

doi: 10.11731/j.issn.1673-493x.2018.08.012

超大城市公共安全风险评估、归因与防范*

孙华丽¹, 项美康¹, 薛耀锋²

(1. 上海大学 管理学院, 上海 200444; 2. 华东师范大学 教育信息技术学系, 上海 200062)

摘要: 为了科学评价超大城市公共安全风险, 从人口状况、能力指标和脆弱性指标着手, 建立超大城市公共安全评估指标体系。基于上海市 2007—2016 年的部分数据, 采用主成分分析法对上海市公共安全风险 17 个指标进行测度, 找出影响公共安全水平的重要因子。同时, 基于统计数据分析了公共安全事件风险源和 5 个潜在风险点, 并提出防范建议。研究表明: 近 10 a 来, 上海公共安全状况存在明显改善, 且地区经济与人口因子、公共城建与生态能力因子是影响上海城市公共安全风险最主要的 2 个因素; 汽车交通事故、电气原因造成的火灾事故、盗窃、殴打他人是扰乱城市公共安全最突出的因素。

关键词: 超大城市; 公共安全; 评估体系; 主成分分析

中图分类号: X92; D035 文献标志码: A 文章编号: 1673-493X(2018)-08-0074-06

Assessment, attribution and prevention of public safety risk in megacity

SUN Huali¹, XIANG Meikang¹, XUE Yaofeng²

(1. School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China;

2. Department of Educational Information Technology, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: To assess the public safety risk of megacity scientifically, starting from the population situation, ability index and vulnerability index, an index system of public safety assessment for the megacity was established. Based on partial data of Shanghai from 2007 to 2016, 17 indexes of public safety risk in Shanghai were measured by using the principal component analysis method, and the important factors influencing the public safety level were found out. Meanwhile, the risk sources and 5 potential risk points of public safety events were analyzed based on the statistical data, and the prevention suggestions were put forward. The results showed that in the recent 10 years, the public safety situation of Shanghai improved obviously, and the regional economic and population factor and the public construction and ecological ability factor were the major factors influencing the urban public safety risk of Shanghai. The motor traffic accidents, fire accidents caused by electrical reasons, theft and assaulting others were the most outstanding factors disturbing the urban public safety.

Key words: megacity; public safety; assessment system; principal component analysis

0 引言

国务院 2014 年发布的《关于调整城市规模划分标准的通知》中规定, 城区常住人口 1 000 万以上的城市为超大城市。人类活动高度聚集、土地开发程度高、建筑设施高度密集、资源与能源消耗大、生态环境破坏、交通系统压力过大以及当地人口与外来人口在社会福利方面的差距等因素导致其公共安全系统的脆弱性显著。以上海市为例, 2010 年 11 月上海静安区高层住宅发生

特大火灾, 造成 58 人遇难, 房产损失近 5 亿元人民币; 2011 年 9 月上海地铁 10 号线发生追尾事故, 造成百人受伤; 2014 年 12 月上海黄浦区外滩发生特别重大踩踏事件, 造成 36 人遇难, 49 人受伤。上海市内交通拥堵现象和交通事故也频频发生, 根据 2017 年《上海统计年鉴》^[1], 交通事故高达 794 起, 死亡人数 759 人, 火灾发生次数高达 4 464 起, 经济损失 1.07 亿元。高强度的人类活动使得上海这座超大城市对自然或人为致灾因子的敏感度增加, 导致城市公共安全风险上升。当超大城

收稿日期: 2018-06-02

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(71203134); 上海市哲学社会科学规划系列课题(2015XAF002)

作者简介: 孙华丽, 博士, 副教授, 主要研究方向为城市安全与应急管理。

通信作者: 薛耀锋, 博士, 副研究员, 主要研究方向为计算机应用。

市发生灾害时,灾害的传播性较一般城市强,且同一等级灾害发生在超大城市将产生更大的危害性,不仅破坏城市经济的稳定发展,甚至会影响到全国社会及经济的稳定发展,造成巨大损失。

