

基于改进熵权法和云模型的安徽省 淮河流域防洪减灾能力评估

韩平, 穆成林, 马莉娟, 赵阳

(阜阳师范学院 历史文化与旅游学院, 安徽 阜阳 236037)

摘要: [目的] 科学评估防洪减灾能力, 为地区制定出科学有效的防洪减灾政策提供参考。[方法] 由监测预警能力、防洪除涝能力、抢险救灾能力、灾害管理能力构成防洪减灾能力评估的指标模型, 并采用最小相对信息熵原理和秩比法对传统熵权法进行改进, 各指标权重由改进的熵权法来计算, 然后用改进熵权法以及云模型来建立评估模型, 并用来评估安徽省淮河流域的防洪减灾能力。[结果] 淮河流域内的防洪减灾能力处于中下等水平; 空间差异分布比较明显, 流域北部相对高于南部, 流域东部相对高于西部; 市辖区的防洪减灾能力相对较高, 县域防洪减灾能力相对较低; 其中肥西县和淮北、蚌埠、淮南、滁州市防洪减灾能力处于高水平; 长丰、五河、凤台、萧县和天长、阜阳、六安市属于相对较高水平; 肥东、濉溪、砀山、泗县和宿州、界首、明光市为中等水平; 其余市县则为相对较低水平。[结论] 通过防洪减灾能力评估结果, 可以找出流域内各城市防洪减灾能力的差异及存在的薄弱环节, 提高流域内整体防洪减灾能力。

关键词: 淮河流域; 安徽省; 洪涝灾害; 防洪减灾能力; 改进熵权法; 云模型

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2018)05-0275-07

中图分类号: X43

文献参数: 韩平, 穆成林, 马莉娟, 等. 基于改进熵权法和云模型的安徽省淮河流域防洪减灾能力评估[J]. 水土保持通报, 2018, 38(5): 275-281. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2018. 05. 044. Han Ping, Mu Chenglin, Ma Lijuan, et al. Evaluation of flood disaster prevention and reduction of Huaihe River basin in Anhui Province based on improved entropy weight method and cloud model[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(5): 275-281.

Evaluation of Flood Disaster Prevention and Reduction of Huaihe River Basin in Anhui Province Based on Improved Entropy Weight Method and Cloud Model

HAN Ping, MU Chenglin, MA Lijuan, ZHAO Yang

(School of History Culture and Tourism, Fuyang Normal University, Fuyang, Anhui 236037, China)

Abstract: [Objective] To evaluate the capacity in flood disaster prevention and reduction in order to provide effective references for the regional government to make scientific and effective policies in flood disaster prevention and reduction. [Methods] The index system for flood disaster prevention and reduction capacity was composed of flood monitoring and warning, flood disaster prevention and waterlogging control, rescuing and rehabilitation as well as disaster management. The traditional entropy weight method was improved based on the minimum relative entropy principle and the rank ration method, and the weight of each index was calculated by the improved entropy method. The improved entropy method and cloud model was used to establish the evaluation model, and the capacity of flood disaster prevention and reduction of the Huaihe River basin in Anhui Province was then assessed. [Results] The flood disaster prevention and reduction capacity was at middle and lower level and the spatial difference was obvious. Flood disaster prevention capacity in the northern part of the basin was higher than the south, and the eastern part of the basin was higher than the west. The flood disaster and reduction capacity was relatively high in the urban area, and relatively low in the rural area.

收稿日期: 2018-03-16

修回日期: 2018-04-24

资助项目: 阜阳师范学院人文社会科学研究项目“基于云模型和生态足迹法的安徽省生态承载力时空动态研究”(2019FSSK02ZD); 阜阳师范学院人文社会科学研究项目“京福高铁对安徽省国内旅游者空间行为影响研究”(2018FSSK08ZD)

第一作者: 韩平(1988—), 女(汉族), 安徽省阜阳市人, 硕士, 助教, 研究方向为 GIS 应用、洪涝灾害评估研究。E-mail: 137616449@qq.com.

Feixi County, Huaibei City, Bengbu City, Huainan City, Chuzhou City were at the high level. Changfeng County, Wuhe County, Fengtai County, Xiaoxian County, and Tianchang City, Fuyang City, Luan City was at a relatively high level. Feidong County, Suixi County, Dangshan County, Sixian County, and Suzhou City, Jiesshou City, Mingguang City were at a middle level, while the others were at a relatively low and even lower capacity of flood disaster prevention and reduction. [Conclusion] Based on the evaluation results of flood disaster prevention and reduction capacity, the vulnerable spots in flood disaster prevention and reduction in the area can be identified, and the overall capacity in flood prevention can be improved.

