

# 东北三省农作物洪涝时空风险评估<sup>\*</sup>

赵思健<sup>1,2</sup>, 张 峭<sup>1</sup>

(1. 中国农业科学院农业信息研究所, 农业部智能化农业预警技术重点开放实验室, 北京 100081;

2. 北京师范大学 民政部/教育部减灾与应急管理研究院, 北京 100875)

**摘 要:** 仅考虑空间差异的灾害风险评估已经满足不了灾害风险管理向精细化方向发展的要求, 增加时间维度的时空风险评估分析有利于增强风险评估结果, 对提升风险管理的准确性与针对性起着重要的作用。以东北三省为研究区, 在气象数据、地形数据、农作物灾情数据和种植面积数据的支撑下, 以县和月为单位的时空两个维度开展农作物洪涝时空风险评估研究。在方法上, 采用反距离权重法(IDW), 利用与县行政区最临近的3个气象站点的日降雨数据插值出县级行政区的日降雨数据; 利用二元回归建立农作物洪涝受灾率与过程降雨量、县平均高程之间的农作物洪涝脆弱性函数; 分县分月提取过程降雨量, 构建非参数核密度的信息扩散模型拟合降雨量的概率分布; 综合概率分布与脆弱性函数, 计算出分县分月的农作物洪涝条件期望受灾率, 实现风险时空差异表达。最后, 制作出东北三省县级尺度下4至9月的农作物洪涝风险差异图, 并对风险时空差异规律进行分析。

**关键词:** 农作物; 洪涝; 时空风险; 评估; 脆弱性; 信息扩散; 东北三省

**中图分类号:** X43      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-811X(2013)03-0054-07

我国是一个农业大国, 农业是一个安天下、稳民心的基础产业, 但同时我国又是一个自然灾害多发、频发的国家。与世界平均水平相比, 我国自然灾害发生频率高出了18%。据联合国开发计划署的标准, 我国农业是世界上遭遇灾害最频发、受灾面积最广和灾害损失最严重的国家之一。

作为灾害防范的一种重要手段, 农业生产灾害风险评估是预测与量化未来自然灾害事件对农业生产可能造成的损失, 是指导农业生产灾害风险管理的一项重要工作, 逐渐受到了人们的重视。在我国, 农业生产灾害风险评估工作开展得较晚, 在方法上主要有基于指标体系的评估法与基于损失统计的评估法。其中, 基于损失统计的评估法运用得较为广泛, 它是在损失数据样本的基础上经统计建模后计算出代表风险的某一定量指标, 属于纯定量的方法。根据损失数据源的不同, 基于损失统计的评估法又可分为基于单产损失<sup>[1-3]</sup>与基于灾情损失<sup>[4-5]</sup>的评估法, 这两类评估法在农业灾害风险评估中发挥着重要作用。

但不难发现, 现阶段的农业灾害风险评估研

究大都停留在以空间差异为主的风险评估上, 鲜有考虑风险在时域上的差异, 尤为缺乏对风险时空二维差异特性的研究。在尺度方面, 绝大多数的研究集中在以省级、市级行政区为空间单元的中尺度上。要以县级行政区和以月为单位的小时空尺度开展风险评估, 往往会因为损失数据样本的严重不足甚至缺失而无法实施统计建模。小时空尺度下的风险评估能有效地识别出高风险区与高风险时期, 为实施更有针对、更为精确的风险管理措施提供强有力的支撑, 因此值得深入探索。

本研究将在有限的灾情数据基础上结合气象数据, 实现以县和以月为单位的小时空尺度下农业灾害时空风险评估。

## 1 研究区概况

黑龙江、吉林和辽宁俗称东北三省, 位于115°32'~135°10'E, 38°43'~53°25'N之间(图1), 土地总面积占全国土地总面积的8.33%, 耕地面积占全国耕地总面积的16.68%, 2011年粮食产量

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2013-01-14      修回日期: 2013-02-28

基金项目: 国家自然科学基金项目“自然灾害风险时空差异的多维表达及其评估技术研究”(40901274); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金课题(中国农业科学院农业信息研究所)“县级尺度下的农业生产灾害风险预警技术研究—以东北三省农作物洪涝风险为例”(2013-J-014)

