

扈海波, 张艳莉. 暴雨灾害人员损失风险快速预评估模型[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 30–36. [Hu Hai-bo and Zhang Yan-li. Quick Assessing Model on Casualty Loss in Rainstorms[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(1): 30–36.]

暴雨灾害人员损失风险快速预评估模型^{*}

扈海波¹, 张艳莉²

(1. 中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089; 2. 北京市气象局, 北京 100089)

摘 要: 研究在暴雨灾害致灾因子强度分析、孕灾环境敏感性评估等基础上, 把人作为主要的承灾体, 用人口密度来评估风险暴露因子; 参照北京地区暴雨洪涝的历史灾情资料, 建立致灾因子强度(等效日雨量)与人员损失之间的损失系数估算方程; 以不同时段外出人员的比率作为时间纠正系数; 最后用因子乘积方式建立人员损失风险预评估模型。以“7·21”和“6·23”暴雨为个例, 进行了模型的应用及检验分析。“7·21”个例选用的雨量数据是 BJ_RUC(24h)预报雨量场, “6·23”选用较为贴近实况的 BJ_ANC 定量降水估计 QPE 资料。检验发现模型估算的“7·21”暴雨人员损失总数在数量级别上与实况比较接近, 而基于空间网格的人员损失风险预评估结果与实际遇难人员发现地点在空间分布上基本一致。尽管“6·23”暴雨的人员损失预评估的总数不足 1 人, 但在局部地区的损失风险仍然较大, 个别格点甚至达到 0.40 人的风险水平。而这次暴雨过程导致了比较严重的城市内涝, 实际上也发生了几例比较偶然的人员因灾死亡事故。实例应用表明损失预评估可反映出人员损失的基本情况 & 风险水平, 可用于决策气象服务及预警信息发布的主要依据。

关键词: 暴雨洪涝; 损失预评估; 风险评估

中图分类号: P33.1; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2014)01–0030–07

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2014.01.006

近年来极端暴雨事件呈现越演越烈的趋势。2012 年我国南方多个城市相继发生严重洪涝灾害。2012 年北京“7·21”发生的特大暴雨造成近 80 人死亡, 直接经济损失过 1 百亿^[1]。暴雨导致的洪涝等灾害严重威胁到人的生命及财产安全, 针对暴雨灾害的防灾工作显得尤为迫切。

暴雨预警是降低灾害风险, 减免损失的重要途径。气象部门为灾害防御提供天气预报信息, 是一项重要的减灾手段。然而随着减灾需求的不断增长, 仅仅依靠天气预报来识别气象灾害风险, 促成有效的灾害防御是不够的。天气预报定位于反映未来天气的基本状况和影响特征。从灾害影响层面上看, 下垫面承灾体脆弱性、孕灾环境敏感性, 甚至是风险暴露程度不一样, 不同灾害性天气条件下可呈现出不同的损失期望。直接从现有的天气预报中解读灾害性天气有可能导致的灾情及其严重程度, 以及预估未来时刻可能出现的损失状况, 都是不

太可能的。而对灾情有效的预估, 恰恰是灾害应急防御的依据及关键。由于对一些灾害性天气的致灾能力及灾害性后果估计不足, 导致应急管理 & 决策部门在应急服务过程中不能及时掌握灾害性天气可能导致的社会经济影响情况及灾害严重程度, 不能形成充分、有效的应急联动, 从而影响了防灾效果。北京“7·21”暴雨就是一个比较惨痛的教训, 尽管气象部门已经提前做了“7·21”暴雨的预报, 但是对暴雨可能导致的灾害后果估计不足, 使得灾前的转移处置、隐患消除, 灾中的应急救援等工作做得不到位。而“7·21”暴雨出现了比较严重的人员伤亡及财产损失。北京市门头沟区政府在“7·21”暴雨中提前做好了灾前应对措施, 取得了不错的减灾成果, 全区无一人因灾死亡。本文将在个例分析中针对门头沟区的情况做进一步的介绍。总之, 灾损预评估提前估算灾情, 为预警信息的发布提供决策依据, 对灾害性天气的有

^{*} 收稿日期: 2013–07–10 修回日期: 2013–08–13

基金项目: 北京市科技计划项目“极端天气事件对城市安全运行的影响评估系统研究”(Z111100056811022); 北京市科技计划项目“北京地区强降水定量预报及风险预警技术研究”(Z121100004912006); 国家自然科学基金“京津冀地区城市化特征对产生暴雨积涝灾害风险突增效应研究”(D0509)

