

DOI: 10.11830/ISSN.1000-5013.202108030



# 考虑自然灾害等多因素的 BWM-GIS 城市医院选址

刘倩, 高轩能

(华侨大学 土木工程学院, 福建 厦门 361021)

**摘要:** 为实现城市医疗资源合理配置,对城市现有医院位置进行科学性评估和对新建医院优化性选址.首先,应用 ArcGIS 软件构建泰森多边形,对现有医院的分布进行合理性评判,并考虑安全性、可达性和经济性等影响因素构建医院选址评价体系.其次,应用最优-最劣法(BWM)计算指标权重,并将其输入 Spatial Analyst 叠置分析中,根据加权线性组合(WLC)得到适宜新建医院的选址备选点.最后,采用 BP 神经网络算法对备选点进行比较,得出最优选建医院选址位置.研究表明:考虑自然灾害等多因素的医院选址模型优于仅以可达性为目标的选址模型,同时,也验证了该模型和算法在城市医院选址定量分析中的适用性和准确性.

**关键词:** 城市医院; 选址; 自然灾害; 适宜度; 最优-最劣法; 地理信息系统; BP 神经网络

**中图分类号:** TU 984.14; P 208 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5013(2022)03-0330-08

## Urban Hospital Site Selection Using BWM-GIS Considering Natural Disasters and Other Factors

LIU Qian, GAO Xuanneng

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** In order to rationally allocate urban medical resources, the location of existing urban hospitals is scientifically evaluated, and newly-built hospital site selection is optimized. Tyson polygon with ArcGIS software is constructed, the rationality of the distribution of existing hospitals is evaluated, and the hospital site selection evaluation system is established considering the influencing factors such as safety, accessibility and economy. The best-worst method (BWM) is used to calculate the index weights, which are put into Spatial Analyst overlay analysis. According to the weighted linear combination (WLC), the suitable candidate sites for newly-built hospitals site selection are obtained. The the candidate sites are compared by BP neural network algorithm, and the optimal location of newly-built hospital is obtained. The result shows that, the hospital site selection model considering natural disasters and other factors disasters is better than the location model only considering accessibility. The applicability and accuracy of the model and algorithm on the quantitative analysis of urban hospital site selection are verified.

**Keywords:** urban hospital; site selection; natural disaster; suitability; best-worst method; geographic information system; BP neural network

医院是提供医疗服务的重要机构,新建医院的合理选址对于解决城市医疗资源分配不均的问题至关重要.王建廷等<sup>[1]</sup>采用两步移动搜索法,对天津市区医院的可达性进行评估,赵鹏<sup>[2]</sup>考虑服务承载力

**收稿日期:** 2021-10-08

**通信作者:** 高轩能(1962-),男,教授,博士,博士生导师,主要从事钢结构及组合结构防灾的研究. E-mail:gaoxn117@sina.com.

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(51278208);福建省科技计划重点项目(2018Y0063)

及空间可达性,利用地理信息系统(GIS)对武汉市现有医院的空间分布进行分析,指出天津市和湖北省武汉市现有医院的空间分布不尽合理.文献[3-4]基于多准则决策分析模型,采用模糊逼近理想解排序法(TOPSIS)和层次分析法(AHP),确定土耳其 Mugla 和 Istanbul 新建医院的最优选址点. Halder 等<sup>[5]</sup>以可达性为目标建立 12 个评价指标的医院选址模型,采用 AHP 求解指标权重并得出医院选址适宜度.文献[6-7]采用多目标准则建立医院选址模型,考虑时间、污染、距离等因素,应用模糊层次分析法(FAHP)求解新建医院的最佳选址. Parvin 等<sup>[8]</sup>以印度 Murshidabad 为例,采用 TOPSIS 对医疗设施空间可达性进行评价,使居民就医的距离最短.由此可见,国内外研究者对医院选址问题已开展了很多研究,并取得了一些有益成果,但上述研究多以可达性为决策目标,选址模型主要侧重于研究医疗服务空间结构及分布趋势,缺少对地质环境复杂区自然灾害影响因素的考虑.另一方面,AHP 应用于多重影响因子的选址模型时,存在计算过程繁琐、数据量大和指标比较次数多等问题,降低了结果的可靠性.

