

张方浩,张原硕,和仕芳,等.2023.1978—2020年云南自然灾害损失程度评估[J].地震研究,46(3):376–384,doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000–0666.2023.0041.

Zhang F H,Zhang Y S,He S F,*et al.* 2023. Evaluation of the severity of the natural disaster loss in Yunnan from 1978 to 2020[J]. *Journal of Seismological Research*,46(3):376–384,doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000–0666.2023.0041.

1978—2020年云南自然灾害损失程度评估^{*}

张方浩,张原硕,和仕芳,徐俊祖,曹彦波,杜浩国,邓树荣

(云南省地震局,云南昆明650224)

摘要:引入客观赋权的熵权法和几何平均模型,对综合灾情指数法的评估过程进行改进。基于改进的综合灾情指数法,利用1978—2020年云南省9种主要自然灾害灾情数据,以及社会经济统计数据,选取人员受灾、农作物受灾、房屋倒损、经济损失4个因子7个具体指标构建综合灾情的绝对和相对指数,对灾害损失程度进行分级评估。结果表明:从灾害损失总量来看,损失较重的区域分布在滇东的昭通—曲靖—文山一带,以及滇西的大理—楚雄—普洱地区。从社会经济受影响的程度来看,损失较重的区域分布在滇西的迪庆—怒江—丽江—楚雄—普洱一带,以及滇东的昭通、文山地区。改进的综合灾情指数在指标权重确定、指数计算和损失程度分级过程中避免了人为的主观任意性,评估结果与区域实际情况相符,表明该方法具有较好的实用性和有效性。

关键词:自然灾害;综合灾情指数;灾害损失;熵权;几何平均;云南省

中图分类号: P315.94 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000–0666(2023)03–0376–09

doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000–0666.2023.0041

0 引言

云南自然灾害种类多、发生频率高、分布地域广、造成损失重,地震、干旱、洪涝、地质灾害、风雹、雪灾、低温冷冻等自然灾害往往以突发、群发等形式导致重大自然灾害事件。这些事件如果发生在人类活动的地区,就不可避免会造成损失,随着区域人口的增长、社会经济的快速发展,以及人类活动区域的不断增大,自然灾害造成的社会损失也呈加重趋势(张星,2009)。自然灾害造成的损失严重程度与灾害的孕灾环境、致灾因子和承灾体密切相关,是多种因素耦合的结果。自然灾害造成的损失主要通过承灾体的损失来表征,如人员伤亡、农作物破坏、房屋倒塌、经济损失等。灾情作为承灾体损失的统计

信息,是多指标构成的多元统计数据集(张鹏等,2015)。在开展某个区域自然灾害风险评估及制定自然灾害风险防控准备措施时,需要对历史自然灾害损失程度进行量化评估,以便从整体上把握灾害损失状况,判断受灾程度。为了客观、全面地评估自然灾害,需要综合考虑各种灾害造成的各类损失情况,最终才能得到自然灾害的总体损失评估结果(程立海等,2011)。若只针对某一种灾害或仅依赖于某一类灾情数据很难对区域自然灾害损失程度进行全面描述和评价,这就需要探索一定方法把多元灾情数据归一化为无量纲的评价指标,进而拟合成能够全面、客观反映自然灾害造成承灾体各方面损失的综合指数。

国内学者就如何形成灾害损失程度划分的量化指标,已开展大量研究,并提出了多种方法。如马宗晋和李闵峰(1990)提出灾度的概念及划

^{*} 收稿日期:2022–10–08.

基金项目:云南省第一次全国自然灾害综合风险普查项目;国家重点研发计划(2018YFC1504505)。

第一作者简介:张方浩(1988–),高级工程师,主要从事地震灾害风险和应急技术研究。

E-mail: zfh125@sina.com.

分方法，以人口直接死亡数和社会财产损失值作为判别因子，将自然灾害的灾情分为巨、大、中、小、微5个灾度。赵阿兴和马宗晋（1993）在绝对值度量指标灾度的基础上，提出相对量指标灾损率的概念，建立了灾损率的等级划分标准。邱玉珺等（2003）认为灾害发生的次数和灾害种类与灾情强度密切相关，提出基于灾次和灾种两个数量化的灾情强度指数，用于开展多区域、多灾种的灾情强度评价模型。程立海等（2011）提出了基于综合灾情指数自然灾害强度的评估方法，通过对一系列灾情评价因子进行归一化、加权求和，得到量化的灾害评估指数，开发了综合灾情指数工具。袁艺（2011）选取了8个基本灾情指标，利用灾情综合指数法构建了灾情指数，包括绝对指数和相对指数。张星（2009）将客观赋权的熵权法与综合评价法有机结合，提出了一种自然灾害灾情的熵权综合评价方法。廖永丰等（2013）基于2000—2011年自然灾害灾情统计数据，构建了绝对和相对两种灾情指数，对旱灾、洪涝、台风、风雹4种灾害灾情进行了分级。张鹏等（2015）提出了一种基于几何平均的综合灾情指数计算方法，在时间和空间两个维度对给定区域的灾害损失进行量化评价。郑美霞和刘玲（2022）利用2011—2020年江西省自然灾害灾情统计数据，构建灾情绝对指数，并对江西省自然灾害损失和时空分布情况进行了研究分析。

