

文章编号:1004-4574(2012)04-0099-09

基于证据权重法的呼伦贝尔地区人为 草原火险空间预测

张继权,沈玲玲,佟志军,刘兴朋,崔亮

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

摘 要:应用证据权重法结合 GIS 空间分析,研究了呼伦贝尔地区人为草原火险。利用证据权重法定量化地分析了与人类活动密切相关的 5 个因子(乡村人口密度、载畜密度、居民点分布、城镇分布、公路网)与草原火点空间分布的关系,并建立了呼伦贝尔草原火险预测模型,据此在 ARCVIEW 的 WofE 扩展模块下生成一幅草原火险预测专题图,并将研究区划分为高、中、低三类风险区。研究表明:(1)呼伦贝尔草原火灾火点的空间分布与人类活动关系密切,尤其是乡村人口密度、公路网与居民点分布这三个因子,权重分别为 0.5191,0.1945,0.2864;(2)证据权重法可以客观定量地表现出草原火险与人类活动的关系,因而可为草原火灾风险管理提供决策支持。

关键词:证据权重法;GIS;人类活动;呼伦贝尔;草原火险

中图分类号:S429

文献标志码:A

Spatial prediction of human-caused grassland fire risk in Hulunbeier region based on weights of evidence

ZHANG Jiquan, SHEN Lingling, TONG Zhijun, LIU Xingpeng, CUI Liang

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

Abstract: Human-caused grassland fire ignition risk in Hulunbeier was explored by the weights of evidence method and GIS spatial analysis. Five factors related to human activities were selected: rural population density, livestock density, residential area distribution, city and town distribution, and road net. The relationships between each factor and the spatial distribution of grassland fire points were analyzed quantitatively using the weights of evidence, and a prediction model of human-caused grassland fire ignition risk in Hulunbeier was established. Based on the model, a prediction map was generated with the help of the WofE extension in ARCVIEW, which divided the research area into high, medium and low risk areas. Results indicated that Hulunbeier grassland fire ignition risk is closely related to human activities, especially correlated with rural population density, road net and residential area distribution. Their weights are 0.5191, 0.1945 and 0.2860 respectively. It also proves that the weights of evidence could express the relationship between grassland fire ignition risk and human activities objectively and quantitatively, which would provide decision-making support to grassland fire risk management.

收稿日期:2011-09-08; 修回日期:2011-12-20

基金项目:国家自然科学基金项目(40871236);公益性行业(农业)科研专项经费资助(200903041);国家自然科学基金(41071326);“十一五”国家科技支撑计划项目(2007BAC29B04);973 计划前期研究专项课题(2009CB426305)

作者简介:沈玲玲(1988-),女,硕士研究生,主要从事自然灾害风险评价与应急管理研究。E-mail: shenll730@nenu.edu.cn

通讯作者:张继权,教授,博士生导师。E-mail: zhangjq022@nenu.edu.cn

Key words: weights of evidence; GIS; human activity; Hulunbeier; grassland fire ignition risk

随着草原区经济的发展,人口的增加,我国草原火灾发生越来越频繁,这给我国草原区国民经济造成了极大威胁。^[1] 草原火险是指草原火的危险性,是某一地区、某一时段内着火的危险程度,或是着火的可能性。它直接左右着草原火的发生、蔓延,决定草原火控制的难易程度以及草原火可能造成的损失,是对影响火灾孕育(孕灾环境)和发生的所有因子(致灾因子)的综合评价^[2]。据统计,在1995-2005年间,呼伦贝尔草原共发生215次草原火灾。火灾原因大致有以下几种:机车火,吸烟,生活用火,外火烧入,其中人类活动导致的火灾占81.5%(不包括约占13.3%的境外传入火)。刘兴朋等^[3]在对中国北方草原火灾风险的研究中统计了历年草原火灾发生的原因,其中上坟烧纸、烧荒和吸烟是引起草原火灾的最主要原因,而这3个原因都是由人类活动引起的^[3]。Romero- Calcerrada等^[4]指出,发生在地中海盆地的绝大多数野火都是直接或间接的由人类活动引起的。Jesús Martínez^[5]提到,根据自然保护总理事会(GBNC)的数据,在1988-1999年间发生在西班牙的96%的火灾都是由人类干涉导致的,表明了人类活动与火灾之间的密切关系。可见人类活动是影响草原火险程度的一个关键因子。而以往的研究大多集中在对草原火孕灾环境的研究上,包括气象条件、可燃物特征、地形环境等等,对致灾因子尤其是人为火源的研究却寥寥无几^[6-7]。近几年来,对草原火灾的研究才逐渐开始重视人类活动的影响,所建立的模型多以 Logistic 回归模型为主。崔亮等^[8]将人口数量作为一个变量,建立 logistic 回归模型来预测呼伦贝尔草原火险。Zhang等^[9]应用 Logistic 回归结合 GIS 空间分析建立了呼伦贝尔地区人为引起的草原火险概率预测模型。在这些研究中,作者所考虑的与草原火险相关的人类活动的指标不是很全面,忽略了一些涉及到空间分布如人口、载畜密度等指标,相对而言更侧重于对自然因素指标的选择。Jesús Martínez等^[5]用 Logistic 回归建立模型,选取了26个与森林火灾密切相关的人为因素指标,以7004个乡镇和巴利阿里群岛为基本的研究单元,计算得出各个人为因素在各个研究单元内对森林火灾的贡献率,并以可视化图幅的形式表现出来。该研究的研究区域很大,区域内自然地理条件复杂,而指标是在宏观上选取的,忽略了各个低级研究区域的差异性,因而所建立的模型具有一定的区域局限性。

