

基于信息扩散理论的邢台市农业旱灾风险分析

张瑞清, 李 敏, 陈佳飞, 商慧莲, 商彦蕊

(河北师范大学 资源与环境科学学院 河北省环境演变与生态建设重点实验室, 石家庄 050016)

摘 要:以邢台市 2000—2007 年的统计数据为基础,应用基于信息扩散理论的模糊数学方法,建立邢台市农业旱灾风险评价模型,对邢台旱灾风险进行分析。结果表明:邢台旱灾受灾概率在受灾指数为 10% 时达到峰值,在受灾指数超过 30% 之后几乎为零;成灾风险值显示邢台市在应对旱灾方面已取得显著成效,但该市平均每 1.7 a 遭受到一次受灾面积超过 10% 的旱灾,农业旱灾仍不容忽视。研究结果增加了对邢台市旱情的清楚认识,对区域防灾减灾的可持续发展具有指导意义。

关键词:信息扩散; 农业旱灾; 风险分析; 邢台

中图分类号:P954

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0212-04

Risk Assessment of Agriculture Drought Disaster in Xingtai City Based on Information Diffusion Technique

ZHANG Rui-qing, LI Min, CHEN Jia-fei, SHANG Hui-lian, SHANG Yan-rui

(School of Geograph, Hebei Normal University, Hebei Key Laboratory of
Environment Change and Ecological Construction, Shijiazhuang, Hebei 050016, China)

Abstract: By using the statistical data of Xingtai City in 2000—2007 and the fuzzy mathematical method based on information diffusion principle, risk models of agricultural drought disaster of Xingtai City was established, the drought disaster risk of this city was analyzed. The results show that the damage probability of drought disaster in Xingtai City reaches maximum when the index is 10% and it is almost zero after the index is over 30%; the value of disaster risk shows that Xingtai City has made remarkable achievement in response to drought disaster, but this city suffered a drought that the drought-affected area is more than 10% on average 1.7 a, agricultural drought still cannot be ignored. The results can provide the clear knowledge about drought situation of Xingtai City, and significant guidance for the sustainable development of regional disaster prevention and mitigation.

Key words: information diffusion; agriculture drought disaster; risk analysis; Xingtai City

近年来,在全球气候变暖的背景下,干旱灾害频发,且强度不断增强,气象灾害引发的极端事件日益增多,严重威胁着受影响地区的社会经济和农业生产^[1]。邢台市干旱发生频率高,波及面积广,持续时间长,旱灾次数和旱灾面积逐年增加,进行农业旱灾研究意义重大。

本文基于信息扩散理论对邢台市进行农业旱灾风险分析,采用针对小区域小样本风险评估的模糊数学方法,得出该区旱灾风险估计值,以期对区域灾害风险研究,提供一个尝试性案例。

1 基于信息扩散的农业旱灾模糊风险分析模型

风险分析的传统数学方法是概率统计,即利用研究区历史上不同风险水平灾害的发生频率,得到风险概率分布。但此法进行计算需 30 个以上样本才能得到较为满意的风险评估结果。实际研究中,面对数据缺乏,持有样本量提供的认识风险信息并不完善,具有模糊不确定性^[2]。为了弥补信息不足而考虑优化利用样本模糊信息,采用样本集值化的模糊数学处理

方法^[3]，将一个单值样本的资料信息扩散到指标论域中所有点，挖掘尽可能多的有用的信息，以提高系统风险识别精度的技术称为模糊信息处理技术，最常用的模型是正态扩散模型^[4-7]。其原理如下：

风险指数论域 $U=\{u_1,u_2,u_3,\cdots,u_m\}$ ，设 x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n 为风险因素指标在 n 年的实际测量值，它由可度量的值组成。称 $X=\{x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n\}$ 为样本集合。一个单值的样本 x_i 依式(1)可以将其所带的信息扩散给指标论域 U 上的所有点。

$$f_i(u_j)=\frac{1}{h\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{(x_i-u_j)^2}{2h^2}\right] \quad (1)$$

$$i=1,2,3,\cdots,n;j=1,2,3,\cdots,m$$

其中 h 为扩散系数，可根据样本中最大值 b 和最小值 a 及样本点个数 n 来确定。

计算公式为：

$$h=\begin{cases} 0.8146(b-a) & n=5 \\ 0.5690(b-a) & n=6 \\ 0.4560(b-a) & n=7 \\ 0.3860(b-a) & n=8 \\ 0.3362(b-a) & n=9 \\ 0.2986(b-a) & n=10 \\ 2.6851(b-a)/(n-1) & n\geq 11 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{令: } C_i=\sum_{j=1}^m f_i(u_j) \quad (3)$$