Keywords: Huaihe River basin; Anhui Province; flood disaster; flood disaster prevention and reduction capacity; improved entropy method; cloud model

防洪减灾能力体现出—个地区抵抗洪涝灾害风险的能力,对于防洪减灾能力科学的评估,可以针对评估结果,找出每个环节的不足之处,进而为地区制定出科学有效的防洪减灾政策提供有效的参考。目前,国内对于防洪减灾能力的研究较少,基本分为两类:一类是借助主观性分析建立评估模型。构建防洪减灾评估指标体系,基于层次分析法的防洪减灾能力评估。胡俊峰等^[1]构建的解释结构模型(ISM),建立了适用于各种自然灾害的减灾能力评估指标模型。王—新等^[2]基于主成分分析对 21 座城市的防洪减灾能力的综合评价,为城市防洪排涝提供理论依据。另一类是则基于模糊性构建的评估模型,孙鸿鹄等^[3]基于熵权法和云模型评估了安徽省巢湖流域各县市的防洪减灾能力。本文拟基于改进的熵权法与云模型,评估安徽省淮河流域各县市的防洪减灾能力。传统的熵权法在确定权重的时候客观性较强,由于数据自身的干扰影响权重的真实性。为了让指标的赋权更能体现出主观性和客观性的原则,利用最小相对信息熵原理、秩比法改进传统的熵权法。根据确定的权重和云模型建立的隶属度矩阵,进行模糊计算,以期得到研究区的防洪减灾能力的评估结果。

1 研究区概况

安徽省淮河流域地处淮河中游,面积大约为 $6.70 \times 10^4 \text{ km}^2$,淮河以南的气候为亚热带湿润性季风气候,淮河以北的气候为温带半湿润季风气候,淮河以北多为平原,淮河以南多为丘陵及山区。流域内平均降雨量为 $750 \sim 1\,400 \text{ mm}$,从北往南递增,年际变化较大,每年梅雨季的降雨量占到全年的 60% ^[4]。

流域内行政区域主要包括:淮北、宿州、亳州、阜阳、蚌埠、淮南、六安、滁州、合肥、安庆 10 个地市,共 38 个县市。2016 年,流域内人口为全省的 60% ,粮食产量占全省的 70% ,GDP 占全省 GDP 总值的 45% ,为全省重要的粮油生产基地。

淮河由洪河口入安徽省境内,流经安徽境内全长

401 km,流域内南北两岸支流较多,且呈不对称排列。淮河以北的支流坡缓流长,各支流均为西北—东南流向,典型的平形状水系,洪水极易泛滥成灾;淮河以南的直流坡急流短,多发源于大别山区,各支流均为南北流向,呈树枝状水系。从历年来洪涝灾害的灾情统计^[5],洪涝灾害主要是集中在沿淮洼地、淮北平原支流洼地及淮河南部支流圩区^[5]。沿淮洼地主要为颍上、阜南、凤台、寿县、霍邱、怀远、长丰、凤阳、泗县、五河、天长市、明光市、淮南市、蚌埠市,由于湖泊洼地较多,且汛期受洪泽湖高水位顶托及内水无外排条件^[7],是洪涝灾害的高发地区。淮北平原主要为宿州、淮北、蚌埠、阜阳、淮南、亳州 6 个地市,由于其地势平坦、以及支流河道排水能力不足、地面的排水系统的不完善,容易因洪致涝,且淹没水深较浅,时间也较短。淮河南部支流圩区主要集中在明光市、定远、凤阳。

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

主要统计数据来自于《2016 安徽省统计年鉴》^[6]以及各市县的 2015 年的《国民经济和社会发展统计公报》。

2.2 研究方法

2.2.1 传统熵权法

(1) 指标的量化,建立归—化矩阵。将指标数据量化到 $0 \sim 1$ 之间。

$$r_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

式中: X_{\max} , X_{\min} ——同一指标的最大和最小值。

(2) 计算各指标的熵值 H_j 。

$$H_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \quad (2)$$

$$f_{ij} = (1 + r_{ij}) / \sum_{i=1}^m (1 + r_{ij}) \quad (3)$$

式中: f_{ij} ——各指标 r_{ij} 的比重; m ——评价对象数。

(3) 计算各指标的熵权 Z_j 。

$$Z_j = (1 - H_j) / \sum_{j=1}^n (1 - H_j) \quad (4)$$

2.2.2 改进熵权法 秩比法^[7-8]是根据指标评价依照优劣进行编秩,通过矫正系数可以消除某些异常极值的干扰,能反应出指标的微小变化,适用于各种评价对象。在综合考虑防洪减灾因素的基础上,分别对各项指标按照影响程度进行赋值,对于防洪减灾能力影响程度越大,则该指标值为 m ,稍优值为 $m-1$,最差指标值为 1。改进后的熵权法能较好的减少主客观的影响。则赋值后指标 i 的偏好矫正系数为:

$$R_i = \frac{r_i}{m} \quad (5)$$

根据最小相对信息熵原理^[9]:

$$\min F = \sum_{j=1}^m (\ln Z_i - \ln Z_{1i}) + \sum_{i=1}^m Z_i (\ln Z_i - \ln Z_{2i}) \quad (6)$$

$$(\sum_{i=1}^m Z_i = 1; Z_i > 0, i = 1, 2, \dots, m)$$

用拉格朗日乘法优化上述问题得到^[9]:

$$Z_{ri} = \frac{(Z_i \cdot R_i)^{0.5}}{\sum_{i=1}^m [(Z_i \cdot R_i)^{0.5}]} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (7)$$

