

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2017.04.008

诸发文, 陆志华, 蔡梅, 等. 太湖流域平原河网区水系连通性评价[J]. 水利水运工程学报, 2017(4): 52-58. (ZHU Fawen, LU Zhihua, CAI Mei, et al. Evaluation of river network connectivity in plain area of Taihu basin[J]. Hydro-Science and Engineering, 2017(4): 52-58. (in Chinese))

太湖流域平原河网区水系连通性评价

诸发文, 陆志华, 蔡梅, 王元元

(太湖流域管理局 水利发展研究中心, 上海 200434)

摘要: 河湖水系连通是流域及区域防洪、供水和水生态安全的重要基础。现有的基于水流阻力与图论的水系连通性评价方法并不适用于连通性受闸门工程调度影响较大的平原河网区, 为此提出了改进的水系连通性评价方法, 不仅考虑河网中不同类型河道的实际输水能力, 还考虑了闸门启闭的开启度。以太湖流域平原河网区为例, 运用太湖流域水量水质模型中的概化河网绘制河网图, 结合模型计算出各河道水位及闸门开启度, 构建出加权邻边矩阵, 并利用 MATLAB 编程算出每个节点连通性, 进行了平原河网区典型年时河网水系连通性评价。总体评价结论为太湖流域平原区总体水系连通性较高, 但各水利分区的连通性有一定差异, 其中阳澄淀泖区和太湖区水系连通性较高。评价结论符合太湖流域平原河网区的实际情况, 和前期研究方法的结论基本一致。该方法实现了受闸门调度影响较大河网水系的连通性定量化评价, 可用于河网水系连通性变化评估、改善水系连通工程设计等领域。

关键词: 连通性; 图论; 平原河网区; 闸门运行

中图分类号: TV21

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2017)04-0052-07

连通性良好的河网区水流循环顺畅, 在一定程度上能够优化区域水资源配置战略格局, 解决水资源环境承载力不足、洪涝宣泄不畅等问题。一般来说, 水系连通性的评价, 要同时考虑水系结构连通状况和水文水力学方面的特性。目前国外运用水文模型、图论^[1-2]等方法在流域小尺度层面开展了河流连通度的研究。对于河网连通性评价研究, 有的仅仅考虑河网的结构连通性(网络物理连通性的一种指标, 为网络内连线的实际数目与连线可能存在的最大数目之间的比率^[3])或河道坡降、宽度、河网密度等水系自然属性^[4-5]; 有的学者运用基于水流阻力与图论的水系连通性评价方法, 建立图的加权邻边矩阵, 计算河网节点水流通畅度^[6-8]。但这些方法均忽略了水利工程的实际运用情况, 无法适用于如太湖流域这样工程调度复杂的平原河网区。

本文基于前人方法, 在连通性评价指标中增加闸门开启度, 并将该方法运用于太湖流域平原河网区。这一方法不仅考虑了河网节点之间连接的河道数、断面情况和水位值, 还考虑了平原河网区的闸门调度过程, 能在一定程度上评价平原河网区水系连通程度。

1 研究方法

1.1 基于水流阻力与图论的水系连通性评价方法

该评价方法的基本思路为: 以遥感和 GIS 技术为支撑, 由研究区遥感影像、现场勘察或地形图, 得到研究区数字河网, 进而建立起河网中每个节点的加权邻边矩阵; 通过矩阵算出由某节点通过中间节点到达另一节

收稿日期: 2016-08-25

基金项目: 水利部公益性行业科研专项经费项目“太湖流域综合调度及河湖有序流动技术研究”(201501015)

作者简介: 诸发文(1984—), 男, 江苏南京人, 工程师, 硕士, 主要从事水资源规划与管理、工程调度研究。

E-mail: zhufawen@tba.gov.cn

点或两节点直接相连的连通性中的最大值,即为两节点间河道的水流通畅性。具体如下:

河道节点间的水流阻力 H 可表示为:

$$H = nl \left[\frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} \right]^{-2/3} \quad (1)$$