作者简介: 赵思健(1977-), 男, 福建人, 博士, 从事农业生产风险评估与管理研究. E-mail: zhaosijian@caas.cn

达到 1, 078 亿 kg, 占全国粮食产量的 18.9%, 主要粮食作物包括玉米、大豆、春小麦、水稻等, 是我国重要的粮食生产基地。同时, 东北三省又是我国受全球气候变化影响最显著的地区之一<sup>[6]</sup>, 气候变化加剧了暴雨洪涝灾害事件的发生, 使东北三省成为洪涝的多发区, 严重阻碍了区域农业的发展。作为重要的产粮基地, 防范洪涝灾害风险, 保障东北三省的农业及粮食生产安全对于保障我国的整体粮食安全有着极其重要的战略意义。



图 1 东北三省县级行政区划及气象站点分布

基于上述背景, 本文选择东北三省为研究区, 以洪涝灾害为影响农作物生产的代表性灾种, 开展以县和以月为单位的农作物洪涝时空风险评估研究。

## 2 数据收集与处理

### 2.1 数据收集

本研究收集了如下四类分析数据: ① 农作物洪涝灾情数据; ② 农作物种植面积数据; ③ 数字高程模型 (DEM) 数据; ④ 气象站点日降雨量数据。

农作物洪涝灾情数据来源于多种渠道, 包括中国气象灾害大典、地方气象局统计资料和地方农业局统计资料等。灾情数据总量为 544 条 (表 1), 在时间序列上为 1984–2009 年, 空间尺度上精确到县级, 时间尺度上精确到年月日, 灾情统计的数据指标包括了农作物受灾面积 ( $\text{hm}^2$ )、成灾面积 ( $\text{hm}^2$ ) 和绝收面积 ( $\text{hm}^2$ )。其中, 成灾面积与

绝收面积数据存在严重的缺失, 但经资料统计可知, 成灾与绝收面积大致是受灾面积的 1/2 和 1/3, 因此可选择受灾面积作为农作物灾情损失指标。农作物洪涝灾情数据的具体格式如表 2 所示。

表 1 东北三省农作物洪涝灾情数据统计 (1984–2009)

省份	洪涝记录/条
黑龙江	280
吉林	154
辽宁	110
合计	544

表 2 东北三省农作物洪涝灾情记录 (1984–2009)

区县	年	起始		终止		灾面积/ $\text{hm}^2$
		月	日	月	日	
嘉荫县	1984	6	15	6	18	28 000
铁力市	1985	7	27	7	28	1 781.3
五营区	1995	7	23	7	24	340
...	...	...	...	...	...	...

农作物种植面积数据来源“中国农业部县级农村经济统计数据库”, 时间序列上为 1981–2011 年, 空间尺度上精确到县级, 种植面积单位为  $\text{hm}^2$ 。

数字高程模型 (DEM) 数据来源“中国科学院资源环境科学数据中心” (<http://www.resdc.cn/>)。DEM 是栅格数据, 空间精度是 30 m (图 2)。整个东北三省东倚长白山脉, 北靠小兴安岭, 南邻渤海黄海, 中部是广袤的东北平原 (包括位于东北部的三江平原、中西部的松嫩平原和西南部的辽河平原)、地形开阔。

气象站点日降雨数据来源于“中国气象科学数据共享服务网” (<http://cdc.cma.gov.cn/>)。整个东北三省共设 86 个气象站点 (站点分布如图 1 所示), 降雨量数据在时间序列上是从 1959–2011 年, 在时间尺度上精确到日, 单位为 mm。