目前,越来越多的学者意识到公共安全对城市发展的重要性。在城市公共安全风险的理论研究方面,Wisner等^[2]指出城市安全风险涉及3种灾害类型:自然灾害、人为技术事故和恐怖破坏,从突发事件角度看,可将城市安全问题划分为城市自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会公共安全事件4类;Ramirez等^[3]为波哥大首都提出了灾难风险管理规划的原则、概念模型及其结构框架;Shapiro^[4]通过分析洛杉矶地区的公共安全现状,认为物资及物资分布、城市特征以及种族构成是地区公共安全的重要决定因素。在公共安全风险评估方面,刘承水^[5]采用因子分析和模糊神经网络方法,对我国的城市公共安全进行了评估;尚志海等^[6]将公共安全风险评估指标体系分为风险源危险性、风险受体暴露、社区应对能力和居民风险认知4个层次,以赤岗社区为例,采用突变级数法定量评估社区公共安全风险;孙华丽等^[7]基于“弓弦箭”模型,构建包括能力和脆弱性指标的公共安全发展水平评价指标体系,采用组合评价法综合评价了我国省市的公共安全发展水平;司鹤^[8]以重庆市2005—2011年数据为研究对象,采用数理统计和灰色理论方法,对重庆市进行了城市公共安全风险评估。在公共安全的防范对策研究方面,周建新等^[9]详细分析高层建筑火灾,提出应对措施;郭秀云^[10]从人口流迁与社会融合视角进行分析,提出相应的政策建议;曹策俊等^[11]在分析大数据时代城市公共安全风险特征、类型的基础上,提出以前馈导控为主,反馈响应为辅的城市公共安全风险治理创新模式。

总的来说,学者大多是以全国或某个中小城市或社区公共安全问题为研究对象,建立了相关公共安全风险评估指标体系,提出了相应的建议对策。但是,超大城市与其他城市相比,具有人口密集,人类活动聚集,城市系统受人为因素扰动大等特殊性,其城市公共安全脆弱性更大,更容易发生各类灾害。基于此,本文以上海市2008—2017年上海市统计年鉴数据^[1]为例,建立超大城市公共安全风险评估体系,研究其公共安全风险状况,剖析公共安全风险源与潜在风险点,并提出防范建议。

1 公共安全风险评估方法

1.1 评估指标体系构建

超大城市公共安全风险评估,不仅涉及到公共安全承受者,还包括公共安全的表现形式。故本文选择人口特性、抗灾能力和城市脆弱性3个一级指标作为公共安

全风险评估指标体系。超大城市人口密集,人口流动量大,城市安全系统受人为干扰的脆弱性较大,并且考虑自然人作为事故与灾害的最终承受者,故把人口特性作为单独考虑因素。抗灾能力指城市抵抗灾难的能力,联合国减灾战略机构认为城市脆弱性是指由自然、社会、经济和环境因素或活动所决定的,使一个社区更容易受到危害侵袭的条件。从以上角度出发,构建一套多级的超大城市公共安全风险评估体系,完整的指标体系见图1,其中公共交通承载量是公交客运总量、出租车载客车次和轨道交通客运量的加和。

