



唐丽媛,赵映慧,张慧.基于GIS的三江平原农业洪涝灾害风险评估模型[J].黑龙江农业科学,2023(9):98-104.

基于GIS的三江平原农业洪涝灾害风险评估模型

唐丽媛,赵映慧,张 慧

(东北农业大学 公共管理与法学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:为促进三江平原地区防洪设施建设,降低因洪涝灾害导致的农业损失,建立灾害风险评估模型,划定灾害风险等级,提出因地制宜的防灾措施建议。综合2010—2020年三江平原地区的水文、地理、气象及社会经济等数据资料,构建农业洪涝灾害风险评估指标体系,利用层次分析法、加权几何平均法得出风险评估值,结合ArcGIS划定县域维度的洪涝风险等级分区并进行风险评估区划。结果表明,三江平原西部致灾因子危险性较低,承灾体易损性由东北到西南降低;三江平原孕灾环境敏感性在西南方向较高,东北方向较低,防灾减灾能力普遍较弱。三江平原地区农业洪涝灾害综合风险等级中部较低,东部和西部较高。基于致灾因子、承灾体、孕灾环境三方面的考量,提出洪涝灾害应对措施。通过建立三江平原农业洪涝灾害风险指标体系,利用空间分析模型划定三江平原农业洪涝灾害风险等级,依据风险区划结果为当地政府抗洪措施提供决策参考。

关键词:农业洪涝灾害;灾害风险评估;三江平原

洪涝灾害是洪灾、涝灾和湿害的总称,经常在春、夏、秋三季发生,具有明显季节性特征^[1-2]。农业洪涝灾害重在强调对农业生产生活的影响,如农作物、农田及农业水利设施等。防范农业洪涝灾害,建立农业防灾体系,对于国家粮食安全的保障很重要^[3-4]。长期以来,国内外学者对农业洪涝灾害风险评估研究非常重视,已建立多种评估方法^[5-8]。目前常用的风险评估方法是模型评价,基于研究地区数十年的洪涝灾害相关数据,将其分类并纳入相应的风险组成因子,然后确立权重,依据模型对研究地区进行风险评估^[9-11]。周成虎等^[12]提出洪涝灾害风险区划指标模型,选取触发因子、区域经济状况因子与下垫面因子建立洪灾风险指标体系。张行南等^[13]分别从地形、气象与地表径流三大洪涝灾害影响因素,绘制我国洪水危险程度区划图。魏一鸣等^[14]将易损性评价与危险性评价纳入风险评估体系之中,然而未考虑防灾减灾能力。农业灾害风险评估中采用多源数据和多样评价方法,导致评估具有明显的区域差异性^[15-17];而ArcGIS在数据分析和空间分析方面能够发挥重要作用^[18],基于GIS开展农业洪涝灾

害风险评估,能够推动评估结果更精准,更有利于洪涝灾害防范。在风险评估模型建立中,基于致灾因子与孕灾环境建立指标体系的较多,而基于承灾体与防灾减灾能力建立指标体系的较少。三江平原地处黑龙江省东部,作为我国重要的商品粮基地,对我国粮食安全意义重大,且当地受自然环境影响极易发生积水性洪涝灾害,但针对三江平原的洪涝灾害风险评估研究不足。本文从致灾因子、承灾体、孕灾环境及防灾减灾能力4个方面建立评估指标体系,以县为评估单元,对三江平原地区农业洪涝进行风险评估并进行区划,期望为当地科学应对农业洪涝灾害及防灾减灾提供理论参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

三江平原地区农业洪涝灾害风险评估数据包括四类:(1)暴雨数据来源于《黑龙江暴雨统计参数图集》和中国气象数据网。(2)DEM数字高程数据,三江平原高程数据来源于地理空间数据云。(3)土地利用及土壤结构数据:地理空间数据云、二调土壤数据库。(4)统计数据:三江平原各县市人口、经济等统计数据来源于《黑龙江统计年鉴》。

1.2 农业洪涝灾害风险评估指标体系

从致灾因子(U1)、承灾体(U2)、孕灾环境(U3)及防灾减灾能力(U4)4个方面构建农业洪涝灾害评估指标体系(表1)。本文综合直接致灾因子与间接致灾因子两方面,为反映暴雨强度与河流蓄水能力,选取年降水量(U11)、径流