综合灾情指数是目前应用较为广泛的灾害损失程度评估方法，利用此方法可对多种典型自然灾害损失程度、分异规律和时空特征开展了研究分析（曾玲艳等，2018；李祚泳等，2004；朱浩等，2015；唐丽丽，2011；张方浩等，2018；刘军等，2015；王鹏，2018；陈家宁等，2020；张柳红等，2021）。针对综合灾情指数法中灾情指标分层级的特点，考虑到对各层级量化指标进行客观赋权的问题，本文引入客观赋权的熵权法和几何平均模型对综合灾情指数法的评估过程进行改进，并将其应用于1978—2020年云南省9种主要自然灾害损失程度评估。综合分析云南自然灾害灾情的时空分布格局及特点，承灾体损失情况及16个州（市）的灾害损失程度，为云南省

开展区域自然灾害风险评估，防范重大灾害风险工作提供重要科学依据。

1 数据选取及研究方法

本文采用的数据资料包括：①云南省年度自然灾害灾情数据，包括人口员受灾、农作物受灾、房屋倒损、经济损失情况等，数据来源于1978—2020年云南省减灾年鉴；②云南省年度社会经济数据，包括年末总人口、农作物播种面积、地区生产总值等，来源于1978—2020年云南省统计年鉴。这些数据均由应急管理部门统计核定并通过专家评审，数据较为准确可靠。

综合灾情指数是对一系列灾情评价因子进行归一化和加权处理，以便量化地反映受灾的严重程度，它是给定时间范围内一个区域受灾情况的总体衡量尺度（张鹏等，2015；程立海等，2011）。综合灾情指数包括绝对灾情指数和相对灾情指数，绝对灾情指数用于表征区域灾害损失大小，相对灾情指数用于表征区域社会经济受影响的程度（袁艺，2011；廖永丰等，2013）。本文选取两种灾情指数作为定量评估指标，利用综合灾情指数开展区域自然灾害损失程度评估方法。

1.1 指标构建

自然灾害灾情包括多方面统计指标，目的是客观揭示灾害造成某个区域的总体损失和影响，因此开展灾害损失程度评估时应选择有代表性的指标构建灾情指数。本文采用德尔菲法，利用通信咨询方式邀请了10位自然灾害应急管理、灾害损失评估、灾害风险评估方面的专家对区域自然灾害损失评估指标进行函询。德尔菲法是由调查者拟定调查表，以函件的方式分别向相关领域专家组成员进行征询，专家组成员以匿名的方式提交意见。经过反复征询和反馈，专家组成员的意见逐步趋于集中，最后获得具有很高准确率的集体判断结果。专家们对指标的选取、指标的意义、指标值的表达方式等方面提出了大量的建议和意见，根据专家意见对指标进行梳理和调整，得到了综合灾情指数，并得到区域自然灾害损失程度评估指标体系（图1）。

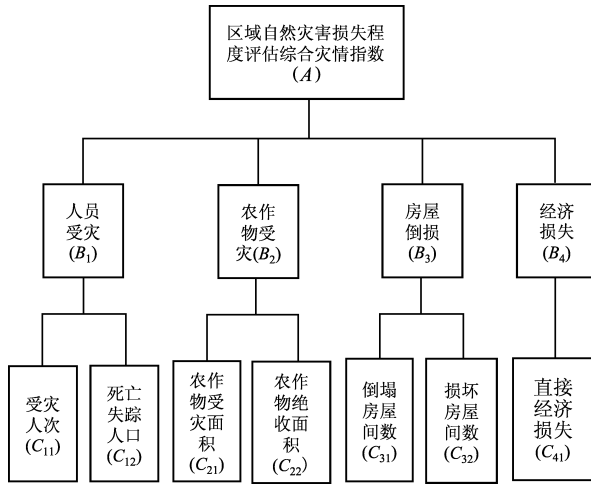


图1 区域自然灾害损失程度评估指标体系

Fig. 1 The indicator system assessing the severity of the natural disaster loss in a region

从图1可见,区域自然灾害损失程度评估综合灾情指数(A)为目标层,影响目标层的4个因子分别表征人口受灾程度、农作物损失程度、房屋损失程度和经济损失程度。其中前3个因子,每个因子包含2个具体指标,经济损失只包含1个具体指标。这7项是灾后损失评估和应急救援工作中最受关注的指标,能够综合反映自然灾害对一个区域经济社会造成的影响和损失程度,特别是死亡失踪人口指标,是灾害应急管理的关键指标,决定着自然灾害应急响应的级别和应急救援的规模。