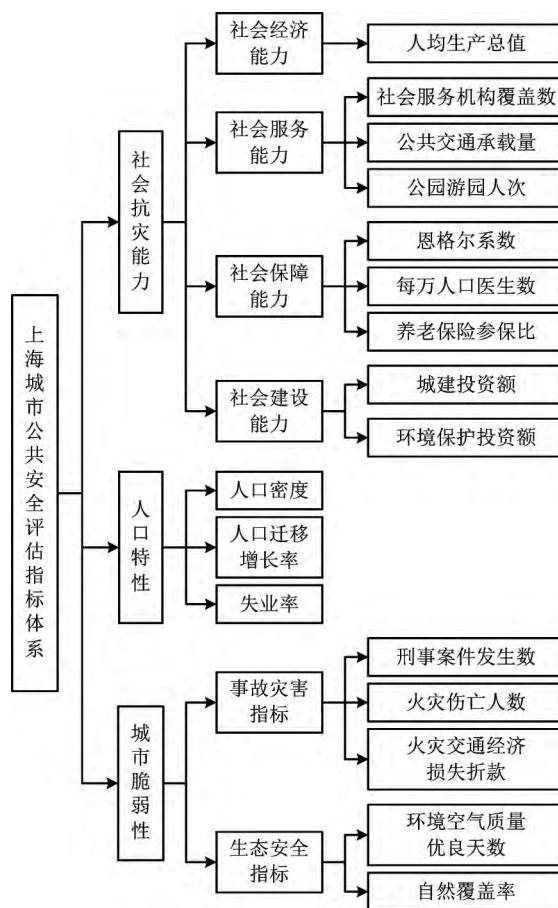


图1 城市公共安全风险评估指标体系

Fig. 1 Urban public security risk assessment index system

1.2 评估方法与过程

主成分分析方法^[12-13]是一种常见的指标筛选方法,通过指标负载系数大小反应指标对综合评价结果影响显著性上的差异,删掉负载系数小的指标,保证筛选出的指标对结果有显著性影响^[14]。本文选取上海市2008—2017年《上海统计年鉴》的相关数据,采用主成分分析法,对评估指标体系的各项指标进行量化分析,从而计算各年的公共安全风险测度值,数据总体较为全面。

1.2.1 数据处理

本文指标中既有正指标又有逆指标,为了正确反映各指标对综合结果的影响,首先对逆指标采取倒数形式处理。为了消除量纲和量级的影响,对数据进行标准化处理,采用 Z 标准化方法。如表 1 所示,令 x_i 为第 i 个指标,标准化后的各指标值为 x_i^* ,共 p 个指标。

表 1 因子载荷矩阵
Table 1 Component matrix

指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
人均生产总值 x_1	0.932	-0.225	0.256
失业率 x_2	0.930	-0.060	-0.004
人口密度 x_3	0.922	-0.324	-0.095
公园游园人次 x_4	0.898	0.279	-0.104
公共交通承载量 x_5	0.888	-0.417	-0.096
恩格尔系数 x_6	0.870	-0.424	0.227
社会服务机构覆盖数 x_7	0.845	-0.444	-0.156
人口迁移增长率 x_8	-0.813	0.399	0.156
每万人口医生数 x_9	-0.782	0.107	0.500
养老保险参保比 x_{10}	0.749	-0.592	0.167
城建投资额 x_{11}	-0.016	0.951	0.118
自然覆盖率 x_{12}	-0.163	0.791	-0.368
环境保护投资额 x_{13}	-0.307	0.776	-0.153
环境空气质量优良天数 x_{14}	-0.459	0.474	-0.382
火灾伤亡人数 x_{15}	-0.175	-0.037	0.766
刑事案件发生数 x_{16}	-0.411	0.208	-0.735
火灾交通经济损失折款 x_{17}	-0.491	-0.110	0.608

1.2.2 确定主成分个数

计算相关系数矩阵,如果变量间相关系数绝对值 ≥ 0.85 ,则该变量间存在着极其显著的关系,可通过降维的方式提取信息。主成分个数提取原则为特征根大于 1,累计贡献率大于 85%^[15]。特征根在某种程度上可表示主成分影响力度大小。根据该原则,得到 3 个主成分的特征根,令特征根为 λ_k ,则分别为 $\lambda_1 = 9.678$, $\lambda_2 = 3.063$, $\lambda_3 = 1.528$,累积贡献率为 85.932%。

1.2.3 计算各主成分得分

因子载荷矩阵如表 1 所示,表中主成分值表示为 a_{ki} ,即在第 k 个主成分下第 i 个指标所对应的值。设第 k 个主成分对应得分为 F_k , $F_k = \sum_{i=1}^p \frac{a_{ki}}{\sqrt{\lambda_k}} x_i^*$ 。主成分 1 主要解释人均生产总值、失业率、人口密度、公园游园人数、公共交通承载量、恩格尔系数、社会服务机构覆盖数、人口迁移增长率、每万人口医生数、养老保险参保比 10 个指标,归纳为“地区经济与人口因子”;主成分 2 上

载荷较大的指标为城建投资额、自然覆盖率、环境投资保护额和环境空气质量优良天数,统称为“公共城建与生态能力因子”;主成分 3 上载荷较大的指标是火灾伤亡人数、刑事案件发生数、火灾交通经济损失折款,归属为“公共安全灾害与损失因子”。这 3 个因子对超大城市公共安全起到重大的影响,尤其是“地区经济与人口因子”和“公共城建与生态能力因子”,对公共安全的贡献率达 70%,需要重点关注。