收稿日期:2023-03-17

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项“黑土地保护与利用科技创新工程”(XDA28000000);东北农业大学2023年大学生SIPT创新创业训练计划省级指导项目(S2023-10224061)。

第一作者:唐丽媛(2002—),女,本科生,专业方向为农业灾害评估。E-mail:Tangliyuan_work11@163.com。

通信作者:赵映慧(1976—),男,博士,副教授,从事城市与区域发展研究。E-mail:397168670@qq.com。

(U12)、暴雨频率(U13)作为致灾因子危险性评价指标,以上 3 项为效益型指标;与洪涝灾害相比,农业洪涝灾害以农业状态承灾体为重点,在此选取农村人口占比(U21)、农用地占比(U22)以及粮食总产量(U23)为承灾体易损性评价指标,反映了当地农业暴露度,以上 3 项指标均与暴露度呈正比关系,且为效益型指标;由于三江平原地势低洼、土壤湿度高,排水不畅等自然条件特征,选取地形高程(U31)、植被覆盖度(U32)、河网密度(U33)为孕灾环境敏感性指标,以上指标为效益型指标,反映了农业洪涝灾害类型;为反映当地对农业洪涝灾害应急能力与防灾抗灾能力,选取农村人均可支配收入(U41)、卫生机构数量(U42)作为防灾减灾能力评价指标,以上两项指标为成本型指标。

表 1 农业洪涝灾害风险评估指标权重			
目标层	因子层	指标层	权重
农业洪涝 灾害风险	致灾因子危险性	年降水量/mm	0.30
		径流/m	0.16
		暴雨频率	0.54
	承灾体易损性	农村人口占比	0.22
		农用地占比	0.24
		粮食总产量/万 t	0.54
	孕灾环境敏感性	地形高程/m	0.28
		植被覆盖度	0.26
		河网密度/(km·km ⁻²)	0.46
	防灾减灾能力	农村人均可支配收入/元	0.40
		卫生机构数量/个	0.60

1.3 权重的确定

层次分析法(Analytic Hierarchy Process)是一种定性定量相结合的分析方法,其原理是依据专家经验对指标重要度进行打分,以构建判断矩阵,进行层次排序,进而求得矩阵特征值与特征向量,最后对判断矩阵计算一致性比率来进行一致性检验,最终得到各指标权重。

农业洪涝灾害评估系统复杂多样,本文采用层次分析法确定指标权重。在致灾因子危险性因子层(U1)中,由于三江平原年总降水量较大,且四季分配不均,极易引发春涝、夏涝,因此暴雨频率(U13)权重最高;三江平原是我国首要商品粮基地,其粮食年产量对粮食安全影响较大,使农业生产暴露度高,因此在承灾体易损性因子层(U2)中粮食总产量(U23)权重最高;在孕灾环境敏感

性因子层(U3)中,结合暴雨强度、降水量大小等洪涝灾害致灾因子,在河网密度较高区域,河道流量超负荷,易引发洪灾,威胁当地农业生产,故河网密度(U33)权重最高;充足的卫生机构数量对受灾群众的医疗救治及灾后防疫起重要保障作用,降低灾害对当地的民生损失,因此在防灾减灾能力因子层(U4)中,卫生机构数量(U42)权重最高。各评估指标权重值详见表 1。

1.4 风险评估值的计算

利用加权几何平均法计算三江平原各县相应的风险因子以及综合风险因子的风险评估值,设 n 为评估对象数量, m 为评估指标数量, X_{ij} 为第 i 个样本的第 j 个指标数据, r_{ij}^{+} 为第 i 个样本的第 j 个指标的效益型无量纲化数据, r_{ij}^{-} 为第 i 个样本的第 j 个指标的成本型无量纲化数据, $WGA_{w(r_1, r_2, \dots, r_n)}$ 表示被评估对象的风险评估值, w_i 为第 i 个样本的指标权重。首先对数据进行无量纲化处理,然后效益型和成本型数据分别应用公式(1)和(2)计算^[19],最后采用公式(3)计算风险评估值。

$$r_{ij}^{+} = \frac{X_{ij}}{\max(X_{ij})}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$
$$j$$

(1)

$$\max(X_{ij})$$
$$r_{ij}^{-} = \frac{j}{X_{ij}}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

(2)

$$WGA_{w(r_1, r_2, \dots, r_n)} = \prod_{i=1}^n r_i^{w_i}$$

(3)

