

张玮玮,王颖,许浩恩,等. 阶段性动态风险评估方法在暴雨灾害风险评估中的应用[J]. 干旱气象, 2017, 35(4): 694-701, [ZHANG Weiwei, WANG Ying, XU Haoen, et al. Application of Periodic and Dynamic Risk Assessment Method on Rainstorm Disaster Risk Assessment[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(4): 694-701], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-04-0694

阶段性动态风险评估方法 在暴雨灾害风险评估中的应用

张玮玮¹, 王颖¹, 许浩恩², 俞布³

(1. 浙江省气象服务中心, 浙江 杭州 310017; 2. 浙江省气象台,
浙江 杭州 310017; 3. 浙江省杭州市气象局, 浙江 杭州 310051)

摘要: 灾害动态风险评估是对风险评估方法的一次改进, 通过对灾害过程的不同阶段分别开展风险分析, 将气象灾害的风险分析从气候特征评价向天气过程评价转化, 以更好地应用于动态风险预警。以杭州暴雨灾害为例, 将灾害性天气风险评估过程划分为灾前预评估、灾中实时评估、灾后调查评估 3 个阶段, 利用灰色关联模型界定杭州暴雨致灾因子的评价指标, 同时基于模糊综合评价方法构建灾害风险评估模型, 进而形成一整套阶段性动态风险评估流程。最后, 结合 1509 号台风暴雨过程进行实例分析, 并分别给出 3 个阶段的评估检验结果。结果显示灾后评估结果与灾中评估的一致性高达 76.0%, 而与灾前预评估的一致性仅为 49.0%, 说明灾中评估的开展可以有效修正预评估结果。随着动态风险评估流程模型的业务化运行, 将会实现针对整个灾害过程的滚动加密评估, 从而进一步提升风险评估结果的可靠性。

关键词: 动态风险; 灾前预评估; 灾中实时评估; 灾后调查评估

文章编号: 1006-7639(2017)-04-0694-08 DOI: 10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-04-0694

中图分类号: P429

文献标识码: A

引言

随着自然环境的变化和人类社会的发展, 自然灾害的风险必然发生变化。而变化着的风险即为动态风险^[1]。与静态风险不同的是, 动态风险并非基于平稳马尔科夫过程假定^[2], 未来的风险情景不仅与系统发展的历史状态有关, 还与各子系统的当前和未来发展趋势相关, 并且基于历史状态得到的统计规律也会相应改变^[1]。1980 年代末, 国外有学者较早开展风险的动态分析, 如 Campbell 等^[3] 针对美国阿肯色州核开发的核安全管理问题开发了 PRISM 动态风险评估系统; 1992 年 Huseby 等^[4] 结合蒙特卡洛模拟构建了基于影响图的动态风险管理模型 DynRisk, 用于挪威企业融资项目管理的风险管控。国内动态风险研究起步于 1990 年代末, 如王重鸣等^[5] 以管理心理学的角度, 从历史绩效、启动资金、目标设定 3 方面研究决策者在动态条件下的风险偏

好。可见, 过去 30 a 对动态风险的研究主要在工程管理、金融投资和心理学等领域。

在全球气候变化的大背景下, 多种气象灾害的频繁出现, 对社会经济影响持续加重, 社会对气象灾害的防御要求不断提高, 以静态风险^[6-8] 管理为基础的风险评估方式已远无法满足动态变化的自然灾害环境, 因而更多其他领域的动态风险管理成果被成功应用到气象灾害领域。如张存杰等^[9] 针对冬小麦不同发育阶段抵御干旱能力的差异, 建立冬小麦减产风险评估模型, 实现对我国北方冬小麦干旱灾害风险的动态评估; 王春乙等^[10] 针对农业气象灾害风险评估的技术方法进行了系统归纳和展望, 提出了农业气象灾害风险的动态评估具有明显的实用价值; 胡圣武等^[11] 首次探讨用事件树分析和模糊多层次综合评判结合地理信息系统(GIS), 进行动态地质灾害评估的研究。然而针对暴雨灾害的动态风险分析相对较少, 暴雨是多数城市最为关注的气象

收稿日期: 2017-05-14; 改回日期: 2017-07-21

基金项目: 杭州市财政建设项目——杭州城市气候规划基础研究项目资助

作者简介: 张玮玮(1983—), 女, 硕士, 江苏盐城人, 工程师, 主要从事应用气象灾害风险评估。E-mail: zhangweiwei1125@163.com

灾害类型,并容易诱发山洪、城市内涝及滑坡等次生灾害,并突出表现在复杂地形条件下。

杭州是典型的山地丘陵区,西部为浙西山地,地形起伏明显,为暴雨洪涝及山洪地质灾害多发区,东部地处杭嘉湖平原,地势低洼,河网密布,容易引发城市内涝。2011年俞布等^[6]对杭州区域的台风暴雨灾害风险进行研究,从气候层面得到静态的区域风险区划,分析了杭州暴雨灾害风险的总体特征。然而瞬息万变的天气系统会导致千变万化的灾害风险特征,总体不利于杭州的防灾减灾工作有效、及时地开展。因此,本文继续以杭州地区为例,构建基于暴雨灾害的动态风险评估体系,从灾前预评估、灾中实时评估、灾后调查评估3个阶段开展分析,实现对暴雨灾害的动态风险评估。最后,结合1509号“灿鸿”台风暴雨灾害案例,初步验证该动态风险评估方法的可用性。