1.2.4 计算综合得分

对权重采用归一化处理,则权重为 $\omega_k = \lambda_k / \sum_{k=1}^3 \lambda_k$,综合得分函数为 $F = F_1\omega_1 + F_2\omega_2 + F_3\omega_3$ 。得到上海市 2007—2016 年综合得分,见表 2。

表 2 上海市 2007—2016 年公共安全风险测度值及排名
Table 2 Public security risk ranking from 2007 to 2016

年份	主成分 1	主成分 2	主成分 3	测度值	排名
2016	3.622	-3.245	2.962	2.075	1
2015	2.522	-2.551	0.596	1.225	2
2014	2.480	-3.518	0.234	0.950	3
2013	1.667	-2.282	0.164	0.657	4
2012	0.761	-0.438	-1.030	0.312	5
2011	0.607	1.410	-4.475	0.236	6
2009	-1.426	3.078	-0.916	-0.403	7
2010	-1.718	3.521	-0.086	-0.417	8
2008	-3.669	2.446	1.119	-1.842	9
2007	-4.847	1.579	1.433	-2.793	10

从该表可知上海市公共安全状况近十年来存在明显改善,基本呈现越来越好的势态。这得益于上海市经济逐年增长,在公共安全基础设施建设以及生态环境保护方面投入了大量的资金,公共安全管理机制愈加完善,宣传教育相对更加到位。

2 公共安全风险分析

本文在对上海市公共安全风险评估的基础上,进一步对公共安全事件风险源及潜在风险点进行深入分析。

2.1 公共安全事件风险源分析

为剖析上海市近十年来交通、火灾、刑事案件和治安案件等 4 类公共安全事件趋势及 4 类公共安全事件发生的原因,整理各类事件的发生数如图 2 所示。由图 2 可以看出,各类安全事件发生数基本上呈逐年下降的趋势,但在 2014 年,火灾、刑事案件和治安案件发生起数均有一定程度的涨幅。治安事件发生的起数远高于其他事件数,刑事案件的发生起数位居第二,远高于火灾和交通发生数。上海外来人口数量多,流动性强,人

口处于高度聚集的状态,社会分层和居住差异现象明显,各种文化相互冲突,极易导致殴打他人、扰乱公共秩序等治安事件的发生,甚至发展成刑事案件。同时,外来人口在就业信息方面获取能力不足,导致赌博等治安事件发生数占比居高不下。上海经济的飞速发展使得财产高度聚集,社会矛盾日益凸显,利益分配格局不尽合理,人口素质的参差不齐,进而造成盗窃、诈骗以及暴力等刑事案件增加。

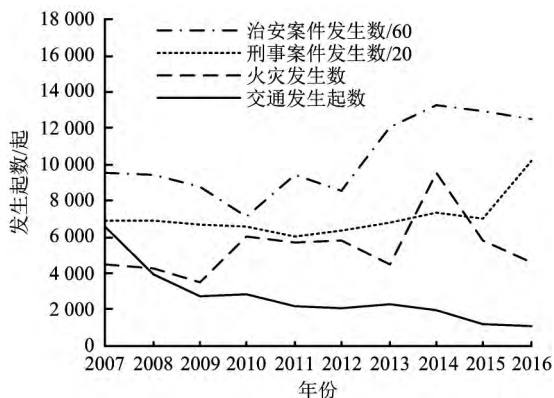


图2 2007—2016年各类事故发生数
Fig.2 The number of accidents between 2007 and 2016

图3~6分别剖析了上海市2007—2016各年交通事故、火灾事故、刑事案件和治安案件发生的具体情况。由图3可知,在交通事故方面,汽车事故占比最大。由图4可知,在火灾事故方面,电气原因造成的火灾占比最高。图5显示,在刑事案件方面,盗窃案件发生起数的占比最大,高达66%。图6显示,在治安案件方面,殴打他人占比最高。