1.5 数据分析

将各类指标在 2010—2020 年间的总数据导入 Excel 2017 中计算平均值,并取每个指标的平均值为代表,进行后续数据分析处理。

2 结果与分析

2.1 三江平原各县一级指标风险评估值

根据公式(1)~(3)计算得出三江平原各县级行政单元的致灾因子危险值(U1)、承灾体易损值(U2)、孕灾环境敏感值(U3)与防灾减灾能力值(U4)。由表 2 可知,饶河县、抚远市、勃利县、梨树区和新兴区的致灾因子危险值(U1)排前五,其中饶河县因当地径流较其他区域长且年均降雨总量与暴雨频率均位于前列,致使其致灾因子危险值(U1)最高;从承灾体易损值(U2)看,富锦市、虎林市、密山市、同江市和宝清县位于前五,富锦市地处三江平原腹地,是农业生产的重点县,因其

农用地与农村人口占比较高,年均粮食总产量最高,因而当地农业暴露度大,承灾体易损性最高。麻山区、滴道区、向阳区(鹤岗市)、恒山区和鸡冠区的孕灾环境(U3)位于前五,其中麻山区地形复杂起伏较大,且其河网密度较大植被较少,极易形成下坡雨,进而带来泥石流等次生灾害,孕灾环境敏感性最高。从防灾减灾能力(U4)看,U4 选取

农村人均可支配收入(U41)和卫生机构数量(U42)两项成本型指标作为评价指标,所以 U4 值越高,防灾减灾能力越弱,具体为兴山区最弱,向阳区(佳木斯市)、尖山区、鸡冠区和滴道区也很弱。兴山区农村人均可支配收入较低且卫生机构数量较其他区域少,因而政府对防灾减灾费用支出能力较低,医疗水平欠佳,防灾减灾能力弱。

表 2 三江平原各县(市、区)域一级指标风险评估值

地区	U1	U2	U3	U4	地区	U1	U2	U3	U4	地区	U1	U2	U3	U4
东山区	0.7019	0.0792	0.1620	0.7661	梨树区	0.8865	0.0725	0.3166	0.6266	茄子河区	0.8284	0.1062	0.1320	0.3559
工农区	0.6951	0.0823	0.1635	0.7829	麻山区	0.7760	0.0983	0.5054	0.8057	桃山区	0.8276	0.0993	0.2125	0.5772
萝北县	0.7168	0.4918	0.1821	0.2299	密山市	0.6548	0.6899	0.1865	0.1825	新兴区	0.8487	0.0734	0.1927	0.3683
南山区	0.6881	0.0708	0.1803	0.4929	东风区	0.5491	0.0937	0.2456	0.6235	宝清县	0.6945	0.5783	0.1533	0.1988
绥滨县	0.6389	0.5370	0.1518	0.2957	抚远市	0.9356	0.5288	0.1568	0.3520	宝山区	0.6803	0.0745	0.1596	0.7873
向阳区 (鹤岗市)	0.6939	0.0876	0.5925	0.6546	富锦市	0.6302	0.8890	0.1162	0.1887	集贤县	0.5951	0.3888	0.0983	0.1813
兴安区	0.6819	0.0867	0.1979	0.6939	桦川县	0.5831	0.4721	0.1166	0.6573	尖山区	0.5962	0.0751	0.1820	0.8954
兴山区	0.6935	0.0821	0.1882	0.9568	桦南县	0.5728	0.5360	0.1668	0.1906	岭东区	0.7951	0.0801	0.1786	0.5265
城子河区	0.6629	0.0711	0.2269	0.7613	郊区	0.5297	0.3490	0.1816	0.6437	饶河县	0.9732	0.4733	0.1653	0.3170
滴道区	0.6495	0.1002	0.5089	0.8182	前进区	0.5534	0.1083	0.1628	0.7050	四方台区	0.7971	0.0765	0.1621	0.5514
恒山区	0.6685	0.0787	0.3759	0.5821	汤原县	0.5417	0.4026	0.2088	0.3050	友谊县	0.5490	0.4035	0.0746	0.3125
虎林市	0.7787	0.7467	0.1680	0.2287	同江市	0.7906	0.6858	0.1336	0.4042	依兰县	0.7413	0.5448	0.2119	0.7507
鸡东县	0.6781	0.4340	0.1995	0.1950	向阳区 (佳木斯市)	0.5257	0.0973	0.3031	0.8992	穆棱市	0.8066	0.2477	0.3139	0.1913
鸡冠区	0.6565	0.0840	0.3742	0.8899	勃利县	0.9240	0.3397	0.1460	0.2364					

