引文格式：王伟娜，杨瑞华，赵亚红. 基于ArcGIS的交通设施应急基地服务绩效评价分析与研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(4): 30-33. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.04.008

基于ArcGIS的交通设施应急基地服务绩效评价分析与研究

王伟娜[1]，杨瑞华[2]，赵亚红[3]

（1. 上海城建职业学院 数字建造学院，上海 200438；2. 上海城建职业学院 市政与生态工程学院，上海 200438；
3. 华北科技学院 建筑工程学院，河北 廊坊 065201）

摘　要：以上海市为例，基于ArcGIS开展对交通设施行业应急资源保障基地服务绩效的评价分析与研究。首先利用线密度分析法，生成路网密度图并提取密度值，将其作为应急基地属性；然后利用自然断点分级法对存在异常值的指标数据进行分级赋分，进行单一指标分析；最后利用字段计算器对多指标进行加权叠加，并对应急基地的综合评定结果进行分析，以期为构建分级联动的基地布局提供参考依据。

关键词：线密度分析；自然断点法；加权综合评价；评价分析

中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）04-0030-04

Analysis and Research on Service Performance Evaluation of Traffic Facilities Emergency Base Based on ArcGIS

WANG Weina[1], YANG Ruihua[2], ZHAO Yahong[3]

(1. Digital Construction College of Shanghai Urban Construction Vocational College, Shanghai 200438, China;
2. School of Municipal and Ecological Engineering, Shanghai Vocational College of Urban Construction, Shanghai 200438, China;
3. School of Architectural Engineering, North China Institute of Science and Technology, Langfang 065201, China)

Abstract: Taking Shanghai for example, wecarried out the evaluation analysis and research on the service performance of emergency resource support base in traffic facilities industry based on ArcGIS. Firstly, we used line density analysis method to generate the road network density map and extracted the density value as the attribute of emergency base. Then,we used the natural breakpoint classification methodto classify the index data with abnormal values, and carried outsingle index analysis. Finally, we used the field calculator to carry out weighted superposition of multiple indicators, and analyzed the comprehensive evaluation results of emergency base, in order to provide reference for the construction of hierarchical linkage base layout.

Key words: line density analysis, natural breakpoint method, weighted comprehensive evaluation, evaluation and analysis

交通是一个国家社会经济的基础设施与重要纽带，是我们生产生活不可或缺的部分[1]。自然灾害、交通事故、公路工程建设事故、危险货物运输事故、社会安全事故等突发事件给交通运输带来极大影响与破坏，如果应急处置不及时，将会造成更大的损失。从应急响应以及应急资源协同调度的角度考虑，应急资源保障基地布局是否合理直接影响处置效率。因此，长期以来，应急资源布局备受国内外相关学者的关注。本文以上海市道路运输和交通设施行业应急资源保障基地优化布局调查与评估项目为依托，利用GIS的线密度分析法、自然断点分级法、字段计算器等功能，结合层次分析法构建评价体系，对交通设施行业应急资源保障基地的服务绩效进行评价分析，以期为应急资源保障基地布局优化提供参考[2-7]。

1　研究区数据来源与处理

1.1　数据来源

上海地处中国东部、长江入海口、东临东海，北、西与江苏、浙江两省相接，介于120°52′~122°12′E，30°40′~31°53′N之间，已形成了由地面道路、高架道路、越江隧道和大桥以及地铁、高架式轨道交通组成的立体型市内交通网络。为了开展对上海市交通设施行业应急资源保障基地布局的分析，本研究所用数据主要来源于2021年上海市交通设施行业应急资

收稿日期：2021-12-20；修回日期：2022-02-16。
项目来源：上海市道路运输和交通设施行业应急资源保障基地优化布局调查与评估（CJHX21078）。
第一作者简介：王伟娜（1981—），硕士，讲师，主要从事工程测量、地理信息系统的教育研究工作，E-mail：wangwna_1981@163.com。

源整合调查与更新所得的调研数据和源自1∶25万全国基础地理数据库（https://www.webmap.cn）的上海市矢量数据。

1.2　数据预处理

1）梳理调研数据。因分析对象为应急资源保障基地，故需将调研数据中的基地基本信息、应急队伍人数、应急装备数量等作为基地属性予以管理。其中，针对各应急基地存在多支应急队伍的情况，需先统计各基地的队伍总人数，再将其值作为基地的“应急队伍人数”属性值。同样，将各基地冰雪天专用设备、防汛防台专用设备、工程专用设备、应急车辆、危化品应急专用设备及应急通信及信息设备等进行汇总，汇总结果作为基地的“装备数量”属性值。

