

孙明, 王绍玉. 基于鱼骨图和主成分法的小城镇公共安全体系研究——以黑龙江宾县为例[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 124-127. [Sun Ming and Wang Shaoyu. Research on public security system in small cities and towns based on fishbone diagram and principal component analysis——A case study of Binxian county in Heilongjiang province[J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(2): 124-127.]

# 基于鱼骨图和主成分法的小城镇公共安全体系研究 ——以黑龙江宾县为例\*

孙明<sup>1,2</sup>, 王绍玉<sup>1</sup>

(1. 哈尔滨工业大学 建筑学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 东北林业大学 土木工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:** 基于鱼骨图法, 引入环境承载力指标构建小城镇公共安全评价体系。采用主成分法(PCA), 结合统计软件 SPSS 对宾县 17 个乡镇的公共安全环境承载能力进行评价, 找出影响公共安全环境承载能力的重要因子, 计算出各乡镇公共安全承载能力的综合评价, 得到不同乡镇的公共安全承载力排序。结果表明: 各乡镇公共安全承载力差异较大, 且基础设施承载因子和土地承载因子是影响乡镇公共安全承载力最重要的因子, 加大公共安全和生态基础设施的投入、有效利用闲置土地, 可以较好地提高城镇公共安全承载力。

**关键词:** 小城镇公共安全; 环境承载力; 评价体系; 鱼骨图; 主成分法

**中图分类号:** X43   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1000-811X(2015)02-0124-04

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2015.02.024

当前世界各国自然和人为灾害均呈现出复杂而多发的趋势, 崩塌、滑坡、泥石流、山洪等灾害仍呈高发态势, 城市暴恐、公共卫生等新的安全问题也不断涌现。城镇公共安全事件激增, 多元化的灾害风险及人类认知的局限性, 使城镇公共安全研究工作面临着多重挑战<sup>[1]</sup>。城镇基础设施承载负荷不断加大, 村镇自然灾害的影响日趋严重, 小城镇薄弱的生态环境承载能力和公共安全防治水平, 严重阻碍了小城镇健康、快速的发展; 乡镇地区较城市发展相对滞后, 村镇居民抵御灾害的能力较弱, 使城镇公共安全问题成为当今县域经济社会发展的重要影响因素之一。但是我国关于城镇公共安全体系研究较少, 远未形成综合化的城镇公共安全评价体系研究。国内外学者对环境承载力的研究主要集中在环境要素承载力方面<sup>[2]</sup>, 而甚少涉及小城镇环境承载力的实例研究, 这恰恰成为一个城乡公共安全体系的短板。因此, 建立量化的小城镇公共安全评价体系是未来发展的必然趋势。我们以黑龙江宾县 17 个乡镇为例, 通过建立城镇公共安全评价体系, 得出各乡镇的公共安全环境承载力评价结果, 并对评价结果进行排序, 提出相应的公共安全规划措施

和建议, 不断地提高小城镇公共安全环境承载能力。

## 1 概述

宾县位于黑龙江省哈尔滨市东部, 东接方正、延寿, 南邻尚志, 西靠阿城, 北隔松花江与呼兰、巴彦、木兰县相望。全县幅员面积 3 844.7 km<sup>2</sup>。县城驻宾州镇, 城区面积 8.02 km<sup>2</sup>, 是全县经济、文化、科研、自然风景旅游中心。宾县农产品资源丰富, 粮食和畜牧业是全省和全国重要的生产基地。宾县地处张广才岭西坡与松嫩平原的交接地带, 其中山区占总面积的 37.2%, 主要分布在东部、南部, 夏季易形成滑坡泥石流; 多年平均气温 2.4~6.1℃, 全年最冷月是 1 月份, 平均气温为 -18.6℃, 易形成雪灾和冻害; 松花江由西向东贯穿整个行政区域, 遇连续性强降雨时易形成洪涝灾害。宾县具有良好的生态环境, 但目前仍以粗放型经济增长方式为主, 生产效率有待提高。同时城市发展形成了对资源环境的依赖, 环境承载力直接影响到城镇的可持续发展(图 1)。

