

Regionalization of Flood Disaster Risk on the County Scale in Semiarid Region—in HeLinGe'Er Case

Xuguang Liu¹, Buren^{1*}, Yulong Bao^{1,2}, Baocheng Wei^{1,2}

1.College of Geography Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010020, China

2.Inner Mongolian Key Laboratory Of Remote Sensing And Geographic Information System, Hohhot 010020,China

半干旱区县域尺度上的暴雨洪涝灾害风险区划研究—以和林格尔县为例

刘许光¹, 布仁^{1*}, 包玉龙^{1,2}, 魏宝成^{1,2}

1. 内蒙古师范大学地理科学学院, 呼和浩特 010020, 中国

2. 内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室, 呼和浩特 010020, 中国

Abstract

Based on using basic geographic,socio-economic statistics and meteorological data of HeLinGe'Er, in addition the mechanisms of flood disaster for the risk analysis and divisions,it formed flood disaster index system of risk analysis,it including the indexs of hazard factor,hazard inducing environment,disaster bodies and disaster prevention and mitigation capacity.Determine weights of the analysis indicators based on AHP,then use GIS to establish flood risk analysis model to calculate hazard factor, hazard dinducing environment,disaster bodies and disaster prevention and mitigation capacity index and distribution,and finally on this basis get flood disaster risk zoning maps of HeLinGe'Er.

Keywords: Flood disaster, HeLinGe'Er, Index

基金项目: 基于 3S 技术的城镇暴雨洪水灾害风险评估与应急管理关键技术研究项目 (201502095) 资助。

作者简介: 刘许光(1990—), 男, 河南平顶山人, 硕士研究生, 研究方向: 自然灾害监测与防治。

***通讯作者:** 布仁(1964—), 男, 内蒙古鄂尔多斯人, 教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向: 区域土地利用-土地覆盖变化与环境变迁

system, Risk zoning

摘要

在利用和林格尔县基础地理数据、社会经济统计数据 and 气象数据基础上, 通过暴雨洪涝灾害形成的机制和风险分析及区划的理论, 建立暴雨洪涝灾害风险分析的指标体系, 其中包括致灾因子指标、孕灾环境指标、承灾体指标和防灾减灾能力指标。依据层次分析法确定各分析指标的权重, 然后利用 GIS 建立暴雨洪涝灾害风险分析模型, 计算出和林格尔县暴雨洪涝灾害的致灾因子危险性指数、孕灾环境敏感性指数、承灾体易损性指数和防灾减灾能力指数以及分布图, 最后在此基础上得到和林格尔县的暴雨洪涝灾害风险区划分布图。

关键词: 暴雨洪涝灾害, 和林格尔县, 指标体系, 风险区划

1.引言

和林格尔县位于内蒙古中部, 是呼和浩特市所辖旗县之一, 地理坐标位置是在北 39° 58' -40° 41', 东经 111° 26' -112° 18'

之间。是西北内陆的半干旱区和大陆性季风气候边缘区，年均降雨量不高，受极端降雨天气的影响较大，降水集中于夏季，占全年降水的60%左右，年际变化大，一旦出现暴雨天气极易形成洪涝。和林格尔县位于内蒙古三个暴雨中心地带之一^[1]，在全国洪涝灾害10个等级划分中属于第6级^[2]，暴雨洪涝灾害造成的经济损失仅次于旱灾，目前过于内蒙古地区的暴雨洪涝灾害风险评价较少，且尺度较大^[3-4]，本文利用暴雨洪涝灾害风险分析及区划理论以及和林格尔县的自然环境、气候状况和社会经济水平状况建立评价指标体系和评价模型^[5-6]，对和林格尔县的暴雨洪涝灾害风险进行了区划分析，对该地区的暴雨洪涝灾害防灾减灾工作提供科学依据。

2. 数据来源与分析方法

2.1 数据来源

气象数据是内蒙古气象局提供的呼和浩特市7个气象站1983—2012年逐日降水数据；基础地理数据中和和林格尔县1:50000的DEM数据、行政区划图等由内蒙古自治区遥感与信息重点实验室提供；水系图是由自治区水文局提供；社会经济数据是有和林格尔县政府提供，包括各个乡镇的土地行政面积、年末总人口、耕地面积、GDP等；历史灾情数据来源于和林格尔县志以及1978—2004年和和林格尔县民政局统计的全县受灾人口、成灾面积、农业经济损失、直接经济损失等灾情数据。

