

文章编号: 1008 - 2786 - (2018)6 - 898 - 09

DOI: 10. 16089/j. cnki. 1008 - 2786. 000385

# 云南省 1980—2017 年洪涝灾害分析及模拟

王东升, 袁树堂

(云南省水文水资源局, 昆明 650106)

**摘 要:** 洪涝灾害是云南省主要自然灾害, 开展洪涝灾害评估、影响因素及预测模型研究对提高云南省防灾减灾能力具有重要意义。本文基于 1980—2017 年资料, 对云南省洪涝灾情进行了评估, 使用 Pearson 法分析了洪涝灾害 6 个主要灾种、灾害与降水、社会经济指标相关关系, 优选预报因子, 建立了云南省洪涝灾情预报模型。结果表明: (1) 1980—2017 年, 云南省有 2 a 为特别重大洪涝灾害年, 占 5.3%, 11 a 为重大洪涝灾害年, 占 28.9%, 7 a 为较大洪涝灾害年, 占 18.4%, 18 a 为一般洪涝灾害年, 占 47.4%。(2) 年度、汛期降水量对洪涝灾害各灾种灾损影响无明显区别, 但汛期降水量对房屋倒塌数量影响更为突出; GDP 增长、人口的增加、城镇化的增长促进了水利及基础设施的投资, 因洪涝灾害水利设施和直接经济损失同步增长, 投资大幅增强了防灾减灾能力, 云南省因灾死亡人数、直接经济损失占上一年度 GDP 比例及年度洪涝灾害水平反向大幅降低。(3) 根据相关分析结果, 优选汛期降水量、云南省地区生产总值、中国城镇化率作为年度洪涝灾情模拟预报因子构建预报模型, 经模拟检验, 洪涝灾情评估值模拟合格率 68.4%, 年度洪涝灾情等级模拟合格率 71.1%, 达乙级精度, 以之预测云南省 2018 年洪涝灾情, 评估值为 16.6, 为一般洪涝灾害年。

**关键词:** 洪涝灾情评估; 社会经济指标; 相关分析; 预报因子; 预报模型; 云南省

**中图分类号:** X43

**文献标志码:** A

洪涝灾害是云南省主要自然灾害, 开展洪涝灾害评估、影响因素及模拟预测研究对提高云南省自然灾害防御能力具有重要意义。据统计, 1980—2017 年, 云南省累计 1.6822 亿人次因洪涝灾害受灾, 因灾死亡 9522 人, 倒塌房屋 87.96 万间, 农作物受灾面积 11258 千公顷, 直接经济损失 936.5 亿元, 占上一年度 GDP 比例 1.16%, 其中因灾死亡人口占全国同期洪涝灾害死亡人口 9.15%, 受灾人口占全国同期 2.49%, 倒塌房屋占全国同期 1.58%, 洪涝灾害损失在全国排在前列。1949—1991 年, 云南省洪涝灾害受灾面积占气象灾害总受灾面积的 23%, 气象灾害损失占自然灾害损失的 30%<sup>[1]</sup>, 长期以来, 云南省洪涝灾害研究主要集中于气象背景<sup>[2-3]</sup>、

场次灾害天气暴雨洪水特征<sup>[4-6]</sup>、农业洪涝灾害风险分析及等级<sup>[7-8]</sup>、区划及时空分布<sup>[3,8-10]</sup>、综述及特点<sup>[10-11]</sup>等, 并对 1991—2010 洪涝灾害进行了评估和趋势分析<sup>[12]</sup>。但社会经济人口发展对洪涝灾害影响如何? 年度降雨与洪涝灾害关系如何? 洪涝灾害 6 个灾种内在关系如何? 能否在年初对本年度洪涝灾害灾情进行预估, 以更科学地做好防汛救灾物资、队伍储备? 以上问题亟待解决。

近年学者使用灰色关联度分析<sup>[12]</sup>、水害损失函数<sup>[13]</sup>等方法探讨了洪涝灾害损失评估方法, 国家防办组织编制了《洪涝灾情评估标准》<sup>[14]</sup>, 该标准在贵州、浙江等多省得到应用<sup>[15-17]</sup>。洪涝灾害灾种多样, 《中国水旱灾害公报》统计口径分为受灾人口、

**收稿日期** (Received date): 2018 - 08 - 11; **改回日期** (Accepted date): 2018 - 12 - 27

**基金项目** (Foundation item): 国家自然科学基金重点项目 (91547205)。[Key Program of National Natural Science Foundation of China (91547205)]

**作者简介** (Biography): 王东升 (1981 - ), 男, 汉族, 湖南隆回人, 高级工程师, 工程硕士, 主要研究方向: 水文情报预报, 山洪灾害预警研究。

[WANG Dongsheng (1981 - ), male, senior engineer, M. Eng., research on hydrological forecast and mountain flood disaster warning] E-mail: 116955105@qq.com。

