

李谢辉, 韩荟芬. 河南省黄河中下游地区洪灾损失评估与预测[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 87-92. [Li Xiehui and Han Huifen. Loss Assessment and Prediction of Flood Disaster in the Middle and Lower Reaches of Yellow River in Henan Province[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(1): 87-92.]

河南省黄河中下游地区洪灾损失评估与预测*

李谢辉^{1,2}, 韩荟芬²

(1. 成都信息工程学院 大气科学学院, 高原大气与环境四川省重点实验室, 四川 成都 610225;
2. 河南大学 黄河文明与可持续发展研究中心, 河南 开封 475001)

摘 要:以河南省黄河中下游地区为研究区, 利用 GIS 技术和社会经济数据的空间展布方法, 构建洪灾损失快速评估模型, 基于该模型不仅进行了 1996 年型洪水直接经济损失的评估, 而且对 2015 年发生 1996 年型洪水进行洪灾损失预测和灾情等级区划。结果表明: ①以 1996 年型洪水为例, 运用此模型进行的评估结果与实际灾情接近, 评估精度较高。②通过预测 2015 年发生 1996 年型洪水的损失结果来看, 直接经济损失将是 1996 年的 4 倍。1996 年评估和 2015 年预测的损失类型主要都以农业、农村房屋和家庭财产为主。③通过计算基数对灾情进行了等级区划, 从洪灾损失对国民经济的影响来看, 济源、偃师、巩义、荥阳、郑州、中牟、开封、兰考为轻灾区; 武陟、封丘、濮阳、范县为中灾区; 孟津、孟州、温县、长垣为重灾区; 原阳和台前为特重灾区。从整体上看, 黄河滩区内北岸地区比南岸地区灾情严重。

关键词:河南省; 黄河中下游地区; 洪灾损失评估; 洪灾损失预测; GIS 技术

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2014)01-0087-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.01.016

洪水灾害是由自然和社会系统相互作用的产物, 是一个十分复杂的地球表面异变灾害系统, 一般范围广、损失大, 给人民的生命财产、生产和生活以及环境造成很大危害。据近 20 年资料统计, 我国洪涝灾害年均经济损失超过 1 000 亿元, 约占全国 GDP 的 1%~3%^[1]。近年来, 随着计算机技术、RS 和 GIS 技术的发展, 参数统计模型^[2]、水文水动力学模型^[3-4]、数字地形高程模型^[5]、人工神经网络模型^[6]、空间信息格网模型等^[7-8]都被用于洪灾损失评估模型的建立和研究中。黄河中下游地区由于独特的自然环境特征历来洪灾频发, 尤其在河南段, 河道淤积严重, “地上悬河”突出, 为典型的游荡型河段。而随着全球气候变化引起的降水异常, 人类活动的加剧和黄河下游来水来沙条件的变化, 加上黄河滩区人民修补增补生产堤, 主槽处地面抬高, 使“二级悬河”态势更为严重, 黄河中下游地区仍面临很大的洪水威胁。本文针对河南省黄河中下游地区特点, 基于 GIS 技术和社会经济数据的空间展布方法, 构建洪灾损失

快速评估模型, 基于该模型不仅以 1996 年型洪水进行了直接经济损失的评估验证, 而且对 2015 年发生 1996 年型洪水进行洪灾损失预测和灾情等级区划, 其研究可为发生某一流量级洪水的灾前、灾中和灾后的损失评估和防洪调度、防灾减灾措施的制定提供科学依据, 为社会经济发展和土地利用规划等提供合理参考。

1 研究区概况

黄河在河南省境内河长 711 km, 其中三门峡至孟津段穿行于晋豫峡谷, 孟津以下进入平原, 水流减缓, 河流展宽。黄河历来以泥沙多, 善淤、善决、善徙闻名于世。现代河南省黄河中下游地区的水灾主要由大雨和暴雨引发, 如 1958 年、1982 年、1996 年汛期的几次重大水灾, 其水灾范围主要在黄河滩区及伊洛河夹滩低滩区^[9]。本文的河南省黄河中下游地区主要包括以黄河干流为主体的河流沿线区域, 范围始于济源市小浪底水