本研究采用证据权重法建立草原火险预测模型。证据权重法是一种以贝叶斯统计为基础的定量分析方法。该方法对数据要求比较低,与 GIS 结合后还具有空间分析的能力,可以客观的选择权重因子,比回归系数更容易解释。本文先根据证据权重法计算得出所选取因子相对于草原火灾火点分布的先验概率,进而得到各因子的权重值,据此挑选出适合建模的因子图层,计算出各图层的后验概率,并以可视化图幅的形式生成预测图。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

呼伦贝尔草原大致位于内蒙古东北部地区,北纬 $47^{\circ}05'$ - $53^{\circ}04'$ 、东经 $115^{\circ}31'$ - $126^{\circ}14'$ 之间,总面积约 $93\ 000\ \text{km}^2$ 。地势东高西低,海拔在 $600\sim 1\ 000\ \text{m}$ 之间,属于温带大陆性气候,年降水量 $250\sim 400\ \text{mm}$,自东南向西北递减,年均温 $-3\sim 0^{\circ}\text{C}$,自东南向西北递增。无霜期 $80\sim 110\ \text{d}$,地带性植被呈草甸草原、干草原有规律分布。行政范围上主要包括:陈巴尔虎旗、鄂温克旗、新巴尔虎左旗、新巴尔虎右旗和海拉尔区、满洲里市。

1.2 数据来源

本文采用的呼伦贝尔草原火灾数据来自1995-2005年呼伦贝尔草原火灾统计月报表。所用到的乡村人口密度、牲畜密度、居民点分布、城镇分布、公路网数据为2002年呼伦贝尔各旗县统计数据。主要用到的软件有 ArcGIS9.3 和 ArcView3.2 及其下的空间分析扩展模块和 WofE 扩展模块。此扩展模块是美国和加拿大地质调查所合作开发的基于 ArcView 平台的扩展功能模块。

2 研究方法简介

证据权重法是一种结合空间数据来描述和分析其相互作用的有效工具,作为一种地统计方法,它被广泛

应用于成矿预测^[10-14]。近年来,也有学者将其运用到生态适宜性评价上^[15-16]。这种方法最先是应用在医疗诊断领域的。20 世纪 80 年代末期加拿大数学地质学家 Bonham - Carter 和 Agterberg 将其与 GIS 结合,应用于矿产资源潜力预测领域,并形成了基于 GIS 的比较完善的预测方法。近年来,证据权重法不仅在成矿预测中得到广泛应用,而且在旅游、林业、农业及畜牧业等广阔领域也日益受到重视。

假设呼伦贝尔草原区域为 T , 将其划分成 N_T 个网格, 每个网格单元的面积是 $u \text{ km}^2$, 则研究区的总面积为 $S_T = N_T \cdot u$ 。呼伦贝尔草原火点所占的网格数用 N_F 表示, 这里要保证每个网格最多只能容纳一个火点。那么先验概率就可以表示成:

$$P_F = N_F / N_T \quad (1)$$

由于火点的数目是确定的, 研究区网格的数目也是确定的, 因而先验概率是一个常数。将其转化成先验有利度 O 先验 $O_{\text{先验}F}$:

$$O_{\text{先验}F} = \frac{P_F}{1 - P_F} \quad (2)$$

本文选择了 5 个影响呼伦贝尔草原火险的人为因素, 这 5 个因素都是在 ArcGIS 中以图层的形式表示的。用 E 表示 5 个图层中的任意一个, $N_E = S_w / u$ 表示 E 出现的网格单元数。类似的, $N_{\bar{E}} = S_{\bar{E}} / u$ 表示 E 没有出现的网格单元数。则在有火点 F 出现和没有火点 (\bar{F}) 出现的情况下, E 存在与 E 不存在 (\bar{E}) 的条件概率可以用面积比例来计算:

$$\begin{aligned} P(E/F) &= \frac{N(E \cap F)}{N_F}, & P(E/\bar{F}) &= \frac{N(E \cap \bar{F})}{N_{\bar{F}}}, \\ P(\bar{E}/F) &= \frac{N(\bar{E} \cap F)}{N_F}, & P(\bar{E}/\bar{F}) &= \frac{N(\bar{E} \cap \bar{F})}{N_{\bar{F}}}. \end{aligned} \quad (3)$$

那么 E 的证据权定义为:

$$W^+ = \ln \frac{P(E|F)}{P(E|\bar{F})}, \quad W^- = \ln \frac{P(\bar{E}|F)}{P(\bar{E}|\bar{F})} \quad (4)$$