式中: l 为水流流动距离; n 为河道糙率; b 为河道底宽; h 为水深; m 为边坡系数。

由于河道权值越小,河道水流阻力越大,相邻节点间边的权值 ω 可用水流阻力的倒数表示,权值 ω 用来表征河道节点间水流通畅度。

$$\omega = 1 / H \quad (2)$$

$W = (\omega_{ij})_{n \times n}$ 为河网图的加权邻接矩阵。采用矩阵乘法:

$$W^k = (\omega_{ij}^{(k)})_{n \times n} = \sum_{p=1}^n \omega_{ip}^{(k-1)} \omega_{pj} \quad k = 1, 2, \dots, n-1 \quad (3)$$

该计算式的含义为:节点 i, j 之间节点的水流通畅度 ω_{ij} 为由节点 i 出发经少量中间节点到达节点 j , 或两节点之间仅通过 1 个河道直接相连时的水流通畅程度。引入 $\omega_{ij}^{(k)}$ 的作用一是节点 i 和 j 之间无边直接相连时水流通畅性可以评价;二是当节点 i 到 j 直接相连的河道为较长且窄的一般河道时,节点 i 又可通过主干河道的少量中间节点到达 j 情况下,此时节点 i 和 j 之间的水流通畅性有可能取决于通过少量中间节点的水流通畅度^[7]。

建立水流通畅度矩阵 $F = (f_{ij})_{n \times n}$ 。两节点间的连通性 f_{ij} 取节点 i 和 j 之间连通性最大值,即:

$$f_{ij} = \max \omega_{ij}^{(k)} \quad k = 1, 2, \dots, n-1 \quad (4)$$

节点 i 的水流通畅度 D_i 由所有与节点 i 相接的河道水流通畅性的总和表示。区域或流域河网的加权连通性 D 由所有节点连通性的平均值表示。

根据该理论和方法,徐光来等^[7]对嘉兴平原河网区河道疏浚前后的连通性进行了评价,结论是疏浚后河道的连通性增加了约 5%,即连通性显著增强。

1.2 适用于平原河网区的水系连通性评价方法

太湖流域河网为“自然-人工”复合的复杂水系,流域水体流动很大程度上受水系连通工程的调度控制。在原有基于水流阻力与图论的水系连通性评价方法基础上,考虑了水系连通工程中闸门的实际控制运行对连通性的影响。基本思路为:利用数学模型计算出河道水位等数据和闸门开启度,用闸门开启度修正相连河道的水流通畅度 ω 或闸门两端节点构成的“短河道”的水流通畅度 ω ,进而计算骨干河网结构节点的连通性。具体分为 2 种情况:①如果闸门关闭,就将闸门所假设成的“短河道”的水流通畅度 ω 改为 0,即闸门两端的河道不连通为隔断河道;②如果闸门开启时,则取消闸门与河道相连的节点,相当于闸门不存在,即认为原来通过闸门相连的若干河道直接相连接,而闸门与原河道相连所形成的“新河道”的水流通畅度 ω 为原河道的水流通畅度。改进后的平原河网区水系连通性评价方法计算流程见图 1。

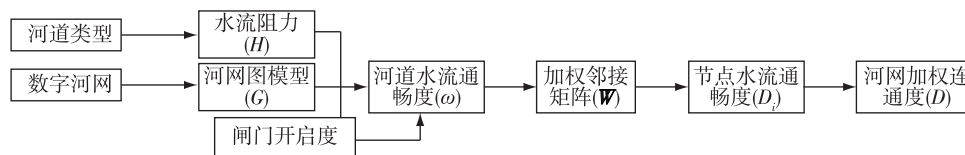


图 1 考虑闸门调度的平原河网区水系连通性评价方法计算流程

Fig. 1 Flow chart of river connectivity calculation conditions considering sluices on plain area of Taihu basin

文中提出的河网水系连通性评价方法考虑的指标主要有:河网中每个河道的长度、糙率、底宽、河床坡度、边坡系数,以及河网节点的结构连通性等自然属性;河网中每个河道断面的水位(水深),反映河道的水力特征;闸门开启情况。