2.2.3 云模型 云模型是由李德毅提出的,可以实现其定性定量之间不确定性转换的数学模型,通过用期望(E_x)、熵(E_n)和超熵(H_e)3个特征值,将一个定性的概念通过云发生器定量的表示出来^[9-11](图1)。能够克服定性评价中的模糊和不确定性问题^[12-14],可以进行有效客观的评价,具有较广的普适性特征^[15-16]。

假如 P 为论域,且 B 为论域 P 上的某定性概念,如果定量 $X \in P$,则 X 是 P 的一次的随机实现,并且满足: $X \in N(E_x, E_n^2), E_n' \in N(E_n, H_e^2)$,且对 P 的隶属于满足:

$$P(x) = \exp\left\{-\frac{(x - E_x)^2}{2E_n^2}\right\} \quad (8)$$

$P(x)$ 称为 x 在论语 P 上的分布为正太云。算法如下:

①生成正态随机数。

$$E_m = \text{NORM}(E_n, H_e^2) \quad (9)$$

式中: E_n ——期望; H_e^2 ——方差。

②再次生成正态随机数。

$$X = \text{NORM}(E_x, E_n^2) \quad (10)$$

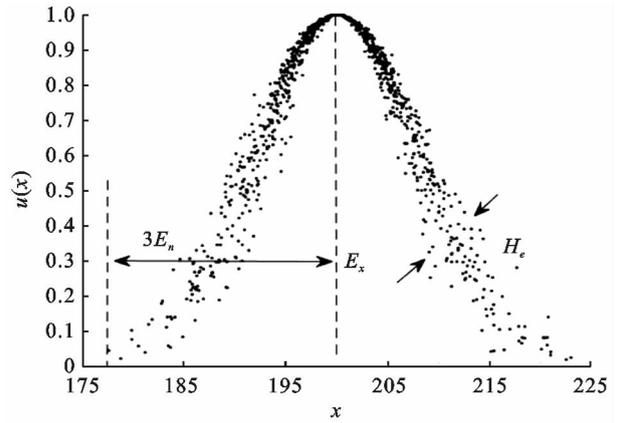
式中: E_x ——期望; E_n^2 ——方差。

③计算隶属度。

$$P(x) = \exp\left\{-\frac{(x - E_x)^2}{2E_n^2}\right\} \quad (11)$$

④(X_i, U_i)构成数域中任意一个云滴。

⑤重复 1~4 步骤,产生设定的 n 个云滴。



注: $E_x=200; E_n=8; H_e=1$ 。

图 1 正太云及数字特征

2.2.4 研究步骤

(1) 评估模型的建立,选取评估指标。

(2) 根据改进的熵权法计算各个指标权重 Z_{ij} 。

(3) 确定评价指标的等级,并且每个等级用正太云模型进行表示。因子 i 对应的等级 j 的上下边界值为 x_{ij}^1, x_{ij}^2 ,因子 i 对应的等级 j 用正态云模型表示。

$$E_{xij} = \frac{(x_{ij}^1 + x_{ij}^2)}{2} \quad (12)$$

$$E_{nij} = \frac{(x_{ij}^1 - x_{ij}^2)}{2 \cdot 3.55} \quad (13)$$

$$H_{ej} = k \quad (14)$$

式中: E_{xij}, E_{nij} ——第 i 个指标对应的第 j 个等级的 E_x, E_n 值; H_e ——熵的不确定性值,反映出云滴的离散情况。如果 H_e 较大,则云的厚度较大, H_e 较小,云的厚度较小。 H_e 大小根据经验而定。

(4) 根据正太云模型,计算出各指标对应每个等级云的隶属度。构成关系矩阵 $V = (V)_{ij}$,隶属度计算一般取 N 次计算的平均值,公式如下:

$$V_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N V_{ij}^k \quad (15)$$

(5) 利用隶属度矩阵 V 与权重向量 Z 进行运算。然后根据最大隶属度原则,评估结果中最大值对应的等级,则为评价地区的评估结果。即:

$$C = V \cdot Z = [C_1, C_2, \dots, C_5] \quad (16)$$

3 研究区评估内容

3.1 构建防洪减灾能力指标体系

影响防洪减灾能力评估的因子涉及较广,针对现有的防洪减灾能力评价指标体系^[1-5],主要是从灾前的监测预警能力、灾中的防洪排涝能力、灾后的灾害管理能力及抢险救灾能力 4 个方面来考虑。本文按照资料的可获取性和科学性为原则,监测预警能力评

价指标是电话用户个数、地均水文站点数,防洪除涝能力评价指标为除涝面积比、堤坝保护耕地比、堤坝保护人口比、排水管道密度,抢险救灾能力为人均粮食产量、人均地方财政收入、人均居民储蓄款、人均医疗机构床位数、植被覆盖率、公路密度,灾害管理能力为地均水利管理人员,建立评价指标模型(表 1)。