若研究区域内存在 E 则采用 W^+ , 若研究区域内不存在 E 则采用 W^- 。计算时, W^+ 若为正值, 即 $\frac{P(E|F)}{P(E|\bar{F})} > 1$, 表示在 F 存在的条件下, E 存在的条件概率要大于在 F 不存在的条件下 E 存在的概率, W^+ 越大则说明 F 存在的情况下, E 存在的概率比 F 不存在的情况下大; W^+ 若为负值, 所表示的意义则恰好相反; W^- 若为正值, 即 $\frac{P(\bar{E}|F)}{P(\bar{E}|\bar{F})} > 1$, 表示在 F 存在的条件下, E 不存在的条件概率要大于 F 不存在的条件下 E 也不存在的概率; W^- 若为负值所表示的意义则恰好相反。

图层 E 与火点 F 的相关程度则可以表示为:

$$C = W^+ - W^- \quad (5)$$

在研究区域面积较大, 火点较多的情况下, 用 C 可以很好的表达出二者的相关程度。但是在火点较少的情况下, 权重值的不确定性变大, 相关程度 C 值也就变得意义不大。可以用相关度 C 与其标准差之比, 即相关度标准偏差来解决这个问题:

$$C_s = \frac{C}{\sigma(C)} \quad (6)$$

根据 C 及 C_s 值的大小, 可以识别出哪些图层及图层中的哪些类别与火点的相关程度高。然后将相关程度高的图层筛选出来, 并按照值的大小进行类别合并, 得到新的图层后, 检查条件独立性, 确定合格后, 重复上述步骤, 接着计算其后验有利度的对数值:

$$\ln O_{\text{后验}}(F | E_1^k \cap E_2^k \cap E_3^k \cap E \cdots \cap E_m^k) = \ln O_{\text{后验}} + \sum_{j=1}^m W_j^k \quad (7)$$

式中 m 为证据层数, 本文 $m = 5$; k 表示证据层二元模型的存在或缺失。那么后验概率就是:

$$P_{\text{后验}} = \frac{O_{\text{后验}}}{1 + O_{\text{后验}}} \quad (8)$$

后验概率是在多个图层叠加操作的基础上计算出来的, 所以它反应了各个证据层对火点的控制作用和

指示意义。本文用最后计算出来的后验概率值作为划分风险图的指标依据。

证据权重法主要实现步骤是:(1) 指标选取与预处理;(2) 计算权重;(3) 根据计算结果,筛选证据层;(4) 检验条件独立性,生成后验概率专题图;(5) 模型检验。

在本研究中,首先用公式(1) 计算得出各因子相对于草原火灾火点分布的前验概率;根据公式(2), (3), (4) 即可算出各证据因子的权重,根据 CS 值的大小,对证据因子图层进行挑选,最后将挑选出来的证据因子图层带入模型,根据公式(7) 和(8) 即可算出后验概率的大小,输出的预测专题图层即是以后验概率为基础的。

3 草原火险预测模型建立过程

3.1 指标选取与预处理

用 1995 - 2002 年间呼伦贝尔草原火灾火点空间分布数据来建立模型,2003 - 2005 年间的的数据则用来检验所建立模型的精度。图 1 为 1995 - 2005 年间呼伦贝尔草原火灾火点空间分布图。选取 5 个因子作为证据图层:乡村人口密度,载畜密度,公路网,城镇区分布,居民点分布。

对 5 个图层作初步的处理。将研究区的乡村人口除以各个旗县的面积,得到各个旗县的乡村人口密度。同理可以计算载畜密度,公式如下:

$$D_i = P_i/A_i, \tag{9}$$

式中 D_i 表示旗县 i 的乡村人口密度或载畜密度, P_i 表示旗县 i 的乡村人口或牲畜的数量, A_i 表示该旗县的土地面积。

缓冲区分析是研究空间变量(如公路网的分布,居民点分布等)的空间影响的最常见的方法之一。缓冲区是对一组或一类地图要素(点、线或面)按设定的距离条件,围绕这组要素而形成具有一定范围的多边形实体,从而实现数据在二维空间扩展的信息分析方法。^[17] 本文对公路网、城镇区及居民点分布图层进行缓冲区分析以研究它们与草原火点空间分布的关系。

对公路网进行缓冲区分析,以 100 m 为缓冲区距离,建立 10 级缓冲区:0 ~ 100,100 ~ 200,200 ~ 300,300 ~ 400,400 ~ 500,500 ~ 600,600 ~ 700,700 ~ 800,800 ~ 900,900 ~ 1 000(m);城镇区及居民点图层的缓冲区分析,以 500 m 为缓冲区距离,建立 10 级缓冲区:0 ~ 500,500 ~ 1 000,1 000 ~ 1 500,1 500 ~ 2 000,2 000 ~ 2 500,2 500 ~ 3 000,3 000 ~ 3 500,3 500 ~ 4 000,4 000 ~ 4 500,4 500 ~ 5 000(m)。处理好的证据图层如图 2 所示:

3.2 计算权重

根据公式(1) - (8),计算得到 P_f 为 0.0093。计算得到各个因子各类别的权重(W^+ 、 W^-)、相关度 C 、相关度标准偏差 C_s 。如表 1 - 表 6 所示:

3.3 结果分析及证据层筛选

为保证预测模型的精度,有必要对证据层进行筛选。将一些权重太小,相关度不高的剔除,将权重相似的合并。一般而言, $W^+ > 2$ 表示强烈的预测性; $1 < W^+ \leq 2$ 表示较强的预测性, $0.5 < W^+ \leq 1$ 表示预测性中等, $0 < W^+ \leq 0.5$ 表示轻微预测性^[18]。

