

# Research on Vulnerability Curve of Grassland Snow Disaster of Livestock on Historical Disaster Data in Xilingol

Si Ha, Jiquan Zhang\*, Zhenhua Dong, Xiangqian Li, Enliang Guo

School of Environment/Natural Disaster Research Institute, Northeast Normal University, Changchun 130117, China

## 基于历史灾情数据的锡盟草原雪灾牲畜脆弱性曲线研究

哈斯, 张继权\*, 董振华, 李向前, 郭恩亮

东北师范大学环境学院, 自然灾害研究所, 长春 130117, 中国

### Abstract:

Natural disaster risk is the possibility of disaster losses, depending on hazard, vulnerability, exposure, and emergency response and recovery capability. Vulnerability is to measure the degree of hazard bearing body when suffered damage and which is linked to the bridge of hazard and disaster. According to the formation mechanism of grassland snow disaster, the research collected and analyzed historical disaster data and the spatiotemporal characteristics of hazard factors. And, the research select snow depth as the intensity of the hazard, and select loss rate of livestock as the damage degree. By exploiting the inversion model of hazard intensity-hazard loss, the research constructed the livestock vulnerability curve of snow disaster, which is fitted to Xilingol. The results show that the maximum snow depth is more concentrated in January, and distributed mainly over Dong Wu County, Xi Wu County, and Xianghuang County, and the snow depth which is more than 60cm will have a significant impact on the mortality of livestock. The results can be provide the basis for the disaster prevention and management.

**Key word:** grassland snow disaster; intensity of hazard; disaster conditions; damage loss curve; vulnerability

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划课题 (2013BAK05B02、2013BAK05B01)。

作者简介: 哈斯 (1992 - ), 男, 内蒙古通辽人, 蒙古族, 硕士研究生, 主要从事自然灾害风险评估与灾害损失评估等方面研究。E-mail: has441@nenu.edu.cn

通讯作者: 张继权 (1965 - ), 男, 吉林九台人, 教授, 博士生导师, 主要从事综合灾害与生态环境风险评估、预警与应急管理等方面研究。E-mail: zhangjq22@nenu.edu.cn

curve

### 摘要

自然灾害风险是灾害损失的可能性, 主要取决于危险性、脆弱性、暴露性以及防灾减灾能力四个因素。脆弱性是衡量承灾体遭受损害的程度, 是致灾因子与灾情联系的桥梁。本文在收集分析草原雪灾历史灾情和致灾因子时空分布特征的基础上, 根据草原雪灾形成机理, 选取积雪深度为致灾强度, 牲畜损失率为灾损程度, 利用致灾强度-灾害损失反演法, 将二者拟合, 构建了锡盟草原雪灾牲畜脆弱性曲线。结果表明, 锡盟地区的最大积雪深度在时间上, 多集中于 1 月份; 在空间上, 多集中与东乌旗、西乌旗和镶黄旗; 60cm 以上的积雪会对牲畜的死亡率造成明显的影响。研究结果可以为草原牧区防灾减灾与管理工作提供科学依据。

**关键词:** 草原雪灾; 致灾强度; 灾情; 灾损曲线; 脆弱性曲线

### 1. 引言

草原是地球陆地上分布最广、面积最大的天然植被资源, 是陆地生态系统的主体。中国草地面积约占世界草地的 13%, 占国土面积的 40%, 其中牧区草地面积 3.13 亿  $\text{hm}^2$ 。雪灾是我国草原地区最主要的自然灾害之一, 我国草原大多处于高海拔, 中、高纬度带的内陆地区, 自然条件严酷, 在主要牧区, 不同程度的雪灾几乎每年都会发生, 已成为严重制约这些地区经济建设与牧业发展的重要因素之一[1]。

草原雪灾是突发性强、危害大的自然灾害, 其原因复杂, 涉及到天气、气候、社会以及自然界各种有

## Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

关的因素,其发生具有一定的随机性和不确定性,对草原地区畜牧业经济发展的威胁很大,草原雪灾对畜牧业的危害主要是积雪掩盖草场,且超过一定深度,致使牲畜难以扒开雪层吃草,造成饥饿,有时冰壳还易划破牲畜的蹄腕,造成冻伤,致使牲畜瘦弱,常常造成母畜流产,仔畜成活率低,老弱幼畜饥寒交迫,死亡增加。同时雪灾还严重影响交通、通讯、输电线路等生命线工程,造成房屋倒塌,对牧民的生命安全和生活造成威胁[2]。

