

基于GIS的机场选址研究

——以佳木斯机场为例

褚越, 董多, 汪楠

哈尔滨师范大学, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2022年4月12日; 录用日期: 2022年5月12日; 发布日期: 2022年5月20日

摘要

目前, GIS的发展十分迅猛, 在很多领域都取得了一定的成绩, 技术累积成熟, 这为应用GIS进行机场选址也提供了一定的支持。本文以佳木斯机场选址为例, 选取佳木斯市周边区域为研究范围, 针对机场在选址过程中所涉及的数据种类繁多、来源广、数据庞大及确定选址方案中所需要考虑的因素居多这一问题, 借助GIS空间分析功能中的缓冲区分析、叠加分析、网络分析等技术从对选址有影响的区域的地理因素、净空因素、环境保护、经济因素和其他因素进行综合分析及选址区域进行适宜区评价以合理确定机场选址, 满足战略和运输的要求。

关键词

机场选址, GIS, 影响因素, 空间分析

The Research of Airport Site Selection Based on GIS

—Taking Jiamusi Airport for Example

Yue Chu, Duo Dong, Nan Wang

Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Apr. 12th, 2022; accepted: May 12th, 2022; published: May 20th, 2022

Abstract

At present, the development of GIS is very rapid, and some achievements have been made in many fields. The technology has accumulated and matured, which also provides certain support for the application of GIS for airport location selection. This article takes the location selection of Jiamusi

Airport as an example, and selects the surrounding area of Jiamusi City as the research scope. In view of the various types of data involved in the airport's location selection process, wide sources, huge data, and many factors to be considered in determining the location selection plan. First, use key technologies such as buffer analysis, overlay analysis, and network analysis in the GIS spatial analysis function to comprehensively analyze and select the area from the geographical factors, clearance, environmental protection, economics and other spatial factors that affect the location. Carry out appraisal of suitable areas to reasonably determine airport location and meet strategic and transportation requirements.

Keywords

Site Selection of Airport, GIS, Influence Factor, Spatial Analysis

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

改革开放以来,中国经济快速发展的同时,不断推进国家交通运输,机场在整个国家交通运输体系中的作用也日渐凸显。机场的位置选择是机场建设中最重要的一步[1]。在研究机场位置时,涉及的数据众多,来源广泛且庞大。使用了地形图,土地使用图,遥感图像,数字高程模型图,居住区图和所选区域的市区分布数据,公共设施数据(例如供水,电力供应,石油供应,道路,通信等),净空,空域和天气数据等[2]。本研究使用地理信息系统对这些庞大的数据进行处理。地理信息系统(Geographic Information System 简称 GIS)是一个特定且非常重要的空间信息系统。它由计算机软件和硬件系统支持。用于收集,存储,管理,计算,分析,显示和描述的分布式数据[3]。当前, GIS 的发展十分迅速,在很多领域都取得了一定的成绩, Ardeshir 等[4]利用 GIS 技术构建了选址数据层次分析法模型,分析了河流桥梁的选址问题。Sharifi 等[5]通过 GIS 研究有害垃圾填埋场的选址问题,杨锐等[6]探讨了 GIS 人机对话功能在机场选址中的应用,技术累积成熟,这为应用 GIS 进行机场选址也提供了一定的支持。GIS 提供的空间分析包括缓冲区分析、叠加分析、网络分析等分析功能。在机场位置的建设规划中, GIS 综合地理位置、净空、环保、经济等对选址有影响的因素进行综合分析,对选址区域进行适宜区评价,建立评价模型,在区域内找到机场修建机场的最优待选点。