表 1 中陈巴尔虎旗 $W^+ = 0.5436$,表现出中等的预测性。在 6 个行政区中,陈巴尔虎旗的人口密度比新巴尔虎左旗和新巴尔虎右旗的要大,比鄂温克族自治旗的要小,但是其权重值却高于其他 3 旗。海拉尔区的数据为空,说明在海拉尔区无火点分布。满洲里市 $W^+ = 1.4053$,预测性较强,反应了人口密度与草原火点分布之间关系密切。陈巴尔虎旗和满洲里市的 C_s 均大于 2,据此将这两个类别挑选出来归为一类,把此图层重新

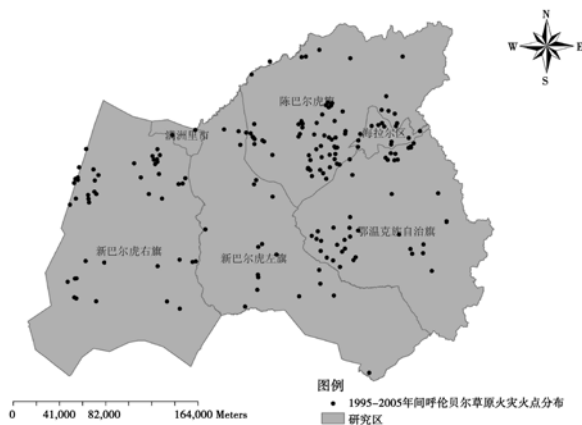


图 1 1995 - 2005 年间呼伦贝尔草原火灾火点分布
Fig. 1 Distribution of fire ignition points in Hulunbeier Grassland from 1995 to 2005

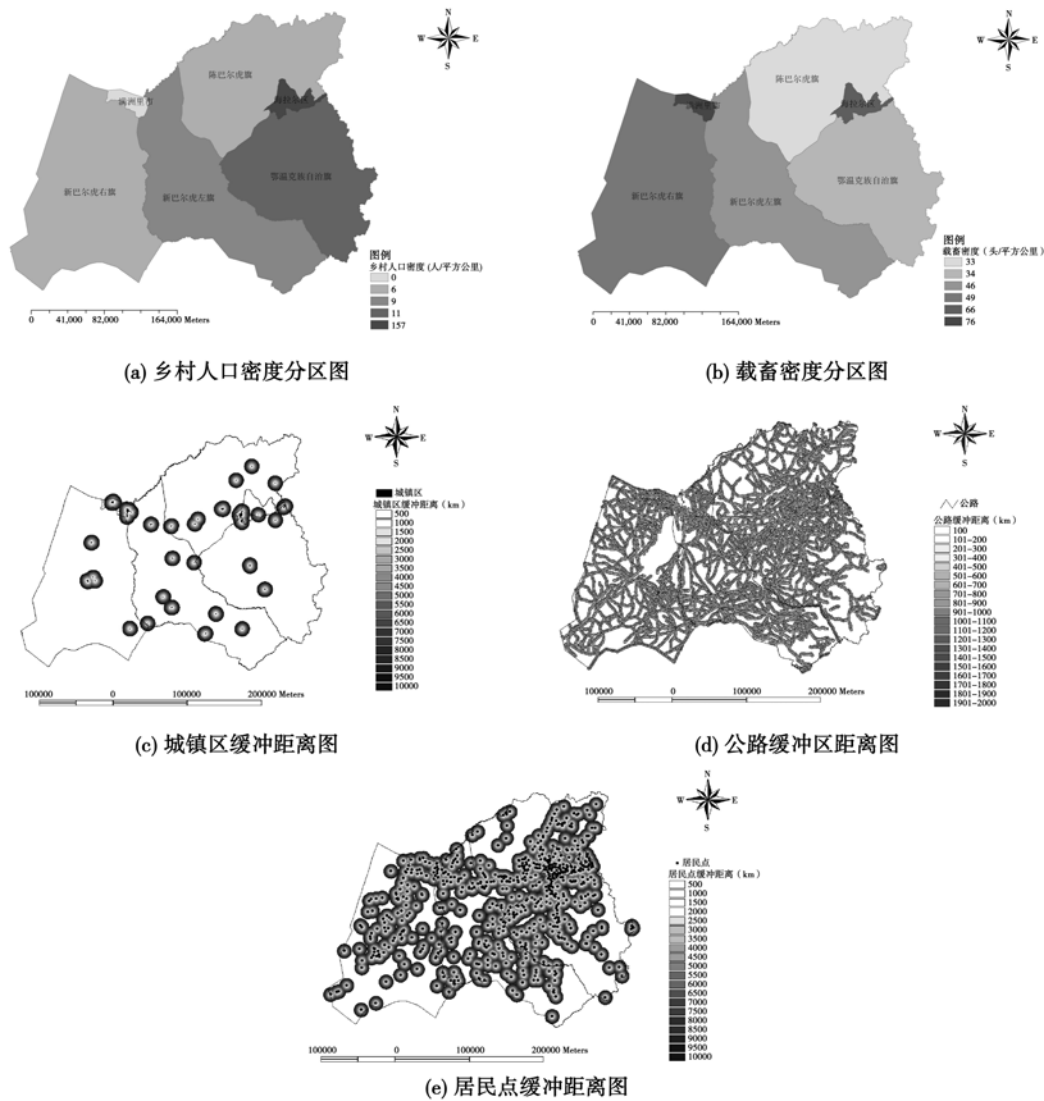


图 2 证据图层

Fig. 2 Details of evidence maps

表 1 乡村人口密度的权重、相关度、相关度标准偏差

Table 1 Weights, correlativities and correlativities' standard deviation of rural population density

