

文章编号: 1006-4354 (2013) 04-0029-04

# 基于 GIS 的榆林市暴雨灾害风险区划

张建康, 李强, 王云, 万慧, 马锋

(榆林市气象局, 陕西榆林 719000)

**摘要:** 利用陕西省榆林市 12 县区气象站 1951—2011 年暴雨资料及所属 162 个区域自动气象站 2007—2011 年暴雨资料进行统计, 按照百分位法划分暴雨等级; 结合全市年降水量分布特征及地形、经济、人口等资料, 确定暴雨灾害的孕灾环境、致灾因子、承灾体易损性等区划要素; 应用 ArcGIS 技术对各项区划因子进行小网格模拟计算, 并赋予不同权重, 通过综合运算得到榆林市暴雨灾害分布图, 应用 GIS 的自然断点法及经验订正法, 将全市暴雨灾害划分为高风险、次高风险、中风险、次低风险及低风险 5 个等级。区划结果表明: 榆林市北部府谷、神木县和南部子洲、吴堡县暴雨多发, 灾情重, 灾害风险等级最高; 西部定边、靖边暴雨最少, 灾害风险等级最低。

**关键词:** 暴雨灾害; GIS; 风险区划; 榆林

**中图分类号:** P426.616

**文献标识码:** A

陕西省榆林市地处西北内陆, 暴雨是夏秋季主要的气象灾害, 榆林暴雨具有局地性强、历时短、灾情重的特点, 每年给全市工农业生产和人民生命财产造成经济损失上亿元。

开展暴雨风险区划研究, 有利于构建暴雨灾害防御体系, 减轻暴雨灾害造成的损失。GIS 技术具有的空间分析能力被广泛应用于各种规划设计和区划计算。张洪玲等<sup>[1]</sup>应用 GIS 中的自然断点

**收稿日期:** 2013-04-05

**作者简介:** 张建康 (1989—), 男, 陕西佳县人, 学士, 助工, 从事遥感分析与气候资源开发利用工作。

非常有利。

## 3.5 气候对交通运输的影响

2012 年影响陕西交通运输的天气气候事件主要为强降水、雾霾以及大雪。7 月连续出现 4 次强降雨过程, 降水强度大, 影响范围广, 暴雨中心多, 局地灾害损失重, 公路、水利设施损毁严重。1 月共有 18 d 大雾, 其中 17—18 日的大雾天气影响西安咸阳机场出入航班, 至 18 日, 西安咸阳机场滞留航班已经增加至 207 架次, 滞留出港旅客 14 000 多人。同时, 18 日陕西多条高速公路封闭或限行, 西安绕城高速全线封闭。10 月全省共出现 23 d 大雾, 3 日上午关中东部和西部出现大雾天气, 部分路段能见度在 20~30 m 之间, 凌晨 5 点西宝高速三桥至蔡家坡段临时封闭, 包茂高速西安至铜川段道路封闭。11 月 5 日榆林出现降温大雪, 大雪降温导致包茂高速榆林段出现

大面积堵车。

## 3.6 气候对人民生活的影响

3 月 18 日的大风、沙尘天气, 致使渭南部分地区受灾, 华阴城区部分地段断电 21 h, 给人民群众正常生活造成不便。4 月 11—12 日全省自北向南的降温、大风和降水天气过程对果业、设施农业造成一定影响。6 月, 陕西渭南、宝鸡等地土壤失墒严重, 夏旱露头并迅速发展, 对群众生活和农业生产造成一定影响, 据陕西省民政厅统计结果, 干旱致使渭南、宝鸡 2 市 24 个县(区、市) 141.9 万人受灾, 农作物受灾面积 16.74 万  $\text{hm}^2$ , 造成直接经济损失 3 亿元。8 月陕北、关中和陕南大部分地区出现暴雨、雷电、大风等强对流天气, 引发局地洪涝、滑坡、崩塌等灾害, 直接经济损失 81 828.86 万元, 农业经济损失 19 221.86 万元。

法, 构建了黑龙江省暴雨洪涝灾害风险评估模型, 王慧等<sup>[2]</sup>对新疆易灾暴雨进行了风险区划, 国内还有众多学者对不同气象灾害进行区划研究<sup>[3-5]</sup>。上述工作所用的气象资料都是常规气象站观测数据。本文首次将区域自动气象站观测数据应用到区划研究, 利用 ArcGIS 软件工具, 实现榆林市暴雨灾害风险的精细化评估。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

采用 1951—2011 年榆林市 12 个县区气象站的暴雨统计资料和 2007—2011 年 162 个区域自动气象站的降雨量资料, GIS 资料采用了 1:25 万 DEM 数据和各县区气象站及区域自动站的经纬度数据。