2.2 分析方法

(1) 百分位数法。一种描述样本值在某百分位置中水平指标，多个百分位结合使用，可以更全面地描述资料的分布特征^[7-8]。

(2) GIS空间分析方法。主要是空间插值法和分类法，自然断点分级法是用统计公式来确定属性值的自然聚类，可以减少同一级中的差异、增加级间的差异^[9]。空间插值法将离散矢量点数据转换为连续的栅格数据，以便实现数据空间化式分析比较。

(3) 加权综合评价法。考虑各个具体指标对评价因子的影响程度，把各个指标因子栅格图层值与其对应的权重运算^[6,9]。

$$\sum_{i=1}^n Wi \cdot Di \tag{1}$$

(4) 层次分析法。该方法是一种定性与定量相结合的层次化分析方法^[10]，参照暴雨洪

涝灾害风险区划权重指标体系，通过权重层次分析法得到一级和二级指标因子的权重系数。一级因子权重和二级因子权重的一致性比值分别为：CR=(0.064、0.076、0.017、0.008、0)，均小于0.1，因此判别矩阵具有较好的一致性。

表1. 暴雨洪涝灾害指标因子权重表

一级因子	权重	二级因子	权重
致灾因子 H	0.4590	一级暴雨频次 H1	0.0527
		二级暴雨频次 H2	0.1054
		三级暴雨频次 H3	0.158
		四级暴雨频次 H4	0.2634
		五级暴雨频次 H5	0.4205
孕灾因子 E	0.2729	地形标准差 E1	0.5584
		河网密度 E2	0.3196
		植被覆盖度 E3	0.122
承灾因子 V	0.1744	人口密度 V1	0.5396
		地均GDP指标 V2	0.297
		耕地密度 V3	0.1634
防灾能力因子 R	0.0937	人均收入 R1	0.6667
		工程设施 R2	0.3333

(5) 暴雨洪涝灾害风险评估模型。暴雨洪涝灾害风险评估模型包括在孕灾环境敏感性、致灾因子危险性、承灾体易损性、防灾减灾能力等四个评估模型^[5-6]（见公式2-6等）。

$$FDRI=(Hwh)(Ewe)(Vwv)(1-R)wr \tag{2}$$

$$H=W_{H1} \cdot X_{H1}+W_{H2} \cdot X_{H2}+W_{H3} \cdot X_{H3}+W_{H4} \cdot X_{H4}+W_{H5} \cdot X_{H5} \tag{3}$$

$$E=W_{E1} \cdot X_{E1}+W_{E2} \cdot X_{E2}+(1-W_{E3}) \cdot X_{E3} \tag{4}$$

$$V=W_{V1} \cdot X_{V1}+W_{V2} \cdot X_{V2}+W_{V3} \cdot X_{V3}+W_{V4} \cdot X_{V4} \tag{5}$$

$$R=W_{R1} \cdot X_{R1}+W_{R2} \cdot X_{R2} \tag{6}$$

3 暴雨洪涝灾害风险分析及区划

3.1 致灾因子分析及区划

暴雨洪涝灾害致灾因子的危险性是指超过某强度的降水出现的概率或可能性。某一地区暴雨洪涝的危险性主要是由该地区暴雨天气发生的强度和频次决定的，一般是暴雨的强度越大和频次越高，所造成的损失越严重，风险也越大^[11]。干旱区和湿润区（多雨区和少雨区）产生暴雨灾害的降雨量划分不一，即具体的区域可根据本地区降雨情况确定适合本区域的暴雨灾害标准^[12-14]。

