DOI:10.19789/j.1004-9398.2015.01.017

我国水资源短缺风险评估及空间分析*

王琛茜[1,2] 张玉虎[2*] 沈 涛[1]

(1. 北京建筑大学测绘与城市空间信息学院, 100044; 2. 首都师范大学资源环境与旅游学院,北京 100048)

摘 要

水资源短缺风险评价是目前风险领域研究的热点. 为分析中国水资源的短缺程度,根据水资源系统存在的风险构建了水资源短缺风险评价指标体系及可变模糊模型,基于熵权与层次分析法(AHP)确定了指标权重,对全国80个二级流域水资源风险开展评估. 结果表明: 1) 水资源风险评价指标体系及模型可以解释各流域现状水资源短缺风险; 2) 熵权法与层次分析法(AHP)结合更为合理的确定指标权重; 3) 基于GIS的风险区划表明我国水资源短缺风险空间差异较大,存在不同程度的风险. 研究结果为国家宏观水资源管理及风险应对提供决策参考.

关键词: 水资源风险,指标体系,可变模糊模型,二级流域.
中图分类号: P964

0 引 言

水资源风险评估是近年来研究的热点[1-7]. 20世纪80年代以来,国际上开展了大量有关水资源短缺研究[8-11]. 水资源风险问题也日益得到国际社会及学术界的关注,因为随着气候变化以及人类活动影响,水资源就显得越来越短缺[12-14].

综合国内外已有研究,在风险评价方法上主要有模糊风险方法[15-18]、极值统计学方法[19]、支持向量机方法[20]、概率风险模型[21]、最大熵风险分析方法[22]等. 在研究思路上大体分为风险概率的建模与评估[18],指标模型的构建[23-25],以及动态情景模拟[26-27]; 在研究区尺度上多见于某个流域(区域)尺度[15,28],或者以行政区域为单位的水资源系统的风险评价[29,30],鲜有全国尺度的水资源短缺风险评估[31,32]; 全国尺度的水资源短缺相关研究有: 王建生[27]构建指标体系分析我国各地区的水资源紧缺程度,李九一[24]在全国尺度上开展了区域发展水资源支撑能力的研究. 马黎[33]采用缺水率、人均缺水量和缺水边际损失3个指标对全国二级水资源分区的缺水风险进行了综合评价.

本文是在文献综述基础上,构建水资源系统短缺风险评估模型,利用可变模糊集方法、熵权及AHP法确定指标体系及权重,对全国80个二级流域进行了水资源短缺风险评价. 全文主要内容: 1) 构建了水资源短缺风险指标体系及模型; 2) 水资源指标权重计算; 3) 全国水资源风险评价; 4) 结论及应对启示.

收稿日期: 2014-03-11
* 国家科技支撑计划课题(2012BAC19B03)

1 研究方法

1.1 指标权重

1.1.1 熵权法

熵是热力学中的概念,由Shannon最先引入信息论[34,35]. 熵权法表征评价指标提供信息量的大小,熵权法赋权是一种客观赋权方法[36].

设有 m 个评价指标,n 个评价对象,则形成原始数据矩阵 $X=(x_{ij})_{m\times n}$,对于某项指标 i,指标值 x_{ij} 的差异越大,则该指标在综合评价中所起的作用越大. 用熵权法确定权重如下[37]:

1) 原始数据矩阵进行标准化

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

式中 r_{ij}——第 j 个评价对象在第 i 个评价指标上的标准值,$r_{ij}\in[0,1]$. 对大者为

2) 定义熵

在有 m 个评价指标,n 评价对象的评估问题中,第 i 个指标的熵定义为:

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$H_i = -k\sum_{j=1}^{n} f_{ij}\ln f_{ij}, \quad i = 1,2,3,\cdots,m$$

3) 定义熵权

定义了第 i 个指标的熵之后,第 i 个指标的熵权定义为:

$$w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^{m} H_i}$$

式中 $0 \leqslant w_i \leqslant 1$,$\sum_{i=1}^{m} w_i = 1$.