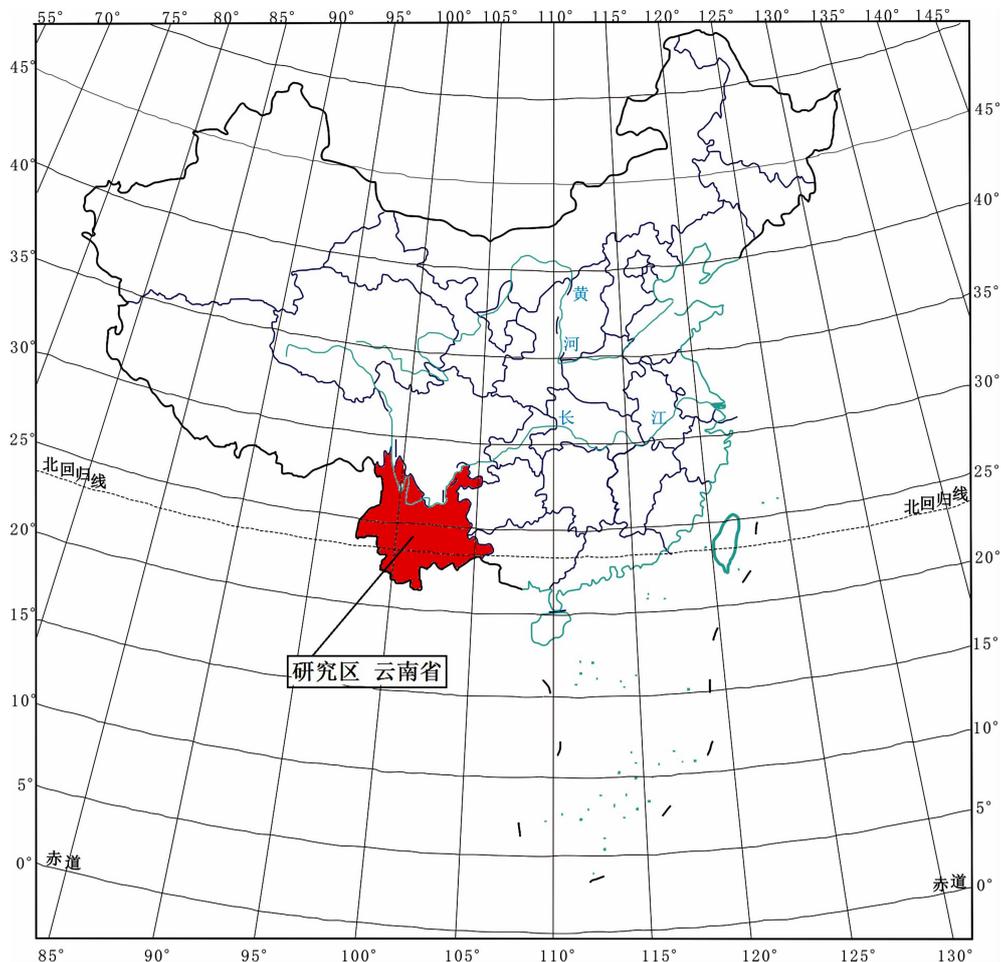


图1 研究区区位图(<http://bzdt.nasg.gov.cn>)

Fig. 1 Location map of the study area(<http://bzdt.nasg.gov.cn>)

死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积、直接经济损失和水利设施损失 6 个灾种。然而,各灾种年际损失差异大,如需解决前述问题,首先需建立洪涝灾害评估模型,以在同一尺度上进行研究。本研究拟基于 1980—2017 年洪涝灾害灾情统计数据,依据《洪涝灾情评估标准》(SL579 - 2012)(以下简称“评估标准”)对云南省洪涝灾害科学评估,使用 Pearson 法分析洪涝灾害各灾种内部相关关系,评估值与降水、社会经济、人口相关关系,以揭示影响洪涝灾害的主要因素,在此基础上,基于二次回归正交旋转设计构建云南省洪涝灾害评估值模拟预报模型,以实现年度洪涝灾害的模拟预测。

## 1 研究数据及方法

### 1.1 研究数据

本研究使用的数据包括 1980—2017 年共 38 a

洪涝灾情数据、社会经济数据及降水量数据,其中云南省国民生产总值(以下简称“GDP”)数据为 1979—2016 年数据。洪涝灾情数据来源于各年度云南省减灾年鉴及云南省防汛抗旱指挥部办公室统计资料,包括云南省因洪涝灾害受灾人口、死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积、直接经济损失和水利设施损失 6 个灾种损失数据;社会经济数据来源于国家统计局与云南省统计局,包括中国城镇化率、GDP 和云南省人口数量,降水量数据由云南省水文水资源局 120 个水文站月降水量观测数据推算获取,包括全年和汛期降水量数据,以上数据均来自权威部门,质量可靠。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 洪涝灾害评估方法

本研究根据评估标准中年度洪涝灾害评估方法进行评估,年度洪涝灾害评估公式见式(1),式(1)中各因子均为各灾种指标具体数据的参数化取值,

参数取值与指标阈值关系及取值方法参见评估标准,在此不再复述。

$$C = (D + L) \times 0.3 + (P + A + F + H) \times 0.1 \quad (1)$$

式中: $C$ 为洪涝灾害评估值; $D$ 为死亡人口指标的参数取值; $L$ 为直接经济损失占上一年度GDP比例的参数取值; $P$ 为受灾人口指标的参数取值; $A$ 为农作物受灾面积指标的参数取值; $F$ 为水利设施经济损失占直接经济损失比例指标的参数取值; $H$ 为倒塌房屋指标的参数取值。