作者简介: 扈海波(1970–), 男, 贵州遵义人, 博士, 副研究员, 主要研究方向为城市气象灾害、GIS 理论及应用。

E-mail: hhbzy2001@sohu.com

效应急及防御起关键的支撑作用,是决策气象服务的重要应用及发展方向。

损失预评估在实现过程及原理上类似于风险评估,评估的要点也是基于已知信息推测未知结果的过程^[2-3]。两者在陈述未知危险状况的方式不一样,风险对未知危险的表述稍显模糊,常用量化的风险指数来表达未来风险的大小^[4-11]。损失风险预评估则是将评估对象明确在某一类承灾体上,估算其可能招致的损失大小和损失方向。尽管损失预评估的目标比较明确,但影响评估结果不确定性因素却很多,往往会有很大的出入和误差^[12]。预评估误差太大实际上对减灾工作起不了多大的帮助,反而有产生严重误导的负作用。目前国内在气象灾害风险评估上所作的工作较多^[7-12],但是很少能见到有关气象灾害损失预评估的相关文献。国外有关气象灾害损失预评估、损失评估软件开发应用及仿真模拟的文献却不少,较多文献涉及暴雨洪涝灾害损失预评估的研究工作。其中比较有代表性的是美国的 HAZUS 灾害评估软件系统,它主要针对灾害造成的社会经济影响进行预评估,其 HAZUS-MH 洪涝模型可估算洪涝灾害造成的损失及风险大小^[13-15];截止到 2009 年 HAZUS 已经发展到 HAZUS-MH-MR4 版本^[13]。德国的 FLEMO 模型主要用于地区及国家层面的洪涝灾害风险分析,其子模块——多因子洪涝损失估算模型(rule-based factorial Flood Loss Estimation Model FLEMops, FLEMocs)可针对洪涝对居民建筑、商业建筑造成的损失进行评估^[16]。另外还有荷兰的 SSM 模型^[17],以及比利时的 Flemish 模型^[18],均对暴雨洪涝灾害进行灾损预评估。国外的损失预评估模型在实现原理上,几乎都是基于水文模型,根据水淹模型模拟出水深及水淹范围,以水深和水淹时长为主要输入参数建立损失函数来评估不同情景下洪涝对基础设施、居民居住区、商业区等造成的经济损失。比较遗憾的是这类模型很少有针对人员损失风险的预评估模块,比如 HAZUS 根据建筑物的损毁情况来估算经济损失^[14],主要应用于商业保险及理赔领域。这些模型尽管选用了复杂的水文模型来估算灾害损失,但模拟结果的不确定性偏差仍然较大。Jongman^[13]在综合比较这类模型评估结果的准确度时,发现评估结果与实际损失情况相比有很大的出入。这种模型计算过程复杂,结果却不

一定理想的情况,符合模糊理论的“估算过程越精确,结果越不精确”的准则^[4]。

本研究尝试在前期暴雨灾害风险评估模型开发应用的基础上,评估暴雨致灾因子强度、孕灾环境敏感性、风险暴露因子等风险因子,结合损失系数估算,对暴雨天气过程可能导致的人员损失风险进行快速预评估。预评估结果可用于决策分析及灾情判别,指导灾害应急处置及灾前防御工作。研究选取 2011 年的北京“6·23”暴雨和 2012 年的“7·21”特大暴雨进行人员损失风险预评估的个例应用及检验。分析表明评估结果与实际发生的情景差异不大,可基本模拟出个例的人员损失风险状况。当然本研究尚处于初步探索阶段,期待今后通过对模型的不断改进,逐步提高评估的准确性,更好地用于灾害预警及应急救援。

1 资料

研究选用的资料主要包括实况及预报雨量场数据、北京地区基础地理信息及部分社会经济数据。预评估所用的实况及预报雨量资料主要选用北京市气象局中尺度数值预报产品 BJ_RUC 的 6 h 更新循环雨量场数据,以及短临预报系统 BJ_ANC 的定量降水估计 QPE(6 min、30 min、60 min、3 h、6 h)雨量和 BJ_ANC 的定量降水预报 QPF(30 min、60 min)雨量。值得注意的是作为数据质量控制的一部分,QPE 雨量采用 Cressman 插值方法用自动站雨量进行订正,贴近实况。一般而言,自动站雨量近似实况雨量值,但自动站雨量不能替代缺测地区的雨量。雷达反演的雨量属于相对雨量值,它可较好地反映相对雨量的大小及雨量的空间分布,但不能较好地体现绝对雨量大小^[19-20]。