本文根据研究区日降雨量样本统计实际情况和气象局发布的标准^[6]，在对和林格尔县进行暴雨洪涝灾害风险分析时，将临界致灾雨

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

量定为 30mm。首先建立暴雨过程, 该过程为连续降水日数且至少有一天降水量 $\geq 30\text{mm}$, 然后统计 1993-2012 年间呼和浩特市 7 个气象站点 1 至 6 天(含 6 天以上)的暴雨过程降水量, 将过程降水量作为一个序列, 建立 1 至 6 天时间长度的 6 个降水过程序列, 然后再统计出每个序列的第 98、95、90、80 和 60 百分位数的降水量值, 利用五个位置百分位数的降水量值, 作为划分不同等级强度暴雨的界线值, 即为临界致灾雨量, 利用五个位置百分位数将暴雨强度分为 5 个等级^[15](如表 2); 再分别统计 1—6 天(及 6 天以上)各级暴雨强度发生的次数, 然后将不同时间长度的同级暴雨强度次数相加, 从而得到各级暴雨强度发生频次(如表 3), 再利用 GIS 空间分析能力, 绘制该地区的五个等级暴雨强度的频次空间分布图。

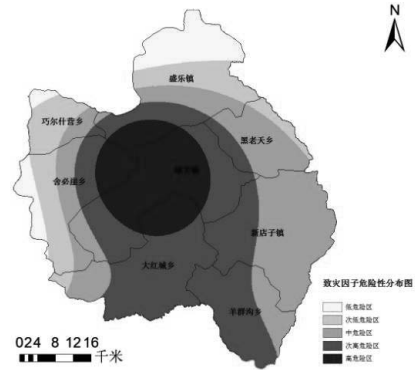


图 1. 和林格尔县致灾因子危险性分布图

表 2. 不同等级暴雨雨量范围(mm)

天数	1级暴雨	2级暴雨	3级暴雨	4级暴雨	5级暴雨	暴雨值(mm)
1	40.8 $\leq R < 48.5$	48.5 $\leq R < 66.6$	66.6 $\leq R < 75.1$	75.1 $\leq R < 84.7$	≥ 84.7	30
2	49.9 $\leq R < 63.3$	63.3 $\leq R < 78.1$	78.1 $\leq R < 86.1$	86.1 $\leq R < 99.2$	≥ 99.2	30
3	52.8 $\leq R < 76.2$	76.2 $\leq R < 101.7$	101.7 $\leq R < 119.2$	119.2 $\leq R < 128.9$	≥ 128.9	30
4	61.1 $\leq R < 70.2$	70.2 $\leq R < 75.1$	75.1 $\leq R < 76.5$	76.5 $\leq R < 79.3$	≥ 79.3	30
5	68.6 $\leq R < 83.0$	83.0 $\leq R < 87.0$	87.0 $\leq R < 92.7$	92.7 $\leq R < 99.9$	≥ 99.9	30
≥ 6	93.6 $\leq R <$ 114.8	114.8 $\leq R < 121.5$	121.5 $\leq R < 126.0$	126.0 $\leq R < 130.5$	≥ 130.5	30

表 2. 不同等级暴雨频率分布表(次)

站名	1级	2级	3级	4级	5级
和林格尔县	17	6	2	4	2
呼和浩特市	19	4	3	2	1
清水县	8	4	4	2	3
赛罕区	15	9	2	1	0
土左旗	9	6	3	1	4
托克托县	9	4	3	1	0
武川县	6	6	1	0	1

利用层次分析法所算出的不同等级暴雨强度对应的等级权重值和暴雨洪涝灾害致灾因子危险指数公式 2, 即利用加权综合评价法叠加 5 个等级暴雨强度频次分布图, 即可得到和林格尔县暴雨洪涝灾害的致灾因子风险分布图。如图 1 所示, 中部与南部的城关镇和大红城乡是高危险区与次高危险区, 北部和西部为次低与低危险区, 东部为中危险区。

3. 2 孕灾环境分析及区划

3.2.1 地形因素分析

地形与暴雨洪涝发生的危险性关系紧密, 地形对形成洪水的影响主要表现在地形高程及地形变化程度两个方面^[16], 地表高程越低和变化越小, 越容易汇集水流而发生洪水, 反之, 地形高程越高、变化越大则不易蓄水成灾。

依据高程和高程标准差越小, 对成灾的影响值越大, 越有利于形成洪涝原则。根据和林县实际高程和参照国家气象局发布的暴雨洪涝灾害技术规范。把和林格尔县的高程标准差分为三级, 高程分为四级(如表 4)。