1.1.2 层次分析法

层次分析法[38] (Analytic Hierarchy Process, AHP) 是由美国运筹学家 Saaty T. L. 于 20 世纪 70 年代提出的,是一种解决多目标复杂问题的定性与定量相结合的、系统化的、层次化的决策分析方法. 其基本思想是在建立有序层次结构的基础上,通过两两比较确定各层元素对上层元素的权重,最后综合计算最底层元素对总目标的权重. 具体步骤如下:

1) 建立层次结构图

将决策过程分为 3 个层次,目标层,准则层和方案层,每层有若干个元素,上层元素支配下层元素.

2) 构造判断矩阵

构造判断矩阵是为了确定各层元素相对上层元素的权重,矩阵表示同一层次上各元素对上层某元素相对重要性的判断值,由若干专家或有经验的实地工作人员给出.

3) 从高层到底层计算各层元素的权系数及同一层次的组合权系数.

4) 一致性检验.

构造判断矩阵时,为了避免出现判断的不一致性,还需对判断矩阵进行一致性检验.

1.1.3 基于 AHP 和熵权法赋权的评价指标权重的确定

熵权法是考虑各评价指标所含信息量的方法,是一种客观评价的方法,而并未表示决策评估问题中评价指标实际意义上的重要性系数,层次分析法考虑指标现实意义. 利用客观权重与主观权重相结合的方法确立指标的综合权重,兼顾数据的内在联系和关键指标的划分[39].

1) 利用熵权法计算评价指标的客观权重[40]

$$w_i^* = (1 - H_i) / [n - \sum_{i=1}^{n} H_i]$$

式中,$i = 1,2,\cdots,n$,且满足 $\sum_{i=1}^{n} w_i^* = 1$

2) 采用层次分析法算出各评价指标的主观权重 w'

3) 计算评价指标的综合权重

$$w_i = (w_i^* w'_i) / \sum_{i=1}^{n} w_i^* w'_i$$

1.2 可变模糊模型

可变模糊模型在水资源风险评价中是一种新的研究思路[41,42]. 该模型是基于陈守煜提出的工程可变模糊集理论与模型,在感兴趣的领域确定隶属度函数的模糊子集. 水资源利用的可持续性与不可持续性、水资源承载能力的强与弱,气候变化对水资源影响评估的大与小等概念,都是可变的模糊概念[43]. 可变模糊集合评价方法能够科学、合理地确定样本指标对各级指标标准区间的相对隶属度和相对隶属函数,并且能够通过变化模型及其参数,合理地确定出样本水资源承载能力的评价等级,提高对样本等级评价的可信度[44]. 可变模糊模型如下:

$$v_A(u)_h = \frac{1}{1 + [d_{gh}/d_{bh}]^a}$$

式中 A 为优化准则参数,A = 2 时优化准则为最小二乘方准则,A = 1 时优化准则为加权最小一乘方准则. 其中的参数 A 和 p 可有 4 种搭配,即

$$\alpha = 1\begin{cases} p = 1 \\ p = 2 \end{cases} \qquad \alpha = 2\begin{cases} p = 1 \\ p = 2 \end{cases}$$

2 结果与分析

2.1 指标体系构建与权重计算

1) 评价指标体系

Renfore[45] 等认为风险评估应该包括两个主要方面: 危险性(Threat)评估和脆弱性(Vulnerability)评估; Mileti[46,47] 等认为自然灾害风险评价指标为: 危险发生的概率(Probability)、暴露性(Exposure)和脆弱性(Vulnerability). 综合国内外指标体系的构建,本文从水资源系统风险因子的可能性、由此带来的损失以及系统自身的恢复能力几方面来构建风险评估指标体系. 考虑到全国有 10 大一级流域(80 个二级流域),将全国 80 个二级流域区做为评估单元,将指标分类为危险性指标,脆弱性指标,暴露性指标和可恢复性指标(表 1). 数据来源为 2011 年的《全国水资源公报汇编》、《中国统计年鉴》、《中国农业统计年鉴》、《中国工业统计年鉴》.

