

渭河干流陕西段河流水质污染风险评价

刘引鸽, 史鹏英, 张妍

(宝鸡文理学院 地理与环境学院, 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室, 陕西 宝鸡 721013)

摘要: 依据模糊理论建立了河流水质风险评价模型, 通过加权评价和熵值法确定了多个监测序列指标权重, 给出了5级水质污染风险等级, 评价了渭河干流陕西段污染物序列风险以及区间水质污染风险。结果表明: 渭河主干河流中下游水质污染风险较大, 上游风险相对较轻。这些研究为河流水质控制与恢复管理提供了依据。

关键词: 水污染; 评价模型; 水污染风险评价; 渭河干流

中图分类号: X522 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2015)03-0051-04

Risk assessment on pollution of river water quality in Shaanxi section of Weihe River

LIU Ying, SHI Pengying, ZHANG Yan

(Key Laboratory of Disaster Monitoring and Mechanism Simulating in Shaanxi Province, Department of Geography and Environmental Engineering, Baoji College of Arts and Science, Baoji 721013, China)

Abstract: The paper established a risk assessment model on river water quality according to fuzzy theory, and determined the index weights of multiple monitoring sequences by using entropy method and gave 5 risk grades of water pollution. It also evaluated the risk of river pollutant sequence index and interval risk of water pollution in Shaanxi section of Weihe River. The results showed that water pollution risk in middle and downstream of Weihe River is larger and that in upper reaches is relatively lighter. The research provides basis for the control and recovery management of river water quality.

Key words: water pollution; assessment model; risk assessment of water pollution; main stream of Weihe river

风险评价是对某一事件发生可能性以及不利影响程度的评价, 为政府部门的决策提供依据。水资源短缺与水污染成为水资源持续利用的重大问题, 水资源风险评价和保护成为许多学者关注重点^[1-5]。目前水资源和污染风险评价主要采用综合指数法、模糊法、BP神经网络及模糊识别模型针对地下水污染、环境健康污染以及城市水资源供应风险评价研究^[6-11]。这些方法针对不同的评价目标各有侧重, 具有不同优缺点。

本文基于模糊数学理论, 结合熵值方法, 建立河流水质平均模型, 对陕西渭河主干流水质污染进行分析和风险评价, 这些研究为区域河流水污染控制和管理提供了科学依据。

1 数据来源和评价模型

1.1 数据来源

渭河是黄河的第一大支流, 发源于甘肃省渭源县西南海拔3 495 m的鸟鼠山北侧, 在宝鸡市陈仓区风阁岭镇进入陕西省, 在潼关县港口镇注入黄河。渭河干流陕西段数据来源于2010-2013年陕西省环境公报监测数据, 监测断面从上游到下游的次序为林家村(SM1)、卧龙桥(SM2)、常兴桥(SM3)、兴平(SM4)、咸阳桥(SM5)、天江人渡(SM6)、沙王庙(SM7)、树园(MS8)、潼关(MS9)等9个断面(图1)。选择BOD₅、COD、高锰酸钾、氨氮、石油类和亚硝酸盐等6个污染物作为水质风险评价指标。

收稿日期: 2014-11-25; 修回日期: 2015-04-14

基金项目: 国家社会科学基金项目(08BZZ031); 陕西省教育厅计划项目(09JS072、13JS010); 宝鸡文理学院重点项目(ZK11159)以及自然地理重点学科资助

作者简介: 刘引鸽(1965-), 女, 陕西兴平人, 博士, 教授, 主要从事资源环境、生态风险以及气候变化和灾害学方面研究。

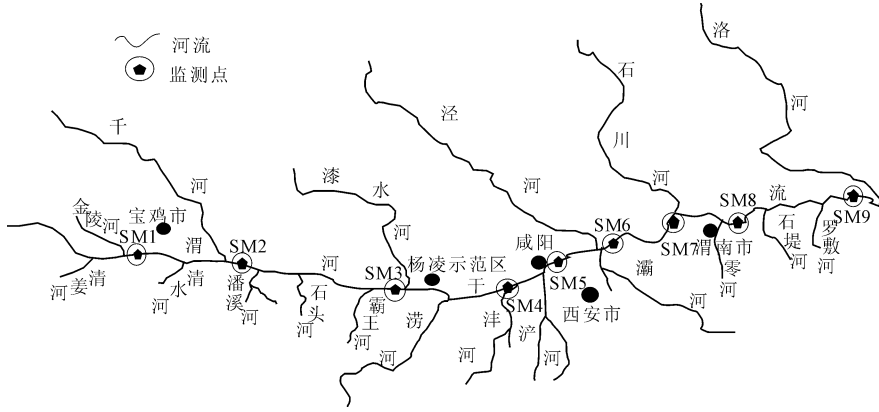


图1 渭河干流陕西段污染物监测断面

1.2 风险评价模型

风险评价主要是对区域内的风险源进行识别、分析和度量以及可能产生的危害评价。渭河流域水污染风险源一般分为自然源和人为源。渭河自然风险源主要为大气降水减少引起径流量减少,使河流生态水的净化能力减少,环境负荷增加。人为风险源是渭河水质污染的主要因素,主要为工业废水和城市生活污水产生的水质污染,因此,从人为源出发建立渭河水质污染风险评价模型。