本文针对上述研究存在的问题,综合考虑安全性、可达性和经济性等因素,建立医院选址双层目标模型,运用最优-最劣法(BWM)与 GIS 空间分析,对城市新建医院选址进行评估,并采用 BP 神经网络算法求出最优位置,使新建医院的选址更具科学性和合理性.

### 1 城市医院选址适宜性指标体系的构建

安全性和可达性是城市医院选址适宜性需要考虑的主要因素,其中,自然灾害和交通便利程度等因素的影响不可忽视,但现有研究未引起足够重视<sup>[9-13]</sup>.结合研究区域的实际情况,在构建医院选址的适宜性评价指标体系中,增加了自然灾害和交通便利程度因素,以考虑其重要影响.城市医院选址评价指标体系由一级指标和二级指标组成,其中,一级指标包括自然灾害、交通便利程度、人口分布、现有医院分布和城市可行性规划 5 部分,二级指标包括断裂带、岩溶塌陷、砂土液化、与各级道路距离、与学校距离、人口密度、与现有医院距离和政策影响力 8 要素,如表 1 所示.

表 1 城市医院选址评价指标体系  
Tab. 1 Evaluation index system of urban hospital site selection

一级指标	二级指标	指标意义
自然灾害(A1)	断裂带(B1)	医院选址点受地震和地质灾害的影响程度
	岩溶塌陷(B2)	
	砂土液化(B3)	
交通便利程度(A2)	与各级道路距离(B4) 与学校距离(B5)	居民的就医便利性和可达性程度
人口分布(A3)	人口密度(B6)	医院辐射区域内覆盖的人口密度
现有医院分布(A4)	与现有医院距离(B7)	医疗资源覆盖最大化程度
城市可行性规划(A5)	政策影响力(B8)	与区域发展整体规划一致性的程度

### 2 BWM 确定的指标权重

AHP 在多准则决策选址过程中需要  $m(m-1)/2$  次成对比较,标度量较大,易造成判断混乱,导致主观性增加,对选址结果的可靠性及实际应用产生不利影响.因此,采用 BWM 确定指标权重,将选取的最优、最劣指标与其余指标进行两两比较,计算指标权重.在计算权重过程中,BWM 仅需要  $2m-3$  次的比较,处理的数据量大大减少,降低主观性<sup>[14-15]</sup>.因此,BWM 充分考虑了判断矩阵合理性,比 AHP 具有更高的一致性比率和更强的适应性. BWM 有如下 5 个求解步骤.

- 1) 确定一组决策标准,假定  $m$  个指标  $\{A_1, A_2, \cdots, A_m\}$ .
- 2) 在各指标中选出最优指标  $A_B$ 、最劣指标  $A_w$ .
- 3) 将最优指标  $A_B$  与其他指标  $A_j (j=1, 2, \cdots, m)$  进行两两对比,建立最优指标向量  $C_B = \{C_{B,1}, C_{B,2}, \cdots, C_{B,m}\}$ ,  $C_{B,j}$  表示  $A_B$  比  $A_j$  的重要程度,  $C_{B,j} \in [1, 9]$  的整数,其中,1 表示两者同等重要,9 表示  $A_B$  极为重要且  $C_{B,B} = 1$ .
- 4) 将其他指标  $A_j$  与最劣指标  $A_w$  两两对比,建立最劣指标向量  $C_w = \{C_{1,w}, C_{2,w}, \cdots, C_{m,w}\}^T$ ,其



医院适宜性分析结果. 选址适宜性分析流程, 如图 3 所示.

3.2.1 自然灾害要素 新建医院选址需考虑该地区自然灾害的风险, 以避免选址点受到地震和地质灾害损害, 造成患者的二次伤害. 对选址区域内的地质调查数据分析, 发现研究区内的突发性地质灾害有地震、岩溶塌陷和地震液化. 研究区工程地质图, 如图 4 所示. 根据《唐山市城市综合防灾减灾详细规划(2016—2020 年)》<sup>[21]</sup> 的要求, 地震断裂带两侧 100 m 内不得作为建设用地, 对断裂带进行缓冲区分析, 测定其影响范围; 岩溶塌陷区、砂土液化区不得新建大型居住、学校、医院等人员密集场所建筑物.