### 2.2 数据处理

#### (1) 农作物洪涝受灾率计算

假设某县发生的某一次洪涝灾害造成农作物受灾面积  $a$ , 对应年份的农作物种植面积  $s$ , 则此次农作物洪涝受灾率  $y$  计算如下:

$$y = a/s. \quad (1)$$

农作物洪涝受灾率将作为农作物洪涝灾情指标。

#### (2) 县级行政区平均高程计算

由于 DEM 是格网数据, 不易与以县为单位的灾情数据进行统计分析。因此, 可利用 DEM 计算

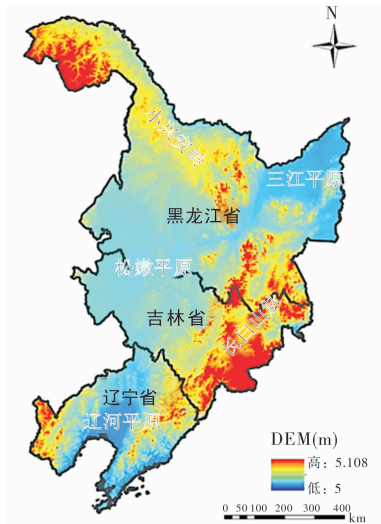


图2 东北三省数字高程模型(DEM)数据

县级行政区的平均高程, 即:

$$\bar{h}_c = \sum_{i=1}^{n_c} h_i / n_c \quad (2)$$

式中:  $c$  表示县级行政区;  $\bar{h}_c$  表示县级行政区  $c$  的平均高程(m);  $h_i$  表示县级行政区  $c$  内任一格网单元的高程(m);  $n_c$  表示县级行政区内的 DEM 格网数量。

### (3) 县级行政区日降雨量插值计算

从图1可以看出, 东北三省全境范围内 86 个气象站点无法完全覆盖 182 个县级行政区, 利用气象站点日降雨量直接评价县级行政区日降雨量显得比较粗糙。为了体现县级行政区日降雨量的差异, 可先查找与县级行政区中心点最近的 3 个气象站点, 再利用查找到的 3 个站点日降雨量数据, 采用反距离权重法(IDW)<sup>[7]</sup>插值出县级行政区的日降雨量。

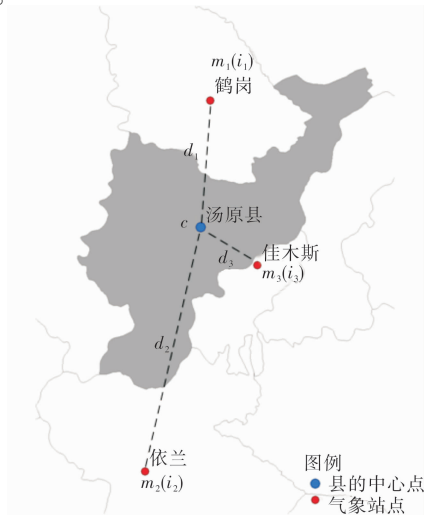


图3 县级行政区日降雨量插值示意

图3示意了县级行政区日降雨量的插值过程。假设待计算的县级行政区中心点为  $c$ , 查找到与该中心点最近的 3 个气象站点 ( $m_k, k=1, 2, 3$ ), 并计算出中心点与 3 个气象站点的距离 ( $d_k, k=1, 2, 3$ ) 后, 县级行政区日降雨量  $i_c$  (mm) 的 IDW 插值计算如下:

$$i_c = \frac{\sum_{k=1}^3 \left( i_k \cdot \frac{1}{d_k^2} \right)}{\sum_{k=1}^3 \frac{1}{d_k^2}} \quad (3)$$

式中:  $i_k (k=1, 2, 3)$  表示 3 个气象站点的日降雨量(mm)。

## 3 农作物洪涝时空风险评估

### 3.1 农作物洪涝脆弱性分析

承灾体是致灾因子作用的对象, 脆弱性是用来衡量承灾体遭受不同致灾因子下的损害程度, 是致灾因子与灾情联系的桥梁<sup>[8]</sup>。当承灾体的脆弱性侧重于因灾造成的灾情水平时, 通常可用致灾因子( $h$ )与灾情( $l$ )之间的关系曲线或方程式表示, 即  $V=f(h, l)$ , 又叫做脆弱性曲线或灾损(率)曲线, 用来衡量不同的致灾因子强度与相应损失(率)之间的关系。在本研究中, 洪涝灾害的致灾因子是强降雨, 承灾体是农作物, 农作物洪涝脆弱性就要建立降雨与农作物受灾率之间的曲线或函数关系。