1 评估资料

(1)致灾因子强度的雨量资料,包括了杭州地区7个国家气象观测站和491个区域气象站的逐小时降水数据,降水预报数据来源于浙江省快速更新循环数值预报系统(RUC)的逐小时降水产品。

(2)孕灾环境资料,主要包括地形影响度和地质灾害危险度2个指标,其中地质灾害危险度的计算主要基于1968—2009年1907个滑坡点数据,而地形影响度指标则利用覆盖杭州地区的DEM(地形高程)数据计算得到。

(3)承灾体资料,即人口密度指标,主要基于土地利用和乡镇人口统计数据求算^[6],其中乡镇人口数据按照2014年最新统计数据修正。

(4)灾情资料,包括1981—2014年发生在杭州市域的190条暴雨灾情信息,以及7个国家气象观测站在对应时段的逐小时降水观测。其中暴雨包含台风暴雨、连阴雨、梅雨暴雨和对流性暴雨类型,190条暴雨灾情信息中有122条具有详细的死亡人口、直接经济损失、受灾人口和倒塌房屋记录。1981—2009年的灾情资料来源于杭州市民政局,2010年以后的资料由杭州市气象局收集统计。同时,为了剔除物价因素对直接经济损失的影响,研究选用1981—2014年统计年鉴提供的物价指数将不同年份暴雨灾害的直接经济损失修正到2010年的物价水平。

2 评估方法及流程

2.1 致灾因子指标选择

所涉及的暴雨灾害风险评估指标主要包括致灾

因子、孕灾环境、承灾体3种。其中暴雨致灾因子是构成暴雨灾害动态风险评估模型的关键因素,在制定该指标时需要同时考虑暴雨气候特征和灾情两方面。在灾情的人工收集过程中,灾情的定性判断相对准确,而定量统计难免存在误差,尤其针对中、轻度灾情。另外致灾因子危险性指标的等级并不能仅基于致灾强度指标,而需要结合致灾频率考虑。因此,首先基于灾情频率与对应降水量级来判断具有初始致灾性的暴雨强度阈值,即第1等级降雨强度阈值,并使其符合研究区的暴雨气候特征,再结合灰色关联度模型^[12-13]来界定致灾因子的第2~5级的降雨强度阈值。根据相关研究^[14-16]及杭州地区的暴雨预报实践,认为最大小时雨量、最大日雨量以及过程累积雨量是杭州暴雨灾害的重要指标,本文分别针对这3种暴雨致灾因子进行阈值界定。

2.2 暴雨灾害动态风险评估流程

阶段性动态风险评估主要由灾前预评估、灾中实时评估、灾后调查评估3个阶段组成,通过对各阶段评价指标的动态修正来实现对灾害风险的动态评估,并采用模糊综合评价模型^[17-18]实现灾害风险等级的计算。目前,仅对致灾因子实现了阶段性动态调整,而孕灾环境和承灾体由于自身存在的系统复杂性,尚未实现动态修正。

在灾前预评估阶段,致灾因子指标主要依赖数值预报降水产品对暴雨落区及影响时段的预测。首先,基于暴雨影响时段,分别构建包括最大小时雨量、最大日雨量、过程累积雨量3个致灾因子指标以及2个孕灾环境指标的空间指标集 $G = \{grid_1, grid_2, \dots, grid_5\}$,将各评价指标重采样成 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 网格数据,并参照预设标准将其划分为5种评价等级 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_5\}$,按照三角形隶属函数计算 G 中各评价指标在 V 评价等级上的隶属度,构成隶属关系矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} grid_{11} & grid_{21} & \cdots & grid_{51} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ grid_{15} & grid_{25} & \cdots & grid_{55} \end{bmatrix}$$

利用层次分析法对各评价指标 G 赋予权重 $A = (A_1, A_2, \dots, A_5)$;同时将权重向量 A 与隶属关系矩阵 R 进行空间叠置运算,得到模糊综合评价结果向量 $B = A \times R = (B_1, B_2, \dots, B_5)$,其中 B_1 为高风险等级, B_5 为低风险等级。最后,通过最大隶属度方法确定单位格网数据的风险等级归属,模型具体实现过程可参看李京等^[19]对多源GIS栅格数据的计算方法。

