

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/285690772>

Concepts and assessment methods of vulnerability

Article · January 2008

CITATIONS

40

READS

232

3 authors, including:



[Cheng Yeqing](#)

Hainan Normal University

18 PUBLICATIONS 203 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Vulnerability of Agrucultural Territorial System in Tropical Island: a Case Study of Hainan [View project](#)

脆弱性的概念及其评价方法

李 鹤^{1,2}, 张平宇¹, 程叶青¹

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要:脆弱性研究是全球变化及可持续性科学领域关注的热点问题和重要的分析工具, 随着脆弱性研究受到越来越多的关注, 对脆弱性的概念和评价方法的研究日益深入。对国内外相关研究中出现的脆弱性概念进行了归纳总结, 并深入讨论了不同学者就脆弱性概念初步达成的共识及存在的分歧, 在此基础上明确了脆弱性概念的内涵。依据脆弱性评价的思路, 将国内外脆弱性研究中出现脆弱性评价方法分为五大类, 分析了各种评价方法的优缺点, 指出了脆弱性评价中应遵循的基本原则。最后, 结合脆弱性研究的发展趋势, 指出面向多重扰动的脆弱性评价、耦合系统的脆弱性评价、复杂系统的不确定问题、脆弱性评价的尺度问题等是目前脆弱性评价研究中亟待开展的研究内容。

关 键 词:脆弱性; 人地系统; 可持续发展; 评价方法

1 引言

20世纪90年代以来, 关于脆弱性的研究大量涌现, 据 Janssen M.A.等学者对环境变化人文因素领域 1967~2005 年间出版的 2286 份出版物进行调查, 发现其中有 939 份出版物与脆弱性有关, 并在 20 世纪 90 年代以来呈快速增长的趋势^[1]。学术界对脆弱性研究的关注程度越来越高, 2001 年 4 月《科学》杂志发表的“可持续性科学”(Sustainability Science)一文把“特殊地区的自然-社会系统的脆弱性或恢复力”研究列为可持续性科学的 7 个核心问题之一^[2]。在全球变化的背景下, 近年来, 脆弱性研究已作为一项重要研究内容被许多国际性科学计划和机构(IHDP、IPCC、IGBP 等)提上研究日程^[3-5], 成为全球环境变化及可持续性科学领域关注的热点问题和重要的分析工具^[2,6], 并且许多学者已把脆弱性研究作为一门新兴的科学^[7-9], Downing T.E. 在 2000 年 IHDP 第三份通讯报告中已明确提出“脆弱性科学”这一新的研究方向, 并初步总结了脆弱性科学的基本特点及研究任务。脆弱性研究逐渐把人们的注意力转向关注: (1) 哪些人、事物、地区面对正在进行的人文与环境条件的变化较脆弱? (2) 这些变化及其结果在不同的人与环境条件下是怎样被减弱或增强的? (3) 通过什么措施可以减少对

这些变化的脆弱性? (4) 怎样建立更具恢复力和适应性的团体和社会?^[10] 脆弱性术语已经成为分析人地相互作用程度、机理与过程、区域可持续发展的一个非常基础性的科学知识体系^[9]。

目前, 脆弱性的概念及评价方法是当前脆弱性科学的一个重要研究内容, 同时也是脆弱性研究面临的一个挑战, 脆弱性科学的发展很大程度上取决于能否建立一个通用的脆弱性概念框架及切实可行的脆弱性评价方法。由于脆弱性科学目前正处于起步研究阶段, 不同研究领域对“脆弱性”这一概念的理解尚存在差异, 加之脆弱系统的复杂性, 使脆弱性评价研究面临很多困难, 脆弱性评价研究尚未成熟^[11], 这极大的限制了脆弱性研究在决策制定中应用^[12], 同时也阻碍了脆弱性科学的发展。本文在阅读大量国内外文献的基础上, 对脆弱性的概念及其构成要素进行了深入探讨, 归纳和分析了目前国内外脆弱性评价研究中运用的主要方法, 并指出了脆弱性评价中应遵循的基本原则及亟待开展的研究内容。

2 脆弱性的概念

2.1 脆弱性概念的分类

脆弱性这一概念起源于对自然灾害的研究^[1],

收稿日期: 2007-12; 修订日期: 2008-01.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40635030)、国家重点基础研究发展计划项目专题(2004CB418507-2)共同资助。

