

台风灾情评估及方法综述*

魏章进¹, 隋广军², 唐丹玲³

(1. 广东外语外贸大学 信息学院, 广东 广州 510420; 2. 广东外语外贸大学, 广东 广州 510632;
3. 中国科学院南海海洋研究所热带海洋国家重点实验室 海洋生态环境遥感中心, 广东 广州 510301)

摘 要: 台风是一种导致严重灾害的天气系统, 其灾害评估是减灾防灾的决策基础; 国内外台风灾情评估基本区分为统计指标综合法和统计模拟法。归纳了 6 种主要的统计指标综合方法, 总结了统计模拟评估法的基本步骤, 在此基础上比较了台风灾情评估方法的不同特点。从评估的模型、指标选择以及评估结果等几个方面评述了指标评估方法中以及统计模拟法存在的问题。最后, 对灾情评估发展趋势的 5 个方面进行展望, 并指出: 国内统计模拟方法的评估较少开展, 应与指标评估方法相结合, 积极开展统计模拟方法的灾情评估; 选择不同的行业, 针对行业具体特点, 建立敏感行业的灾情评估模型; 加强高新技术, 特别是卫星遥感技术在台风灾害评估中的应用; 同时要加强对评估决策支持系统研究。

关键词: 台风灾害; 灾情评估; 进展; 方法综述

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2012)04-0107-07

台风灾害是全球发生频率最高影响最严重的一种自然灾害^[1], 据瑞士再保险公司统计, 1970-2007 年造成全球保险损失金额最高的 10 大灾害中, 8 起与台风有关^[2]。中国则是全世界遭受台风灾害最严重的国家之一。1988-2010 年, 中国每年因台风造成的直接经济损失高达 290.5 亿元^[3]。随着经济总量的增加, 台风灾害的经济损失也呈逐年增加趋势^[4]。

灾害评估, 是灾害的预测、防治乃至灾害补偿研究的基础, 其评估结果是国家和区域减灾决策的制定和实施的可靠依据。灾害评估对防灾减灾以及经济和社会的可持续性发展具有现实和长远的实践意义。

台风灾害评估自 1960 年代开始, 人们沿着不同脉络开展研究, 在理论和实践方面都取得了丰富成果。综合现有学术研究, 台风灾害评估可以划分为以下几个方面: 台风灾害系统论研究、台风灾害风险评估、台风灾害灾情评估、台风灾害经济损失评估、台风灾害减灾防灾能力评估、台风灾害的生态评估等。台风灾害的风险评估与台风灾害的灾情评估开展较多, 而生态评估与减灾防灾效益较少开展。

台风灾害风险评估的对象是台风易发的风险地区, 是历史的常态性评估; 而台风灾情评估的对象是一次具体的台风过程, 评估的对象是正在或刚刚发生的台风灾害导致的损失严重程度。

以往, 台风灾害评估对风险评估与灾情评估较少区分, 而灾情评估在学术理论研究和气象部门的业务实践中已有许多成果, 各类文献中, 缺少归纳总结。对台风灾情评估进行一个较为全面的综述十分必要, 有利于进一步深化台风灾情评估研究并提高减灾防灾的决策水平。

本文主要针对台风灾情评估, 分别对台风灾情评估理论及其方法进行比较, 指出其特点与存在的问题, 并对台风灾情评估的发展趋势进行展望。

1 台风灾情的主要评估方法

台风灾害的风险评价是根据台风灾害的频度、强度以及承灾体的属性, 对未来承灾地区可能发生的台风灾害的预评估。而灾情评估(亦称为灾害的损失评估)是指在掌握丰富的历史与现实灾害数据资料的基础上, 应用统计方法对已经或正在发生的灾害可能造成的、正在造成的或已经造

* 收稿日期: 2012-02-17 修回日期: 2012-05-11

基金项目: 国家自然科学基金委员会与财团法人李国鼎科技发展基金会联合资助两岸合作研究项目“台风灾害对南海北部浮游植物和渔业资源的影响”(31061160190); 广东省自然科学基金团队项目“华南沿海台风遥感检测与灾害评估”(8351030101000002), “重大台风灾害及城市火灾应急响应集成系统研制”(2010B031900041); 中国科学院知识创新工程重要方向项目“热带气旋及其年际变化对南海海洋初级生产力的影响”(kzcx2-yw-226)