在灾中实时评估阶段,致灾因子指标主要依赖 2 种数据,一是暴雨过程出现后的降水实况,二是数值预报产品对后续暴雨落区及降水量的预测。首先,对区域气象站的降水观测数据进行空间化处理,并重采样成与数值预报产品相对应的 1 km × 1 km 网格;然后,将暴雨实况和降水预报两种栅格数据进行空间叠加计算。最后,参照灾前预评估阶段的模糊综合评价模型进行灾中时段的风险等级运算。随着暴雨过程的延续,灾中实时评估的重复周期也在滚动加密,并结合降水实况对致灾因子指标持续修正,直至暴雨过程结束。

而在灾后调查评估阶段,致灾因子指标完全依赖区域气象站观测到的降水实况及影响时段,并参照上述评价模型进行灾害分析及灾情验证。

3 结果与分析

3.1 暴雨致灾因子界定

从 190 条历史暴雨灾情数据中分别提取对应影响时段内的最大小时雨量、最大日雨量和过程累积雨量资料,构成 3 种数据集。将各数据集按照 20 个降水量间隔分别划分,并利用直方图统计方法计算各区间内的灾情发生频率(图 1)。

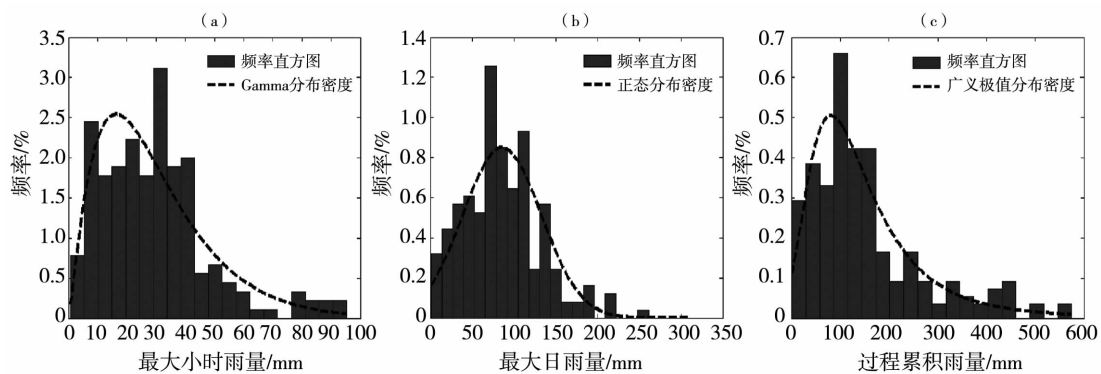


图 1 杭州地区最大小时雨量(a)、最大日雨量(b)、过程累积雨量(c)指标对应的灾情频率直方图统计

Fig. 1 The disaster frequency histogram corresponding to the indexes of maximum one-hour-rainfall (a), maximum daily rainfall (b) and process accumulated rainfall (c) in Hangzhou

通过对 3 个指标进行概率分布拟合,发现最大小时雨量、最大日雨量以及过程累积雨量指标对应的灾情频率分别符合伽马分布、正态分布及广义极值分布,并通过了显著性水平为 0.05 的 K-S 拟合优度检验。3 组样本的拟合曲线总体呈现正偏态特征,峰值左侧呈单调递增趋势,说明灾情频率与降水强度呈正相关。当降水强度增大到峰值右侧时,出

现灾情的频率明显减少。因此,为判断杭州致灾性暴雨的初始降水量,可以通过计算峰值左侧概率密度函数的拐点,寻找灾情频率明显增长的突变点位置。经过计算,最大小时雨量、最大日雨量、过程累积雨量 3 个指标的致灾降雨强度分别为 8.4 mm、46.4 mm、71.2 mm,同时作为致灾因子第 1 等级降雨强度阈值见表 1。

表 1 杭州暴雨致灾因子及其等级划分

Tab. 1 The rainstorm disaster-causing factors and their grades classification in Hangzhou

暴雨致灾因子	等级划分				
	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
最大小时降水量/mm	[0, 8.4)	[8.4, 22.1)	[22.1, 34.3)	[34.3, 53.9)	[53.9, ∞)
最大日降水量/mm	[0, 46.4)	[46.4, 70.0)	[70.0, 102.4)	[102.4, 162.5)	[162.5, ∞)
过程累积降水量/mm	[0, 71.2)	[71.2, 115.6)	[115.6, 188.8)	[188.8, 232.3)	[232.3, ∞)

针对 2~5 级降雨强度阈值的划分,选择受灾人口、死亡人数、倒塌房屋和直接经济损失 4 个灾情指标,运用灰色关联模型来计算 122 个完整灾情个例的灰色关联度,由此量化对应等级的降雨强度。灰

色关联度取值按照各灾情指标的重要性进行加权计算,其中受灾人口、死亡人数、倒塌房屋和直接经济损失的权重分别基于层次分析法确定为 0.2、0.4、0.3 和 0.2。根据关联度和灾情的对应关系,将关联度划

分为(0.55,0.6],(0.6,0.7],(0.7,0.8],(0.8,0.9] 4级,并分别计算对应等级最大小时雨量、最大日雨量、过程累积雨量的平均值,作为2~5级降雨强度