### 1.2 方法

基于气象灾害风险形成机制<sup>[6]</sup>及暴雨灾害风险理论, 通过对暴雨孕灾环境敏感性、致灾因子危险性、承灾体易损性等三项因子进行规范化处理, 构建精细化暴雨灾害风险评价的框架、指标体系、方法与模型, 对气象灾害风险程度进行评价和等级划分, 借助 GIS 绘制相应的风险区划图系, 并加以评述。

1.2.1 孕灾环境敏感性 地形对暴雨灾害的形成非常重要, 根据自然灾害风险形成理论, 地形、河网对暴雨灾害有较大影响, 榆林是黄土高原地貌, 土质疏松, 植被稀少, 沟梁峁壑纵横, 暴雨容易引发泥石流等灾害, 所以陡坡和低洼地带容易导致暴雨洪涝灾害。

采用 1:25 万数字高程数据 (DEM), 可对

暴雨致灾因子敏感性进行评估。在 GIS 中, 采用 spatial analyst 工具条下的 neighborhood statistics 工具, 对榆林地区 DEM 数据进行邻域分析, 考察每个像元周围 3×3 范围内的像元, 计算高程标准差。根据高程和高程差的组合, 将榆林地区的地形分为六级<sup>[6]</sup>, 得到孕灾环境敏感性区划 (图 1)。

1.2.2 致灾因子危险性 暴雨灾害致灾主要表现为暴雨灾害的强度和频次, 因而暴雨灾害危险性可用暴雨灾害的强度和发生的频次表征。

#### (1) 暴雨临界致灾因子的初步确定

暴雨过程降水量定义: 一次降水过程中至少有一日降水量 $\geq 50$  mm, 一旦无降水则认为该过程结束, 该次降水过程的累计降水量为暴雨过程降水量。

分别统计全市 12 县区气象台站 1951—2011 年和 162 个区域自动气象站 2007—2011 年降水过程持续日数为 1 d、2 d、3 d、……10 d (含 10 d 以上) 的暴雨过程降水量。根据暴雨过程持续日数, 建立不同时间长度的 10 个暴雨过程序列。

按照百分位法分别计算不同日数序列的第 98 百分位数、第 95 百分位数、第 90 百分位数、第 80 百分位数、第 60 百分位数的降水量值, 该值即为初步确定的临界致灾雨量。利用这五个临界值, 将暴雨强度分为 5 个等级 (见表 1)。由于榆林地区暴雨通常为 1~5 d, 6 d 及以上的过程较少, 无法计算暴雨强度等级的临界雨量, 故分级时只计算了 1~5 d (含 5 d 以上) 的临界雨量。

区域自动气象站资料年限短, 未参与各级暴

表 1 榆林各等级暴雨强度对应的临界雨量

降水持续时间	1 级 (第 60~80 百分位数)	2 级 (第 80~90 百分位数)	3 级 (第 90~95 百分位数)	4 级 (第 95~98 百分位数)	5 级 (大于第 98 百分位数)
1 d	67.0~80.5	80.5~89.4	89.4~104.7	104.7~142.4	$\geq 142.4$
2 d	77.2~94.4	94.4~105.7	105.7~119.0	119.0~134.1	$\geq 134.1$
3 d	80.1~97.4	97.4~104.6	104.6~130.9	130.9~142.5	$\geq 142.5$
4 d	92.5~112.5	112.5~133.3	133.3~141.1	141.1~168.5	$\geq 168.5$
5 d 及以上	112.0~125.3	125.3~135.7	135.7~163.1	163.1~203.6	$\geq 203.6$