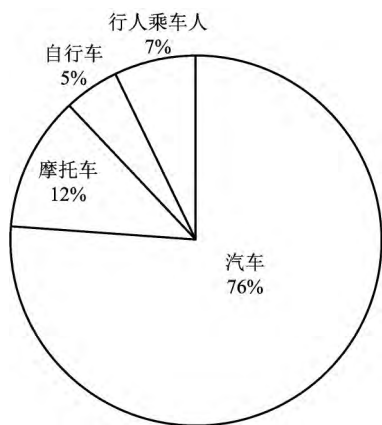


图3 交通事故死亡人数
Fig.3 Death toll from traffic accidents

2.2 公共安全潜在风险点分析

除了公共交通、火灾、社会治安以及社会刑事方面

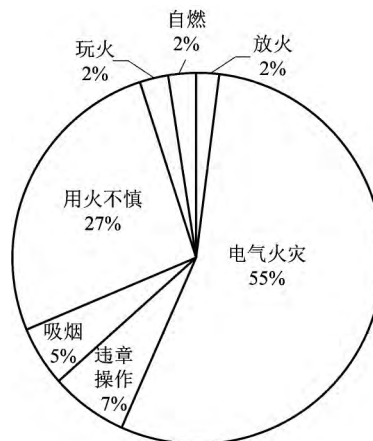


图4 火灾事故发生数
Fig.4 Number of fire accidents

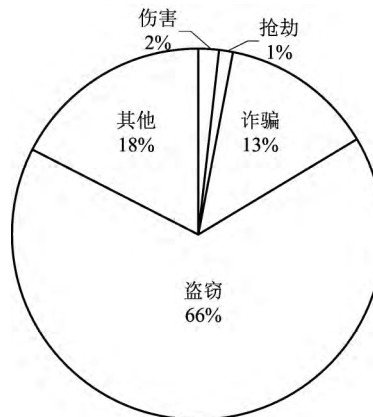


图5 刑事案件发生数
Fig.5 Number of criminal cases

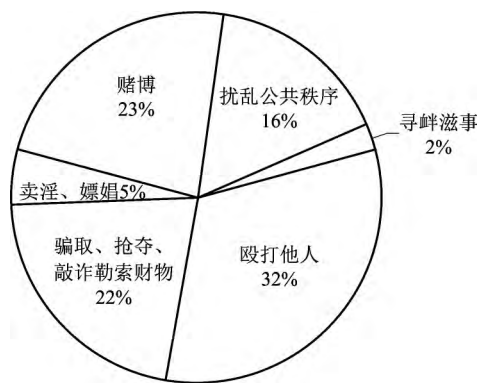


图6 治安事件发生数
Fig.6 Number of public security events

等传统城市公共安全领域的风险,上海市公共安全也存在一些需要关注的潜在风险点。

2.2.1 重大群体性活动举办

近年来,上海市经常举办各类参加人数超过万人的大型娱乐活动,如上海国际马拉松比赛、上海迎新年倒

计时活动等。由于上海市自身人口基数大,且随着活动的举办,导致周边人口涌入,引发的媒体关注也较多,潜在的威胁与风险也逐渐增加。一旦发生意外,极易造成重大生命财产损失,且消息快速传播,易对社会稳定造成一定的消极影响。

2.2.2 危化品仓库安全

上海在引领中国城市的产业转型、创造大量就业机会、维持经济高速增长的同时,由于历史城区布局,仍然存在一些高危化学品行业,且上海作为国际航运中心,涉及危化品作业的设施设备很多,部分危化品仓库位于居民密集区,是一个不容小觑的风险源。然而,很多中小型仓库不能据实上报存放化学物品的种类和数量。部分危化品仓库尽管已使用物联网等技术对危化品进行管理,但相关数据仅限仓库内,这对于危化品仓储管理难度非常大。这些危化品仓库一旦发生事故,后果不堪设想。

2.2.3 地下管道安全

上海市区的地下管道分布有着种类繁多、密度甚高、纵横交错、环境复杂等特点。上海全市危险化学品长距离输送管道分布于浦东、闵行、奉贤、金山以及上海化学工业区。特别是在居住区地下,分布着大量的市政管线,各种线路拥挤,部分管线有交叉,油气管道与市政管线混合,其爆炸概率大大提高。仅在 2014 年 7 月底的管道安全排查中,就发现了 70 余处违章占压和 1 处安全距离不足的问题。尤其近年来市政施工工程较多,易引发地下管道安全问题。