\* 收稿日期: 2014-08-13   修回日期: 2014-10-20

基金项目: 中国博士后科学基金项目“基于环境承载力的城市公共安全规划理论与方法研究”(2014M551247); 国家自然科学基金项目“重大灾害应急物资筹集与随机终止模型及其仿真研究”(71372091); 中央高校基本科研业务费专项基金(DLI3CB15)

作者简介: 孙明(1974-), 男, 吉林长春人, 博士后, 注册规划师, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为城乡公共安全体系和规划研究。E-mail: 30949592@163.com

通讯作者: 王绍玉(1957-), 男, 河北唐山人, 教授, 博士生导师, 研究方向为城市灾害学和应急管理。

E-mail: hitwangshaoyu@163.com

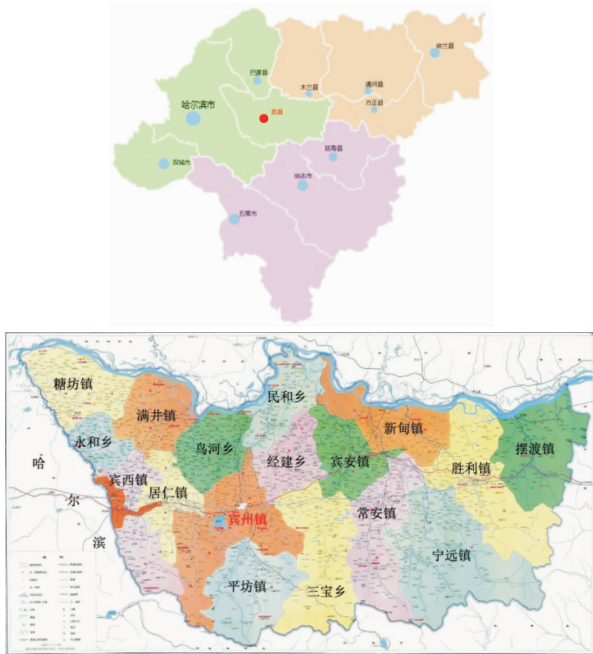


图1 宾县及各乡镇区位图

## 2 基于鱼骨图的城镇公共安全指标体系

鱼骨图是由日本管理大师石川馨提出并发展的, 鱼骨图是一种发现问题根本原因的方法, 它也可以称之为因果图, 在质量管理和安全安全系统中应用较广泛<sup>[3]</sup>。基于环境承载力数据, 城镇公共安全指标选取时应遵循科学性、可行性、适应性、完备性等原则。参照张贵祥的综合承载力评价指标体系及朱正威的公共安全评价指标, 在充分考虑城镇环境承载力的影响因素的情况下, 结合宾县发展状况和区域特点, 并考虑到指标选择的可操作性和代表性, 从土地、基础设施、社会及“三农”承载能力等方面选择指标, 最终构建了4个一级指标, 18个二级指标<sup>[4-6]</sup>。应用鱼骨图法, 可以清晰、系统地呈现宾县公共安全环境承载力体系(图2)。

## 3 城镇公共安全风险主成分分析

### 3.1 主成分基本思想

主成分分析(PCA)是研究多个定量(数量)变

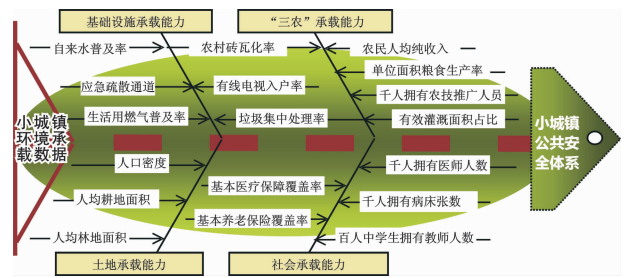


图2 基于鱼骨图分析法的小城镇公共安全评价体系

量间相关性的一种多元统计方法, 是利用降维的思想, 在保持远指标信息不变的前提下重新组合指标的方法。分析步骤是为排除量纲和数量级的不同, 首先要对原始数据进行标准化处理; 然后计算相关矩阵, 从相关矩阵出发求主成分; 再计算相关矩阵的特征值、方差贡献率、累积方差贡献率、因子载荷矩阵; 最后选择  $m$  个主成分, 计算相关的单位特征向量, 集合专业知识对所选的主成分给出解释<sup>[7]</sup>。以上所有计算过程在 SPSS20.0 软件中进行。

