

基于地形指数的流域非点源磷素输出关键源区识别

王 妞^{1,2}, 陆海明¹, 邹 鹰¹, 陈晓燕¹, 朱乾德¹

(1.南京水利科学研究院 水文水资源与水利科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029;

2.河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

摘要:以非点源污染形式输出的磷素是导致水体富营养化的主要原因, 识别流域磷素输出的关键源区并进行重点整治是控制流域非点源磷素污染的重要手段。以修正的磷指数法为基础, 引入地形指数因子, 建立了流域非点源磷素输出风险评价方法, 并以位于江淮丘陵区的西源流域为例开展了磷素输出风险评价, 识别了该流域磷素输出的关键源区。结果表明, 西源流域磷素输出关键源区主要集中在下游河道、沟渠两侧农田区域, 占流域总面积的 8%。

关键词:非点源污染; 关键源区; 磷指数法; 地形指数; 输出风险

中图分类号: X522 文献标识码: A 文章编号: 1000-0852(2016)02-0012-05

1 引言

非点源污染输出的氮、磷等营养元素是水体富营养化的重要污染源, 而磷素作为水体富营养化的主要限制性因子^[1], 其输出机理研究对防控非点源污染, 改善水体富营养化具有重要意义。非点源磷素污染的大部分磷素负荷往往来源于一些面积比重不大的典型区域, 这部分区域对受纳水体的质量有着决定性的影响, 被称为非点源磷素输出的关键源区^[2]。识别流域磷素输出关键源区, 将有限资源投入到对水体危害风险最大的区域进行重点整治, 可有效提高流域非点源磷素污染的防治效果, 降低受纳水体富营养化的风险。目前识别流域非点源磷素输出关键源区的方法主要有数学模型法、输出系数法以及磷指数法^[3]。磷指数法由于对数据资料要求不高, 又能半定量地确定流域非点源磷素输出关键源区而得到了广泛应用。

磷指数法是由 Lemunyon 和 Gilbert^[4]于 1993 年提出, 该方法以土壤侵蚀量、灌溉侵蚀量、地表径流、土壤磷含量、化肥与有机磷肥的施用量和施用方式为评价因子, 对农业地区磷素输出进行了风险评价。Bolinder 等^[5]整合了施肥因子, 忽略施肥方式, 仅考虑施肥量, 将农作物残余量及土壤磷饱和度纳入评价因子; Mc

Farland 等^[6]将潜在磷素输出区域至水体距离与植被管理引入评价因子; Sims 等^[7]运用磷指数法时考虑了磷素的下渗作用; Gburek 等^[8]提出了磷指数法的修正方案, 将评价因子按其机理分为源因子与迁移因子, 改进了磷素输出风险指数的计算方法, 修正了源因子与迁移因子以及各迁移因子之间的关系, 引入了距离因子, 并且在评价因子等级划分时对源因子、距离因子与其他迁移因子采用不同的赋值方式; Hughes 等^[9]在建立地块与流域尺度磷分级方案时引入了受纳水体水质因子; Andersen 等^[10]提出了不同地区使用磷指数法时应作相应的改进, 并通过实例证明了改进方案的优越性; Brian 等^[11]运用流域空间数据, 模拟流域水文过程, 并将其与磷素迁移相联系, 强调了迁移过程对磷素输出的作用; Bin 等^[12]通过实验进一步验证了修正后的磷指数法的合理性, 并得出了模型估算与实际输出的相关系数可达到 0.825。

我国关于磷指数法的研究起步较晚, 2001 年张淑荣等^[13]根据 Gburek 修正后的磷指数法, 用土壤有效磷含量因子代替土壤磷含量因子, 建立了农业非点源磷素输出风险评价体系; 李琪等^[14]提出了修正的流域尺度磷分级方案, 细化了化肥的施用时间与施用方式, 简化了各评价因子的等级划分方式与磷分级方案; 周慧

收稿日期: 2015-03-20

基金项目: 水利部公益性行业科研专项(201201026); 南京水利科学研究院基本科研业务费专项资金项目(Y512009, Y513011, Y515002)

作者简介: 王妞(1987-), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 主要从事水环境保护与生态水文学方面的研究。E-mail: 1007206959@qq.com