阈值(表1)。表2中结合杭州历史上较为典型的暴雨灾害个例验证模型的有效性,结果表明约73%的关联度指标至少符合2项暴雨致灾因子的对应等级。

表2 利用灰色关联模型的部分灾情评估结果

Tab.2 The partial results of loss evaluation based on gray - correlation model

日期	受灾人口/人	死亡人数/人	倒塌房屋/间	直接经济损失/万元	灰色关联度	灾害等级	最大小时雨量/mm	最大日雨量/mm	过程累积雨量/mm
2005-08-06	2 660	0	0	4 758	0.589	2	12.9	100.6	112.0
1990-08-29	7 000	3	1 642	13 542	0.724	3	34.8	92.6	167.4
1999-06-15	12 000	2	247	11 275	0.689	3	41.7	69.0	96.0
1988-08-07	100 244	17	5 853	12 954	0.800	4	57.0	139.3	143.0
1996-06-30	1 615 700	41	6 777	189 805	0.903	5	95.3	187.5	395.8

3.2 暴雨孕灾环境和承灾体的界定

孕灾环境因子主要选择与暴雨次生灾害相关的地形影响度和地质灾害危险度2个指标(图2a和图2b),俞布等^[6,20]在开展杭州台风暴雨灾害和杭州滑坡地质灾害研究时,对这2个指标的计算有详细论述。从2个指标的分布结果来看,沿江峡谷、地形起伏较小的盆地、迎风坡面、山体边坡及地质灾害多发区为主要的孕灾环境高风险区。

承灾体选用了人口密度指标,多数研究将人口

密度、国内生产总值、建设用地等指标纳入承灾体指标^[21]。经比较后发现,上述指标在杭州的空间分布上较为一致,且反映类似的承灾状况,因此本文仅选择空间化的人口密度作为承灾体指标(图2c)。杭州高人口密度区主要分布在东北部平原区,包括主城区、富阳、萧山、余杭等地,平均每平方公里上万人,而中西部山地丘陵区以森林覆盖为主,人口分布较为零散,并以乡镇为中心聚集,零散分布人口约每平方公里几百人。

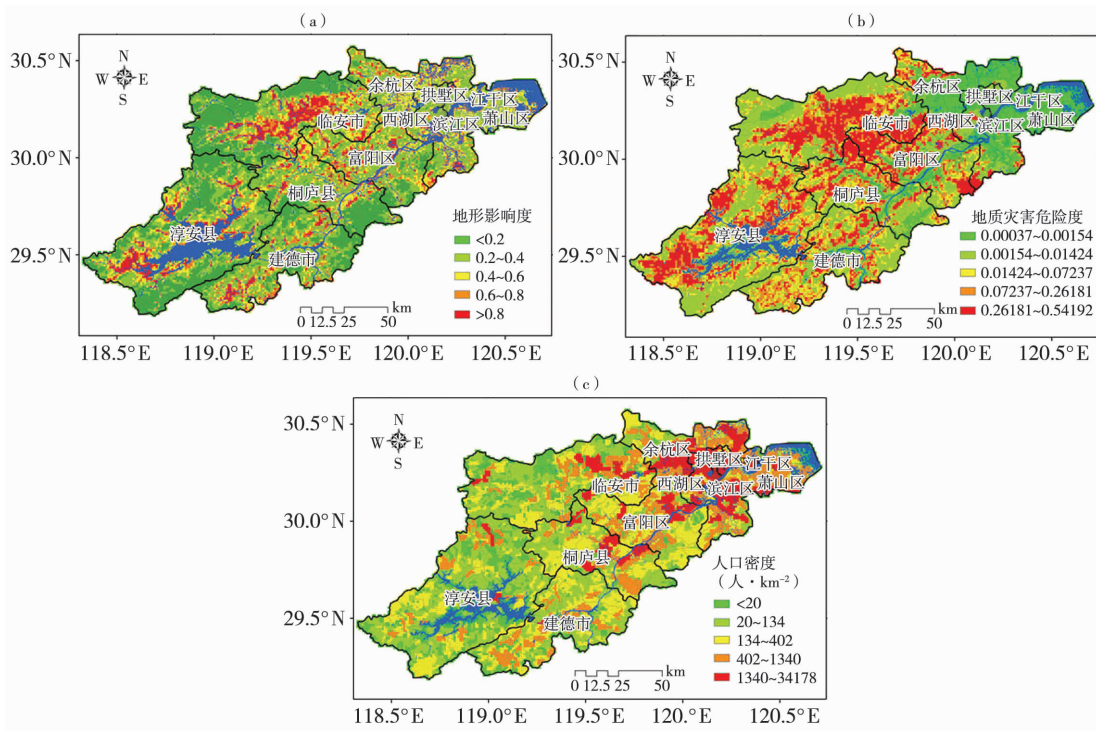


图2 杭州暴雨灾害孕灾环境敏感性及其承灾体易损性区划图

(a)地形影响度,(b)地质灾害危险度,(c)人口密度

Fig.2 The division of sensitivity of disaster - forming environment and vulnerability of disaster - affected body of rainstorm in Hangzhou