### 3.2 指标标准化处理

参照哈尔滨、宾县的城市年鉴, 统计总体规划、文本及图纸文件<sup>[8-9]</sup>, 结合实地调研, 得出18项原始指标的具体数值, 应用 SPSS 统计软件, 得出指标的标准化处理结果。

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p. \quad (1)$$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}, s_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}. \quad (2)$$

### 3.3 因子分析

利用 SPSS 的 factor 过程对数据进行因子分析, 得出解释的总方差表(表1)。

由表1可知, 前7项的初始特征根(Initial Eigenvalues)大于1, 累计百分比未达到80%~85%以上。由于前七个主成分贡献率 $\geq 85\%$ , 结合表1中变量不出现丢失, 所以提取的主成分个数  $m=7$ , 得出初始特征根:  $\lambda_1 = 5.434, \lambda_2 = 2.392, \lambda_3 = 2.063, \lambda_4 = 1.683, \lambda_5 = 1.649, \lambda_6 = 1.281, \lambda_7 = 1.183$ ; 主成分贡献率:  $r_1 = 0.3019, r_2 = 0.1329, r_3 = 0.1146, r_4 = 0.0935, r_5 = 0.0916, r_6 = 0.0712, r_7 = 0.0657$ 。

### 3.4 主成分得分分析

通过初始因子载荷矩阵中的7列数据(表1), 可得出特征向量矩阵。结合标准化后的数据, 可得出各个乡镇的特征向量主成分值  $Z_i (i = 1, 2, 3, 4)$ , 最后得出17个乡镇的主成分值  $Z$  (公共安全承载力)及排序(表2)。

表1 解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差/ %	累积/ %	合计	方差/ %	累积/ %	合计	方差/ %	累积/ %
1	5.434	30.191	30.191	5.434	30.191	30.191	3.169	17.606	17.606
2	2.392	13.288	43.479	2.392	13.288	43.479	2.813	15.627	33.234
3	2.063	11.460	54.939	2.063	11.460	54.939	2.371	13.174	46.408
4	1.683	9.352	64.291	1.683	9.352	64.291	2.018	11.214	57.621
5	1.649	9.162	73.453	1.649	9.162	73.453	1.842	10.231	67.852
6	1.281	7.117	80.570	1.281	7.117	80.570	1.839	10.215	78.067
7	1.183	6.573	87.144	1.183	6.573	87.144	1.634	9.077	87.144

表 2 宾县各乡镇 2012 年公共安全承载能力及排序

城镇名称	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>	Z <sub>7</sub>	Z	排序
宾州镇	7.47	-1.04	-2.39	-0.18	0.04	1.29	0.45	1.95	1
常安镇	1.69	2.04	3.10	1.63	1.89	1.01	0.23	1.55	2
宾西镇	2.38	0.52	1.45	0.97	-3.07	-1.36	-1.29	0.58	3
摆渡镇	0.08	0.29	1.22	-0.98	0.19	0.89	0.88	0.25	4
糖坊镇	-0.59	1.42	-0.25	1.62	0.77	-0.06	0.50	0.23	5
居仁镇	0.11	2.08	0.95	-3.79	-0.61	0.36	-0.43	0.01	6
乌河乡	-0.38	0.75	-0.51	0.90	0.04	-0.18	-0.02	0.00	7
平坊镇	0.88	-2.67	0.94	-1.23	2.79	-1.92	-1.15	-0.05	8
宁远镇	-0.42	-0.64	0.28	1.00	-0.64	0.07	-1.10	-0.21	9
胜利镇	-0.31	-2.79	1.92	-0.26	-1.13	-0.62	2.02	-0.29	10
民和乡	-1.60	1.19	-1.05	0.13	0.87	-0.18	0.55	-0.33	11
宾安镇	-0.54	0.63	-1.15	0.24	-0.80	-0.90	-0.13	-0.33	12
满井镇	-1.34	1.34	-1.24	-0.88	0.18	0.09	0.53	-0.39	13
永和乡	-1.11	-0.26	-1.63	0.77	0.54	-1.55	0.90	-0.49	14
新甸镇	-1.60	0.10	-0.77	-0.51	-0.76	-0.37	0.83	-0.64	15
经建乡	-1.52	-0.37	-0.96	0.07	0.35	0.80	-2.66	-0.70	16
三宝乡	-3.20	-2.58	0.09	0.47	-0.64	2.63	-0.10	-1.13	17