选取适当的评估指标是做好区域自然灾害损失程度评估的基础。由于评估指标的数值大小会受到统计区域承灾体总量的影响,因此在选取上述具体评估指标的基础上,选择评估区总人口、农作物播种总面积、民房总数量和国内生产总值参与相对指标的构建,并利用相对数值进行损失程度评估和区域比较,就能充分反映区域自然灾害损失的强度和灾害对区域社会经济的影响程度(袁艺等,2011)。

1.2 数据预处理

随着社会经济的发展,地区生产总值和物价水平不断提高,历史自然灾害的直接经济损失不能用当时的价格数据去衡量,为进行科学合理的统计比较,需将历史自然灾害的直接经济损失按多年可比的直接经济损失进行折算。以2020年价

格水平为基准进行折算,采用1978—2020年云南各州(市)的GDP增长率将各年份的损失统一换算为2020年可比价(张方浩等,2020)。2020年可比价格直接经济损失计算公式为:

$$L_{2020-i} = L_i \times C_{2020-i} \quad (1)$$

式中: L_{2020-i} 为2020年相对于第*i*年的直接经济损失; L_i 为第*i*年的直接经济损失; C_{2020-i} 为2020年相对于第*i*年的地区生产总值增长率。

1.3 指标归一化

由于灾情数据为多元统计量,各评价指标的量纲不同,为了便于后续计算,需要将评价指标的量值进行归一化处理。本文采用极差变换法(李美娟等,2004)对自然灾害评价指标进行归一化处理。本文选取的指标均为正向指标,指标值越大表示受灾或损失程度越重,正向评价指标归一化公式为:

$$Y = \frac{X_i - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)} \quad (2)$$

式中: Y 为归一化指标; X_i 为指标的原始值; $\max(X_i)$ 和 $\min(X_i)$ 表示该指标在1978—2020年间的最大值和最小值。

1.4 指标权重确定

评价指标的权重大小代表着评价指标对评价结果的影响程度,综合评价中常用的指标权重系数的确定方法有专家经验法和层次分析法(刘自远,刘成福,2006;邓树荣等,2017;习聪望等,2016;张双凤等,2011),但是这两种方法中专家的主观意愿比重较大,不同专家给出的结果可能大相径庭,不能保证结果的客观性(张方浩等,2018)。在信息论中常用信息熵评价所获信息的有序度及其效用从而尽量避免各评价指标权重的人为因素干扰,使评价结果更符合实际(张星,2009)。因此,本文采用熵权法来确定评价指标权重。由于熵权法的信息均来自于客观数据,故能够很好地保证结果的客观性和准确性(方成杰等,2016)。

假定有*m*个评价对象,每个对象有*n*个评价指标,将评价指标数据构建标准化矩阵为:

$$R = (r_{ij})_{m \times n} \quad (3)$$

各评价指标的熵为：

$$H_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \quad (4)$$

$$\text{式中: } f_{ij} = \frac{1 + r_{ij}}{\sum_{i=1}^m (1 + r_{ij})} \quad (5)$$

根据各指标的熵计算熵权：

$$w_j = \frac{1 - H_j}{\sum_{j=1}^n (1 - H_j)} \quad (6)$$

$$A = \sqrt[7]{C_{11}W_{11} \times C_{12}W_{12} \times C_{21}W_{21} \times C_{22}W_{22} \times C_{31}W_{31} \times C_{32}W_{32} \times C_{41}W_{41}} \quad (7)$$

式中： A 为某个区域综合绝对灾情指数； C_{ij} 为第*i*个因子下第*j*个具体指标归一化后的值； W_{ij} 为第*i*个因子下第*j*个具体指标的权重，由式（3）~（6）计算得到。

1.6 灾害损失程度分级

基于综合灾情指数，采用自然断点法对云南省各州（市）的总体灾害损失程度进行分级。这是一种根据数值统计分布规律分级和分类的统计方法，能使类与类之间的不同最大化。这种分级方法不受人为主观知识的干扰，完全基于数据本身（白仙富等，2022）。本文采用自然断点法，根据区域综合灾情指数的值进行分类，在设定分为5个等级的情况下，通过聚类分析将相似性最大的数值分在同一个等级，差异最大的数值分在不同的等级，可以较好地保持数值的统计特征，更客观准确地揭示各评估区的受灾情况和灾害损失程度的空间分布格局。

2 实例应用

基于上述改进的综合灾情指数法，以1978—2020年云南省干旱灾害、洪涝灾害、地震灾害、地质灾害、台风灾害、风雹灾害、低温冷冻灾害、雪灾以及森林草原火灾等9种自然灾害灾情数据为例，对灾害损失程度进行分级评估，并检

