引文格式：李建松,何丽华,田桦林,等. 城市院前急救医疗服务点空间特征分析及优化 [J]. 地理空间信息, 2024, 22(4): 20-25. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2024.04.006

城市院前急救医疗服务点空间特征分析及优化

李建松[1]，何丽华[2*]，田桦林[1]，张　文[1]，殷　年[3]，李　成[3]
（1. 武汉大学 遥感信息工程学院，湖北 武汉 430079；2. 湖北省地理国情监测中心，湖北 武汉 430070；
3. 合肥市测绘设计研究院，安徽 合肥 230000）

摘　要：院前急救医疗服务一直是城市医疗公共服务建设的重要内容，其城市院前急救医疗站点空间分布合理与否，直接影响急救医疗服务的效用。本文综合利用地理国情数据、交通大数据和统计数据，提出了以出行便利度、均等度、人口覆盖度和人口协调度4个空间测度，对急救医疗站点的空间分布特征进行分析的方法，用于识别现有站点布局存在的问题。针对存在的问题，结合现有站点和潜在站点，研究了全局和局部优化方法。以合肥市为例进行验证，结果表明站点空间特征分析方法能够有效识别现有站点布局存在的问题，站点布局优化的结果能够有效提高服务效用。

关键词：院前急救医疗；空间测度；空间特征分析；站点优化
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）04-0020-06

Analysis and Optimization of Spatial Characteristics of Urban Prehospital Emergency Medical Service Points

LI Jiansong[1], HE Lihua[2], TIAN Hualin[1], ZHANG Wen[1], YIN Nian[3], LI Cheng[3]
(1. School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China;
2. Center of Hubei Geographical Condition Monitoring, Wuhan 430070, China;
3. Research and Design Institute of Hefei Surveying and Mapping, Hefei 230000, China)

Abstract: Prehospital emergency medical service has always been an important part of urban medical public service construction. Whether the spatial distribution of urban prehospital emergency medical stations is reasonable or not directly affects the effectiveness of emergency medical services. In this paper, we proposed a method to analyze the spatial distribution characteristics of emergency medical stations based on four spatial measures, namely, travel convenience, equality, population coverage and population coordination, by making comprehensive use of geographical national data, transportation big data and statistical data, to identify the problems existing in the layout of existing stations. Aiming at the existing problems, combined with existing sites and potential sites, we studied the global and local optimization methods. Taking Hefei City for example, the verification results show that this method can effectively identify the existing site layout problems, and the site layout optimization results can effectively improve the service effectiveness.

Key words: prehospital emergency medical, spatial measure, spatial characteristic analysis, site optimization

2014年2月，国家卫生与计划生育委员会颁布了《院前医疗急救管理办法》，该办法从机构组成、执业管理、监督管理、法律责任等方面对院前急救医疗进行了明确规定[1]。急救医疗具有鲜明的特点，患者发病急，现场救治急，病患转移运输急[2]。随着城市建设的快速发展，急救服务的均等性受到挑战。一方面可能因急救站点分布不合理，覆盖度低，便利性和人口协调性差等问题，造成院前急救服务的响应时间延长，效用降低；另一方面可能因急救站点布局过于集中，造成服务范围严重重叠，存在资源浪费现象。

院前急救医疗服务评价目前主要以调查统计分析、空间统计分析为主。前者侧重评价急救医疗服务能力和水平，如站点设备情况、急救人员队伍、资金投入、服务均等性、急救调度、患者的满意度、5G技术应用、网络体系建设、信息系统建设等[3-7]；后者侧重急救设施空间布局和资源配置研究。庄江铨[8]等分析了资源的时空分布特征；高军[9]对资源配置和运行问题进行了探讨；高文慧[10]、罗烨[11]等分别对资源利用、反应时间进行了分析研究；张志远[12]等提出了对

收稿日期：2022-09-16。
项目来源：自然资源部地理国情监测重点实验室基金资助项目（2020NGCMZD01）。
第一作者简介：李建松（1963—），教授，研究方向为地理国情监测、遥感与GIS，E-mail：jiansongli@whu.edu.cn。
通信作者：何丽华（1968—），正高级工程师，主要从事地理国情监测工作，E-mail：574382604@qq.com。