3.2.2 交通要素 新建医院选址需考虑居民就医的交通情况, 从可达性的角度分析, 新医院与城市主要道路的距离不宜过大, 以确保居民就医的便利性. 道路级别越高, 影响范围越大, 缓冲区半径越大; 道路级别越低, 影响范围越小, 缓冲区半径越小. 将主要街道缓冲区设置为 400 m, 国道缓冲区设置为 600 m, 公路缓冲区设置为 800 m. 道路缓冲区图, 如图 5 所示. 由图 5 可知: 新建医院在此区域内最适合.

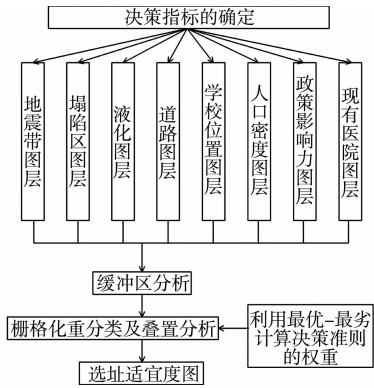


图 3 选址适宜性分析流程  
Fig. 3 Site selection suitability analysis flow

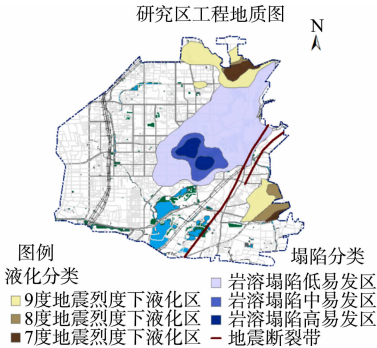


图 4 研究区工程地质图  
Fig. 4 Engineering geology in study area

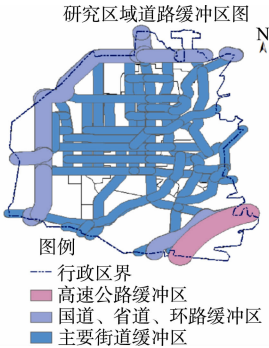


图 5 道路缓冲区图  
Fig. 5 Road buffer area

3.2.3 学校要素 新建医院选址需考虑学校位置, 从而避免教育区交通拥堵问题, 造成居民就医不便, 因此, 学校范围 500 m 内不适合新医院选址. 研究区域内有 115 所学校, 对其进行 500, 1 000, 1 500 m 的缓冲区分析, 学校缓冲区图, 如图 6 所示.

3.2.4 现有医院要素 新建医院应与现有医院保持一定距离, 在医疗资源的覆盖最大化的前提下, 避免医疗资源的浪费. 根据 GB 50180—2018《城市居住区规划设计标准》<sup>[22]</sup> 的规定, 一级医院服务半径不应小于 1 000 m. 医院级别越高, 影响范围越广, 根据医院等级建立 2 000, 1 500, 1 000 m 的医院缓冲区, 如图 7 所示. 由图 7 可知: 新建医院在此区域外最适合.

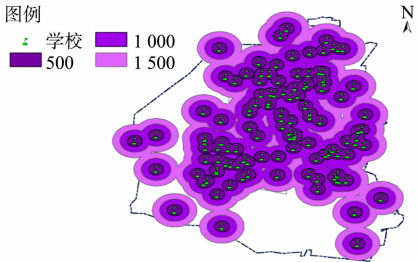


图 6 学校缓冲区图  
Fig. 6 School buffer area

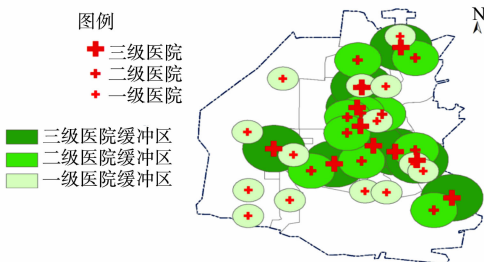


图 7 医院缓冲区图  
Fig. 7 Hospital buffer area

3.2.5 人口密度要素 新建医院选址与所在区域的人口密度具有极大的一致性, 该区域的人口密度大. 居民对医疗服务设施需求量越大, 越适合在此范围内建设新医院. 因此, 在 GIS 属性表中添加各街道人口密度字段及数据, 使用 ArcMap 符号分级工具将人口密度数值由高至低划分为 5 个级别. 人口密度图, 如图 8 所示.