* 收稿日期: 2013-05-24 修回日期: 2013-07-18

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(41001359; 41275033); 教育部人文社会科学研究青年项目(09YJCZH032); 四川省教育厅 2011 年科研项目(11ZZ014); 成都信息工程学院科研人才基金(J201310)

作者简介: 李谢辉(1977-), 女, 河南平舆人, 博士后, 副教授, 主要从事灾害风险评估、气象防灾减灾和 3S 技术应用研究。

E-mail: lixiehui325328@163.com

库,止于濮阳市的台前县。主要涉及到河南省济源市、洛阳市、焦作市、郑州市、新乡市、开封市、濮阳市内的相关县市区,具体的地理位置见图1。

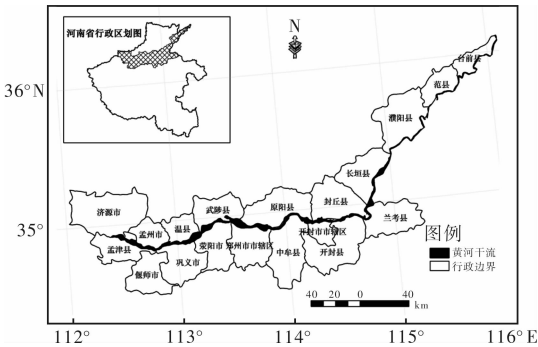


图1 研究区位置

2 洪灾损失评估模型

2.1 淹没水深的模拟

洪水淹没影响因素较多,从一个流域内发生的洪水来看,导致洪水淹没一般主要分为漫溢式和堤防溃决式淹没两种情况,根据这两种类型对其受淹范围的确定也有不同的分析方法^[5, 10]。根据对本文研究区的洪灾统计,认为近几十年来主要是降水引起水位升高从而引发漫溢式洪水灾害,因此研究主要采用基于给定水位条件来确定淹没范围的方法。在模拟洪水淹没范围时,通常是将在洪水在特定河段内简化为曲平面,从而把此问题归结为 DEM 被一个曲平面切割的问题,即主要结合高精度 DEM 的优势,采用曲面模拟方法,按水文站和河段分布,并考虑堤防的布局将研究区划分为若干个淹没小区,把洪水水位看作是水面高程,当水位高于道路或堤防时就会漫溢^[6, 11]。由于不同水深下损失率不一样,因此淹没水深是评估中的一个重要参数。在洪水淹没的范围得出后,基于 ArcGIS 软件的支持,将模拟好的洪水淹没范围与 DEM 叠加,找出各个区内洪水的水面高程,根据公式(1)就可得到淹没区域内的淹没水深。

$$H_{淹}(x,y) = H_{水}(x,y) - H_{地}(x,y), \quad (1)$$

式中: $H_{淹}$ 为某点的洪水淹没水深(m); $H_{水}$ 为某点的水面高程; $H_{地}$ 为某点的地面数字高程; (x,y) 为淹没区域内的点。

2.2 洪灾财产损失率

洪灾损失的分类是洪灾损失定量计算的基础。洪灾损失对区域经济系统的制约作用表现在洪灾损失在时间、空间及强度上的分布特征,一般主要包括直接经济损失、间接经济损失和非经济损失三

类。由于间接经济损失和非经济损失难以定量,所以本文重点研究洪灾直接经济损失的评估,而其计算的关键是合理的确定各类财产和作物在不同淹没程度下的洪灾损失参数。因此在进行评估时,首先要建立各类资产洪灾损失率,结合洪水淹没特征、经济指标,分财产和淹没级别进行累加,具体的计算如式(2)所示^[12]。

$$S = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n P_{ij} T_{ij}, \quad (2)$$