类别 Class	W^+	W^-	C	C_S
新巴尔虎右旗	-0.314 4	0.277 9	-0.592 3	-3.036 7
新巴尔虎左旗	-0.314 4	0.277 9	-0.592 3	-3.036 7
陈巴尔虎旗	0.543 6	-0.212 1	0.755 7	3.794 3
鄂温克族自治旗	-0.076 5	0.021 0	-0.097 5	-0.414 3
海拉尔区				
满洲里市	1.405 3	-0.027 8	1.433 1	2.756 0

表 2 载畜密度的权重、相关度、相关度标准偏差

Table 2 Weights, correlativities and correlativities' standard deviation of liveslock density

类别	W^+	W^-	C	C_S
新巴尔虎右旗	-0.332 9	0.115 4	-0.448 3	-1.935 9
新巴尔虎左旗	-0.291 7	0.077 4	-0.369 1	-1.488 2
陈巴尔虎旗	0.543 6	-0.212 1	0.755 7	3.794 3
鄂温克族自治旗	-0.076 5	0.021 0	-0.097 5	-0.414 3
海拉尔区				
满洲里市	1.405 3	-0.027 8	1.433 1	2.756 0

表 3 城镇区各缓冲距离的权重、相关度、相关度标准偏差

Table 3 Weights, correlativities and correlativities' standard deviation of buffer distances in cities and towns area

类别 /m	W^+	W^-	C	C_s
500 ~ 3 000				
3 000 ~ 3 500	- 0. 902 0	0. 013 4	- 0. 915 4	- 0. 909 3
3 500 ~ 4 000	- 0. 407 9	0. 009 3	- 0. 417 1	- 0. 582 5
4 000 ~ 4 500	- 0. 182 3	0. 005 6	- 0. 187 8	- 0. 319 5
4 500 ~ 5 000	- 0. 347 5	0. 011 6	- 0. 359 1	- 0. 611 1

表 4 公路网各缓冲距离的权重、相关度、相关度标准偏差

Table 4 Weights, correlativities and correlativities' standard deviation of buffer distances in road net

类别 /m	W^+	W^-	C	C_s
0 ~ 100	0. 306 8	- 0. 025 8	0. 332 6	0. 996 4
100 ~ 200	0. 264 1	- 0. 035 6	0. 299 7	1. 072 4
200 ~ 300	0. 349 5	- 0. 074 3	0. 423 8	1. 797 0
300 ~ 400	0. 293 3	- 0. 078 5	0. 371 8	1. 669 7
400 ~ 500	0. 107 0	- 0. 033 6	0. 140 6	0. 639 7
500 ~ 600	0. 135 7	- 0. 052 3	0. 188 0	0. 900 3
600 ~ 700	0. 134 0	- 0. 060 8	0. 194 9	0. 962 3
700 ~ 800	0. 119 5	- 0. 063 9	0. 183 3	0. 926 9
800 ~ 900	0. 064 0	- 0. 038 4	0. 102 4	0. 522 6
900 ~ 1 000	0. 086 0	- 0. 060 9	0. 146 8	0. 762 3

表 5 居民点缓冲距离的权重、相关度、相关度标准偏差

Table 5 Weights, correlativities and correlativities' standard deviation of buffer distances in residential area

类别 /m	W^+	W^-	C	C_s
0 ~ 500	0. 411 9	- 0. 003 1	0. 415 0	0. 409 8
500 ~ 1 000	0. 451 7	- 0. 013 5	0. 465 2	0. 905 9
1 000 ~ 1 500	0. 238 2	- 0. 014 2	0. 252 3	0. 641 9
1 500 ~ 2 000	0. 337 2	- 0. 037 3	0. 374 4	1. 259 4
2 000 ~ 2 500	0. 281 7	- 0. 046 4	0. 328 1	1. 265 6
2 500 ~ 3 000	0. 281 8	- 0. 065 6	0. 347 4	1. 496 6
3 000 ~ 3 500	0. 201 7	- 0. 059 8	0. 261 5	1. 189 2
3 500 ~ 4 000	0. 266 0	- 0. 106 3	0. 372 3	1. 824 8
4 000 ~ 4 500	0. 186 2	- 0. 088 0	0. 274 2	1. 371 0
4 500 ~ 5 000	0. 260 2	- 0. 160 9	0. 421 0	2. 184 6