站点布局规划的规划量化分析方法。这些研究方法主要集中讨论某一个维度，不能系统反映其整体分布特征，且缺少对现有资源和潜在资源的全局和局部优化配置分析。

本文提出了以出行便利度、均等度、人口覆盖度和人口协调度4个空间测度，对急救医疗站点进行空间分布特征分析的方法，以识别现有设施站点分布存在的问题，并研究了从全局和局部2个方面，对现有站点和潜在站点一起进行优化的方法。以合肥市为例，验证了本文的方法能够有效识别现有站点布局存在的问题，优化后的站点布局能够提高服务的效用。

1　院前急救医疗服务站点特征分析方法

1.1　人口覆盖度及计算方法

人口覆盖度是指急救站点在各个社区被覆盖的人口数量，除以社区总人口数。计算步骤是，首先生成人口的精细化格网数据，本文采用了朱瑾[13]等提出的基于“实有人口、实有房屋”数据的精细化人口空间化处理方法，格网大小为250 m。其次识别急救站点的服务区。具体方法是：①获取急救站点位的空间坐标。②以各个急救站点为中心，每隔250 m选取一采样点位，生成采样点阵（如图1所示）。③调取高德API的车行路径规划接口，计算急救站点分别至采样点的通行时间（单位为s）。④设置时间参数，利用ArcGIS中的spline（样条函数插值）将采样点阵插值生成面状服务区范围（如图2所示）。

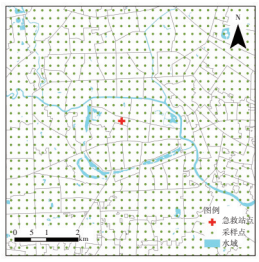


图1　采样点分布

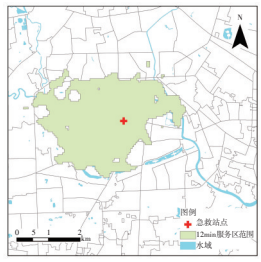


图2　站点服务区范围

最后计算覆盖度。将服务区范围与社区行政区划相交，得到各个社区的急救服务范围，利用该范围与人口格网进行叠置分析，得到各个社区被覆盖的人口数量，用覆盖人口数除以社区总人口数，得到各个社区的急救医疗服务人口覆盖度。

1.2　出行便利度及计算方法

出行便利度是用于评价各个社区在克服空间阻碍后获得急救服务的便利程度，包含2个测度，一是急救站点至社区的出行时间，另一个是社区获得急救站点的数量[14]。根据急救医疗派车原则，急救站点的救护车辆归急救中心统一调度，当有急救请求时，中心将协调距事发点最近的站点提供急救服务，若该点无法提供服务，则由第二近的站点派车，依次类推，直到有急救站点能够提供服务为止[15]。根据这个原则，本文计算可达性的引力潜能公式如式（1）。

$$A_i=\sum_j\frac{\left[\dfrac{G_j}{\sum_i\dfrac{P_i}{d_{ji}^{\beta}}}\right]}{d_{ij}^{\beta}} \tag{1}$$

式中，A_i为第i个社区的可达性；G_j为急救站点的服务能力，这里用急救站点的值班车组来表示；P_i为社区i的居住人口；d_{ij}为从社区i到急救站点j的出行阻抗；d_{ji}为从急救站点j到社区i的出行阻抗，均用出行时间来表示；β为出行阻抗系数。

1.3　均等度及计算方法

均等度是用于评价急救站点服务的空间区域与不同比例人口享受到的服务资源的机会均等程度，并以此识别急救医疗服务的资源集中区域与资源匮乏区域。本文从空间与非空间2个方面，分别选取莫兰指数、覆盖重叠率以及洛伦兹曲线3个指标，从地理空间、资源重叠以及人口的角度对急救服务的均等机会进行多维度分析。全局自相关指数采用Moran指数。

$$I=\frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{j\neq i}^{n}w_{ij}\left(x_i-\bar{x}\right)\left(x_j-\bar{x}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j\neq i}^{n}w_{ij}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2} \tag{2}$$