式中: S 为某个地区的直接经济损失; P_{ij} 为*i*种淹没范围内第*j*类财产值; T_{ij} 为第*i*种淹没级别下的第*j*类财产损失率,与淹没水深有关; m 为财产类型总数, n 为洪水淹没级别。

洪灾损失率是指各种承灾体类型在经历灾害后的价值与灾前原有价值之比,损失率的大小与水深、受灾体的承灾能力等因素有关。目前分为两种损失率类型,一是按行业、部门来分类确定其财产的损失率,其结果可以作为评估各类社会经济财产受洪水影响和损失的基础性资料;另外一种一种是面上综合洪灾损失率,即确定人均损失率和公顷均损失率,即利用某一地区或近似地区历史上统计的洪灾损失值,考虑物价的情况来计算未来年的经济损失^[13]。这种计算人均或公顷均损失率的方法,其评估的结果相对于分类分行业计算损失率较粗,因此,本文采用分行业、部门进行计算损失率。

由于目前河南省没有详细分类的灾情报告和数据库,没有比较系统的历史洪灾损失资料可供借鉴,无法建立损失率函数,因此在总结研究区已有洪灾损失率成果的基础上,研究主要参考移植黄河滩区、滞洪区和临近的海河、淮河流域的洪灾损失率关系来调整确定,具体的洪水淹没等级与财产损失率对应的二维关系如表1所示。

表1 不同洪水淹没等级对应的不同财产洪灾损失率 %

财产类型	淹没水深/m				
	0~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	>3.0
农业	77	85	95	100	100
林业	0	5	10	25	40
牧业	0	8	25	45	70
渔业	30	70	80	100	100
工业增加值	10	15	25	25	25
建筑业	0	5	10	15	20
农村房屋	0	7	12	16	20
农村生产性工具	0	11	21	30	35
城市房屋	0	5	10	15	20

2.3 社会经济财产数据的空间化

对社会经济财产数据的空间化,可以采用将

同一行政单元内的土地利用数据和社会经济统计数据相结合, 通过计算各类社会经济财产数据在相应土地利用类型上的财产密度, 从而实现空间化, 具体计算方法可见参考文献[14]。由于用地类型、社会经济指标等情况的不同, 对于城市和农村的损失评估内容会有所差别。对于农村区主要是农林牧渔产品的损失和农村居民家庭生产工具和生活用品的损失, 对于城市区主要是各行业固定资产、居民财产以及生产部门产值等方面的损失^[15]。根据河南省统计年鉴的指标类型, 以及研究区的土地利用类型, 通过建立洪水灾害损失评估所需的社会经济数据库, 并以县为最小单元进行空间化处理, 本文所确定的财产值与土地利用类型之间的空间对应关系见表 2。

表 2 社会经济指标与土地利用类型的空间对应关系

社会经济指标类型	对应的土地利用类型
农业总产值	水浇地、水田、旱地
林业总产值	林地
牧业总产值	农村聚落
渔业总产值	水体
工业生产总值	城镇建设用地
农村居民家庭财产	农村聚落
城市居民家庭财产	城镇用地(城镇居民点)

3 评估结果与模型验证

3.1 直接经济损失评估

河南省黄河中下游地区在历史上属于洪水易发区, 基本上是三门峡以下来水造成的洪水灾害。1996 年 8 月黄河三门峡以下河段普降暴雨, 黄河干流上相继涨水, 伊洛河、沁河出现自 1982 年后的最大洪水, 并与黄河干流洪水在温孟滩区相遇。从洪水流量来看, 1996 年洪水属于中型洪水(20 年一遇), 黄河花园口站洪水流量(7 600 m³/s)小于成功防御的 1958 年 60 年一遇洪水流量(22 300 m³/s), 但 1996 年汛期洪水却造成了多站水位均突破历史最高值, 给国民经济和人民群众的生命财产造成重大损失, 因此本文就以 1996 年型洪水为例, 运用模型对洪灾的直接经济损失进行评估。

