

基于 GIS 的锡林郭勒盟草原火灾救援物资库优化布局*

武巧彦, 佟志军, 张继权, 刘兴朋

(东北师范大学 城市与环境科学学院 东北师范大学自然灾害研究所, 吉林 长春 130024)

摘要: 以内蒙古锡林郭勒盟地理基础数据和社会经济数据为基础, 利用 GIS 技术, 采用自然灾害风险评价指数法、距离制图等方法建立了草原火灾救援物资库的优化布局模型, 绘制了锡林郭勒盟草原火灾救援物资库优化布局图。在此基础上对原有救援物资库进行服务区分配, 有针对性地提出了草原火灾救援物资库的最佳数量。研究表明: 锡盟应新增加 10 个物资库, 边界处设置 6 个物资库, 总共设置 26 个救援物资库。

关键词: GIS; 草原火灾; 救援物资库; 优化布局; 锡林郭勒盟; 内蒙古

中图分类号: X928.7; X45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2010)03-0086-04

中国幅员辽阔, 自然灾害频繁, 自然灾害造成的直接经济损失与年俱增。如何有准备地面对自然灾害和保障人民生命财产安全, 以最快的速度恢复生命线与生产线的正常秩序, 是摆在自然灾害管理工作者面前的一项重大课题^[1]。在这样一个大的减灾目标下, 向救助型救灾转换已经成为减轻自然灾害损失的重要举措。现在火灾科学研究者都已将森林火灾作为研究的主要对象之一, 如 1987 年加拿大建立起森林火险等级系统和地理信息与模拟系统, 用来实时模拟火场状况以帮助林火管理人员制定最佳灭火方案^[2]。在国内, 周清艳等基于 GIS 的森林防火信息系统的研究与实现, 开发了一套集林火实时监控、林火预测预报、自动报警、指挥扑救辅助决策、森林蔓延仿真模拟等相关信息管理于一体的应用系统^[3]; 黄志强等的森林防火辅助指挥系统的设计与实现, 在森林防火基础数据库基础上, 设计并实现了火场周边信息的自动提取、空间定位查询和空间分析、林火蔓延预测、火险等级预测和辅助指挥决策计算等多个功能模块, 为指挥部门提供了及时、多源和科学的依据, 经过实际运行, 取得了良好的效果^[4]; 王金海的基于 GIS 的森林火灾扑救指挥辅助决策系统中, 利用 GIS 的强大功能, 有效促使

森林火灾扑救工作从传统经验型的定性管理转化为规范化的定量管理, 为森林火灾扑救指挥工作提供了信息化决策^[5]。综上所述可知, 目前大部分是关于森林火灾的应急决策研究, 未对救援物资库布局进行系统研究。

本研究基于 GIS 技术对草原火灾救援物资库进行优化布局, 对于正确认识锡林郭勒盟草原救援物资库分布的现状水平及为政府决策部门提供科学的减灾、救灾依据都具有指导性意义, 为实现草原地区的可持续发展提供了有效的保障。

1 研究区概况

锡林郭勒盟位于内蒙古自治区中部偏东, 111°03'~120°00'E, 41°35'~46°46'N, 是东北、华北、西北交汇地带。面积 20.3 km², 人口 96.5 万人。辖 9 个旗、1 个县、2 个市(图 1)。

锡林郭勒盟属中温带干旱半干旱大陆性季风气候, 全年盛行偏西风, 风大、少雨、气候寒冷多变。春季多风易干旱, 秋季凉爽干燥, 丰富的可燃物在地面上连续分布, 配合干燥大风的天气条件, 致使草原火灾多发。这里草地资源丰富, 畜牧业发达, 为国家提供大量的乳、肉、皮毛产品。

* 收稿日期: 2010-01-11

基金项目: 国家自然科学基金(40871236); 十一五国家科技支撑重大项目(2008BAJ08B14); 十一五国家科技支撑计划课题(2007BAC29B04); 十一五国家科技支撑计划重点项目(2006BAD16B04-2-2); 公益性行业(农业)科研专项(200903041); 东北师范大学自然科学青年基金(20090603)