通讯作者: 陆海明(1978-), 男, 江苏射阳人, 高级工程师, 主要从事水环境保护与生态水文学方面的研究。E-mail: cnlhm@126.com

平等^[15]简化了施肥因子,将土壤磷吸持指数和磷饱和度作为源因子纳入评价因子;李文超等^[16]在建立中国南方高原农业流域磷素输出风险评价体系时,将流域磷素输出分为溶解态磷输出和颗粒态磷输出两部分,并采用不同的各评价因子与等级赋值。

以往关于磷指数法的研究改进主要集中在源因子方面,较少考虑迁移因子,本研究简化了磷指数法的源因子,提出迁移因子的改进方案,将地形指数纳入评价因子,考虑了地形对流域产汇流的影响,完善了迁移因子,使得评价结果更加符合可靠。

2 研究方法

磷指数法是在分析自然环境、社会和经济等方面资料的基础上,综合考虑影响农业非点源污染的主要因子,评价流域内不同地区发生磷流失的危险性高低的一种方法。本研究根据各评价因子对磷素输出风险的贡献率确定其权重,并对各评价因子进行等级划分,通过GIS获取各评价因子等级的空间分布情况,然后采用公式(1)计算流域各区域磷素输出风险指数。

$$PI = \left(\sum_{i=1}^m SF_i \times W_{si} \right) \times \left(\prod_{j=1}^n TF_j \times W_{tj} \right)$$

式中: SF_i 为第*i*个源因子等级分值; W_{si} 为第*i*个源因子权重; TF_j 为迁移因子等级分值; W_{tj} 为第*j*个迁移因子权重。

非点源磷素输出受诸多因子的影响,因此在进行磷素输出关键源区识别时,流域资料越详实,风险评价结果相对越精准,识别的关键源区就越符合实际。然而由于自然条件、经济条件以及数据管理方式的制约,实际操作中很难获取流域的详实资料,因此在进行关键源区识别时应考虑主要因素,确定其主要评价因子。本文进行磷素输出风险评价时以土壤有效磷含量为源因子,以地形指数和区域至河流距离为迁移因子。

2.1 土壤有效磷含量

土壤有效磷含量是影响非点源磷素输出的重要因子,降雨过程中地表径流中的磷素浓度与土壤有效磷含量具有高度线性相关性^[8],土壤有效磷含量越高,磷素通过地表径流、淋溶等途径进入水体的可能性就越大^[17]。

2.2 地形指数

地形指数 $\ln(\alpha/\tan\beta)$ 是由 Beven 和 Kirkby^[18]于 1979 年在 TOPMODEL 中提出的概念,反映了地形对流域产流区形成和变化的影响。对于栅格 DEM,为上坡区域通过单位等高线长汇集到单元网格内的面积,

反映了径流在流域任一点的累计趋势, $\tan\beta$ 为单元网格的坡角,反映重力使径流顺坡移动的趋势^[19]。

地形指数综合反映了流域不同区域的产流能力,可用于表示流域径流潜力的空间分布情况。此外,由于土壤侵蚀量亦受地形及径流量的影响,地形指数亦可反映流域土壤侵蚀量的空间分布情况。本研究地形指数的计算采用 Quinn 提出的 8 流向计算方法^[20]。

2.3 河岸距离

磷素随地表径流迁移的过程中会通过下渗、填洼、植物拦截吸收等作用而被滞留,因此河岸距离越大,迁移路径越长,磷素进入受纳水体的风险就越小。

3 实例研究

3.1 研究区概况

西源流域位于安徽东部的滁州市南谯区,流域面积为 17.96km²,河沟坡度为 6.1‰,总河长约为 13.7km。西源发源于泉丰岭北部的汪郢,自西南向东北流动最后汇入小沙河,示意图如图 1 所示。流域土壤类型以黏土壤为主,土地利用类型以林地和农田为主,林地以常绿阔叶林为主,农田作物夏季以水稻为主,冬季以小麦、油菜为主,部分农田冬季闲置。流域属我国南北气候过渡带,季风气候显著,降水量年际变化较大,年内分配不均匀,主要集中在 6~9 月份,多年平均降水量为 1 043mm。