作者简介: 李鹤(1980-), 男, 内蒙古通辽人, 博士研究生, 主要从事资源环境与区域发展研究。E-mail: zhangy@neigae.ac.cn

在地学领域, Timmerman P.(1981) 首先提出了脆弱性的概念^[13], 目前脆弱性这一概念已被应用到很多研究领域, 例如: 灾害管理、生态学、公共健康、气候变化、土地利用、可持续性科学、经济学、工程学等。由于不同应用领域间研究对象和学科视角的不同, 不同应用领域对“脆弱性”这一概念的界定角度和方式有很大差异, 并且同一概念被不同研究领域学者所运用时内涵有所不同。自然灾害、气候变化等自然科学领域^[14,15]认为脆弱性是系统由于灾害等不利影响而遭受损害的程度或可能性, 侧重研究单一扰动所产生的多重影响; 贫穷、可持续生计等社会科学领域^[16,17]认为脆弱性是系统承受不利影响的能力, 注重对脆弱性产生的原因进行分析。归纳众多学者对脆弱性这一概念的界定, 可将脆弱性的概念划分为以下四类(表 1)。

2.2 脆弱性概念的辨析

从上面列举的几类脆弱性概念可以看出, 有些脆弱性概念(第一、二类)的界定角度侧重于“结果”, 而有些脆弱性概念(第三、四类)的界定则突出脆弱性的表现及其产生原因。鉴于不同研究领域对

脆弱性概念的不同理解, 很多学者开始呼吁要建立一种通用的脆弱性概念框架以方便不同领域学者之间的交流^[28]。近年来, 学术界对“脆弱性”的概念及其构成展开了深入探讨^[21,26-29], 试图推动这一概念在不同研究领域间的交流和沟通。因此, 近年来出现的脆弱性概念(第四类)包含的要素越来越多, 从多维角度反映了脆弱性这一概念的内涵, “脆弱性”这一概念已经从日常生活中的一般含义逐渐演变成一个庞大的、独立的概念体系, 很难再将其局限于某一研究领域, 不同研究领域关于“脆弱性”这一概念初步达成了一些共识。

(1) 脆弱性客体具有多层次性。目前, 脆弱性的概念已经被应用到家庭、社区、地区、国家等不同层次, 研究对象涉及人群、动植物群落、特定区域(岛国、城市)、市场、产业等多种有形或无形的客体, “脆弱性”已经成为当今世界无法回避的一个重要问题, 脆弱性客体具有多层次性。

(2) 施加在脆弱性研究客体上的扰动具有多尺度性。系统通常暴露于多重扰动, 这些扰动既有来自于系统内部的, 也有来自于系统外部的, 并且不同尺度的扰动之间还存在复杂的相互作用。

表 1 脆弱性的概念
Tab.1 Definitions of vulnerability

种类	典型界定	侧重点
脆弱性是暴露于不利影响或遭受损害的可能性	(1) 脆弱性是指个体或群体暴露于灾害及其不利影响的可能性 ^[15] ; (2) 脆弱性是指由于强烈的外部扰动事件和暴露组分的易损性, 导致生命、财产及环境发生损害的可能性 ^[18]	与自然灾害研究中“风险”的概念相似, 着重于对灾害产生的潜在影响进行分析
脆弱性是遭受不利影响损害或威胁的程度	(1) 脆弱性是系统或系统的一部分在灾害事件发生时所产生的不利响应的程度 ^[13] ; (2) 脆弱性是指系统、子系统、系统组分由于暴露于灾害(扰动或压力)而可能遭受损害的程度 ^[10]	常见于自然灾害和气候变化研究中, 强调系统面对不利扰动(灾害事件)的结果
脆弱性是承受不利影响的能力	(1) 脆弱性是社会个体或社会群体应对灾害事件的能力, 这种能力基于他们在自然环境和社会环境中所处的形势 ^[19] ; (2) 脆弱性是指社会个体或社会群体预测、处理、抵抗不利影响(气候变化), 并从不利影响中恢复的能力 ^[20]	突出了社会、经济、制度、权力等人文因素对脆弱性的影响作用, 侧重对脆弱性产生的人文驱动因素进行分析
脆弱性是一个概念的集合	(1) 脆弱性应包含三层含义: ①它表明系统、群体或个体存在内在的不稳定性, ②该系统、群体或个体对外界的干扰和变化(自然的或人为的)比较敏感, ③在外来干扰和外部环境变化的胁迫下, 该系统、群体或个体易遭受某种程度的损失或损害, 并且难以复原 ^[21] ; (2) 脆弱性是指暴露单元由于暴露于扰动和压力而容易受到损害的程度以及暴露单元处理、应付、适应这些扰动和压力的能力 ^[22] ; (3) 脆弱性是系统由于暴露于环境和社会变化带来的压力及扰动, 并且缺乏适应能力而导致的容易受到损害的一种状态 ^[29]	包含了“风险”、“敏感性”、“适应性”、“恢复力”等一系列相关概念, 既考虑了系统内部条件对系统脆弱性的影响, 也包含系统与外界环境的相互作用特征