预评估模型应用及评估结果图的绘制选用北京市测绘局 2006 年提供的 1:5 万比例尺的北京市基础地理信息数据。地形因子的计算选用空间分辨率为 50×50 m 的数字高程模型(DEM)。河网密度及不透水地表参数均从北京市基础地理信息数据及卫星资料中提取生成。北京地区人口密度及地均 GDP 数据来源于北京市 2007 年统计年鉴并按照空间网格数据计算的要求进行数值离散化处理及操作。

评估所采用的网格,共 182×181 行列,网格的经纬范围为:115.367193°~117.521352°E;39.420731°~41.071364°N^[21-23]。整个网格从空间上覆盖北京地区。网格大小为 1 km×1 km。

2 模型方法

暴雨灾害人员伤亡损失预评估指标体系仍然采用自下而上的评估指标结构^[24]，其指标结构及评估流程见图 1。评估时由下级指标核算上级指标系数，计算在网格化的评估单元上进行，即针对每个网格单元进行灾损系数、致灾因子强度、孕灾环境敏感性等的计算。致灾因子强度主要依据观测或预报场数据；孕灾环境敏感性综合地形因子、不透水地表组成、河网密度等因子进行测算；风险暴露因子以人作为主要的承灾体对象，评估的主要指标为人口密度，然后综合孕灾环境敏感性和风险暴露因子推算暴雨灾害人员损失影响指数；时间纠正系数基于暴雨发生时段来判断。最后根据灾损系数、致灾因子强度、暴雨灾害人员损失影响指数和时间纠正系数，以网格为评估单元综合评估人员伤亡损失。

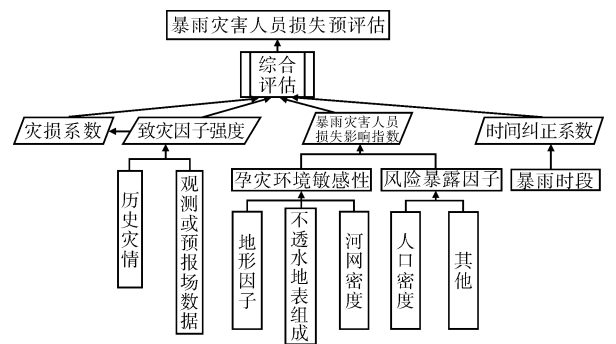


图 1 人员伤亡损失预评估模型的指标体系及评估流程图

2.1 致灾因子强度计算

暴雨致灾因子强度体现在降雨强度及暴雨持续时间上，这里采用如下步骤计算暴雨致灾因子强度。

步骤 1：首先需要计算每个网格单元内某一降水持续时间 D （单位为小时）的雨量值和日雨量之间的等效雨量转换关系^[24-25]：

表 1	灾损系数计算及判断方程列表
L_c 计算方程	致灾因子 H 取值范围
$0.1\tau + (\frac{H-1}{EXP(2)-1}) \times (1-0.1)\tau$, 这里 $\tau = 1/1\,000\,000$, 下同	雨量大于 100, 小于 200; 那么, $1 < H \leq e^2$
$\tau + (\frac{H-EXP(2)}{EXP(4)-EXP(2)}) \times (10-1)\tau$	雨量大于 200, 小于 300; 那么, $e^2 < H \leq e^4$
$10\tau + (\frac{H-EXP(4)}{EXP(6)-EXP(4)}) \times (200-10)\tau$	雨量大于 300, 小于 400; 那么, $e^4 < H \leq e^6$
$200\tau + (\frac{H-EXP(6)}{EXP(10)-EXP(6)}) \times (1\,000-200)\tau$	雨量大于 400, 小于 600; 那么, $e^6 < H \leq e^{10}$
$1\,000\tau + (\frac{H-EXP(10)}{EXP(14)-EXP(10)}) \times (2\,000-1\,000)\tau$	雨量大于 600, 小于 800; 那么, $e^{10} < H \leq e^{14}$

$$R_d = 4.216 \cdot R \cdot D^{-4.475}。 \tag{1}$$

式中： R_d 为计算得到的等效日雨量， R 是降水持续时间 D 内的雨量。

步骤 2：在得到不同降雨时段内的等效日雨量 R_d ，利用下式计算致灾因子强度值：

$$\begin{cases} H = 0, & P < p'; \\ H = Exp(P/p'), & P > p'。 \end{cases} \tag{2}$$