2. 研究区域概况

佳木斯市位于黑龙江省东北部,位于中国东北部的松花江,黑龙江和乌苏里江交汇的三江平原腹地,国境线总长 382 千米。地理坐标北纬 45°56'至 48°28',东经 129°29'至 135°5'。佳木斯市共辖 10 个县级行政区,包括 4 个市辖区、3 个县级市、3 个县,分别是向阳区、前进区、东风区、郊区、富锦市、同江市、抚远市、桦南县、桦川县、汤原县。是中国陆地最东端的地级行政区;由南而北,蜿蜒起伏,直至松花江江边,地形呈南高北低之势。素有“东极新天府,快乐佳木斯”之称。本文选用黑龙江省佳木斯市地图,以南北距佳木斯市区 55 千米,东西距佳木斯市区 60 范围内的区域作为研究区域,如图 1 所示,研究区域北至东方红乡,南至金沙乡,东西各至东河乡、浩良河镇。主要使用研究区居民点数据、道路数据、土地利用数据、DEM 数据、水域数据等专题信息来研究机场选址及评价。

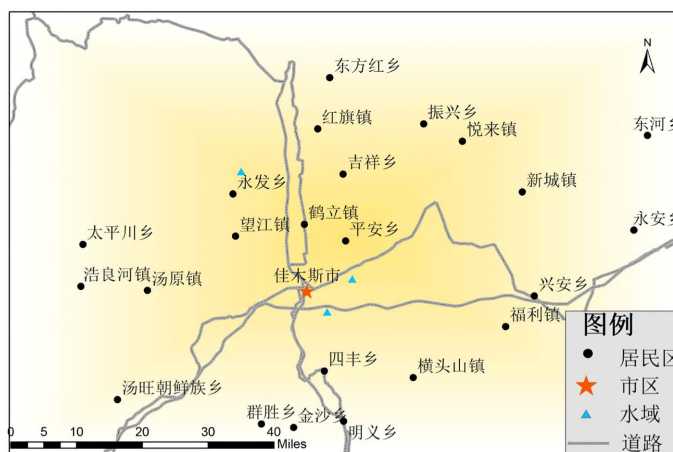


Figure 1. Distribution map of residential areas and roads in the study area
图 1. 研究区域居民点及道路分布图

3. 机场选址研究方法及要求

3.1. 机场选址的研究方法

本研究选择了 ArcGIS 地理信息系统平台，主要使用 ArcGIS 10.1 中的 ArcMap 处理收集数据。

1) 机场位置的目标用作机场位置的问题分析区域。从该地区的地理位置，环境保护要求，经济因素和净空条件的角度分析和阐明了影响机场所在地的因素。

2) 以 ArcGIS 为平台，建立了机场选址的基本空间数据库。GIS 的空间分析方法(例如缓冲区分析，叠加分析和网络分析)用于建立空间因素分析模型，全面分析影响位置选择的因素，并对选定区域进行适当的区域评估，以确定机场的候选地点。

3) 根据影响机场选址的主要因素及机场建设的要求，结合上述方法所得出的结论进行综合性分析及评定，从而得出建设机场最佳的场址。

3.2. 机场选址的基本要求

1) 确保整个飞行过程中飞行安全，飞行程序合理可行，并且不会与相邻机场的区域和航线发生冲突和干扰。

2) 机场的建设要求场地开阔平坦，必须有足够的飞行区域大小和空间以容纳所有商务设施，以及机场的近期建设和长期扩展与发展需求，以及足够的飞行区域和以供机场建设各项设施与使用留有足够的场地。

3) 机场净空及气候条件良好，避开烟尘、大雾、风切变、雷暴等影响区，跑道方向应尽量沿主风方向，并应避免在较强的侧风下起飞。

4) 场地应具备良好的地质条件，简单的地形和地貌，满足抗震，防洪等建设要求，并具备机场设施和配套公共设施建设的条件；符合文物保护，矿产资源，水土保持和环境保护的要求[7]。不应有地磁异常、地下矿山、文物和军事禁区等，并且与重要的工厂、矿山、电站、水库、高压线等之间必须保持一定的安全距离。