(3) 脆弱性概念的界定中出现了一些共同的术语。敏感性、应对能力、恢复力、适应能力等概念已成为脆弱性概念的重要构成要素,其中敏感性是指单位扰动施加在系统上所导致系统产生的变化,应对能力是指系统在扰动所产生的不利影响中复原或适应不利影响的能力,一定程度上包含了恢复力和适应能力的概念。

(4) 脆弱性总是针对特定的扰动而言。系统并不是针对任何一种扰动都是脆弱的,面对不同的扰动会表现出不同的脆弱性,因此,脆弱性总是与施加在系统上的特定扰动密切相关。

目前,虽然不同研究领域对脆弱性这一概念的认识日趋统一,但关于脆弱性的本质以及构成要素的问题尚存在分歧。一些学者^[4,10,23,30,31]认为脆弱性是系统与其所在环境相互作用的一种属性,也有些学者^[9,24,32]认为脆弱性是耦合系统(社会-生态系统、人-环境耦合系统、人地系统)的一个重要属性,这种对“脆弱性”本质认识上的差异直接导致不同学者对脆弱性构成要素的认识上存在分歧,争论的焦点在于“系统对扰动的暴露是否是构成脆弱性的要素之一?”。Mitchell J. et al (1989) 和 Bohle H.G. (2001) 认为脆弱性包含内部、外部两个方面^[30,33],内部方面是指系统对外部扰动或冲击的应对能力,外部方面是指系统对外部扰动或冲击的暴露,还有一些学者^[4,10,23,31]认为系统对外界干扰的暴露、系统的敏感性、系统的适应能力是脆弱性的关键构成要素;但 Gallopín G.C. (2003) 认为暴露并不是脆弱性的构成要素^[32],脆弱性是由系统面对外界扰动的敏感性和反应能力构成,是系统的属性,这种属性在系统受到扰动和压力时就会显现出来,并认为系统状态的改变是系统的脆弱性、系统面临的扰动的属性以及系统对扰动的暴露三者构成的函数。

2.3 脆弱性概念的界定

综合以上不同学者对脆弱性概念的理解,本文认为脆弱性是指由于系统(子系统、系统组分)对系统内外扰动的敏感性以及缺乏应对能力从而使系统的结构和功能容易发生改变的一种属性。它是源于系统内部的、与生俱来的一种属性,只是当系统遭受扰动时这种属性才表现出来。系统的内部特征是系统脆弱性产生的主要、直接原因,而扰动与系统之间的相互作用使其脆弱性放大或缩小,是系统脆弱性发生变化的驱动因素,但这种驱动因素的作

用是通过影响该系统内部特征而使系统的脆弱性发生改变,并最终通过系统面对扰动的敏感性以及应对能力来体现。

3 脆弱性评价方法

脆弱性评价是对某一自然、人文系统自身的结构、功能进行探讨,预测和评价外部胁迫(自然的和人为的)对系统可能造成的影响,以及评估系统自身对外部胁迫的抵抗力以及从不利影响中恢复的能力,其目的是维护系统的可持续发展,减轻外部胁迫对系统的不利影响和为退化系统的综合整治提供决策依据^[21]。脆弱性评估主要关注以下问题:

(1) 研究对象面临的主要扰动是什么?

(2) 脆弱性较高(低)的单元具有什么典型特征?

(3) 研究区域(内)的脆弱性时间、空间格局?

(4) 决定脆弱性格局的因素?

(5) 如何降低评价单元的脆弱性? 目前,脆弱性评价的研究在自然灾害脆弱性、全球环境变化脆弱性、生态环境脆弱性等研究领域成果相对较多,一些定量或半定量的脆弱性评价方法已经被提出并得到应用,根据脆弱评价的思路将脆弱性评价方法分为以下五类。