2）匹配地理位置。利用ArcGIS软件的“添加XY数据”工具，将包含地理位置（经度、纬度）的应急基地数据（Excel表）以矢量数据形式添加到地图。首先指定X、Y坐标字段为经度、纬度，形成事件图层，然后将该事件图层导出为要素类（.shp）。

3）坐标转换。利用ArcToolbox投影变换工具，将应急基地要素类、道路网络、行政区划图等矢量数据均转换到CGCS2000坐标系统。

1.3　路网密度分析

1.3.1　线密度分析法

ArcGIS提供的密度分析工具将分析范围划分为栅格单元，并计算每个输出栅格像元周围邻域内输入要素的密度。密度分析工具包括核密度分析、线密度分析和点密度分析。其中，线密度分析用于计算每个输出栅格单元邻域内线状要素的密度。其原理是：按搜索半径以每个栅格单元的中心为圆心作圆，并计算每条线落入该圆内部的长度与Population（线的权重）的乘积之和，然后除以圆面积，即为该栅格单元的密度值。线密度计算公式可写为[2]：

$$D=\sum_{k=1}^{n}(L_k\times V_k)/A \tag{1}$$

式中，D为密度值；n为圆周内的线数量；L为线长；V为线的权重；A为圆面积。

1.3.2　线密度分析与提取

上海市道路网主要包括高速公路、快速路、主干路、次干路，参照《城市道路工程设计规范》（CJJ37–2016）中规定的不同设计速度的道路路段（一条车道的通行能力）——高速公路、快速路、主干路、次干路的通行能力分别为：2 200、2 100、1 800、1 700 pcu/h，将高速公路、快速路、主干路、次干路的Population（线的权重）设置为28.2%、26.9%、23.1%、21.8%，利用ArcGIS线密度分析工具将研究区域内的道路网络生成线密度图。颜色较深的区域路网密度较大，主要集中在市中心区域、主要的快速路及主干路沿线。然后利用ArcGIS提取分析工具，从线密度分布图中提取出应急基地所在位置的像元值（密度值），并连接到应急保障基地要素类的属性表。

2　应急基地单一绩效分析

2.1　构建应急基地评价指标

根据国家和上海市相关预案内容和要求，参考学者对道路交通等各领域的应急能力评价指标构建的研究文献，结合实际的调研资料，选取基地面积、应急装备数量、应急队伍人数、基地周边路网分布等4个指标，构建能够全面反映基地布局的评价体系。采用专家综打分法确定指标权重，通过邀请专家对四个指标进行打分，根据专家评判分值，采用层次分析法进行分析，建立起判断矩阵（见表1），并得到权重（见表2）。

表1　AHP层次分析判断矩阵

项目	基地面积	装备数量	队伍人数	路网密度	平均值
基地面积	1	0.932	1.058	0.982	7.857
装备数量	1.073	1	1.135	1.054	8.429
队伍人数	0.945	0.881	1	0.929	7.429
路网密度	1.018	0.949	1.077	1	8.000

表2　AHP层次分析结果

评价指标	特征向量	权重值/%	最大特征值	CI值
基地面积	0.991	24.775	4.000	0.000
装备数量	1.063	26.577		
队伍人数	0.937	23.423		
路网密度	1.009	25.225		

2.2　应急基地单一指标评价分析

2.2.1　自然断点法

自然断点法亦称为Jenks自然间断点分级法。该方法基于聚类分析中的单变量分类方法，在分级数确定的情况下，通过绘制数据值的频率，以方差拟合优度（GVF）方法，通过迭代计算类间自然存在的数据

断点，使类中的差异最小化，类间的差异最大化，从而对数据中的相似值进行最恰当的分组。

自然断点法的实现过程分为三步[3]：

1）计算数组“平均值的偏差平方和”（SDAM）：

$$\mathrm{SDAM}=\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2 \tag{2}$$

2）针对每一种数据分层方法，在其分出的每一组 G_i 上计算组内离差平方和并累加所有组的结果（SDCM_ALL）：

$$\mathrm{SDCM_ALL}=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{|G_i|}(G_{ij}-\bar{G}_i)^2 \tag{3}$$

