

自然灾害风险评估国际计划述评 I —— 指标体系^{*}

黄 蕙, 温家洪, 司瑞洁, 尹占娥

(上海师范大学 旅游学院自然地理系, 上海 200234)

摘 要: 自然灾害风险评估是综合灾害风险管理的关键途径。概述了近年来3个重要的自然灾害风险评估国际计划: 灾害风险指标计划(*DRI*)、多发区指标计划(*Hotspots*)和美洲计划(*American Programme*)的目标与成果。重点介绍了3个国际计划选取的指标: *DRI* 首次开发了2个脆弱性全球指标; *Hotspots* 发展了3个灾害风险指数; 美洲计划开发了4个独立的指标体系, 用于描述国家级的灾害风险构成要素, 同时, 提出城市级的风险评估指标。通过比较3个国际计划选择的指标体系的优缺点, 提出选择能全面反映脆弱性和风险特征、计算简便的指标是今后灾害风险评估的关键和重点。

关键词: 灾害风险指标计划; 多发区指标计划; 美洲计划; 指标体系; 灾害风险

中图分类号: X43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)02-0112-05

随着全球自然灾害发生频率和强度的不断增加和增强, 造成的人员伤亡和财产甚至生态、社会的损失日益上升, 因此, 世界范围内, 无论是发达国家或是发展中国家对自然灾害风险评估的研究日趋关注。风险评估包括对风险物质的、社会的、经济的和环境的原因和结果进行具体的定性和定量分析, 这是实施减灾措施的第一步^[1]。本世纪以来国际上已完成的自然灾害风险评估指标计划主要有3个: 灾害风险指标计划(*DRI*)、多发区指标计划(*Hotspots*)和美洲计划(*American Programme*)。由于脆弱性及风险指标的确定对灾害风险评估具有极其重要的意义, 选取哪些指标会直接影响到脆弱性分析和风险评估的准确性, 因此, 本文综述这三个国际计划选取的指标体系, 旨在归纳总结这方面的内容与进展, 为我国的灾害风险评估研究提供一些借鉴。

1 三个国际计划的研究目的与成果

DRI 最初是2000年由专家组在一次会议上提出设想, 由联合国开发计划署(UNDP)与联合国环境规划署(UNEP)-全球资源信息数据库(UNEP-GRID)共同实施。*DRI* 的目标之一是希望阐明影响

灾害风险和脆弱性的发展方式; 另一个目标是提供定量的证据来支持管理和减小灾害风险的发展政策和计划^[2,3]。*Hotspots* 始于2001年9月, 至2004年3月结束, 由美国哥伦比亚大学、Provention 国际联盟完成。基于主要灾害的人口暴露、GDP及历史损失率, *Hotspots* 确定了灾害死亡率风险和经济损失的高、中、低风险区域^[3,4]。由国立哥伦比亚大学、拉丁美洲和加勒比海地区经济委员会(ECLAC)以及中美洲发展银行(IADB)合作的美洲计划, 始于2002年8月, 其主要目标是辅助国家决策者评估灾害风险和风险管理成效^[3,5]。

3个国际计划首次提出了全球和地区综合性的灾害风险评估。同时, 这些计划给出了第一个在全球和地区尺度上单一灾种的结构性的损失分析。*DRI* 和 *Hotspots* 计划建立在省市级和国家级的数据上, 提供了一个全球灾害风险区划图。这3个指标计划共同提出了一个灾害死亡的一般理论——灾害的死亡风险由3个因素造成: 灾害暴露、灾害发生的频度和强度以及暴露要素的脆弱性。不仅如此, *DRI* 与 *Hotspots* 都应用了演绎方法, 从历史数据中建立指标。美洲计划使用的是归纳法, 输入一系列变量建立了灾害风险模型^[3]。

^{*} 收稿日期: 2007-09-20

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40730526); 国家自然科学基金项目(40571006); 上海师范大学科研启动基金项目(PL607)

作者简介: 黄蕙(1984-), 女, 江苏淮安人, 硕士生, 主要从事城市生态与灾害研究. E-mail: aska711@sina.com

通讯作者: 温家洪(1966-), 男, 江西兴国人, 教授, 主要从事全球环境变化、可持续减灾研究.