式中，I为Moran指数；n为社区个数；w_{ij}为社区i与社区j的临近关系，其中临近关系利用邻接矩阵进行度量；x_i，x_j为社区i，j的可达性取值；$\bar{x}$为全部社区可达性的均值。

Moran指数I是从全局的角度对空间自相关进行评估，不能反映局部空间的相关态势，因而采用LISA局部相关指数刻画局部特征，计算公式如式（3）。

$$I_i=\frac{\left(x_i-\bar{x}\right)}{S^2}\sum_{j\neq i}^{n}w_{ij}\sum_{i=1}^{n}\left(x_j-\bar{x}\right) \tag{3}$$

式中，$S^2=\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2$；$\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i$。

本文采用服务区覆盖重叠率来评价在空间上各个区域获得服务的差异性，并据此提出优化策略，提高站点利用率。服务区覆盖重叠率为一定区域内急救站

点重叠覆盖面积与覆盖面积的比值[16]，高值区域表示重复建设，存在资源浪费；低值区域表示分布均匀，布局合理。其计算公式为：

$$S=\frac{\sum \mathrm{OVERLAP}}{\sum \mathrm{AREA}} \tag{4}$$

式中，S 为服务区覆盖重叠率；$\sum \mathrm{OVERLAP}$ 为一定区域内服务区重叠面积；$\sum \mathrm{AREA}$ 为一定区域内各个站点服务范围面积之和。

计算洛伦兹曲线。首先借助两步移动搜索法计算各个社区所能获得的急救医疗资源，第一步以急救医疗站点作为搜索原点，分别以10、12、15 min作为时间参数，搜索时间限制内可到达的社区，计算可达社区人口之和，将急救站点的值班车组数作为单个站点的总服务资源，值班车组数除以可为之提供服务的社区人口之和，即为该站点可提供的人均急救资源量。第二步，以社区人口重心作为搜索原点，分别以10、12、15 min作为时间参数，搜索可为之服务的急救站点，将这些站点可提供的人均急救资源量分别乘以该社区的人口总数并进行求和，结果即为该社区可以享有的急救资源，用 P_i 表示。分别将 X_i 、Y_i 作为社区 i 的横纵坐标，根据 px 将社区从小到大进行排序，根据次序，绘制洛伦兹曲线。

$$px=X_i \big/ Y_i \tag{5}$$

式中，$X_i=\frac{P_i}{\sum P_i}$；$Y_i=\frac{\mathrm{POP}_i}{\sum \mathrm{POP}_i}$；$px$ 为排序指标；P_i 为社区 i 提供服务的急救资源服务量；$\sum P_i$ 为急救服务总量；POP_i 为社区 i 的人口数；$\sum \mathrm{POP}_i$ 为全市人口总量。

再计算基尼系数，计算公式如式（6）：

$$P=1-\frac{S_1}{0.5} \tag{6}$$

式中，$S_1=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i+y_{i+1}\right)h_{i+1}$；$P$ 为基尼系数；n 为社区数量；Y_i 为前 i 个社区的急救服务累积量；h_{i+1} 为第 i+1个社区的人口数量，i=1, 2, 3…；n 为各社区按平均每人占有的急救资源服务按递增顺序排列的序列。

1.4 人口与站点分布协调度及计算方法

人口与站点分布协调度是指急救站点空间分布与人口分布的空间协调程度。协调度的计算是在伍钟洁[17]改进的人口集中指数算法基础上，针对急救医疗站点在行政区划上属于某一区域，但是其真实服务范围往往包含多个区域的情况，将原公式中 Y_k 代表的研究区域内站点数量用服务量来代替，即 Y_k 表示能够为 k 区域提供服务的急救站点数量，$\sum Y_k$ 则表示各个急救站点服务社区数量的总和。计算公式为：

$$R_{pk}=\left(1-\frac{1}{2}\sum_{k-1}^{N}\left|\frac{X_k}{\sum X_k}-\frac{Y_k}{\sum Y_k}\right|\right)\times 100\% \tag{7}$$

式中，R_{pk} 为人口与急救站点的协调度指标；X_k 为区域 k 内人口数量；Y_k 为 k 区域提供服务的急救站点数量；$\sum X_k$ 与 $\sum Y_k$ 分别为研究区内人口总和与各个急救站点服务社区数量的总和（含重复服务社区）。当 R_{pk} 值越大时，说明急救站点与人口的分布的协调度越高，反之二者的协调度越低。