3.1 综合指数法

该方法从脆弱性表现特征、发生原因等方面建立评价指标体系,利用统计方法或其他数学方法综合成脆弱性指数,来表示评价单元脆弱性程度的相对大小,是目前脆弱性评价中较常用的一种方法。美国国际开发署(USAID)资助的早期饥荒预警系统(FEWS)研究就利用综合指数法计算了非洲大陆不同地区对粮食安全的脆弱性^[34];南太平洋应用地学委员会(SOPAC)利用 50 个指标构建了环境脆弱性指数,用来反映一国自然环境容易受到损害及发生退化的程度^[35]。目前在综合指数法中较常用的数学统计方法有加权求和(平均)法^[34,35]、主成分分析法(PCA)^[36-39]、层次分析法(AHP)^[40-44]、模糊综合评价法^[45-47]等四种。综合指数法由于其简单、容易操作,在脆弱性评价中广泛应用,但该方法对脆弱性的评价缺乏系统的观点,忽略脆弱性各构成要素间的相互作用机制,与脆弱性内涵之间缺乏相互对应

的关系;同时在指标的选择和权重的确定上缺乏有效的方法;脆弱性形成原因及表现特征在空间上具有较强的区域差异性,在时间上具有动态变化性,因此建立跨区域、跨时段的脆弱性评价指标体系非常困难;此外,指标体系评价法所得出的评价结果的有效性很少被验证。

3.2 图层叠置法

近几年来,随着GIS技术的日益普及和完善,应用GIS技术评估自然和人文系统的脆弱性已呈上升趋势,图层叠置法就是基于GIS技术发展起来的一种脆弱性评价方法,根据其评价的思路可分为两种叠置方法:(1)脆弱性构成要素图层间的叠置。Cutter S.L.等(2000)把美国卡罗来纳州南部乔治敦的自然脆弱性与该区域社会脆弱性的空间差异分布图进行叠置,对区域灾害脆弱性进行了分析^[48];郝璐等(2003)分别分析了内蒙古牧区雪灾孕灾环境的敏感性以及区域畜牧业承灾体对雪灾适应性的空间差异,将二者叠置进行分析,得出了内蒙古牧区草地畜牧业雪灾脆弱性的空间差异^[49];Metzger M.J.等(2005)把全球变化对区域潜在影响程度的差异分布图与区域应对能力差异分布图结合起来,对全球变化背景下区域脆弱性差异进行了评价^[50]。这种方法比较适用于区域在极端灾害事件扰动背景下的脆弱性评价,能够反映区域灾害脆弱性的空间差异,还能反映区域受灾害影响的风险性、敏感性及应对能力的空间差异;但在扰动的类型和数量上存在局限性,当扰动的数量超过一个时(多种自然灾害),会造成应对能力指标只能选取决定区域对不同灾害类型应对能力的共性指标,致使应对能力指标的选取上缺乏针对性,并且最终评价结果不能反映区域针对某种灾害的脆弱性程度;(2)针对不同扰动的脆弱性图层间的叠置。O'Brien K.等(2004)把表示研究区域针对不同扰动的脆弱性空间差异图层进行叠置,来表示区域在多重扰动背景下的脆弱性空间差异状况,并以印度农业生产部门在气候变化和经济全球化双重扰动背景下的脆弱性为例进行了实证分析^[51]。该方法为多重扰动(自然的、经济的)背景下的脆弱性评价提供了研究思路,但该方法没有考虑各种扰动的风险及其对系统整体脆弱性影响程度的差异,因此评价结果中很难反映出影响区域脆弱性的主要因素,对如何减少系统脆弱性的启示不大。

3.3 脆弱性函数模型评价法

该方法基于对脆弱性的理解,首先对脆弱性的各构成要素进行定量评价,然后从脆弱性构成要素之间的相互作用关系出发,建立脆弱性评价模型。史培军(2002)提出了广义的灾害脆弱性评估模型和狭义的灾害脆弱性评估模型,认为广义的灾害脆弱性是由区域时空脆弱性、孕灾环境脆弱性、承载体脆弱性构成,狭义的脆弱性评估模型由经济脆弱性、人文脆弱性、政治脆弱性构成,并分别给出了广义和狭义灾害脆弱性评估的函数模型^[52]。Luers A.L.等(2003)认为系统的脆弱性是由系统内某些变量面对扰动的敏感性与这些变量临近伤害临界值的程度构成的函数,脆弱性的度量可用二者比值的期望来表示,此外,他还在考虑系统适应能力的基础上提出了最小潜在脆弱性的评价方法^[12]。Metzger M.J.等(2005)在IPCC提出的脆弱性函数构成形式的基础上,认为脆弱性是由系统在扰动作用下所遭受的潜在影响与系统适应能力二者构成的函数^[50]。与上述几种脆弱性评价方法相比,函数模型评价法在脆弱性评价的思路与脆弱性内涵之间对应较强,能够体现脆弱性构成要素之间的相互作用关系,有利于解释脆弱性成因及特征,评价结果能够反映系统整体脆弱程度及脆弱性构成要素的情况。但目前关于脆弱性的概念、构成要素及其相互作用关系尚无统一的认识,并且脆弱性构成要素的定量表达较困难,使得该评价方法进展较为缓慢,但该方法在脆弱性评价研究中已越来越受到学者关注。