1.5 综合灾情指数计算

算术平均值易受极端数据的影响，这是因为平均值反应灵敏，任何单一指标数值的极端变化都会影响到最终评价结果（罗良清，魏和清，2011）。相比算术平均值，几何平均值对单一指标明显偏大的数据不敏感，不易出现均值向偏倚分布数据大幅倾斜的情况。因此本文基于几何平均模型计算综合灾情指数，要求用于计算的多元数据各项指标非零，因此需将所有归一化后具体指标数据中的0值替换为一个较小值0.01。

使用几何平均模型计算综合灾情指数，即各归一化具体指标值的几何加权平均值，计算公式如下：

验实用性和有效性。本文收集整理了1978—2020年改进方法的云南省各州（市）9种自然灾害累积损失的绝对指标值，包括受灾人次（ VD_n ）、死亡失踪人口（ DM_n ）、农作物受灾面积（ CD_{ia} ）、农作物绝收面积（ CD_{ea} ）、倒塌房屋间数（ BC_n ）、损坏房屋间数（ HD_n ）、直接经济损失（ DE_l ）共7项，相对指标值包括年均每十万受灾人口（ $Aa - VD_n$ ）、年均每十万人死亡失踪人口（ $Aa - DM_n$ ）、年均农作物受灾面积占播种面积比重（ $Ap - CD_{ia}$ ）、年均农作物绝收面积占播种面积比重（ $Ap - CD_{ea}$ ）、年均每十万间倒塌房屋数（ $Aa - BC_n$ ）、年均每十万间损坏房屋数（ $Aa - HD_n$ ）、年均直接经济损失占GDP比重（ $Ap - DE_l$ ）共7项，进行归一化处理，并做0值替换为0.01处理，结果见表1。

根据表1数据建立矩阵，根据式（4）进行各指标信息熵 H_j 的计算，将各指标的 H_j 代入式（6）得到各指标的熵权 W_j ，各评价指标权重见表2。

基于各指标权重系数，根据式（7）计算得到评估单元综合灾情指数，采用自然断点法将各评估单元综合灾情指数从小到大划分为5类，分别代表评估单元自然灾害综合损失微度、轻度、中度、重度、特重5个等级，得到1978—2020年云南省16个州（市）自然灾害综合绝对和相对损失程度分布图（图2）。

表 1 1978—2020 年各州（市）9 种自然灾害累积损失归一化值

Tab. 1 The normalized values of the cumulative losses of 9 natural disasters in each prefecture and city of Yunnan Province from 1978 to 2020

州（市） 名称	绝对指标							相对指标						
	VD_n	DM_n	CD_{ia}	CD_{ea}	BC_n	HD_n	DE_l	$Aa - VD_n$	$Aa - DM_n$	$Ap - CD_{ia}$	$Ap - CD_{ea}$	$Aa - BC_n$	$Aa - HD_n$	$Ap - DE_l$
迪庆州	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.08	0.1	0.01	0.01	0.31	0.58	0.01	0.02	0.01
西双版纳州	0.01	0.01	0.14	0.02	0.01	0.02	0.06	0.93	0.02	0.75	0.96	0.01	0.01	0.14
怒江州	0.01	0.18	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	0.49	0.01	0.82	0.86	0.02	0.01	0.27
德宏州	0.03	0.06	0.05	0.02	0.18	0.11	0.08	0.57	0.04	0.56	0.46	0.04	0.11	0.39
丽江市	0.11	0.09	0.15	0.17	1	0.53	0.2	0.85	0.46	0.64	0.63	0.11	0.34	0.42
玉溪市	0.23	0.05	0.26	0.22	0.06	0.01	0.2	0.52	0.19	0.66	1.00	1.00	1.00	0.89
临沧市	0.24	0.16	0.32	0.18	0.2	0.28	0.18	0.57	0.25	0.45	0.39	0.25	0.49	0.65
昆明市	0.28	0.14	0.3	0.33	0.11	0.13	0.13	0.49	0.12	0.41	0.23	0.08	0.22	0.69
红河州	0.28	0.23	0.41	0.46	0.08	0.08	0.34	0.74	0.10	0.59	0.58	0.23	0.63	0.47
保山市	0.29	0.08	0.32	0.22	0.11	0.15	0.26	0.16	0.08	0.39	0.70	0.01	0.01	0.12
普洱市	0.31	0.29	0.37	0.26	0.64	0.69	0.47	1.00	0.10	0.72	0.66	0.03	0.11	0.42
楚雄州	0.36	0.14	0.34	0.26	0.65	0.95	0.44	0.06	0.01	1.00	0.24	0.01	0.08	0.58
大理州	0.38	0.14	0.37	0.35	0.33	0.34	0.38	0.47	0.05	0.58	0.74	0.09	0.16	0.37
文山州	0.65	0.24	0.66	0.51	0.14	0.22	0.42	0.17	0.10	0.00	0.00	0.16	0.22	0.16
昭通市	0.83	1	0.69	0.56	0.6	1	1	0.54	1.00	0.62	0.61	0.08	0.17	0.53
曲靖市	1	0.19	1	1	0.09	0.09	0.64	0.53	0.11	0.36	0.61	0.19	0.57	1.00