表 1 淮河流域内评估指标体系

类别	评价指标	序号
抢险救灾能力	人均地方财政收入(元/人)	P_1
	人均粮食产量(kg/人)	P_2
	人均居民储蓄款(万元/人)	P_3
	人均医疗机构床位数(个/万人)	P_4
防洪除涝能力	植被覆盖率/%	P_5
	公路密度/($\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$)	P_6
	堤坝保护人口比/%	P_7
	堤坝保护耕地比/%	P_8
	除涝面积比/%	P_9
	排水管道密度/($\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$)	P_{10}
监测预警能力	电话用户比例/%	P_{11}
	地均水文站点比例/%	P_{12}
灾害管理能力	地均水利管理人员/($\text{个} \cdot \text{km}^{-2}$)	P_{13}

数据分布的统计特征,利用方差来衡量分成若干类,可以更好的反映出数据分类效果,使类别之间的差异明显,类内部的差异很小。现将评估结果分为 5 个等级:低水平、较低水平、中等水平、较高水平、高水平。根据公式(12)~(14)建立每个指标对应等级的正态云模型(表 4)。

表 2 淮河流域防洪减灾能力评价指标权重

指标	传统熵权	偏好矫正	改进熵权
P_1	0.120 0	1.000 0	0.098 0
P_2	0.094 3	0.076 9	0.029 7
P_3	0.094 2	0.923 1	0.096 8
P_4	0.088 9	0.692 3	0.095 7
P_5	0.082 3	0.384 6	0.074 2
P_6	0.080 1	0.307 7	0.061 0
P_7	0.075 2	0.538 5	0.090 3
P_8	0.071 5	0.615 4	0.096 6
P_9	0.071 2	0.230 8	0.066 8
P_{10}	0.063 1	0.461 5	0.077 1
P_{11}	0.059 7	0.153 8	0.033 2
P_{12}	0.054 9	0.769 2	0.094 0
P_{13}	0.044 6	0.846 2	0.086 5

3.2 指标权重的计算

根据公式(1)~(4)计算得出的各个指标传统熵权的权重。根据公式(5)确定偏好矫正系数 R_i ,按照公式(7)得到无偏权重,结果如表 2。

3.3 防洪减灾能力的计算

根据评估指标的大小,按照自然断点法(Nature breaks)将各评估指标分级(表 3),自然断点法是根据

以堤坝保护耕地比(P_8)为例。根据公式(11)与云矩阵 R (表 4),编写程序代码,在 Matlab 2017 软件中循环 1 000 次计算,得到堤坝保护人口指标的的正态云模型(图 2),此图可以反映出正态分布特征。

以肥西县为例,将各指标数据带入建立的正太云模型,在 Matlab 2017 软件中,根据代码循环计算 1 000 次[公式(16)],得到肥东县平均隶属度值(表 5)。同理,可以得到其他县区各指标的的隶属度。

表 3 淮河流域防洪减灾能力评估指标标准

指标	低等	较低等	中等	较高等	高等
P_1	354,816	816,1281	1 281,1854	1 854,2989	2 989,6636
P_2	201,335	335,553	553,726	726,992	992,1220
P_3	0.88,1.17	1.17,1.48	1.48,1.97	1.97,2.63	2.63,4.7
P_4	16.5,22.7	22.7,31.5	31.5,43	43,60	60,89
P_5	12,15.8	15.8,22.5	22.5,31.5	31.5,40.5	40.5,78
P_6	0.9,1.08	1.08,1.21	1.21,1.53	1.53,1.93	1.93,2.55
P_7	0,15	15,31	31,55	55,80	80,100
P_8	0,8	8,24	24,45	45,80	80,100
P_9	0,4	4,17	17,49	49,61	61,78
P_{10}	0.036,0.04	0.04,0.094	0.094,0.133	0.133,0.226	0.226,0.52
P_{11}	3 680,4548	4 548,6157	6 157,7700	7 700,10110	10 110,12700
P_{12}	0.004 1,0.008 3	0.008 3,0.012	0.012,0.016	0.016,0.025 8	0.025 8,0.421 3
P_{13}	0.028,0.036 5	0.036 5,0.055	0.055,0.065	0.065,0.084	0.084,0.108