3）计算“方差拟合优度”（GVF），目的是为了验证其分类结果是否达到了类内差异最小，类间差异最大的分组目的。其取值范围为[0，1]，1表示拟合极好，0表示拟合极差。

$$\mathrm{GVF}=(\mathrm{SDAM}-\mathrm{SDCM})/\mathrm{SDAM} \tag{4}$$

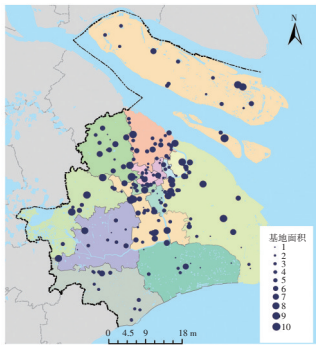
2.2.2 单一指标分级赋分

因箱型图可快速、直观地显示数据的中心、分散程度、范围以及异常值，故借助EDA箱型图来分析交通设施应急基地面积、装备数量、队伍人数以及路网密度，并针对本研究中量纲不同的4个评价指标，则不适合采用通用的数据归一化方法，如min-max标准化、log函数转换、atan函数转换等进行去量纲化处理。“自然断点法”运用了聚类思维，其核心思想是使每一组内部的相似性最大，而外部组与组之间的相异性最大，同时兼顾每一组之间的要素范围和个数尽量相近。基于聚类思想，本项目采用“自然间断点法”分别对交通设施应急基地的各单一指标进行分类（10个级别），并按照相应区间由小到大进行赋值。

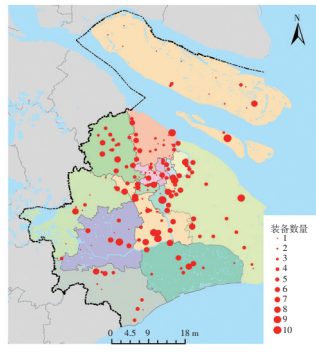
2.2.3 单一指标评价分析

采用ArcGIS分级符号分别对各指标分级赋分后的结果进行定量符号化显示，符号大小与分值相对应。

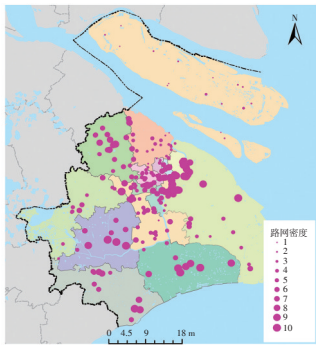
从基地面积分布来看（图1a），市中心区域和西北部区域的应急基地面积普遍较大；市北部区域和东南区域有少量面积较大的基地；市南部区域应急基地面积普遍较小。从队伍人数分布来看（图1b），市中心区域和市西南部区域的应急基地队伍人数相对较多；市西北部区域次之；而市东部和东南部区域，特别是浦东新区的应急基地队伍人数相对较少。从装备数量分布来看（图1c），应急装备总量较高的基地分布在市中心区域、中南部和北部区域；市北部区域、东南部及南部区域装备数量总较少。从路网密度分布可以看出（图1d），除市中心区域路网密度较高，市北部区域和东南部区域路网密度较小之外，其他区域路网密度差异不太明显。从总体分布来看，市中心区域应急基地各指标分值均较高，市东南区域和北部区域应急基地分值普遍较低。



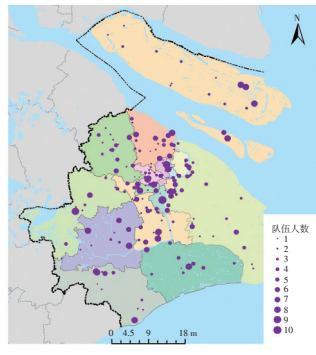
a 基地面积分布情况



b 队伍人数分布情况



c 装备数量分布情况



d 路网密度分布情况

图1 应急基地单一指标分布情况

3　应急基地综合绩效评价分析

3.1　应急基地综合指标评定

3.1.1　加权综合评价法

加权综合评价法综合考虑各个具体指标对评价因子的影响程度，通过把各具体指标的作用大小综合起来，用一个数量化指标加以集中，计算公式为：

$$V=\sum_{i=1}^{n}W_i\cdot D_i \tag{5}$$

式中，V 为评价因子的值；W 为指标权重；D 为指标的规范化值；n 为评价指标的个数。

3.1.2　加权综合指标评定

根据采用层次分析法（AHP法）确定的应急基地各评价指标权重值：基地面积为24.775%、应急队伍人数为23.423%、应急装备数量26.577%以及周边路网分布25.225%，按照加权综合评价法对基地各评价指标进行叠加：

$$P=(P_1\times 0.247\,75+P_2\times 0.234\,23+P_3\times 0.265\,77+P_4\times 0.252\,25)\times 10 \tag{6}$$