表 2 评估指标权重

Tab. 2 Weights of the evaluation indicators

绝对指标	VD_n	DM_n	CD_{ia}	CD_{ea}	BC_n	HD_n	DE_l
权重	0.154 5	0.116 3	0.122 8	0.126 7	0.166 3	0.194 6	0.118 8
相对指标	$Aa - VD_n$	$Aa - DM_n$	$Ap - CD_{ia}$	$Ap - CD_{ea}$	$Aa - BC_n$	$Aa - HD_n$	$Ap - DE_l$
权重	0.153 1	0.158 6	0.092 6	0.118 2	0.149 7	0.183 5	0.144 3

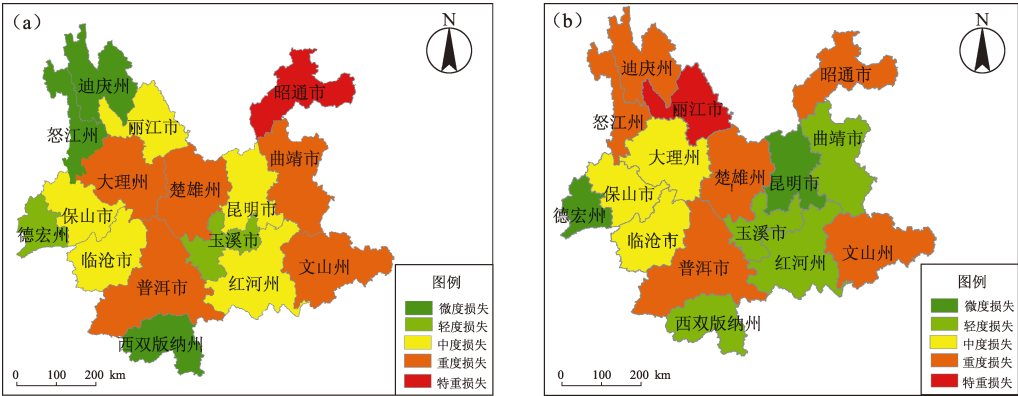


图 2 1978—2020 年云南省各州（市）自然灾害综合绝对（a）和相对（b）损失程度分布

Fig. 2 Distribution of the severity of the absolute (a) and the relative (b) losses of natural disasters in each prefecture and city of Yunnan Province from 1978 to 2020

由图 2a 可见，1978—2020 年云南省自然灾害综合绝对损失程度分为 5 个等级，特重损失地区是昭通市；重度损失地区是楚雄州、普洱市、大理州、曲靖市、文山州；中度损失地区是丽江市、保山市、临沧市、昆明市、红河州；轻度损失地区是玉溪市、德宏州；微度损失地区是怒江州、迪庆州、西双版纳州。由图 2b 可见，1978—2020 年云南省自然灾害综合相对损失程度亦分为 5 个等级，特重损失地区是丽江市；重度损失地区是昭通市、普洱市、楚雄州、文山州、怒江州、迪庆州；中度损失地区是大理州、临沧市、保山市；轻度损失地区是曲靖市、玉溪市、红河州、西双版纳州；微度损失地区是昆明市、德宏州。

综上，从灾害损失总量来看，损失较重的区域分布在滇东的昭通—曲靖—文山一带，以及滇西的大理—楚雄—普洱地区。从社会经济受影响的程度来看，损失较重的区域分布在滇西的迪庆—怒江—丽江—楚雄—普洱一带，以及滇东的昭通、文山地区。

3 分析与讨论

3.1 各州（市）损失程度对比

按照灾情综合绝对和综合相对指数来划分 1978—2020 年云南省自然灾害绝对损失程度，部分州（市）的结果差异较大，这主要是由 2 个指数的表征不同所造成。为此，需要综合两个指数将灾害损失程度分为 4 类：灾害损失总量较大且对本地产生较大影响（Ⅰ类）、灾害损失总量较大但对本地影响较小（Ⅱ类）、灾害损失总量较小但对本地影响较大（Ⅲ类）、灾害损失总量较小但对本地影响较小（Ⅳ类）（袁艺等，2011）。按照上述分类方法，分别计算云南省各州（市）综合绝对和相对灾情指数的算术平均值，将 2 个指数都大于算术平均值的州（市）划分为Ⅰ类地区，将综合绝对指数大于算术平均值而综合相对指数小于算术平均值的州（市）划分为Ⅱ类地区，将综合绝对指数小于算术平均值而综合相对指数大于算术平均值的州（市）划分为Ⅲ类地区，将 2 个指数都小于算术平均值的州（市）划分为Ⅳ类地区，结果见表 3。

表 3 1978—2020 年云南省各州（市）自然灾害基于灾情综合绝对指数和相对指数的损失程度分区

Tab. 3 Division of loss degree of the absolute indicators and the relative indicators of the natural disaster loss in each prefecture and city of Yunnan Province from 1978 to 2020