2 太湖流域平原河网区的运用案例

2.1 研究区概况

太湖流域地处长江三角洲南翼,流域面积 $36\,895\text{ km}^2$ 。流域河网如织,湖泊棋布,是我国著名的平原河网区。流域水域面积 $5\,551\text{ km}^2$,水面率为 15%;河道总长约 12 万 km,河道密度达 3.3 km/km^2 ;流域河道水面比降小,水流流速缓慢,河网尾间受潮汐顶托影响,流向表现为往复流^[9]。随着流域社会经济的发展,水系功能也发生了从传统的供水、防洪、除涝、抗旱、航运到当前的生态环境格局关系的转变。

本研究基于太湖流域水资源不太紧张也不丰沛的情况,取 50%降雨频率平水年型 1990 年进行方案计算分析,具体采用了 1990 年型下 2 月 20 日、6 月 20 日、8 月 20 日、10 月 20 日的模型计算成果,分析这一年中 4 个日期的河网连通性差别。如果不同时刻连通性计算结果差别较大,则进一步取更多不同时刻进行比较。

2.2 计算条件与数据整理

计算工况采用太湖流域一轮治太骨干工程完成后的工况。太湖流域平原区河网是由不同等级河网构成的复杂河流系统,要分析流域及各分区的河网连通性,理论上是河网越密越符合实际,但由于河网资料和计算机计算速度限制,采用了太湖流域水量水质数学模型系统的骨干概化河网。太湖流域水量水质模型在太湖流域防洪规划、水资源综合规划等实际工作中得到广泛应用,验证表明太湖水位及代表站水位基本与实际水位吻合,计算精度满足数值模拟要求,故平原河网区骨干和概化河网的连通性能在一定程度上代表流域河网实际的连通性。模型中将流域平原骨干河网水系概化为河道 1 574 个。太湖流域河网概化见图 2。

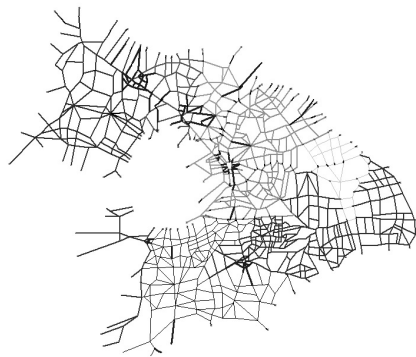


图 2 太湖流域骨干河网结构概化

Fig. 2 Structure sketch map of river network in Taihu basin

闸门调度是平原河网水系连通性最大的影响因素之一。太湖流域水利工程众多,实际调度规则较复杂,模型调度方案根据 2011 年国家防总批复的《太湖流域洪水与水量调度方案》(国汛[2011]17 号),将洪水调度与水量调度相结合。区域主要控制线现行调度方案目前仍以防洪调度为主,水资源水环境调度方面尚未制定统一调度方案,由各地区根据当地水资源、水环境状况实行相机调度。城市大包围建设的排水影响也通过大包围(圩区)的闸门工程调度部分考虑在内。有实测流量过程的闸门以实测流量过程作为边界条件,主要包括沿长江 13 个大闸、沿杭州湾口门、望亭水利枢纽及太浦闸等工程。

将流域平原河网区的中小型湖泊概化为零维节点。闸门泵站概化为由两个节点相连的“短河道”。根据太湖流域数学模型系统中平原河网水系的相关资料,整理加权矩阵计算所需数据。经整理,太湖流域平原骨干河网水系概化为河道 1 574 个、调蓄节点 61 个、闸门(泵站) 245 个,这些河道、闸门由 1 698 个节点相连^[10]。