### 1.2.2 Pearson 相关分析

Pearson 相关系数用来衡量两个数据  $x_i$ 、 $y_i$  的集合是否在一条线上,用来衡量定距变量间的线性关系<sup>[18,19]</sup>,相关系数  $r$  的计算公式见式(2)。

$$r = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (2)$$

相关系数  $r$  绝对值越接近于 1,说明相关度越强;越接近于 0,相关度越弱。

### 1.2.3 二次回归正交旋转设计

二次回归正交旋转设计是在正交设计的基础上,利用回归分析,在给出的因素和指标之间找出一个明确的函数表达式,建立因果关系的数学模型,以便定量地描述各因素对指标的作用,并用该数学模型预测<sup>[20,21]</sup>,二次回归正交旋转设计洪涝灾害评估值预报模型数学表达式见式(3)。

$$C_i = \sum_{i=1}^m b_i x_i + \sum_{i=1}^m b_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{i < j} b_{ij} x_i x_j + b_0 \quad (3)$$

式中: $C_i$ 为年度洪涝灾害评估值, $t=1,2,\dots,n$ ;  $x_i$ 为优选的预报因子; $m$ 为预报因子个数; $b_i$ 、 $b_{ii}$ 、 $b_{ij}$ 均为参数项; $b_0$ 为常量。

模型拟定过程中, $C_i$ 使用各年度洪涝灾情评估值, $x_i$ 根据各年度洪涝灾情评估值与社会经济及降水量 Pearson 相关分析结果优选确定。本研究采用 DPS 数据处理系统逐步回归分析法<sup>[22,23]</sup>对模型进行率定,并在逐步回归的每一步都进行 F 检验<sup>[20,21]</sup>,以确保变量有统计意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 1980—2017 年洪涝灾情评估

本研究根据确定的洪涝灾情评估因子,统计分析了 1980—2017 年共 38 a 云南省因洪涝灾害受灾人口、死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积、直接经济损失占上一年度 GDP 比例和水利设施损失占直接经济损失比例 6 个因子平均值  $\bar{X}$  及  $1.5\bar{X}$ 、 $0.5\bar{X}$ 、最大值、最小值,结果见表 1。

据公式(1)、表 1、评估标准确定的参数取值与指标阈值关系及取值方法、收集到的洪涝灾情数据分析计算云南省 1980—2017 年各年洪涝灾情评估值,据洪涝灾情评估值及评估标准对各年度按照特别重大洪涝灾害年、重大洪涝灾害年、较大洪涝灾害年、一般洪涝灾害年划分灾害等级<sup>[14-16]</sup>,结果见表 2。由表 2,1980—2017 年 38 a 内云南省特别重大洪涝灾害年出现 2 a,占 5.3%,重大洪涝灾害年出现 11 a,占 28.9%,较大洪涝灾害年出现 7 a,占 18.4%,一般洪涝灾害年出现 18 a,占 47.4%。本研究 1991—2010 年评估结果与前人评估结论基本一致<sup>[12]</sup>。

### 2.2 年度洪涝灾情与降水量关系分析

利用 DPS 数据处理系统中 Pearson 双变量相关性检验,得到年度降水量、汛期降水量与云南省洪涝灾害受灾人口、死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受

表 1 云南省年度洪涝灾害评估主要指标值

Tab. 1 Main index of annual flood disaster assessment in Yunnan Province

统计参数	受灾人口 ( $P$ )/万人	死亡人数 ( $D$ )/人	倒塌房屋 ( $H$ )/万间	农作物受灾面积 ( $A$ )/千公顷	直接经济损失占的结上 一年度 GDP 比例( $L$ )/%	水利设施损失占直接 经济损失比例( $F$ )/%
平均值 $\bar{X}$	442.7	250.6	2.31	296.3	1.16	17.32
$1.5\bar{X}$	664.0	375.9	3.47	444.4	1.73	25.98
$0.5\bar{X}$	221.3	125.3	1.16	148.1	0.58	8.66
最大值	1073.0	685.0	10.40	579.3	2.92	66.25
最小值	44.1	29.0	0.19	64.4	0.16	7.84

表 2 云南省 1980—2017 年洪涝灾情评估结果

Tab. 2 Assessment of 1980—2017 flood disasters in yunnan province

年份	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
洪涝灾害评估值	31.0	26.4	19.7	46.6	45.1	70.1	79.1	35.8	30.2	37.6
洪涝灾害等级	一般	一般	一般	较大	较大	重大	重大	一般	一般	一般
年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
洪涝灾害评估值	59.9	78.1	43.9	67.8	70.7	69.8	77.1	83.4	83.1	69.2
洪涝灾害等级	较大	重大	较大	重大	重大	重大	重大	特别重大	特别重大	重大
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
洪涝灾害评估值	65.0	73.6	69.3	28.6	55.3	28.8	36.1	46.5	48.6	21.8
洪涝灾害等级	重大	重大	重大	一般	较大	一般	一般	较大	较大	一般
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
洪涝灾害评估值	27.3	12.6	30.2	18.0	27.7	20.4	20.6	18.7		
洪涝灾害等级	一般									

表 3 年度、汛期降水量与各洪涝灾害灾种相关分析

Tab. 3 Correlation analysis of annual precipitation, flood season precipitation and flood disasters