首先整理 1996 年 8 月河南省黄河中下游地区各报汛站的实测洪水水位, 并将各水位统一到黄海高程系; 然后根据各水位高程、数字地面高程 DEM, 以及洪水淹没水深的模拟方法(式 1), 运用 ArcGIS 软件得出 1996 年 8 月研究区洪水的淹没范围和水深; 最后将洪水淹没模拟图和对应年的土

地利用类型图相叠加, 提取出 1996 年淹没区的土地利用类型、淹没面积和水深。由模拟得到的淹没结果可以看出, 由于黄河大堤的保护, 洪水淹没区主要都分布在黄河滩区农村。因为滩区内经济结构单一, 无工矿企业, 所以淹没的土地利用类型主要为农用地、农村聚落、林地以及道路等其他用地。

根据洪灾损失评估的分类和淹没土地利用类型, 收集和整理农村各类经济指标数据。根据空间化处理时社会经济指标类型所对应的土地利用类型(表 2), 即把农业产值在农用地上展布, 林业产值在林业用地上展布, 畜牧业、农村房屋及农村生产性固定资产在农村聚落用地上展布, 对各县市的社会经济指标进行空间上的概化计算, 最后根据确定的各类财产洪灾损失率(表 1)及损失评估模型(式 2)计算出各县市不同财产类型的洪灾损失。

由图 2 和图 3 的统计结果可知, 研究区的农、林、牧业损失共计约 13.74 亿元, 农村家庭财产损失共计约 16.79 亿元, 两项合计约 30.53 亿元。通过对各县市洪灾损失进行对比可以看出, 由于农作物种植面积大, 住户较为密集, 孟州、台前、原阳、长垣、温县、武陟和濮阳淹没区的洪灾损失较大, 其次是农村居民分布较少的封丘、孟津和范县, 而兰考、开封及其它剩余地区的损失相对最小, 其结果与实际较符。总之, 从整体上看以农村家庭财产和农业损失为主。

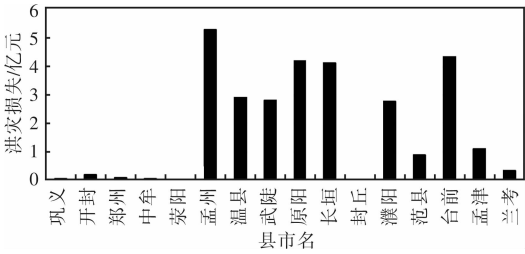


图 2 1996 年各县市洪灾损失模拟结果

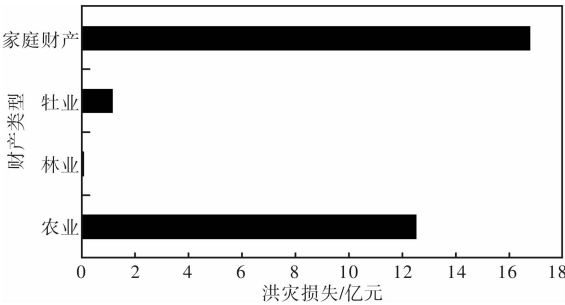


图 3 1996 年各财产类型洪灾损失

3.2 评估结果与实际灾情的对比分析

1996 年 8 月洪水期间, 河南黄河临黄大堤假

水长度达 350 km，偎水深度一般 2 ~ 4 m，漫滩面积 17.1 万 hm²，滩区受灾人口 82.94 万人，受灾村庄 865 个，临时紧急外迁 36 万人，直接经济损失 30 多亿元，灾害严重程度超过 1958、1982 年等大洪水年份^[16]。本文的洪灾损失评估模拟结果与实际灾情的对比情况见表 3。通过对比分析发现受淹面积比实际灾情偏小，相对误差为 1.35%；由于直接经济损失的实际灾情统计不精确，如果按最小 30 亿元计算，则评估模拟结果比实际灾情偏高，相对误差为 1.76%。

表 3 洪灾损失评估结果与实际灾情的对比

项目	评估模拟结果	实际灾情	相对误差/%
受淹面积	16.87 万 hm ²	17.1 万 hm ²	1.35
直接经济损失	30.53 亿元	30 多亿元	1.76