分类合并形成一个二元专题图层。表 2 的可挑选图层与表 1 相同,为避免重复将此图层剔除。表 3 中的权重值几乎全为负,在 500 ~ 3 000 m 的缓冲区范围内无草原火灾火点分布,因为这个距离尚属于城镇区外围,人类活动痕迹较多,草原分布少。此外,从图 2(C) 中也可以看出在研究区内,城镇区少且分布分散,与火点分布的关系不明显,因此剔除这个专题图层。表 4 中的数据反映出的预测性较弱。在 200 ~ 400 m 缓冲区距离内 $C_s > 1$,说明在此范围内公路距离与火点分布关系密切。因此将 $C_s > 1$ 的类别作为一类,其它的为另一类,做成二元专题图层。表 5 中的数据反映出的预测性尚可。由于地广人稀,人们以住宅为中心,活动辐射范围较大。在 500 ~ 2 000 m 范围内的火点较少,原因可能是在此范围发生火灾较容易被及时发现和扑灭。将此图层按 C_s 的大小分为 3 类: $C_s > 2$ 的划为一类; $2 > C_s > 1$ 的划为一类;其余的归为一类,做成专题图层。做好的图层如图 3 所示。

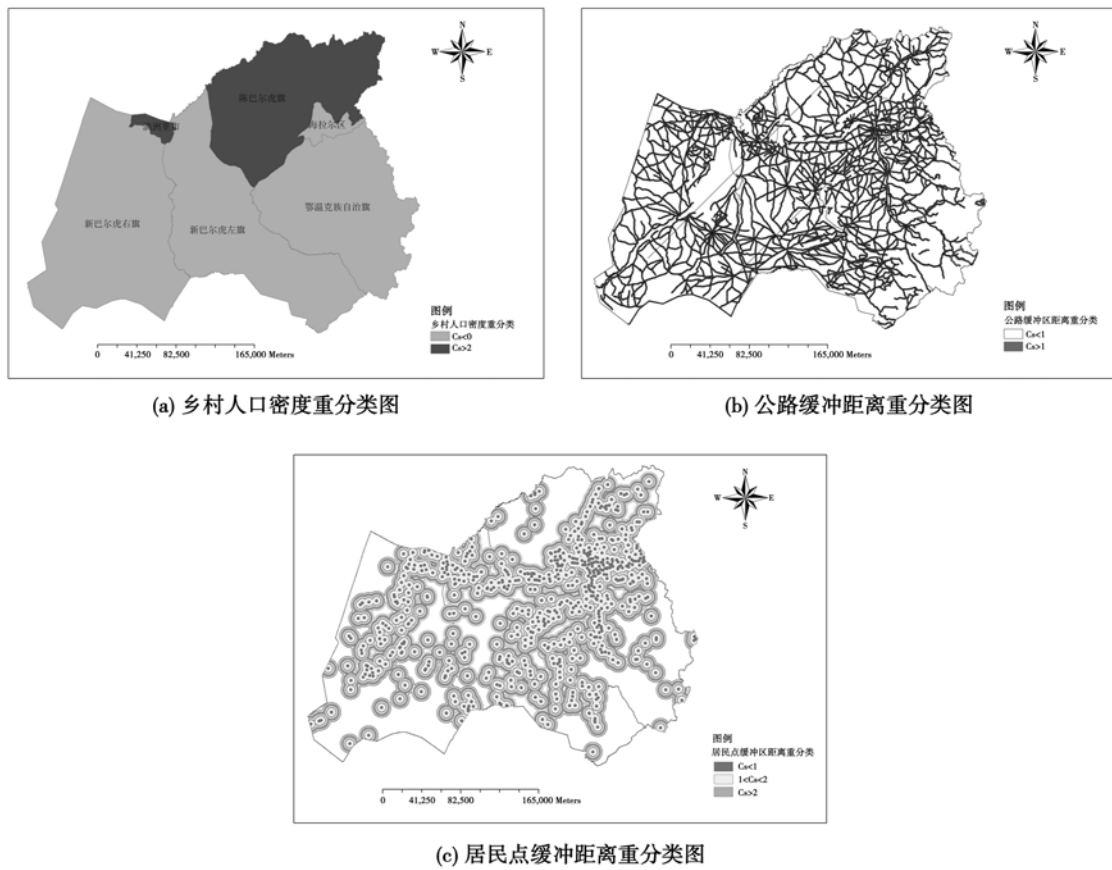


图 3 重分类后的证据图层

Fig.3 Reclassification of evidence maps

3.4 条件独立性检验及草原火险空间分布专题图的生成

在进行后验概率计算前,须检验所选证据图层间相对于火点分布的条件独立性,若结果低于 1 则表示证据层之间存在条件依赖。本次计算结果为 1,因而选用的证据层可以参加后验概率计算。生成后验概率专题图后,采用作后验概率值与累积面积对数图求变形点的方法,得到后验概率拐点值,如图 4 所示。得到两个拐点:一是 $P = 0.007\ 025$ 处,另一个是 $P = 0.017\ 229$ 处。在此我们将 P 做为划分风险空间分布图的指标依据,把 P 小于 $0.007\ 025$ 的划为低风险区;大于 $0.007\ 025$ 而小于 $0.017\ 229$ 的划分为中风险区;大于 $0.017\ 229$ 的则划分为高风险区。