洪涝通常发生在一次强降雨过程中。所谓一次强降雨过程是指一日或连续多日的平均日降雨量均超过某一阈值  $i_0$  的阶段性强降雨(图4)。根据经验, 阈值  $i_0$  可取 30 mm/d (大雨级别)。描述一次强降雨过程的数据指标可以包括过程降雨量(mm)、过程降雨量极值(mm)、过程平均降雨量(mm/d)和降雨持续时间(d)。

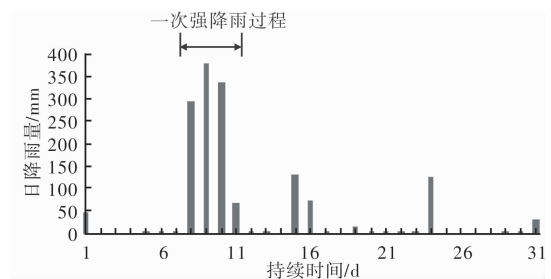


图4 强降雨过程图示

不难发现, 除了强降雨, 洪涝灾害的发生和灾情的形成还与该地区的自然环境有密切的联系,

其中地形对洪涝形成的影响颇深, 即地势低较地势高的地区更易形成大面积的积涝。因此, 本研究将建立降雨、地形高程与农作物受灾率之间的农作物洪涝脆弱性函数。

综合运用县级灾情数据、县级降雨量数据指标和县级平均高程数据进行回归分析。经分析发现, 过程降雨量与灾情的相关关系较其他降雨过程指标要好, 为此采用过程降雨量作为回归分析。经回归计算, 东北三省农作物洪涝受灾率二元回归曲面如图 5 所示, 回归方程如下:

$$y_c(i_{m,c}, \bar{h}_c) = 0.2210 - 4.1451 \times 10^{-4} \times \bar{h}_c + 9.6105 \times 10^{-5} \times i_{m,c} + 4.0680 \times 10^{-8} \times \bar{h}_c \times i_{m,c} \quad (4)$$

式中:  $y_c$  表示农作物受灾率;  $i_{m,c}$  表示过程降雨量(mm);  $\bar{h}_c$  表示平均高程(m)。

东北三省农作物洪涝受灾率二元回归的相关系数为  $R = 0.626$ , 相关系数总体水平并不高。究其原因, 一方面是洪涝灾害本身存在较强的随机性, 受随机性影响相关系数不会太高; 另一方面, 一个地区的农作物洪涝受灾率不仅与强降雨、高程有密切关系, 还与该地区的河流和植被等其他环境因子有关系(例如河流密集和植被稀疏的地区易发生洪涝)。但由于缺乏相关数据, 目前暂无法对这些因子进行综合考虑。但从图 5 可以看出, 回归曲面客观、有效地反映出过程降雨量、平均高程与受灾率之间的趋势关系, 因此可被用于后续的风险评估中。

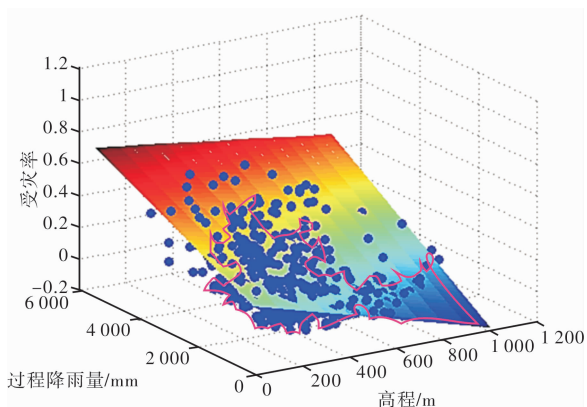


图 5 东北三省农作物洪涝受灾率二元回归

### 3.2 分县分月过程降雨量概率分布拟合

#### 3.2.1 洪涝灾害月发生频次分析

在不考虑洪涝灾害强度及造成损失的前提下, 可先利用收集的洪涝灾情数据对洪涝灾害不同月份上的发生频次进行统计(图 6)。结果显示, 东北三省从 1984 - 2009 年期间有 98% 以上

的洪涝灾害发生在 4 - 9 月间, 且 6、7 和 8 月是洪涝的频发期, 其他月份的洪涝可忽略不计。因此, 下面仅对 4 - 9 月(6 个月)的过程降雨量概率分布进行分月拟合。