图 1 研究区示意图
Fig.1 The study area

3.2 评价体系的建立

3.2.1 评价因子的确定

(1)土壤有效磷含量。在流域内布设 44 个可覆盖

整个流域的代表性土壤采样点,并用 GPS 记录各采样点的地理坐标,流域各采样点空间分布如图 1 所示。

由样本实验数据可知,流域土壤有效磷含量分布范围为 4.59~92.2mg/kg,平均值为 16.35mg/kg,中位数为 14.23mg/kg,利用克里金插值法可得到流域土壤有效磷含量空间分布情况。样本有效磷含量频率分布和流域土壤有效磷含量空间分布情况如图 2 所示。

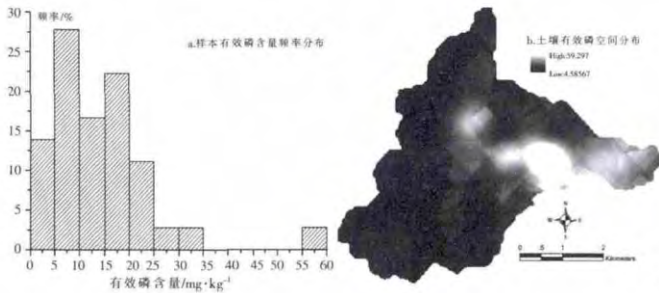


图 2 流域土壤有效磷含量分布
Fig.2 The distribution of the soil available phosphorus in the study watershed

根据 Li 等^[21]对我国农业土壤磷素含量及流失风险评价的研究,长江流域耕地土壤有效磷含量超过 17.0mg/kg 时,地表径流中磷素含量将会显著提高。本研究将流域土壤有效磷含量不超过 17.0mg/kg 的区域作为低风险区,土壤有效磷含量高于 39.0mg/kg 的区域作为高风险区,介于 17.0~39.0mg/kg 之间的区域作为中风险区。

(2)地形指数。根据流域 DEM 数据,采用 Quinn 等提出的 8 向计算方法可算得流域地形指数。该流域地形指数数值范围为 4.9~16.41,平均值为 8.05,数值为 6.5 的面积比重最大,占流域总面积的 25.3%,数值为 7.5 的面积比重次之,占流域总面积的 19.2%。流域地形指数空间分布情况如图 3 所示。

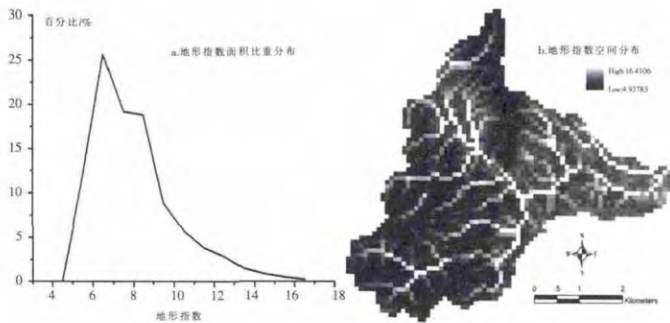


图 3 流域地形指数空间分布
Fig.3 The space distribution of the topographic index in the study watershed

Qiu^[22]利用地形指数确定易产流区时,提出了地形指数大于 11,地表易发生蓄满产流。本研究以地形指数大于 11 的区域为地表产流高风险区,小于 8.5 的区域为低风险区,地形指数介于两者之间的区域为中风险区。

(3)河岸距离。根据流域土壤与降雨特性,结合实地监测经验可知,河道两侧 100.0m 以内的区域,地表径流容易汇入河道,100.0m~300.0m 之间的区域,地表径流汇入河道的可能性相对较小,300.0m 以外的区域,地表径流汇入河道的可能性很小^[23]。因此,将河道 100.0m 以内的区域按等级划分为高风险区,100.0m 至 300.0m 之间的区域为中风险区,300.0m 以外的区域为低风险区。

3.2.2 评价因子权重与等级划分

(1)评价因子权重的确定。根据各评价因子对流域非点源磷素输出的贡献率,确定其权重。源因子与迁移因子采用同样的权重,均取 1.0;根据地形指数与河岸距离对流域非点源磷素输出作用机理的研究并结合流域地形特征分析,认为地形指数与河岸距离对流域非点源磷素输出作用相当,因此分别赋值 0.5^[4, 8, 14, 15]。

(2)评价因子的等级划分。采用 3 级划分方式将各评价因子划分为低、中、高 3 个风险等级,并分别赋值 1、3、5。根据流域不同区域评价因子的含量或作用强度确定其风险等级的空间分布。