3.2.6 政策影响力要素 新建医院选址应与研究区的整体规划相关,根据研究区内各街道与区域发展整体规划一致的程度,使用 ArcMap 符号分级工具将政策影响力划分为弱、较弱、较强、强和最强 5 个级别.政策影响力图,如图 9 所示.

3.2.7 选址适宜性确定 根据 Spatial Analyst 重分类对图 4~9 进行栅格化处理,统一无量纲并将最大值设为 1,等间距递减 0.2. BWM 计算得出的各指标权重值输入 Spatial Analyst 叠置分析中,根据加权线性组合(WLC)计算新建医院选址适宜度,分为不适宜、较不适宜、较适宜、适宜和最适宜 5 个等级(图 10). 研究得到 7 个最适宜新建医院的备选点:D1(钓鱼台街道,右上)、D2(钓鱼台街道,右下)、D3(大里街道)、D4(学院南路街道)、D5(惠民道街道(中))、D6(惠民道街道(右下))和 D7(梁家屯街道).

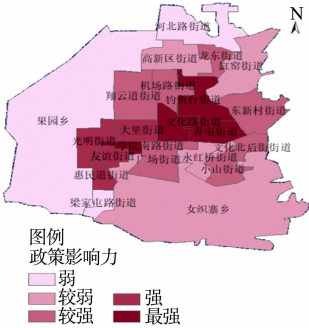


图 9 政策影响力图  
Fig. 9 Policy influence

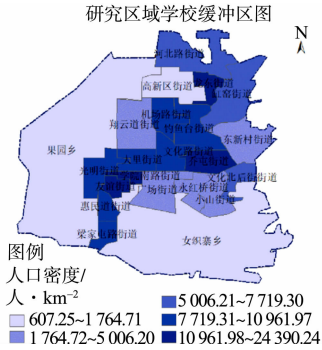


图 8 人口密度图  
Fig. 8 Population density

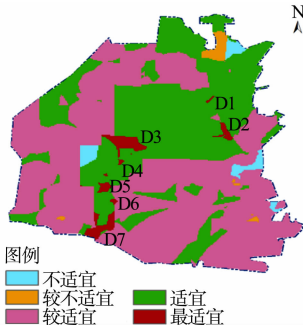


图 10 医院选址适宜备选点图  
Fig. 10 Suitable candidate sites for hospital site selection

3.3 最优选址点的确定

在实地调研的基础上,对 7 个备选点建立新的评价指标体系,如表 2 所示.

表 2 最优选址评价指标体系

Tab. 2 Evaluation index system of optimal site selection

指标	内容
可用面积	新建医院的建设规划和建筑面积受选址地有效面积的影响
场地平整度	新建医院选址的场地平整程度
用地类型	新建医院应选择空地、荒地、劣地和小面积居民用地
危险源	医院选址受危险源的影响程度,考虑易燃易爆、有毒物品生产工厂与选址点的距离
土地价格	医院建设成本最小化程度

3.3.1 BP 神经网络的构建 将研究区 11 所现存医院作为神经网络训练样本,通过专家经验评估打分,得到训练组归一化后的指标,11 组现存医院影响因子标准化值,如表 3 所示.

将 11 组训练值量化后的数据作为输入层原始数据,采用 MATLAB 软件构建 BP 神经网络模型.危险源距离指标与土地价格指标数据均以评价点研究期间数据为依据.

表 3 11 组现存医院影响因子标准化值

Tab. 3 Standardized values of 11 existing hospitals impact factors

医院	标准化值					总评
	可用面积	场地平整度	用地类型	危险源	土地价格	
医院 1	0.90	0.80	0.85	0.35	0.90	0.90
医院 2	0.90	0.90	0.90	0.40	0.45	0.85
医院 3	1.00	0.90	0.90	0.70	0.55	0.80
医院 4	0.65	0.80	0.85	1.00	0.75	0.80
医院 5	0.75	0.90	0.90	0.85	0.55	0.90
医院 6	0.85	0.90	0.90	0.40	0.60	0.80