E-mail: jhwen@shnu.edu.cn

2 各计划选取的指标

2.1 灾害风险指标计划 (DRI)

DRI 以全球视角提供了第一个以国家为单位的人类脆弱性指标。它开发了两个脆弱性全球指标^[3]: 相对脆弱性和社会 - 经济脆弱性指标。相对脆弱性是经过标准化的死亡率数值, 换句话说, 它测量因灾死亡的风险。虽然灾害死亡率只是整个灾害损失的一个方面, 而且不总是最重要的指标, 但选择它作为相对脆弱性指标的主要原因是可获取比较全面、准确的全球死亡率数据^[2]。

DRI 使测量和比较各国之间灾害的物质暴露、脆弱性和风险的相对水平成为可能, 它也使脆弱性指标的确定成为可能^[2]。

2.1.1 相对脆弱性

计算公式: 特定灾种的死亡人数/百万暴露人口
相对死亡率越高, 相对脆弱性越高^[3]。

2.1.2 社会 - 经济脆弱性指标

专家共选取了 24 个社会 - 脆弱性变量 (表 1), 然后通过一个复合对数回归模型对一系列社会、经济和环境指标进行统计分析, 用于检验通过公式计算出的每个灾种的相对脆弱性数值和数据库中记录的实际数值的差异^[2]。

表 1 脆弱性指标^[2]

脆弱性类型	指标	干旱	洪水、地震、气旋	数据源
经济	在相同购买力条件下的人均 GDP	*	*	世界银行
	人口贫困指标	*		联合国开发计划署
	总债息 (商品、服务出口比例)		*	世界银行
	通货膨胀, 食品价格 (每年的比例)		*	世界银行
	失业率 (占总劳动力的比例)		*	国际劳工组织
经济活动类型	耕地面积/1 000 hm ²		*	联合国粮农组织
	可耕地及永久作物的比例		*	联合国粮农组织
	城市人口比例		*	联合国人口分会
	农业为 GDP 贡献的比例	*		世界银行
	农业部门的劳动力比例	*		联合国粮农组织
环境的依赖性与质量	森林与林地 (占土地的比例)		*	联合国粮农组织
	人类引起的土地退化 (GLASOD)	*	*	联合国粮农组织/联合国环境规划署
人口统计	人口增长		*	联合国经济和社会事务部
	城市增长		*	全球资源信息数据库 (由联合国经济和社会事务部提供的 数据计算)
	人口密度		*	全球资源信息数据库 (由基于国际地球科学信息网络中心的人口数据的联合国 环境规划署的数据计算)
	年龄抚养比率		*	世界银行
	获得高质量水供应的人口比例 (总人数、城市、农村)	* * *		世界卫生组织/联合国儿童基金
健康和卫生	每 1 000 名居民拥有的医生数量		*	世界银行
	医院病床位数量		*	世界银行
	男性、女性居民的预期寿命		*	联合国经济和社会事务部
	5 岁以下儿童死亡率	*		联合国经济和社会事务部
预警能力	收音机拥有量/1 000 名居民		*	世界银行
教育	文盲率		*	世界银行
发展	人类发展指数 ^①	*	*	联合国开发计划署

* 表示各灾种可以选取的指标。

①人类发展指数 (*HDI*): 由 UNDP 开发, 用来计算一个国家的人民在三方面的发展情况: 寿命、文化程度和生活幸福状况。尽管 *HDI* 是一个十分有用的工具, 但它仍不能完全计算一个国家的发展水平。想要得到国家的人类发展水平的全貌, 需要分析其它人类发展指标和信息^[2]。

2.2 多发区指标计划(Hotspots)

Hotspots 计划开发了 3 个灾害风险指数,并绘制了单一灾种省级的全球灾害风险区划图。这 3 个风险指标分别是:死亡风险、总的经济损失风险和经济损失/GDP 的风险。