2.2 三江平原各县一级指标风险评估

分别将各致灾因子(U1)、承灾体(U2)、孕灾环境(U3)及防灾减灾能力(U4)风险评估值导入 ArcGIS,利用自然断点分级法,对致灾因子危险性、承灾体易损性、孕灾环境敏感性与防灾减灾能力值划定风险等级:高、较高、中、较低、低,并绘制三江平原农业洪涝灾害风险区划图(图 1)。

2.2.1 致灾因子危险等级区划 由图 1a 可知,致灾因子高危险性区域主要分布在三江平原东部以及西北部的勃利县、梨树区;较高危险性区域主要分布在三江平原东部地区的同江市、虎林市,中部的四方台区、岭东区,以及西南部的新兴区、茄子河区、桃山区、麻山区和穆棱市;中危险性区域主要分布在三江平原的西北部、西部的前进区和依兰县、中部的宝山区、宝清县以及南部的鸡东县;较低危险性区域主要分布在北部地区的绥滨县、富锦市以及南部的密山市、滴道区、城子河区、鸡冠区和恒山区;而低危险性区域主要分布在除前进区外的西部。总体而言,三江平原致灾因子危险性自西部向东部增加,南部高于西北部。

2.2.2 承灾体易损等级区划 由图 1b 可知,承灾体高易损区域主要分布在三江平原东部的同江市、富锦市、虎林市与密山市;较高易损区域主要分布在三江平原北部的萝北县、绥滨县和桦川县,西部的依兰县、桦南县以及东部的抚远市、饶河县与宝清县;承灾体中易损区域主要分布在中部的集贤县、友谊县,西部的汤原县、向阳区(佳木斯市)以及南部的穆棱市、鸡东县和勃利县;较低易损区域主要分布在中南部的茄子河区、桃山区、滴道区与麻山区,西部的前进区、东风区;而低易损区域主要分布在西部的东山区、兴山区、南山区、兴安区和郊区,中部的尖山区、四方台区、岭东区、新兴区与宝山区,南部的梨树区、恒山区、鸡冠区和城子河区。整体看,三江平原承灾体易损性普遍较高、东部地区较西部地区易损。

2.2.3 孕灾环境敏感等级区划 由图 1c 可知,三江平原孕灾环境敏感性在西南方向较高,东北方向较低。孕灾环境高敏感区域主要分布于三江平原南部的滴道区和麻山区;较高敏感区域主要分布在南部;孕灾环境中敏感区域主要分布在西

部的依兰县、汤原县与兴安区以及中南部的新兴区、桃山区、鸡东县与城子河区;较低敏感区域主要分布在三江平原北部的萝北县、绥滨县、东山区、南山区,以及东部大部分地区 and 桦南县、勃利