相关系数 $r$	受灾人口	死亡人数	倒塌房屋数量	农作物受灾面积	直接经济损失	水利设施损失	直接经济损失占上一年度 GDP 比例	水利设施损失占直接经济损失比例	年度洪涝灾害评估值
年度降水量	0.43 **	0.61 **	0.33 *	0.54 **	0.14	0.12	0.63 **	0.12	0.67 **
汛期降水量	0.46 **	0.62 **	0.38 *	0.56 **	0.17	0.17	0.61 **	0.13	0.69 **

注: \* 在 0.05 水平显著相关, \*\* 在 0.01 水平显著相关。

灾面积、直接经济损失、水利设施损失、直接经济损失占上一年度 GDP 比例、水利设施损失占直接经济损失比例及洪涝灾害评估值相关系数(表 3)。从表 3 可以看出:(1)年度降水量与受灾人口、死亡人数、农作物受灾面积、直接经济损失占上一年度 GDP 比例及洪涝灾害评估值在 0.01 水平上显著相关,与倒塌房屋数量在 0.05 水平上显著相关,其中以与年度洪涝灾害评估值相关性最好。(2)汛期降水量与受灾人口、死亡人数、农作物受灾面积、直接经济损失占上一年度 GDP 比例及洪涝灾害评估值在 0.01 水平上显著相关,与倒塌房屋数量在 0.05 水平上显著相关,其中以与年度洪涝灾害评估值相关性最好。(3)汛期降水量较年度降水量与倒塌房屋数量相关系数更高,其他灾害灾损与汛期降水量、年度降水量相关程度无明显区别。

年度降水量、汛期降水量与各灾种灾损相关系数无明显区别表明,汛期降水是形成洪涝灾害灾损的主要因素,而汛期降水量与房屋倒塌灾害相关关系较年度降水量更为明显,主要原因为房屋倒塌主要由于发生超标洪水冲刷、浸泡房屋引起,而超标洪水往往发生在汛期。

### 2.3 洪涝灾情与社会经济发展关系分析

利用 DPS 数据处理系统 Pearson 双变量相关性检验,得到社会经济指标云南省 GDP、总人口、中国城镇化率与洪涝灾害受灾人口、死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积、直接经济损失、水利设施损失、直接经济损失占上一年度 GDP 比例、水利设施损失占直接经济损失比例及洪涝灾害评估值相关系数(表 4)。从表 4 可以看出:(1)云南省 GDP 与死亡人数、直接经济损失占上一年度 GDP 比例、年度洪涝灾害评估值在 0.01 水平上显著负相关,其中以与死亡人数负相关性最好;与直接经济损失、水利设施损失在 0.01 水平上显著正相关。(2)云南省总人口与死亡人数在 0.01 水平上显著负相关,与直接经济损失、水利设施损失在 0.01 水平上显著正相关。(3)中国城镇化率与死亡人数、直接经济损失占上一年度 GDP 比例、年度洪涝灾害评估值在 0.01 水平上显著负相关,与直接经济损失、水利设施损失在 0.01 水平上显著正相关。

分析结果表明,云南省 GDP 增长、人口的增加、城镇化的发展促进了水利设施及基础设施的投资,遭遇洪涝灾害,水利设施损失、直接经济损失呈现显

表 4 社会经济发展指标与各洪涝灾害灾种灾情相关分析

Tab.4 Correlation analysis of socio-economic development indicators and flood disaster types

相关系数 <i>r</i>	受灾 人口	死亡 人数	倒塌房 屋数量	农作物 受灾面积	直接经 济损失	水利设 施损失	直接经济损失占上 一年度 GDP 比例	水利设施损失占直 接经济损失比例	年度洪涝 灾害评估值
云南省 GDP	-0.09	-0.63 **	-0.21	-0.30	0.72 **	0.73 **	-0.57 **	0.01	-0.56 **
云南省总人口	0.35 *	-0.50 **	0.14	0.09	0.81 **	0.79 **	-0.38 *	0.02	-0.27
中国城镇化率	0.13	-0.62 **	-0.01	-0.13	0.78 **	0.79 **	-0.54 **	0.02	-0.46 **

注: \* 在 0.05 水平显著相关, \*\* 在 0.01 水平显著相关。

著增加趋势,GDP 增长、人口的增加、城镇化与洪涝灾害水利设施损失、直接经济损失具有显著正相关。同时,水利设施及基础设施的投资的增加,大幅度提高了人民群众防御洪涝灾害能力,因灾死亡人数、直接经济损失占上一年度 GDP 比例呈现显著减少趋势,GDP 增长、人口的增加、城镇化水平与死亡人数、直接经济损失占上一年度 GDP 比例及年度洪涝灾害水平具有显著负相关性。

#### 2.4 洪涝灾情各灾种关系分析

利用 DPS 数据处理系统 Pearson 双变量相关性检验,得到洪涝灾害受灾人口、死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积、直接经济损失、水利设施损失、直接经济损失占上一年度 GDP 比例、水利设施损失占直接经济损失比例及洪涝灾害评估值各灾种间相关系数(表 5)。从表 5 可以看出:(1)受灾人口与洪涝灾害倒塌房屋数量、农作物受灾面积、直接经济损失、水利设施损失、直接经济损失占上一年度 GDP 比例及洪涝灾害评估值在 0.01 水平上显著正相关,其中与农作物受灾面积相关性最好。(2)死亡人数与农作物受灾面积、直接经济损失占上一年