在 *Hotspots* 计划中,风险的计算公式是:风险 = 灾害等级 × 暴露要素 × 脆弱性指数。这里的死亡、经济损失数据都由 EM-DAT 数据库得到。脆弱性数据即 7 个地区及 4 个财富等级组合成的 28 个地区/财富损失率^[3,6]。

2.3 美洲计划(American Programme)

该计划把焦点从全球层面转到国家层面,开发了 4 个指数,即:灾害赤字指数(DDI)、地方灾害指数(LDI)、普适脆弱性指数(PVI)和风险管理指数(RMI)。这些指数描述了国家级的灾害风险的构成要素及在美洲 12 个国家的应用^[3]。

2.3.1 灾害赤字指数(DDI)

DDI 用来测量一个国家面对灾害损失的财政暴露和可获得的用来恢复的财政资源^[3]。

$DDI = MCE$ (Maximum Considered Event) 的损失/经济恢复力,美洲计划计算了国家响应 50 年、100 年、500 年一遇的灾害的经济能力。 MCE 是可能发生的最大灾害,它有一个计算模型^[7]: $L_R = EV(I_R F_S)K$ 。 E 是所有暴露财产的经济数值; $V()$ 是脆弱性函数,与灾害事件的强度有关; I_R 是与相应的灾害重现期有关的灾害事件强度; F_S 是对当地影响起作用的因素; K 是校正脆弱性函数不确定性的因子。

经济恢复力是指政府可能获得的国内和国外的资金。包括保险和再保险的款项、灾害储备基金、援救捐助、新的税收、重新分配的预算、国

外信贷和国内信贷这几方面的资金^[7]。

当 $DDI > 1.0$ 时,就说明这个国家没有经济能力响应相应等级的灾害。 DDI 越大,经济恢复力与灾害损失的差距越大^[5]。

另外,还开发了一个附属指数 DDI' ,目的是表示一个国家响应每年预计损失或是纯风险保险费用用于基础建设的比例。这里的纯风险保险费相当于国家用于弥补未来主要灾害的损失的平均投资或储蓄。 $DDI' = \text{每年的预计损失/基础建设费用}$ ^[7]。

2.3.2 地方灾害指数(LDI)

表示在一个国家发生对地区造成重大影响的灾害事件的可能性和它们的累积影响。该指数能显示空间变量和次国家级的灾害分布。

当地灾害量级和地理分布由 3 个次级指标构成:经过标准化的死亡人数、受影响人数(无家可归的人数)、物质损失(建筑物和作物),应用于次国家或市级。

LDI 越高,说明面对不同灾害时,国家或自治区间的灾害影响等级和地理分布的规律性越高。

LDI' 计算所有国家地区一级的灾害总损失(直接物质损失)的集中度。这个指数表达了一个国家内部风险的不一致性^[5]。

2.3.3 普适脆弱性指数(PVI)

表示国家级的人类脆弱性的普遍状况,是一个国家内部脆弱性的复合指数。 PVI 计算内部的、固有的脆弱性,因此不需要特定灾种或影响范围,也不需要考虑任何灾害响应能力。它由 3 个次级指标的平均值得出:暴露和敏感度(ES)、社会-经济脆弱度(SF)、恢复力缺乏(LR)。即: $PVI = (PVI_{\text{exposure}} + PVI_{\text{Fragility}} + PVI_{\text{Lack of resilience}})/3$ 。这 3 个次级指标又分别由 8 个定量指标构成(表 2)。

表 2 PVI 的 3 个次级指标^[5]