2) 评价标准

指标隶属度是表征评价指标隶属于水资源风险的程度. 根据不同指标的多年平均标准或已有标准将隶属度分为 5 级. 各项指标隶属度的分级标准见表 2.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　评价指标体系

目标层	一级指标层	权重	二级指标层	权重
中国水资源风险评估指标 V	危险性 U1	W1	年均降水量 (C1)	W11
			径流系数 (C2)	W12
			缺水率(WRD) (C3)	W13
	易损性 U2	W2	人均水资源量 (C4)	W21
			水资源开发利用率 (C5)	W22
			人均 GDP (C6)	W31
	暴露性 U3	W3	人口密度 (C7)	W31
			耕地率 (C8)	W33
			万元工业耗水 (C9)	W34
	可恢复性 U4	W4	生态环境适水比例 (C10)	W35
			植被覆盖度 (C11)	W41
			水利设施占地率 (C12)	W42

表 2　指标隶属度分级标准

一级指标	二级指标	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
危险性	降水量	>3 285	2 350 ~3 285	1 415 ~2 350	480 ~1 415	<480
	径流系数	>60%	45% ~60%	30% ~45%	15% ~30%	<15%
	缺水率	<1%	1% ~5%	5% ~15%	15% ~20%	>20%
易损性	人均水资源量(亿 m^3/人)	>1 700	1 700 ~3 000	1 000 ~1 700	500 ~1 000	<500
	水资源开发利用率	<30%	30% ~50%	50% ~70%	70% ~90%	>90%
暴露性	人均 GDP	>6	4. 5 ~6	3 ~4. 5	1. 5 ~3	<1. 5
	人口密度	<7%	7% ~14%	14% ~21%	21% ~28%	>28%
	耕地率	<10%	10% ~20%	20% ~30%	30% ~40%	>40%
	万元工业耗水	<150	150 ~300	300 ~450	450 ~600	>600
	生态环境适水比例	<1%	1% ~2%	2% ~3%	3% ~4%	>4%
可恢复性	植被覆盖度	>90%	70% ~90%	50% ~70%	30% ~50%	<30%
	水利设施占地率	>1. 0%	0. 7% ~1. 0%	0. 4% ~0. 7%	0. 1% ~0. 4%	<0. 1%

3) 指标权重

由表 3 可以看出,在主观权重的确立过程中,由于缺水率与水资源开发利用率两个指标在评价过程中比较重要,在比较过程中加大此类指标的权重,而万元工业耗水、生态环境适水比等指标数据部分缺失,且对于水资源短缺风险的程度贡献不大,此类指标权重放小. 最终指标权重确定如下.

表 3　指标综合权重

U1	U2	U3	U4	
C1 0. 285 1				
C2 0. 062 3 0. 361 8				
C3 0. 652 7				
C4	0. 75	0. 327		
C5	0. 25			
C6		0. 382 4		
C7		0. 330 2		
C8		0. 150 3 0. 163 5		
C9		0. 088 6		
C10		0. 048 6		
C11			0. 666 7	0. 1477
C12			0. 333 3	

2. 2　中国水资源风险评价分析

1) 一级指标评价分析

从评价结果看(图 1(a)),水资源短缺危险性评价结果呈现北方高,南方低,东部高,西部低的地域差异. 黄河中下游,淮河流域,海河流域等为水资源短缺的高危区,一是环境因素,包括气候、水文、地貌等,北方地区处于干旱、半干旱区域,年降水量较少,水资源补给能力差. 黄河中游处于黄土高原区域,特殊的地貌条件限制其水资源储备能力,形成水资源短缺; 二是社会因素,特别是北方一些密集人口城市,用水量大且其中,供水紧张,缺水率高.

易损性从空间分布结果来看(图 1(b)),黄河中游,海河北系,西北部分区域等流域等级较高. 易损性的构成指标包括人均水资源量与水资源开发利用率,人均水资源量越大,水资源开发利用率越高(即越接近国际警戒线),该区域的缺水敏感性越大. 由 2011 年水资源公报数据计算值可知,海河北系 2011 年水资源开发利用率高达 1. 29(远高于当年全国平均值),而人均水资源量仅为 0. 008(亿 m^3/人).