草原雪灾灾害系统是由孕灾环境、承灾体、致灾因子与灾情共同组成具有复杂特性的地球表层异变系统,其中灾情是孕灾环境、致灾因子、承灾体相互作用的产物。草原雪灾风险是草原雪灾损失的可能性,主要取决于草原雪灾危险性、暴露性、承灾体脆弱性和防灾减灾能力4个因素[3]。当前,国内外众多学者针对积雪时空分布与监测、雪灾风险评估和损失评估等方面开展了雪灾的研究。其中,对于雪灾脆弱性的研究大多是通过确定评估指标体系,建立评估模型和方法,评价雪灾过程对承灾体的影响。但以往的研究无法快速而且准确的进行草原雪灾损失评估。

脆弱性曲线作为定量精确评估承灾体脆弱性的方法,通过表达致灾因子强度和承灾体脆弱性的定量关系,近年来在多领域被广泛运用,成为灾情估算、风险定量分析及风险地图编制的关键环节[4]。1964年,White首次提出了脆弱性曲线方法应用于水灾脆弱性评估[5]。国内外关于脆弱性曲线的研究方法主要包括:基于历史灾情数据的脆弱性曲线的构建、基于已有脆弱性曲线的再构建、基于系统调查的脆弱性曲线的构建以及基于模型模拟的脆弱性曲线构建[6]。近年来这些方法在水灾、地震、台风、滑坡、泥石流、雪崩和海啸等灾害研究中逐渐被推广应用[7,8]。其中,地震和水灾脆弱性曲线研究起步早且发展较为成熟,已有较完善的体系及与政府和商业等

相结合的应用成果。滑坡与泥石流、雪崩、冰雹等灾害的脆弱性曲线研究在20世纪90年代左右兴起,相对较为薄弱,而关于草原雪灾的脆弱性曲线研究尚不多见。因此,本文通过收集分析草原雪灾历史灾情和致灾因子时空分布特征,结合草原雪灾形成机理,选取了积雪深度为致灾强度,牲畜损失率为灾损程度,利用灾损反演法,将积雪深度与牲畜损失率拟合,构建了锡盟草原雪灾牲畜脆弱性曲线,以期对草原雪灾损失快速评估和风险评价提供科学依据,对少数民族地区雪灾防灾减灾工作提供帮助。

### 2. 研究区概况

锡林郭勒盟位于中国的正北方,内蒙古自治区的中部,简称锡盟。面积20.3万 $\text{km}^2$ ,人口100.3万。锡盟地处东经 $115^{\circ}13'$ — $117^{\circ}06'$ 、北纬 $43^{\circ}02'$ — $44^{\circ}52'$ (图1)。北与蒙古国接壤,南邻河北省张家口市、承德市,西连乌兰察布市,东接赤峰市、兴安盟和通辽市,是东北、华北、西北交汇地带。

锡盟地区属中温带干旱半干旱大陆性季风气候,全年盛行偏西风,风大、少雨、气候寒冷。春季多风易干旱,夏季降雨不均,秋季温度低霜雪早,冬季寒冷而漫长易形成积雪。锡盟草原地处内蒙古高原的中东部,是内蒙四大草原之一,天然草原面积为19.2万 $\text{km}^2$ ,其中可利用草场面积为17.6万 $\text{km}^2$ 。锡林郭勒盟既是国家重要的畜产品基地,又是西部大开发的前沿,在国民经济中占有重要的地位。同时,锡盟地区还是我国的三个草原雪灾高发中心之一,冬季积雪造成的雪灾却严重地制约着当地的畜牧业发展,平均每三年中就有一年发生重大的积雪灾害,人畜伤亡惨重。据统计资料记载,建国以来锡盟地区遭受了4次(1957, 1968, 1977, 1985年)特大雪灾的袭击,总共损失牲畜400多万头。