可定义样本值相对应的模糊子集的隶属函数为：

$$\mu_{x_i}(u_j)=\frac{f_i(u_j)}{C_i} \quad (4)$$

$$\text{由于 } \sum_{i=1}^n \mu_{x_i}(u_j)=1 \quad (5)$$

故称 $\mu_{x_i}(u_j)$ 为样本点 x_i 的归一化信息分布。对 $\mu_{x_i}(u_j)$ 进行处理，就可以得到一种效果较好的风险评估结果。

$$\text{再令 } q(u_j)=\sum_{i=1}^n \mu_{x_i}(u_j) \quad (6)$$

其物理意义是：由观测样本集合 $X=\{x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n\}$ ，经过信息扩散推断出，如果灾害指标观测值只能取 $U=\{u_1,u_2,u_3,\cdots,u_m\}$ 中的一个，在将 x_i 看作样本代表时，观测值为 u_j 的样本点个数为 $q(u_j)$ 。显然， $q(u_j)$ 通常不是一个正整数，但一定是一个不小于零的数。

$$\text{再令 } Q=\sum_{j=1}^m q(u_j) \quad (7)$$

Q 事实上就是各 u_j 点上样本点数的总和，从理论上讲，必有 $Q=n$ ，但由于数值计算四舍五入的误差， Q 与 n 之间略有差别。

$$p(u_j)=\frac{q(u_j)}{Q} \quad (8)$$

$p(u_j)$ 就是样本落在 u_j 处频率值(概率值)，可以作为概率的估计值。对于某一指标 $X=\{x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n\}$ ，通常可将分析的指标值 x_i 取为论域 U 中某一个 u_j ，那么其超越概率值应为：

$$P(u_j)=\sum_{k=j}^m p(u_k) \quad (9)$$

$P=\{P_1,P_2,P_3,\cdots,P_m\}$ 称为旱灾因子风险值。如果论域指标是灾害损失值，则成为旱灾损失风险值。

2 指标选取及数据来源

对灾害风险进行定量估算，必须选取可行性指标。灾害损失(货币度量)随社会发展逐年增加，不符合数据的一致性要求，选取受灾指数、成灾指数等指标，相对而言有较好的一致性，可当作随机变量进行频率分析^[8]。研究数据来自那台统计年鉴和河北农村统计年鉴(1999—2008 年)，旱灾灾情及气候数据见表 1。本文采用旱灾受灾指数(受灾率)、成灾指数(成灾率)作为风险指数进行旱灾风险分析，定义：受灾(成灾)率=旱灾受灾(成灾)面积/总播种面积

表 1 那台 2000—2007 年农业旱灾灾情统计及年降水量

年份	旱灾受灾面积/hm ²	旱灾成灾面积/hm ²	总播种面积/hm ²	受灾率	成灾率	年降水量/mm
2000	166489	97875	1015420	0.1640	0.0964	799.2
2001	132878	72174	962464	0.1381	0.0750	373.9
2002	141996	97435	937028	0.1515	0.1040	352.3
2003	87409	54640	908157	0.0962	0.0602	649.9
2004	42066	24744	877434	0.0479	0.0282	560.0
2005	47204	23352	917411	0.0515	0.0255	433.7
2006	93182	46775	923332	0.1009	0.0507	460.6
2007	54173	24639	924872	0.0586	0.0266	501.4