水污染风险评价具有复杂性、综合性、模糊性的特点,基于模糊数学以及熵值法建立河流水质风险评价模型,模型建立分为5个步骤:

(1) 依据监测水质污染参数建立风险评价集 Q 。

$$Q = [q_1, q_2, \dots, q_n] \quad (1)$$

式中: n 为评价参数个数,其中 $n = 6$ 。

由于初始矩阵中各评价指标的量纲、数量级及指标优劣的取向存在很大差异,因此在建立初始矩阵前必须对原始数据进行标准化处理,采用改进的标准差法进行标准化处理,如下:

$$q_i = (x_i - x_{\max})(x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}),$$

$$u_{ij} = \begin{cases} 0 & q_i = s_{ij}, j = 2, \dots, m-1; q_i \geq b_{i(j+1)}, j = 1; q_i \leq b_{j(j-1)}, j = m \\ \frac{q_i - b_{i(j-1)}}{b_{ij} - b_{j(j-1)}} & b_{ij} \geq q_i \geq b_{i(j-1)}, j = 2, 3, \dots, m-1; b_{i(j-1)} \leq q_i \leq b_{ij}, j = m \\ \frac{q_i - b_{i(j+1)}}{b_{ij} - b_{j(j+1)}} & b_{i(j+1)} \geq q_i \geq b_{ij}, j = 2, 3, \dots, m-1; b_{i(j+1)} \geq q_i \geq b_{ij}, j = 1 \\ 1 & q_i \leq b_{ij}, j = 2, \dots, m-1; q_i \leq b_{ij}, j = 1; q_i \geq b_{ij}, j = m \end{cases} \quad (5)$$

式中: q_i 为观测的标准化值; b_{ij} 为第 i 个指标,第 j 个风险等级值。

(4) 确定指标权重

在风险评价中,权重的确定是很重要的,权重表示从一组不确定事物中提取信息量的多少,用于度量样本所包含的有效信息量。样本权重值越大,表示样本的变异程度越大,提供的信息量越大。目前

$$i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中: x_i 为观测值; x_{\max} 为每个参数参考值的最大值; x_{\min} 为每个参数参考值的最小值。

(2) 建立风险评价指标集 R

$$R = [r_1, r_2, \dots, r_m] \quad (3)$$

式中: m 为风险评价等级数。

目前,风险等级划分还是一个模糊概念没有标准的界限,依据渭河河水环境状况结合中国水质标准(GB3838, 2002)确定风险评价等级。河流水质风险分为5个等级,分别为特低风险[0 ~ 0.390]、低风险[0.391 ~ 0.550]、中等风险[0.551 ~ 0.640]、高风险[0.641 ~ 0.730]和特高风险[0.731 ~ 1],风险程度表示为可忽略风险、可接受风险、边际风险、不可接受风险、特大风险。

(3) 建立模糊相关矩阵 U_{ij}

$$U_{ij} = \begin{bmatrix} u_{11} & \dots & u_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ u_{n1} & \dots & u_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中: u_{ij} 为第 i 个参数,第 j 个水质风险等价的风险程度。

确定权重的方法可归纳为离差法、德尔菲法、主成分分析法和变异函数法。这些方法中,由于样本数量大,每个样本要反复计算,计算权重的工作量过大,人为因素影响也比较大,结果会出现评价结果分类不明显和分辨性差的缺点。本文利用熵值法确定权

重,本方法比较客观,而且能够较好的反映数据的效应。权重系数计算方法如下:

$$W_i = \frac{1 + SS_i}{\sum_{i=1}^n (1 + SS_i)} \quad (6)$$

$$SS_i = \frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n SA_{ij} \cdot \ln SA_{ij}$$

$$SA_{ij} = \frac{q_i}{\sum_{i=1}^n q_i}$$

$$0 \leq W_i \leq 1, \sum_{i=1}^n W_i = 1$$

权重 W_i 表示了每个参数在整个数据参数中的相对重要性, W_i 越大表示污染风险越严重,反之亦然。

(5) 建立权重和相关矩阵算子的风险评价矩阵 CR

$$CR = U_{ij} \cdot W_i = (c_1, c_2, \dots, c_m) \quad (7)$$

综合风险指数通过下式计算:

$$r_i = \sum_{i=1}^n (c_i \cdot i) / \sum_{i=1}^n c_i \quad (8)$$

2 结果分析

图 2 为渭河干流 9 个断面 6 种污染物参数的河流水质浓度变化图。可以看出,最严重污染位于中下游区域,以 COD 和高锰酸钾污染物浓度较大。采用以上公式计算出污染参数风险指标权重见表 1。可以看出,COD 和高锰酸钾权重比较大,说明这两种污染物在整个污染中占主导地位,对水质影响较大。其次是 BOD_5 和氨氮,其他污染参数权重较小。表 2 为每个断面污染物综合风险指数,可以看出,渭河流域大多数水质污染指数比较高,主要位于中游和下游流域,最大风险位于天江人渡和沙王庙区域。根据污染风险分级标准(表 3),给出渭河主干流水质污染综合风险等级(图 3)。

由表 3、图 3 可以看出,从中游兴平断面开始综合风险等级在 3 级以上。河流水质污染风险与区域河流水质承载力和工业排放源相关。在宝鸡、咸阳、西安和渭南地区年工业废水排放量分别达到 9 370 万, 10 304 万, 6 346 万和 4 657 万 t,渭河中下游位于陕西关中地区,80% 以上工业废水和生活污水都排放到渭河。沿岸渭河工矿企业较多,人口密度较大,附近分布的排污口数量多,渭河流域普查的排污口 350 个^[12-13]。渭河上游用水使下游河流生态水不足,河流稀释净化能力降低,下游污染风险增大。另外,渭河支流较多,支流非点源污染,以及有毒有害物质包括农药、化肥、除草剂和塑料薄膜覆盖物也增

加了干流水质污染风险。由于气候干旱化,降水量减少使河流径流量减少也是导致河流污染风险加大的主要因素。

为了验证本模型的评价结果的可靠性,比较了综合指数法、传统模糊模型以及环境统计局年报数据,结果见图 4。

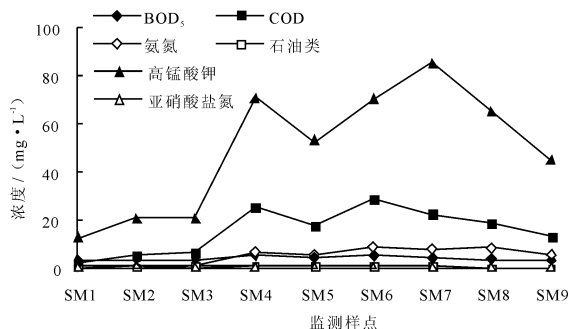


图 2 监测断面河流水质污染物浓度分布

表 1 渭河干流各污染物指标权重

样点	BOD_5	COD	高锰酸钾	氨氮	石油类	亚硝酸盐
SM1	0.179	0.207	0.137	0.098	0.206	0.173
SM2	0.161	0.183	0.153	0.148	0.193	0.162
SM3	0.159	0.180	0.149	0.130	0.204	0.178
SM4	0.185	0.176	0.132	0.156	0.187	0.164
SM5	0.151	0.188	0.173	0.112	0.201	0.175
SM6	0.168	0.176	0.182	0.108	0.186	0.180
SM7	0.182	0.169	0.174	0.113	0.190	0.172
SM8	0.168	0.176	0.183	0.109	0.203	0.161
SM9	0.186	0.172	0.173	0.111	0.196	0.162

表 2 各指标风险指数

样点	BOD_5	COD	高锰酸钾	氨氮	石油类	亚硝酸
SM1	0.079	0.107	0.037	0.018	0.061	0.043
SM2	0.061	0.083	0.053	0.048	0.093	0.062
SM3	0.259	0.308	0.319	0.200	0.130	0.208
SM4	0.385	0.376	0.332	0.306	0.301	0.264
SM5	0.310	0.488	0.373	0.322	0.201	0.275
SM6	0.482	0.369	0.474	0.313	0.210	0.272
SM7	0.533	0.576	0.502	0.408	0.441	0.380
SM8	0.408	0.396	0.423	0.209	0.190	0.191
SM9	0.366	0.302	0.333	0.291	0.200	0.162

可以看出渭河上游断面的风险评价结果比其他方法评价结果相对偏低,而中下游断面评价结果与其他方法结果一致,尤其是在污染严重的高风险区

表3 河流水质污染风险评价标准

等级	BOD ₅	COD	高锰酸钾	氨氮	石油类	亚硝酸盐
1	0.105	0.105	0.054	0.029	0.029	0.026
2	0.106 ~ 0.115	0.106 ~ 0.125	0.055 ~ 0.108	0.030 ~ 0.097	0.030 ~ 0.203	0.027 ~ 0.043
3	0.115 ~ 0.154	0.126 ~ 0.167	0.109 ~ 0.196	0.098 ~ 0.191	0.204 ~ 0.291	0.044 ~ 0.203
4	0.155 ~ 0.231	0.168 ~ 0.250	0.197 ~ 0.270	0.192 ~ 0.291	0.292 ~ 0.323	0.024 ~ 0.434
5	0.232 ~ 0.384	0.251 ~ 0.333	0.280 ~ 0.405	0.292 ~ 0.388	0.324 ~ 0.588	0.435 ~ 0.444