作者简介: 武巧彦(1987-), 女, 陕西榆林人, 硕士研究生, 主要研究方向为自然灾害风险评价与应急管理。

E-mail: wuqy947@nenu.edu.cn

通讯作者: 张继权(1965-), 男, 吉林九台人, 教授, 博士生导师, 主要从事自然灾害与生态环境风险评价和管理研究。

E-mail: zhangjq022@nenu.edu.cn

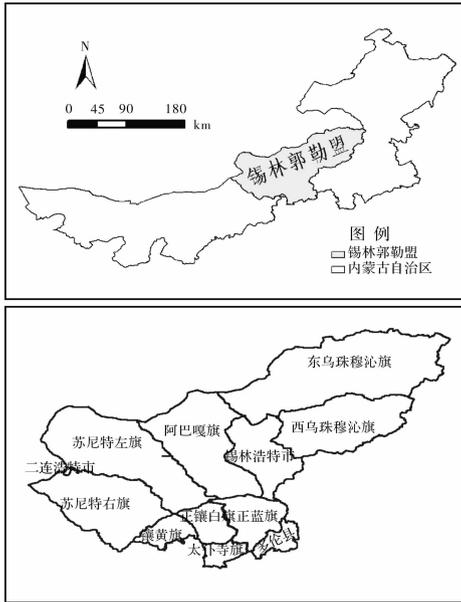


图1 研究区地理位置

2 研究方法与技术路线

2.1 研究方法

2.1.1 自然灾害风险评价指数法

灾害风险是指灾害发生和损失的不确定性。自然灾害风险指未来若干年内能达到的灾害程度及其发生的可能性。一般而言, 自然灾害风险是危险性、暴露性、脆弱性和防灾减灾能力相互综合作用的结果。其结果将通过 ARCGIS 的制图功能实现。因此在区域自然灾害风险形成过程中, 危险性(H)如火灾发生的频次, 暴露性(E), 脆弱性(V)和防灾减灾能力(R)是缺一不可的, 可得出其公式^[6-8]:

$$\text{自然灾害风险度} = \text{危险性}(H) \times \text{暴露性}(E) \times \text{脆弱性}(V) \times \text{防灾减灾能力}(R) \quad (1)$$

2.1.2 距离制图法

距离制图法是 ARCGIS 强大的空间分析功能之一, 可以对栅格数据进行距离制图、密度制图和表面生成与分析等。通过距离制图法可以获得很多相关信息, 以进行资源的合理规划和利用。采用直线制图法中的直线距离、区域分配、重分类的方法建立草原火灾救援物资库的优化布局模型。其中数据重分类用新的值取代输入的单元值并输出, 使数据标准化^[9]。

2.1.3 加权综合评分法

加权综合评分法是考虑到每个评价指标对于评价总目标的影响的重要程度不同, 预先分配一个相应的权重系数, 然后再与相应的被评价对象的各指标的量化值相乘后, 再相加。ARCGIS 空间分析中, 实现

对栅格数据进行加权综合评分计算, 简洁而且方便。

2.1.4 层次分析法

层次分析法(AHP法)是一种定性与定量分析相结合的多因素决策分析方法。层次分析法确定指标权重系数的基本思路是: 先把评价指标体系进行定性分析, 根据指标的相互关系, 分成若干级别, 如: 目标层、准则层、指标层等。先计算各层指标单排序的权重, 然后再计算各层指标相对总目标的组合权重。

2.2 技术路线

选址过程中, 栅格数据具有矢量数据无法比拟的优势, 简单实用。利用 GIS 栅格数据空间分析功能对内蒙古锡林郭勒盟草原火灾救援物资库进行优化布局, 其技术路线如图2所示。