3 实例分析

3.1 那台市概况

那台市位于河北省南部，北纬 36°50′—37°47′和东经 113°52′—115°49′之间，面积 12 486 km²，截止到

2007 年农业人口 5 180 178 人，占市总人口数的 74.6%。年末耕地总面积占全市面积的 52%，是河北省主要农业地市之一。本区属暖温带半湿润大陆性季风气候，春旱风大，夏热多雨，秋凉时短，冬寒少雪。自西而东为山地、丘陵、平原阶梯排列，地貌、土壤类型齐

全,因水资源短缺、降水时间和空间上分布不均匀导致水土资源组合条件较差,是典型的旱灾区,农业生产受旱灾影响最为严重^[9]。该市兼有华北平原和太行山区两大地形区的典型特征,以邢台市为例进行旱灾风险研究,对华北平原和太行山区的农业生产系统可持续发展有积极意义。

3.2 邢台市农业旱灾特点

3.2.1 降水影响显著 区域降水对农作物的产量影响巨大,降水的不稳定性和降水量的不足,使农业干旱可以发生在作物生长的任何阶段^[10]。2000—2007 年邢台市全年平均降水量 516 mm,由于降水季节变率大,降水量、降水时间与农作物的生长期需水量不匹配,造成作物生育期缺水严重。由表 1 看出,各年份降水量的高低与成灾率的大小大体相一致,处于年平均降水量以上的年份成灾率较低,反之较高。个别年份的差异跟人工灌溉程度等因素有关。

3.2.2 春旱多发突出 受所处气候带影响,春季多风少雨,最易形成旱灾。据资料统计,受旱的年内变化显示,春旱最多,发生频率达 84%~94%,初夏旱频率为 25%~45%,伏旱频率 10%~30%,秋旱频率为 20%~33%^[11]。春季是该区主要作物生长周期的关键期,春旱的高发严重威胁本区粮食产量,因此,春旱是造成经济损失的关键因素之一,也是邢台旱情最突出的特点之一。

3.2.3 地域空间差异 大气降水、农田灌溉和土壤保水能力三大要素组合的地域分布不同,导致干旱发生频率、受灾面积存在明显的地域差异。该市中低山区旱灾面积较小,成灾率为 30%~50%;东部低平原为较早区,成灾率为 20%~30%。山麓平原为少旱区,成灾率在 20%以下,且大旱较少(表 2)。

3.3 邢台市农业旱灾风险分析

设 $X_j (j=1, 2, \dots, 8)$ 分别为 2000 年, 2001 年, \dots , 2007 年邢台市农作物旱灾受灾面积与总播种面积的比值,即旱灾受灾率 X_j 。同理 $x_j (j=1, 2, \dots, 8)$ 分别为 2000 年, 2001 年, \dots , 2007 年邢台市农作物旱灾成灾面积与总播种面积的比值,即旱灾成灾率 x_j (见表 1)。旱灾受灾(成灾)指数是衡量相对损失的指标,较客观地反映出旱灾的受灾风险情况。由于样本数量较少,故选用基于信息扩散理论的模糊风险分析模型,考虑计算精度需要,取受灾(成灾)指数论域 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_m\}=\{0, 0.01, \dots, 1\}$, 将 X_j 和 x_j 按上述公式(1)~(9)进行计算,可以计算出旱灾受灾(成灾)风险估计值,并做出旱灾受灾指数的概率密度曲线及超越概率密度曲线如图 1 和图 2 所示。