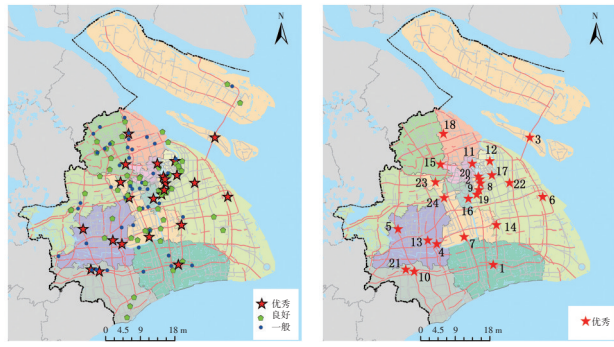
式中，P 为交通设施类应急资源保障基地综合评分；P_1 为基地面积等级分值；P_2 为应急队伍等级分值；P_3 为应急装备等级分值；P_4 为周边路网密度等级分值。利用ArcGIS字段计算工具，将各指标的分值代入式（6）即可计算出应急基地综合评分。

利用“自然间断分级法”对应急基地综合评分 P 进行分级评定，将应急能力分为优秀、良好、一般、较差、差等5个等级。

3.2　综合指标评价分析

将综合评定为一般及以上级别的基地按类别进行定性符号化显示（见图2a），并将优秀级别的基地按照综合评分由高到低依次排序，结果如图2b所示。

从图2a可以发现，高于一般级别的基地集中分布在中部和西北部区域，东南部区域和北部区域数量较少。从图2b也可以看出，优秀基地主要位于高速和快速路沿线。优秀基地以市中心区域居多，约占优秀总数的33%，且综合评分均较高，说明市中心区域应急资源保障能力最强。市西南和西北部区域均约有5家优秀基地，相对西北部区域而言，西南部区域优秀基地总体评分较高，但良好级以上基地总量则不及西北部区域。南部和东南部区域仅有少量优秀基地，但有1家基地综合评分居于首位，位于G1503高速沿线。市东北部区域整体应急能力较弱，仅有少量一般级以上基地，但在长兴岛有1家基地综合评分排在第三位，且该基地位于G40高速沿线。



a 一般及以上基地分布图　　b 优秀级别基地排序结果

图2　应急基地综合指标分布情况

4　结　语

本文在线密度分析的基础上提取了路网密度作为应急基地的属性；利用自然断点分级法对存在异常值的数据进行分级赋分，实现了对应急基地单一指标的分析。通过层次分析法确定的指标权重，利用字段计算器对多指标进行加权叠加，并对应急基地的综合服务绩效评定结果进行分析。通过综合评价，得到了交通设施应急资源保障基地的分布情况，并评定了24家优秀级别的应急基地。表明GIS分析方法在交通设施行业应急资源保障基地现状分析及服务绩效评估中的应用是有效的。

参考文献

[1] 周显江. 省级智能化交通运输应急指挥体系研究[J]. 数字通信世界,2018(2):283-284

[2] 高立晓,赵子雪. 山东省公路交通应急物资储备研究[J]. 山东交通科技,2020(3):110-113

[3] 霍继辉,牟凯,丁建. 辽宁省高速公路应急处置站点布局研究[J]. 公路交通科技,2016(12):173-174

[4] 何海斌. 基于GIS的城市道路应急资源评估与应用研究[D]. 北京:北京建筑大学,2020

[5] 胡璐璐,任玉环,陈安,等. 交通行业应急管理空间数据库研制[J]. 测绘与空间地理信息,2014,37(9):110-115

[6] 江开竹,黎青松. 灾后交通给道路应急保障评价研究[J]. 佳木斯职业学院学报,2016(9):492-494

[7] 兰小珍. 基于粗糙集-模糊综合评价的城市道路交通事件应急能力研究[J]. 中国水运,2018,18(5):57-60

[8] 岳俊. ArcGIS环境支持下的钻孔缺陷分析方法研究[J]. 地理空间信息,2017,15(6):58-60

[9] 尹子虚. 基于夜光数据的城市空间特征提取尺度研究[D]. 大连:辽宁师范大学,2021