2 院前急救医疗服务站点分布优化方法

2.1 全局优化模型算法

采用最大覆盖模型，对急救站点进行全局优化，即将现有站点与候选新增站点共同作为候选点，采用最大覆盖模型对急救站点进行选择，得出一套全局最优的解决方案。最大覆盖模型的基本思路是，规定建设点位的数量 P，从候选点位中选定 P 个点位，计算 P 个点位最大覆盖人口的选择方案。其数学模型如下。

目标函数：

$$\mathrm{Max}\sum_{i\in I} w_i y_i \tag{8}$$

约束条件：

$$y_i-\sum_{j\in J} a_{ij}x_j\le 0,(i\in I) \tag{9}$$

$$\sum_{j\in J} x_j=N \tag{10}$$

$$x_i, y_j, a_{ij}\in\{0,1\},(i\in I)(j\in J) \tag{11}$$

式中，I 为社区集合；J 为急救站点集合；w_i 为社区 i 的权重；N 为急救站点的限制数量；x_i, y_j, a_{ij} 为取值0或1的二元值变量。目标函数保证了社区点 i 的加权和最大，式（9）保证了只有当社区点 i 被候选急救站点 j 覆盖，且候选急救站点 j 被选中为急救站点时，社区点 i 才有可能被覆盖，式（10）限制了急救站点的数量为 N，式（11）表示 x_i, y_j, a_{ij} 只能取值0或1。

2.2 局部优化模型算法

局部优化在更替最少急救站点的前提下，实现布局优化。首先计算全市急救站点服务区范围的重叠情况，将覆盖范围重叠80%以上的急救站点作为优化对

象。优化过程主要包括2个目标函数。第1个目标函数用公式（12）计算社区到急救站点的可达时间方差，使优化方案的可达时间方差最小，确保优化方案的均衡性：

$$\text{minimize}\sum_{i=1}^{D}\left(A_i-\sum_i\frac{A_i}{D}\right)^2 \tag{12}$$

式中，D为社区总数；A_i为需求点i的急救医疗可达时间。

第2个目标函数用公式（13）计算社区到急救站点的可达时间之和，并使其值最小，确保急救站点的服务效率处于较高水平，该模型可表达为：

$$\text{minimize}\sum_{i=1}^{D}A_i \tag{13}$$

具体计算采用宽容分层序列法[18]。首先利用第一个目标函数进行求解，得到解集$S=(S_1, S_2, S_3, \cdots, S_n)$，对集合中的解按其优化质量进行排序，使解集以$S_1, S_2, S_3, \cdots, S_n$的次序，按质量从优到劣排列，然后选取$S$中前$n$（$n$>1）组解作为第2个目标函数的解空间，将$n$组解分别代入第2个目标函数进行求解，其中质量最优的解即为公平最大化的可达时间最优解。

3　验证分析

3.1　研究区与数据

本文选择合肥市对研究方法进行了验证分析。实验区包括庐阳区、包河区、瑶海区、蜀山区、经开区、高新区与新站区，面积1 337 km^2，市区常住人口共有393.44万人。目前，合肥市急救中心共调度36个急救站，其中2个位于长丰县。按站点类型来分，直属型分站共7个，由合肥市急救中心直接负责，其余29个急救站为网络型分站（如图3所示）。

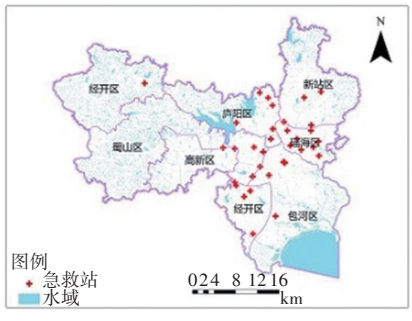


图3　研究区急救医疗站点分布

本文使用的数据主要包括地理国情数据、急救站点位置数据、交通大数据和人口数据等。地理国情数据来源于合肥市2019年地理国情普查数据。急救医疗站点数据由合肥市急救中心协助提供，主要包含了全市急救站点名称、地址、站点类型以及值班车组等信息。交通大数据主要是根据高德开放平台提供的接口，对2点进行路径规划查询，获取2点间的实时通行时间，其中平峰数据是在下午13：00~17：00间爬取的数据，高峰数据是晚上17：30~19：00间爬取的数据。人口数据是合肥市统计局提供的2019年合肥市社区常住人口数据。