县等地;低敏感区域主要分布在北部和中南部的茄子河区。总之,三江平原孕灾环境敏感性呈自北向南增加。

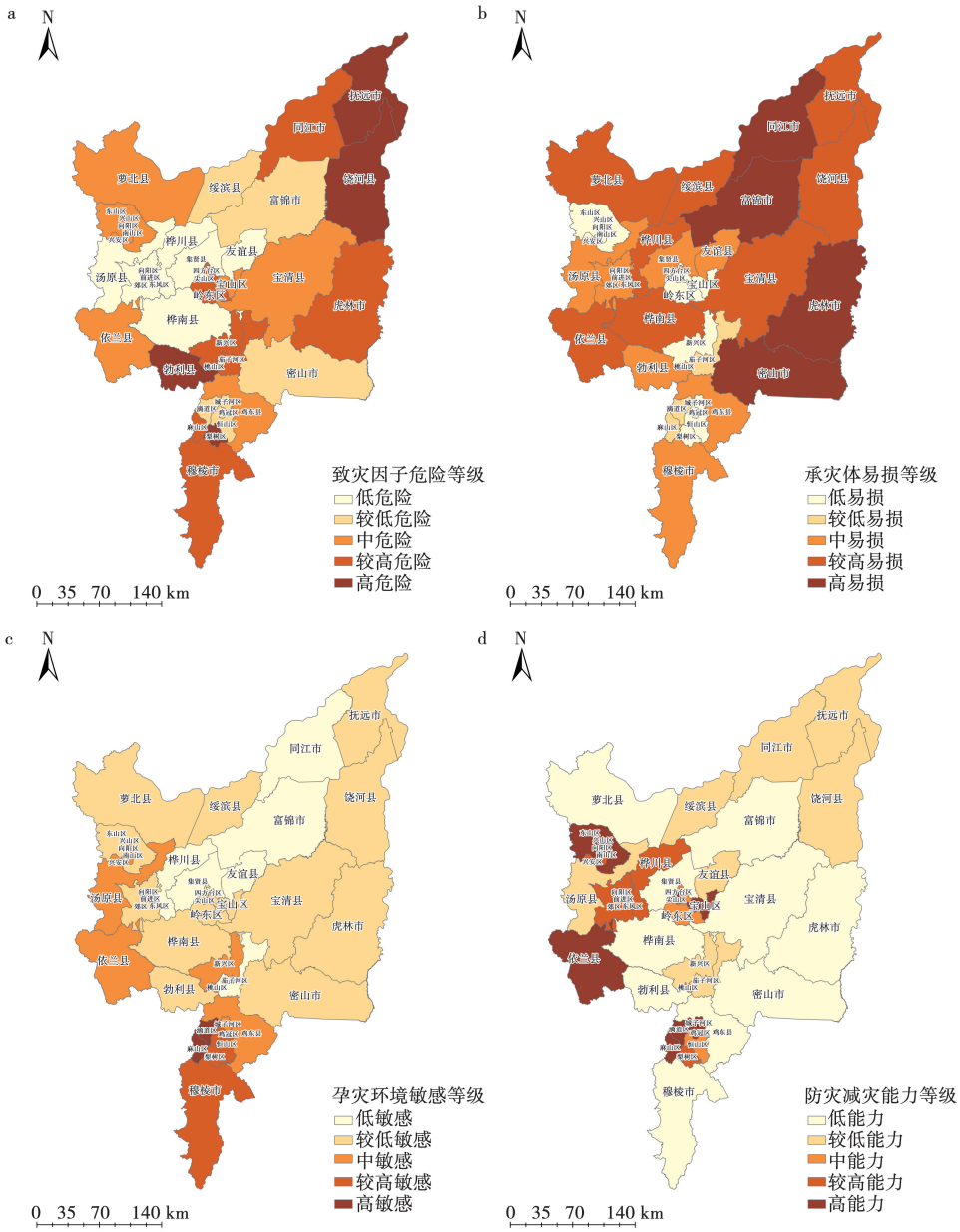


图 1 三江平原各县(市、区)一级指标风险区划图

2.2.4 防灾减灾能力值区划 由图 1d 可得,防灾减灾能力高的区域主要分布在三江平原北部的萝北县、富锦市和集贤县,中部的桦南县、宝清县,西南部的勃利县、鸡东县和穆棱市,以及东南部的虎林市与密山市;防灾减灾能力较高的主要为三江平原东北部的抚远市、同江市、饶河县与绥滨县,西部的汤原县以及中部的友谊县、新兴区与茄

子河区;防灾减灾能力“中等”的区域主要分布在三江平原中部的四方台区、岭东区,以及南部的恒山区与桃山区;防灾减灾能力较低的主要分布在三江平原南部的梨山区,西部的兴安区、桦川县、向阳区(佳木斯市)、郊区等;而防灾减灾能力低的区域主要分布在三江平原中部的尖山区、宝山区,西部的依兰县、东山区、兴山区等,以及南部的麻

山区、滴道区、鸡冠区与城子河区。总体看，三江平原防灾减灾能力中东部比西部高。

2.3 三江平原各县农业洪涝灾害综合风险评估

将表 2 数据利用公式(3)计算得出三江平原各县农业洪涝灾害综合风险评估值(表 3)。将表 3 数据导入 ArcGIS,利用自然断点分级法,对农业洪涝灾害划定综合风险等级:高风险、较高风险、中风险、较低风险、低风险。并绘制三江平原农业洪涝灾害综合风险区划图(图 2)。