度 GDP 比例及洪涝灾害评估值在 0.01 水平上显著正相关,其中与洪涝灾害评估值相关性最好。(3)倒塌房屋数量与受灾人口、农作物受灾面积、直接经济损失占上一年度 GDP 比例、年度洪涝灾害评估值在 0.01 水平上显著正相关,其中与受灾人口、年度洪涝灾害评估值相关性最好。(4)农作物受灾面积与受灾人口、死亡人数、倒塌房屋数量、直接经济损失占上一年度 GDP 比例、年度洪涝灾害评估值在 0.01 水平上显著正相关,其中与受灾人口相关性最好。(5)直接经济损失与受灾人口、水利设施损失在 0.01 水平上显著正相关,其中与水利设施损失相关系数达 0.94。(6)水利设施损失与直接经济损失、受灾人口在 0.01 水平上显著正相关。(7)直接经济损失占上一年度 GDP 比例与受灾人口、死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积、年度洪涝灾害评估值在 0.01 水平上显著正相关,其中与年度洪涝灾害评估值相关系数达 0.93。(8)水利设施损失占直接经济损失比例与其他各灾种灾情相关关系均未达到 0.05 及以上水平。(9)年度洪涝灾害评估值与受灾人口、死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾

表 5 洪涝灾害各主要灾种灾情间相关分析

Tab.5 Analysis on the correlation between flood disaster and main disaster types

相关系数 <i>r</i>	受灾 人口	死亡 人数	倒塌房 屋数量	农作物 受灾面积	直接经 济损失	水利设 施损失	直接经济损失占上 一年度 GDP 比例	水利设施损失占 直接经济损失比例
受灾人口								
死亡人数	0.39 *							
倒塌房屋	0.63 **	0.38 *						
农作物受灾面积	0.91 **	0.68 **	0.60 **					
直接经济损失	0.55 **	-0.30	0.28	0.31				
水利设施损失	0.44 **	-0.29	0.27	0.22	0.94 **			
直接经济损失占上一年度 GDP 比例	0.59 **	0.80 **	0.50 **	0.75 **	-0.04	-0.14		
水利设施损失占直接经济损 失比例	-0.03	0.25	0.10	0.04	-0.05	0.21	-0.05	
年度洪涝灾害评估值	0.71 **	0.89 **	0.63 **	0.88 **	0.00	-0.04	0.93 **	0.14

注: \* 在 0.05 水平显著相关, \*\* 在 0.01 水平显著相关。

面积、直接经济损失占上一年度 GDP 比例在 0.01 水平上显著正相关,其中与年度洪涝灾害评估值相关性最好。

分析结果表明,各主要灾种具有明显的相关性,其中受灾人口与死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积、直接经济损失、水利设施损失灾种及年度洪涝灾害评估值均显著相关,为相关性最强灾种,直接经济损失、水利设施损失与死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积相关性较弱,为相关性较弱灾种,年度洪涝灾情与受灾人口、死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积、直接经济损失占上一年度 GDP 比例均显著相关。

## 2.5 云南省洪涝灾情模拟

根据年度洪涝灾情评估值与降水量、社会发展主要指标相关分析结果,选取在 0.01 水平显著的汛期降水量、云南省地区生产总值、中国城镇化率作为年度洪涝灾情模拟初步预报因子,构建云南省洪涝灾情基于二次回归正交旋转设计的预报模型。模型率定过程中,首先对各因子数值除以因子系列最小值,进行无量纲化处理,无量纲化处理后的地区生产总值系列数值从 1 增长至 214.7,远大于汛期降水量的 1~1.75、中国城镇化率的 1~3.02 的变化幅度,为提高参数的稳定性,对地区生产总值无量纲化处理系列开四次方后进行二次回归正交旋转分析、模型率定。本研究模型率定使用了 1980—2013 年共 34 a 云南省汛期降水量、中国城镇化率、年度洪涝灾情评估值和 1979—2012 年云南省地区生产总值共 34 a 数据,采用 DPS 数据处理系统软件提供的逐步回归分析法对模型进行了率定,率定完成的预报模型见式(4),使用 2014—2017 年云

南省汛期降水量、中国城镇化率、年度洪涝灾情评估值和 2013—2016 年云南省地区生产总值共 4 a 数据对预报模型进行检验,结果见图 2。

$$C = -26.04 \times \left(\frac{X_2}{X_{2\min}}\right)^2 + 68.6 \times \frac{X_3}{X_{3\min}} + 67.81 \times \left(\frac{X_i}{X_{1\min}}\right)^{\frac{1}{4}} - 93 \quad (4)$$

式中: $C$  为洪涝灾情评估值; $X_1$  为上一年度地区生产总值(亿元); $X_{1\min}$  为地区生产总值系列数据最小值(亿元); $X_2$  为中国城镇化率(%); $X_{2\min}$  为中国城镇化率(%)系列数据最小值; $X_3$  为汛期累计降水(mm); $X_{3\min}$  为汛期累计降水(mm)系列数据最小值。

