常运行状态的能力^[16]，它与恢复时间负相关与恢复水平正相关。本文用恢复时间和恢复水平作为衡量城市公安交

通管理部门的机构弹性指标。

1.3.1 恢复时间(P₈)

参照以往同类事件的处理持续时间，

凭经验对城市道路交通突发事件的恢复时间(T)进行预估。恢复时间从事件发生时算起，直至事件处理完毕，撤除现场为止，具体评价分值见表9。

1.3.2 恢复水平(P₉)

以恢复后的通行能力占原通行能力的百分比(P)来表示，具体评价分值见表10。

2 计算总排序权重

层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是由美国匹茨堡大学教授T.L.Satty于20世纪70年代末提出的一种实用的多层次权重解析结构分析方法。在已建立的多级递阶层次结构评价指标体系基础上，运用AHP方法计算各评价指标对系统目标的总排序权重的主要步骤如下^[17]：

步骤(1)：根据目标层构造准则层的判断矩阵，计算各准则层对于目标层的权重，并进行一致性检验。

采用1~9标度法将准则层的各因素相对于目标层进行两两比较，构造判断矩阵并进行计算，求解最大特征根 λ_{max} ，属于 λ_{max} 的标准化特征向量 $w=(w_1, \dots, w_n)^T$ 为各影响因素的权重，然后进行一致性检验，若 $CR = \frac{CI}{RI} \leq 0.1$ ，则认为该判断矩阵的一致性可以接受，即计算出的权重值可以采用，否则需要对判断矩阵进行调整。具体方法参考胡运权所著《运筹学教程》(第三版)^[18]，计算结果见表11。

步骤(2)：根据准则层构造指标层的判断矩阵，计算指标层各元素对于该准则层的权重，并进行一致性检验。

具体方法同步骤(1)，计算结果见表12~14。因为二阶判断矩阵总是具有一致性，所以表14中，不必进行一致性检验。

步骤(3)：计算各指标层元素对系统目标的总排序权重。



图2 事发位置
注：事发位置为图中A处。

表9 恢复时间量化标准

划分标准	评分
T > 360min	5
120 < T ≤ 360min	4
60 < T ≤ 120min	3
30 < T ≤ 60min	2
T ≤ 30min	1

表10 恢复水平量化标准

划分标准	评分
P < 20%	5
20% ≤ P < 40%	4
40% ≤ P < 60%	3
60% ≤ P < 80%	2
P ≥ 80%	1

表14 C₃-P 判断矩阵

	P ₈	P ₉
恢复时间(P ₈)	1	3
恢复水平(P ₉)	1/3	1
$\lambda_{max}=2$	$w=(0.75, 0.25)^T$	

表11 O-C判断矩阵

	C ₁	C ₂	C ₃
事件本身的属性(C ₁)	1	3	5
发生区域城市道路网脆弱性(C ₂)	1/3	1	2
城市公安交通管理部门的机构弹性(C ₃)	1/5	1/2	1
$\lambda_{max}=3.005$	$w=(0.648, 0.230, 0.122)^T$	C.I.=0.0025, C.R.=0.004 < 0.1	

表12 C₁-P 判断矩阵

	P ₁	P ₂	P ₃
事件的性质及可控性(P ₁)	1	3	5
严重程度(P ₂)	1/3	1	2
影响范围(P ₃)	1/5	1/2	1
$\lambda_{max}=3.005$	$w=(0.648, 0.230, 0.122)^T$	C.I.=0.0025, C.R.=0.004	

表13 C₂-P 判断矩阵

	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇
事件发生及影响区域(P ₄)	1	2	1	2
城市道路种类(P ₅)	1/2	1	1	1
事发前的交通状况(P ₆)	1	1	1	2
路段剩余通行能力(P ₇)	1/2	1	1/2	1
$\lambda_{max}=4.061$	$w=(0.388, 0.205, 0.288, 0.169)^T$	C.I.=0.02, C.R.=0.023		

表15 各评价指标评分及总排序权重

准则层	指标层	评分	总排序权重	
城市道路交通突发事件应急响应分级评价(0)	事件本身的属性(C ₁)	事件的性质及可控性(P ₁)	4	0.420
		严重程度(P ₂)	1	0.149
		影响范围(P ₃)	3	0.079
	发生区域城市道路网脆弱性(C ₂)	事件发生及影响区域(P ₄)	5	0.078
		城市道路种类(P ₅)	4	0.047
		事发前的交通状况(P ₆)	5	0.066
		路段剩余通行能力(P ₇)	5	0.039
城市公安交通管理部门的机构弹性(C ₃)	恢复时间(P ₈)	3	0.092	
	恢复水平(P ₉)	1	0.03	