暴露性是用水主体处在不利影响(缺水)的位置,暴露性指标综合考虑社会经济发展,人类活动,工农业,生态等因素. 由全国分级图可以看出(图 1

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(c)),暴露性程度呈带状分布. 西北诸河地区,黄河上游,松辽流域暴露程度都相当高,这与当地的社会用水需求是密不可分的. 而海河流域和东南诸河部分区域暴露性也偏高,在供水发生短缺的时候,此类区域也容易受到其影响.

可恢复性考虑自然恢复力与人为干预. 西北沙漠地区常年干旱,植被稀少,水利设施较少,其恢复能力较弱. 而东南地区,尤其是长江流域,雨量丰沛,植被茂盛,水利设施较多,在出现供水问题时能相对较快做出响应,恢复到正常水平(图 1(d)).

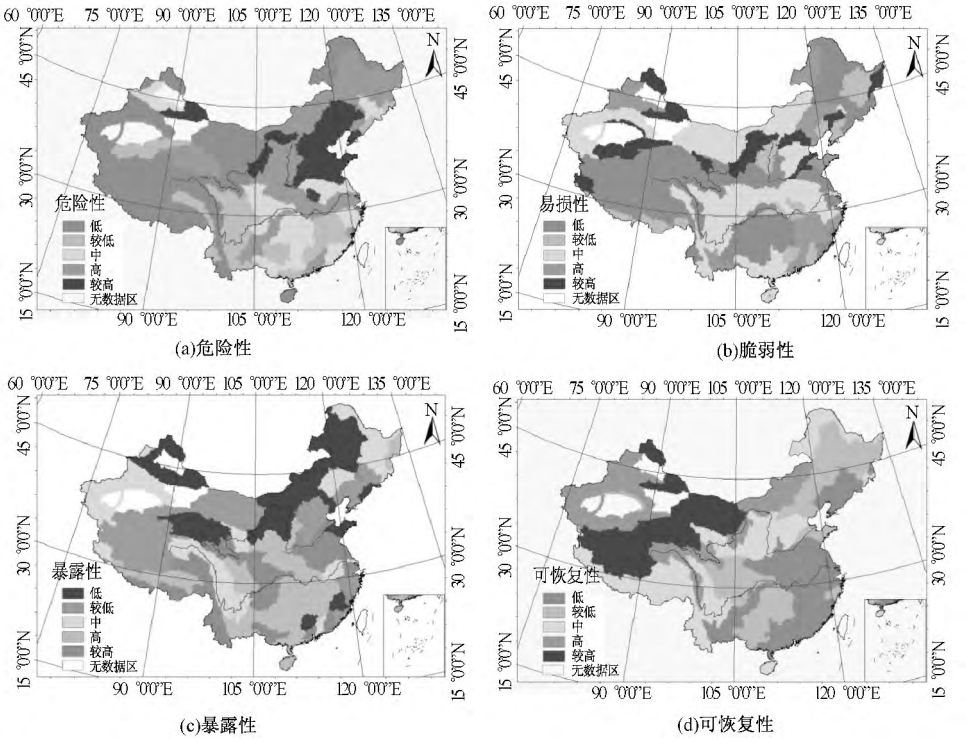


图 1 一级指标风险区划

2) 全国水资源风险空间差异

从评价结果可以看出,我国水资源短缺风险状况呈明显的地域差异. 总的来说为北高南低,东高西低,这与已有研究相符[24,48,49]. 乌苏里江、辽河干流、西辽河、滦河及冀东沿海、海河北系、海河南系、徒骇马颊河、花园口以下、吐哈盆地小河、塔里木河干流、浙东诸河、珠江三角洲流域处于高风险等级,占全国面积的 9.4%(表 4). 东辽河、内蒙古内陆河、山东半岛沿海诸河、汉江、淮河上游(王家坝以上)、湖口以下干流、东江、天山北麓诸河次之,占全国面积的 10.3%. 松花江流域大部、淮河流域大部、长江流域大部分以及东南诸河部分处于中等水平,占全国面积的 25.1%. 而西南诸河风险等级较小,这与其自然条件与人文环境有极大关系,风险等级较小的区域共占全国面积的 45.2%. 古尔班通古特荒漠区、塔里木盆地荒漠区属于无人区,无数据,暂不评价.