表 4. 孕灾环境中地形因子影响度分布表

地形高程 (m)	地形标准差(m)		
	一级 ≤ 5	二级(5-15)	三级(≥ 15)
一级 ≤ 1100	0.9	0.8	0.7
二级 1100-1200	0.8	0.7	0.6
三级 1200-1400	0.7	0.6	0.5
四级 ≥ 1400	0.6	0.5	0.4

根据表中所描述的高程及高程标准差组合进行对该指标因子赋值, 根据表中确定的地形因子影响度分布表中的值对栅格图层进行赋值, 最终得到地形因子的孕灾环境影响度分布图。如图 2 所示, 地形因子高影响区和次高危险区主要分布在西北部, 次低影响区和低影响区则主要分布在城关镇东部、黑老夭乡、新店子镇南部的一部分和羊群乡南部。

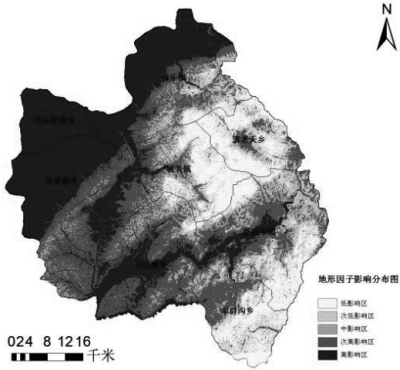


图2. 和林格尔县地形因子影响分布图

3.2.2 径流因素分析

本文通过对和林县水系纸质图进行扫描矢量化得到和林县的矢量水系图,在此基础上利用GIS格网计算河网密度,方法如下:用和林格尔县矢量边界生成网格,用生成的网格裁剪和林格尔县的水系矢量图,通过每个单位网格内的河流长度与网格面积之比得到单个网格的河流密度值,将所得值赋予网格中心点,再用值用克里金插值计算得到水系密度栅格分布图^[17]。

和林格尔县河网密度分布整体上与两大河流域保持一致,北部黑河流域和南部的浑河流域的乡镇是河网密度高的区域。其中高密度区主要分布在巧尔什营乡与舍必崖乡西部交界处、盛乐镇西部中部、大红城乡至新店子镇一带和羊沟群乡中南部,其余为中低密度区(见图3)。

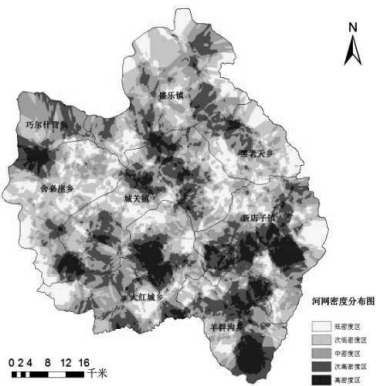


图3. 和林格尔县河网密度分布图

3.2.3 植被覆盖度分析

本文采用2014年8月20日的30米分辨率的TM影像,并对TM影像进行预处理(影像裁剪、投影转换)后计算植被覆盖度。本文采用较为实用和易操作的方法像元二分模型法^[18],常用的植被指数为NDVI,在NDVI基础上求算植被覆盖度。植被覆盖度公式:

$$fc = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s) \quad (7)$$

NDVI_v是取NDVI中的最大值,NDVI_s取最小值,即能利用公式计算出植被覆盖度。其中NDVI_v值取图像中最大NDVI值,NDVI_s值取为图像中的最小NDVI值。其中,而NDVI_v则纯植被像元的NDVI值,表示该区域全被植被所覆盖;NDVI_s是无植被像元的NDVI值,表示该区域无植被覆盖^[18]。计算得出NDVI_s=0.1575,NDVI_v=0.4469,利用公式7计算植被覆盖度分布图。

如图4所示,和林格尔县植被覆盖度分布区和次高分布区在巧尔什营乡、舍必崖乡、盛乐镇北部、黑老夭乡大部分和流经新店子镇及大红城乡的浑河河道地区,其余大部分多为中低分布区。