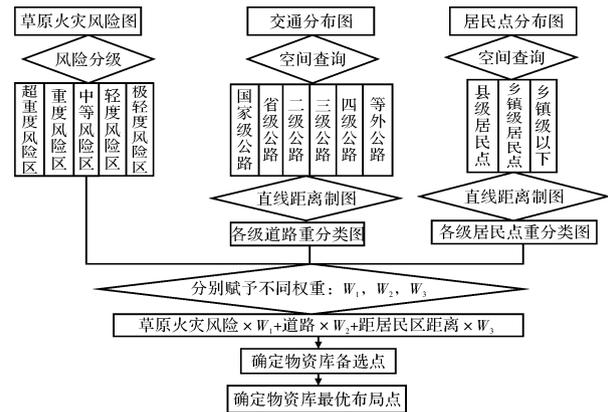


图2 锡林郭勒盟草原火灾救援物资库优化布局流程图

3 草原火灾救援物资库影响因子分析

草原火灾救援物资库布局的影响因子分析是进行适宜性评价的基础。在适宜性评价过程中, 指标的选取和标准化、权重的确定以及如何将 GIS 与决策过程相结合始终是评价方法的关键^[10]。影响救援物资库布局的因子较多, 根据指标选择的科学性、典型性和代表性原则, 本文选取的主要评价指标有草原火灾风险、交通运输和人口分布。

3.1 草原火灾风险

草原火灾的发生发展涉及自然和社会各方面因素, 因此具有极大的随机性和风险性^[11]。草原火灾风险是一个综合的指标, 受多种因素影响, 如地貌、气候、人文特征等。由于这些影响因子存在地域差异, 导致各地草原火灾风险不同。理论上风险高的地方救援物资库分布较多。借鉴佟志军关于锡林郭勒盟草原火灾风险研究的成果^[12], 锡林郭勒盟草原风险图如图3所示。

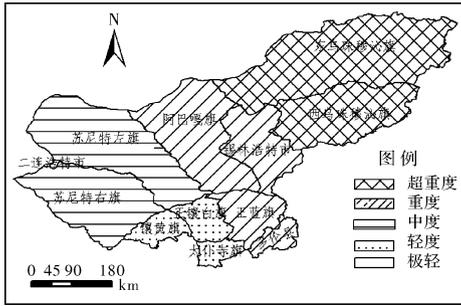


图3 锡林郭勒盟草原火灾风险区划图

3.2 交通运输

交通运输是影响救援物资库空间布局的主要因素之一。对外交通运输的发达程度对应急救援是否能及时进行有直接影响,标志着此救援物资库有效辐射的范围。交通发达,可保证物资的有效流通,以便及时地赶到灭火现场。现代化交通工具的应用,往往可以改变人们的距离观念,使救援物资库有更大的服务范围,甚至影响救援物资库在空间上的分布。对于交通因素,一般主要考虑主干交通路线,因此,进行草原火灾救援物资库选址时只考虑国道、省道、一级、二级、三级、四级和等外公路,其它等级公路忽略不计。

3.3 人口分布

由于县级、乡镇级和乡级以下的居民地人口分布密度存在显著差异,因此对于不同级别的人口聚居地分别进行分析。人口稀少的乡级以下的居民点布局救援物资库的效益较小,火灾发生不易调集资源,延误扑火的时机,容易造成人员伤亡或者财产的损失。

由于本研究区水系网很少,地形起伏较小,因此在草原火灾救援物资库选址过程中受坡度、起伏度和水系的影响较小。

4 草原火灾救援物资库优化布局的实现

4.1 草原火灾救援物资库适宜布局区确定

根据锡林郭勒盟草原火灾风险性图,不同等级的风险区赋予不同权重。将不同级别的道路、居民点分别进行直线距离制图和重分类,并赋予一定的权重值,其中权重值是根据专家打分所确定(表1)。利用 ARCGIS 中的栅格计算器对所有的重分类数据按照给定的权重进行合并,实现各因子加权运算,其计算公式为:

$$S = \sum_{i=1}^n A_i \times W_i, \quad (2)$$

式中: S 是合并后的栅格数据集; A_i 是重分类数据集;