根据模型计算结果,上述 4 个日期时太湖日平均水位分别为 3.18, 3.01, 2.97 和 3.13 m。根据数学模型整理出太湖流域平原河网区概化河网中每一河道的长、底、边坡系数、糙率等数据。利用模型计算出流域河网各个河道断面水位,求出断面水深 h ,计算出各河道的水流阻力 H ,并计算各个闸门的开启度,修正相连河道的权值 ω 或闸门两端节点构成的“短河道”的权值 ω ,从而构造出整个太湖流域平原河网 1 698 个节点的河网加权矩阵 W_1 。通过 MATLAB 软件编程计算出每个节点直接相连时或通过中间节点相连时的连通性。根据流域的水利分区,计算各个分区水系连通性的大小,并针对某重点研究区域开展连通性分析。

2.3 连通性评价结果与分析

平水年 1990 年时,太湖流域各骨干河网水利分区的河网结构连通性见表 1。整个太湖流域平原河网区骨干河网的连通性为 0.077。阳澄淀泖区和太湖区水系连通性最高为 0.089,杭嘉湖区次之为 0.084,浙西区

最低为 0.039。各水利分区的河网结构连通性存在较大差异, 连通性 $D=0.04\sim0.09$, 大体上可划分为 3 个不同等级范围, 即: 较低水平的河网结构连通性(连通性 $D=0.03\sim0.05$), 以浙西区为典型; 中等水平河网结构连通性(连通性 $D=0.05\sim0.07$), 以湖西区、浦西区和浦东区为代表; 高水平河网结构连通性(连通性 $D=0.07\sim0.09$), 以阳澄淀泖区、太湖区、杭嘉湖区为代表。

表 1 太湖流域各水利分区河网连通性

Tab. 1 River network connectivity of water resources divisions in Taihu basin

水利分区	连通性				平均连通性
	2 月 20 日	6 月 20 日	8 月 20 日	10 月 20 日	
湖西区	0.054 6	0.055 3	0.054 8	0.055 0	0.055 0
武澄锡虞区	0.075 7	0.077 2	0.077 3	0.077 1	0.077 0
阳澄淀泖区	0.088 7	0.090 1	0.087 7	0.090 6	0.089 0
太湖区	0.097 1	0.087 8	0.082 7	0.097 0	0.089 0
杭嘉湖区	0.082 7	0.082 9	0.085 4	0.084 0	0.084 0
浦西区	0.069 6	0.072 4	0.068 3	0.069 7	0.070 0
浦东区	0.061 6	0.058 8	0.057 2	0.058 1	0.059 0
浙西区	0.041 5	0.038 4	0.037 9	0.038 5	0.039 0
太湖流域	0.076 7	0.077 1	0.076 6	0.077 4	0.077 0

以 1990 年型 2 月 20 日的连通性评价为例, 不考虑水系连通工程运行的方案, 假定流域内闸门都关闭, 各个分区连通性相比考虑闸门开启度方案的水系连通性偏小了约(2~30)%, 特别是太湖区的水系连通性偏小了约 30%, 而湖西区等区域连通性相差不大, 见图 3。可见, 闸门等控制运行情况对平原河网区的水系连通性影响较大。显然, 考虑闸门开启情况的连通性更加符合流域实际。

水利部公益性行业科研专项经费项目《江河湖连通改善太湖流域水生态环境作用研究》^[11], 选取水面率、河网密度、河频率、河网结构连通度、河道过水断面面积、湖泊蓄水量等指标评价了太湖流域平原河网区的结构连通性。计算结果与其结论基本一致, 都是阳澄淀泖区和杭嘉湖区连通性较大、浙西区连通性最小, 见表 2, 表明本连通性评价结论基本符合实际。

表 2 太湖流域骨干水系不同方法性连通性评价

Tab. 2 Evaluation results of river network connectivity of water resources divisions given by different methods

水利分区	水面率/%	河网密度/($\text{km}\cdot\text{km}^{-2}$)	河频率/(条 $\cdot\text{km}^{-2}$)	河网结构连通性(γ 指数)
湖西区	7.48	0.10	0.005 1	0.43
浙西区	3.30	0.15	0.009 8	0.36
武澄锡虞区	6.86	0.23	0.016 1	0.43
杭嘉湖区	11.55	0.13	0.010 6	0.43
阳澄淀泖区	19.02	0.18	0.009 0	0.54
浦西区	10.54	0.29	0.029 6	0.51
浦东区	9.76	0.30	0.023 6	0.51