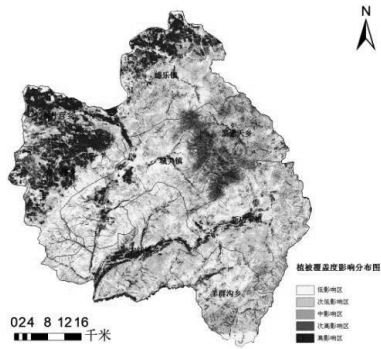


图4. 和林格尔县植被覆盖度分布图

3.2.4 孕灾环境敏感性风险区划

孕灾环境主要是指产生暴雨洪涝灾害的自然环境,包括地质、地形、植被、土壤、水系等^[5]。在本文中关于孕灾环境分析主要是针对下垫面中的地形、植被、河流等暴雨洪涝灾害孕灾环境主要的影响因素,而具体反映该三方面的状况和影响的指标分别是:地形标准差、河网密度、植被覆盖度。

利用暴雨洪涝灾害风险评价模型中的孕灾环境敏感性指数函数 $E = W_{E1} \cdot X_{E1} + W_{E2} \cdot X_{E2} + (1 - W_{E3}) \cdot X_{E3}$,得到和林格尔县孕灾环境敏感性分布图,并利用GIS中自然段点法将敏感

性指数高低分为五个等级的区域。如图 5 所示,和林格尔县西北部、北部小部分和南部的浑河流域是暴雨洪涝灾害的孕灾环境的次高和高敏感区,城关镇东部、盛乐镇南部、大红城乡和新店子镇的浑河以外部分、黑老天和羊群群北部及南部处于孕灾环境的中、低敏感区。

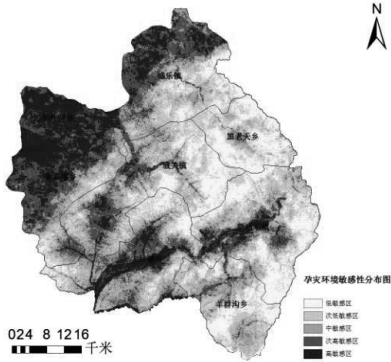


图 5. 和林格尔县孕灾环境敏感性分布图

3.3 承灾体脆弱性分析及区划

本文根据 2014 年和和林格尔县政府的社会经济统计数据为基础,主要包括各乡镇的行政面积、耕地面积、GDP 和年末总人口等(见表 5),在此基础上采用了人口密度、耕地密度(耕地比重)和地均 GDP 等三个因子作为承灾体易损性的评价指标^[19-21]。

和林格尔县暴雨洪涝灾害的承灾体脆弱性最高的是巧尔什营乡,舍必崖乡、盛乐镇和城关镇等属于承灾体次高脆弱性的乡镇,大红城乡、黑老天和新店子镇则属于中脆弱性和次低脆弱性乡镇,羊群沟乡是低脆弱区(见图 6)。

3.4 防灾减灾能力分析及区划

防灾减灾能力是指暴雨洪涝灾害危害区域应对灾害的抵御力和恢复力,一般包含防灾减灾的工程措施和非工程措施^[21]。本文选用

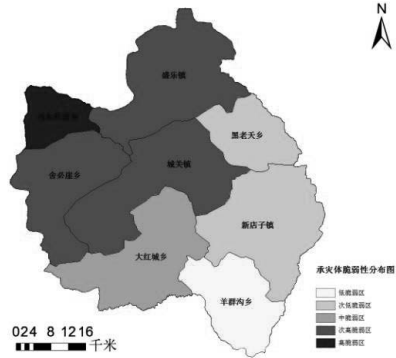


图 6. 和林格尔县承灾体脆弱性分布图

均 GDP 指标表示非工程措施里的防灾减灾能力大小,各个乡镇的雨量站和水库作为防灾减灾的工程措施指标来分析和和林格尔县的防灾减灾能力。其中,盛乐镇、新店子镇较高,黑老天和羊群沟乡最低(见图 7)。

4. 结论与讨论

4.1 结论

根据层次分析法得到的四个一级指标权重和暴雨洪涝灾害风险评价模型函数(公式 2), $FDRI=(Hwh)(Ewe)(Vwv)(1-R)wr$,得到和林格尔县暴雨洪涝灾害风险分布图,FDRI 值越高,代表暴雨洪涝灾害风险值越高。和林格尔县暴雨洪涝灾害的高风险城乡大部分和巧尔什营乡及舍必崖乡的东部一部分,中等危险区