使用相关系数、年度洪涝灾情评估值模拟合格率、年度灾害等级模拟合格率对模型拟合结果进行分析。参照《水文情报预报规范(GB/T22482—2008)》,年度洪涝灾情评估值一次预报的误差小于许可误差时,为合格预报,许可误差取年度洪涝灾情评估计算值的 20%;年度洪涝灾害模拟等级合格预报是指模拟等级与实际等级一致。

$$\text{绝对误差: } \Delta C = [C_c(i) - C_0(i)] \quad (5)$$

$$\text{相对误差: } \delta = \Delta C / C_0(i) \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{合格率: } QR = \frac{n}{m} \times 100\% \quad (7)$$

式中: $\Delta C$  为绝对误差; $\delta$  为相对误差; $QR$  为合格率; $n$  为合格预报次数; $m$  为预报总次数。

表 6 为云南省年度洪涝灾情评估值预报模型模拟精度分析结果。由表 6 知,云南省年度洪涝灾情评估值预报模型计算结果与评估值相关系数 0.883,平均绝对误差 7.3,平均相对误差 19%,年度

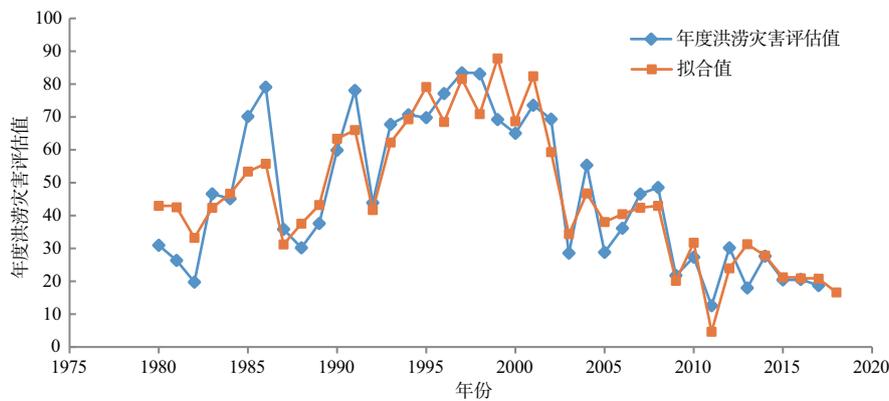


图 2 云南省年度洪涝灾情评估计算值与模型拟合值比较

Fig. 2 Comparison of annual flood disaster assessment calculation value and model fitting value in Yunnan Province

洪涝灾情评估值模拟合格率 68.4%，年度洪涝灾情等级模拟合格率 71.1%，参照《水文情报预报规范 (GBT22482—2008)》，达乙级精度，可用于对外发布预报。

根据公开信息，2017 年云南省地区生产总值 16531 亿元、中国城镇化率按照 2017 年增长幅度预计 2018 年增长至 59.7%，据云南省水文水资源局预测，2018 年云南省汛期降水量偏多 2.3% 为 1098 mm，据此根据预报模型预测 2018 年云南省洪涝灾情评估值为 16.6，属一般洪涝灾害年。

表 6 云南省年度洪涝灾情评估值预报模型模拟结果分析

Tab.6 Analysis of simulation results of annual flood disaster assessment and prediction model in Yunnan Province

时间	相关系数	平均绝对误差	平均相对误差	年度洪涝灾情评估值模拟合格率	年度洪涝灾害等级模拟合格率
1980—2017 年	0.883	7.3	19%	68.4%	71.1%

### 3 结论

(1) 经评估，云南省 1980—2017 年 38 a 内特别重大洪涝灾害年出现 2 a，占 5.3%，重大洪涝灾害年出现 11 a，占 28.9%，较大洪涝灾害年出现 7 a，占 18.4%，一般洪涝灾害年出现 18 a，占 47.4%。

(2) 年度降水量、汛期降水量与各灾种灾损相关系数无明显区别表明，汛期降水是形成洪涝灾害灾损的主要因素，而汛期降水量对房屋倒塌数量影响更为突出，主要为汛期易发生超标洪水冲刷、浸泡房屋至倒塌。

(3) 分析表明，GDP 增长、人口的增加、城镇化与洪涝灾害水利设施损失、直接经济损失具有显著正相关性，与死亡人数、直接经济损失占上一年度 GDP 比例及年度洪涝灾害水平具有显著负相关性，主要为社会经济进步大幅度促进了水利及基础设施的投资，遭遇洪涝灾害，水利设施损失、直接经济损失呈现显著增加趋势，同时，水利及基础设施投资的增加，提高了防灾减灾能力，因灾死亡人数、直接经济损失占上一年度 GDP 比例呈现显著减少趋势。

(4) 洪涝灾害 6 个灾种中，受灾人口与死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积、直接经济损失、水利设施损失灾种及年度洪涝灾情评估值均显著相

关，直接经济损失、水利设施损失与死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积相关性较弱，年度洪涝灾情与受灾人口、死亡人数、倒塌房屋数量、农作物受灾面积、直接经济损失占上年度 GDP 比例均显著相关。

(5) 本研究选取了汛期降水量、云南省地区生产总值、中国城镇化率作为年度洪涝灾情模拟预报因子，基于二次回归正交旋转设计，建立了云南省年度云南省洪涝灾情预报模型，经模拟检验，洪涝灾情评估值模拟合格率 68.4%，年度洪涝灾情等级模拟合格率 71.1%，达乙级精度，可用于发布预报，该方法操作简单，易于实现。经模型预测，云南省 2018 年洪涝灾情评估值为 16.6，为一般洪涝灾害年。