对受淹面积存在的误差进行分析认为，首先淹没面积应是黄河大堤内除黄河河流水体之外的面积，由于本文使用的土地利用图中黄河河流与坑塘同属于水体土地利用类型，而模拟时未把坑塘面积从整体水体面积中提出计入淹没面积，可能会使淹没面积减少；其次由于 DEM 精度不高（90 m × 90 m），再加上淹没状况的获取是各种图的叠加，可能存在误差，都会造成模拟的淹没面积与实际值的偏差。对直接经济损失存在误差的原因认为，由于每平方米的经济强度是根据每个县的每类经济类型所对应的土地利用面积计算，如农林牧业以及农村家庭财产损失是按整个县每平方米价值进行计算，而实际上，黄河滩区由于受到自然、地理环境的影响，与滩外相比，农业结构单一，住房条件差，较为贫困，其经济实力与滩外差距较大，按县均一化计算的经济强度要比滩区实际的经济强度高，而淹没区主要分布在滩区，这将使洪灾直接损失计算结果会比实际偏高，另外洪灾损失率的确定可能与实际存在偏差，都会造成损失计算结果不精确，但作为在洪灾发生前和发展过程中，以及灾后的快速损失评估方法，其评估值与实际值接近，评估精度较高，具有实际可操作性。

4 洪灾损失预测与等级区划

4.1 洪灾损失预测

洪灾损失的大小会随着一个地区社会经济的发展、区域内的地理环境和土地利用的改变等而发生变化。自黄河滩区人民修补生产堤后，使河道的过水断面减小，滩唇和河槽地面抬高，来水时水沙淤积生产堤。但由于生产堤之外淤积极小，长期以来增大了生产堤和黄河大堤之间的高差，

生产堤使“二级悬河”加剧，很容易出现小流量、高水位的洪水，使黄河下游滩区面临威胁。1996 年洪水为 20 年一遇中型洪水，根据洪水的发生频率，土地利用数据的变化情况和社会经济数据预测值的可获取性，本文将预测 2015 年发生 1996 年型洪水时的淹没和洪灾损失状况，并对经济损失进行等级区划。

目前，洪水灾害损失预测常用的方法有特征指标相关法、资产年均增长率法、结构比例分配法、各类资产损失年均增长率法等^[2, 17]。结合以上方法，本文收集整理研究区 2001 - 2011 年各类资产数据，通过分析每类资产随时间变化的曲线来选择合适的预测方法，主要以农村财产损失为主。由于随着农村居民人均收入的提高，单位面积内农民住房价值逐年增加，“十一五”期间年均增长率为 5%；农民家庭平均每百户用于农业生产固定资产值 2006 年为 93.49 万元，2010 年为 93.04 万元，“十一五”期间变化不大；农、林、牧、渔业呈偶尔波动整体上升的趋势。针对以上分析，对 2015 年每平方米房屋价值预测采用年均增长率方法，由于农民家庭平均每户用于生产性固定资产数量基本上变化不大，在此假定 2015 年用于农业生产性固定资产拥有量不变来计算每平方米价值；而对农林牧渔业以及生产总值主要根据各县市现有经济指标值和“十二五”规划纲要的发展指标计算得出。

利用现有最新的河南省黄河中下游地区土地利用遥感数据和预测的 2015 年的社会经济指标数据，根据前述洪灾损失评估模型，结合洪灾损失预测方法，对未来 2015 年发生 1996 年型洪灾损失进行预测，获得了各县市不同财产类型的洪灾损失。由图 4 和图 5 的统计结果可知，研究区的农、林、牧业损失预测约 58.53 亿元，农村家庭财产损失预测约 61.15 亿元，两项合计约 119.68 亿元。通过将各县市洪灾损失与 1996 年结果对比发现，仍然以台前、原阳、长垣、孟州、温县、武陟、濮阳损失较重，其它孟津、封丘、范县，兰考、开封等地区损失相对较轻。