表 4 水资源较高风险流域

二级流域代码	二级流域名称	风险值
A060000	乌苏里江	4.569 662
B010000	西辽河	4.629 237
B030000	辽河干流	4.750 76
C010000	滦河及冀东沿海	4.672 055
C020000	海河北系	4.807 107
C030000	海河南系	4.507 649
C040000	徒骇马颊河	4.966 092
D030000	兰州至河口镇	5
D070000	花园口以下	4.790 38
D080000	内流区	4.735 682
H070000	珠江三角洲	4.486 257
K050000	吐哈盆地小河	4.804 588
K120000	塔里木河干流	4.654 778

3 结 论

本文构建全国范围的水资源短缺风险评估指标体系,构建了结合熵权法与层次分析法确定权重的可变模糊评价模型,对全国 80 个二级流域水资源风

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

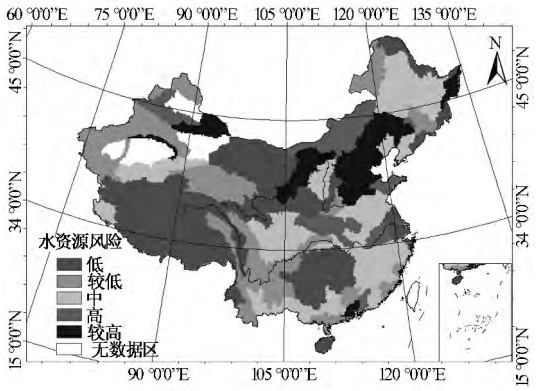


图 2　中国水资源短缺风险区划

险开展评估. 结果表明

1) 水资源短缺风险评估模型评价结果和我国实际水资源短缺问题基本一致,表现出了方法的适用性;

2) 熵权法反映指标的信息量,层次分析法考虑指标现实意义,二者结合兼顾指标主客观权重,提高评价结果合理性;

3) 我国水资源二级区的空间分布总的来说,北方风险等级较高,尤其是海河流域、淮河流域以及黄河下游; 而南方水网丰富,降雨较多,相对比较湿润. 西部地区以高原和沙漠居多,来水并不丰富,但考虑到其人口分布,工农业需水等因素,综合风险并没有黄淮海地区高,而是出于中等偏低的风险等级;

4) 全国水资源短缺风险程度与自然禀赋,社会因素密切相关,研究结果直观表现现阶段水资源短缺的程度,同时为水资源的战略规划提供依据;

5) 由于资料有限,作为全国尺度水资源短缺风险的尝试,构建的指标体系及模型尚有不完善之处,对水资源系统机理及动态研究将是今后深入探讨的问题.

参 考 文 献

[1] Yacov, Y. H.. Integrated risk and uncertainty assessment in water resources within a multi – objective framework. Journal of Hydrology, 1984: 405 – 417.

[2] Frank, A Ward, Ari Michelson. The economic value of water in agriculture: Concepts and policy applications. Water Policy, 2002, 4(5): 423 – 446.

[3] Tidwell, V. C., J. A. Cooper and C. J. Silva. Threat assessment of water supply systems using Markova latent effects modeling. J Water Resources Plan Manage, 2005, 131(3): 218 – 227.

[4] Sekar, I. and T. O. Randhir. Spatial assessment of conjunctive water harvesting potential in watershed systems . Journal of Hydrology, 2007: 39 – 52.

[5] Zhou, Q., P. S. Michelson, K. Halona and K. Arnsberg-Nielsen. Framework for economic pluvial flood risk assessment considering climate change effects and adaptation benefits . Journal of Hydrology, 2012: 539 – 549.

[6] Nan, L., G. Sun, X. M. Feng and B. J. Fu. Water yield responses to climate change and variability across the North–South Transect of Eastern China (NSTEC). Journal of Hydrology, 2013, 481: 96 – 105.

[7] Lim, Y. P. and G. H. Huang. Risk analysis and management for water resources systems . Stoch Environ Res Risk Assess, 2013, 27: 593 – 597.