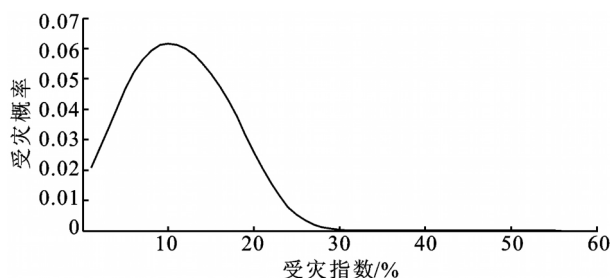


图 1 邢台市旱灾受灾率概率密度曲线

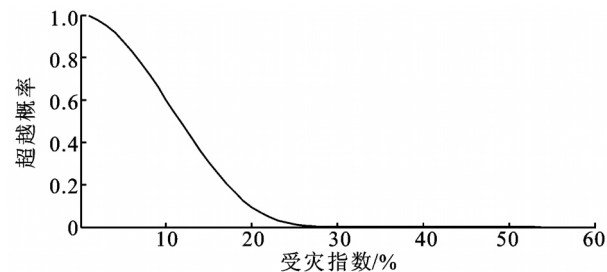


图 2 邢台市旱灾受灾率超越概率密度曲线

表 2 邢台市农业旱灾风险分析结果

受灾指数/%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
风险估计值	0.60143	0.09413	0.000671	6.17E-08	5.05E-14	3.22E-22	1.51E-32	5.05E-45	1.19E-59	1.93E-76
成灾指数/%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
风险估计值	0.27373	0.00068	1.49E-10	8.46E-22	1.00E-37	2.31E-58	1.01E-83	8.31E-114	1.27E-148	3.64E-188

由图 1 得到任何受损区间上的概率值,从而推断出不同灾情水平发生的可能性大小。邢台旱灾受灾率在 10%的可能性最大,超过 30%受灾可能性的发生概率很小。图 2 曲线有一个从凸到凹的趋势,说明对应的概率密度曲线有一个极大值点,与图 1 所反映的情况相符,该曲线坡度较陡,表明旱灾发生的情况相对集中,确定在一定范围内,风险性较低。表 2 受灾指数为 10%的风险估计值为 0.601 43,即 $\geq 10\%$ 的概率为 0.601 43。就是说,在邢台平均每 1.7 a 就要遭受到一次受灾面积超过 10%的旱灾。同理,受

灾面积超过 20%的概率为 0.094 13,即平均每 10.6 a 就有一次受灾面积为 20%的旱灾。这说明,邢台出现受灾面积到 10%的灾情,几乎是每年一次,而达到 20%以上受灾面积的旱灾十年一遇,邢台旱灾的发生频率和强度对农业的影响是比较严重的,是危害农业生产的主要自然灾害之一。将计算的成灾风险值与受灾风险值对照,风险性的概率要低许多,说明邢台在应对旱灾采取的抗旱措施已取得了显著成效,进一步分析其对旱灾适应性有更深远的意义。将表 3 成灾指数概率分布与图 3 旱涝保收率进行对照,不同年

份成灾指数概率的大小与旱涝保守率的整体走势比较一致。无论风险性的高低变化,图3显示旱涝保守率的整体趋势是逐年提高,其影响因素综合复杂,包括自然和人为因素的诸多方面,对其因素的分析还有待进一步探讨。

表3 2000—2007年邢台市成灾指数概率分布

年份	成灾指数	概率	年份	成灾指数	概率
2000	0.0964	0.079076	2004	0.0282	0.077716
2001	0.0750	0.092982	2005	0.0255	0.062825
2002	0.1040	0.069717	2006	0.0507	0.095066
2003	0.0602	0.096098	2007	0.0266	0.062825

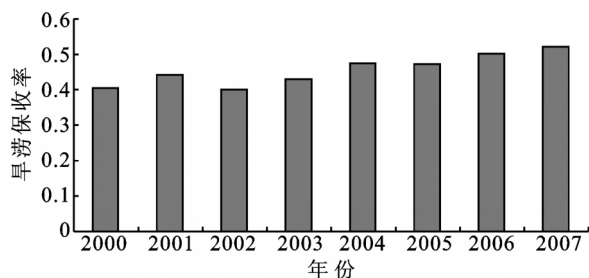


图3 2000—2007年邢台市旱涝保守率变化情况

4 结论

运用评估模型对邢台市2000—2007年8a的统计数据进行了风险评估,得出旱灾影响的时间频率和损失程度的概率分布,简明直观,便于对邢台旱情有更清楚的认识。

邢台旱灾几乎连年发生,受损程度主要集中在10%~20%,加之冻害、风灾等其它灾害的影响,对于以农业为主要产业的邢台市十分不利,农业旱灾不容忽视。要求有关部门,加强旱情监测,抓好农田水利设施建设,合理利用水资源,建立完善的农业防灾减灾体系,将灾害损失降到最低限度。