(a) the influence degree of terrain factors, (b) the hazard degree of geological disaster, (c) the population density

3.3 “灿鸿”台风暴雨灾害动态风险评估案例

强台风“灿鸿”于2015年7月10—12日影响杭州,暴雨落区主要分布在临安市北部、富阳区南部、桐庐县南部以及萧山区西部,全市最大过程累积雨量为209 mm,位于桐庐县凤川外源气象站。此次暴雨过程可分为2个阶段,其中10日23:00—11日01:00为短暂降雨间歇。

(1)灾前预评估

9日20:00开始对此次台风暴雨过程实施灾前预评估分析。根据RUC数值预报系统分析,预计暴雨过程将持续至12日20:00,其中临安北部、桐庐南部、富阳南部、萧山西部及主城区西部地区的影响等级均达到较高或高风险等级(图3),涉及91个乡镇。因此,根据预评估结果可以初步认定此次台风暴雨过程影响较为严重,并且以24h及以上的持续性降雨为主。

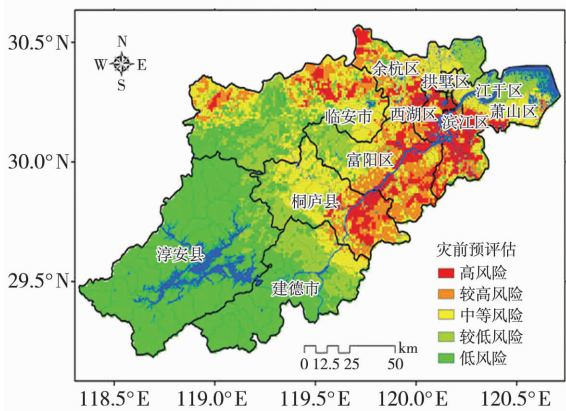


图3 “灿鸿”台风暴雨灾前风险预评估

Fig. 3 The risk pre - assessment of rainstorm disaster of the typhoon Chan - hom

(2)灾中实时评估

11日00:00正处于此次暴雨过程的降雨间歇,根据前期已有降雨实况和预期降雨估测,滚动开展灾中实时评估分析。预报显示暴雨过程将持续至12日08:00,与预评估阶段比较,影响时段缩短12h,并且强降雨范围明显缩小,降雨强度总体偏弱,但是暴雨影响类型依然以连续型降雨为主。主要影响区域集中在临安北部,富阳、桐庐南部以及萧山西部这3块片状区域。从图4可知较高及高风险区域影响范围仅涉及8个乡镇,并且截止11日00:00,全市并无明显灾情上报。因此,相较灾前预评估分析,灾中实时评估结论将此次台风暴雨过程的影响程度明显调低,修正了预评估结果。

(3)灾后调查评估

12日08:00,“灿鸿”台风暴雨过程基本结束。

根据灾后调查评估分析,临安北部、桐庐和富阳南部以及萧山西部的3块片状区域为主要影响区。正如灾中实时评估的分析,暴雨类型以连续型降雨为主,其中最大日雨量尤为明显,暴雨影响时段较预评估分析提前了约14h,并且主要影响时段集中在11日03:00—12日03:00,即灾中实时评估分析以后。由此可见,灾中实时评估的参与有利于修正风险评估结论。结合灾后调查评估结论(图5),全市较高及高风险影响区域约占1.5%,涉及乡镇个数仅为4个,与灾中实时评估结论较为接近。

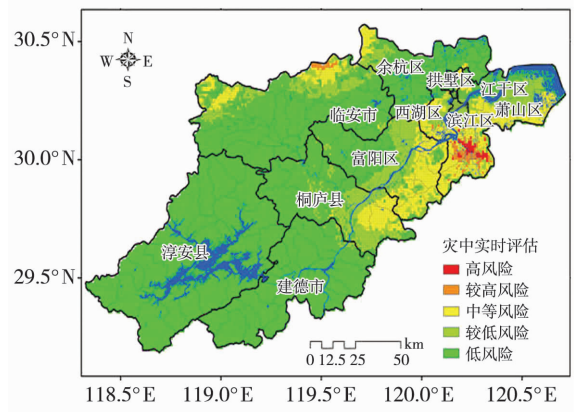


图4 “灿鸿”台风暴雨灾害风险实时评估图

Fig. 4 The risk real - time assessment of rainstorm disaster of the typhoon Chan - hom