3.2　急救医疗站点空间特征分析

3.2.1　急救站点人口覆盖特征分析

1）急救医疗服务区分析。以急救站点为中心，通过插值获取合肥市急救医疗10、12、15 min服务区（表1），具体分布如图4、5所示。

表1　急救站点人口覆盖特征分析／%

分区	平峰 10 min	高峰 10 min	平峰 12 min	高峰 12 min	平峰 15 min	高峰 15 min
瑶海区	89.64	76.10	98.47	91.77	99.72	97.47
庐阳区	64.44	43.62	85.88	67.90	95.84	90.73
包河区	47.37	25.67	72.68	48.10	89.44	76.07
蜀山区	55.17	34.62	82.50	57.49	92.75	83.19
经开区	53.17	37.49	73.51	60.64	87.40	79.87
高新区	22.44	20.72	35.96	31.35	71.85	47.22
新站区	54.73	32.97	76.30	58.49	85.87	79.45
全市	58.63	40.02	79.73	61.70	91.63	82.81

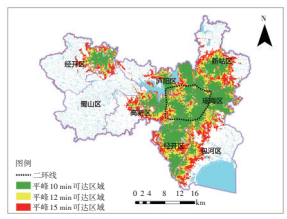


图4　平峰服务区范围分布

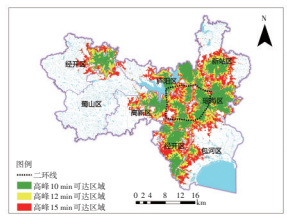


图5　高峰服务区范围分布

2）急救站点覆盖度分析。全市基本实现15 min急救医疗全覆盖，覆盖度高达91.63%；12 min覆盖度为79.73%；10 min覆盖度较差，不到60%。高峰时段，10、12、15 min覆盖度分别下降19、18、9个百分点。

3.2.2　出行便利性分析

分别计算平峰与高峰时段下每个社区人口重心点至全市34个急救站点的时间，选择其中用时最少的时间作为该社区的急救最短通行时间。计算可知，平峰时段全市平均急救用时12.90 min，其中最长用时为54.92 min。全市高峰时段急救平均用时增加11.24%，平均急救用时14.35 min，其中最长用时为58.23 min。

将全市750个社区按照每150个一组分为5个等

级，其中1级便捷度最低，5级便捷度最高

3.2.3 急救医疗站点空间布局均匀性分析

1）分布聚集性分析。根据全局Moran's I计算结果，合肥市急救医疗可达性分布不具有随机性，具有很强的聚集特征。一方面是可达性高值区域的聚集，另一方面是可达性低值区域的聚集。整体上站点建设相对完善，但分布不够均衡。利用LISA计算的局部空间特征如图6、7所示。

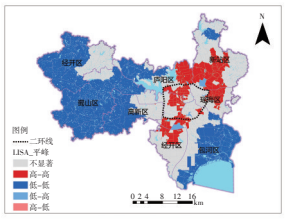


图6 平峰局部自相关分布

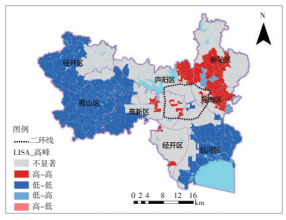


图7 高峰局部自相关分布

全市高-高型社区共有125个，覆盖全市约32.6%的人口，区域内急救医疗站点数量与居民需求相匹配且布局均衡，急救医疗站点的空间服务能力得到最大化的使用，处于一种均衡且高水平的发展阶段。低-低型社区是便捷度低值社区高度聚集的区域，全市共有138个该类型社区，覆盖全市8.23%的居民。主要分布在市区西部以及东南部的乡镇，缺乏急救医疗站点。居民获取急救医疗服务耗时普遍超过20 min，远低于全市平均水平。