表 4 淮河流域防洪减灾能力评估正太云标准

指标	低等减灾能力	较低等减灾能力	中等减灾能力	较高等减灾能力	高等减灾能力
P_1	585,196.18,20	1 048.5,197.45,20	1 567.5,243.31,30	2 421.5,481.95,60	4 812.5,1 548.62,180
P_2	268,56.9,5	444,92.57,10	639.5,73.46,10	859,112.95,15	1 106,96.82,10
P_3	1.03,0.12,0.01	1.33,0.13,0.02	1.73,0.21,0.02	2.3,0.28,0.03	3.67,0.88,0.1
P_4	19.6,2.63,0.5	27.1,3.74,0.5	37.25,4.88,0.58	51.5,7.22,1	74.5,12.31,2
P_5	13.9,1.61,0.2	19.15,2.85,0.5	27,3.82,0.5	36,3.82,0.5	59.25,15.92,2
P_6	0.99,0.08,0.01	1.15,0.06,0.01	1.37,0.14,0.02	1.73,0.17,0.02	2.24,0.26,0.03
P_7	7.5,6.37,1	23,6.79,1	43,10.19,2	67.5,10.62,2	90,8.49,1
P_8	4,3.4,0.5	16,6.79,1	34,5.8,92,1	62.5,14.86,2	90,8.49,1
P_9	2,1.7,0.2	10.5,5.52,0.5	33,13.59,2	55,5.1,0.5	69.5,7.22,1
P_{10}	0.038,0.0017,0.0002	0.067,0.0229,0.003	0.1135,0.0166,0.002	0.1795,0.0395,0.005	0.373,0.1248,0.01
P_{11}	4 114,368.58,40	5 352.5,683.23,80	6 928.5,655.2,80	8 905,1 023.35,100	11 405,1 099.79,100
P_{12}	0.0062,0.0018,0.0002	0.0102,0.0016,0.0002	0.014,0.0017,0.0002	0.0209,0.0042,0.0005	0.2236,0.1679,0.02
P_{13}	0.0323,0.0036,0.0004	0.0458,0.0079,0.0009	0.06,0.0042,0.0005	0.0745,0.0081,0.001	0.096,0.0102,0.001

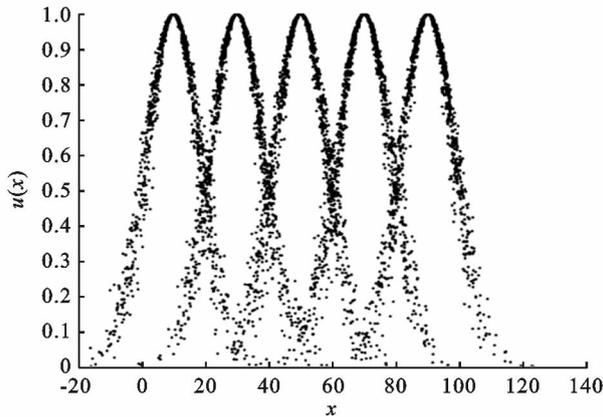


图 2 淮河流域堤坝保护耕地比(P_8)的正太云隶属度

表 5 肥东县正太云平均隶属度值

指标	低水平等	较低等	中等	较高等	高等
P_1	0.000 0	0.000 0	0.005 9	0.997 4	0.296 3
P_2	0.000 0	0.028 8	0.735 0	0.342 8	0.000 3
P_3	0.000 0	0.946 3	0.819 3	0.291 6	0.123 9
P_4	0.664 8	0.372 6	0.010 6	0.000 8	0.000 7
P_5	0.000 0	0.018 3	0.977 3	0.108 0	0.146 2
P_6	0.000 0	0.000 0	0.014 4	0.914 9	0.238 7
P_7	0.041 3	0.983 8	0.193 5	0.001 7	0.000 0
P_8	0.992 7	0.146 8	0.003 0	0.000 9	0.000 0
P_9	0.831 7	0.394 8	0.094 4	0.000 0	0.000 0
P_{10}	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.501 9
P_{11}	0.000 0	0.006 5	0.564 3	0.449 0	0.003 6
P_{12}	0.000 0	0.014 4	0.816 8	0.378 4	0.452 5
P_{13}	0.000 0	0.188 3	0.998 2	0.210 6	0.003 4

将隶属度矩阵 Z (表 5)与权重集 V (表 2)进行模糊计算(公式 16),根据最大隶属度原则,最大值对应的等级作为肥西县防洪减灾综合评价结果。同样,可以评估出其他市县的防洪减灾能力(表 6,图 3)。按照此步骤,也可以得到其余 4 个方面的评估结果(图 4—7)。