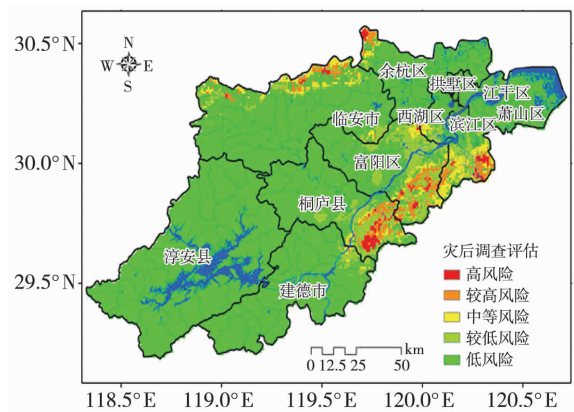


图5 “灿鸿”台风暴雨灾害风险调查评估图

Fig. 5 The risk assessment based on investigation of rainstorm disaster of the typhoon Chan - hom

(4)阶段性评估结果对比

通过对比3个阶段的风险评估结果,可以发现,相较灾前预评估结果,灾中实时评估结果无论从风险分布形态或影响程度来看,都更为接近灾后调查评估结果。这说明正是由于实时评估的参与,对预评估结果进行了修正,有效提升了暴雨灾害风险的评估质量。

如图6,将各阶段风险评估结果均按照高、较

高、中等、较低和低风险等级设值为1~5,同时基于空间格网分别计算灾后调查评估与灾前预评估、灾中实时评估的差值,差值越高,则风险评估偏差越大。图6a所反映的是灾后与灾前的评估偏差,无偏差区域约占49.0%,偏差2级及以上的区域约占11.3%;图6b所反映的是灾后与灾中的评估偏差,无偏差区域约占76.0%,偏差2级及以上的区域约占4.7%。以无偏差区域为比较对象,可以明确得出灾中评估的准确性较预评估结果提升约30.0%。

值得注意的是,该优势是建立在仅为一次的灾中评估参与,随着参与频次的增多,灾中评估的准确性将会持续增大,并愈加接近灾后调查评估结果。而出现评估偏差的原因主要是降水预报产品的准确性以及灾情上报、收集的及时性和完整性,例如在灾中实时评估阶段,由于降水预报的调整以及前期降水实况的参与,风险评估质量明显提高。动态风险评估实时滚动跟进也同样体现了天气预报修正的价值。

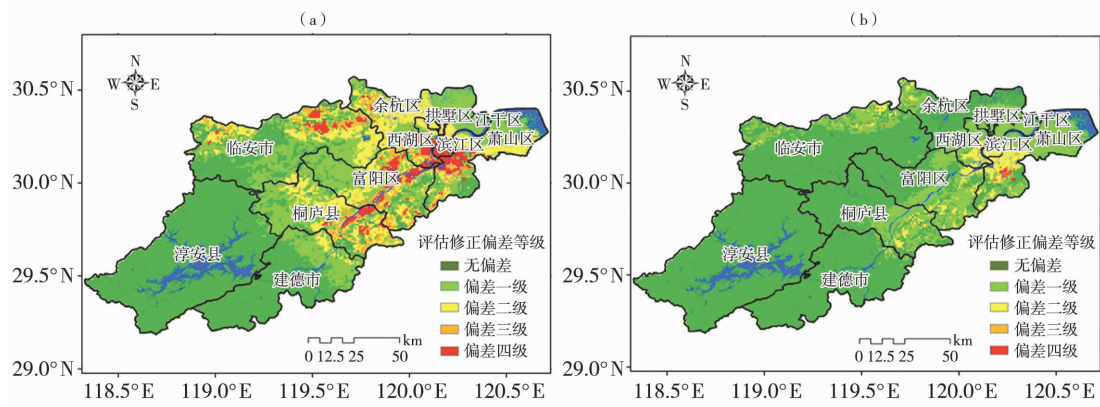


图6 “灿鸿”台风暴雨灾害风险评估结果一致性检验

(a) 灾后调查评估与灾前预评估的一致性检验, (b) 灾后调查评估与灾中实时评估的一致性检验

Fig. 6 The consistency check of evaluation result for rainstorm disaster of the typhoon Chan-hom

(a) the consistency check of evaluation result between the pre-assessment and investigation assessment,

(b) the consistency check of evaluation result between the real-time assessment and assessment based on investigation

4 结论与讨论

(1) 根据杭州暴雨灾情频率及其对应时段降雨量的统计关系,得出最大小时雨量、最大日雨量以及过程累积雨量是影响杭州暴雨灾害的致灾指标,并初步判断这3个指标在杭州地区的初始致灾雨量分别为8.4 mm、46.4 mm、71.2 mm。同时,结合暴雨灾情强度及其对应时段降雨量,利用灰色关联度模型界定了这3个致灾指标的第2~5级的降雨强度阈值,并以此作为杭州地区开展暴雨灾害风险评价的关键指标。

(2) 基于模糊综合评价方法构建了针对暴雨灾害风险评估模型,并从灾前预评估、灾中实时评估、灾后调查评估3个阶段开展阶段性风险评估。通过对各评价指标的动态调整,有效提高了评估结果的准确性,并实现了对整个灾害过程的全覆盖和业务化。