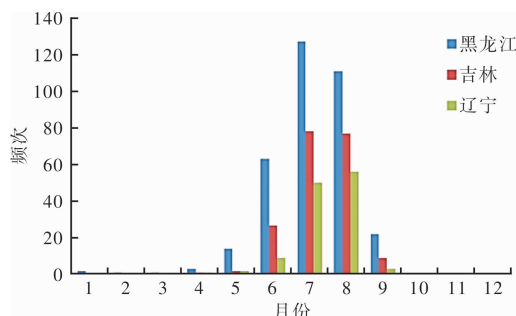


图 6 东北三省洪涝月发生频次统计

#### 3.2.2 过程平均降雨量概率分布的非参数拟合

分布拟合的方法通常有参数估计法与非参数估计法。参数估计法虽运用较广, 但要求有先验的分布函数、样本容量足够大且已知总体分布的有关信息, 而实际应用中往往很难获得总体分布信息, 选择先验分布函数的过程也比较繁琐。相比之下, 非参数估计法不限制样本母体的分布形式, 估计结果相对稳定。为此, 本文采用非参数核密度的信息扩散模型<sup>[9]</sup>进行过程降雨量概率分布的拟合。

首先, 利用县级行政区的日降雨数据, 分县分月(仅 4 - 9 月)提取过程降雨量样本, 即:

$$I_{m,ct} = \{i_{m,1}, i_{m,2}, \dots, i_{m,k}, \dots, i_{m,l}\} \quad ct. \quad (5)$$

式中:  $c$  表示县级行政区单元,  $t$  表示月份,  $i_{m,ct}$  表示县级行政区月份上过程降雨量样本集合,  $i_{m,k}$  表示集合中的过程降雨量样本,  $l$  表示集合中的样本个数。

假设过程降雨量的样本空间  $U$  为  $[0, 6000]$ , 并将样本空间分成  $s$  等分, 获得  $U$  的离散论域:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_s\}. \quad (6)$$

对样本集合  $I_m$  中的任一个样本  $i_{m,k}$ , 利用正态分布规律扩散到  $U$  中的所有点  $u_b$ , 即:

$$f_k(u_b) = \frac{1}{h \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(i_{m,k} - u_b)^2}{2h^2}\right]. \quad (7)$$

式中:  $h$  称为扩散系数, 即组间宽度参数, 这个参数决定了密度函数的平滑程度,  $h$  越大密度越平滑, 选择一个合适的组间宽度参数是非参数核密度估计的重要步骤。在实践中, 选择组间宽度的方法有交叉验证法、Silverman 的“经验法则”和插入法<sup>[10]</sup>。本文选择 Silverman 的“经验法则”, 根据 Barry G K 和 Alan P K 的工作<sup>[11]</sup>, 优化的参数  $h$  为:

$$h = \frac{1.06\hat{\sigma}}{l^{1/5}} \quad (8)$$

$$\text{式中: } \hat{\sigma} = \min \left\{ s, \frac{Q}{1.34} \right\} \quad (9)$$

$\hat{\sigma}$  为样本标准差,  $Q$  为四分位数间距, 即第 75 百分位点样本值减去第 25 百分位点样本值。在实际工作中, 由于数据常常偏离正态分布, 式(8)中的范围因子 1.06 降到 0.9 效果较好<sup>[12]</sup>。

$$\text{令} \quad C_k = \sum_{b=1}^s f_k(u_b), \quad (10)$$

$$\text{则} \quad \mu_{i_m,k}(u_b) = \frac{f_k(u_b)}{C_k} \quad (11)$$

$$\text{令} \quad q(u_b) = \sum_{k=1}^l \mu_{i_m,k}(u_b) \quad (12)$$

$$\text{再令} \quad Q = \sum_{b=1}^s q(u_b), \quad (13)$$

$$\text{易知} \quad p(u_b) = \frac{q(u_b)}{Q}, \quad (14)$$

就是样本空间  $U$  中样本点  $u_b$  的频率值, 可作为概率的估计值。

利用分县分月的过程降雨量样本, 采用 Silverman 的“经验法则”计算出最优组间宽度  $h$ , 取  $s = 100$  运用非参数核密度的信息扩散模型, 逐一拟合各县各月的过程平均降雨量核密度。图 7 是辽宁省灯塔市的过程降雨量核密度概率拟合图。