作者简介: 魏章进(1966-), 男, 回族, 湖北洪湖人, 博士, 副教授, 主要研究方向为风险管理与灾害评估。

E-mail: weizhangjin@126.com

通讯作者: 隋广军(1961-), 男, 北京人, 博士, 博士生导师, 教授, 主要研究方向风险管理. E-mail: sgj@gdufs.edu.cn

通讯作者: 唐丹玲(1959-), 女, 湖北武汉人, 博士, 博士生导师, 教授, 主要研究方向为海洋生态遥感。

E-mail: lingzistdl@126.com

成的人员伤害与财产或利益损失进行定量的估算，并评估其灾害严重程度。台风灾情评估与台风灾害的风险评价相比，侧重点不同。台风风险评估是以承灾地区为评估对象，定量计算其遭受损失的可能性及大小；台风灾情评估的对象则是一次正在或已经发生的台风灾害，量度其综合破坏程度。目前台风灾情指数评估方法以大范围地区的宏观评估为主；另外一种则是以台风灾害发生频度、强度以及具体承灾体结构的统计模拟为主。

1.1 台风灾情的指标评估方法

台风灾情指标评估主要是针对宏观范围，如某次台风对受灾地区产生破坏的严重程度或者是某次台风所致的总的破坏严重程度。目前的研究主要采取回归分析法、模糊综合评价法、层次分析法等。

(1)回归分析法。回归是一种通过因变量模拟或预测响应变量的常用统计方法。应用回归分析评估台风灾情，一类是直接考虑具体的致灾因子与承灾体因子，即自变量是各个致灾因子，如台风雨量、台风登陆风速，因变量是各个灾后因子，

如倒损房屋数、人员伤亡数等。另一类则是以致灾因子或者灾后因子作为自变量，而以表征台风灾害综合毁损程度的指数作为被模拟与预测变量建立回归模型，如可将灾情如倒损房屋数，受淹农田面积等合成为综合灾情等级，并作为响应变量与具体致灾因子台风风速和降水量等建立回归关系式，模型输出的响应变量则是评估或预估的灾情综合指数^[5]。

具体的回归形式上，选择各有不同。第一种采用联立方程模型形式，分别用灾情因子，如受灾面积、倒损房屋和人员伤亡以及致灾因子，如台风中心气压、过程降雨量、登陆风力、底层中心附近最大风速等建立了联立方程模型。灾情因子作为响应变量通过联立方程组进行统计估计^[6]。第二种采用多项式拟合。通过将台风灾害的主要致灾因子合成为风指数、雨指数以及承灾体指数，建立国民经济直接损失模式(ELM)和倒损房屋数量模式(HCM和HDM)等灾害损失预测模式，其回归多项式阶数根据预测效果进行确定^[7]。第三种形式则采用幂函数拟合^[8](表1)。

表 1 台风灾情指标评估方法

灾情评估	预评估			灾后评估		
	变量或指标	评估结果	代表文献	变量或指标	评估结果	代表文献
回归多元线性	承灾体密度、降水指数、大风指数	经济损失值、倒塌房屋、房屋损坏	林继生等 ^[8]	受伤人数、倒塌房屋数、受淹农田面积	灾情指数	钱燕珍等 ^[6]
回归幂函数	受灾人口农作物受灾面积及直接经济损失	综合评价指数	赵飞等 ^[9]	灾后指标	—	尚无
回归联立方程	过程降雨量、风力最大风速、台风中心气压	受灾面积、倒塌房屋、受伤人数	吕纯濂等 ^[7]	灾后指标	—	尚无
模糊评价	过程最大雨量受灾区域易损性等10个因子	综合灾情指数	马青云等 ^[10]	农业受灾面积、死亡人数等9项灾后指标	综合灾情指数	梁必骥等 ^[11]
层次分析	17项指标合成为风参数、雨参数、地理参数、气旋强度参数	综合影响指数	李春梅等 ^[12]	采用灾后指标，层次法综合评价	—	尚无
神经网络	分地区过程降水量和过程最大风速等	直接经济损失指数	娄伟平等 ^[13]	可采用灾后指标训练	—	尚无
可拓方法	降水量、降水强度、最大风速	灾害损失等级	刘少军等 ^[14]	采用灾后指标	—	尚无
灰色关联	可采用灾情指标建立损失度的关联系数	—	尚无	死亡人数、房屋倒塌数、农作物受灾面积数、直接经济损失数	综合灾害损失等级	王秀荣等 ^[11]