3.4 模糊物元评价法

模糊物元评价法是通过计算各研究区域与一个选定参照状态(脆弱性最高或最低)的相似程度来判别各研究区域的相对脆弱程度。陈鸿起等(2007)利用物元分析的基本理论和方法,结合模糊集合理论和欧式贴近度概念建立了基于欧式贴近度的模糊物元模型,利用各地区与最优参照状态的贴近度对区域水安全进行了评价^[54]。祝云舫、王忠彬(2006)运用模糊集贴近度理论分别构建了城市风险程度排序中“最优序城市”、“中序城市”、“最劣序城市”3个数学模型,利用待评价城市与“最优序城市”、“中序城市”、“最劣序城市”的贴近程度来反映城市环境风险程度^[55]。邹君、杨玉蓉、田亚平等(2007)运用基于欧氏贴近度的模糊物元模型对衡

阳盆地 7 个县(市)农业水资源脆弱度进行评判^[56]。该方法对脆弱性的评价角度与前几种不同,不是将众多指标合成一个综合指数,因此不必考虑变量间的相关性问题,可以充分利用原始变量的信息;缺点在于对参照单元的界定缺乏科学合理的方法,评价结果对参照单元选取标准的变化十分敏感,并且评价结果反映出的信息量较少,只能反映各研究区域脆弱性的相对大小,难以反映脆弱性空间差异的决定因素及脆弱性特征等方面的信息。

3.5 危险度分析

该方法计算研究单元各变量现状矢量值与自然状态下各变量矢量值之间的欧氏距离,认为距离越大系统越脆弱,越容易使系统的结构和功能发生彻底的改变^[57]。该方法多用于生态环境脆弱性评价,能够反映系统偏离自然状态的程度,进而一定程度上反映了研究单元的生态危险程度;另一方面由于该方法参照状态的设定中将人类活动设定为零,而其他生态变量的取值范围在自然状态下相对较稳定,因此参照状态的选取变化不大,这使评价结果对参照点的选取较稳定。该方法的不足之处在于:假设自然状态下的区域是脆弱性最小的区域,这种假设忽视了人类活动对生态环境改善的促进作用;同时自然状态的设定存在很多不确定性,该方法对这些不确定性的处理通常采用设定一些模糊值,但容易产生大多数研究单元较接近自然状态,少数研究单元脆弱性较高的评价结果;该方法虽然能够反映研究单元的生态危险程度,但不能反应系统脆弱性达到何种程度时系统结构和功能就会发生根本改变,没有确定的脆弱性阈值。

目前,随着脆弱性研究的深入,脆弱性评价方法也日益多样化、复杂化,但脆弱性评价还应从简单的评价方法入手,在对评价区域的脆弱性有了一个整体认识的基础上,再选用复杂的评价方法进行深入细致的评价分析,如果几种评价方法所实现的评价目的或得到的评价结果是相似的,应优先选用简单的脆弱性评价方法。同时,脆弱性评价不仅要

对评价区域的脆弱性程度给出科学合理的度量,同时还要将这种定量评价转化为指导实践的有用信息传达给决策者,这就要求评价者必须要在数据的转换和评价结果的解释之间作到合理的平衡。此外,脆弱性评价的客体都是具有动态开放性的多结构、多层次、多形态的高度复杂的系统,但脆弱性评

4 结论与展望

脆弱性研究具有重要的理论和方法论价值,是全球变化及可持续发展研究领域出现的一个新的研究范式。但由于脆弱性概念的模糊性及脆弱系统的复杂性,脆弱性评价方法的研究进展缓慢,使脆弱性研究在实践中的应用受到限制。本文认为系统面对扰动的敏感性以及缺乏应对能力是系统脆弱性的主要表现,提出脆弱性评价在方法选择上应遵循从简单到复杂的原则,要在数据的转换和评价结果的解释之间作到合理的平衡,需要抓住复杂系统脆弱性产生的关键过程及机制展开脆弱性评价,加强综合集成的方法在脆弱性评价中的应用。