W_i 是权重 i 为选址因素的编号。结果图层分为低适宜、微适宜、中等适宜、较适宜、高适宜区5个级别(图4)。

表1 草原火灾救援物资库优化布局影响因子权重

目标层	准则层	子准则层	权重
草原火灾风险	0.4	超重度风险	0.35
		重度风险	0.25
		中度风险	0.20
		轻度风险	0.15
		极轻度风险	0.05
救援物资库选址	交通因素	国家级公路	0.25
		省级公路	0.25
		二级公路	0.20
		三级公路	0.15
		四级公路 等外公路	0.10 0.05
距居民区距离	0.3	县级居民点	0.50
		乡镇级居民点	0.35
		乡级以下居民点	0.15

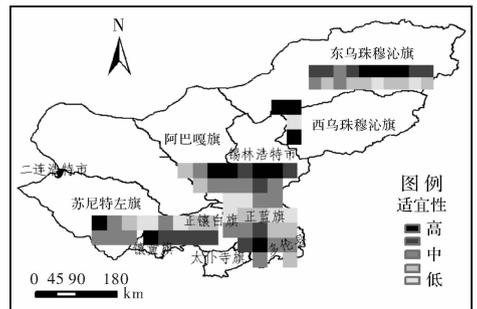


图4 草原火灾救援物资库选址适宜区

4.2 草原火灾救援物资库优化布局的实现与辐射范围的确定

根据调查,现今内蒙古锡林郭勒盟草原火灾救援物资库共有16个,在适宜选址的区域内经过综合分析确定了锡林郭勒盟草原火灾救援物资库的最佳布局,利用 ARCGIS 中分配函数法确定物资库的服务区域(图5)。通过分析服务区的范围发现原有的救援物资库不能辐射所有区域,布局不合理,责任面积过大,不能满足将救援物资迅速运达火灾现场进行扑灭火灾、减少损失的需要。为了减少草原火灾发生的风险性以及火灾发生后能够及时的提供救援物资,救援物资库的服务区域

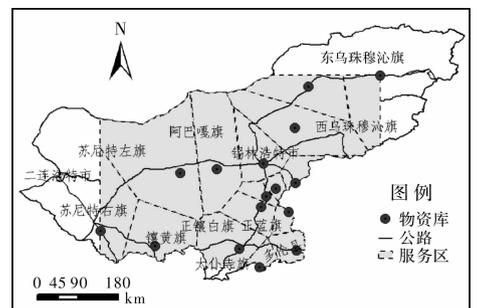


图5 草原火灾救援物资库优化布局与服务区

应覆盖整个草原。根据多次试验和分析, 需要新增 10 个救援物资库, 以使救援物资库总的服务区恰好能覆盖整个内蒙古锡林郭勒盟草原, 如果两个物资库的服务区在同一市、旗、县内有重叠, 自动进行综合, 结果如图 6 所示。

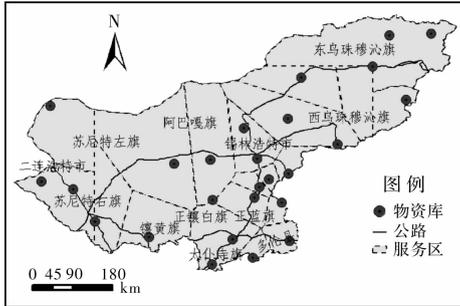


图 6 新增草原火灾救援物资库后的服务区

5 结论

(1) 利用地面气候资料、社会经济数据、地理基础数据对内蒙古锡林郭勒盟草原火灾的救援物资库的优化布局进行研究。研究表明: 内蒙古锡林郭勒盟草原的救援物资库的时空分布不合理, 救援物资库的数量不足, 应该新增加 10 个物资库, 并绘制了救援物资库的优化布局图。