(2)模糊数学方法。模糊综合评判是采用模糊数学方法对多因素进行综合的一种综合评估方法。在台风灾害评估中,多因素模糊集合一类为台风灾害的灾后因子,如倒损房屋、受淹农田,这类评估为台风过后的灾后评估。另一类为灾中的台风风速和雨量以及地理等因子,这种评估具有灾前性质,则为灾情的预评估。上述两类均采用模糊方法确定单因素权重,从而进行综合合成。在灾害评估中采用模糊综合评判方法,其优点是可以将本来模糊的、主观性很大的定性评估转变为定量评判,其思路清晰、评判结果直观,且能满足灾害评估的精度要求。模糊数学评价方法具体使用时,指标选取各有特色。如梁必骥、樊琦等(选取台风强度、登陆地区的社会经济等有关资料对热带气旋可能造成的灾害经济损失作计算和分级评估^[10]。王秀荣,马青云等则考虑了更多因子,尤其是将减灾防灾能力进行定量评估融入到模糊数学评价模型中,台风影响时间和致灾因子与脆弱性因子等10个因子构建综合评价系数,并与通过经济损失给出的实际灾情对比分析,其模型既可对灾情进行预估也可以灾后评估^[15]。在模糊综合评估也可通过致灾因子进行评估并与通过灾后因子的灾后评估结果进行比较并修正预评估模型。

(3)层次分析法。层次分析是较为典型的统计综合评价方法,其通过将台风致灾影响因素建立指标系统,并进一步建立亚指标系统,形成指标分层,通过判断矩阵确立各指标权重,并进行多指标综合,计算总指数,从而进行灾害的综合评估。这一方法在台风灾害风险评估与灾情评估中均有广泛应用。如李春梅等人利用1949-2003年登陆和严重影响广东省的热带气旋的特征参数、气象资料、直接经济损失和造成的灾情损失等资料,对参与评估的指标进行分层,分为中心最低气压、地理综合参数、风综合参数、雨综合参数4个亚评估指标和17个单项评估分指标,利用专家打分法进行相对重要性的判别,确立权重系数,最后建立“热带气旋综合影响指数”,并采用“热带气旋综合影响指数”对热带气旋灾害的影响程度进行分级评判^[12]。与模糊综合评估和回归分析法一样,指标的选择不同,则可分别进行灾情的预评估与灾后评估。

(4)可拓方法。可拓方法是我国学者蔡文于1983年提出的,它用形式化工具,从定性和定量两个角度去研究解决矛盾问题的规律和方法,其核心内容为物元理论和可拓集合理论,基本方法是通过建立多指标参数的质量评定模型来完整地反映样本的综合水平^[13]。学者将可拓方法应用到台风灾害损失评估中,选择降水量、降水强度、最大风速、经济易损性作为评价的指标,利用可

拓方法,将评价指标及其特征值作为物元,通过计算综合关联度,判断灾害损失的等级^[13]。

(5)神经网络法。神经网络方法是一种具有高度计算能力、自学能力、容错能力的对非线性关系的多变量的建模方法。在台风灾情预评估中,致灾因子主要是雨量以及近地面中心最大风速等,灾损因子通常则包括台风受淹农田、倒损房屋数、直接经济损失等。而这种联系的具体形式是复杂和非线性的,通过一些历史数据的神经网络训练,建立网络结构模型,从而预测台风损失灾情^[14]。神经网络方法具有模拟精度高的特点,网络构建合理,则会有较好的灾情预测效果,否则灾情预测效果则与模拟效果存在较大差距。

(6)灰色关联分析方法。灰色关联度分析法(Grey Relation Analysis)是一种多因素统计分析方法,它以各因素的样本数据为依据,用灰色关联度来描述因素间关系的强弱、大小和次序,若样本数据反映出的两因素变化的态势基本一致,则它们之间的关联度较大,反之,关联度较小。与传统的多因素分析方法相比,灰色关联度分析法对数据要求较低且计算量较小,因此该方法已广泛运用于社会和自然科学的各个领域,尤其在灾情评估和经济领域内取得了较好的应用效果^[16]。该方法应用于评估台风灾情等级时,将台风灾害造成损失的各单项因子进行归一化处理,然后将各次台风造成损失的各单指标归一化值与所有历史台风灾情单指标的最大值构成的序列求关联系数,再按照关联系数的大小确定各次台风灾情的综合严重程度^[17]。实际应用中,该方法更多用于台风灾后评估^[17-19]。

值得指出的是上述目前存在的台风灾害损失的主要评估方法中,如果采用灾后灾情因子,则评估结果为灾后评估。如果采用灾害过程中的致灾因子如台风大风、雨量等,其灾害评估则是对灾情的预测性评估,也称预评估。理论上,回归分析法、模糊综合评判、层次评价法等均既可以灾前或灾中对灾情损失进行评估,也可以采用灾后因子进行灾后评估,目前灾后灾情评估更多是多指标直接合成,采用统计模型灾后评估较少(表1)。

1.2 台风灾情评估的统计模拟方法

台风灾情的统计模拟评估主要是以台风灾害发生的强度、频度以及承灾体具体结构的统计模拟为主,即通过受台风威胁地区台风发生频度、强度以及承灾体的具体特性和位置分布进行相应的统计模拟来评估台风灾害灾情或风险。这一方法在国外开展较多,主要评估台风风灾,台风带来的大范围降雨致灾则被归入洪涝灾害。