续表

Continue table

医院	标准化值					总评
	可用面积	场地平整度	用地类型	危险源	土地价格	
医院 7	0.85	0.80	0.85	0.45	0.95	0.70
医院 8	0.90	0.80	0.95	0.95	0.60	0.85
医院 9	0.70	0.80	0.90	0.85	0.45	0.70
医院 10	0.90	0.90	0.90	1.00	0.35	0.90
医院 11	0.70	0.90	0.90	0.95	0.45	0.85

3.3.2 BP 神经网络的训练 神经网络输入层神经元为 5 个影响因子,中间层的神经元数量对下一步计算的神经网络的精确程度、学习速度和运算结果都至关重要.3 层 BP 神经网络算法中间层节点数量 S 的计算式<sup>[23]</sup>为

$$S=\sqrt{n+m}+\alpha.$$
 (2)

式(2)中: $n$  为输入节点的数量; $m$  为输出节点的数量; $\alpha$  为 1~10 之间的自然数.

当  $n=5,m=1$  时,由式(2),中间层节点数量可以取 4,5,6,7,8,9,10,11,12. BP 神经网络训练结果,如图 11 所示.

运用 BP 神经网络误差反向传播算法进行神经网络训练,训练次数设置为 3 000,学习速率设置为 0.05,目标误差为  $10^{-3}$ ,经反复训练,发现中间层节点数量为 9 时,网络的训练误差为  $4.03\times10^{-6}$ ,此时,训练次数为 145,满足  $10^{-3}$ 精度的要求(图 11).因此,BP 神经网络结构设定为 3 层  $5\times9\times1$ ,输入神经元为 5,中间层节点数量为 9,输出神经元为 1.

3.3.3 备选点评估 经过 145 次训练学习,学习样本的输出模拟值与实际训练值的误差很小且能达到精度要求,证明所建立医院选址的神经网络模型具有自动识别数据变化规律能力.对 7 个备选点所需指标数据进行收集和统一无量纲分析处理,得到其影响因子标准化值(表 4),并输入到训练好的医院选址神经网络模型,输出为各备选点的计算结果.

表 4 备选点影响因子标准化值

Tab. 4 Standardized value of candidate site impact factors

备选点	影响因子标准化值				
	可用面积	场地平整度	用地类型	危险源	土地价格
D1	0.90	0.80	0.90	0.35	0.70
D2	0.60	0.90	0.90	0.55	0.78
D3	1.00	0.80	0.75	0.90	0.40
D4	0.85	0.80	0.95	0.70	0.42
D5	0.90	0.85	0.80	0.90	0.75
D6	0.75	0.85	0.90	0.90	0.65
D7	0.90	0.75	0.65	1.00	0.90

备选点 D1~D7 的最优选址点评估值分别为 0.621 0,0.655 6,0.900 5,0.875 2,0.862 0,0.804 0,0.895 6.评估值越高,表示在此地新建医院最好,D3(0.900 5)备选点最优,其次是 D7(0.895 6).D3 备选点属于大里街道,与北新西道、大理路和友谊路等多条主干道相邻,交通便利.同时,所在街道人口密度高达  $8\,813.3\text{人}\cdot\text{km}^{-2}$ ,且与现有医院距离较远,此地的医疗服务需求量较大.D3 备选点的地形平坦、地势开阔、地质条件良好且与易燃易爆等危险源有一定的距离,能够满足新建医院的安全性要求.D3 备选点的医疗供给与需求不平衡,且具备自然条件、安全保障和政策影响等优势,因此,新建医院应选在 D3 备选点区域内.