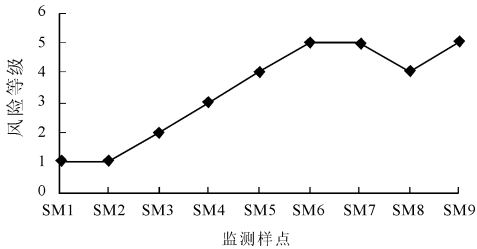


图3 渭河干流水污染综合风险等级

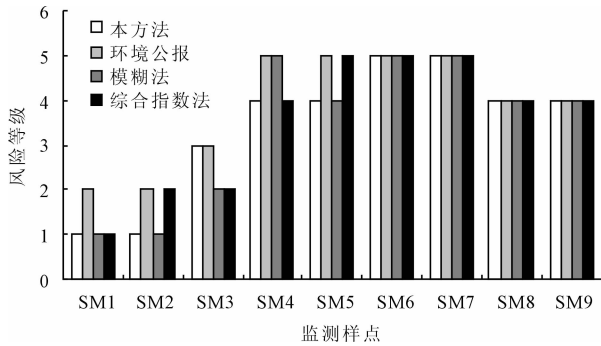


图4 不同方法河流水污染风险评价结果

域,评价结果一致,这说明该模型是可行的,而且简便和准确。总之,基于熵值法的模糊评价模型对判断污染的相对严重性具有明显的优势,可应用于范围不大河流水质风险评价。

3 结语

通过以上分析可以看出,建立的河流水质风险评价模型具有明显的优点,能够明显区分多样本差异,给出河流水质污染严重性的相对准确判断,以及水污染的风险程度,是水污染管理规划、水质恢复和水质量状况评价的较好工具。渭河流域水质污染风险评价结果表明,渭河干流陕西段水质污染风险相对比较高,大多数河流水质处于较高风险区域,尤其在渭河中下游地区。风险评价表明河流污染物中,BOD₅,COD是最大的污染源,渭河水污染分布与城市和工业废水排放以及环境的本地脆弱性相关。

参考文献:

- [1] Liu Yingge, Wang Ninglian, Wang Lingang, et al. Application of GIS in regional ecological risk assessment of water resources [J]. Environmental Engineering and Management Journal, 2013, 12 (7), 1465 - 1474.
- [2] 刘引鸽,傅志军. 陕西省水资源生态风险评价及驱动因素分析[J]. 水土保持通报, 2012, 32(6): 273 - 278.
- [3] 刘引鸽. 西北地区生态风险态势及预测[J]. 中国农学通报, 2014, 30(23): 133 - 138.
- [4] Icaza Y. Fuzzy evaluation of water quality classification [J]. Ecological Indicators, 2007, 7(3): 710 - 718.
- [5] 祝慧娜,袁兴中,梁婕,等. 河流水环境污染风险模糊综合评价模型[J]. 中国环境科学, 2011, 31(3): 516 - 521.
- [6] 郭庆春,何振芳,李力,等. BP神经网络在渭河水环境质量评价中的应用[J]. 水土保持通报, 2011, 31(4): 112 - 115.
- [7] Landis W G, Thomas J F. Regional risk assessment as a part of the long - term receiving water study [J]. Integrated Environmental Assessment Management, 2009, 5(2): 234 - 247.
- [8] Dante D C, Paulina P, Nestor M, et al. Exposure to inorganic arsenic in drinking water and total urinary arsenic concentration in a Chilean population [J]. Environmental Research, 2005, 98(2): 151 - 159.
- [9] 李如忠. 基于不确定信息的城市水源水环境健康风险评价[J]. 水利学报, 2007, 38(8): 895 - 900.
- [10] 田景环,邱林,柴福鑫. 模糊识别在水质综合评价中的应用[J]. 环境科学学报, 2005, 25(7): 950 - 953.
- [11] 王俊杰,何江涛,陆燕,等. 地下水污染风险评价中特征污染物量化方法探讨[J]. 环境科学, 2012, 33(3): 771 - 776.
- [12] 刘燕,胡安焱,邓亚芝. 陕西省渭河流域水质时空演化特性[J]. 水资源保护, 2007, 23(3): 11 - 13 + 39.
- [13] 关建玲,王蕾,裴晓龙,等. 渭河陕西段水体主要污染物变化趋势分析[J]. 水土保持通报, 2012, 32(6): 51 - 54 + 60.