5) 厂址距离市区应适中且尽可能的靠近服务需求点，交通要便利，飞机的起飞、降落方向尽量不要从居民区上空飞过，避开噪音敏感区域。

6) 满足城市建设要求，尽可能少占用耕地，减少或不迁移村庄，节约农业和建设用地，并充分利用

周围的道路和河流来满足控制要求。

7) 能充分地利用供水、供电、供油、通信、煤气、排水等公用设施和其他资源。

4. 影响机场选址的因素分析

对于机场的建设而言,不仅需要广袤的土地,也需要广阔的天空[8]。既要充分考虑机场对其周边区域及城市的服务水平、地面的交通条件,也要考虑机场体系的合理性等。因此机场选址任务既要场址的地理位置因素,也要考虑净空因素的影响,同时要考虑环保因素和经济因素的影响。

4.1. 地理位置因素

我们知道机场能否满足建设要求以及后期运行要求不仅要看天(空域)更要看地(周边地形地貌) [9]。机场与城市二者有着密切的联系,若他们不能水乳交融,机场就难以为城市带来经济效益,发挥出其有效作用。对于机场的位置要求,一般机场距离大城市边缘 20~30 公里较为理想,距离小城市以不超过 15~20 公里为宜。此外从市区到机场的车程最好不要超过 30 分钟。若机场建在距离城市得过近的地方,不可避免的会与城市发展产生一定的矛盾,给城市的建设和环境保护带来不利影响;距离城镇太远,则又会对机场在未来的规划及发展中产生一定的影响,同时也会对机场的扩建有所制约。因此,适宜的机场场址,不仅能够降低居民出行成本,有效地提高出行效率,而且还有利于提升机场的服务质量,扩大机场的服务范围,为机场的建设打下坚实的基础。

4.2. 净空因素

机场净空也称机场净空区,为了保证飞机起飞和着陆的安全,沿着机场周围要有一个不影响飞行安全的障碍物的区域,这个区域叫做机场净空区[10]。机场净空条件是机场在规划设计过程中所要考虑的一个十分重要的因素,它直接关系到飞机能否安全飞行问题,同时也是机场使用管理过程中的一项重要内容。通常破坏机场净空条件是由机场附近超高建筑物或障碍物所引起的。因此,在机场选址时一定要慎重考虑及妥善解决净空问题,尽量避开高层建筑。为确保飞机能够沿着正常的直线穿云下降航线飞行,在距跑道两端 8 千米外的高层设施建筑高度不得超过 150 米[11]。此外,应禁止居民在机场净空区以内(机场障碍物限制面以外、距跑道中心线两侧各 10 公里,跑道端外 20 公里的区域),从事修建靶场、爆炸物仓库等影响飞行安全的设施建筑物;饲养、放飞影响飞行安全的鸟类;升放热气球,大型风筝等升空物体;燃放烟花炮竹或燃烧有大量浓烟的垃圾等,做出干扰机场电磁环境的活动等。所以做好机场净空防范措施是机场建设必不可少的先行项目,只有这样才能确保飞机的飞行安全。

4.3. 环保因素

机场在建设及运营中难免会对周边环境及附近居民造成一定程度的影响,比如空气质量和社区噪音,进而也会对机场选址有产生一定的影响。

影响机场建设的环境因素主要包括土地分类和土地利用,特别是指环境敏感区(如自然保护区),空气质量、地表水与地下水,生物多样性、噪声、振动等。其中飞机噪声污染是机场环境污染中的一个重要的影响因素。因此,在进行机场选址时应尽量远离稠密的居民区并与之保持相对合适的距离,尤其是机场跑道两端飞机起飞、着陆、飞行高度相对较低的地方,尽可能的不从居民区或其附近穿过,以免机场的建设运营影响了当地居民的日常生活。除此之外,也要尽量避开自然保护区、风景名胜、重要的水资源保护区、湿地和森林等,以免由于机场建设而对自然资源造成破坏,得不偿失。只有确保该项目建设与当地的环境保护规划相协调,才能正确合理地分析机场建设项目对周围环境可能造成的不同程度影响。