3.4 结果比较与分析

将计算结果与可达性选址模型进行对比分析,可达性选址适宜备选点图,如图 12 所示.由图 12 可

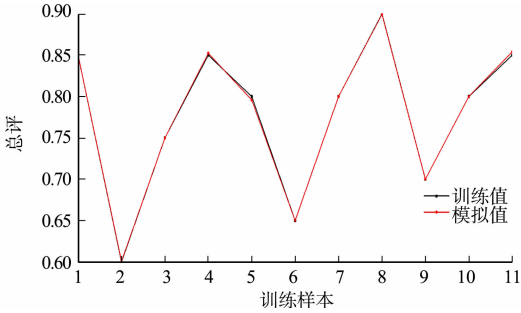


图 11 BP 神经网络训练结果

Fig. 11 BP neural network training results

知:以可达性为目标选址的结果数量较多(E1~E10),求解不够精确且选址位置条件不好:备选点 E1,E2 均处于 9 度液化区,存在较大的液化及震陷等灾害发生的风险,不满足 GB 50011—2010《建筑抗震设计规范》<sup>[24]</sup>的要求,需要采取抗震措施;备选点 E7,E8 处于地震活动断裂地两侧 100 m 的范围内,根据《唐山市城市综合防灾减灾详细规划(2016—2020 年)》<sup>[21]</sup>的规定,地震断裂带 100 m 范围内为禁止建设区,因此,备选点 E7,E8 不能达到建筑物的安全要求;E9 选址点所覆盖的范围过大,准确性较低,且一部分处于岩溶塌陷中度易发区,若岩溶塌陷灾害发生,有房屋坍塌的风险。

医院选址模型综合考虑安全性、可达性和经济性等评价指标,不仅考虑可达性,也将自然灾害、人口分布等嵌入指标层次中,比可达性选址模型的结果更加准确,对城市医院选址研究有一定的普遍性及实用性。

4 结论

通过分析医院选址评价影响因素,建立选址标准,提出了基于 BWM-GIS 的城市医院选址评价模型,并与可达性模型进行比较分析,得出以下 3 个结论。

- 1) 与可达性选址模型对比,建立的综合考虑自然灾害、交通便利和人口分布等多因素选址模型可缩小医院的选址范围,提供更精准和更具实际应用价值的医院选址方案。
- 2) BWM 算法能够改善 AHP 繁琐的计算过程,弱化指标权重的主观性,提高一致性检验的准确性,为城市医院选址提供科学的理论依据。
- 3) 采用 BP 神经网络模型确定各备选点的评价值并排序,优选出医院选址点,提高了选址结果的可信度及完整性。

参考文献:

[1] 王建廷,刘雅文. 基于 GIS 的天津市中心城区综合医院空间布局分析[J]. 地理与地理信息科学,2018,34(5):25-30. DOI:10.3969/j.issn.1672-0504.2018.05.005.

[2] 赵鹏. 武汉市医院布局优化研究[D]. 武汉:华中师范大学,2011.

[3] SENVAR O,OTAY I,BOLTURK E. Hospital site selection via hesitant fuzzy TOPSIS[J]. IFAC-Papers OnLine, 2016,49(12):1140-1145. DOI:10.1016/j.ifacol.2016.07.656.

[4] SAHIN T,OCAK S, TOP M. Analytic hierarchy process for hospital site selection[J]. Health Policy and Technology,2019,8(1):42-50. DOI:10.1016/j.hlpt.2019.02.005.

[5] HALDER B,BANDYOPADHYAY J,BANIK P. Assessment of hospital sites' suitability by spatial information technologies using AHP and GIS-based multi-criteria approach of Rajpur-Ronarpur municipality[J]. Modeling Earth Systems and Environment,2020,6(10):2581-2596. DOI:10.1007/s40808-020-00852-4.

[6] VAHIDNIA M H,ALESHEIKH A A,ALIMOHAMMADI A. Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives[J]. Journal of Environmental Management,2009,90(10):3048-3056. DOI:10.1016/j.jenvman.2009.04.010.

[7] AJAJ Q M,SHAREEF M A,JASIM A T,et al. An AHP-based GIS for a new hospital site selection in the Kirkuk Governorate[C]//2nd International Conference on Electrical, Communication, Computer, Power and Control Engineering. Mosul:IEEE Press,2019:176-181. DOI:10.1109/ICECCPCE46549.2019.203769.

[8] PARVIN F,ALI S A,HASHMI S N I,et al. Accessibility and site suitability for healthcare services using GIS-based hybrid decision-making approach: A study in Murshidabad, India[J]. Spatial Information Research,2021,29:1-18. DOI:10.1007/s41324-020-00330-0.