自然灾害损失程度分类	州（市）名称
Ⅰ类	昭通市、普洱市、楚雄州、文山州
Ⅱ类	曲靖市、大理州
Ⅲ类	丽江市、怒江州、迪庆州
Ⅳ类	临沧市、保山市、红河州、昆明市、玉溪市、德宏州、西双版纳州

Ⅰ类区域包含昭通市、普洱市、楚雄州、文山州。滇东北的昭通市人口总量全省排名第 3 位，人口密度排名第 2 位，人均 GDP 排名倒数第 1 位，但灾情综合绝对指数居全省之首；滇南的普洱市是全省国土面积最大的地区；滇中的楚雄州人口数量和国土面积均处于全省排名中上位置，也是全省最易发生干旱的区域；滇东南的文山州国土面积全省排名第 3，人口总量排名第 6，人均 GDP 排名倒数第 2。这类区域的特点是人口数量和国土面积全省排名偏上或最高，经济实力全省排名偏下或最低，承灾体总量大，经济欠发达，承灾体易损性高，灾害损失总量较大且对本地产生较大影响。

Ⅱ类区域包含曲靖市、大理州。滇东曲靖市的人口总量和 GDP 全省排名第 2，国土面积排名第 4；滇西大理州人口数量、GDP 和国土面积均排名第 5。这类区域的特点是人口数量、国土面积和经济实力均处于全省排名偏上位置（前 5 位）。承灾体总量大，经济较发达，承灾抗灾及灾后恢复能力强，灾害损失总量较大但对本地影响较小。

Ⅲ类区域包含丽江市、怒江州、迪庆州。这 3 个州（市）均位于滇西北，丽江市人口总量和农作物播种面积全省排名倒数第 4 位，GDP 排名倒数 3 位；怒江州和迪庆州人口总量、农作物播种面积和 GDP 均为全省排名后 2 位。这类区域的特点是人口数量、农作物播种面积和 GDP 均处于全省排名靠后位置（后 4 位）。承灾体总量小，经济不发达，自然环境恶劣，承灾抗灾及灾后恢复能力

弱, 灾害损失总量较小但对本地影响较大。

Ⅳ类区域包含临沧市、保山市、红河州、昆明市、玉溪市、德宏州、西双版纳州。其中昆明市、玉溪市单位经济总量最大, 人均 GDP 全省排名前 2 位; 临沧市、德宏州、西双版纳州、保山市森林覆盖率约为 70% 以上且年均降雨量在 1 000 mm 以上; 德宏州、玉溪市、西双版纳州、保山市国土面积位均为全省排名后 5 位。这类区域的特点是单位经济总量大或部分地区经济高度发达, 承灾体总量小, 森林覆盖率高、降雨量充沛、自然环境条件好, 承灾抗灾及灾后恢复能力强, 灾害损失总量较小但对本地影响较小。

3.2 不同灾种损失程度对比

对 1978—2020 年云南省 9 种自然灾害灾情数据进行统计分析, 43 年间云南省因自然灾害受灾 43 901.5 万人次, 年均受灾 1 020.97 万人, 死亡失踪 12 875 人; 农作物受灾面积 4 011.46 万公顷, 农作物绝收面积 542.04 万公顷; 共造成 179.53 万间房屋倒塌, 1 487.07 万间房屋损坏, 直接经济损失 3 651.14 亿元。为细化不同灾种与各灾情指标之间的关系, 选取 7 个指标统计了 1978—2020 年云南省各灾情指标损失总量中不同灾种的比例, 因部分灾种损失占比太小, 无法标绘, 图中只显示损失占比前 3 名的灾种 (图 3)。

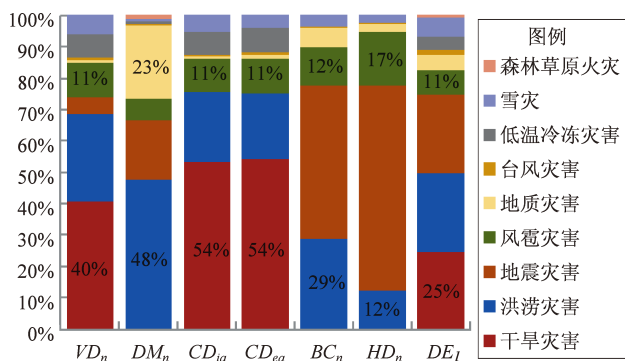


图3 不同自然灾害造成各灾情指标损失比例

Fig. 3 Ratios of the natural disaster losses in Yunnan Province

从图3可见, 受灾人口主要由干旱、洪涝、风雹灾害造成, 占比高达 79%; 死亡失踪人口主要由洪涝、地震、地质灾害造成, 占比高达 90%; 农作物受灾和绝收面积主要由干旱、洪涝、风雹