4.4. 经济因素

经济因素对机场的位置选择极为重要[12]。为满足其出行要求,机场建设技术在不断的创新。从理论上来说,影响机场选址的经济因素,一般指土地价格对选址的影响。对新机场选址而言,在备选方案中,机场选址首先要面对的是经济因素中土地的征地费用与拆迁费用区别较大的两大方面。在经济上为了能够减少工程造价,应尽量少占用良田耕地,减少屋舍拆迁,避开不良的选址地段,尽可能的靠近沙石原料产地,以减少机场建设所需材料的营运费。新机场的营建将带动机场周边房产、购物、旅游休闲等产业的快速发展,与此同时,还可创造就业机会,为机场周边区域提供航空运输系统的门户,促进机场所在的区域,成为潜在的经济增长中心。

因此合理的机场选址,不仅能够提升机场自身的管理运营,提高其生产效益,而且还有利于发挥机场对相关产业链的聚集效应,为其周边带来保税区、物流区、与航空产业相关的制造业等,并且通过汇集经济社会中的各种信息和资源,为机场及其周边区域的经济发展带来诸多便利,同时对其区域产生强大的催化效应和辐射作用。

4.5. 其他因素

机场选址的影响因素还有很多,比如选址场地要平坦开阔,机场周围不能有过多的高层建筑和妨碍飞行的设施建筑物;通往城市的交通是否便捷,周边的水源、电源是否能为机场提供便利也很重要;大风会对飞机起降产生影响,因此不可选用处于“风口”的地方建设机场;为了保证飞机正常通讯,机场附近尽量要远离广播电台、电视台、变电站、发电厂等设施建筑并与之保持一定的安全距离,以免被强电磁场干扰;机场是人员流动密集的区域,为了保证安全,也不能离大型工厂、矿山太近等等。在这里就不一一分析研究。

5. 机场选址的结果与分析

空间分析是地理信息系统的核心功能之一。它是对地理空间现象的定量研究,即一种从空间数据中获取有关地理对象的空间位置、分布、形态、形成和演变的信息的分析技术。提取、表现和传输地理信息的功能是与一般地理信息系统不同的地理信息系统的主要功能特征[13]。当面对影响空间位置的大量数据时,可以有效地综合各种地理空间数据,包括空间数据和属性数据,同时可以快速直观地处理和分析这些数据,因而减少工作人员的工作量以提高工作效率,简化选址分析中的复杂程度,提高一定精度[14]。

首先对居民区分布图、主要道路图、市区及水域分布图等各类要素根据不同的要求建立缓冲区,并将缓冲区根据机场的建设要求进行叠加分析,以得到符合选址的待选区域。然后对 DEM 数据进行坡度分析,生成坡度图。使用网络分析中的最佳路径分析来计算距市中心与公共基础设施(例如电源,供水,燃气,通讯,排水和其他公共设施)的距离,以得出便于机场发展运营与人们出行的最短路径。利用重分类功能将坡度图、土地利用图、公共基础设施及居民点分布图转化为相应的适宜分级图,起统一量纲的作用,并根据相应的权重(使用层次分析法计算权重)计算重新分类的适用性分析图,以获得机场场所的适宜性分析图,并通过适宜性的综合评定,选出建设机场的最佳场址。

5.1. 缓冲分析

缓冲区分析基于所选地图要素(点,线或面)的组或类型以及根据设置的距离条件在要素周围形成的某个缓冲区多边形实体,然后将数据扩展为二维空间信息分析方法。在 ArcGIS 中创建缓冲区的方法基于点,线和面要素生成多边形。它根据给定的缓冲区距离在点,线和面要素周围形成缓冲区多边形层。

为满足机场选址要求,具体缓冲区建立如下:

- 1) 居民区以乡镇为单位，选取距离其中心 5 km 的区域构建缓冲区。5 km 这个范围是居民区受机场噪声影响范围的最小直径，这个范围以外的区域可以作为选址区域。
- 2) 对主要交通道路建立 600 m 的缓冲区，在不妨碍交通运输的同时满足机场运营及居民出行便利。
- 3) 公共基础设施能够为机场提供诸如供电、供气、通信、排水等需求为机场的建设运营提供便利，我们选取距离为 7 km 的缓冲区。
- 4) 对市区建立多圆环缓冲区，根据机场选址因素要求选取圆环数为 3，间距为 10 km 的缓冲分析。
- 5) 选取距离水域中心 8 km 的区域建立缓冲区，以满足机场供水需求，同时达到保护水源避免污染的要求。

根据以上要求进行机场噪声的影响范围，主要道路影响覆盖范围，市区影响覆盖范围，公共基础设施的覆盖范围以及水源影响范围的缓冲分析。具体如图 2 所示。

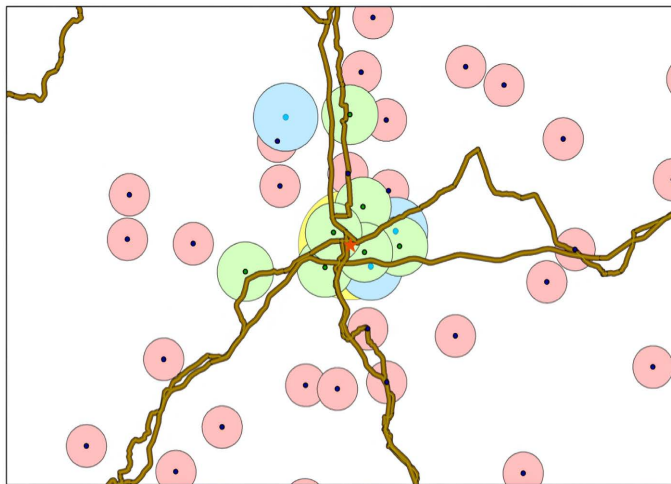


Figure 2. Buffer analysis result graph
图 2. 缓冲分析结果图

5.2. 叠加分析

叠加分析是叠加由相关主题层组成的数据层以生成新数据层的操作。叠加结果将合并原始两个或多个图层要素的属性。原则上，叠加分析是根据一定的数学模型来计算和分析新元素的属性。根据操作形式的不同，叠加分析可以分为图层擦除、识别叠加、交集操作、图层合并及修正更新。

根据缓冲分析所建成的缓冲区按照选址要求进行叠加分析，首先对公共基础设施影响范围、市区影响范围以及水域影响范围的三个缓冲区图层进行叠加分析取交集操作，可同时满足三个条件的区域提取出来，为避免飞机噪声对居民区严重的造成影响，我们应该取缓冲区以外的安静区作为选址区，即用交集区分别对居民区缓冲区及主要道路缓冲区进行擦除，从而得出满足选址要求的叠加区域。所得到的叠加结果，具体如图 3 所示。

5.3. 坡度分析

在机场工程的建设和安全运行的需求下，机场场址应优先考虑水文地质条件，地质状况清楚、稳定、地形、地貌较简单以及地势较高且相对平坦的地方。

选取 ArcGIS 软件中 Spatial Analyst (空间分析) 功能模块下的 Slope 工具，对研究区的数字地面高程数据进行坡度计算，由 Slope 函数提将坡度提取出来，进而对坡度进行重分类操作，将坡度由小到大分为