3.5 模型的检验

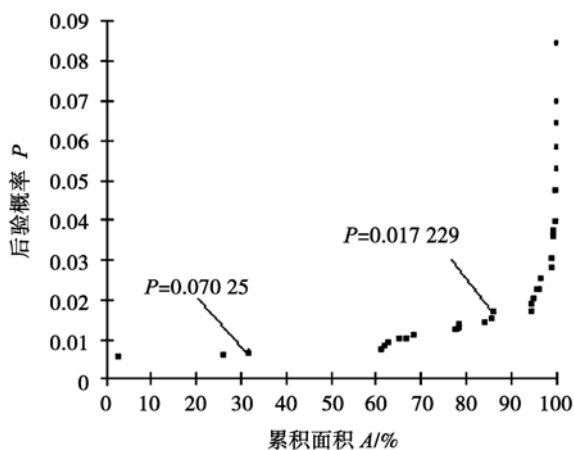


图 4 后验概率值与累积面积关系图

Fig.4 Diagram of posterior probability vs cumulative area

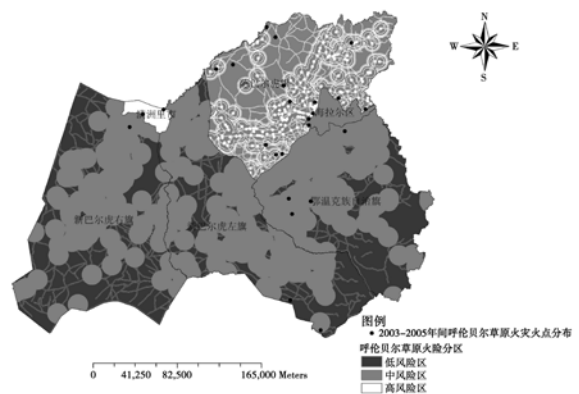


图 5 人为因素影响下的草原火险空间分布专题图

Fig.5 Spatial distribution map of human-caused grassland fire ignition risk

将 2003 - 2005 年的火点空间分布专题图叠加到生成的草原火险空间分布专题图上对模型进行验证,如图 5。25 个火点中,有 18 个火点位于高风险区(72%),6 个位于中风险区(24%),位于低风险区的火点有 1 个。一般认为,若成功识别出至少 70% 的发生事件,则可以认为预测分布图是有效的。因此所建立的草原火灾风险预测模型是有效的。

4 讨论

本文是利用 1996 - 2002 年的火点空间分布数据和在此期间的人类活动数据来建立模型的,并用 2003 - 2005 年火点空间分布数据对模型进行验证。模型中用到的人类活动数据是 2002 年的,而我们所用的草原火灾火点的空间分布数据是 1996 - 2002 年间的,也就是说所建立的模型是假定系统的影响因素不变,而草原火灾火点的空间分布数据和人类活动数据是动态的,因而需要不断补充新的数据对模型进行修正和优化,也就说草原火灾火点空间分布数据越多,人类活动数据越新,所建立的模型也会更精确。

在所选取的 5 个因子中,乡村人口密度、公路网与居民点分布是最主要的影响因子。从图 4 中可以看出,高风险区主要分布在陈巴尔虎旗的大部分地区及满洲里市;中风险区主要分布在居民点和公路网的周边。相对于其他两个因子而言,乡村人口密度是影响草原火险的最重要的因子。宋卫国等^[19]的研究也证明森林火灾发生频率与人口密度之间呈现出幂律关系。

5 结论

人类活动如何影响野火火灾一直是一个复杂的问题。本文所建立的草原火险预测模型为定量化研究人类活动与草原火险的关系提供了一个可行的办法。模型的优点在于将证据权重法应用到草原火险预测上,研究人类活动对草原火险的影响程度;并根据贝叶斯概率计算得到权重,从而客观定量的评价了不同人类活动对草原火险的影响程度大小。

一般而言,用证据权重法做预测时,证据图层与研究主题的关系越稳定、明显,其预测精度越高。本文为了突出人类活动的作用,选取了与人类活动及草原火险关系密切的 5 个因子(公路网,居民点分布,城镇区分布,乡村人口密度及载畜密度);但还有一些可能相关的社会经济指标没有考虑,如研究区农业机械化水平,居民受教育程度,土地利用类型,观光旅游区距离,及乡间土路分布等,这些因素与草原火灾之间的关系也需要进一步的研究来确定。

参考文献:

- [1] 刘兴朋,张继权,范久波. 基于历史资料的中国北方草原火灾风险评价[J]. 自然灾害学报,2007,16(1): 61 - 65.
LIU Xingpeng, ZHANG Jiquan, FAN Jiubo. Historical data - based risk assessment of fire in grassland of northern China[J]. Journal of Natural Disasters, 2007, 16(1): 61 - 65. (in Chinese)
- [2] 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.
ZHANG Jiquan, LI Ning. Quantitative methods and application of risk assessment and management on main meteorological disasters[M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 2007. (in Chinese)
- [3] 刘兴朋,张继权,周道玮,等. 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 - 82.
LIU Xingpeng, ZHANG Jiquan, ZHOU Daowei, et al. Study on grassland fire risk dynamic distribution characteristic and management policy[J]. Chinese Journal of Grassland, 2006, 28(6): 77 - 82. (in Chinese)
- [4] Romero - Calcerrada R, Barrio - Parra F, Millington J D A, et al. Spatial modeling of socioeconomic data to understand patterns of human - caused wildfire ignition risk in the SW of Madrid (Central Spain) [J]. Ecological Modelling, 2010, 221: 34 - 45.
- [5] Jesús Martínez, Emilio Chuvieco, Pilar Martín. Estimation of risk factors of human ignition of fires in Spain by means of logistic regression[C]// Proceedings of the Second International Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: A Global View, 2008.
- [6] 周伟奇,王世新,周艺,等. 草原火险等级预报研究[J]. 自然灾害学报,2004,13(2): 75 - 79.
ZHOU Weiqi, WANG Shixin, ZHOU Yi, et al. Research on prediction of grassland fire danger rating[J]. Journal of Natural Disasters, 2004, 13(2): 75 - 79. (in Chinese)
- [7] 傅泽强,王玉彬,王长根. 内蒙古干旱草原春季火险预报模型的研究[J]. 应用气象学报,2001(2): 202 - 208.
FU Zeqiang, WANG Yubin, WANG Changgen. Research on the Spring fire - risk forecasting model in dry grassland in Inner Mongolia [J]. Quar-