### 参考文献 (References)

- [1] 杨光宇,王景来,杨子汉. 云南省自然灾害成因探讨及减灾对策[J]. 自然灾害学报,1994 (4): 95 - 102 [YANG Guangyu, WANG Jinglai, YANG Zihan. Genetic exploration of natural disasters and mitigation countermeasures in Yunnan Province[J]. Journal of Natural Disasters,1994 (4): 95 - 102]
- [2] 田永丽,张万诚,陈新梅,等. 近 48 年云南 6 种灾害性天气事件频数的时空变化[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2010, 32 (5): 561 - 567 [TIAN Yongli, ZHANG Wancheng, CHEN Xinmei, et al. The temporal and spatial distribution of 6 disaster weather events in recent 48 years of Yunnan[J]. Journal of Yunnan University(Natural Sciences), 2010, 32(5): 561 - 567]
- [3] 解明恩,程建刚,范菠. 云南气象灾害的时空分布规律[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(5): 40 - 47 [JIE Ming'en, CHENG Jiangan, FAN bo. Spatiotemporal distribution features of meteorological disasters in Yunnan[J]. Journal of Natural Disasters, 2004, 13(5): 40 - 47]
- [4] 陶云,唐川,寸灿琼,等. 2004 - 07 - 05 云南德宏州山洪泥石流气象成因分析[J]. 山地学报, 2005, 23(1): 53 - 62 [TAO Yun, TANG Chuan, CUN Canqiong, et al. The meteorological causes of flash flood and debris flow on July 5, 2004 in Dehong Prefecture of Yunnan Province[J]. Mountain Research, 2005, 23(1): 53 - 62]
- [5] 任继周. 白水江流域“20070825”暴雨洪水分析[J]. 人民长江, 2009, 40(20): 73 - 75 [REN Jizhou. Analysis of “20070825” storm flood in Baishuijiang River Basin[J]. Yangtze River, 2009, 40(20): 73 - 75]
- [6] 罗冬莉,赵尔旭,解莉燕,等. 2007 年 7 月云南洪涝灾害天气原因分析[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 10 - 13 [LUO Dongli, ZHAO Erxu, JIE Liyan, et al. Analysis of flood disaster weather in Yunnan in July 2007[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(2): 10 - 13]
- [7] 吴立,霍治国,张蕾,等. 西南地区农业洪涝等级指标构建及时空分布特征[J]. 应用生态学报, 2015, 26(8): 2473 - 2481 [WU