式中： p' 为累计降水阈值， H 为降水过程所引起的危险性指数。参照北京市暴雨历史灾情资料^[26]，北京历次造成人员伤亡损失的暴雨事件其日雨量都不低于 100 mm。因此设定日雨量或等效日雨量超过 100 mm 才可能对人员安全形成威胁，即以 100 mm 日雨量作为可导致人员伤亡损失的暴雨雨量标准或临界气象条件， $p = 100$ mm。一般来说，降雨强度越大，形成的危险性指数呈非线性增长，而不是单纯的线性增长，这里采用 e 为底的指数计算式来估算雨量对人员安全的威胁程度。

2.2 暴雨灾害人员损失预评估方程

损失预评估主要基于致灾因子强度、承灾体状况、灾损率及时间因素等评估因子，进行损失估算。预评估在原理上接近风险评估，区别是损失预评估将风险定格在某一具体承灾体的预期损失上。暴雨灾害人员损失的预评估方程定格为“人员损失 = 致灾因子强度 × 灾损系数 × 人员损失影响指数 × 时间纠正系数”，其计算方程式表述为：

$$R_l = H \cdot L_c \cdot C \cdot M_c。 \tag{3}$$

式中： R_l 为人员损失预估值； H 为致灾因子强度，可由式(1)、(2)算出； L_c 是灾损系数，需要根据 H 值来判断，研究参考并统计了北京地区历史灾情资料，建立不同致灾因子强度下的灾损系数计算公式，并参照模糊隶属函数的处理方式^[27]建立灾损系数判断方程(表 1)。原则上致灾因子强度越大，灾损系数越高，这种数量上的增长同样呈指数形式的增长。灾损系数的估算是预评估模型的核心，也是应用检验的关键及主要目的。 C 为暴雨灾害人员损失影响指数。

表 2 一天中各时段暴露人口比率列表								
00 - 05 时	05 - 06 时	06 - 09 时	09 - 12 时	12 - 14 时	14 - 17 时	17 - 19 时	19 - 22 时	22 - 24 时
0.05%	2%	20%	10%	10%	10%	20%	5%	0.5%

$$C = Grid(\text{风险暴露因子}) \times Grid(\text{孕灾环境敏感性}).$$

(4)

其中孕灾环境敏感性涉及地形因子、不透水地表组成、河网密度等指标,有关暴雨灾害孕灾环境敏感性的计算请参见文献[15];风险暴露因子这里仅涉及人口密度指标。最后,式(3)的计算结果即为暴雨人员损失风险的预估值。 M_c 是时间纠正系数,按照不同时段来取值,其取值系数及获取规则见表2。 M_c 的取值理由是因为不同时段人所体现出的暴露程度不一样,设置 M_c 的判断规则是依据户外(外出)人口比率作为标准的,即外出人口比率越多,风险暴露性就越大。

2.3 暴雨社会经济影响综合评估定级

评估定级标准参照马宗晋等^[2]建立的灾度法中有关人员损失的定级标准(表3)。需要注意的是灾度法对人员的损失定级是针对整个事件中的总损失人员数量,而基于网格化的人员损失预评估是逐网格评估每个网格单元的人员损失数,然后将所有网格的人员损失风险预评估值累加,作为总的人员损失。由于评估是在空间网格单元上进行,那么单个网格的定级标准是按照所有网格的平均数量来确定其损失级别,即判断单个网格的预估人员损失的贡献率是否达到对应级别的损失量,例如,如果某一网格的人员损失大于“100 人/网格总数”,那么该网格的人员损失级别可定为“极重”,其它的定级方法以此类推。

表 3 人员伤亡预评估定级标准表	
等级	定级判断标准
较轻(0)	1 人以下
一般(1)	因灾损失 1 到 3 人
较严重(2)	因灾损失 3 到 30 人
严重(3)	因灾损失 30 人以上 100 人以下
极重(4)	因灾损失总数 100 人以上

3 实例应用及检验

3.1 暴雨灾害人员损失影响指标计算及判断

人员损失影响指标由风险暴露因子(人口密度)与孕灾环境敏感性指标叠加得到,叠加方法参见文献[15]。叠加得到的指标为静态指标,该指标既表现了承灾体的风险暴露状况,又反映出受环境因素影响的敏感性指标。

图2为计算出的北京地区暴雨灾害人员损失影响指标区划结果图,显然北京市中心城区的指标

值较大。北京城市中心区域位于平原地带,从地形因素上分析,发生暴雨积涝后,积水不容易排出,由地形引起的暴雨敏感性较高。城市区域不透水面积比重较大,不利于积水的下渗和及时排出,暴雨时刻的地表径流及积水均增加,地表出现峰值径流的反应时间缩短,促使城区积涝出现的频次增多^[28-29]。城市地区人口密度大,即体现的灾害风险暴露性也大。因此综合计算出的北京地区暴雨灾害人员损失影响指数在城区要普遍高于远近郊区。平原地区也明显高于北、西部山区。