雨强度等级的临界雨量计算中, 而是根据气象站资料计算出的临界雨量, 对各区域自动气象站的

雨量数据分级。由于考虑的是暴雨发生的频次, 近似认为区域站频次和自动气象站历史资料频次

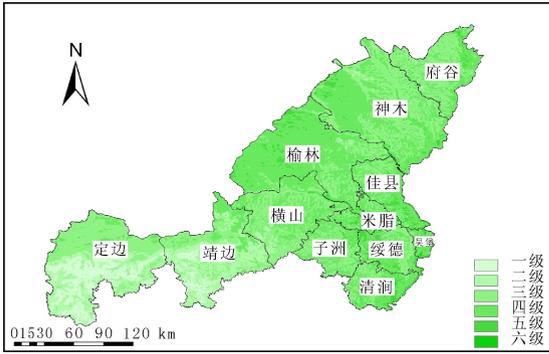


图1 榆林市暴雨灾害孕灾环境敏感性区划

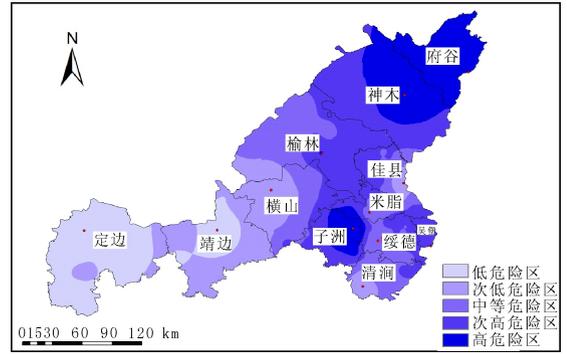


图2 榆林市暴雨灾害危险性区划

相当。按照初步确定的各级暴雨灾害致灾临界指标, 分别统计 1~5 d 各级暴雨强度发生频次, 然后将不同时间长度的各级暴雨强度频次相加, 从而得到各级暴雨强度发生频次。利用反距离加权法对各级暴雨强度的频次插值, 得到全市暴雨频次空间分布图。根据全市灾情资料, 进行空间分布特征的对比分析, 对临界致灾指标验证和修订。

### (2) 暴雨致灾因子权重的确定

根据暴雨强度等级越高, 对洪涝的形成所起的作用越大的原则, 确定暴雨致灾因子权重<sup>[6]</sup>。暴雨强度 5、4、3、2、1 级权重分别为 5/15、4/15、3/15、2/15、1/15。

### (3) 孕灾环境危险性区划

利用 GIS 中的栅格计算器, 对各暴雨强度的频次图乘以各级的权重求和, 得到暴雨强度频次分布图, 计算公式为

$$P = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot \frac{i}{n}) \quad (1)$$

$n$  为暴雨等级总数, 对应的暴雨等级为  $i$ , 暴雨强度频次分布图为  $P$ , 第  $i$  级暴雨强度的频次图为  $P_i$ , 权重是  $i/n$ 。

利用自然断点分级法将暴雨强度频次图按 5 个等级分区划分, 得到暴雨致灾因子危险性区划图 (见图 2)。

### 1.2.3 承灾体易损性

#### (1) 承灾体因子分析

气象灾害造成的危害程度与承受气象灾害的载体有关, 它造成的损失大小一般取决于发生地的经济、人口密集程度。统计以乡镇为单元的土地面积、GDP、年末总人口以及耕地面积等数据, 得到地均 GDP、地均人口 (人口密度)、耕地面积比重等易损性评价指标。

地面积、GDP、年末总人口以及耕地面积等数据, 得到地均 GDP、地均人口 (人口密度)、耕地面积比重等易损性评价指标。

#### (2) 承灾体易损性评估

由于每个承灾体在不同地区对气象灾害的相对重要程度不同, 因此在计算综合承灾体的易损性时, 要考虑到它们的权重。暴雨灾害的主要受灾体是耕地和人口, 故在承灾体系易损性的计算中, 耕地比重的权重为 0.6, 地均人口为 0.3, 地均 GDP 为 0.1。

#### (3) 综合承灾体易损性区划

利用 GIS 的插值工具, 对地均 GDP、地均人口和耕地比重插值, 并将插值图栅格化处理, 然后用栅格计算器对各因子规范化处理, 根据权重系数得到承灾体系易损性指数空间分布图。利用 GIS 中自然断点分级法将综合承灾体易损性指数按 5 个等级分区划分, 绘制综合承灾体易损性区划图 (图 3)。

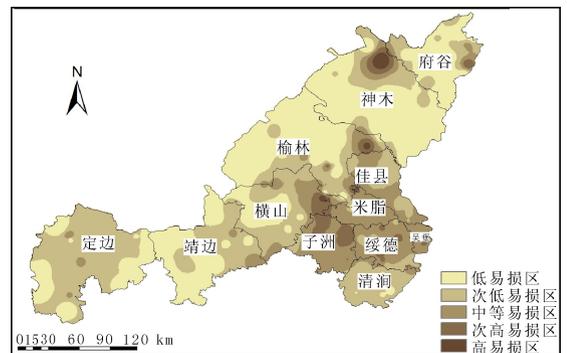


图3 榆林市暴雨灾害承载体易损性区划

## 2 结果与分析

暴雨灾害风险是孕灾环境敏感性、致灾因子危险性和承灾体易损性 3 个因子综合作用的结果, 考虑到各风险评价因子对风险的构成起作用可能不同, 对每个风险评价因子分别赋予权重, 根据公式 2 求算气象灾害风险指数<sup>[6]</sup>:

$$I_{\text{FDR}} = (V_E W_E) (V_H W_H) (V_S W_S) \quad (2)$$

式中,  $I_{\text{FDR}}$  为气象灾害风险指数, 用于表示风险程度, 其值越大, 则灾害风险程度越大,  $V_E$ 、 $V_H$ 、 $V_S$  分别表示风险评价模型中的孕灾环境的敏感性、致灾因子的危险性和承灾体的易损性各评价因子指数;  $W_E$ 、 $W_H$ 、 $W_S$  是各评价因子的权重, 权重的大小依据各因子对气象灾害的影响程度大小, 综合考虑榆林的实际情况, 敏感性占 0.2, 危险性占 0.7, 易损性占 0.1。

### 2.1 暴雨灾害风险区划

根据公式 2 的计算方式, 利用 GIS 的栅格计算器, 对孕灾环境敏感性、致灾因子危险性和承灾体易损性进行运算, 得到暴雨灾害风险空间分布图, 然后用自然断点分级法将暴雨风险空间分布图按 5 个等级分区划分, 并绘制暴雨灾害风险区划图 (图 4)。

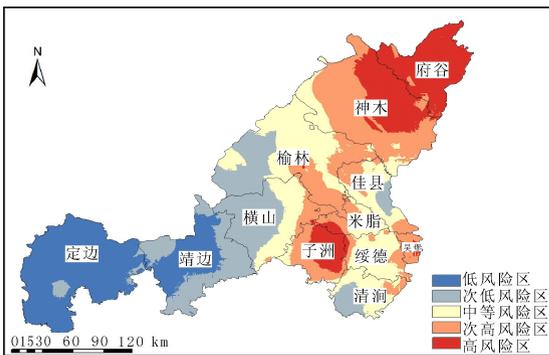


图 4 榆林市暴雨灾害风险区划

### 2.2 区划结果验证

统计榆林市 162 个区域站 2007 年以来暴雨资料, 剔除不合理的数据, 对全市暴雨频次强度分布进行了精细化计算, 结合历年气象灾情普查数据, 与暴雨灾害风险区划结果对比分析, 并对建立的模型权重进行适当调整, 区划结果与暴雨灾

害风险较为吻合, 用 GIS 所做的暴雨灾害风险区划充分体现了精细化的特点。

### 2.3 区划评述

2.3.1 高风险区 该区主要分布在府谷、神木、子洲、吴堡大部, 出现暴雨频次最高, 强度最大, 年均暴雨强度频次在 0.29~0.37 之间, 历史最大过程雨量为 209.9 mm。神府地区多川道, 易形成暴雨洪涝灾害, 工业集中, 人口稠密, 灾情重。子洲、吴堡为山区地形, 暴雨多发, 对农业生产影响最大。

2.3.2 次高风险区 该区主要分布在榆阳区东部、神木南部、米脂、绥德、佳县西部和南部、吴堡北部, 暴雨年均强度频次在 0.21~0.31 之间, 历史最大过程雨量为 175.1 mm, 该区暴雨强度较高, 灾性较重。

2.3.3 中等风险区 该区主要分布在榆阳区中西部地区、横山东部、佳县中部、清涧北部地区, 暴雨年均强度频次在 0.15~0.22 之间, 历史最大过程雨量为 148.5 mm。该区暴雨相对较少, 但也有灾情, 主要是对农业生产有影响。

2.3.4 次低和低风险区 该区主要分布在定边、靖边、横山西部和清涧南部, 暴雨年均频次在 0.09~0.2 之间, 历史最大过程雨量为 135.6 mm。该区暴雨最少, 并且人口稀少, 灾情最轻。

### 参考文献:

- [1] 张洪玲, 宁丽华, 刘赫男, 等. 黑龙江省暴雨洪涝灾害风险区划 [J]. 中国农业气象, 2012, 33 (4): 623-629.
- [2] 王慧, 毛炜峰, 李元鹏, 等. 新疆易灾暴雨的风险区划 [J]. 冰川冻土, 2011, 33 (6): 1407-1413.
- [3] 李楠, 任颖, 顾伟宗, 等. 基于 GIS 的山东省暴雨洪涝灾害风险区划 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (20): 313-317.
- [4] 郭永芳, 查良松. 安徽省洪涝灾害风险区划及成灾面积变化趋势分析 [J]. 中国农业气象, 2010, 31 (1): 130-136.
- [5] 于飞, 谷晓平, 罗宇翔, 等. 贵州农业气象灾害综合风险评价与区划 [J]. 中国农业气象, 2009, 30 (2): 267-270.
- [6] 章国材. 气象灾害风险评估与区划方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2010.