目前,全球变化研究从侧重于关注全球变化的自然因素研究向强调自然与人文因素的综合作用研究发展^[58,59],缺少人文因素的全球变化研究已经不能代表当今的潮流^[60]。在这种大背景下,脆弱性研究由最初只单独关注自然环境系统的脆弱性逐渐延伸到探讨人文系统脆弱性、人-环境耦合系统脆弱性的研究,脆弱性研究呈现多学科交融的趋势,这对脆弱性评价研究提出了新的挑战,亟待开展以下几方面研究内容:

(1) 面向多重扰动的脆弱性评价研究。系统通常暴露于多尺度、相互作用的多重扰动,这一观点在脆弱性研究中已达成共识^[10],但目前脆弱性研究中多为针对单一扰动的脆弱性评价,虽然也有学者尝试双重扰动下的脆弱性评价^[51],但关于扰动间的相互作用关系、各种扰动对系统整体脆弱性影响程度的差异以及系统对多重扰动的非线性响应过程等仍未得到很好的阐述。

(2) 耦合系统的脆弱性评价研究。耦合系统(人-环境耦合系统、社会生态系统、人地系统)脆弱性是目前脆弱性研究领域关注的热点问题,耦合系统已成为脆弱性研究的基本分析单元,但由于耦合系统的复杂性,关于耦合系统脆弱性评价的研究尚

未取得突破性进展, 需要加强耦合系统脆弱性产生机制及其表征的研究, 发挥定性与定量综合集成方法在处理复杂系统问题的优势, 积极开展耦合系统脆弱性评价研究。

(3) 复杂系统不确定性问题。脆弱性评价不仅涉及多变量分析, 同时还要考虑自然、人文子系统及耦合系统中存在的高度不确定性问题^[9]。随着脆弱性评价的系统越来越庞大, 越来越复杂, 不确定性的表现也越来越突出, 如何在评价过程中处理评价系统中含有不确定的因素及系统信息的不完备性, 成为脆弱性评价能否为决策者提供决策依据的重要前提。

(4) 脆弱性评价尺度问题。尺度问题在众多学科研究领域都具有重要地位, 脆弱性研究中不仅施加在系统上的扰动和压力具有多尺度性, 脆弱系统本身也具有多尺度、多层次性, 如何在兼顾评价者研究意图、脆弱系统时空特征及管理决策实施的需要的基础上, 选择适宜的尺度进行脆弱性评价, 是脆弱性评价研究面临的首要问题。

参考文献

- [1] Janssen M A, Schoon M L, Ke W, et al. Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 240~252.
- [2] Kates R W, Clark W C, Corell R, et al. *Environment and Development: Sustainability Science*. Science, 2001, 292: 641~642.
- [3] IHDP. IHDP update, Update Issue 3/01 Focus: Vulnerability. IHDP, 2001. Available on line at: (<http://www.ihdp.org>).
- [4] McCarthy J J, Canziani O F, Leary N A, et al. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Third Assessment Report of the IPCC*. Cambridge UK: University Press, 2001.
- [5] Moran E, Ojima D, Buchman N, et al. *Global land project: Science plan and implementation strategy*. IGBP Report No.53/IHDP Report No.19, 2005. Available on line at: (<http://www.igbp.net>).
- [6] Kaspersen J X, Kaspersen R E. *International Workshop on Vulnerability and Global Environmental Change*. Stockholm Environment Institute (SEI), Stockholm, Sweden, 2001.
- [7] Downing T E. *Towards a Vulnerability Science?*. IHDP Newsletter Update, issue 3, 2000.
- [8] Cutter S L. The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers*, 2003, 93(1): 1~12.
- [9] 史培军, 王静爱, 陈 婧 等. 当代地理学之人地相互作用研究的趋向——全球变化人类行为计划(IHDP)第六届开放会议透视. *地理学报*, 2006, 61(2): 115~126.
- [10] Turner II B L, Kaspersen R E, Matson P A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *PNAS*, 2003, 100(14): 8074~8079.
- [11] Rygel L, O'sullivan D, Yarnal B. A Method for Constructing a Social Vulnerability Index: An Application to Hurricane Storm Surges in a Developed Country. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2006, 11(3): 741~764.
- [12] Luers A L, Lobell D B, Sklar L S, et al. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, 2003, 13(4): 255~267.
- [13] Timmerman P. *Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society: A Review of Models and Possible Climatic Applications*. Toronto, Canada: Institute for Environmental Studies, University of Toronto, 1981.
- [14] White G F. *Natural Hazards*. Oxford: Oxford University Press, 1974.
- [15] Cutter S L. *Living with risk: The Geography of Technological Hazards*. London: Edward Arnold, 1993.
- [16] Bogard W C. *Bringing Social Theory to Hazards Research: Conditions and Consequences of the Mitigation of Environmental Hazards*. *Sociological Perspectives*, 1988, 31(2): 147~168.
- [17] Adger W N, Kelly P. M. Social Vulnerability to Climate Change and the Architecture of Entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1999, 4(3-4): 253~266.
- [18] Zapata R, Caballeros R. *Un tema del desarrollo: vulnerabilidad frente a los desastres*. CEPAL, Naciones Unidas, Mexico, DF, 2000.
- [19] Dow K. Exploring differences in our common futures: the meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum*, 1992, 23: 417~436.
- [20] Vogel C. *Vulnerability and global environmental change*. World Commission of Environment and Development, LUCC Newsletter 3, 1998.
- [21] 刘燕华, 李秀彬. *脆弱性生态环境与可持续发展*. 北京: 商务印书馆, 2001.
- [22] Research and Assessment Systems for Sustainability Program. "Vulnerability and Resilience for Coupled Human-Environment Systems: Report of the Research and Assessment Systems for Sustainability Program 2001 Summer Study." Airlie House, Warrenton, Virginia, 2001.
- [23] Adger W N. *Vulnerability*. Global Environmental Change