表 5. 和林格尔县社会经济统计数据表

指标	人口密度 (人/ km ²)	耕地比重 (%)	地均 GDP (万元/ km ²)	人均 GDP (万元/ 人)	水库 (个)	雨量站(个)
城关镇	88.94	14%	187.76	2.11	1	3
盛乐镇	80.62	21%	209.08	2.59	1	5
新店子镇	31.48	10%	114.12	3.62	1	3
大红城乡	44.87	26%	149.40	3.33	0	2
舍必崖乡	80.37	34%	121.83	1.52	0	1
羊群沟乡	17.90	10%	7.38	0.41	0	0
黑老天和	44.75	21%	15.17	0.34	0	3
巧尔什营乡	113.10	33%	156.26	1.38	0	0

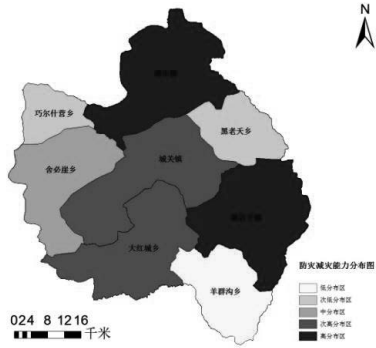


图 7. 和林格尔县防灾减灾能力分布图

在盛乐镇东部和新店子镇的大部分地区，次低危险区和低危险区主要分布在东南部的羊群沟乡和黑老夭乡（见图 8）。利用 GIS 统计功能统计出各个乡镇的不同风险等级的面积以及不同风险等级在各个乡镇的面积比例，如表 6 所示。各个乡镇的风险程度由高到低的综合排名是城关镇、大红城乡、舍必崖乡、巧尔什营乡、盛乐镇、新店子镇、黑老夭乡和羊群沟乡。

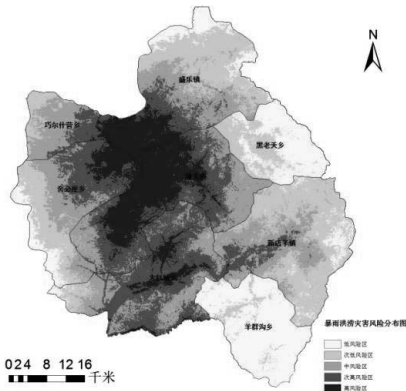


图 8. 和林格尔县暴雨洪涝风险区划图

根据和林格尔县民政部门提供的灾情数据和调查的结果，本县洪涝灾害损失严重和多发地区为流经的盛乐镇西部、城关镇的宝贝河（黑河支流）流域，另有西南部的大红城乡密令沟（浑河支流）。东部和东南部的乡镇则受洪涝灾害损失较小。这与本文的和林格尔县暴雨洪涝灾害风险分布图的结果基本一致，相关的分析也较合理科学。

4.2 讨论

和林格尔县城关镇和大红城乡的致灾因子指数值高于其他地方，暴雨发生的高和次高频次区；加上这两部分地区是丘陵与平原或河谷交错区，地形因素影响大，同时也是全县河网密度较大的两个乡镇，一旦发生暴雨极易汇集水流形成洪水；而北部相对于东部和东南部又是人口、经济、耕地密集区，承灾体脆弱性高；和林格尔县东部的风险性相对较低，其中南部的羊群沟乡、黑老夭乡风险性最低，整体上地形因子对暴雨洪涝的敏感度影响较小，东部是河流上游，河网密度不低西部，而植被覆盖度则相对西部较低，整体上东部的孕灾环境敏感性相对较低；东部耕地面积少，人口密度也低，乡镇经济产值较低，因此承灾体的脆弱性相对较低，综合分析东部的暴雨洪涝灾害风险指数值低于中部。

暴雨洪涝灾害的基本特性是自然属性和社会经济属性的双重体现，也是自然现象与人类活动作用的结果。其自然属性决定了暴雨洪涝灾害风险的客观性，因此加强对暴雨天气和暴雨量的监测和发布灾前预报和预警，以及通过多年暴雨时数记录，分析影响本区域暴雨发生的大尺度气团活动周期规律，对暴雨发生频次和强度进行长时间序列上的分析及预测。孕

表 6. 各个乡镇不同风险等级的面积比例 (%)