- Li, HUO Zhiguo, ZHANG Lei, et al. Level indicators construction and temporal-spatial distribution features of agricultural flood in the southwest of China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(8): 2473 - 2481]
- [8] 杨建莹, 霍治国, 吴立, 等. 西南地区水稻洪涝灾害风险评估与区划[J]. 中国农业气象, 2016, 37(5): 564 - 577 [ YANG Jianying, HUO Zhiguo, WU Li, et al. Flood risk assessment and zoning for rice in Southwest China[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2016, 37(5): 564 - 577]
- [9] 杨子生. 云南省金沙江流域洪涝灾害区划研究[J]. 山地学报, 2002(s1): 51 - 58 [ YANG Zisheng. Study on flood and water-logging disaster regionalization in Jinsha River Basin of Yunnan Province[J]. Mountain Research, 2002(s1): 51 - 58]
- [10] 周桂华, 杨子汉. 2013年云南主要自然灾害灾情综述[J]. 灾害学, 2014(3): 148 - 155 [ ZHOU Guihua, YANG Zihan. An overview of major natural disasters occurred in Yunnan in 2013 [J]. Journal of Catastrophology, 2014(3): 148 - 155]
- [11] 谢应齐, 黄华秋, 赵华柱. 云南洪涝灾害初步研究[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 1994(S1): 77 - 81 [ XIE Yingqi, HUANG Huaqiu, ZHAO Huazhu. A study of flood disaster in Yunnan [J]. Journal of Yunnan University (Natural Sciences), 1994(S1): 77 - 81]
- [12] 周德丽. 近20a云南洪涝灾害损失的灰色关联度分析[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2011(s1): 178 - 182 [ ZHOU Deli. An analysis to the grey association degree of losses caused by flood disaster of Yunnan in recent 20 years [J]. Journal of Yunnan University (Natural Sciences), 2011(s1): 178 - 182]
- [13] 陈敏建, 周飞, 马静, 等. 水害损失函数与洪涝损失评估[J]. 水利学报, 2015, 46(8): 883 - 891 [ CHEN Minjian, ZHOU Fei, MA Jing, et al. Water-induced disaster damage function and flood and water-logging damage assessment [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2015, 46(8): 883 - 891]
- [14] 王金红, 张葆蔚, 谭徐明, 等. 洪涝灾情评估标准关键技术问题的探讨[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 55 - 59 [ WAN Jinhong, ZHANG Baowei, TAN Xuming, et al. Technology for flood disaster damage assessment [J]. Journal of Catastrophology, 2012, 27(4): 55 - 59]
- [15] 严亚, 商崇菊. 贵州省2016年洪涝灾害调查与灾情评估分析[J]. 中国防汛抗旱, 2018, 28(5): 39 - 42 [ YAN Ya, SHANG Chongju. Flood disaster investigation and assessment of Guizhou Province in 2016 [J]. China Flood & Drought Management, 2018, 28(5): 39 - 42]
- [16] 王鹏. 基于信息扩散理论及数据整合的贵州洪灾风险评价研究[J]. 中国农村水利水电, 2018(02): 109 - 112 [ WANG Peng. Research on the flood risk assessment of Guizhou based on information diffusion theory and data integration [J]. China Rural Water and Hydropower, 2018(02): 109 - 112]
- [17] 王金红, 张葆蔚, 马建明, 等. 浙江省钱塘江流域“201106”洪涝灾害调查分析[J]. 自然灾害学报, 2015(4): 183 - 189 [ WAN Jinhong, ZHANG Baowei, MA Jianming, et al. Investigation and analysis of “201106” flood disaster in Qiantang River Basin of Zhejiang Province [J]. Journal of Natural Disasters, 2015(4): 183 - 189]
- [18] 李海川, 王国庆, 郝振纯, 等. 澜沧江流域水文气象要素变化特征分析[J]. 水资源与水工程学报, 2017, 28(4): 21 - 27 [ LI Haichuan, WANG Guoqing, HAO Zhenchun, et al. Characteristics analysis of hydrometeorological elements in Lancang River Basin [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2017, 28(4): 21 - 27]
- [19] 杨红军, 张衍亮, 房吉敦, 等. 小清河入海口底泥重金属空间分布特征与风险评价[J]. 土壤通报, 2018, 49(2): 486 - 492 [ YANG Hongjun, ZHANG Yanliang, FANG Jidun, et al. Spatial distribution characteristics and risk assessment of heavy metals in sediments of the Xiaoqing River Estuary [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2018, 49(2): 486 - 492]
- [20] 唐启义. DPS数据处理系统. 第二卷, 现代统计及数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 474 - 477 [ ( TANG Qiyi. DPS data processing system. volume II, contemporary statistics and data mining [M]. Beijing: Science Press, 2013: 474 - 477]
- [21] 王东升. 基于气象水文耦合的中小河流枯季径流短期预报[J]. 中国农村水利水电, 2018(11): 67 - 71 [ WANG Dongsheng. Short-term Forecast of Dry Season Runoff of Middle and Small Rivers Based on Meteorological and Hydrological Coupling [J]. China Rural Water and Hydropower, 2018(11): 67 - 71]
- [22] 何振奇, 乔光建. 基于多项式回归模型的枯季径流预报与分析[J]. 南水北调与水利科技, 2010, 8(5): 85 - 88 [ HE Zhenqi, QIAO Guangjian. Polynomial regressin model based on the bow flow forecasting and analysis [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2010, 8(5): 85 - 88]
- [23] 毛天旭, 王根绪. 基于逐月退水系数的三江源枯季径流特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(07): 1150 - 1157 [ MAO Tianxu, WANG Genxu. Analysis on characteristics of low-flow based on the monthly runoff recession coefficient in the Three-River Headwaters Region [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(07): 1150 - 1157]

## Analysis and Simulation of 1980 – 2017 Flood Disasters in Yunnan Province, China

WANG Dongsheng, YUAN Shutang

(Yunnan Provincial Bureau of Hydrology and Water Resources, Kunming 650106, China)

**Abstract:** Flood disaster is the main natural disaster in Yunnan Province. Conducting flood disaster assessment, influencing factors and predictive model research is of great significance for improving disaster prevention and mitigation capabilities. Based on the data of 1980 – 2017, this paper evaluated flood disasters in Yunnan Province. The Pearson method was used to analyze the correlation between the six types of disaster data, disasters and precipitation, and socio-economic indicators. Forecasting factors were carefully selected and a flood disaster forecast model for Yunnan Province was established. Results found: (1) During 1980 – 2017, it occurred 2 years of severely great flood disasters, accounting for 5.3% of the total 38 years; 11 years of great flood disasters, accounting for 28.9%; 7 years of relatively great flood disasters, accounting for 18.4% and 18 years of regular floods, accounting for 47.4%. (2) There was no significant difference in the impact of annual precipitation and flood season precipitation on disaster damage, but the precipitation in flood season had a more prominent impact on the number of house collapses; The growth of GDP, the increase of population, and the growth of urbanization had promoted investments in water conservancy and infrastructure. As a result of floods, water conservancy facilities and direct economic losses had grown simultaneously. Investment had greatly enhanced the capacity of disaster prevention and mitigation. The number of deaths due to disasters, the proportion of direct economic losses to GDP in the previous year and the level of flood disasters in Yunnan Province had decreased significantly. (3) According to the relevant analysis results, the precipitation in flood season, the regional GDP in Yunnan Province and the urbanization rate in China were selected as the annual flood disaster forecasting factors to build a predication model. Through simulation tests, the qualified rate of flood disaster evaluation simulation was 68.4%, and the qualified rate of the annual flood disaster level simulation was 71.1%, reaching Grade B accuracy. As for assessment of flood disaster in 2018 in Yunnan Province, it came to be 16.6, suggesting a regular year of flood disaster.

**Key words:** flood disaster assessment; socio-economic indicators; correlation analysis; predictive factors; flood disaster forecasting model; Yunnan province