(3) 通过对1509号“灿鸿”台风暴雨灾害案例的分析验证,发现灾后评估结果与灾中评估的一致性高达76.0%,而与灾前预评估的一致性仅为49.0%。

说明由于灾中实时评估的参与可以实现对预评估结果的修正,并有效提升了暴雨灾害风险评估质量。

本研究针对气象灾害风险评价研究提出了一种新的研究思路和方法探索,尤其对于动态变化的暴雨灾害类型。根据以往的气象服务经验,暴雨灾害具有可预测性差、发展迅速、次生灾害多样、致灾作用明显等特征,同时考虑暴雨类型的差异并呈现不同的致灾特征,如梅雨锋暴雨一般持续时间较长、累积雨量大,对流性暴雨以短时强降雨特征为主,而台风暴雨则需额外考虑大风影响等,并且在暴雨发生、发展的各阶段也呈现出不同的致灾特征。因此,以气候特征为对象的静态风险评价方式已不适于动态变化的城市防灾管理策略。本文提出的阶段性动态风险评估模型可以有效反映暴雨灾害各阶段的风险差异,使得灾害风险分析从气候向天气过程转化,真正用于灾害风险预警。

其次,阶段性动态风险评估模型具有全阶段覆盖、动态化评估的特点,使风险评估的实用性和灵活

性大为增强,为其他地区开展类似工作提供借鉴。必须指出的是,本文对暴雨灾害过程中的致灾因子实现了动态调整,其他影响因子并未涉及。然而,在暴雨灾害孕育过程中,孕灾环境和承灾体同样存在演变可能,并直接影响暴雨灾害的发生、发展。王绍玉等^[22]采用 Kullback - Leibler 距离逼近方法构建了 KL - TOPSIS 模型,对哈尔滨 2005—2009 年历史洪水序列实现了易损性的动态评价,得出随着城市基础设施的不断完善,易损性明显增大的结论,但是针对灾害事件个例的应用研究相对较少。因此下一步将从水文动力学和灾害管理学角度分别开展机理性研究^[23-24],实现孕灾环境敏感性和承灾体易损性的动态评价,将有利于进一步提升风险评估结果的可靠性。

参考文献

- [1] 黄崇福. 自然灾害动态风险分析基本原理的探讨[J]. 灾害学, 2015,30(2):1-7.
- [2] HOLZMANN H. Martingale approximations for continuous - time and discrete - time stationary Markov processes [J]. Stochastic Processes and their Applications, 2005,115(9):1518-1529.
- [3] CAMPBELL D J, GUTHRIE V H, KIRCHNER J R, et al. User's guide for PRISM (Plant Risk Status Information Management System) Arkansas Nuclear One - Unit 1; Volume 1, Program for inspectors[Z]. 1988.
- [4] HUSEBY A B, SKOGEN S. Dynamic risk analysis: the DynRisk concept[J]. International Journal of Project Management, 1992,10(3):160-164.
- [5] 王重鸣,梁立. 风险决策中动态框架效应研究[J]. 心理学报, 1998,30(4):394-400.
- [6] 俞布,缪启龙,潘文卓,等. 杭州市台风暴雨洪涝灾害风险区划与评价[J]. 气象,2011,37(11):1422-1429.
- [7] 殷洁,裴志远,陈曦炜,等. 基于 GIS 的武陵山区洪水灾害风险评估[J]. 农业工程学报,2013,29(24):110-117.
- [8] 王莺,张强,韩兰英. 基于信息扩散理论的中国南方水旱灾害风险特征[J]. 干旱气象,2016,34(6):919-926.
- [9] 张存杰,王胜,宋艳玲,等. 我国北方地区冬小麦干旱灾害风险评估[J]. 干旱气象,2014,32(6):883-893.
- [10] 王春乙,张继权,霍治国,等. 农业气象灾害风险评估研究进展与展望[J]. 气象学报,2015,73(1):1-19.
- [11] 胡圣武,王育红. 基于事件树和模糊理论的 GIS 动态地质灾害评估[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2015,40(7):983-989.
- [12] 张家其,吴宜进,葛咏,等. 基于灰色关联模型的贫困地区生态安全综合评价——以恩施贫困地区为例[J]. 地理研究,2014,33(8):1457-1466.
- [13] 贺祥,林振山,刘会玉,等. 基于灰色关联模型对江苏省 PM2.5 浓度影响因素的分析[J]. 地理学报,2016,71(7):1119-1129.
- [14] 翟国庆. 杭州地区大范围暴雨、局地暴雨和强对流的特征分析[J]. 大气科学,1987,11(2):202-208.
- [15] 缪启龙,陈鑫,俞布,等. 杭州市暴雨洪涝灾害风险区划[J]. 长江流域资源与环境,2012(S2):163-168.
- [16] 王国华,缪启龙,宋健,等. 杭州市气象灾害风险区划[M]. 北京:气象出版社,2013:15-18.
- [17] 李柏贞,谢佳杏,孔萍,等. 江南茶叶农业气象灾害风险区划[J]. 干旱气象,2015,33(6):1017-1023.
- [18] 沈简,饶军,傅旭东. 基于模糊综合评价法的泥石流风险评价[J]. 灾害学,2016,31(2):171-175.
- [19] 李京,蒋卫国,陈云浩,等. 基于 GIS 多源栅格数据的模糊综合评价模型[J]. 中国图象图形学报,2007,12(8):1446-1450.
- [20] 俞布,潘文卓,宋健,等. 杭州市滑坡地质灾害危险性区划与评价[J]. 岩土力学,2012,33(S1):193-199,216.
- [21] 张斌,赵前胜,姜瑜君. 区域承灾体脆弱性指标体系与精细化模型研究[J]. 灾害学,2010,25(2):36-40.
- [22] 王绍玉,刘佳. 城市洪水灾害易损性多属性动态评价[J]. 水科学进展,2012,23(3):334-340.
- [23] 韩超,梅青,刘曙光,等. 平原感潮河网水文水动力耦合模型的研究与应用[J]. 水动力学研究与进展(A辑),2014,29(6):706-712.
- [24] 苏伟忠,杨桂山,陈爽. 城市空间扩展对区域洪涝孕灾环境的影响[J]. 资源科学,2012,34(5):933-939.