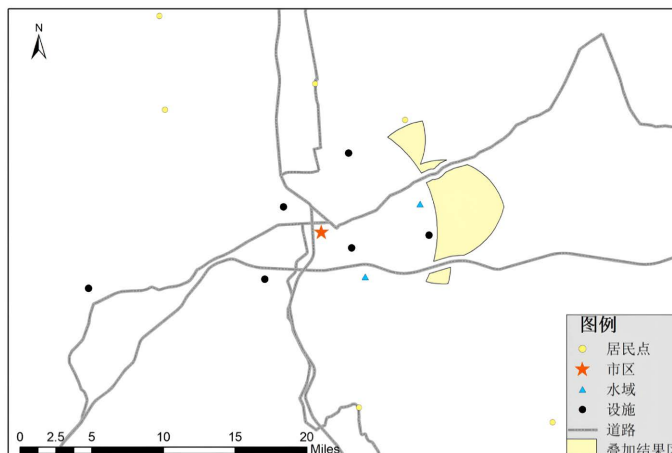


Figure 3. Overlay analysis final result graph

图 3. 叠加分析最终结果图

十个不同的等级，对该数据层的属性数据进行统计和分析，得到坡度分析结果。并结合该地区的高清影像，就可以看出来哪些地势符合机场建设标准，哪些地势不适合作为机场场址。为机场选址选择初步的判断。

5.4. 网络分析

网络分析是指在网络拓补关系(结点与弧段拓补、弧段的连通性)的支持下，通过检查网络元素的空间和属性数据，基于数学理论模型，对网络的特性和性能进行多方面的研究和探索。网络分析包括路径分析、资源分配和地址匹配等，网络分析中的最佳路径分析广泛的应用于各类选址问题。

利用网络分析中的路径分析，根据选址要求，对交通道路网进行最短路径分析，以获得指定到达目的地的最佳路径，并给出路径的长度；找出距机场最近路径同时同过某条设施。以达到便于居民出行及机场经济运输，同时也为机场建设节约运输成本。

5.5. 适宜性评价

佳木斯市地处三江平原，地形多以平原为主，场地开阔，相对于丘陵、山地、高原等地区而言地势

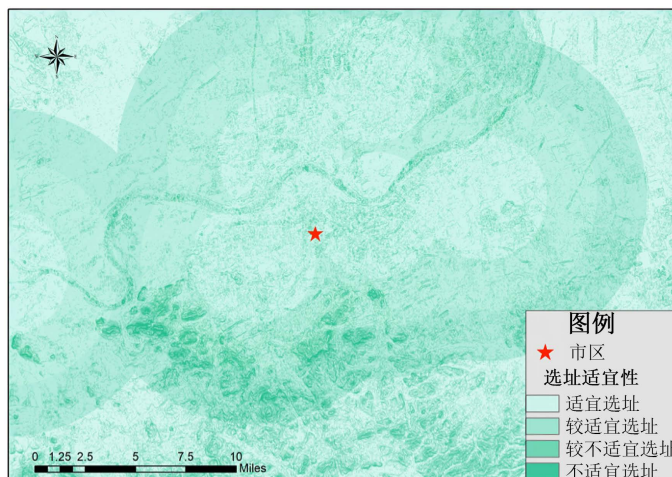


Figure 4. Airport site suitability classification map

图 4. 机场选址适宜性分级图

较为平坦且地貌相对简单，这就意味着地势上具“地利”优势。此外，由于佳木斯市处于中国北端，以其独特的区域位置，交通运输发达等优势为机场的建设提供了天然的优势和诸多便利。通过以上空间分析得出机场的适宜性分级图，并将机场适宜性分为四个等级，等级颜色由浅到深，颜色越浅越适宜选址。如图 4 所示。