灾害造成, 占比达 87% 和 86%; 房屋倒塌和损坏间数主要由洪涝、地震、风雹灾害造成, 占比达 90% 和 95%; 直接经济损失主要由干旱、洪涝、地震灾害造成, 占比达 75%, 3 种灾害各占三分之一。从灾种情况来看, 对云南省影响较为严重的灾害类型主要有干旱、洪涝、地震、风雹和地质灾害。干旱灾害会造成大量人口受灾, 大面积农作物受灾甚至绝收, 进而造成直接经济损失。洪涝灾害造成人口受灾、死亡、失踪, 农作物受灾和绝收, 房屋倒塌和损坏, 直接经济损失, 7 个灾情指标所占比例均在前 3 位, 是一种对各类承灾体影响和破坏较重的自然灾害。地震灾害主要造成大量房屋倒损和受损, 人口死亡、失踪及直接经济损失。风雹灾害造成 7 个灾情指标所占比例均在前 4 位, 各灾情指标所占比例为 10% 左右, 所以也是一种对各类承灾体影响较重的灾害。地质灾害主要造成较严重的人口死亡、失踪及一定的房屋倒塌和直接经济损失。

4 结论

本文采用德尔菲法, 选择基本灾情指标以及相关的社会经济指标, 构建自然灾害损失程度评估指标体系, 再引入客观赋权的熵权法和几何平均模型, 对综合灾情指数法的评估过程进行改进, 然后利用改进的综合灾情指数法评估了 1978—2020 年云南省各州 (市) 9 种主要自然灾害损失程度, 并对云南省自然灾害总体损失、各州 (市) 和不同灾种情况、空间分布特征进行了研究, 得出以下结论:

(1) 从灾害损失总量来看, 损失较重的区域分布在滇东的昭通—曲靖—文山一带, 以及滇西的大理—楚雄—普洱地区。从社会经济受影响的程度来看, 损失较重的区域分布在滇西的迪庆—怒江—丽江—楚雄—普洱一带, 以及滇东的昭通、文山地区。

(2) 根据灾情综合绝对指数和综合相对指数, 将云南省 16 个州 (市) 灾害损失程度分成 4 种类型, 即损失总量较大且对本地产生较大影响 (包括昭通市、普洱市、楚雄州、文山州)、灾害损失总量较大但对本地影响较小 (包括曲靖市、大理

州)、灾害损失总量较小但对本地影响较大(包括丽江市、怒江州、迪庆州)、灾害损失总量较小且对本地影响较小(包括临沧市、保山市、红河州、昆明市、玉溪市、德宏州、西双版纳州)。评估结果与各州(市)的实际情况相符,说明本文所给出的改进综合灾情指数法是评估区域灾害损失程度较为实用的方法。

(3) 对云南省影响较为严重的自然灾害类型主要是干旱、洪涝、地震、风雹和地质灾害。干旱灾害主要是造成大量人口受灾,大面积农作物受灾甚至绝收,进而造成直接经济损失,洪涝和风雹灾害对各类承灾体影响和破坏均较重,地震灾害主要造成大量房屋倒损和受损,人口死亡、失踪及直接经济损失,地质灾害主要造成较严重的人口死亡、失踪及一定的房屋倒塌和直接经济损失。

(4) 为使评估结果尽可能客观,本文引入客观赋权的熵权法确定评估指标权重,采用几何平均法计算综合灾情指数,利用自然断点法划分灾害损失程度,这3种方法都是基于数据本身的客观方法。相较现有方法,本文提出的改进综合灾情指数法,在评估指标权重确定时不受专家经验和偏好影响,对具体灾情指标分布偏差较大的数据也不敏感,灾害损失程度的分级能客观准确地揭示各评估区的受灾情况。使用本文改进方法对1978—2020年云南省各州(市)9种主要自然灾害损失程度进行实例应用,验证了本文提出的方法的适用性。

参考文献:

白仙富,戴雨苒,叶燎原,等. 2022. 基于GIS和专家知识的滇西南地区滑坡敏感性模糊逻辑推理方法[J]. 地震研究,45(1):118-131.

陈家宁,孙怀卫,王建鹏,等. 2020. 综合气象干旱指数改进及其适用性分析[J]. 农业工程学报,36(16):7.

程立海,唐宏,周廷刚,等. 2011. 自然灾害强度的评估方法及应用——基于综合灾情指数的研究[J]. 自然灾害学报,20(1):46-50.

邓树荣,曹彦波,张方浩,等. 2017. 基于AHP方法的云南地震现场通信技术系统应急响应模式研究[J]. 地震研究,40(2):277-285.

方成杰,钱德玲,徐士彬,等. 2016. 基于可拓学和熵权的中巴公路泥石流易发性评价[J]. 自然灾害学报,25(6):18-26.

李美娟,陈国宏,陈衍泰. 2004. 综合评价中指标标准化方法研究[J]. 中国管理科学,12(S1):45-48.

李祚泳,杨怀金,燕鹏. 2004. 基于免疫进化算法优化的灾情评估指数公式及效果检验[J]. 高原气象,3(4):553-557.