Application of Periodic and Dynamic Risk Assessment Method on Rainstorm Disaster Risk Assessment

ZHANG Weiwei¹, WANG Ying¹, XU Haoen², YU Bu³

(1. Zhejiang Meteorological Service Centre, Hangzhou 310017, China;

2. Zhejiang Meteorological Observatory, Hangzhou 310017, China;

3. Hangzhou Meteorological Bureau of Zhejiang Province, Hangzhou 310051, China)

Abstract: Dynamic risk evaluation is an improvement of risk assessment method. It is conducive to turn the climate background to weather process, and it is used for dynamic risks pre-warning. Taking rainstorm disasters in Hangzhou as examples, according to severe weather processes, dynamic risk assessment processes were divided into the risk pre-assessment, the real-time risk assessment and the risk assessment based on investigation. The grey correlation model was used to define hazard-forming factors indicators of the rainstorm, then risk assessment model was constructed by using fuzzy comprehensive evaluation method. Finally, the rainstorm process of the typhoon 1509 was analyzed, and evaluation results were presented according to pre-assessment, the real-time risk assessment and the risk assessment based on investigation. Results show that the consistency was up to 76.0% between the risk assessment result based on investigation and the real-time risk assessment result, but only 49.0% between the risk assessment result based on investigation and the risk pre-assessment result. It's shown that the real-time assessment could effectively correct disaster assessment for the pre-assessment. With the operational running of the dynamic risk assessment model, the rolling encryption evaluation of the entire disaster process will be realized, thus further reliability of the risk assessment results was improved.

Key words: the dynamic risks; the pre-assessment of disaster; real-time assessment of disaster; assessment of disaster based on investigation

欢迎订阅 2017 年《干旱气象》

《干旱气象》由中国气象局兰州干旱气象研究所、中国气象学会干旱气象学委员会主办,是我国干旱气象领域科学研究的专业性学术期刊,反映有关干旱气象监测、预测和评估的最新研究成果,充分展示干旱气象领域整体的研究和应用水平。期刊主要刊载干旱气象及相关领域有一定创造性的学术论文、研究综述、简评,国内外干旱气象发展动态综合评述、学术争鸣以及相关学术活动。具体包括:国内外重大干旱事件分析、全球及干旱区气候变化、干旱气象灾害评估及对策研究、水文、生态与环境、农业与气象、可再生能源开发与利用、地理信息与遥感技术的应用等。本刊还免费刊载干旱气象研究成果、研究报告、学术活动、会议消息等。《干旱气象》已被《中国学术期刊(光盘版 CAJ-CD)》、万方数据-数字化期刊群、中国核心期刊(遴选)数据库、中国科技论文统计源期刊、重庆维普中文科技期刊数据库、教育阅读网、台湾华谊线上图书馆等全文收录。

《干旱气象》内容丰富、信息量大、研读性强,适合广大气象科研业务工作者、各相关专业技术人员、大专院校师生阅读。

《干旱气象》为双月刊,国内外公开发行。2017年正刊6期,每期定价36元,全年216元。欢迎广大读者订阅,并可以随时邮局款汇购买,款到开正式发票。

编辑部地址:甘肃省兰州市东岗东路2070号 中国气象局兰州干旱气象研究所 《干旱气象》编辑部

邮政编码:730020 联系电话:0931-2402270 电子信箱:ghs_ghqx@sina.com

银行汇款:兰州市工商银行拱星墩分理处 户名:中国气象局兰州干旱气象研究所

帐号:2703001509026401376

邮汇:兰州市东岗东路2070号 中国气象局兰州干旱气象研究所 《干旱气象》编辑部