2）覆盖重叠率分析。以合肥市现行的急救医疗服务时间12 min作为时间标准，计算各个社区的重叠覆盖区域面积与总覆盖面积的比值，反映急救医疗站点的空间配置效率。计算结果如表2所示。

表2 分区覆盖重叠率/%

分区	覆盖度	覆盖重叠率
瑶海区	98.47	77.16
庐阳区	85.88	40.86
包河区	72.68	65.45
蜀山区	82.50	42.01
经开区	73.51	26.36
高新区	35.96	50.92
新站区	76.30	46.69
全市	79.73	54.65

3）服务的均等性分析。根据10、12 min与15 min服务水平下的洛伦兹曲线可知，合肥市急救医疗服务处于极度不均等状态，当服务时间限定为10 min时，50%的急救医疗资源被12%的人口占据，当时间限制延长至15 min时，50%的急救医疗资源仅服务20%的人口，居住在不同区域的人口享受到的服务差距极大。

从基尼系数看，10 min急救医疗悬殊最大，基尼系数高达0.69，15 min急救医疗处于分配差距大与分配悬殊的临界点，虽然比前两者略微缓和，但依旧资源分配悬殊。交通因素对急救医疗均等性有较大影响，使各个时间段的基尼系数平均增加0.09（表3）。

表3 多时段服务范围基尼系数

服务区	平峰	高峰
10 min急救服务	0.69	0.81
12 min急救服务	0.59	0.68
15 min急救服务	0.51	0.58

3.2.4 急救医疗站点人口协调度分析

全市人口协调度水平较低，且区域均衡性较差。一方面为缺少急救站点，以高新区为例，该区域内仅有一所急救站点，占全区人口一半的蜀麓社区与长宁社区均未被12 min急救服务覆盖，直接导致该区域协调度低于全市平均水平；另一方面为急救站点布局不合理，其中瑶海区该现象最为突出，全区62万人，占人口总数的16%，享有全市40%的急救医疗资源，但其站点点位与人口的协调度仅为65.68%（表4）。

表4 分区协调度计算结果

分区	协调度%
庐阳区	72.97
瑶海区	65.68
蜀山区	67.21
包河区	61.05
新站区	74.85
高新区	57.70
经开区	63.16
全市	61.03

3.3 急救医疗站点位置优化

3.3.1 基于最大覆盖模型的全局优化结果

全局优化的基本思路是将57所候选等级医院与34所现有急救站点统一作为备选站点点位，利用最大覆盖模型，将站点分配给需求点。根据布局优化结果，在候选急救站点中选择15个作为新增站点，保留19个原有急救站点，删除的站点基本位于中心城区。

经过优化布局，全市社区急救医疗平均可达时间降低了0.88 min，12 min可达社区与优化前相比增加59个，从空间分布来看，中心城区的逍遥津社区、包河社区的急救医疗服务盲区消除，区域内部社区均可10 min接受急救医疗服务；城市西北部、东南部市区外沿区域急救医疗服务得到显著提升，急救医疗服务

趋于均衡发展（图8、9）。

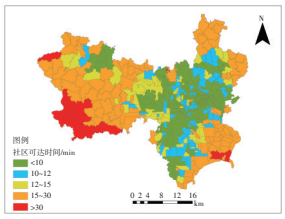


图8　优化前社区可达时间分布

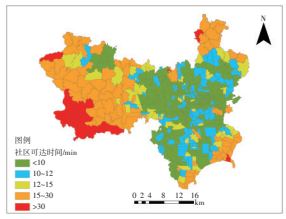


图9　全局优化社区可达时间分布

3.3.2　基于均等最大化的局部优化

局部优化的结果表明从57家等级医院中选择合适的候补站点进行补充，扩大急救医疗站点覆盖范围，提高站点布局均匀性。首先，计算全市34个急救站点两两间服务区重叠面积，根据计算结果可知，皖东分站、仁德分站与东南外科医院分站服务范围重叠度超过80%，当3家服务区高度重叠的急救站删除后，以31家急救站点作为站点计算可达时间，全市平均急救可达时间仅增加7.2 s，证明三者服务范围有限。因此将这些站点作为优化对象，从57个候选等级医院中选择3个站点对其进行替换。本文利用穷举法解决局部优化问题。