用步骤(1)所得的各准则对于目标层的权重乘以用步骤(2)所得的指标层各元素对于该准则的权重,得到各指标层元素对系统目标的总排序权重,具体计算结果见表15。

3 案例分析

3.1 事件基本情况

2010年11月18日上午,上班高峰期,在南京市市中心区域的洪武路和户部街交叉路口(图2),一群人拦下所有经过的34路公交车,把一位年轻死者的遗相挂在34路公交车的车头上,拉着横幅、打着海报、在路口烧纸钱祭奠,引发大量群众围观,导致新街口地区交通混乱,发生长时间交通拥堵,许多经过此处的上班族当天上班迟到。事发原因是11月13日傍晚6点20分左右,一位年仅16岁的女孩在该路口被一辆右拐弯的34路公交车刮倒后带到车轮下碾压,送到医院后不治身亡,事发后5天死者家属认为还没有得到公正处理后采取的一些过激行为。

3.2 事发时的相关背景

该事件是一起典型的社会治安事件,事件本身并未造成人员伤亡,对道路交通的影响半径大概3~5km,事发区域为南京市中心城区,事发路段洪武路为南京市的主干道,事发时间为工作日(周四)上午上班高峰时期,事件导致整个洪武路和户部街各车道交通阻塞,事件的恢复时间大概是2小时,受影响路段通行能力的恢复水平基本能恢复到初始状态。

3.3 各评价指标评分

根据事发时的相关背景信息,参照评价指标量化标准,对该事件各评价指标分别评分(表15)。用总排序权重对评价指标评分加权求和,求得该起突发事件应急响应的综合评分为3.475,根据表1对应急响应的分级,该事件的应急响应等级为II级。

4 结语

本文运用AHP方法,建立由目标层(O)-准则层(C)-指标层(P)的多级递阶层次结构模型,计算得到城市道路交通突发事件应急响应的综合评分,根据综合评分,最后确定应急响应等级。根据本文的分析和研究,可以得到如下结论:

(1)利用AHP方法来对城市道路交通突发事件应急响应分级是可行性的,采用的评价指标易于获取,评分及计算过程简单,能有效解决城市道路交通突发事件应急响应分级问题,为确定应急响应分级提供了一种科学的易于操作的方法。

(2)利用AHP方法计算城市道路交通突发事件应急响应分级,能快速、准确地确定应对该类突发事件的主体、措施和所必须调动的资源,为有效应对这类突发事件提供帮助。

(3)本文虽然是针对城市道路交通突发事件应急响应进行分级的,但采用的模型方法对突发事件的应急响应分级有一定的普适性,但是针对特定的突发事件,需要根据实际情况选取评价指标。

需要指出的是,本文在评价指标的选取上,参阅了大量相关文献资料并结合公安交通管理部门的实战经验。考虑到指标的独立性、代表性及差异性;遵循了指标宜少不宜多、宜简不宜繁的原则;还主要考虑了评价指标的可测性问题,对于难以获取的指标,在本文中并没有考虑进去。针对不同类型的城市道路交通突发事件,有些评价指标可能并不一定合适,而另一些重要的评价指标可能没有考虑到,在今后的研究和实际应用中,评价指标体系及评分方法还有待于进一步建立健全。

参考文献:

- [1] 吴兴春.突发事件下城市交通应急管理研究[D].成都:西南交通大学,2010.
- [2] 国务院.国家突发公共事件总体应急预案[S].北京:国务院,2006.

[3] 莫于川.中华人民共和国突发事件应对法释义[M].北京:中国法制出版社,2007.

[4] 龚鹏飞.道路交通突发事件分类与分级[J].灾害学,2013,28(1):45-49.

[5] 龚鹏飞.恶劣天气条件下城市道路交通应急处置[J].安全与环境工程,2014,21(1):142-147.

[6] 刘铁民,刘功智,陈胜.国家生产安全应急救援体系分级响应和救援程序探讨[J].中国安全科学学报,2003,13(12):5-8.

[7] 刘铁民.突发事件应急响应规范化势在必行:“7.23”甬温线特大铁路交通事故应急响应反思[J].中国安全生产科学技术,2011,7(9):5-10.

[8] 铁永波,唐川.城镇地质灾害应急响应能力评价[J].自然灾害学报,2009,18(2):139-145.

[9] 祝燕德,肖岩,廖玉芳,等.气象灾害预警机制与社会应急响应的思考[J].自然灾害学报,2010,19(4):191-194.

[10] 交通运输部.公路交通突发事件应急预案(交公路发[2009]226号)[S].2009.

[11] 何雅琴,李杰.城市突发公共事件交通应急响应级别评价指标体系[J].公路交通科技,2012,29(6):116-121.

[12] 公安部.高速公路交通应急管理程序规定(公通字[2008]54号)[S].2008.

[13] 马兆有,王长君,刘君.基于危害风险评价的高速公路紧急事件分级[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2010,29(5):776-780.

[14] 公安部交通管理局,等.城市道路交通管理评价指标体系[S].2012.

[15] Berdica K. An introduction to road vulnerability: What has been done, is done and should be done[J].Transport Policy, 2002,9(2):117-127.

[16] 陈安,陈宁,倪慧蓉,等.现代应急管理理论与方法[M].北京:科学出版社,2009.

[17] 唐幼纯,范君晖.系统工程:方法与应用[M].北京:清华大学出版社,2011.

[18] 胡运权.运筹学教程:第三版[M].北京:清华大学出版社,2007.