4 公共安全承载力评价结果分析

从表 3 可以看出,在主成分 1 中,千人拥有医师数、燃气普及率、应急疏散通道、有线电视入户率等承载能力较强,主成分 1 主要解释这四个指标,可命名为公共安全基础设施及医护承载力因子;主成分 2 主要解释承载较强的三个指标:千人拥有病床数、医疗保险覆盖率及千人拥有农技推广服务人员,可命名为公共安全医疗及农技承载因子;主成分 3 中承载较强的是人均耕地面积、有效灌溉面积占比和自来水普及率,可命名为公共安全耕地及水资源保障因子;主成分 4 承载力较强的是人均林地面积和农村砖瓦化率,可命名为公共安全生态及建筑因子;主成分 5 主要解释了垃圾

集中处理率、农民人均收入及单位面积粮食生产率,可命名为公共安全环境污染及农业生产因子;主成分 6 中,百人中学生拥有中学教师数及人口密度承载能力较突出,可命名为教育及人口因子;主成分 7 主要解释了养老保险覆盖率,可命名为社会保障因子。完善这七项因子,尤其是前三项因子(对公共安全的贡献率超过 50%)将在较大程度上增强小城镇公共安全承载能力(表 3)。

从表 2 结果可以看出,宾县各乡镇公共安全承载能力存在较大差距,县城所在地宾州镇的公共安全承载能力最强,位于中南部的三宝乡承载能力相对较弱。宾州镇主成分 1 得分最高,表明其公共安全基础设施及医护承载能力较强,而耕地及水资源保障因子得分较低,急需完善;常安镇、摆渡镇各主成分得分较均匀,各项承载因子承载能力较强;宾西镇作为宾县连接哈尔滨市区的经济龙头,在紧抓经济发展的同时,应该加强本区垃圾污染治理及农业安全问题;糖坊镇、乌河乡及宁远镇生态及建筑承载因子得分较高,而公共安全基础设计及社会保障能力较差;居仁镇医疗及农技承载能力较强,生态承载能力较差;平坊镇农业生产能力较强;胜利镇、永和乡、新甸镇在社会保障因子方面承载能力较强;民和乡、宾安镇、满井镇医疗及农技承载因子相对较好,其他因子较弱;经建乡和三宝乡除个别因子承载能力一般外,其他承载因子均较差,急需改善。

5 结论

(1)宾县公共安全环境承载力各不相同,差异较大,应加强宾县县城及各个乡镇之间的公共安全规划编制和设计研究,形成哈尔滨—宾县—各乡镇“三位一体”的防灾减灾规划体系。宾县总体规划(2006 年版)只强调消防及环境保护等与小城镇公共安全有关的规划编制,综合公共安全规划未受到重视。基于小城镇环境承载力,结合计算机辅助工具(图 3、图 4),建立量化的城镇公共安全规划体系研究势在必行。