4.2 洪灾损失等级区划

目前，对灾害损失等级的评估有多因子和单因子两种方法。多因子涵盖受灾面积、死亡人数、以及直接经济损失指标，较为全面，但其划分标准在实际应用中较为困难，可能会出现一些因子达标但某些没有达标的情况。单因子是以直接经济损失为标准，实际上直接经济损失除了不包括人员伤亡损失，其受灾面积、房屋损失以及社会经济损失等都能全面体现。目前，随着人们防灾

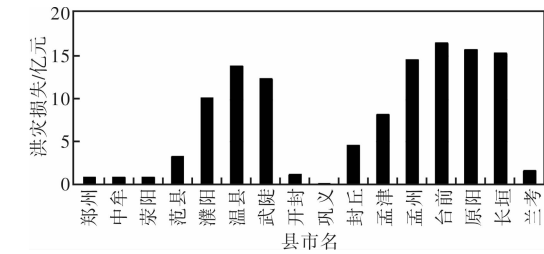


图4 2015年各县市洪灾损失模拟预测结果

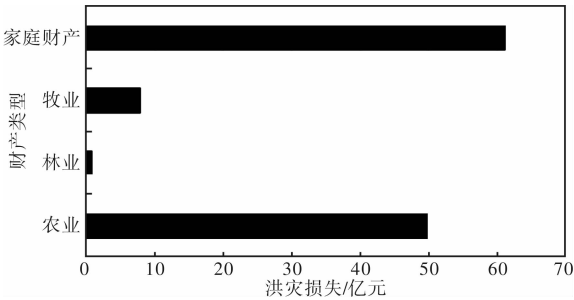


图5 2015年各财产类型洪灾损失预测

减灾意识和防洪措施的不断增强, 洪灾伤亡人员在逐渐减少, 因此采用直接经济损失划分方法不但便于操作而且较为直观。不少学者采用直接经济损失与国内生产总值的比值作为灾情等级划分的基数, 并验证了其合理性。本文将采用这种计算基数对预测的2015年直接经济损失的灾情等级进行划分, 计算如式(3):

$$p = \frac{S}{G} \times 100\% \tag{3}$$

式中: P 为基数; S 为某地区的直接经济损失, 由损失评估模型得出; G 为某地区当年的国内生产总值, 由各县“十二五”规划得出。

根据以上公式计算各县市灾情等级基数, 并根据基数进行灾情等级划分, 对灾情等级的划分主要采用前人学者对县级灾情划分的标准^[17], 即: 基数 $< 2\%$ 为轻灾区, $2\% \leq$ 基数 $< 4\%$ 为中灾区, $4\% \leq$ 基数 $< 8\%$ 为重灾区, $\geq 8\%$ 为特重灾区, 根据灾情等级划分的标准绘制出2015年河南省黄河中下游地区灾情等级区划图(图6)。

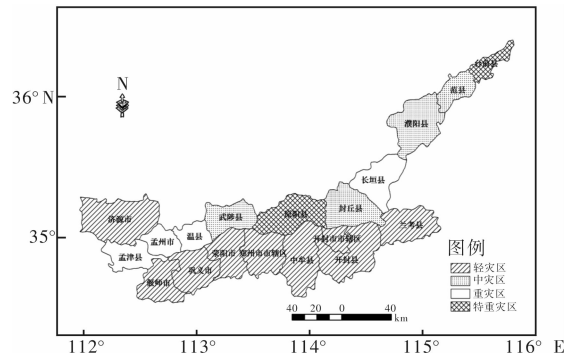


图6 2015年灾情等级区划图

从洪灾损失对当地国民经济影响来看, 济源、偃师、巩义、荥阳、郑州、中牟、开封、兰考为轻灾区; 武陟、封丘、濮阳、范县为中灾区; 孟津、孟州、温县、长垣为重灾区; 原阳和台前为特重灾区。同时可以看出河南黄河北岸地区比南岸地区灾情严重, 其主要原因是在滩区内北岸这些地区农村居民点面积及农业种植面积较高。