表 6 淮河流域防洪减灾能力评价结果

地区	防洪减灾能力					云模型
	低等	较低等	中等	较高等	高等	
长 丰	0.250 8	0.283 6	0.102 4	0.296 1	0.206 7	较高
肥 东	0.218 8	0.276 7	0.382 0	0.269 0	0.148 2	中
肥 西	0.060 8	0.335 5	0.078 5	0.283 5	0.354 3	高
淮北市	0.027 2	0.229 3	0.051 1	0.354 4	0.440 4	高
濉 溪	0.021 8	0.279 1	0.404 9	0.190 8	0.227 0	中
亳州市	0.016 0	0.473 0	0.451 5	0.140 1	0.188 8	较低
涡 阳	0.368 2	0.107 8	0.198 6	0.227 3	0.119 9	低
蒙 城	0.044 5	0.536 6	0.219 1	0.279 8	0.093 9	较低
利 辛	0.353 3	0.214 3	0.239 9	0.215 1	0.084 2	低
宿州市	0.029 9	0.357 2	0.375 8	0.341 8	0.094 6	中
砀 山	0.028 4	0.207 0	0.519 6	0.131 2	0.163 6	中
萧 县	0.095 0	0.273 8	0.273 3	0.367 3	0.096 0	较高
灵璧	0.181 1	0.433 9	0.127 7	0.238 8	0.112 0	较低
泗 县	0.021 4	0.361 5	0.366 5	0.236 4	0.100 1	中
蚌埠市	0.120 2	0.205 8	0.029 8	0.104 1	0.595 5	高
怀 远	0.120 2	0.371 2	0.167 7	0.252 2	0.178 6	较低
五 河	0.006 0	0.217 8	0.411 3	0.417 9	0.202 2	较高
固 镇	0.032 7	0.357 0	0.356 3	0.285 2	0.171 3	较低
阜阳市	0.035 4	0.185 0	0.210 6	0.386 2	0.344 9	较高
界首	0.000 2	0.291 7	0.622 9	0.163 3	0.187 8	中
临泉	0.407 3	0.258 9	0.166 7	0.061 4	0.061 4	低
太和	0.059 2	0.524 6	0.267 7	0.196 7	0.155 2	较低
阜南	0.541 5	0.205 0	0.177 7	0.139 0	0.081 1	低
颍上	0.247 3	0.408 7	0.258 1	0.209 8	0.061 5	较低
淮南市	0.109 6	0.186 2	0.258 4	0.222 3	0.381 0	高
凤 台	0.191 2	0.205 6	0.283 8	0.345 7	0.215 9	较高
滁州市	0.222 6	0.165 9	0.154 5	0.144 1	0.295 1	高
来 安	0.005 6	0.463 2	0.307 2	0.246 2	0.184 6	较低
定 远	0.252 9	0.465 6	0.199 5	0.034 7	0.086 2	较低
凤 阳	0.336 5	0.158 4	0.384 5	0.203 0	0.098 9	低
天 长	0.003 2	0.317 7	0.199 2	0.403 6	0.296 8	较高
明 光	0.052 7	0.330 8	0.575 8	0.241 9	0.088 2	中
六安市	0.274 1	0.263 4	0.141 5	0.323 8	0.206 1	较高
寿县	0.412 1	0.304 3	0.269 1	0.068 0	0.078 4	低
霍 邱	0.424 7	0.439 2	0.198 2	0.062 7	0.060 7	较低
金 寨	0.458 0	0.311 7	0.134 9	0.105 3	0.098 7	低
霍山	0.208 9	0.214 2	0.083 3	0.378 1	0.194 7	较低
岳 西	0.493 2	0.183 9	0.213 6	0.025 1	0.115 8	低

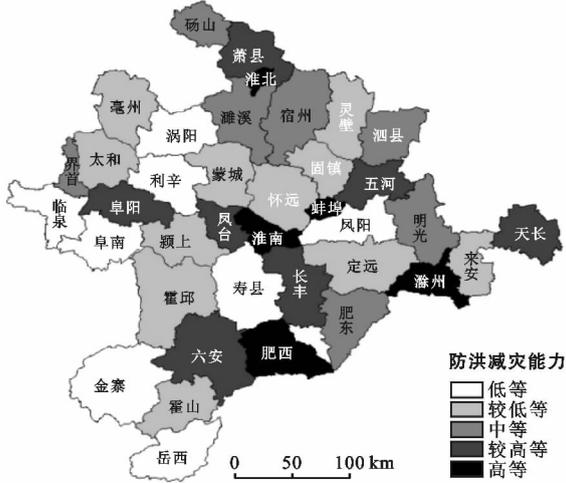


图 3 淮河流域防洪减灾能力评估结果

高于西部；市辖区的防洪减灾能力相对较高，县域防洪减灾能力相对较低；其中，评估水平较高的有肥西县和淮北、蚌埠、淮南、滁州市；长丰、五河、凤台、萧县和天长、阜南、六安市属于相对较高水平；肥东、濉溪、砀山、泗县和宿州、界首、明光市为中等水平；其余市县则为相对较低水平。从结果可以看出，各地市市辖区防洪减灾能力相对较高，除了亳州市辖区相对水平较低。县域水平整体相对水平较低，除了长丰、五河、凤台、萧县、泗县和天长、肥东、濉溪、界首、明光市为中高等水平。主要和当地的经济水平及防洪工程布置有关，整体上的空间布局和淮河流域防洪工程布置基本一致。