表 3 旋转成分矩阵

指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6	主成分 7
人口密度/(人/hm <sup>2</sup> )	0.128 9	0.402 7	0.345 6	0.505 9	0.127 4	0.541 0	-0.139 2
人均耕地面积/(hm <sup>2</sup> /人)	-0.273 8	-0.299 8	-0.777 0	-0.082 6	0.270 0	-0.253 2	0.131 2
人均林地面积/(hm <sup>2</sup> /人)	-0.088 3	-0.110 7	0.312 3	-0.864 6	0.059 2	-0.101 6	-0.064 8
农民人均纯收入/(万元)	0.155 4	-0.041 0	0.079 4	-0.284 3	0.772 9	0.464 8	0.194 0
有效灌溉面积占比/%	0.303 9	-0.044 2	-0.685 0	0.070 0	0.053 3	0.032 3	-0.449 4
单位面积粮食生产率/%	-0.425 8	0.005 9	-0.031 2	0.134 4	0.608 9	-0.090 8	-0.317 6
千人拥有农技推广服务人员/(人/千人)	0.230 7	0.839 4	0.350 0	0.171 9	-0.010 2	0.236 5	-0.120 3
农村砖瓦化率/%	0.257 4	0.113 8	0.278 6	0.766 8	0.138 9	0.051 6	0.163 5
自来水普及率/%	0.482 9	0.047 2	0.728 7	-0.028 6	-0.009 9	-0.187 9	-0.003 3
燃气普及率/%	0.817 0	0.131 9	0.169 3	0.081 1	-0.103 8	0.184 6	-0.002 0
有线电视入户率/%	0.663 9	-0.016 0	0.073 4	0.380 7	-0.109 7	0.242 6	-0.176 6
应急疏散通道/km	0.770 4	-0.063 1	-0.026 1	0.157 8	0.254 7	-0.231 1	0.436 1
垃圾集中处理率/%	0.115 3	0.249 8	0.387 8	-0.229 7	-0.767 1	0.196 5	0.070 5
千人拥有医师数/(人/千人)	0.821 7	0.404 7	0.090 7	0.066 7	-0.183 4	0.063 1	-0.210 3
千人拥有病床数/(张/千人)	0.133 7	0.888 5	0.290 3	0.130 7	-0.209 3	0.132 3	-0.052 2
医疗保险覆盖率/%	-0.013 3	0.883 6	-0.243 1	0.017 7	-0.013 9	-0.151 9	0.284 9
养老保险覆盖率/%	-0.024 3	0.060 1	0.053 6	0.130 3	-0.066 5	0.068 9	0.923 3
百人中学生拥有教师数/(人/百人)	-0.101 9	-0.058 0	0.059 1	-0.134 2	0.019 8	-0.958 1	-0.067 3

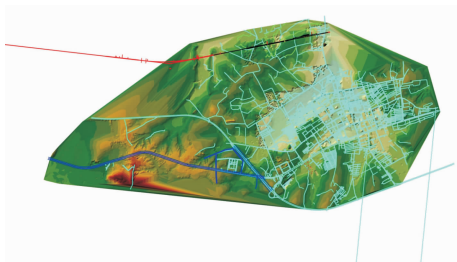


图3 宾县县城高程分析图



图4 宾县县城坡度分析图

(2) 加强宾县公共安全抢险救援指挥体系建设, 建立健全统一指挥、综合协调、分类管理、分级负责、属地管理为主的灾害应急管理体制和协调有序、运转高效的运行机制。宾县各乡镇现有公共安全管理及公共产品供给严重不足, 应坚持县政府主导、镇政府配合和居民参与相结合, 建立健全抢险救灾协同联动机制; 加强村庄救灾物资应急保障能力建设, 制定物资储备规划, 扩大储备库覆盖范围, 丰富物资储备种类, 提高物资调配效率。

(3) 公共安全基础设施因子、医疗保障因子及耕地、水资源承载能力是影响宾县公共安全最主要的因子, 可以通过基础设施、水资源专项规划及建立健全城镇医疗保障制度来提高本区公共安全承载能力<sup>[10-12]</sup>。