等级	乡镇	城关镇	盛乐镇	羊群沟乡	大红城乡	新店子镇	黑老夭乡	舍必崖乡	巧尔什营乡
低风险区		0.00%	10.37%	90.65%	1.13%	6.48%	62.85%	10.07%	0.00%
次低风险区		0.49%	36.43%	8.96%	5.40%	55.97%	36.53%	25.66%	21.49%
中风险区		24.89%	23.00%	0.39%	29.90%	29.24%	0.62%	26.30%	53.06%
次高风险区		36.33%	12.07%	0.00%	54.00%	8.31%	0.00%	25.31%	23.29%
高风险区		38.28%	18.13%	0.00%	9.57%	0.00%	0.00%	12.66%	2.16%

灾环境要素中的地形、植被和河网虽然也都是客观的,但在小区域内人类活动长期影响下都可以明显改变,挖河毁林、围垦河渠、侵占河道等活动都会加重了本区域下垫面环境对洪涝灾害的敏感性。在不能避免暴雨洪涝灾害情况下,加强对暴雨天气的站点监测、防洪水库的维护和管理以及对洪涝灾害高风险区的泄洪渠、河道沿岸的土地利用规划与监管是减轻本区域灾损的有效途径之一。

参考文献

- [1]杨崇秀.内蒙古气象灾害应急管理研究.内蒙古大学,2013.
- [2]史培军.中国自然灾害风险图集.北京:科学出版社,2011.
- [3]赵霞,王平,龚亚丽,谭瑾,李向荣,任毅.基于GIS的内蒙古中部区域洪水灾害风险评价.北京师范大学学报(自然科学版),2007,06:666-669.
- [4]李喜仓.基于GIS技术的内蒙古地区暴雨洪涝灾害风险区划及评估研究.干旱区资源与环境,2012,26(7):71-77.
- [5]张继权,李宁.气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用.北京:北京师范大学出版社,2007.
- [6]暴雨洪涝灾害风险区划技术规范.2009.
- [7]孙建霞.基于GIS和RS技术的吉林省暴雨洪涝灾害风险评价.东北师范大学,2010.
- [8]王清川,寿绍文,许敏,张绍恢.廊坊市暴雨洪涝灾害风险评估与区划.干旱气象,2010,04:475-482.
- [9]黄懿,代春梅.基于GIS技术的乐山市暴雨洪涝灾害风险区划研究.高原山地气象研究,2014,01:62-67.
- [10]邓雪,李家铭,曾浩健,陈俊羊,赵俊峰.层次分析法权重计算方法分析及其应用研究.数学的实践与认识,2012,07:93-100.
- [11]于文金.基于GIS的太湖流域暴雨洪涝灾害风险量化研究.灾害学2011,26(4):1-7.
- [12]范兴科,吴普特,冯浩.暴雨的判定方法和评价指标.中国水土保持科学,2003,03:72-75.
- [13]王慧,毛炜峰,李元鹏,余行杰,白素琴.新疆易灾暴雨的风险区划.冰川冻土,2011,06:1407-1413.
- [14]黄建平,冉津江,季明霞.中国干旱半干旱区洪涝灾害的初步分析.气象学报,2014,06:1096-1107.
- [15]侯淑梅,郝家学,仲光鬼,万文龙,李玉平,林杰星,李建明.东营市河口区暴雨洪涝灾害风险区划初步分析.暴雨灾害,2011,03:260-265.
- [16]叶金玉.基于GIS的闽江流域洪灾风险分析与区划研究.福建师范大学,2003.
- [17]王清川,寿绍文,许敏,张绍恢.廊坊市暴雨洪涝灾害风险评估与区划.干旱气象,2010,04:475-482.
- [18]高雁,刘蜀鄂,雷琳.洱海流域植被覆盖度遥感估算与变化分析.林业调查规划,2011,06:10-12+16.
- [19]朱晓晨,高场,高佳琦,李钢,唐会荣.基于GIS的区县级暴雨洪涝风险评估方法.热带地理,2014,05:704-711.
- [20]谢五三,田红,温华洋.基于GIS的安徽省暴雨洪涝风险区划研究见:第26届中国气象学会年会气象灾害与社会和谐分会场论文集.杭州,2009:10.
- [21]K.H. Drager. TIEMS DREVS Initiative: disaster resilience establishment for vulnerable societies. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2014, 4(3): 133-140.