[8] Luism S. P., O. Theib and Z. Abdelaziz. Irrigation management under water scarcity . Agricultural Water Management, 2002: 175 – 206.

[9] Martin-Carrasco, F J and L. Garrote. Drought-induced Water Scarcity in Water Resources Systems. Nato Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences, 2007, 78(4): 301 – 311.

[10] Kala, V., D. G. Sunil and P. Assela. Managing urban water supplies in developing countries– Climate change and water scarcity scenarios Original. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 2008: 330 – 339.

[11] Jauad, E. K., E. S. Alaa, G. Noreddine and M. Eric. Water scarcity and drought in WANA countries. Procedia Engineering, 2012: 14 – 29.

[12] 任国玉,姜 彤,李维京等. 气候变化对中国水资源情势影响综合分析 [J]. 水科学进展,2008,19(6): 772 – 779.

[13] 夏军,Thomas Tanner,任国玉等. 气候变化对中国水资源影响的适应性评估与管理框架 [J]. 气候变化研究进展, 2008,4(4): 215 – 219.

[14] 李峰平,章光新,董李勤. 气候变化对水循环与水资源的影响研究综述 [J]. 地理科学, 2013, 33(4): 457 – 464.

[15] 周长春. 黄河下游引黄灌区水资源短缺风险下承载力分析 [J]. 地理与地理信息科学,2009, 25(5): 89 – 92.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[16] 解建仓,阮本清,罗军刚. 基于熵权的水资源短缺风险模糊综合评价模型及应用[J]. 水利学报,2008,39(9):1092-1097.
[17] 钱龙霞,王红瑞,蒋国荣,俞淞. 基于 Logistic 回归和 NFCA 的水资源供需风险分析模型及其应用[J]. 自然资源学报,2011,26(12):2039-2049.
[18] 顾文权,邵东国,阳书敏. 南水北调中线调水后的汉江中下游干流供水风险评估[J]. 南水北调与水利科技,2005,3(4):19-21.
[19] 傅湘,王丽萍,纪昌明. 极值统计学在洪灾风险评价中的应用[J]. 水利学报,2001(7):6210.
[20] 黄明聪,解建仓,阮本清,等. 基于支持向量机的水资源短缺风险评价模型及应用[J]. 水利学报,2007,38(3):255-259.
[21] 王红瑞,钱龙霞,许新宜,王岩. 基于模糊概率的水资源短缺风险评价模型及其应用[J]. 水利学报,2009,40(7):813-821.
[22] 韩宇平,王永兵,冯小明. 基于最大熵原理的区域水资源短缺风险综合评价[J]. 安徽农业科学,2011,39(1):397-399.
[23] 李自珍,何俊红. 生态风险评价与风险决策模型及应用——以河西走廊荒漠绿洲开发为例[J]. 兰州大学学报(自然科学版),1999,35(3):149-156.
[24] Suter,G. W. Predistive risk assessments of chemicals. Chapter,Ecological risk assessment . Lewis Publishers. Boca Raton,Ann Arbor,1993,3:49-90.
[25] 王建生,徐子恺,姚建文. 水资源紧缺程度评价指标[J]. 水利规化,1998:32-36.
[26] 苏布达,姜 彤,郭业友,Marco GEMMER. 基于 GIS 栅格数据的洪水风险动态模拟模型及其应用[J]. 河海大学学报(自然科学版),2005,33(4):370-374.
[27] 尹占娥,自然害风险理论与方法研究[J]. 上海师范大学学报(自然科版),2012,41(1):99-103.
[28] Zhang Shifeng, Meng Xiujing, Hua Dong, et al Water Shortage Risk Assessment in the Haihe River Basin,China[J]: J. Resour. Ecol. 2011,2(4):362-369.
[29] 刘登伟,京津冀大都市圈水资源短缺风险评价[R]. 北京:水利部发展研究中心,2010:20-24.
[30] 陈鹏,张继权,季钰,蒋新宇,佟志军. 基于风险理论的城市水资源综合风险评价-以吉林省为例[J]. Chinese Perspective on Risk Analysis and Crisis Response(RAC-2010):544-548.
[31] 张丹,封志明,刘登伟. 基于负载指数的中国水资源三级流域分区开发潜力评价[J]. 资源科学,2008,30(10):1471-1477.
[32] 李九一,李丽娟. 中国水资源对区域社会经济发展的支撑能力[J]. 地理学报,2012,67(3):410-419.
[33] 马黎,汪党献. 我国缺水风险分布状况及其对策[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2008,6(2):131-135.
[34] 张明,金菊良,张礼兵. 信息论方法在水资源系统工程中的应用[J]. 中国人口·资源与环境,2007,17(2):79-83.
[35] 邹志红,孙靖南,任广平. 模糊评价因子的熵权法赋权及其在水质评价中的应用[J]. 环境科学学报,2005,25(4):552-556.