### 3.3 分县分月农作物洪涝时空风险评估

#### 3.3.1 时空风险评估

通常农业灾害风险可以分为一般风险与巨灾

风险。一般风险是指发生概率较高, 损失较低的风险; 而巨灾风险是指发生概率较低, 损失巨大的风险。根据农业风险管理的原则, 针对一般风险和巨灾风险有着不同的管理策略。本文只对农作物洪涝的一般风险进行评估, 可在过程降雨量概率曲线中选取 1 000 mm 为界限, 低于 1 000 mm 的过程降雨量所引发的洪涝风险为一般风险, 高于 1 000 mm 的为巨灾风险, 如图 8 所示。

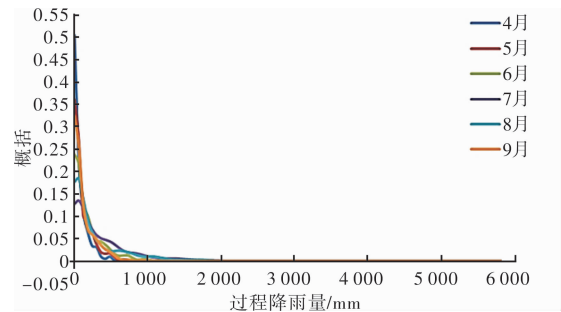


图7 分月过程降雨量概率拟合  
(辽宁省灯塔市为例)

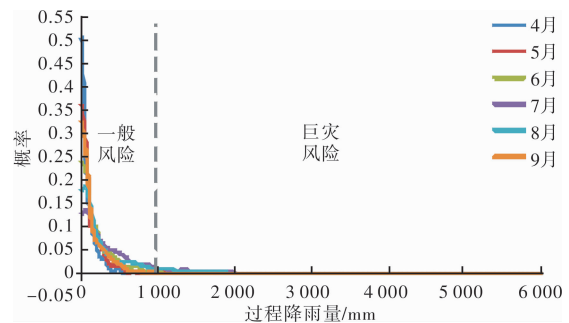


图8 一般与巨灾风险的划分

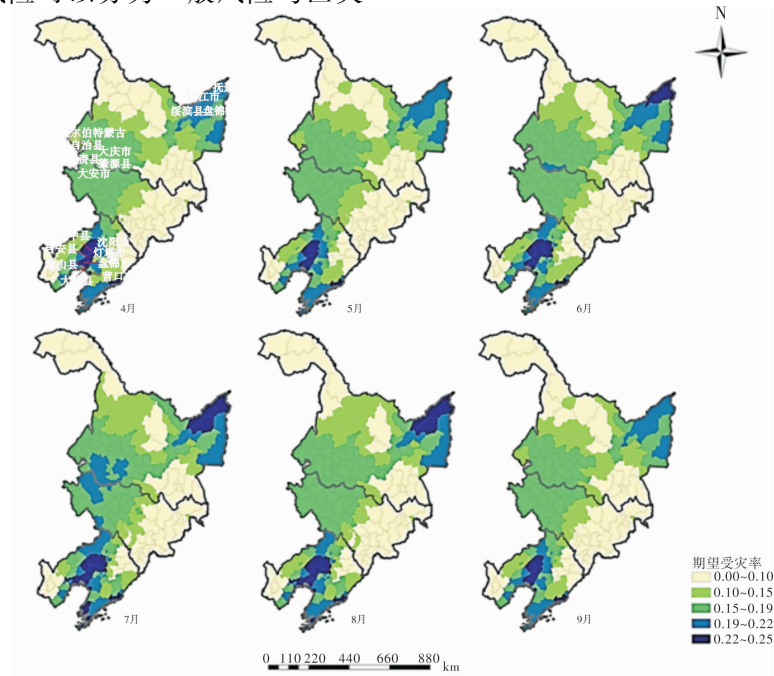


图9 东北三省农作物洪涝风险时空差异



从风险量度的角度上,农作物洪涝风险可以表达为洪涝造成农作物的期望受灾率,而一般风险则可以表达为处在 $(0,1\ 000]$ 过程降雨量区间内洪涝造成农作物的条件期望受灾率。根据该定义,分县分月的农作物洪涝风险可表达为:

$$r_{ct} = CE_{ct}(Y) \Big|_0^{1000} = \left( \frac{\sum_{u_b > 0}^{u_b \leq 1\ 000} p(u_b) \cdot y_c(u_b, \bar{h}_c)}{\sum_{u_b > 0}^{u_b \leq 1\ 000} p_{ct}(u_b)} \right) \quad (15)$$