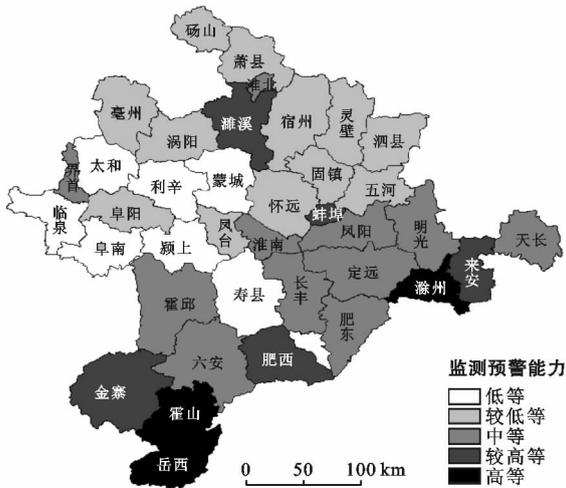


图 4 淮河流域监测预警能力评估结果

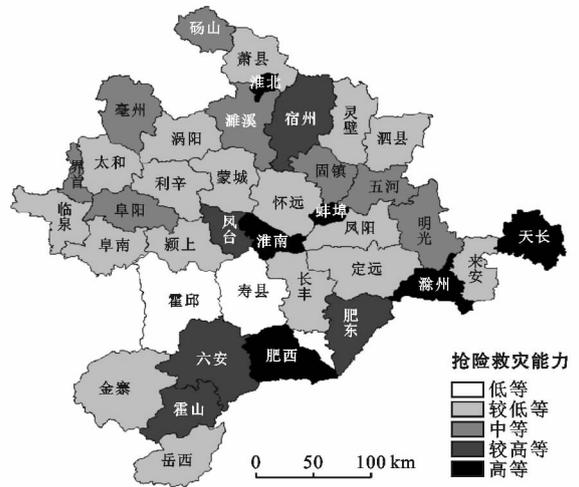


图 6 淮河流域抢险救灾能力评估结果

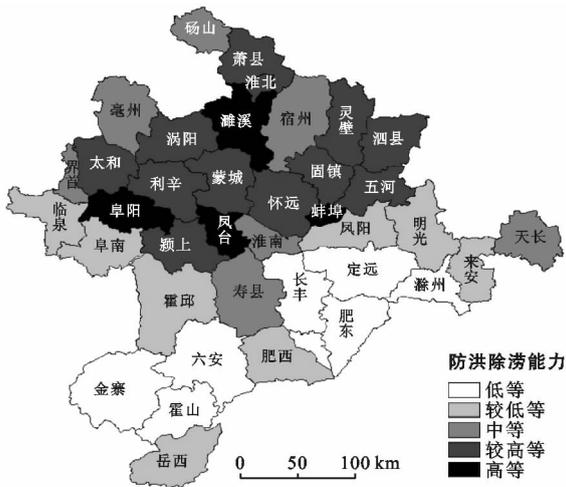


图 5 淮河流域防洪除涝能力评估结果

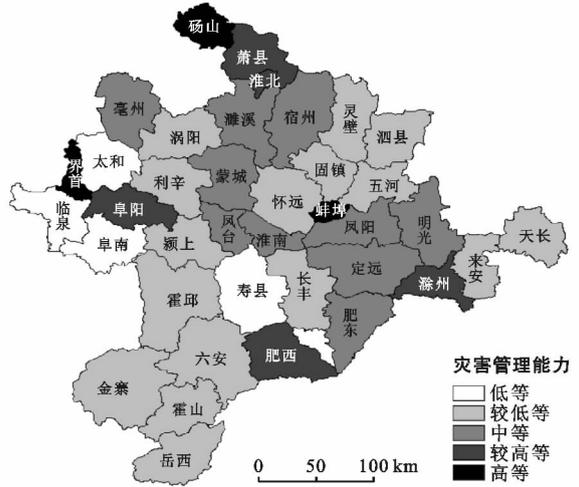


图 7 淮河流域灾害管理能力评估结果

3.4 结果与分析

从防洪减灾能力(图 3)可知，研究区域内的防洪减灾能力，从整体上看属于中下等水平，空间差异分布比较明显，流域北部相对高于南部，流域东部相对

在监测预警能力(图 4)方面：监测预警能力是从水文站点和通讯设备有关，总体上来看，流域内的监测预警能力处于中等水平，其中水平低的县主要有：蒙城、利辛、临泉、太和、阜南、颍上、寿县，主要集中在淮北平原的县，应该加强监测预警能力的建设。从防

洪除涝能力(图5)来看:从整体上来看,流域北部防洪除涝能力相对较强,流域南部防洪除涝能力相对较弱,流域东南相对除涝能力较低,防洪除涝能力低的县市有:长丰、肥东、滁州、定远、六安、金寨、霍山,能力相对较低的县市有肥西、临泉、来安、凤阳、明光、霍邱、岳西,应该加强防洪减灾能力的建设。从抢险救灾能力(图6)方面:从人均地方财政收入、人均储蓄款余额、森林覆盖率、公路密度、人均粮食产量、人均医疗机构床位数六个指标构建评估模型,主要是和各地的综合经济能力有关,能力较高的主要集中在市辖区,从结果来看能力处于高水平的县市有:肥西、淮北、蚌埠、淮南、滁州、天长,处于较高水平的有肥东、宿州、凤台、六安、霍山,其余市县处于相对中低水平。从灾害管理能力(图7)方面,由于搜集资料的受限,主要是从地均水利管理人员考虑,流域内的灾害管理整体处于中等偏下的水平,相对能力处于高水平的有:肥西、淮北、砀山、萧县、蚌埠、阜阳、界首、滁州。处于中等水平的有肥东、濉溪、亳州、蒙城、宿州、淮南、凤台、定远、凤阳、明光。其余地市均处于低水平。