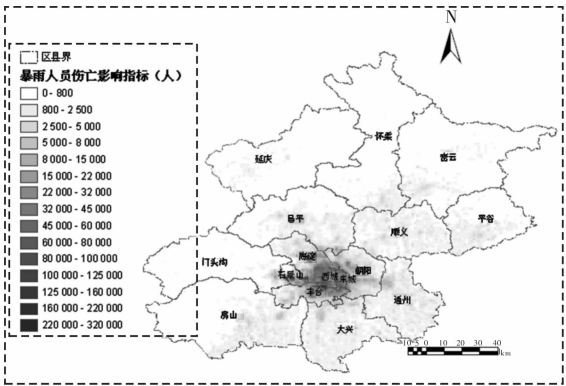


图2 北京地区暴雨灾害人员损失影响指标区划图

3.2 暴雨评估个例分析

暴雨灾害人员损失预评估模型的评估实例应用,分别选用北京地区2011年“6.23”、2012年的“7·21”暴雨为个例,进行评估结果的分析及检验。

(1)“6·23”暴雨个例

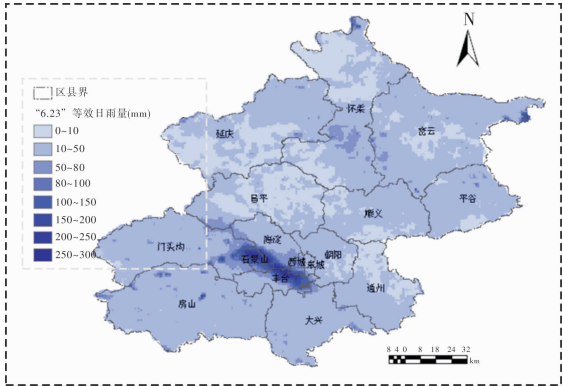
2011年的北京“6·23”暴雨造成非常严重的城市内涝,全市多处地方发生严重积水,甚至出现积水倒灌地铁入口的情景。也就是从“6·23”开始,北京获得了“要看海到北京”的“称誉”。“6·23”评估所用的雨量资料为BJ_ANC的定量降水估计(QPE)雨量,该雨量经过自动站雨量订正,比较贴近实况。“6·23”暴雨的降水主要集中在北京城区及附近地区,尤其是城区西部和西南部地区雨量最大(图3b)。城区的等效日降水几乎都在50 mm以上,部分地区甚至达到350 mm左右,说明当天局部地区的绝对雨量和雨强都非常大。“6·21”出现了严重的城市积涝,也发生了2~3例比较偶然的因灾人员伤亡事故。人员伤亡预评估模型的模拟结果是当天预计伤亡人数是1.57人,属于有可能性发生人员损失的预评估结果。部分网格的预估人员损失级别属于“极严重”级别(参见表3),其1 km×1 km大小的网格单元的预

估值甚至达到 0.4 人的风险水平。网格化评估结果图(图 3a)显示, 预计人员损失的高值区域对应雨量较大的区域(图 3 的 A 处), 高值区域涉及范围不大, 主要分布在主城区偏西面位置。而也就是在预估高值区域发生了几例因灾人员伤亡事故。

总体上, 预评估结果与实际情况基本吻合, 但是预估模型有高估城区的人员损失的趋向。模型采用人口密度作为风险暴露的唯一评估指标, 城区的人口密度一般要比近郊及远郊区的人口密度要大, 但是城区的经济发展水平较高, 在灾害救助及规避能力等方面比人烟稀少的郊区要强。模型暂未引用防灾减灾能力这项指标, 可能会造成城区的损失预估值会偏高于郊区。在今后的模型开发及应用中, 需要根据不同地区的经济发展水平, 评估其灾害救助及规避能力等防灾减灾能力指标, 并将这类指标引入评估模型估算中, 这样可提高评估的精确度及有效性。