ES	SF	LR
1. 年均人口增长率%	1. 人口贫困指数, $HPI-1$	1. 人类发展指数, HDI [Inv] ^①
2. 年均城市增长率/%	2. 依赖人口/劳动适龄人口	2. 与性别有关的发展指数, GDI [Inv]
3. 人口密度, 人/5 km ²	3. 社会地位悬殊, 财富集中由 Gini 指数计算	3. 在养老金、健康医疗、和教育的社会支出, 占 GDP 的比例% [Inv]
4. 贫穷人口, 收入 <1 美元/d	4. 失业率, 占总劳动人口的百分比	4. 政府管理指数(<i>Kaufmann</i>) [Inv]
5. 资金储备, 100 万美元/1 000 km ²	5. 通货膨胀, 食品价格变化的年率, %	5. 基础设施和房屋的保险, 占 GDP 的比例% [Inv]
6. 商品和服务的进出口, 占 GDP 的比例	6. 对农业 GDP 增长的依赖性, 年率%	6. 每 1 000 人拥有电视机数 [Inv]
7. 国内固定投资总值, 占 GDP 的比例	7. 债息, 占 GDP 的比例%	7. 每 1 000 人拥有病床数 [Inv]
8. 可耕地及永久作物, 占土地面积的比例	8. 人为土地退化 (GLASOD)	8. 环境可持续指数, ESI [Inv]

符号 [Inv] 表示如果计算出的值为负数, 那么需转化为 1 减去这个数的相反数, 由计算式表示为: $-R = 1 - R$ ^[5]。

2.3.4 风险管理指数(RMI)

RMI 的目的是计算风险管理的成效。它也是一个复合指数。这些指数反映了为应对危机和灾后有效地恢复,减小脆弱性和损失,各政府机构、组织的发展、能力水平和制度的状况。它的计算包括灾害风险管理的 4 个次级指标:风险辨识

(RI)、减小风险(RR)、灾害管理(DM)和政府及财政保护(FP)。每个方面都有 6 个定性的指标,然后由各国的专家给出相应的数值。各指标经过加权求和,获得最终的指标数值。即: $RMI = (RMI_{RI} + RMI_{RR} + RMI_{DM} + RMI_{FP})/4$ 。各个次级指标的 6 个定性指标见表 3。

表 3 RMI 的 4 个次级指标^[5]

RI	RR	DM	FP
1. 系统的灾害和损失清单	1. 考虑土地利用和城市规划的风险	1. 应急运做的组织和协作	1. 多机构、多部门和分散的组织
2. 灾害监测和预报	2. 水文流域的干预和环境保护	2. 应急响应计划和预警系统	2. 使机构变强的储备金
3. 灾害评价和制图	3. 灾害事件控制和保护技术的方法	3. 设备、工具和基础设施的捐赠	3. 预算分配和流通
4. 脆弱性和灾害评估	4. 住房改善和人类迁出灾害易发区	4. 内部机构响应的模拟、现代化和测试	4. 社会安全网络和资金响应的补充
5. 公共信息和社区参与度	5. 安全标准及建筑法规的与时俱进和执行	5. 社区准备和演习	5. 保险总额和公共财产的损失转移措施
6. 灾害管理的训练和教育	6. 公共和私人财产的加固及翻新改建	6. 修复和重建计划	6. 房屋和私人部门基础设施及再保险的总额

2.3.5 城市级的指标选取

城市级应用的指标与国家级和省级类似,但在这一级别上,美洲计划又评估了物质风险(硬)指标和影响因素,影响因素基于与社会脆弱性和恢复力缺乏有关的(软)变量,以获得每个分析单元的总的风险指标(图 1)。因为应用到城市级,所以这些指标需要更高的分辨率。物质风险 R_F 、影响因素 F 和总风险 R_T 取值均为 0~1。美洲计划中城市级的评估应用以哥伦比亚首都波哥大地震风险评估为范式^[5]。

3 比较与讨论

3 个国际计划选择的指标体系各有优点及缺点,这里把它们做了归纳总结(表 4)。

总之,3 个计划的指标各有利弊,因此,选择不仅能全面反映脆弱性和风险特征,而且计算简便的指标是今后灾害风险评估工作的关键和重点。

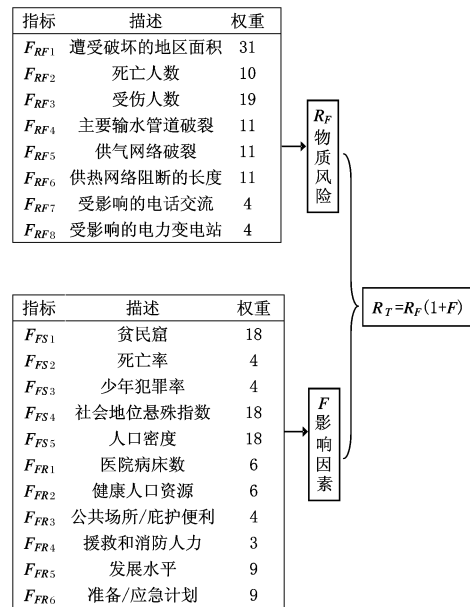


图 1 城市级的物质风险、社会脆弱性和恢复力缺乏的指标及其权重^[5]