[36] 倪九派,李萍,魏朝富,谢德体. 基于 AHP 和熵权法赋权的区域土地开发整理潜力评价[J]. 农业工程学报,2009,25(5):202-209.
[37] 邱宛华. 管理决策与应用熵学[M]. 北京:机械工业出版社,2002:193-196.
[38] SAATY T L. Decision making with the analytic hierarchy process [J]. International Journal of Services Sciences,2008,1(1): 83-98
[39] 李帅,刘冀,董晓华,杜发兴,李新哲,雷丹. 可变模糊模型在水资源短缺风险评价中的应用[J]. 水电能源科学,2009,27(5):21-23.
[40] 金菊良,洪天求,王文圣. 基于熵和 FAHP 的水资源可持续利用模糊综合评价模型[J]. 水力发电学报. 2007,26(4):22-28.
[41] 陈守煜. 工程可变模糊集理论与模型——模糊水文水资源学数学基础[J]. 大连理工大学学报,2005,45(2):308-312.
[42] 陈守煜. 可变模糊方法及论可拓关联函数基本公式错误[J]. 水电能源学,2005,23(5):1-14.
[43] 陈守煜. 气候变化对水资源影响评估研究的可变模糊集途径[A]. 中国水利学会水资源专业委员会 2009 学术年会论文集[C],2009.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[44] 陈守煜,胡吉敏. 可变模糊评价法及在水资源承载能力评价中的应用[J]. 水利学报,2006,37(3):264 - 271.
[45] Renfore N A,Smith J L. Threat/vulnerability assessments and risk analysis [R]. Albuquerque: Applied Research Associates,Inc.,2002.
[46] Mileti D S. Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States [M]. Washington D C: JosephHenry Press,1999.
[47] Dilley M,Chen R S,Deichmann U,et al. Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis [M]. Washington D C: World Bank,2005.
[48] 马黎,汪党献. 我国缺水风险分布状况及其对策[J]. 中国水利水电科学研究院学,2008,6(2): 131 - 135.
[49] 肖名忠,张强,陈晓宏. 珠江流域干旱事件的多变量区域分析及区域分布特征[J]. 灾害学,2012,67(1):83 - 92.

Risk Assessment and Spatial Analysis of Water Shortage in China

Wang Chenxi[1,2]　Zhang Yuhu[2*]　Shen Tao[1]

(1. Institute of Surveying and city spatial information,Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044;
2. College of Resources Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048)

Abstract

The assessment of water resource risk is one of the study hotspots in the field of risk. This article takes China's 80 secondary river basins as the case study area, applies AHP and Entropy Weight Method to determine the weights of various relevant factors in the evaluation index, theory of risk assessment and the fuzzy comprehensive evaluation method were constructed to the evaluation of the water shortage risk assessment. The result show that: 1) The index system and model can explain the status of the water shortage risk in basins; 2) The combination of AHP and Entropy Weight Method give a more reasonable determination of index weights; 3) Risk assessment and division based on GIS presents obvious spatial features in China, this study aims to provide decision support for the strategic planning and management of water resources on the national scale.

Key words: water scarcity risk, index system, variable fuzzy set model, the secondary basins

作者简介　王琛茜(1989 -),女,河南巩义人,北京建筑大学测绘与城市空间信息学院研究生. 研究方向为基于 GIS 的水资源风险评估.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net