4 结论

(1) 基于云模型计算防洪减灾能力,能解决以往评估方法中的确定性和模糊性的问题,更客观的反应出评估能力;利用最小相对信息熵原理和秩比法对熵权法进行改进,将改进的熵权法应用于指标的权重计算中,能更加符合实际情况,克服了传统熵权法客观性强较的缺点,充分挖掘权重结构中主客观信息。且在云模型评估指标标准划分中,也采用了自然断点法,克服以往较为主观性的划分,能较好的减少主客观的影响。

(2) 研究区内的防洪减灾能力,从整体上来看属于中低水平,各市域的防洪减灾能力相对较高,而各县域内的防洪减灾能力相对于较低;流域内的监测预警能力都处于相对中等水平,但蒙城、利辛、临泉、太和、阜南、颍上、寿县水平较低,应加强监测预警能力的建设;在防洪除涝方面,流域南部的县市的其整体水平低于北部的县市,应该加强防洪除涝能力建设;在抢险救灾能力上,阜阳市和亳州市整体能力处于中等水平,应加强抢险救灾能力建设;在灾害管理方面,大多市县都属于相对较低水平,应从整体上加强灾害管理能力建设。和区域内已有的主观性的研究方法^[17]相比,整体上的评估结果分布上大致相同,但也存在评价单元不同层次的评估结果的差异,主要是本文的研究方法是基于客观性分析,评价结果是评价单元基于某个程度的隶属某个等级。而以往的主观性

研究方法无论是从方法还是结果分类,更多的是个人主观性较强,所以这样两种主客观不同的方法也导致了评价单元在上下不同等级之间浮动,但总体上趋势相同。这也从另一方面更加证明了该方法的可行性。

(3) 在研究时,由于资料的收集限制,没有考虑到更详尽指标因素,本文基于各县市作为评估单元,没有办法体现出县域内部的差异性,而且没有考虑防洪减灾流动资源的影响,这些需要进一步以格网单元进行分析研究,体现出同一地区不同地方的防洪减灾能力的差异性。

[参 考 文 献]

- [1] 胡俊峰,杨佩国,吕爱锋,等. 基于ISM的区域综合减灾能力评价指标体系研究[J]. 灾害学,2014,29(1):76-80.
- [2] 王一新,苑希民. 基于主成分分析的城市防洪减灾能力综合评价[J]. 自然灾害学报,2016,25(6):1-8.
- [3] 孙湖程,程先富,倪玲,等. 基于云模型和熵权法的巢湖流域防洪减灾能力评估[J]. 灾害学,2015,30(1):222-227.
- [4] 顾留碗,王春,李伟涛,等. 安徽省淮河流域水灾脆弱性特征及影响因素[J]. 水土保持通报,2012,32(5):70-75.
- [5] 李燕,夏广义. 淮河流域中游易涝洼地涝灾特性及成因研究[J]. 水利水电技术,2012,6(43):93-96.
- [6] 安徽省统计局. 安徽统计年鉴-2013[M]. 北京:中国统计出版社,2016.
- [7] 宋丽婧,魏探,宋玲梅. 五元系数法—改进熵权法在水质评价中的应用[J]. 南北水调与水利科技,2015,13(2):268-273.
- [8] 王正选,王静,杨婷婷,等. 基于改进熵权法的水资源承载力评价[J]. 水资源与水工程学报,2017,28(4):82-87.
- [9] 吴开业,金菊良. 区域生态安全评价的熵组合权重属性识别模型[J]. 地理科学,2008,28(6):754-758.
- [10] Li Deyi. Knowledge representation in KDD based on linguisticatons[J]. Journal of Computer Science and Technology, 1997,12(6):481-496.
- [11] 李德毅,杜鹃. 不确定性人工智能[M]. 北京:国防工业出版社,2005.
- [12] 胡石元,李德仁,刘耀林,等. 基于云模型和关联度分析法的土地评价因素权重挖掘[J]. 武汉大学学报,2006,31(5):432-427.
- [13] 万昔超,殷伟量,孙鹏,等. 基于云模型的暴雨洪涝灾害风险分区评价[J]. 自然灾害学报,2017,26(4):77-83.
- [14] 刘常昱,李德毅,杜鹃,等. 正太云模型的统计分析[J]. 信息与空间,2005,34(2):236-252.
- [15] 李德仁,王树量,李德毅. 空间数据挖掘理论与应用[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [16] 龚艳冰. 基于正态云模型和熵权的河西走廊城市化生态风险综合评价[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(5):170-174.
- [17] 黄大鹏,郑伟,张人和,等. 安徽淮河流域灾害防灾减灾能力评估[J]. 地理研究,2011,30(3):524-530.