西源流域磷素输出风险各评价因子权重及等级划分如表 1 所示。

表 1 流域磷素输出风险评价因子
Table1 The risk assessment factors of the phosphorus export in the study watershed

评价因子	权重	磷素输出风险评价(等级分值)			
		低(1)	中(3)	高(5)	
源因子	土壤有效磷含量 /mg.kg ⁻¹	1.0	≤17.0	17.0~39.0	≥39.0
迁移因子	地形指数	0.5	≤8.5	8.5~11.0	≥11.0
因子	至河流距离/m	0.5	≤100.0	100.0~300.0	≥300.0

3.3 结果分析

3.3.1 评价因子等级空间分布

各评价因子的空间分布情况如图 4 所示。

由图 4 可知,西源流域土壤有效磷含量因子风险等级最高的区域为流域中部主河道两侧区域,风险等级较高区域主要分布在中下游地区主河道两侧区域,分别为流域总面积的 3%与 33%;地形指数因子高风

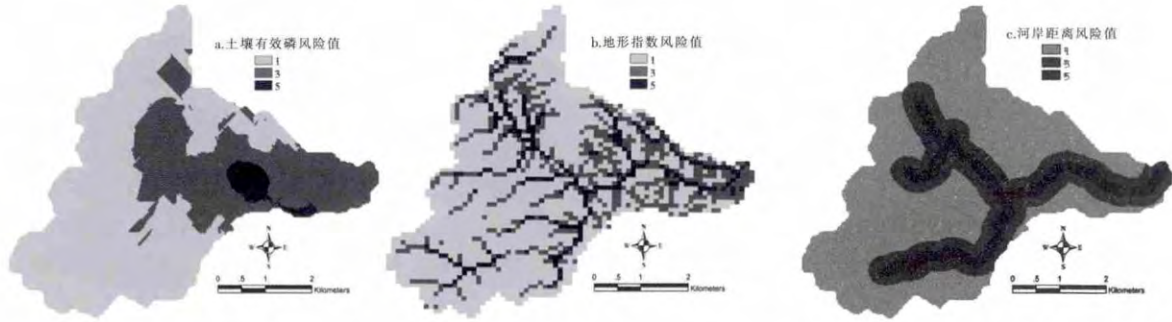


图4 流域磷素输出风险评价因子空间分布

Fig.4 The space distribution of the phosphorus export risk assessment factors in the study watershed

险与中风险区集中在河道、沟渠两侧与下游区域,占流域总面积的 10%与 22%;河岸距离因子高风险与中风险区主要为河道、沟渠两侧与延伸区域,面积比分别为 12%与 23%。

3.3.2 磷素输出风险评价结果

利用 GIS 矢量计算功能,综合西源流域各评价因子的空间分布情况,利用公式(1)计算流域磷素输出风险指数,得到流域磷素输出风险指数空间分布情况如图 5 所示,流域磷素输出风险指数最大值为 25,最小值为 1,平均值为 3.79,标准偏差为 3.92。

根据流域磷素输出风险指数的数值分布,确定流域磷素输出风险分级方案,将磷素输出风险指数低于平均值的区域作为流域磷素输出低风险区,磷素输出风险指数高于平均值和两倍标准偏差之和的区域作为高风险区,介于两者之间的区域作为中风险区,流域磷素输出风险分级方案如表 2 所示。

表2 流域磷素输出风险分级方案
Table2 The phosphorus ranking scheme in the study watershed

磷指数(PI)值	≤3.79	3.79~11.63	≥11.63
磷素输出风险	低	中	高

由表 2 可知,西源流域磷素输出高、中、低风险区的面积占流域总面积的比例分别为 8%、23%和 69%,流域磷素输出风险空间分布情况如图 6 所示。取流域磷素输出高风险区为流域非点源磷素输出的关键源区,西源流域磷素输出关键源区主要分布在下游河道、沟渠两侧农田区域,面积占流域总面积的 8%。