- 2006, 16(3): 268~281.
- [24] Young O R, Berkhout F, Gallopin G C, et al. The globalization of socio-ecological systems: An agenda for scientific research. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 304~316.
 - [25] Newell B, Crumley C L, Hassan N, et al. A conceptual template for integrative human - environment research. *Global Environmental Change Part A*, 2005, 15(4): 299~307.
 - [26] Gallopin G C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 293~303.
 - [27] Smit B, Wandel J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 282~292.
 - [28] Füssel H M. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 2007, 17(2): 155~167.
 - [29] 方修琦, 殷培红. 弹性、脆弱性和适应——IHDP 三个核心概念综述. *地理科学进展*, 2007, 26(5): 11~22.
 - [30] Bohle H G. Vulnerability and criticality: perspectives from social geography. *IHDP Update 2/01*, article 1, 2001. [online]. URL: http://www.ihdp.uni-bonn.de/html/publications/update/IHDPUpdate01_02.h
 - [31] Yohe G, Tol R. S. J. Indicators for social and economic coping capacity- moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 2002, 12(1): 25~40.
 - [32] Gallopin G C. A systemic synthesis of the relations between vulnerability, hazard, exposure and impact, aimed at policy identification. *Handbook for Estimating the Socio-Economic and Environmental Effects of Disasters*, E-CLAC, Mexico, D.F., 2003.
 - [33] Mitchell J, Devine N, Jagger K. A contextual model of natural hazards. *Geographical Review* 1989, 79: 391~409.
 - [34] Available online: <http://www.fews.org/fewspub.html>.
 - [35] Moss R H, Malone E L, Brenkert A L. Vulnerability to climate change: a quantitative approach. Prepared for the US Department of Energy, 2002. Available online: <http://www.globalchange.umd.edu/cgi-bin/Details.pl?sref=PNNL-13765>.
 - [36] Cutter S L, Boruff B J, Shirley W L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 2003, 84(2): 242~261.
 - [37] 黄方, 刘湘南, 张养贞. GIS支持下的吉林省西部生态环境脆弱态势评价研究. *地理科学*, 2003, 23(1): 95~100.
 - [38] 冯利华, 黄亦君. 生态环境脆弱度的综合评价. *热带地理*, 2003, 23(2): 102~114.
 - [39] 熊文, 吴玉鸣. 中国经济增长与环境脆弱性的因果及冲击响应分析. *资源科学*, 2006, 28(5): 17~23.
 - [40] Thirumalaivasan D, Karmegam M, Venugopal K. AHP-DRASTIC: software for specific aquifer vulnerability assessment using DRASTIC model and GIS. *Environmental Modelling & Software*, 2003, 18(7): 645~656.
 - [41] 贺新春, 邵东国, 陈南祥. 地下水环境脆弱性分区研究. *武汉大学学报(工学版)*, 2005, 38(1): 73~78.
 - [42] 赵艳霞, 何磊, 刘寿东等. 农业生态系统脆弱性评价方法. *生态学杂志*, 2007, 26(5): 754~758.
 - [43] 倪深海, 顾颖, 王会容. 中国农业干旱脆弱性分区研究. *水科学进展*, 2005, 16(5): 705~709.
 - [44] 万洪秀, 孙占东, 王润. 博斯腾湖湿地生态脆弱性评价研究. *干旱区地理*, 2006, 29(2): 248~254.
 - [45] Dixon B. Groundwater vulnerability mapping: A GIS and fuzzy rule based integrated tool. *Applied Geography*, 2005, 25(4): 327~347.
 - [46] Martino F D, Sessa S, Loia V. A fuzzy-based tool for modelization and analysis of the vulnerability of aquifers: a case study. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2005, 38(1): 99~111.
 - [47] 樊运晓, 高朋会, 王红娟. 模糊综合评判区域承灾体脆弱性的理论模型. *灾害学*, 2003, 18(3): 20~23.
 - [48] Cutter S L, Mitchell J T, Scott M S. Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*, 2000, 90(4): 713~737.
 - [49] 郝璐, 王静爱, 史培军等. 草地畜牧业雪灾脆弱性评价——以内蒙古牧区为例. *自然灾害学报*, 2003, 12(2): 51~57.
 - [50] Metzger M J, Leemans R, Schroter D. A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2005, 7: 253~267.
 - [51] O'Brien K, Leichenkob R, Kelkar U, et al. Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change*, 2004, 14(4): 303~313.
 - [52] 史培军. 三论灾害研究的理论与实践. *自然灾害学报*, 2002, 11(3): 1~9.
 - [53] Luers A L, Lobell D B, Sklar L S, et al. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, 2003, 13(4): 255~267.
 - [54] 陈鸿起, 汪妮, 申毅荣等. 基于欧式贴近度的模糊物元模型在水安全评价中的应用. *西安理工大学学报*, 2007, 23(1): 37~42.
 - [55] 祝云舫, 王忠郴. 城市环境风险程度排序的模糊分析方法. *自然灾害学报*, 2006, 15(1): 155~158.
 - [56] 邹君, 杨玉蓉, 田亚平等. 南方丘陵区农业水资源脆弱