(a) 伤亡预评估结果



(b) 等效日雨量

图 3 “6·23”暴雨预评估结果与雨量图

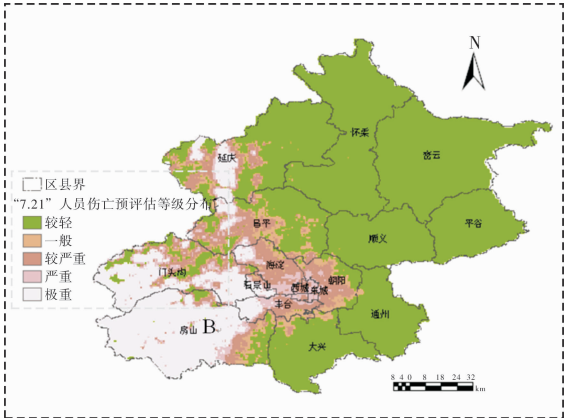
(2)“7·21”特大暴雨洪涝灾害个例

2012 年“7·21”暴雨的实际损失情况依据北京防汛抗旱指挥部于 7 月 25 日 9 点半召开的“7·21”特大自然灾害情况通报会提供的损失信息, 即截止到该时刻, “7·21”暴雨共导致 79 人死亡, 因

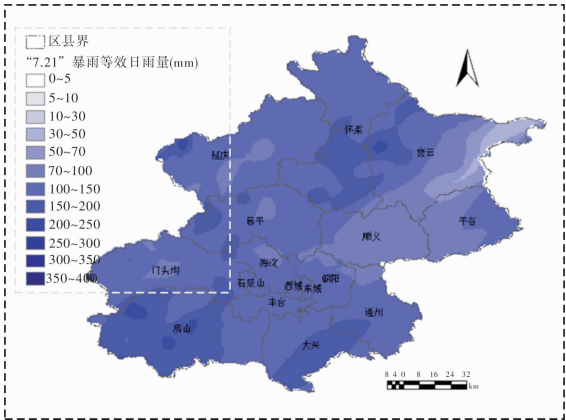
灾造成直接经济损失 116.4 亿元, 机动车辆保险接报案 4.2 万件。图 4a 为北京市防汛办发布的“7·21”暴雨遇难人员发现地分布图, 从图 4a 中可见, 北京市西南房山区的拒马河流域地区、京港澳高速及附近地区的遇难人员分布较多。“7·21”暴雨出现了大量人员遇难, 甚至在广渠门桥附近出现车辆被洪水淹没, 车主溺亡的离奇事件, 因此被媒体夸张成“行驶在北京的大道上, 遭遇洪水淹没”。



(a) 北京“7·21”特大暴雨遇难人员发现地分布图(北京市防汛办提供)



(b) 人员损失预评估结果图



(c) 等效日雨量分布图

图 4 北京“7·21”特大暴雨灾情、预评估及雨量图

“7·21”个例评估选用 BJ_RUC(24 h)的雨量,该天雨量分布图显示全市等效日雨量大多在 100 mm 以上,雨量达到 250 mm 的分布范围也较广泛(图 4c)。实例选用预报资料来做例分析,而不是用实况雨量,是基于从预报的角度分析预评估模型的可靠性及有效性,为今后类似极端灾害事件的预报、预警及防御提供实例分析依据。

“7·21”的预评估结果是预计人员损失风险总数为 178.24 人,预评估结果的预计伤亡人员高值区域(“极严重”等级)主要分布在:房山区西南部拒马河中下的山区和平原地区;京港澳高速路及附近地区;城区西部的石景山、门头沟和丰台北部地区。对比图 4a 的实际遇难人员发现地分布图和图 4b 的预计损失结果图,发现人员损失预评估结果图中的预估高值区域与实际人员死亡地点的空间分布基本吻合。在“7·21”暴雨事件中,城市中心区域除了广渠门桥事件外,没有其他人员遇难,但评估结果显示城市中心区域的人员损失风险也很大,部分地区属于预计的高值区域范围(“严重”以上等级)。这种情况与“6·23”的预评估结果类似,也是因为没有考虑城市区域的灾害救助及规避能力较强的缘故,稍微高估了城区的人员损失。

另一个实际损失情况与评估结果不太吻合的区域是门头沟区。门头沟区政府在“7·21”暴雨前根据气象部门提供的天气预报信息,采取了积极的预防应对措施,比如:提前疏通排水管网设施;提前安置转移几千名易受洪涝及地质灾害影响的相关人员^[30]等等。因此在“7·21”特大暴雨事件中,取得了全区境内竟无一人因灾伤亡的减灾成效。模型计算结果却显示该区预计人员损失总数为 9.66 人,多处地点的预计人员损失同样在高值区域范围,尤其是永定河流域范围的人员损失风险极大(图 4b 的 B 处)。门头沟区的案例说明积极的预防措施确实能显著降低灾害损失,这也间接说明损失预评估模型可为灾害防御提供有效的决策依据,为减灾发挥重要作用。