台风灾情的统计模拟方法一般包括台风频度、强度、路径模拟、台风风场模拟、工程结构的风

破坏模拟以及预期保险损失的模拟等^[20](图1)。

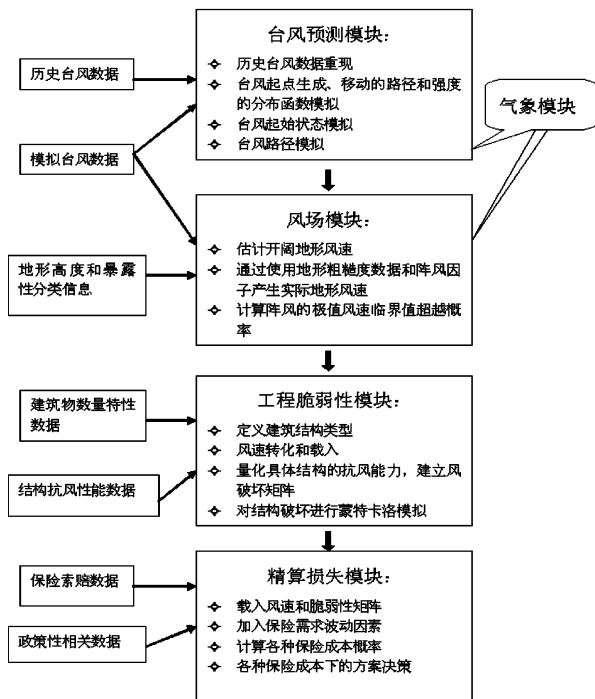


图1 台风灾害统计模拟评估法基本框架

目前受台风威胁地区的台风发生频数模拟采用的方法有三类：一类为直接采用历史数据^[21-22]；第二类则采用拟合频数的概率分布^[23-24]；第三种则以台风实际发生过程为依据，对台风的产生进行模拟再现^[25]。台风再现模拟中，气旋活动的十年际变化、热带气旋的年际变化、厄尔尼娜、拉尼娜等影响台风活动因子等作为参数选择因子，通过负二项分布或者泊松分布(Poisson)模拟气旋发生频数^[20]。

台风路径模拟则模拟台风的强度变化以及路径变化，通过给定地区的登陆数检验确定模拟的准确度。台风风场模拟应用成熟台风的物理模型和台风参数资料，采用数值方法模拟台风风场^[26]。

台风进入受威胁地区的一定影响范围内，则台风风场模式与地区的建筑结构，地形数据相结合的风损失模型被应用，并评估破坏程度。其评估的基本方法通过构造风灾地区损失模型(wind-field damage model)，对地区风灾损失或风险进行度量。风灾地区损失模型一般通过确定各种台风风速发生的概率，然后建立风速与破坏程度大小的函数关系，从而确定损失发生的概率，并计算预期损失来评估可能的灾情或者将已经发生的台风灾害相关数据带入模型，评估台风灾情。风灾地区损失模型中，自变量是台风风速，响应变量为台风造成的预期损失。如Huang^[27]，Dorland^[28]，慕尼黑再保险公司^[29]，瑞士再保险公司^[30]，Klawe^[31]，Unanwa^[32]分别构建了适合当地的台风风速与损失率的函数。Huang和Dorland采

用指数函数构建风速损失模型，而慕尼黑再保险公司，瑞士再保险公司，Klawe采用幂函数建立预期损失与台风风速的关系^[31]。

台风统计模拟损失估计分别使用各种类型建筑结构脆弱性矩阵，计算预期损失。具体评估损失时一般采用两种方法：一种方法通过估计每种保险方案下的全部的保险损失，然后再除以每年的台风频数，得到每年的预期损失。然后分别根据各地区的承灾结构的暴露性程度，从而计算每个地区的预期损失；另外一种方法则与之相反，通过计算每个地区的风分布函数，得到每个地区的预期损失，通过累加估计各种保险方案下的整个地区的预期保险损失^[33]。

各种学术研究中的台风灾情统计模拟评估，其基本流程可归纳为三个组成部分，四个模块。

三个部分主要为台风气象模拟、台风工程模拟以及保险模拟。其具体的四个模块则为台风预测模块、风场模块、工程脆弱性模块以及保险损失模块(见图1)。

2 台风灾情评估方法的问题与局限

指标评估方法在国内评估研究中较为常见，是国内台风灾害风险与损失评估的主流方法，各种具体实施方法较多(见表1)，目前并没有形成普遍公认的统一方法，而且此种方法存在一定的局限性。