- 性概念与评价. 自然资源学报, 2007, 22(2): 302~310.
- [57] Smith E R, Tran L T, O'Neill R V. Regional Vulnerability Assessment for the Mid-Atlantic Region: Evaluation of Integration Methods and Assessments Results. EPA Regional Vulnerability Assessment (ReVA) Program, EPA/600/R-03/082, 2003.
- [58] 王黎明, 关庆锋, 冯仁国 等. 全球变化视角下人地系统研究面临的几个问题探讨. 地理科学, 2003, 23(4): 391~397.
- [59] 张平宇. 全球环境变化研究与人文地理学的参与问题. 世界地理研究, 2007, 16(4): 76~81.
- [60] 宋长青, 冷疏影, 吕克解. 地理学在全球变化研究中的学科地位及重要作用. 地球科学进展, 2000, 15(3): 318~320.

Concepts and Assessment Methods of Vulnerability

LI He^{1,2}, ZHANG Pingyu¹, CHENG Yeqing¹

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012, China;

2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: "Vulnerability" is a new research frontier in the domain of sustainability science and global environment change, and the term is now a central concept in a variety of research contexts such as natural hazards, climate change, land use change, and sustainable development; meanwhile, vulnerability research is perceived by many researchers as a new science which deals with the mechanism, the process of interactions between human and environment, and the regional sustainable development. Finding a generally applicable conceptual framework and robust assessment methods of vulnerability which are key factors to determine the development of vulnerability science, is a challenge facing vulnerability science. Recent years, researchers from different disciplines draw growing attention to the concept and assessment methods of vulnerability, leading to a rapid progress on the concept and assessment methods of vulnerability. The paper analyzed the different definitions of vulnerability from literatures both abroad and domestic, and illustrated the convergences and divergences among these definitions; based on this, we discussed the exact meaning of the term, maintaining that the sensitivity and coping capacity of system to perturbations impinging on it are the main characteristics of vulnerability of system. In addition, we reviewed the methods used in vulnerability assessment, and classified these methods into five categories according to their assessing process. we evaluated the weaknesses and strengths of each method respectively, then put forward some principles that should be followed in the process of vulnerability assessment, such as choosing simple assessment methods at first and then, with complicated ones later, paying attention to the trade-off between data transformation and results interpretation, focusing on key processes of the generation of vulnerability and making use of multiple methods in a complementary manner. Finally, according to the new trends in vulnerability research, the paper brought forward some issues which should receive more attention in the vulnerability assessment research, such as the vulnerability to multiple perturbations, the vulnerability of coupled systems, the uncertainties of complex system, and the scale issue in vulnerability assessment.

Key words: vulnerability; man-land system; sustainable development; assessment methods