表 3 三江平原各县(市、区)域农业洪涝灾害综合风险评估值

地区	WGA	地区	WGA
东山区	0.3414	桦南县	0.3956
工农区	0.3324	郊区	0.4011
萝北县	0.4511	前进区	0.3203
南山区	0.4412	汤原县	0.3983
绥滨县	0.4286	同江市	0.5035
向阳区(鹤岗市)	0.4418	向阳区(佳木斯市)	0.3546
兴安区	0.3531	勃利县	0.4564
兴山区	0.3516	茄子河区	0.3496
城子河区	0.3471	桃山区	0.3980
滴道区	0.4356	新兴区	0.3557
恒山区	0.3830	宝清县	0.4367
虎林市	0.5027	宝山区	0.3319
鸡东县	0.4287	集贤县	0.3385
鸡冠区	0.4009	尖山区	0.3236
梨树区	0.4224	岭东区	0.3577
麻山区	0.4729	饶河县	0.5283
密山市	0.4530	四方台区	0.5102
东风区	0.3325	友谊县	0.3273
抚远市	0.5296	依兰县	0.5433
富锦市	0.4267	穆棱市	0.4567
桦川县	0.4100		

由图 2 可知,从三江平原各县级单元的农业洪涝灾害综合风险评估值看,三江平原风险呈中部较低,东部、西部较高的总体态势。风险高的区域主要分布于三江平原西部的依兰县,中部的四方台区,以及东部的抚远市、同江市、饶河县与虎林市;较高的区域主要分布于北部的萝北县、绥滨县,南部的穆棱市、梨树区、麻山区、滴道区、勃利县以及鸡东县和密山市,东部的富锦市、宝清县;中等的区域主要分布于西部的汤原县、桦川县、桦南县、郊区等,南部的桃山区、鸡冠区和恒山区;较

低风险的区域主要分布在中部的岭东区、新兴区与茄子河区等,西北部的东山区、兴山区、兴安区,以及南部的城子河区;低风险区主要分布在三江平原中部的集贤县、友谊县、尖山区和宝山区,以及中西部的东风区与前进区。整体看,三江平原农业洪涝灾害综合风险呈现由东部和西部向中部降低,而东部整体上又高于西部。

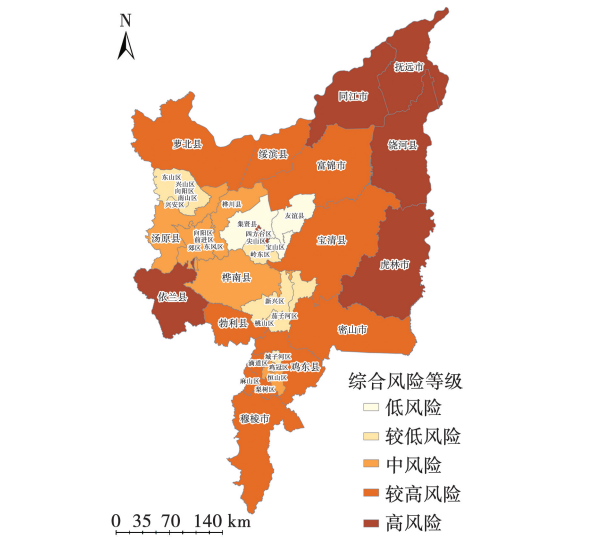


图 2 三江平原各县(市、区)农业洪涝灾害综合风险区划图

3 讨论

洪涝是三江平原的主要气象灾害之一,对当地农业生产造成严重威胁。本研究从致灾因子危险性、承灾体易损性、孕灾环境敏感性、防灾减灾能力 4 个方面建立风险评价模型,对三江平原农业洪涝灾害进行风险评价。目前对三江平原农业洪涝灾害风险评估的相关研究尚有空白,本研究在吴娟^[20]建立的评估模型从灾害的危险性、暴露性、脆弱性 3 个方面的基础上进行延申扩展,并增加了防灾减灾能力合并讨论,同时,选取了与前人不同的各级评价指标因子进行评估模型构建,更为全面;同时本研究在 AHP 基础上结合 WGA 算子计算农业洪涝灾害的各类风险因子以及各县综合风险评估值,进行综合等级风险评估分析;本研究建立的洪涝灾害评估模型是基于 GIS 进行实现,同时利用 GIS 空间分析优势,基于数据分析绘制出了三江平原各类指标风险区划图与农业洪涝灾害综合风险区划图,实现了结果可视化。