2.2.4 高层建筑火灾

随着经济的持续快速发展和城市建设步伐的加快,建筑用地日益紧张,上海市的高层、超高层建筑数量日益增多。据统计,上海市有高层建筑 3.1 万余幢,超高层建筑 600 余幢,高层住宅建筑超过 2.2 余幢,其中更有不少老旧房龄的高层住宅。大部分已建和在建的高层建筑都位于繁华的、人员密集的城市中心,一旦发生火灾必将造成全局性、连续性、连锁性的影响。因此高层建筑火灾风险必须得到重视。

2.2.5 地铁安全

随着城市规模的扩大以及大众出行的需要,人们对交通的方便快捷性提出越来越高的要求,地铁已成为公共交通工具的重要组成部分,特别是交通压力较大的超大城市。至今,上海轨道交通共开通线路 15 条(1~13 号线、16~17 号线),全网运营线路总长 666 km,车站 389 座(地铁 387 座,磁浮 2 座),并有 5 条线路延伸规划,4 条线路新建计划。目前,上海市工作日客流量达到 1 000 多万人次。地铁在给城市发展出力的同时,安全事故也不断发生。

3 防范建议

本文分别针对上海市近年来的公共安全事件风险源和公共安全潜在风险点,提出防范建议。

3.1 公共安全事件风险源防范

在公共安全风险事件的防御上,提高人们的交通安全意识,同时参考欧洲制定更加规范严格的交通法规,减少疲劳驾驶、酒驾和超重超载,减少机动车交通事故。强制安装电气保护装置的同时,规范电器使用规范并加强宣传以减少火灾的发生。最后,加强外来人口信息管理,加大犯罪惩治力度,减少刑事案件和治安事件的发生。

3.2 公共安全潜在风险点防范

针对 5 个公共安全潜在风险点,分别提出以下 5 点建议。

1) 对于重大群体性活动举办的建议。活动筹办前应评估活动现场各环节人数,尽量分散活动场地以避免人群聚集,建立信息发布系统和预警机制;通过各种渠道实时更新活动的最新情况,扩大信息的接收面,尽可能地让广大市民群众了解活动的动态,澄清谣言,消除顾虑。

2) 对于危化品仓库安全的建议。政府部门应引入第三方专业化机构或力量参与政府日常监管;通过信息技术建立危化品仓库存放危化品种类及可能发生隐患的救援方式数据库;利用物联网技术,对危险品运输集装箱的温度、湿度、压力、震动等情况进行物流节点内的实时监控,并将相关信息共享到管理部门,由专业人员进行跟踪,及时发现并消除危险隐患。

3) 对于地下管道公共安全的建议。开展地下管道普查,建设信息管理系统,普查工作既要查清地下管道的排布情况,同时对存在安全隐患的管道进行排查;建立应急协调机制,提高应急能力,建立完善城市地下管线应急管理机制,完善事故处置、灾害应对等协调联动工作机制,加强管线日常巡查和安全管理。

4) 对于高层火灾安全管理的建议。一方面,组织对上海市现有高层建筑进行定期安全排查;另一方面对高层建筑作业施工制定标准化安全操作流程,并由第三方专业机构或相关专家对施工方案进行安全性方面的评估。

5) 对于地铁公共安全的建议。加强公共交通管理人员培训,提高他们处置突发事件的能力;要守好进站安检这道“生命之窗”,严格执行大小包安检制度,借助 RFID 信息技术建立个人地铁安检记录与评分系统,采用分类安检策略对乘客进行分类安检;提高乘客社会责任意识。

4 结论

1) 地区经济与人口因子、公共城建与生态能力因子是影响上海城市公共安全风险的最主要的两个因素。上海市公共安全状况近十年来存在明显改善,公共安全管理机制愈加完善。

2) 通过数据实证分析,表明在传统的各类事故中,汽车交通事故造成的损失最为严重;电气原因造成的火灾事故最为频繁;盗窃案件在刑事案件中占比最大;殴打他人是扰乱社会治安方面最为突出的因素。