表 4 3 个国际计划指标的优缺点对比表

	DRI	Hotspots	美洲计划
优点	数据获取方便; 计算简易	数据获取方便; 计算简易	考虑到 4 个方面, 能全面地反映综合风险
不足	只能反映人口损失的风险, 不能反映其它自然、社会和经济方面的风险; 只能反映大、中尺度的灾害, 不能反映小范围和每天发生的灾害的风险; 只能反映全球灾害数据库中有记录的主要灾害; 不包括管理和减少灾害风险的指标	仅表示死亡率和经济损失的风险, 而不能全面地反映综合风险: 比如风险管理、政府财政保障等等	计算方法复杂烦琐; 另一方面, 选取这些指标的标准不确定; 层次分析法由专家打分, 有一定的主观性

4 结语

DRI 首次开发了 2 个脆弱性全球指标; *Hotspots* 发展了 3 个灾害风险指数; 美洲计划开发了 4 个独立的指标体系, 并成功地运用到美洲 12 个国家, 做了实证研究。*DRI* 和 *Hotspots* 的指标比较类似, 操作相对简易; 美洲计划的指标体系较复杂但比较全面。它们都开创了全球自然灾害风险评估定量化和定性化的先河, 为今后从事这项研究工作的学者提供了宝贵的资料和参考。

参考文献:

[1] Abchir M, Barrantes M, Basabe P, et al. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Living with risk [M]. Geneva: ISDR, 2003: 1-412.

- [2] Pelling M, Maskrey A, Ruiz P, et al. United Nations Development Programme. A global report reducing disaster risk: A challenge for development [R]. New York: UNDP, 2004: 1-146.
- [3] Pelling M. Visions of Risk: A Review of International Indicators of Disaster Risk and its Management [R]. ISDR/UNDP: King's College, University of London, 2004: 1-56.
- [4] Dille M, Chen R S, Deichmann U, et al. Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis [R]. Washington DC: Hazard Management Unit, World Bank, 2005: 1-132.
- [5] Cardona O D, Hurtado J E, Chardon A C, et al. Indicators of disaster risk and risk management Summary report for WCDR [R]. Program for Latin America and the Caribbean IADB - UNC/IDEA, 2005: 1-47.
- [6] Dille M, Chen R S, Deichmann U, et al. Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis Synthesis Report [R]. Washington D C: Hazard Management Unit, World Bank, 2005: 1-29.
- [7] Cardona O D, Hurtado J E, Chardon A C, et al. Indicators of disaster risk and risk management Main technical report [R]. Program for Latin America and the Caribbean IADB - UNC/IDEA, World Bank, 2005: 1-216.

International Natural Disaster Risk Assessment Program: Overview I ——Indicator Systems

Huang Hui, Wen Jiahong, Si Ruijie and Yin Zhan'e

(Department. of Physical Geography, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

Abstract: Natural disaster risk assessment is a key method for integrated disaster risk management. This paper summarizes the research object and achievements of three important international programs of natural disaster risk assessment: DRI, Hotspots and American Program that were developed and carried out in recent years. The indicators chosen by the three international programs are as follows. DRI provided the first two global indicators of vulnerability. Hotspots developed three indices of disaster risk. American Program developed four independent index systems to describe elements of disaster risk at national level, meanwhile it created risk assessment indicators at city level. We suggest that the future disaster risk assessment should be focused on indicators that can reflect vulnerability and complete risk pattern, and they are easy to be calculated through comparing the advantages and weaknesses between the three international programs' index systems.

Key words: DRI; Hotspots; American Program; risk indicator; disaster risk