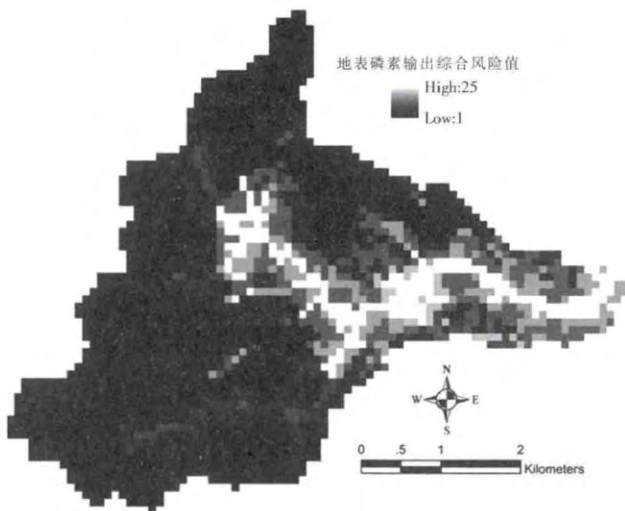


图5 流域磷素输出风险指数空间分布

Fig.5 The space distribution of the risk index of phosphorus export in the study watershed

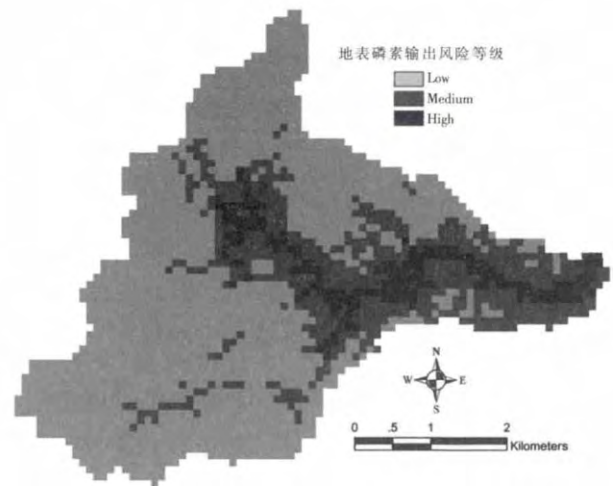


图6 流域磷素输出风险空间分布

Fig.6 The space distribution of the risk of phosphorus export in the study watershed

4 结论与展望

本研究以磷指数法为基础,引入地形指数为迁移因子,提出了流域磷素输出风险评价的简化方案,并以西源流域为例,根据我国江淮丘陵区非点源磷素输出

特征,对其进行磷素输出风险评价分析,得到了该流域磷素输出风险空间分布情况,确定了流域的磷素输出关键源区。本研究的主要结论与展望如下。

(1) 西源流域非点源磷素输出关键源区面积占流域总面积的比重很小,仅为8%,且集中在下游河道、沟渠两侧农田区域。杨章林等^[24]研究发现生态拦截沟渠对农田排水中磷素的平均去除率达40.53%;李伟等^[25]通过实验得出建立缓冲带对总磷的处理效果可达到89.0%。因此可通过加强磷素输出关键源区的土地管理与研究,建立生态防护区,设置植被缓冲带,以控制流域磷素输出负荷,降低接纳水体富营养化的风险。

(2) 将地形指数作为评价因子,可从宏观上得到流域径流量变化趋势的空间分布,所得结果清晰可靠,且地形指数的计算只需流域DEM数据,数据较容易获得。由于本研究流域面积较小,降雨与土地利用类型空间差异性不显著,因此在计算径流潜力时仅考虑了地形因子,若将该研究结果推广应用于较大流域时则应考虑流域各区域的降雨差异与土地利用类型。

(3) 本研究采用的土壤有效磷含量为一次采样的实验数据,只能表示当前土壤有效磷含量,评价结果缺乏时间效应,若能在不同时节、不同天气状况下进行多次采样,综合多次采样的实验数据进行磷素输出风险指数计算,则评价结果将会更加可靠。

参考文献:

- [1] 尹澄清, 兰智文. 富营养化水体中藻类生长限制因素的确定及其应用[J]. 环境化学, 1993,12(5):380-386. (YIN Chengqing, LAN Zhiwen. Determination of algal growth limiting factors in Chaohu lake and its application[J]. Environmental Chemistry, 1993,12(5):380-386. (in Chinese))
- [2] Gburek W J, Sharpley A N. Hydrologic controls on phosphorus loss from upland agricultural watersheds[J]. Journal of Environmental Quality, 1998,27(2):267-277.
- [3] 李振炜,于兴修,姚孝友,等. 农业非点源污染关键源区识别方法研究进展[J]. 生态学杂志, 2011,30(12):2907-2914. (LI Zhenwei, YU Xingxiu, YAO Xiaoyou, et al. Identification approaches of critical source area of agricultural non-point source pollution: a review[J]. Chinese Journal of Ecology, 2011,30(12):2907-2914. (in Chinese))
- [4] Lemunyon J L, Gilbert P G. The concept and need for a phosphorus assessment tool [J]. Journal of Prod. Agric., 1993,6(4):483-486.
- [5] Bolinder M A, Simard R R, Beauchemin S, et al. Indicator of risk of water contamination by P for soil landscape of Canada polygons[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2000,80(1):153-163.
- [6] Mc Farland A, Hauck L, White J, et al. Manure Management in Harmony with the Environment and Society [M]. SWCS Ames,LA, 1998.
- [7] Sims J T, Simard R R, Joern B C. Phosphorus loss in agricultural drainage: historical perspective and current research [J]. Journal of Environmental Quality, 1998,27(2):277-293.
- [8] Gburek W J, Sharpley A N, Heathwaite L, et al. Phosphorus management at the watershed scale:a modification of the phosphorus index[J]. Journal of Environmental Quality, 2000,29(1):130-144.
- [9] Hughes K J, Magette W L, Kurz I. Identifying critical source areas for phosphorus loss in Ireland using field and catchment scale ranking schemes[J]. Journal of Hydrology, 2005,304(1-4):430-445.
- [10] Andersen H E, Kronvang B. Modifying and evaluating a P index for Denmark[J]. Water, Air and Soil Pollution, 2006,174(1):341-353.
- [11] Brian P. Buchanan, Josephine A. Archibald, Zachary M. Easton, et al. A phosphorus index that combines critical source areas and transport pathways using a travel time approach [J]. Journal of Hydrology, 2013,486(12):123-125.
- [12] Zhou Bin, Vogt RolfD, Xu Chongyu, et al. Establishment and validation of an amended phosphorus index: refined phosphorus loss assessment of an agriculture watershed in northern China[J]. Water, Air and Soil Pollution, 2014,225(9):1-16.
- [13] 张淑荣,陈利顶,傅伯杰. 农业区非点源污染敏感性评价的一种方法[J]. 水土保持学报, 2001,15(2):56-59. (ZHANG Shurong, CHEN Liding, FU Bojie. Approach for agricultural non-point source pollution sensibility assessment[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2001,15(2):56-59. (in Chinese))
- [14] 李琪,陈利顶,齐鑫,等. 流域尺度农业磷流失危险性评价与关键源区识别方法 [J]. 应用生态学报, 2007,18 (9):1982-1986. (LI Qi, CHEN Liding, QI Xin, et al. Catchment scale risk assessment and critical source area identification of agricultural phosphorus loss[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007,18(9):1982-1986. (in Chinese))
- [15] 周慧平,高超. 巢湖流域非点源磷流失关键源区识别[J]. 环境科学, 2008,29(10):2696-2702. (ZHOU Huiping, GAO Chao. Identifying critical source areas for non-point phosphorus loss in Chaohu watershed[J]. Environmental Science, 2008,29(10):2696-2702. (in Chinese))
- [16] 李文超,刘申,雷秋良,等. 高原农业流域磷流失风险评价及关键源区识别[J]. 农业环境科学学报, 2014,33(8):1591-1600. (LI Wen-chao, LIU Shen, LEI Qiuliang, et al. Assessing risk of non-point source phosphorus loss and identifying critical source areas in a Chinese highland agricultural watershed [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2014,33(8):1591-1600. (in Chinese))
- [17] Pote D H, Daniel T C, Nichols D J, et al. Relationship between phosphorus levels in three Ultisols and phosphorus concentrations in runoff[J]. Journal of Environmental Quality, 1999,28(1):170-175.
- [18] Beven K J, Kirkby M J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology [J]. Hydrological Sciences Bulletin, 1979,24(1):43-69.