式中: $c$ 表示县级行政区单元, $t$ 表示月份, $CE$ 表示受灾率 $Y$ 的条件期望, $p_{ct}$ 表示该县级行政区该月份出现过程降雨量 $u_b$ (mm)的概率, $y_c$ 表示该县级行政区过程降雨量 $u_b$ 造成的农作物洪涝受灾率。 $\bar{h}_c$ 表示该县级行政区的平均高程(m)。利用分县分月的过程降雨量核密度计算结果(14),结合农作物洪涝脆弱性函数(4),采用式(15)计算出东北三省分县分月的农作物洪涝时空风险(图9)。

### 3.3.2 风险时空差异分析

从图9可以看出,东北三省农作物洪涝风险在时空维上存在着差异。

从空间维度上,东北三省农作物洪涝风险集中分布在三大平原上,分别是位于西南部的辽河平原、中西部的松嫩平原和东北部的三江平原(图2)。三大平原中,位于辽宁省境内的辽河平原具有较高的洪涝风险(6个月平均风险值大于0.2000),位于黑龙江境内的三江平原的洪涝风险次之(6个月平均风险值大于0.1800),而位于吉林省和黑龙江境内的松嫩平原再次(6个月平均风险值大于0.1500)。在辽河平原上,位于平原中部的营口市(6个月平均风险值0.2381)、大洼县(6个月平均风险值0.2377)、盘山县(6个月平均风险值0.2376)、盘锦市(6个月平均风险值0.2375)、台安县(6个月平均风险值0.2370)、辽中县(6个月平均风险值0.2358)、沈阳市(6个月平均风险值0.2208)、灯塔市(6个月平均风险值0.2202)等洪涝风险较高;在三江平原上,位于平原北部的抚远县(6个月平均风险值0.2210)、同江市(6个月平均风险值0.2197)、富锦市(6个月平均风险值0.2168)、绥滨县(6个月平均风险值0.2163)等洪涝风险较高;在松嫩平原上,位于平原中西部地区的肇源县(6个月平均风险值0.1875)、大安市(6个月平均风险值0.1856)、镇赉县(6个月平均风险值0.1842)、大庆市(6个月平均风险值0.1840)、杜尔伯特蒙古族自治县

(6个月平均风险值0.1829)等洪涝风险较高。

在时间维度上,东北三省农作物洪涝风险由4月份开始逐步递增(4月三省风险均值为0.1280,5月为0.1418,6月为0.1568),7月份达到最大(0.1644),8月份次之(0.1623),9月份又恢复到6月份的水平(0.1526)。在空间上,辽河平原随着时间变化的风险差异较小,尤其是中部地区风险值始终维持在0.22以上;三江平原风险差异较大,尤其是平原的北部地区风险值由[0.1900,0.2200]区间逐步上升为[0.2200,0.2500]区间,并持续了多个月(6,7和8月);松嫩平原随时间变化的风险差异也较小,仅在7月份平原中西部地区部分县市风险值由[0.1500,0.1900]区间升至[0.1900,0.2200]区间,但仅持续一个月。

综合时空维度,辽河平原应作为第一风险防范区,风险重点防范区域是平原的中部县市,应做到持续防范;三江平原是第二风险防范区,风险重点防范区是平原的北部县市,重点防范的时期为6-8月;松嫩平原是第三风险防范区,风险重点防范区是平原的中西部县市,重点防范的时期为7月。