自然灾害风险分析对数据的要求往往很高,尤其小区域的数据缺乏,无法使用传统的概率统计方法,本文采用的数据量虽小,利用模型得出风险分析结果与实际情况相符,有其实用性,对邢台农业旱灾的灾害研究理论体系的完善有所帮助,对区域防灾减灾的可持续发展也有一定意义。

参考文献:

- [1] 何斌,武建军,吕爱锋. 农业干旱风险研究进展[J]. 地理科学进展,2010,29(5):557-559.
- [2] 黄崇福. 自然灾害风险评价理论与实践[M]. 北京:科学出版社,2005:180-183.
- [3] 梁保松,曹殿立. 模糊数学及其应用[M]. 北京:科学出版社,2007:15-38.
- [4] 王积全,李维德. 基于信息扩散理论的干旱区农业旱灾风险分析:以甘肃省民勤县为例[J]. 中国沙漠,2007,27(5):827-829.
- [5] 孙才志,张翔. 基于信息扩散技术的辽宁省农业旱灾风险评估[J]. 农业系统科学与综合研究,2008,24(4):507-510.
- [6] 张俊香,李平日,黄光庆,等. 基于信息扩散理论的中国沿海特大台风风暴潮灾害风险分析[J]. 热带地理,2007,27(1):11-14.
- [7] 田敏,聂素芬,刘菲,等. 昆明市东川区农业旱灾风险区识别研究[J]. 灾害学,2011,26(1):41-42.
- [8] 卢峰本,黄滢. 基于信息扩散理论的水产养殖灾害风险评估[J]. 广西气象,2006,27(2):22-23.
- [9] 商慧莲. 农业旱灾系统恢复及其驱动影响因素初探:以河北省邢台市为例[D]. 石家庄:河北师范大学,2010.
- [10] 商彦蕊,史培军. 自然灾害系统脆弱性研究[M]. 西安:西安地图出版社,2004:124-126.
- [11] 李玉平,张义文. 邢台市土地生态环境保护与整治[J]. 邢台学院学报,2005,20(4):98-99.

(上接第211页)

- [7] 胡建忠,郑佳丽,沈晶玉. 退耕地人工植物群落根系生态位及其分布特征[J]. 生态学报,2005,25(3):481-490.
- [8] 杨正礼. 我国西北地区退耕地植被恢复基本途径与模式探讨[J]. 中国人口·资源与环境,2004,14(5):36-41.
- [9] 王俊明,张兴昌. 退耕草地演替过程中的碳储量变化[J]. 草业学报,2009,18(1):1-8.
- [10] 李世东,吴转颖. 中西部地区退耕还林还草模式探讨[J]. 林业科学,2002,38(3):154-159.
- [11] 谌红辉,方升佐,丁贵杰,等. 马尾松人工同龄纯林自然稀疏规律研究[J]. 林业科学研究,2010,23(1):13-17.
- [12] 王宁,贾燕锋,焦菊英,等. 陕北安塞退耕地持久土壤种子库与地上植被的对应关系[J]. 中国水土保持科学,2009,7(6):51-57.
- [13] 王继和,马全林,刘虎俊,等. 干旱区沙漠化土地逆转植

被的防风固沙效益研究[J]. 中国沙漠,2006,26(6):903-909.

- [14] 蒋德明,宗文君,李雪华. 科尔沁西部地区荒漠化土地植被恢复技术研究[J]. 生态学杂志,2006,25(3):244-248.
- [15] 玉宝,王百田,乌吉斯古楞. 干旱半干旱区人工林密度调控技术研究现状及趋势[J]. 林业科学研究,2010,23(3):472-477.
- [16] 陈刚,孙国荣,彭永臻,等. 星星草(*Puccinellia tenuiflora*)人工草地氮素积累对松嫩盐碱草地植被演替的影响[J]. 生态学报,2008,28(5):2031-2041.
- [17] 朱虹,祖元刚,王文杰,等. 盐碱地的植被恢复与盐碱地改良方法的评述[J]. 吉林林业科技,2007,36(5):14-21.
- [18] 张丽珍,牛伟,牛宇,等. 柠条对盐碱地植被组成及土壤特性的影响[J]. 生态学报,2009,29(9):4693-4699.