农业损失较大主要是因为农业洪灾损失率较高造成的。从减灾角度考虑, 以及农用地的不可替代和不可移动性, 降低农业洪灾损失不太容易, 可行的方法是种植抗灾能力高的农作物品种。虽然随着经济的发展, 农业损失对国民经济造成的影响逐渐减小, 但粮食是当地农村生产生活的基本保证, 防治黄河洪水对保证当地的粮食生产和可持续发展极其重要。另外, 农村居民家庭财产在洪灾损失中占重要一部分, 虽然建筑结构有所提高, 但“二级悬河”形势日益严重造成洪水积水深、停滞时间较长, 对农村房屋有着严重的破坏, 因此要对洪水影响区内的居民进行转移, 并建立一些洪灾损失的保险基金, 尽可能减小农民的经济损失。

5 结论与讨论

通过本文的研究, 主要得出了以下一些结论。

(1) 基于河南省黄河中下游地区的历史洪灾、自然地理特征、社会经济状况和GIS技术, 建立了适合研究区特点的在灾前、灾中和灾后可快速进行洪灾损失评估的模型。以1996年型洪水为例, 运用模型对洪灾直接经济损失进行评估, 在将评估结果与实际灾情进行对比后, 证明了方法的可靠性。

(2) 如果黄河三门峡以下发生洪水, 对河南省中下游地区的社会经济将有着严重的威胁, 而随着人类生产活动的加剧, 可能会增加洪灾发生的频率和损失。通过预测2015年发生1996年型洪水的淹没和损失状况来看, 直接经济损失将达近120亿元, 是1996年的4倍。洪水对河南省黄河中下游地区有着不同程度的破坏, 由1996年的模拟和2015年预测结果来看, 其中台前、原阳、长垣、孟州、温县、武陟和濮阳淹没区的洪灾损失较大, 其次是孟津、封丘和范县, 而兰考、开封等其他地区相对损失较小; 从损失类型看, 以农业、农村房屋和家庭财产损失为主。

(3) 通过计算基数对灾情进行了等级区划, 从洪灾损失对国民经济的影响来看, 济源、偃师、巩义、荥阳、郑州、中牟、开封、兰考为轻灾区;

武陟、封丘、濮阳、范县为中灾区；孟津、孟州、温县、长垣为重灾区；原阳和台前为特重灾区。从整体上看，黄河滩区内北岸地区比南岸地区灾情严重。

目前黄河形成了间歇性河流，平时水小，汛期较大，影响河流的造床运动和发育，加上人类活动的影响，加剧了“二级悬河”的趋势，汛期容易形成水灾。针对河南省黄河中下游地区的特点，可以通过破除生产堤，促进人水和谐；疏通河道，抽沙填淤滩地；对滩区居民进行合理的安置，充分发挥小浪底水库作用；合理利用土地资源等措施进行防洪减灾。

由于数据资料的缺乏，本文的结果受到了一定的影响。如因没有详细的历史灾情数据，不能对各类财产损失率进行计算，主要采用黄委会等研究项目中确定的损失率，并结合目前河南省黄河中下游地区情况分析调整确定，可能会影响评估的结果。在洪灾损失预测中，由于对社会经济的发展影响因素较多，并不能全部准确预测出各指标的未来值，将会造成未来损失预测结果的失真等。总之，关于洪灾损失评估和预测的研究还有待进一步的深入。

参考文献:

- [1] 国家防汛抗旱总指挥部. 中国水旱灾害公报 2006[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007: 1-5.
- [2] 冯平, 崔广涛, 钟昀. 城市洪涝灾害直接经济损失的评估与