从评估使用的技术方法上考虑，灾情评估方法经历了从简单粗略到复杂的演变过程，评估结果的精确性逐渐提高，然而台风灾情评估模型仍不成熟，常用的评估方法如层次分析法、模糊数学方法等在确定评估指标的权重时往往采用专家打分，导致评估结果过于主观，应发展更为合理的权重衡量方法。

从台风灾害评估的指标选择上考虑，目前台风灾害评估方法主要考虑台风强度和频度，包括雨量与近中心风速、路径以及台风频数等致灾因子方面，承灾体的脆弱性与其遭受的损失程度密切相关，但在对台风灾害承灾体因子的选择上并没有达成较为一致、全面的看法，综合考虑孕灾环境与承灾体对灾情影响的评估较少；其次有些研究虽然考虑了承灾体的社会经济地理因素，但未能结合台风路径、强度和经济地理空间分布，未能恰当地融合自然因素和社会经济因素以及其在灾害形成中的相互影响。

从评估的最终结果来看，台风灾害评估的结果基本上以指数或等级表征。然而，目前学者们量化灾情等级大小时缺乏统一标准(见表1)。各种综合指数出现在不同的文献中，台风灾情等级临

界值也缺乏统计标准, 标准的不统一导致各自的评估结果无法进行比较, 使得以指数或等级大小表示的评估结果缺乏明确、直观的意义。

在台风灾情的损失评估中, 直接经济损失的大小是灾情的一个更为直观的指标。运用数理统计方法对台风灾害的直接经济损失进行预测和评估也可对防灾和减灾提供了较为合理、科学的依据。然而, 台风灾害经济损失价值的统计预测模型学术关注度较低, 相应成果较少。台风灾害影响的经济损失值的统计评估模型与预测尚未有成熟的方法。

台风灾害的统计模拟方法的主要问题在于由于模拟过程的各环节的复杂性, 各种参数的选择, 导致结果的不确定性与差异。如在气象模块中, 台风风速模型及近地风场参数的不确定性和差异, 会导致最终估算的台风损失具有较大不稳定性^[27-28]。在工程模块中, 风荷载模型基本上根据风荷载规范或风洞试验结果建立, 不能真实反映

结构在台风气候下的风荷载, 基于建筑结构的台风易损性矩阵构建对实际状况的模拟出现偏差^[29]。此外, 台风灾害的统计模拟方法主要模拟风灾, 对于台风降雨引起的洪涝灾害、风暴潮灾害、海洋强浪引起的灾害未予考虑, 无法衡量台风灾害所致的破坏总程度。

3 两种主要灾情评估方法的比较

台风灾害的风险评估与台风灾情损失评估国内外显现出不同的特点。台风灾害的指标评估方法是目前国内主要的灾情评估方法, 采用指标方法的统计综合评估由于研究区域一般以省、区为单元, 范围太大, 实际效用较小。而国外较为主流则是以台风路径、风场、建筑结构、损失的统计模拟为主, 在模拟的基础上进行地区风险评估, 保险损失的计算(表2)。

表2 台风灾情评估方法比较

评估主流方法	指标评估法	统计模拟法
评估内容	包括降水所致洪灾	不包括洪灾, 只评估风灾
评估对象	宏观范围的台风致灾综合损失程度或一次台风破坏严重程度	具体建筑结构的破坏程度
评估结果	一般为综合指数	预期保险损失, 应用于保费制定
优点	整体描述一次台风灾害破坏度或承灾地区的受灾严重度	针对具体地区的风灾损失的估计精度较高
缺点	评估结果为指数, 由于评估范围大, 实用性较低	由于未考虑降雨, 无法衡量台风灾害全面破坏程度

4 台风灾情评估的展望与启示

台风灾情评估在理论和减灾防灾实践中已有较多的成果。然而, 以往对其研究现状尚无相应综述。本文综合现有研究, 对台风灾情评估现状进行总结并重点评述台风灾情评估的方法。基于台风灾情评估现状, 笔者认为台风灾情评估发展应着力于以下几个方面。

(1) 统计模拟方法的台风评估与指标法综合评估结合。国内灾情评估的研究无论是模糊数学方法还是层次分析等方法基本上是以指标的综合指数衡量一个地区的风险或灾情大小, 其不足之处由于评估范围较大, 实用性有所欠缺。基于情景模拟的台风灾害损失研究国外较为广泛, 应借鉴一些国外研究成果, 如 Florida 飓风损失评估系统等, 更为广泛开展基于情景的台风灾害评估研究。将指标法与情境模拟的台风灾害评估结合起来, 才能在减灾防灾中发挥更大作用。