(2) 利用 GIS 技术, 采用自然灾害风险评价指数法、距离制图法等方法建立草原火灾救援物资库优化布局模型, 将锡林郭勒盟草原火灾的救援物资库布局显示在二维空间平面上, 具有一定科学

性。研究表明: 在边界处应该设置 6 个物资库, 总共设置 26 个救援物资库, 在草原火灾风险性较高的东乌珠穆沁旗、西乌珠穆沁旗、锡林浩特市等地区救援物资库分布比较密集, 而在草原火灾风险性较低的二连浩特市、苏尼特左旗、镶黄旗等地方救援物资库分布比较稀疏。

(3) 根据各旗县的救援物资库分布情况, 可以采取相应的防御、救灾措施来降低和缓解该区的火灾灾情, 为政府部门防灾减灾提供参考依据。

参考文献:

- [1] 邹铭, 李保俊, 王静爱, 等. 中国救灾物资代储点优化布局研究[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(4): 136-137.
- [2] 陈天恩, 陈立平, 陈红, 等. 基于 GIS 的森林火灾现场模拟及其应用[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(1): 76-77.
- [3] 周清艳, 谢桂圆. 基于 GIS 的森林防火信息系统的研究与实现[J]. 镇江高专学报, 2006(3): 60-61.
- [4] 黄志强, 刘海军, 李红双. 森林防火辅助指挥系统的设计与实现[J]. 林业资源管理, 2006, 6: 96-97.
- [5] 王金海. 基于 GIS 的森林火灾扑救指挥辅助决策系统[J]. 森林防火, 2006(3): 35-36.
- [6] 卢全中, 彭建兵, 赵法锁. 地质灾害风险评估(价)研究综述[J]. 灾害学, 2003, 18(4): 59-63.
- [7] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2007: 72-73.
- [8] 张继权, 冈田宪夫, 多多纳裕一. 综合自然风险管理——全面整合的模式与中国的战略选择[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(1): 30-31.
- [9] 曾文, 徐世文. 地理信息系统中的常规网络分析功能及相关算法[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1998, 23(4): 355-356.
- [10] 王海鹰, 张新长, 康停军, 等. 基于 GIS 的城市建设用地适应性评价理论与应用[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(1): 14-15.
- [11] 刘兴朋, 张继权. 中国草原火灾风险动态分布特征及管理对策研究[J]. 中国草地学报, 2006, 28(6): 77-78.
- [12] 佟志军. 草原火灾应急管理 with 决策支持集成研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2009: 44-45.

GIS-based Optimization Layout of Rescuing Materials Pool of Grassland Fire Disasters in Xilingol League

Wu Qiaoyan, Tong Zhijun, Zhang Jiquan and Liu Xingpeng

(Nature Disaster Research Institute of Northeast Normal University, College of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: Taking Xilinguole League as study area, a methodology of grassland fire disaster to optimize layout of rescuing materials pool based on GIS from the view points of climatology, geography, disaster science, environmental science and so on is presented. The theory of natural disaster risk assessment and distance spatial analysis are employed to analyze and quantify the optimization layout of rescuing materials pool. The main objectives of this study are (1) to choose relative factors of the layout of rescuing materials pool of disaster risk, and to determine weight values of every factor using the analytic hierarchy process (AHP) to compare the contributes of every factor to the optimization layout of rescuing materials pool; (2) the model of rescuing materials pool of grassland fire disaster in Xilinguole League is put forward by using distance analysis, the grassland fire disaster risk index (GFDRI) and so on; (3) the most appropriate number of rescuing materials pool is properly proposed, that is 26; (4) maps for the optimal layout of rescuing materials pool of grassland fire disaster are generated.

Key words: GIS; fire disaster; rescuing materials pool; optimization layout; Xilinguole League; Inner Mogolian