- terly Journal of Applied Meteorology, 2001(2):202-208. (in Chinese)
- [8] 崔亮,张继权,刘兴朋,等. 基于 Logistic 回归模型的呼伦贝尔草原火险预测研究[J]. 安全与环境学报, 2010, 10(1):173-177.
CUI Liang, ZHANG Jiquan, LIU Xingpeng, et al. Logistic regression - based grassland fire hazard prediction of Hulunbeier grassland[J]. Journal of Safety and Environment, 2010, 10(1):173-177. (in Chinese)
- [9] Zhang Z X, Zhang H Y, Zhou D W. Using GIS spatial analysis and logistic regression to predict the probabilities of human - caused grassland fires[J]. Journal of Arid Environments, 2010, 74:386-393.
- [10] 严冰. 四川宁南地区铅锌成矿规律及证据权重法成矿预测[D]. 四川:成都理工大学, 2006.
YAN Bing. The Lead - zinc Mineralization Law in NingNan Region and Metallogenic Prediction Using the Weights of Evidence Model [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2006. D. W.
- [11] 浦路平,赵鹏大,胡光道,等. GIS 矿产资源评价中统一使用连续数据和离散数据的扩展证据权重模型[J]. 地质科技情报, 2008, 27(6):102-106.
PU Luping, ZHAO Pengda, HU Guangdao, et al. The extended weights of evidence model using both continuous and discrete data in assessment of mineral resources GIS - based [J]. Geological Science and Technology Information, 2008, 27(6):102-106. (in Chinese)
- [12] 黄海峰,姚书振,丁振举. 基于 GIS 的证据权重法在成矿预测中的应用—以甘肃省岷县—礼县地区的金矿预测为例[J]. 地质科技情报, 2003, 22(3):77-82.
HUANG Haifeng, YAO Shuzhen, DING Zhenju. Application of GIS - based evidence weight method for minerogenetic prediction; a case study on prediction of gold deposit in Min County and LI County region, Gansu Province [J]. Geological Science and Technology Information, 2003, 22(3):77-82. (in Chinese)
- [13] 李随民,姚书振,周宗桂,等. 基于 ARCVIEW 证据权重法的成矿远景区预测—以陕西旬北铅锌矿富集区为例[J]. 地质找矿论丛, 2007, 22(3):179-183.
LI Suimin, YAO Shuzhen, ZHOU Zonggui, et al. The ARCVIEW evidence weight method - based ore prospect prediction; a case of Xunbei Pb, Zn ore Area, Shanxi Province [J]. Geology and Mineral Resources Research, 2007, 22(3):179-183. (in Chinese)
- [14] 李卫东,余志伟,单新建,等. 基于 GIS 和证据权重模型的矿产勘探信息系统[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版, 2009, 28(3):382-385.
LI Weidong, YU Zhiwei, SHAN Xinjian, et al. Exploration information system of mineral resources based on GIS and evidence weight model [J]. Journal of Liaoning Technical University: Natural Science, 2009, 28(3):382-385. (in Chinese)
- [15] 秦喜文,张树清,李晓峰,等. 基于证据权重法的丹顶鹤栖息地适宜性评价[J]. 生态学报, 2009, 29(3):1074-1082.
QIN Xiwen, ZHANG Shuqing, LI Xiaofeng, et al. Assessment of red - crowned crane's habitat suitability based on weights - of - evidence [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(3):1074-1082. (in Chinese)
- [16] Romero - Calcerrada R, Luque Sandra. Habitat quality assessment using weights - of - evidence based GIS modelling; the case of picoides tridactylus as species indicator of the biodiversity value of the Finnish forest [J]. Ecological Modelling, 2006, 196:62-6.
- [17] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京:科学出版社, 2006.
TANG Guoan, YANG Xin. ArcGIS Geographic Information System Spatial Analysis Experimental Course [M]. Beijing: Science Press, 2006. (in Chinese)
- [18] Romero - Calcerrada R, Novillo C J, Millington J D A, et al. GIS analysis of spatial patterns of human - caused wildfire ignition risk in the SW of Madrid (Central Spain) [J]. Landscape Ecol., 2008, 23:341-354.
- [19] 宋卫国,王健, K Satoh, 等. 人口密度对森林火灾发生频率的影响[J]. 火灾科学, 2005, 14(1):1-5.
SONG Weiguo, WANG Jian, Satoh K, et al. Impact of population density on forest fire frequency [J]. Fire Safety Science, 2005, 14(1):1-5. (in Chinese)