(2) 分行业的台风灾害评估。不同的行业对台

风灾害的承受能力存在差异, 台风灾害对不同的行业具有不同的影响特点, 其产生的灾情也具有不同的表现形式, 如考虑以农业和水产养殖业等敏感行业为突破口, 研究满足不同行业需求的台风灾害损失评估模型。

(3) 加强高新技术、特别是卫星遥感技术和 GIS 技术在台风灾害评估中的应用。近几年, 随着航空航天技术的发展, 卫星遥感技术在灾害研究中已经得到较多应用, 如, 海啸^[34]、地震^[35]、溢油^[36-37]、有害藻华^[38-40]等。卫星遥感技术有观测面积大、数据应用期长、历史数据可以回顾, 可比性、可视性等优势^[41], 利用遥感和 GIS, 可以在台风灾情评估中快速将多源数据复合, 通过网络集成多种技术成果和数据后, 进行快速准确连续动态与全天候的台风灾害的监测与评估。利用高分辨率的卫星遥感技术提供的小尺度灾情数据, 将促进台风灾情的监测和评估也会向高分辨率发展, 将有效改变目前台风灾情评估由于评估区域较大、准确度和实用性不高的缺点。

(4) 积极开展减灾决策支持系统研究。台风灾

害评估是一个复杂的过程,其数据量大,数据结构复杂,与地理空间数据和属性数据关系密切,而 GIS 又具有功能齐全的空间数据分析和与专业模型相结合的能力,将评估模型与 GIS 结合,开发决策支持系统为减灾防灾提供可视化信息,为决策者提供可视化决策参考,具有重要的实际意义,应加强台风灾害评估决策支持系统研究^[42-43]。鉴于现有成熟的系统开发成果较少,基于统计信息与统计模型的人机对话的台风灾害决策系统仍需不断深化研究。

(5)亟需深化台风灾害评估内容。自然灾害评估中,灾害的间接经济损失以及宏观经济效应是灾害评估的课题之一。然而针对台风灾种的灾害宏观经济效应评估研究较少,以台风灾害为研究对象的间接经济损失的实证研究尚缺乏。台风灾害的生态评估和减灾防灾效益评估由于影响因素的复杂性则较少开展^[44]。台风灾害评估应尽可能开展间接损失、生态以及减灾防灾效益评估的一些模型和实证研究,使评估的内容更为全面,有助于更为有效地实施台风灾害的减灾防灾及风险管理。

参考文献:

- [1] Schmidt S, Kemfert C, Hölpe P. The impact of socio-economics and climate change on tropical cyclone losses in the USA [J]. *Regional Environmental Change*, 2010, 10(1): 13–23.
- [2] Ou Jinping, Duan Zhongdong, Chang Ling. Typhoon risk analysis for key coastal cities in southeast China [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2002, 11(4): 9–18.
- [3] Xiao Fengjin, Xiao Ziniu. Characteristics of tropical cyclones in China and their impacts analysis [J]. *Nat Hazards*, 2010, 54: 827–837.
- [4] Zhang Q, Wu L, Liu Q. Tropical Cyclone Damages in China 1983–2006 [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2009, 90(4): 489–495.
- [5] 刘玉函,唐晓春,宋丽莉. 广东台风灾情评估探讨[J]. *热带地理*, 2003, 23(2): 119–122.
- [6] 钱燕珍,何彩芬,杨元琴,等. 热带气旋灾害指数的估算与应用方法[J]. *气象*, 2001, 27(1): 14–18.
- [7] 吕纯谦,陈舜华. 气象灾害经济损失估算与预测的经济计量模式[J]. *南京气象学院学报*, 1993, 16(1): 67–72.
- [8] 林继生,罗金铃. 登陆广东的热带气旋灾害评估和预测模式[J]. *自然灾害学报*, 1995, 4(1): 92–97.
- [9] 赵飞,廖永丰,张妮娜,等. 登陆中国台风灾害损失预评估模型研究[J]. *灾害学*, 2011, 26(2): 81–85.
- [10] 樊琦,梁必骥. 热带气旋灾情的预测及评估[J]. *地理学报*, 2000, 55(S1): 52–56.
- [11] 梁必骥,樊琦,杨洁,等. 热带气旋灾害的模糊数学评价[J]. *热带气象学报*, 1999(4): 305–311.
- [12] 李春梅,罗晓玲,刘锦奎,等. 层次分析法在热带气旋灾害影响评估模式中的应用[J]. *热带气象学报*, 2006, 22(3): 223–228.
- [13] 刘少军,张京红,何政伟,等. 基于 GIS 的台风灾害损失评估模型研究[J]. *灾害学*, 2010, 25(2): 64–67.
- [14] 姜伟平,陈海燕,郑峰,等. 基于主成分神经网络的台风灾害经济损失评估[J]. *地理研究*, 2009(5): 1243–1254.
- [15] 王秀荣,王维国,马清云. 台风灾害综合等级评估模型及应用[J]. *气象*, 2010, 36(1): 66–71.
- [16] 傅立. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学技术出版社, 1992: 191–199.
- [17] 刘伟东,扈海波,程丛兰,等. 灰色关联度方法在大风和暴雨灾害损失评估中的应用[J]. *气象科技*, 2007(4): 563–566.
- [18] 牛海燕,刘敏,陆敏,等. 中国沿海地区台风灾害损失评估研究[J]. *灾害学*, 2011, 26(3): 61–64.
- [19] 陈仕鸿,隋广军,唐丹玲. 一种台风灾害评估模型及应用[J]. *灾害学*, 2012, 27(2): 87–91.
- [20] Hamid S, Golam Kibria B M, Gulati S, et al. Predicting losses of residential structures in the state of Florida by the public hurricane loss evaluation model [J]. *Statistical Methodology*, 2010, 7(5): 552–573.
- [21] Yoshida M. Evaluation of fatigue damage to a damper induced by a typhoon [J]. *J Wind Eng Ind Aerod*, 1998, 74: 955–965.
- [22] 魏章进,唐丹玲,隋广军. 热带气旋登陆概率的 Logistic 模拟[J]. *数理统计与管理*, 2012, 31(3): 523–535.
- [23] Choi K S, Kim D W, Byun H R. Statistical model for seasonal prediction of tropical cyclone frequency in the mid-latitudes of East Asia [J]. *Theor Appl Climatol*, 2010, 102(1): 105–114.
- [24] 魏章进,唐丹玲. 西北太平洋热带气旋源地、强度及其关联性的统计研究[J]. *数理统计与管理*, 2011, 30(3): 512–521.
- [25] Powell, M Soukup, G Cocke, et al. State of Florida hurricane loss projection model: Atmospheric science component [J]. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics* 2005, 93(8): 651–674.
- [26] Twisdale V A. Simulation of hurricane risk in the U. S. Using empirical track model [J]. *Journal of structural engineering*, 2000, 10: 1223–1237.
- [27] Huang Z, Rosowsky D V, Sparks P R. Long-term hurricane risk assessment and expected damage to residential structures [J]. *Reliability Engineering and System Safety*, 2001, 74: 239–249.
- [28] Dorland C, Tol R S J, Olsthoorn A A, et al. Impacts of windstorms in the Netherlands: Present risk and prospects for climate change [C]//Chapter 10 in Downing, Climate, Change and Risk. Routledge, London, New York, 1999: 245–278.
- [29] Munich Re. Winter storms in Europe, analysis of 1990 losses and future loss potential [M]. *Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft*, 1993.
- [30] Swiss Re. Storms over Europe, losses and scenarios [M]. Zurich: Swiss Reinsurance Company, 1993: 28.
- [31] Klawa M, Ulbrich U. A model for the estimation of storm losses and the identification of severe winter storms in Germany [J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2003, 3: 725–732.
- [32] Unanwa C O, McDonald J R, Mehta K C, et al. The development of wind damage bands for buildings [J]. *J Wind Eng Ind Aerod*, 2000, 84(1): 119–149.
- [33] Mitsuta Y, Fujii T, Nagashima I. A Predicting Method of Typhoon Wind Damages [C]//Probabilistic Mechanics and Structural Reliability: Proceedings of the 7th Specialty Conference 1996: 970–973.
- [34] Pan Gang, Tang Danling. Satellite monitoring of phytoplankton in the East Mediterranean Sea after the 2006 Lebanon oil spill [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2012, 33(23): 7482–7490.
- [35] Pan Gang, Tang Danling. Damage Information Derived from Multi-sensor Data of the Wenchuan (China) Earthquake of May 2008 [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2010, 31: 3509–3519.
- [36] Pan Gang, Tang Danling. Satellite investigations of the May 12 Sichuan Earthquake in the southwest China [J]. *Eos*, 2009, 90: 16–21.
- [37] Tang Danling, Kawamura H, Hai Doan-Nhu, et al. Remote sensing oceanography of a harmful algal bloom (HAB) off the coast of southeastern Vietnam [J]. *J. of Geophysical Research (Ocean)*, 2004, 109: 1–7.
- [38] Tang Danling, BP Di, G Wei, et al. Spatial, seasonal and species variations of harmful algal blooms in the South Yellow Sea and East China Sea [M]. *Hydrobiologia*, 2006.
- [39] Tang Danling, Zhao H, Satyanarayana B, et al. Enhancement of Chlorophyll-a in the Northeastern Indian Ocean after the 2004 South Asian Tsunami [J]. *Int. J. Remote Sensing*, 2009, 30(17): 4553–4565.
- [40] Chen Yongqiang, Tang Danling. Eddy-feature phytoplankton bloom induced by tropical cyclone in the South China Sea [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2012, 33(23): 7444–7457.
- [41] Zhao H, Tang Danling, Wang DX. Phytoplankton blooms near