总之,县域级农业洪涝灾害风险区划是一个复杂综合的模型构建,其影响因素多样,包括了自

然因子与农业经济发展结构、社会环境演变等方面。农业作为人类必不可少的生产要素,影响着自然环境与栖息地,二者相辅相成、相互依存,当下的农业灾害风险评估研究,既为保障农业生产效率的提高,更是对人与自然和谐共生的讨论。本研究建立的评估模型仅是对三江平原农业洪涝灾害风险评估研究的一次尝试,在模型使用上仍存有不足,一是气象变化受到多种因素影响,单一使用 GIS 栅格数据图层进行分析,难以保证风险评估的全面性;二是未能体现出风险在时间维度的动态变化过程。因此后续有待对本研究建立的评估模型进行完善,并补充更为全面细致的模型评价相关研究。

4 结论与建议

4.1 结论

本文从致灾因子危险性、承灾体易损性、孕灾环境敏感性与防灾减灾能力 4 个方面,建立农业洪涝风险评估指标体系,根据评估结果进行风险分级,结果显示三江平原的致灾因子危险性自西部至东部逐渐增加;整体上看三江平原东部承灾体易损性比西部高;孕灾环境敏感性自三江平原西南部向东北降低;防灾减灾能力在三江平原中东部地区普遍较高,西部较东部的防灾减灾能力高。三江平原地区农业洪涝灾害综合风险呈中部较低,东部、西部较高的总体态势,从县级单元看,依兰县、抚远市等综合风险高;穆稜市、勃利县等较高,佳木斯市的郊区和鸡西市的鸡冠区等为中等风险;较低的有岭东区、新兴区等;低的包括集贤县、东风区等。

4.2 建议

根据三江平原各县农业洪涝灾害综合风险评估结果,对农业洪涝灾害高风险的依兰、抚远等县市,夏季需要防范强降雨引发的洪涝,完善农田水利建设,增强农业防灾减灾能力。致灾因子危险性高的饶河等县市,需加强对乌苏里江等河道治理、堤坝建设,增强支流对强降雨的容纳能力,减少致灾因子的影响。承灾体易损性高的富锦等县市,应提高农田除涝能力,降低农业暴露度。孕灾环境敏感性最高的鸡西市麻山区等区县,地形复杂起伏较大,需要防范泥石流等灾害。防灾减灾能力弱的鹤岗市兴山区等区县,需要促进乡村发展,提高农民收入,增加县级政府防灾减灾费用预算。

参考文献:

- [1] 霍治国,范雨娴,杨建莹,等. 中国农业洪涝灾害研究进展[J]. 应用气象学报,2017,28(6):641-653.
- [2] 傅永超,朱宇蓉,马俊卿. 基于 GIS 的海北州祁连县暴雨灾害风险评估[J]. 农业灾害研究,2022,12(10):49-51.
- [3] 宋怡轩,何永青,陈晋. 基于 GIS 的四川省暴雨洪涝灾害风险评估[J]. 绿色科技,2022,24(18):33-37.
- [4] MADI M, HAFNAOUI M A, HACHEMI A. Risk evaluation and mitigation against flood danger in an arid environment. A case study (El Bayadh region, Algeria)[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2023, 195(2):280.
- [5] 林奕晨,周鹏,潘悦,等. 荆州市洪涝灾害影响因子探究及风险评估:基于随机森林和 XGBoost 算法[J]. 中国农村水利水电,2022(6):125-132.
- [6] 卢舒婷,吴洁,周思宇,等. 基于 AHP-模糊数学法洪涝灾害风险评估[J]. 工业安全与环保,2022,48(1):50-54.
- [7] 程朋根,黄毅. 基于 AHP-熵权法的南昌市洪涝风险评估[J]. 人民长江,2021,52(10):18-25.
- [8] LIM K Y, FOO K Y. Hazard identification and risk assessment of the organic, inorganic and microbial contaminants in the surface water after the high magnitude of flood event[J]. Environment International, 2021, 157:106851.
- [9] 刘隽. 暴雨洪涝灾害风险治理研究[J]. 安全与健康,2021(8):51-60,64.
- [10] 刘嘉伟,郭兵,袁梦,等. 基于遥感与 GIS 的潍坊市洪涝灾害风险区划评估[J]. 亚热带水土保持,2019,31(3):25-29.
- [11] 黄国如,李碧琦. 基于模糊综合评价的深圳市暴雨洪涝风险评估[J]. 水资源与水工程学报,2021,32(1):1-6.
- [12] 周成虎,万庆,黄诗峰,等. 基于 GIS 的洪水灾害风险区划研究[J]. 地理学报,2000(1):15-24.
- [13] 张行南,罗健,陈雷,等. 中国洪水灾害危险程度区划[J]. 水利学报,2000(3):3-9.
- [14] 魏一鸣,金菊良,周成虎,等. 洪水灾害评估体系研究[J]. 灾害学,1997(3):1-5.
- [15] 李超超,田军仓,申若竹. 洪涝灾害风险评估研究进展[J]. 灾害学,2020,35(3):131-136.
- [16] 吴舒祺,赵文吉,王志恒,等. 基于 GIS 的洪涝灾害风险评估及区划:以浙江省为例[J]. 中国农村水利水电,2020(6):51-57.
- [17] 解文欢,张有智,刘述彬. 农业洪涝灾害研究进展[J]. 中国农业资源与区划,2020,41(1):204-211.
- [18] 申海燕,陈妍哲,张盈. 基于层次分析-模糊综合评价法对城市内涝风险评估研究[J]. 科技资讯,2020,18(2):192-193.
- [19] 张丽媛,杨文通. 基于 WGA 算子-熵权法的农业洪涝灾害风险评估:以潍坊市为例[J]. 中国农业资源与区划,2022,43(8):180-188.
- [20] 吴娟. 基于 GIS 的哈尔滨农业暴雨洪涝灾害风险等级评估[J]. 山西农经,2021(11):163-164.