根据计算结果，从候选点位中选取的3家急救站点分别为安徽省省直机关医院、中科院合肥物质科学研究院肿瘤医院、安徽省安凯汽车集团有限公司医院，三家新增站点远离现有急救站点，位于中心城区外围，充分发挥了单个急救站点的服务能力，与优化前相比，全市社区急救医疗可达时间平均下降0.58 min，新增站点与删除站点相比，布局更加均衡。从具体的空间分布来看，新增站点有两家位于包河区，极大改善了合肥市东南区域的急救医疗服务现状，包河区社区平均可达时间降低2.38 min，12 min可达社区占比从优化前的60%增长至72.57%，其中滨湖新区改善最为明显，优化前区域内仅滨湖医院一家急救站点，服务范围有限，导致方兴社区、云华社区等急救时间超过15 min，优化后，滨湖新区基本实现12 min急救医疗全覆盖。

4　主要研究结论

通过验证分析可知，本文提出的空间特征分析的覆盖度、便利度、均等度和协调度4个特征参数指标能够较全面和正确揭示城市急救医疗服务站点的空间分布特性和联系，通过改进的引力模型能够较好地刻画服务站点和社区之间的可达性，可以作为便利性分析的依据。利用采集的实时路段通行时间，更能真实反映实际的交通情况，从经济和效用角度看，局部位置优化结果较全局优化结果更为有效。

参考文献

[1] 陈亦宝. 苍南县院前医疗急救资源优化配置研究[D]. 咸阳:西北农林科技大学,2019

[2] 许婉彤. 兰州市医疗服务空间可达性及资源配置分析研究[D]. 兰州:兰州大学,2020

[3] 李轩. 吉林省急救医疗体系现状与急救资源配置公平性分析[D]. 长春:吉林大学,2020

[4] 郑军,张文中. 5G技术在院前急救系统中的应用探索[J]. 医疗装备,2022,35(12):7-9

[5] 李虹静,申希平,尤银刚. 庆阳市基层社区服务中心院前急救能力及影响因素分析[J]. 职业卫生与应急救援,2022,40(5):529-534

[6] 陈诺夫,谭祖春,苏永林,等. 现阶段建设好医院院前急救网络体系的探析[J]. 西南军医,2009,11(4):740-741

[7] 何静如. 院前急救系统的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2022

[8] 庄江铨,钟球,傅哲泓,等. 深圳市院前急救资源的时空分布特征分析[J]. 中华急诊医学杂志,2019(3):391-396

[9] 高军. 射阳县院前急救资源配置及运行问题初探[J]. 江苏卫生事业管理,2019,30(4):542-544

[10] 高文慧,梁萧,李思颉,等. 院前急救医疗服务的资源利用情况分析[J]. 中国急救医学,2022,42(6):470-475

[11] 罗烨,张鹏杰,鲁靖,等. 2015-2019年昆山市院前急救跨区域服务及急救反应时间分析[J]. 职业卫生与应急救援,2022,40(4):468-473

[12] 张志远,崔晓光. 基于规划量化分析的公共服务设施布局研究:以南京市院前医疗急救站(点)布局规划为例[C]//中国城市规划年会论文集,2018

[13] 朱瑾,李建松,蒋子龙,等. 基于“实有人口、实有房屋”数据的精细化人口空间化处理方法及应用研究[J]. 东北师大学报(自然科学版),2018,50(3):133-140

[14] 宋正娜,陈雯,张桂香,等. 公共服务站点空间可达性及其度量方法[J]. 地理科学进展,2010,29(10):1 217-1 224

[15] 陈建国,周素红,柳林,等. 交通拥堵对急救医疗服务时空可达性的影响:以广州市为例[J]. 地理科学进展,2016,35(4):431-439

[16] 刘璇. 基于可达性的医疗服务均等性评价与优化布局[D]. 武汉:武汉大学,2017

[17] 伍钟洁. 南京市KTV娱乐休闲场所空间布局特征研究[D]. 南京:南京大学,2015

[18] 倪建华. 城市医疗服务站点布局均衡性评价方法与优化研究[D]. 南京:南京大学,2017