- the Pearl River Estuary induced by Typhoon Nuri [J]. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 2009, 114: 231–239.
- [42] Chen Wangkun, Sui Guangjun, Tang Danling. Predicting the Economic Loss of Typhoon by case Base Reasoning and Fuzzy Theory [C]//Proceeding of the 2011 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Guilin, 2011: 254–257.
- [43] 隋广军, 唐丹玲, 陈和. 台风灾害的经济影响和防灾系统建设[J]. *国际经贸探索*, 2010, 26 (2): 32–36.
- [44] 钟兆站. 中国海岸带自然灾害与环境评估[J]. *地理科学进展*, 1997 (3): 44–50.

An Overview of Assessment and Approaches on Typhoon Disaster

Wei Zhangjin¹, Sui Guangjun² and Tang Danling³

(1. *Information College, Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou 510420, China*; 2. *Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou 510632, China*; 3. *Remote Sensing Center of Ocean Ecological Environment, State Key Laboratory of Tropical Oceanography, South China Sea Institute of Oceanology Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China*)

Abstract: Typhoon is one of the disaster weather systems, and its disaster assessment is the decision foundation of disaster reduction and prevention. Statistical index synthesis and statistical simulation are basic assessment methods of typhoon disaster home and abroad. Six statistical index synthesis methods are concluded and basic steps of statistical simulation assessment method are summarized, based on which features of assessment approaches on typhoon disaster are compared. From aspects as assessment model, index choosing and assessment results, etc. problems existed in the two methods are commented. At last, 5 aspects of the assessment development are prospected and suggestions are given; statistical simulation, which is less used in China, should be applied with the index assessment method; to establish disaster assessment models for different industries especially special ones according to their specific characteristics; to strengthen application of high and new technology, particularly satellite remote sensing technology in typhoon disaster assessment; to enhance study on assessment decision supporting system.

Key words: typhoon disaster; disaster assessment; research progress; approach overview

(上接第 102 页)

Research on Intensity Attenuation Relations of Different Regions in Shaanxi Province

Wang Xiaojun¹, Wen Yi², Lu Quan³, Shao Huicheng¹ and Nie Dawei¹

(1. *Earthquake Administration of Shaanxi Province, Xi'an 710068, China*; 2. *School of Aerospace, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China*; 3. *Seismological Office of Huxian County, Huxian 710300, China*)

Abstract: Based on reasonable zoning and data of earthquakes with magnitude equal to or greater than 5 since 1900s in Shaanxi province and its neighboring regions, using ellipse intensity attenuation model and multiple stable linear regression method, intensity attenuation relations among southern Shaanxi, Guanzhong region and northern Shaanxi are obtained by divisional statistics and calculation and the results are analyzed and discussed.

Key words: intensity; attenuation relation; Shaanxi province; zoning

(上接第 106 页)

Field Survey on Policy-oriented Crop Insurance from Farmers' Perspective ——Taking 566 Households' Questionnaires in Hunan Province for Example

Zhou Meiqin^{1,2}, Ning Song³, Nie Wendong⁴, Zhao Zhiguo³ and Shi Peijun^{1,2,5}

(1. *State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*; 2. *Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China*; 3. *PICC Hunan Branch, PICC Property and Casualty Company Ltd., Changsha 410008, China*; 4. *PICC Property and Casualty Company Ltd., Beijing 100022, China*; 5. *Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*)

Abstract: Based on the 566 households' questionnaires, policy-oriented crop insurance is investigated in Hunan province in order to provide valuable references for the implementation of agricultural insurance. Survey results show that protection level of rice and cotton insurance is low, which is less than the basic production cost, the main reasons that farmers do not purchase agricultural insurance are incomprehension about this policy and suspicion about indemnity and the average premium rate that farmers are willing to pay is 2.6% ~ 3.0%. Some suggestions are put forward: strengthen rural infrastructure construction and the ability of resisting agricultural risk; design reasonable and variable insurance products combining with farmers' needs and willingness to pay; raise farmers' revenue and improve insurance knowledge education; strengthen publicity about agricultural insurance and guarantee good government credibility.

Key words: policy-oriented crop insurance; rural household; field survey; Hunan