廖永丰,赵飞,王志强,等. 2013. 2000—2011年中国自然灾害灾情空间分布格局分析[J]. 灾害学,28(4):55-60.

刘军,宋立军,卢永坤,等. 2015. 2014年云南鲁甸M_s6.5地震灾害区域等级划分研究[J]. 地震研究,38(3):426-431.

刘自远,刘成福. 2006. 综合评价中指标权重系数确定方法探讨[J]. 中国卫生质量管理,13(2):44-46.

罗良清,魏和清. 2011. 统计学[M]. 北京:中国财政经济出版社,33-35.

马宗晋,李闯锋. 1990. 自然灾害评估、灾度和对策,中国减轻自然灾害研究[C]//全国减轻自然灾害研究讨论会论文集. 北京:中国科学技术出版社.

邱玉珺,王静爱,邹学勇. 2003. 区域灾情评价模型[J]. 自然灾害学报,12(3):48-53.

史培军,王季薇,张钢锋,等. 2017. 透视中国自然灾害区域分异规律与区划研究[J]. 地理研究,36(8):1401-1414.

唐丽丽. 2011. 基于GIS的台风灾害灾情及风险评估研究[D]. 北京:首都师范大学.

王鹏. 2018. 基于信息扩散理论及数据整合的贵州洪灾风险评价研究[J]. 中国农村水利水电,(2):109-112.

习聪望,何少林,陈文凯. 2016. 地震灾害人口易损性评估——以甘肃省陇南地区为例[J]. 地震研究,39(2):288-294.

袁艺. 2011. 2000—2007年省级区域自然灾害灾情分析[J]. 自然灾害学报,20(1):156-162.

曾玲艳,周文剑,陈庭甫,等. 2018. 基于综合灾情指数方法的2012—2016年江西省自然灾害灾情分析[J]. 安徽农业科学,46(12):64-68.

张方浩,邓树荣,杜浩国,等. 2018. 基于熵权法的云南县域历史地震灾害等级评价[J]. 地震研究,41(2):319-327.

张方浩,卢永坤,邓树荣,等. 2020. 云南地区区域地震灾害特征[J]. 地震研究,43(1):134-143.

张柳红,郑璟,伍红雨,等. 2021. 广东暴雨洪涝灾害损失定量评估[J]. 暴雨灾害,40(1):87-93.

张鹏,张云霞,孙舟,等. 2015. 综合灾情指数——一种自然灾害损失的量化评价方法[J]. 灾害学,30(4):74-78.

张双凤,孙佩卿,李守勇. 2011. 基于层次分析法的地震预警分级研究[J]. 地震研究,34(3):389-395,403.

张星. 2009. 自然灾害灾情的熵权综合评价模型[J]. 自然灾害学报,18(6):189-192.

赵阿兴,马宗晋. 1993. 自然灾害损失评估指标体系的研究[J]. 自然灾害学报,2(3):1-7.

郑美霞,刘玲. 2022. 2011—2020年江西省自然灾害灾情时空特征分析[J]. 自然灾害学报,31(2):233-241.

朱浩,王凯,程向阳,等. 2015. 安徽省雷电灾害特征分析及区域灾情评估[J]. 长江流域资源与环境,24(1):162-168.

Evaluation of the Severity of the Natural Disaster Loss in Yunnan from 1978 to 2020

ZHANG Fanghao, ZHANG Yuanshuo, HE Shifang, XU Junzu, CAO Yanbo, DU Haoguo, DENG Shurong
(*Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, Yunnan, China*)

Abstract

We firstly improve the evaluation process of the comprehensive disaster-index method with the entropy weight method and the geometric mean model. Then we select 7 indicators of 4 elements of the disaster losses including casualties, damage to crops, house collapse, and economic losses from the data of 9 major natural disasters in Yunnan Province from 1978 to 2020 according to the statistics of the Emergency Management Department, social – economic statistics released by the statistics department, and using these 7 indicators we build the absolute and relative indexes of comprehensive disaster losses. Finally, we assess and grade the severity of disaster losses with the improved comprehensive disaster-index method. The results suggest that in terms of total disaster losses, Zhaotong City, Qujing City, Wenshan Prefecture in east Yunnan, and Dali Prefecture, Chuxiong Prefecture, and Pu'er City in west Yunnan suffered from heavy losses. In terms of the impact on social economy, Diqing Prefecture, Nujiang Prefecture, Lijiang City, Chuxiong Prefecture and Pu'er City in west Yunnan, and Zhaotong City, Wenshan Prefecture in east Yunnan suffered from heavy losses. The improved comprehensive disaster-index method helps to avoid the arbitrariness in the whole process of weight determination, index calculation and the loss grading; the assessed losses are in line with the real disaster losses. The improved comprehensive disaster-index method is practical and effective.

Keywords: natural disaster; synthetic indicators of the disaster losses; disaster losses; entropy weight; geometric means; Yunnan Province