(4) 基于鱼骨图分析法可以清晰、系统地呈现指标评价体系; 通过 PCA 可以客观、量化的研究出各乡镇公共安全环境承载能力, 得出主要承载因子, 为下一步的决策研究提供有用启示<sup>[13-15]</sup>。

## Research on Public Security System in Small Cities and Towns Based on Fishbone Diagram and Principal Component Analysis ——A Case Study of Binxian County in Heilongjiang Province

Sun Ming<sup>1, 2</sup> and Wang Shaoyu<sup>1</sup>

(1. School of Architecture, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;  
2. School of Civil Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

**Abstract:** Environmental carrying capacity index are introduced into evaluation system of public safety in small towns based on fishbone diagram. By using Principal Component Analysis (PCA) and with the help of SPSS (Statistical Program for Social Sciences) software, carrying capacities for public security environment of 17 villages in Binxian County are evaluated. Factors affecting the bearing capacity of public security environment are found out, and the comprehensive evaluation value of the capacity in each village is calculated to get a sorting of the bearing capacities of different villages. The result shows that there are big differences among the bearing capacities; bearing factors of infrastructure and land affect the bearing capacities most; increasing investment into public safety and ecological infrastructure, and using idle land effectively could better improve the bearing capacity for public security in cities and towns.

**Key words:** public security in small cities and towns; environmental carrying capacity; evaluation system; Fishbone Diagram; PCA

建立量化分析的小城镇公共安全规划管理体系是实现小城镇经济社会稳定发展的重要措施之一。论文针对宾县各乡镇环境承载力现状, 建立了基于鱼骨图的指标评价体系, 并做出主成分分析和评价, 量化分析了农村在应对公共安全事件时各因子承载能力, 针对不足提出相关建议, 以提高小城镇应对公共安全事件的能力。但由于公共安全环境系统的复杂性及数据获取困难, 因此, 今后需要不断继续完善指标评体系及改善评价模型。

## 参考文献:

- [1] 吴范. 我国地方政府自然灾害应急管理研究[D]. 昆明: 云南财经大学, 2013.
- [2] 王俭, 孙铁珩, 李培军, 等. 环境承载力研究进展[J]. 应用生态学报, 2005 (4): 768-722.
- [3] 郑照宁, 武玉英, 包涵龄. 用鱼骨图与层次分析法结合进行企业诊断[J]. 中国软科学, 2001 (1): 118-121.
- [4] 杨磊. 三峡库区小城镇环境承载力量化研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2008.
- [5] 文魁, 祝尔娟, 张贵祥, 等. 京津冀发展报告(2013)——承载力测度与对策[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2013: 29-44.
- [6] 朱正威, 肖群鹰. 国际公共安全评价体系: 理论与应用前景[J]. 公共管理学报, 2006, 3(1): 27-33.
- [7] 周杰, 葛绪广, 陈成忠, 等. 基于主成分分析的湖泊水环境质量评价——以磁湖为例[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(15): 4743-4745.
- [8] 哈尔滨市城市规划设计研究院. 宾县总体规划(2006—2020)[Z]. 2006.
- [9] 国家统计局. 哈尔滨统计年鉴 2013[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013: 15-163.
- [10] 孙华丽, 周战杰, 薛耀锋. 基于鱼骨图的公共安全风险测度与评价[J]. 中国安全科学学报, 2011, 21(7): 138-142.
- [11] 成秀虎, 王卓妮. 农村气象灾害防御体系理论模型初探[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 117-121.
- [12] 张振国, 温家洪, 李雪丽. 面向社区的参与式灾害风险评估模型研究[J]. 灾害学, 2013, 28(3): 142-146.
- [13] 孙钰, 李新刚, 姚晓东. 天津市辖区土地综合承载力研究[J]. 城市发展研究, 2012(9): 107-109.
- [14] 薛晓萍, 马俊, 李鸿怡. 基于 GIS 的乡镇洪涝灾害风险评估与区划技术——以山东省淄博市临淄区为例[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 71-74, 91.
- [15] 孙明, 闫建新. 农村公共安全规划评价体系方法研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(32): 12795-12797.