3) 超大城市上海在经济迅速发展的同时,存在新型城市公共安全风险源,如重大活动的举办、危化品仓库、地下管道安全问题、高层建筑火灾、地铁安全问题等。

参考文献

- [1] 上海市统计局. 上海统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008-2017.
- [2] BLAIKIE P, CANNON T, DAVIS I, et al. At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters [J]. *Economic Geography*, 2003, 72(4): 460-463.
- [3] RAMIREZ F, GHESQUIERE F, POSADA C C. A framework for disaster risk management planning in large cities: the case of the district of Bogotá [J]. *Urban Planning International*, 2009(3): 3-10.
- [4] SHAPIRO M J. Managing urban security: city walls and urban metis [J]. *Security Dialogue*, 2009, 40(4-5): 443-461.
- [5] 刘承水. 城市公共安全评价分析与研究[J]. 中央财经大学学报, 2010(2): 55-59.
LIU Chengshui. Evaluation analysis and research on city public security [J]. *Journal of Central University of Finance & Economics*, 2010(2): 55-59.
- [6] 尚志海, 欧先交, 曾兰华, 等. 城市社区公共安全风险评估——以东莞市虎门镇赤岗社区为例[J]. 热带地理, 2013, 33(2): 195-199.
SHANG Zhihai, OU Xianjiao, ZENG Lanhua, et al. Risk assessment of city community public safety: a case study of Chigang community of Humen town, Dongguan [J]. *Tropical Geography*, 2013, 33(2): 195-199.
- [7] 孙华丽, 周冰雁, 薛耀锋. 基于“弓箭箭”模型的公共安全风险测度组合评价[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(7): 133-138.
SUN Huali, ZHOU Bingyan, XUE Yaofeng. Integrated evaluation of public security risk measurement based on “bow-string-arrow” model [J]. *China Safety Science Journal*, 2013, 23(7): 133-138.
- [8] 司鸽, 贾文梅. 城市公共安全风险评估指标敏感性分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2014, 10(11): 71-76.
SI Hu, JIA Wenmei. Analysis on sensitivity of indexes for assessment on urban public safety [J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2014, 10(11): 71-76.
- [9] 周建新, 李湖生. 城市公共安全风险评估——以高层建筑火灾为例[J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 9(12): 133-137.
ZHOU Jianxin, LI Husheng. City public safety risk assessment—take high-rise building fire for example [J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2013, 9(12): 133-137.
- [10] 郭秀云. 风险社会理论与城市公共安全——基于人口流迁与社会融合视角的分析[J]. 城市问题, 2008(11): 6-11.
GUO Xiuyun. Risk society theory and urban public security—from the perspective of population migration and social intergration [J]. *Urban Problems*, 2008(11): 6-11.
- [11] 曹策俊, 李从东, 王玉, 等. 大数据时代城市公共安全风险演化与治理机制[J]. 中国安全科学学报, 2017(7): 151-156.
CAO Cejun, LI Congdong, WANG Yu, et al. Evaluation and governance mechanism of urban public safety risk in big data era [J]. *China Safety Science Journal*, 2017(7): 151-156.
- [12] 肖杰, 郑国璋, 罗悦. 基于主成分分析法的生态城市建设综合评价——以陕西省商洛市为例[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2018(2): 116-122.
XIAO Jie, ZHENG Guozhang, LUO Yue. Comprehensive evaluation of eco-city construction based on principal component analysis—taking Shangluo city of Shanxi province as an example [J]. *Journal of Shanxi Normal University (Natural Science Edition)*, 2018(2): 116-122.
- [13] 朱煜明, 闫文琪, 郭鹏. 基于实证方法的航空产业升级效果评价指标体系构建研究[J]. 运筹与管理, 2018, 27(2): 94-105.
ZHU Yuming, YAN Wenqi, GUO Peng. Empirical research on the establishment of evaluation indicators for the evaluation of the effectiveness of aviation industry upgrading [J]. *Operations Research and Management Science*, 2018, 27(2): 94-105.
- [14] 刘秀丽, 涂卓卓. 水环境安全评价方法及其在京津冀地区的应用[J]. 中国管理科学, 2018, 26(3): 160-168.
LIU Xiuli, TU Zhuozhuo. Assessment method on water environment security and its application in Jing-Jin-Ji region [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2018, 26(3): 160-168.
- [15] 陈刚, 丁慧玲. 基于主成分分析的模糊时间序列模型的平稳化算法[J]. 控制与决策, 2017(8): 1-6.
CHEN Gang, DING Huiling. Stabilization algorithm of fuzzy time series based on principal component analysis [J]. *Control and Decision*, 2017(8): 1-6.

(责任编辑: 纪 婧)