结合叠加分析得到的选址区域，可得出的最佳的机场场址。如图 5 所示：

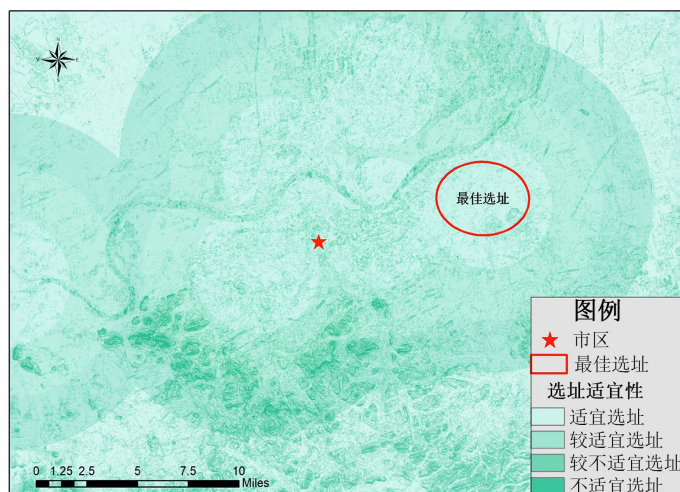


Figure 5. The best location map of the airport

图 5. 机场最佳选址图

由以上结论推出机场的最佳选址区域位于佳木斯市郊区以东。距佳木斯市约 10 公里，符合机场建设要求，若此机场再次建成，距佳木斯机场近一个半小时之内车程，有佳木斯、鹤岗、双鸭山三市，辐射人口近 600 万，由此可见其将成为典型的多市共用机场。

6. 结论

在选址方面 GIS 发挥了它独特的优势。对于机场选址方面，本文主要使用了 GIS 空间分析功能模块中的缓冲区分析、叠加分析、网络分析与数据库技术等对数据进行加工处理。通过分析影响机场选址的地理位置、净空、环保、经济等要素，借助 GIS 空间分析功能，将这些因素整合起来，化作计算机可视化模型。可直观的解决机场选址问题。此外，由于目前国内通过 GIS 技术的利用来研究机场的选址案例还较少，因此，如何根据实际情况及影响因素选出机场建设的场址、如何构建具有针对性的空间选址模型、如何在现有技术条件下最大限度地发挥 GIS 在机场选址中的实际作用，仍然是我国今后值得深入研究探索的问题。

参考文献

- [1] 袁丽超. 基于 GIS 技术的路径分析研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北科技大学, 2015.
- [2] 蔡良才. 机场规划设计[M]. 北京: 解放军出版社, 2002.
- [3] 孟丽娜, 闫兆进. 基于 GIS 的机场噪声预测管理系统[J]. 测绘与空间地理信息, 2016(9): 27-29.
- [4] Ardeshir, A., Mohseni, N., Behzadian, K., et al. (2014) Selection of a Bridge Construction Site Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process in Geographic Information System. *Arabian Journal for Science and Engineering*, **39**, 4405-4420. <https://doi.org/10.1007/s13369-014-1070-2>
- [5] Sharifi, M., Hadidi, M., Vessali, E., et al. (2009) Integrating Multi-Criteria Decision Analysis for a GIS-Based Hazardous Waste Landfill Sitting in Kurdistan Province, Western Iran. *Waste Management*, **29**, 2740-2758.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.04.010>

- [6] 杨锐, 蔡良才, 种小雷. 应用 GIS 进行机场选址的探讨[J]. 智能建筑与城市信息, 2003(6): 67-68.
- [7] 任卫东. 通用机场选址的作用和要求[J]. 民航管理, 2019(11): 72-73.
- [8] 纪源. 基于 GIS 的机场场址优化研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 中国民航大学, 2018.
- [9] 温新寿. 影响直升机场的净空因素有哪些? [J]. 空运商务, 2018, 398(7): 59-60.
- [10] 丁德亮, 郑汝海, 邵斌. 关于机场选址的思考[J]. 山西建筑, 2007(22): 33-34.
- [11] 蔡良才, 种小雷, 郑汝海, 等. 机场净空区障碍物限制面的确定分析[J]. 空军工程大学学报, 2005(6): 1-3.
- [12] 李艳莉. 飞机飞行程序对于通用机场选址要求及影响探析[J]. 交通世界(建养机械), 2019(1): 260-261.
- [13] 黄良平, 张卫国, 胡纪元. 基于 ArcGIS 学校选址问题的研究[J]. 城市勘测, 2014(9): 257-258.
- [14] 祁向前. GIS 空间分析功能在超市选址中的应用[J]. 测绘科学, 2008, 33(6): 223-225.