4 总结

(1)暴雨灾害人员损失预评估模型包括致灾因子强度、孕灾环境敏感性、风险暴露因子、灾损系数及时间纠正系数等参数估算。致灾因子强度主要参照雨强信息,根据过程雨量及降雨持续时间参数,换算成等效日雨量,然后由致灾因子强度公式计算而来。致灾因子强度公式的计算体现出雨强越大,其致灾强度的增长是呈指数增长的原则。孕灾环境敏感性和风险暴露因子,分别与地形、不透水地表、河网密度及人口密度等静态

指标相关,这里将二者叠合为暴雨灾害人员损失影响指数。灾损系数的换算从方法上基于模糊隶属函数方法来设置,依据则是参照北京地区近年来的历史灾情资料中雨强与人员伤亡之间的统计关系整理而来,是预评估模型的核心。鉴于不同地区在灾害的防御能力、防灾基础设施建设、应急能力建设、居民防灾意识、经济发展水平等方面表现不一,灾损系数计算的参数设置在不同地区应用时需要调整。

(2)个例分析中 2012 年“7·21”暴雨的致灾因子强度计算采用的是预报雨量场数据,这增加了评估结果的不确定性。最终的评估结果显示预评估死亡人数与实际死亡人数比较接近,几乎在一个数量级上。预估的人员损失高值区域在空间分布与实际遇难人员发现地的分布基本吻合。门头沟的评估结果与实际情况有偏差,这与该区相关部门提前做好防御及应急减灾措施有关。这一方面体现了积极防御及应对灾害的重要性,另一方面也意味着基于灾情预评估的决策服务显然会在防灾减灾中发挥重大作用。而 2011 年“6·23”个例的人员损失预评估检验则表明此次暴雨事件也造成了很大的影响,并出现严重的城市内涝,也发生几例比较偶然的因灾人员伤亡事故,预评估的预计损失为 1.57 人,属于有可能性发生人员损失暴雨过程。评估检验表明模型模拟结果与灾害实际发生状况基本吻合。当然,气象灾害损失预评估研究目前只处于探索阶段,还有一些不确定性因素需要加以深入研究及改进,比如经济发展水平不等地区的灾害防御和救助能力应有所差别的情况。总之,预评估模型还需在实际应用中逐步改进,使评估过程更加合理,评估结果更为准确。

参考文献:

- [1] 北京“721”特大暴雨遇难总人数已增加至 79 人[EB/OL]. [2012-08-07]. http://blog.sina.com.cn/s/blog_4d8ff390102ed0c.html.
- [2] 马宗晋,李闵峰.自然灾害评估、灾度和对策[M]//中国减轻自然灾害研究.北京:中国科学技术出版社,1990.
- [3] 高庆华,马宗晋,张业成,等.自然灾害评估[M].北京:气象出版社,2007.
- [4] 黄崇福.自然灾害风险评估理论与实践[M].北京:科学出版社,2005.
- [5] 扈海波,董鹏捷,熊亚军,等.基于空间模式的北京奥运期间冰雹灾害风险评估[J].气象,2008,34(12):84-89.
- [6] 扈海波,董鹏捷,潘进军.基于灾损评估的北京地区冰雹灾害风险区划[J].应用气象学报,2011,22(5):612-619.
- [7] 扈海波,李京校,潘进军.北京地区雷电灾害风险评估方法与应用[J].气象,2012,38(8):1004-1011.
- [8] 莫建飞,陆甲,李艳兰,等.基于 GIS 的广西农业暴雨洪涝灾害风险评估[J].灾害学,2012,27(1):38-43.