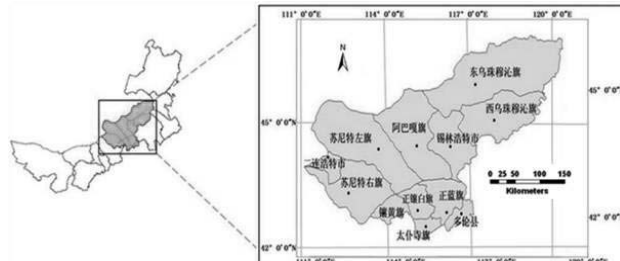


图1 内蒙古锡林郭勒盟各旗县行政图

### 3. 数据与方法

#### 3.1. 数据来源

本文所需要的内蒙古锡林郭勒地区雪深数据由锡盟气象局提供,时间跨度为1980-2016年;历史灾情数

据主要来自锡盟民政局与锡盟农牧业局,以及《气象灾害大典·内蒙古卷》[9]。

3.2. 研究方法

脆弱性曲线是精细量化的脆弱性评价方法和灾害评估的关键环节,其核心要素是表达致灾因子强度和承灾体脆弱性的定量关系。当承灾体的脆弱性侧重于因灾造成的灾情水平方面时,通常可用致灾(h)与成灾(d)之间的关系曲线或方程式表示,即 $V = f(h, d)$ ,通常称为脆弱性曲线或灾损曲线,用来衡量不同灾种的强度与其相应损失(率)之间的关系,主要以曲线、曲面或表格的形式表现出来[10]。

基于实际灾情数据构建脆弱性曲线是脆弱性曲线研究中最为常用的方法。即通过典型历史灾害案例

收集分析,将致灾强度与灾害损失一一对应,经过曲线拟合,建立承灾体脆弱性曲线。

4. 锡盟草原雪灾牲畜脆弱性曲线构建

4.1. 锡盟草原雪灾致灾因子时空分布

草原雪灾是由于积雪过深和雪层持续时间过久而给草原畜牧业带来损失的一种自然灾害。因此,选取积雪深度为草原雪灾致灾强度。

由图2可知,锡盟地区的积雪持续时间十分漫长,且主要集中在1月份、2月份和12月份。该季节的草原处于枯草期,牲畜食草量不足,膘情差,对致灾因子高度敏感,若遭遇大雪覆盖、低温、强风等情况,极易造成牲畜伤亡,导致巨大损失。

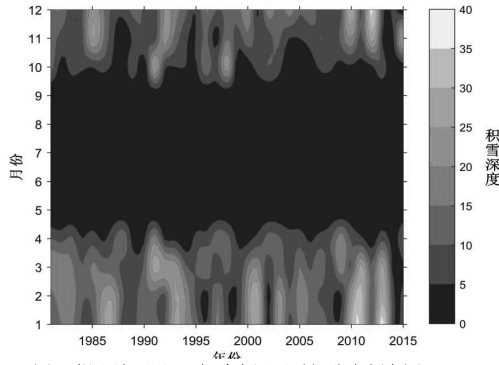


图2 锡盟地区近35年致灾因子时间分布频率图

图3为近35年最大积雪深度发生频次空间分布图,由图可知,锡盟地区最大积雪深度多发于东乌旗、

西乌旗和镶黄旗,这些地区也正是锡盟草原雪灾高发区,牲畜受积雪影响最为严重。

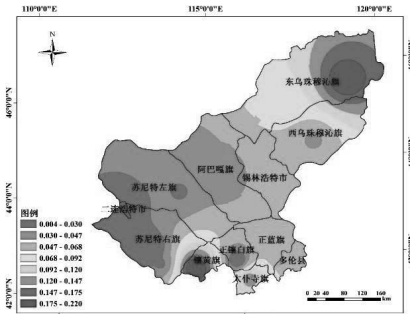


图3 锡盟地区近35年致灾因子空间分布频率图

4.2. 锡盟草原雪灾牲畜脆弱性曲线

脆弱性曲线作为精细化、量化的脆弱性评价方法,

其核心是表达出致灾因子强度或扰动强度和承载体脆弱性之间的定量关系。利用致灾强度—灾害损失反

演法,根据历史灾害损失数据和致灾因子强度推出草原雪灾牲畜脆弱性曲线为:

$$Y = \frac{1}{1 + \frac{1}{0.01 \cdot e^{0.0476 \cdot X}}} \quad (1)$$

其中, Y 是牲畜死亡率; X 为积雪深度, 单位 cm。R<sup>2</sup>为 0.897, 方差分析表明拟合效果显著, 通过了 F 检验。

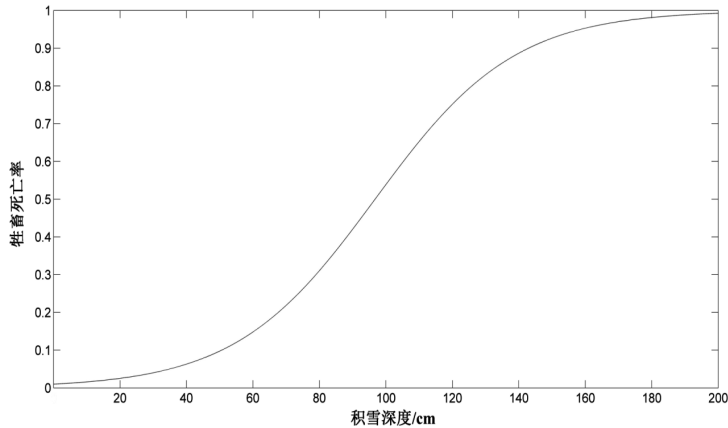


图4 锡盟草原雪灾牲畜脆弱性曲线

由图4可知,积雪深度为0cm时,没有雪灾发生,牲畜死亡率接近牲畜的自然死亡率,为1%;当积雪深度超过200cm时,牲畜死亡率接近100%;雪深在60cm处,曲线斜率变率正向最大。同时,牲畜的雪灾脆弱性曲线符合“S”型曲线,可分成3阶段:第一阶段,积雪深度较小时,牲畜死亡速度较慢,这是因为非积雪季节一些牲畜积蓄的体能好,具有一定的抵抗寒冷、饥饿能力;第二阶段,随着积雪深度的不断增加,一些牲畜无法觅食和抵抗寒冷,开始出现伤亡,牲畜死亡速度也明显加快;第三阶段,积雪深度继续增加,大部分牲畜都已经死亡,牲畜死亡速度减缓。

### 5. 结论与讨论

本文在收集分析草原雪灾历史灾情和致灾因子时空分布特征的基础上,根据草原雪灾形成机理,选取积雪深度为致灾强度,牲畜损失率为灾损程度,利用致灾强度-灾害损失反演法,将二者拟合,构建了锡盟草原雪灾牲畜脆弱性曲线,使得对草原雪灾牲畜脆弱性的研究更加细化。结果表明,曲线拟合效果非常接近草原雪灾牲畜损失的真实情况。根据致灾强度频次空间分布,应加大对东乌旗、西乌旗和镶黄旗防灾减灾的投入;根据致灾强度频次时间分布,应着重加强

锡盟地区1月份的积雪监测工作;根据草原雪灾牲畜脆弱性曲线,当积雪深度达到60cm以上时,应积极采取防灾减灾措施,以减少牲畜损失。

此外,影响草原雪灾损失大小的因素除了雪深之外还有积雪持续日数、积雪覆盖面积,还有牧草生长季牧草长势与牧区棚圈设施等因素,在今后的研究中将进一步探究其他因素对草原雪灾损失率的影响来修正脆弱性曲线,以提高草原雪灾损失评估和风险评价的精度。

### Acknowledgements

This study was supported by “Twelfth five-year” national science and technology support plan (2013BAK05B02、2013BAK05B01) and the National Non-Profit Research Program of China (No.201401015).

### 致谢

本文得到“十二五”国家科技支撑计划课题(2013BAK05B02、2013BAK05B01)和水利部公益性行业科研专项经费项目(201401015)资助。

参考文献

- [1] 解伟, 李宁, 张鹏, 等. 内蒙古雪灾保险费率的厘定—基于自然灾害系统理论的研究. *自然灾害学报*, 21 (1): 163-169, 2012.
- [2] Liu X, Zhang J, Tong Z, et al. Grid-Based Multi-Attribute Risk Assessment of Snow Disasters in the Grasslands of Xilingol, Inner Mongolia. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 17(3): 712-731, 2011.
- [3] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用. 北京师范大学出版社, 北京, 2007.
- [4] 董姝娜, 姜鏊鹏, 张继权, 等. 基于“3S”技术的村镇住宅洪灾脆弱性曲线研究. *灾害学*, 27 (2): 34-38, 2012.
- [5] Smith D I. Flood damage estimation—A review of urban stage damage curves and loss functions. *Water SA Manuscript*, 20(3): 231-238, 1994.
- [6] 周瑶, 王静爱. 自然灾害脆弱性曲线研究进展. *地球科学进展*, 27(4): 435-442, 2012.
- [7] Wu S, Jin J, Pan T. Empirical seismic vulnerability curve for mortality: case study of China. *Natural Hazards*, 77(2): 645-662, 2015.
- [8] Ding M, Miao C. GIS-based Assessment of Vulnerability to Landslide Hazards in Lushan Earthquake-stricken Areas. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 5(2): 93-106, 2015.
- [9] 温克刚, 沈建国, 等. *中国气象灾害大典·内蒙古卷*. 气象出版社, 北京, 2008.
- [10] 董姝娜, 庞泽源, 张继权, 等. 基于 CERES-Maize 模型的吉林西部玉米干旱脆弱性曲线研究. *灾害学*, 29(3): 115-119, 2014.