- 预测[J]. 水利学报, 2001(8): 64-68.
- [3] 曹永强, 杜国志, 王方雄. 洪灾损失评估方法及其应用研究[J]. 辽宁师范大学学报: 自然科学版, 2006, 29(3): 355-358.
- [4] 王腊春, 周寅康, 许有鹏, 等. 太湖流域洪涝灾害损失模拟及预测[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(1): 34-39.
- [5] 杨军, 贾鹏, 周廷刚, 等. 基于 DEM 的洪水淹没模拟分析及虚拟现实表达[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2011, 33(10): 141-147.
- [6] 单九生, 徐星生, 樊建勇, 等. 基于 GIS 的 BP 神经网络洪涝灾害评估模型研究[J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(4): 777-780.
- [7] 李红英, 李洋. 基于 GIS 的洪灾损失评估应用研究[J]. 西北水利发电, 2007, 23(1): 45-48.
- [8] 付意成, 魏传江, 王启猛, 等. 区域洪灾风险评价体系研究[J]. 灾害学, 2009, 24(3): 27-32.
- [9] 河南省水利厅水旱灾害专著编辑委员会. 河南水旱灾害[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1999: 61-99.
- [10] 丁志雄, 李纪人, 李琳. 基于 GIS 格网模型的洪水淹没分析方法[J]. 水利学报, 2004(6): 56-58.
- [11] 董姝娜, 姜盛鹏, 张继权, 等. 基于“3S”技术的村镇住宅洪灾脆弱性曲线研究[J]. 灾害学, 2012, 27(2): 34-39.
- [12] 魏一鸣. 洪水灾害风险管理理论[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 109-100.
- [13] 王宝华, 付强, 谢永刚, 等. 国内外洪水灾害经济损失评估方法综述[J]. 灾害学, 2007, 22(3): 95-99.
- [14] 康相武, 吴绍洪, 戴尔享, 等. 大尺度洪水灾害损失与影响评估[J]. 科学通报, 2006, 51(7): 155-164.
- [15] 傅春, 张强. 基于 GIS 空间信息单元格的区域洪灾损失快速评估模型[J]. 南昌大学学报, 2008, 30(2): 193-196.
- [16] 庞致功, 端木礼明, 成纲, 等. 从“96.8”洪水谈河南黄河防洪存在的问题及对策[J]. 人民黄河, 1997(5): 34-37.
- [17] 谢龙大, 王宁, 卢可源, 等. 水旱灾害灾情评估方法的研究[J]. 浙江水利科技, 2001(6): 1-5.

Loss Assessment and Prediction of Flood Disaster in the Middle and Lower Reaches of Yellow River in Henan Province

Li Xiehui^{1, 2} and Han Huifen²

(1. Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Research Center of Yellow River Civilization and Sustainable Development, Henan University, Kaifeng 475001, China)

Abstract: Taking the middle and lower reaches of Yellow River as study area, applying for GIS technique and the spatial distribution method about socio-economic data, a valid and rapid model for flood disaster losses assessment is designed. Based on the model, not only direct economic losses about the flood of 1996 type are assessed, flood disaster losses in 2015, which is of the flood of 1996 type are predicted. Results show that: ① Taking flood of 1996 type as an example, and by using this model to assess the flood disaster losses, the assessed results are close to the actual disaster situation. This assessment model is proved to be highly precise. ② By predicting flood disaster losses in 2015, direct economic losses are four times than the assessed result in 1996. Loss types of both assessed results in 1996 and predicted results in 2015 are mainly agriculture, rural houses and family property. ③ Grade division of disaster situation is predicted by calculating base. From the influences on flood disaster losses to local national economy, Jiyuan city, Yanshi city, Gongyi city, Xingyang city, Zhengzhou city, Zhongmu county, Kaifeng city and Lankao county are light disaster areas. Wuzhi county, Fengqiu county, Puyang county, Fanxian county are middle disaster areas. Mengjing county, Mengzhou city, Wenxian county, Changyuan county are heavy disaster areas. Yuanyang and Taiqian counties are extremely heavy disaster areas. As a whole, the disaster situations are more serious in north bank area than in south bank area in the Yellow River beach.

Key words: Henan Province; middle and lower reaches of Yellow River; loss assessment of flood disaster; loss prediction of flood disaster; GIS technique