## 4 总结

本文以东北三省为研究区,在洪涝灾情数据、气象数据、地形数据和种植面积数据的基础上,通过构建县级降雨插值模型、农作物洪涝脆弱性模型和非参数核密度的信息扩散模型,开展了以县、月为单元的小尺度农作物洪涝时空风险评估研究,并在评估结果的基础上探讨了风险的时空差异特征。本研究是一个全新的尝试,它为灾害样本严重不足情况下的小时空尺度风险评估提供了一个解决方案。

在研究中发现,农作物洪涝脆弱性模型是整个风险评估的关键,本研究仅建立了降雨量、地形高程与受灾率之间的回归关系,关系合理但并不理想。在接下来的研究中,作者将会深入探讨如何建立多因子农作物洪涝脆弱性关系模型来进一步改善时空风险评估结果。另一方面,为了提高风险评估结果的准确性,接下来的工作中作者会增加对风险评估结果可靠性验证的研究。

## 参考文献:

- [1] 张峭,王克.农作物生产风险评估的方法和模型[J].农业展

- 望, 2007, 3(8): 7-10.
- [2] 张峭, 王克. 我国农业自然灾害风险评估与区划[J]. 中国农业资源与区划, 2011, 32(3): 32-36.
- [3] 胡志全, 程广燕, 张昶. 大豆自然风险分析及评价指标初探[J]. 中国农业资源与区划, 2009, 30(2): 41-44.
- [4] 李云辉, 贺一梅, 扬子生. 云南金沙江流域因灾减产粮食量分析[J]. 山地学报, 2002, 20(S1): 43-48.
- [5] 张星, 张春桂, 吴菊薪, 等. 福建农业气象灾害的产量灾损风险评估[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(1): 90-94.
- [6] 赵俊芳, 延晓冬, 贾根锁. 东北森林净第一性生产力与碳收支对气候变化的响应[J]. 生态学报, 2008, 28(1): 92-102.
- [7] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 地理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 119.
- [8] 周瑶, 王静爱. 自然灾害脆弱性曲线研究进展[J]. 地球科学进展, 2012, 27(4): 435-442.
- [9] 王丽红, 杨纳华, 田志宏, 等. 非参数核密度法厘定玉米区域产量保险费率研究[J]. 中国农业大学学报, 2007, 12(1): 90-94.
- [10] 郭迎春, 闫宜玲. 农业自然风险评估及区域农业保险费率的确定方法[J]. 应用气象学报, 1998(5): 232-237.
- [11] Barry K G, Alan P K. Nonparametric estimation of crop yield distributions: implications for rating group-risk crop insurance contracts[J]. Amer J Agr Econ, 1998, 80: 139-153.
- [12] Alan P K, Barry K G. Nonparametric estimation of crop insurance rates revisited[J]. Amer J Agr Econ, 2000, 83: 463-478.

## Spatial-temporal Risk Assessment of Crops Caused by Flood in the Three Northeastern Provinces of China

Zhao Sijian<sup>1, 2</sup>, Zhang Qiao<sup>1</sup>

(1. *Agricultural Information Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences; Key Laboratory of Digital Agricultural Early-warning Technology, MOA, Beijing 100081, China*; 2. *Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*)

**Abstract:** Nowadays, risk assessment of natural disasters just concerning on spatial variance of risk can not meet the requirement that risk management of natural disasters would develop in higher accuracy. Risk variance assessment in both space and time dimensions could help to enhance the results of risk assessment, and play an important role in risk management. The spatial-temporal risk assessment of crops caused by flood using county as space unit and month as time unit is performed in the three northeastern provinces of China under the support of metrological data, terrain data, flood record data and the planting area data. With inverse distance weighting (IDW) method, daily rainfall data for each county is interpolated by using daily rainfall data of its adjacent 3 meteorological stations; with bivariate regression, vulnerability function of crop caused by flood among variables of crops' disaster affected area, rainfall process volume and terrain is built; by using the information diffusion model of nonparametric kernel density, the probability density function of total rainfall volume in a storm for each month of each county is fitted; The conditioned expected disaster-affected area of crops as risk measure for each month of each county is calculated on the combination of probability density function and vulnerability function; A serial of risk maps on county-level and month-level scales are produced to be used to recognize the rules of risk variance in both space and time.

**Key words:** crop; flood; spatial-temporal risk; assessment; vulnerability; information diffusion; the three Northeastern provinces