- [9] 吴振玲, 史得道, 吕江律, 等. 利用欧氏距离函数评估海河流域暴雨灾害[J]. 灾害学, 2012, 27(3): 48–53.
- [10] 马艳, 黄容, 于进付, 等. 青岛环胶州湾地区暴雨特征及暴雨灾害风险分析[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 42–46.
- [11] 谢今范, 石大明, 胡铁鑫, 等. 吉林电网的暴雨灾害风险等级区划与评估研究[J]. 灾害学, 2013, 28(3): 48–53.
- [12] 王静爱, 毛佳, 贾慧聪. 中国水旱灾害危险性的时空格局研究[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(1): 115–121.
- [13] Jongman B, Kreibich H, Apel H, et al. Comparative flood damage model assessment: towards a European approach[J]. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2012, 12: 3733–3752.
- [14] FEMA. HAZUS-MH MR4 flood model technical manual, Federal Emergency Management Agency[M]. Washington, Mitigation Division, DC, 2009.
- [15] Scawthorn C, Flores P, Blais N, et al. HAZUS-MH flood loss estimation methodology, II. Damage and loss assessment[J]. Nat. Hazards Rev., 2006, 7: 72–81.
- [16] Apel H, Thieken A H, Merz B, et al. Flood risk assessment and associated uncertainty[J]. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2004, 4: 295–308.
- [17] Kok M, Huizinga H J, Vrouwenvelder A C, et al. Standaardmethode 2004 – Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen [C]//RWS Dienst Weg-en Waterbouwkunde, DWW – 2005 – 005, 2005.
- [18] Vanneuville W, Maddens R, Collard C, et al. Impact op mens en economie t. g. v. overstromingen bekeken in het licht van wijzigende hydraulische condities, omgevingsfactoren en klimatologische omstandigheden [C]//Vakgroep Geografie, Universiteit Gent, Gent, Bmoelgium, MIRA/2006/02, 2006.
- [19] Zawadzki, I I. On radar-raingauge comparison[J]. J. Appl. Meteor., 1975, 14: 1430–1436.
- [20] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊廷南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [21] 扈海波, 王迎春, 刘伟东. 气象灾害事件的数学形态学特征及空间表现[J]. 应用气象学报, 2007, 18(6): 802–809.
- [22] 扈海波, 王迎春. 基于数学形态学方法的统计数值空间离散化图谱生成[J]. 计算机工程, 2007, 33(21): 9–11.
- [23] 扈海波, 熊亚军, 张姝丽. 基于城市交通脆弱性核算的大雾灾害风险评估[J]. 应用气象学报, 2010, 21(6): 732–738.
- [24] 扈海波, 轩春怡, 诸立尚. 北京地区城市暴雨积涝灾害风险预评估[J]. 应用气象学报, 2013, 24(1): 99–108.
- [25] 尹道声. 雨量等级守恒及其应用[C]//暴雨文集. 长春: 吉林人民出版社, 1980: 249–255.
- [26] 中国气象灾害大典[M]. 北京: 气象出版社, 2004.
- [27] 任鲁川. 灾害损失等级划分的模糊灾度判别法[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(3)13–17.
- [28] Konrad, C P, Booth DB. Hydrologic trends associated with urban development for selected with urban development for selected streams in the Puget Sound basin, western Washington [C]//USGS Water-Resources Investigations Rep. 2002: 4003–4040.
- [29] Tang Z B, Engel A, Pijanowski B C, et al. Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale[J]. J. Environ. Manage., 2005, 76: 35–45.
- [30] 门头沟大台街道未雨绸缪安全转移群众 300 余户[EB/OL]. [2012–07–27]. <http://report.qianlong.com/33378/2012/07/27/2000@8136196.htm>.

Quick Assessing Model on Casualty Loss in Rainstorms

Hu Haibo¹ and Zhang Yanli²

(1. *Institute of Urban Meteorology, CMA, Beijing 100089, China;*
2. *Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089, China*)

Abstract: On the basis of analyzing the intenseness of disaster causing factor, as well as the sensibility of the disaster-forming environment, human beings are thought to be the primary hazard-affected objects, so the population density is taken as the exposure factor in loss assessment. Meanwhile, referring to the historic disaster situations of rainstorm floods occurred in Beijing, loss coefficient is determined by the function of assessing the casualty loss with the intenseness of disaster causing factor, and the periodic correction is also obtained by the ratio of the outdoor population to the total; eventually the modeling of loss assessment is carried out by the product of multi-factors derived previously. The model testing is based on the case study of “7·21” and “6·23” rainstorm floods, occurring on July 21, 2012, and June 23, 2011 respectively. The case study of “7·21” uses the precipitation datasets of the Rapid Update Cycle 24h (RUC) weather forecast and data assimilation system to determine the intenseness of disaster causing factor, and that of the “6·23” instead using the Quantitative Precipitation Estimation (QPE) datasets of Beijing Auto Now Casting (BJ_ ANC) system to do so. The test shows that during the “7·21” rainstorm flood, the casualty number assessed by the model is nearly 100, similar to the actual casualty loss in the disaster. Moreover, the zoning of the assessed casualty loss in the disaster correspond correctly to the distribution of the places where the drowned was spotted. On the other hand, the case study of “6·23” shows that the casualty number assessed by the model is no more than one. On the other hand, it was also conformed that no one had been killed in the rainstorm flood, though a severe flash flood had actually happened in that day. Obviously, the testing demonstrates that the model is capable of assessing the casualty loss of rainstorm floods correctly. However, the research stages in the preliminary phase, and needs to improve in the future application of decision-making, which could eventually enable it exerting a positive role in disaster preventing.

Key words: rainstorm flood; loss assessment; risk assessment