GIS-Based Risk Assessment Model of Agricultural Flood Disaster in Sanjiang Plain

TANG Liyuan, ZHAO Yinghui, ZHANG Hui

(Public Administration and Law School, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: To facilitate flood control facilities construction in the Sanjiang Plain Region and mitigate agricultural losses caused by flooding disasters, we established a comprehensive disaster risk assessment model. This model aimed to delineate specific disaster risk levels and recommend region-tailored disaster prevention measures. To construct the agricultural flood disaster risk assessment index system, we incorporated data spanning from 2010 to 2020, covering hydrological, geographical, meteorological, and socio-economic aspects of the Sanjiang Plain Region. The risk assessment values were determined using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Weighted Geometric Mean Method. Additionally, ArcGIS was employed to partition the flood risk levels at the county level and conduct risk assessment zoning. Our findings indicated that the hazard risk was relatively low in the western part of the Sanjiang Plain. Vulnerability of disaster-receiving bodies decreased from the northeast to the southwest. Furthermore, disaster-prone environments demonstrated higher susceptibility in the southwest direction compared to the northeast. Overall, the region exhibited weak disaster prevention and mitigation capabilities. The comprehensive risk level of agricultural flood disasters was relatively low in the central part of the Sanjiang Plain, while it was higher in the eastern and western regions. Based on a thorough analysis of causative factors, disaster-receiving bodies, and disaster-prone environments, we proposed flood disaster response measures. By establishing the agricultural flood disaster risk index system and employing spatial analysis models to outline the risk levels, the results of flood risk zoning serve as valuable theoretical references for local government decision-making regarding flood control measures in the Sanjiang Plain Region.

Keywords: agricultural flood disaster; disaster risk assessment; Sanjiang Plain

(上接第 90 页)

Analysis on the Design of Fecal Storage Capacity and Supporting Consumption Area in Large-Scale Beef Farms

DING Xinying, HAN Yongsheng, ZHANG Shufen, FU Long, DING Deli, MA Shanshan, WANG Zhen, LI Qingqing

(Branch of Animal Husbandry and Veterinary, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161005, China)

Abstract: In the design and construction of large-scale beef cattle farms, the construction volume of manure storage facilities should be reasonably planned in combination with the designed breeding capacity, and the supporting manure should be returned to the land. Based on the technical principle of "Dry cleaning+Composting+Returning to the field", this paper summarized the calculation methods of the amount of manure collected, the volume of storage facilities, and the area of digestion in large-scale beef cattle farms. Taking 1 000 beef cattle farms as an example for detailed analysis. The results showed that the coefficient of fecal collection rate was 0.83 for a scale farm with 1 000 of beef cattles. The daily fecal collection volume was 15.89 t, the stacking capacity of the temporary storage site was not less than 635.6 m³, and the fermentable capacity of the fermentation site was not less than 1 271.12 m³. The storage capacity of the manure storage yard shall not be less than 1 740 t to 2 900 t and the retting yard shall not be less than 5 800 m³, and the supporting land area shall not be less than 133 ha.

Keywords: beef cattle; fecal contamination; storage capacity; absorption area