可达性选址适宜备选点图

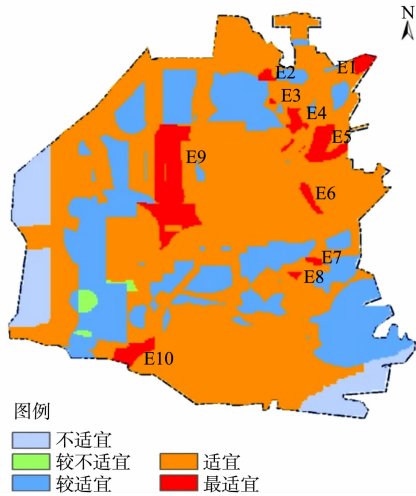


图 12 可达性选址适宜备选点图

Fig. 12 Accessibility site selection suitable candidate sites

- [9] SOLTANI A, BALAGHI R, REZAEI M, *et al.* Spatial analysis and urban land use planning with emphasis on hospital site selection; A case study of Isfahan city[J]. *Bulletin of Geography, Socio-economic Series*, 2019, 43(43): 71-89. DOI:10.2478/bog-2019-0005.
- [10] TAHMASBI B, MANSOURIANFAR M H, HAGHSHEENAS H, *et al.* Multimodal accessibility-based equity assessment of urban public facilities distribution[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2019, 49: 101633. DOI:10.1016/j.scs.2019.101633.
- [11] ADAL E A, AYEGÜL T. Hospital site selection with distance-based multi-criteria decision-making methods[J]. *International Journal of Healthcare Management*, 2019(5): 1-11. DOI:10.1080/20479700.2019.1674005.
- [12] 马丹祥, 初建宇, 王政, 等. 基于多目标规划的防灾避难场所选址模型研究[J]. *自然灾害学报*, 2015, 24(2): 1-7. DOI:10.13577/j.jnd.2015.0201.
- [13] REZAYEE M. Hospital site selection in Iskandar Malaysia using GIS-multi-criteria analysis[J]. *International Journal of Basic Sciences and Applied Computing*, 2020, 2(10): 8-15. DOI:10.35940/ijbsac.K0159.0221020.
- [14] REZAEI J. Best-worst multi-criteria decision-making method[J]. *Omega*, 2015, 53: 49-57. DOI:10.1016/j.omega.2014.11.009.
- [15] REZAEI J. Best-worst multi-criteria decision-making method; Some properties and a linear model[J]. *Omega*, 2016, 64: 126-130. DOI:10.1016/j.omega.2015.12.001.
- [16] 黎海波, 黎夏, 刘小平, 等. 多目标粒子群算法与选址中的形状优化[J]. *遥感学报*, 2008, 12(5): 724-733. DOI:10.11834/jrs.2008-05-007.
- [17] NEGA W, HUNIE Y, TENAW M, *et al.* Demand-Driven suitable sites for public toilets; A case study for GIS-Based site selection in Debre Markos Town, Ethiopia [J]. *GeoJournal*, 2021, 86(2): 1-14. DOI:10.1007/s10708-020-10360-8.
- [18] 吴保宽. 应用 ANN 与 CA 构建 GIS 模型的城市非正规商业行为分析[J]. *华侨大学学报(自然科学版)*, 2017, 38(4): 497-502. DOI:10.11830/ISSN.1000-5013.201704010.
- [19] PARVIN F, HASHMI S, ALI S A. Appraisal of infrastructural amenities to analyze spatial backwardness of Murshidabad district using WSM and GIS-based kernel estimation[J]. *GeoJournal*, 2021, 86(1): 19-41. DOI:10.1007/s10708-019-10057-7.
- [20] 马潇雅, 刘远刚, 赵翔. 城市公共服务设施优化配置模型研究的近期进展与展望[J]. *测绘通报*, 2020(2): 9-16. DOI:10.13474/j.cnki.11-2246.2020.0037.
- [21] 唐山市人民政府. 唐山市城市综合防灾减灾详细规划(2016—2020年)[EB/OL]. [2017-07-21](2021-10-01). <http://www.tangshan.gov.cn/zhuzhan/zxdc/20170721/409536.html>.
- [22] 中国城市规划设计研究院. 城市居住区规划设计标准: GB 50180—2018[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [23] 周志华, 曹存根. 神经网络及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [24] 中国建筑科学研究院. 建筑抗震设计规范: GB 50011—2010[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 方德平)