Influence of Plotting Position Formulas on Quantile Estimates in L-moments Analysis

SU Xiaoling^{1,2}, LIN Bingzhang^{1,2}, WU Junmei³

(1. College of Hydrometeorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;

2. College of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;

3. Kunshan Meteorological Bureau, Kunshan 215300, China)

Abstract: Based on annual maximum daily precipitation data series at 96 gauging stations in the Taihu Lake Basin in East China, via L-Moment Analysis in combination with Monte Carlo Simulation method, the influence of different A and B in the plotting position formula $P_{in}=(i+A)/(n+B)$, $B>A>-1$ on quantile estimates has been discussed and assessed. The criterion of RMSE between the actual data frequency estimates and the average of quantiles obtained based on the generated data was applied to computation and analysis in the assessment, focusing on the influence on quantiles for rare frequencies such as 100-y, 1 000-y and 10 000-y events. It is found out that the unbiased estimator of $P_{in}=i/n$, i.e. $A=0$ and $B=0$ in the plotting formula, has a little influence on frequency estimates in terms of uncertainties for frequent estimates such as 2-y, 5-y and 10-y events in the L-moments analysis, but a considerable influence for rare frequency estimates such as 100-y, 1 000-y and 10 000-y events. It is recommended that the plotting position formula of $P_{in}=(i-0.35)/n$, i.e. $A=-0.35$ and $B=0$, is good for quantile estimates for all frequencies, particularly for the rare frequencies events though the unbiased estimator of $P_{in}=i/n$ is also suitable to the frequent events.

Key words: Plotting position formula; L-moments; Monte Carlo Simulation; quantiles for rare frequencies

(上接第 16 页)

[19] 孔凡哲,芮孝芳. TOPMODEL 中地形指数计算方法的探讨[J]. 水科学进展,2003,14(1):41-45.(KONG Fanzhe, RUI Xiaofang. Calculation method for the topographic index in TOPMODEL [J]. Advances in Water Science, 2003,14(1):41-45. (in Chinese))

[20] Quinn P F, Beven K J, Chevallier P, et al. The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models[J]. Hydrological Processes, 1991,5(1):59-79.

[21] Li Haigang, Liu Jian, Li Guohua. Past, present, and future use of phosphorus in Chinese agriculture and its influence on phosphorus losses[J]. Ambio, 2015,44(22):274-285.

[22] Qiu Zeyuan. Assessing critical source areas in watersheds for conservation buffer planning and riparian restoration [J]. Environmental Management, 2009,44(5):968-980.

[23] 张丽,陆海明,邹鹰,等. 缺资料小流域非点源磷素输出关键源区识别方法初探[J]. 生态与农村环境学报, 2014,30(3):403-408.

(ZHANG Li, ZOU Ying, LU Haiming, et al. Method of identifying critical source areas of non-point source phosphorus output in data deficient small watersheds [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2014,30(3):403-408. (in Chinese))

[24] 杨章林,周小平,王建国,等. 用于农田非点源污染控制的生态拦截型沟渠系统及其效果[J]. 生态学杂志, 2005,24(11):1371-1374. (YANG Zhanglin, ZHOU Xiaoping, WANG Jianguo, et al. Ecological ditch system with interception function and its effects on controlling farmland non-point pollution [J]. Chinese Journal of Ecology, 2005,24(11):1371-1374. (in Chinese))

[25] 李伟,王建国,王岩,等. 用于防控菜地排水中氮磷污染的缓冲带技术初探[J]. 土壤, 2011,43(4):565-569. (LI Wei, WANG Jianguo, WANG Yan, et al. Pre-test of buffer zones for preventing nitrogen and phosphorus pollution from vegetable drainage [J]. Soils, 2011,43(4):565-569. (in Chinese))

Identifying Critical Source Areas of Non-point Source Phosphorus Export Based on Topographic Index

WANG Niu^{1,2}, LU Haiming¹, ZOU Ying¹, CHEN Xiaoyan¹, ZHU Qiande¹

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing

210029, China; 2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Phosphorus export via non-point source plays a vital role in the eutrophication of water body. Identification of phosphorus export critical source areas could help mitigate and control non-point source phosphorus export. The critical source area assessment method based on the modified phosphorus index was established, considering topographical index. Xiyuan watershed located in Yangtze-Huaihe transition region was selected as a case study area. The results show that critical source area of phosphorus export only occupies 8% of the total catchment area, and mainly distributed in the cropland close to the stream in lower reaches.

Key words: non-point pollution; critical source area; phosphorus index; topographic index; risk of export