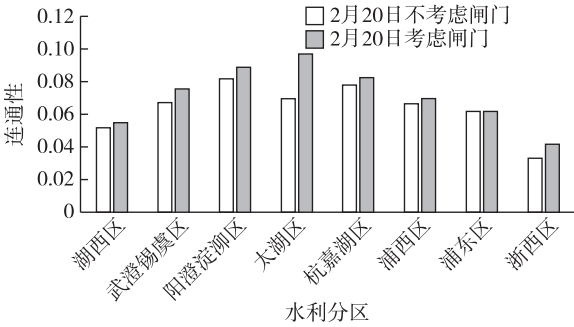


图 3 太湖流域各水利分区连通性对比

Fig. 3 Comparison of river network connectivity of water resources divisions

湖西区位于流域西北部, 全区总面积 7 896.5 km^2 , 东自德胜河与澡港分水线南下至新闻, 向南沿武宜运河东岸经太漚运河北岸至太湖, 再沿太湖湖岸向西南至苏、浙两省分界线, 南以苏、浙两省分界线为界, 西以

茅山与秦淮河流域接壤,北至长江。湖西区引江能力和水力条件均较好,以湖西区为例研究区域中若干节点连通性。

从表 3 湖西区选出的 9 个典型河网节点(见图 4)的连通性可看出,连通性最好的节点为京杭运河与九曲河交汇处(丹阳)、孟津河与湟里河交汇处(湟里镇)等处,连通性较差的为丹金溧漕河与夏溪河交汇处(金坛)、九曲河与新河交汇处,其他河网节点的连通性处于中间状态。

河道信息提取自太湖流域水量水质模型,分析湖西区 9 个典型河网节点相连的河道断面信息,并通过模型计算出这些节点在 4 个日期的水位(见表 4)。由于京杭运河河宽水深,起着流域水量调节与承转的作用,且该河网节点附近无闸门控制水体流动,故根据本方法计算出节点 3 的连通性较大。节点 73(孟津河与湟里河交汇处)虽然其相连河道的水深相比其他河道不是很大,但由于该节点位于溧湖与洮湖两大湖泊之间,河网结构连通性较好,故河网连通性大。节点 58 连通性为 0.039,节点 60 连通性为 0.025,都位于丹金溧漕河上,节点 58 的相连河道三陵河的水深要比节点 60 相连河道夏溪河的水深大,故节点 60 的连通性较大。靠近洮湖、溧湖等湖泊的几个河网节点的连通性相对较好,反映了河湖连通对改善流动性的作用。

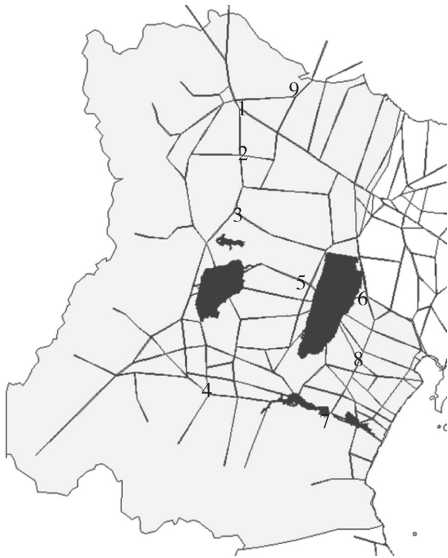


图 4 湖西区骨干河网结构概化
Fig. 4 Structure sketch map of river network in Huxi division of Taihu basin

表 3 湖西区若干节点连通性

Tab. 3 Connectivity of some nodes in Huxi division of Taihu basin							
序号	节点位置	节点号	连通性				平均连通性
			2 月 20 日	6 月 20 日	8 月 20 日	10 月 20 日	
1	京杭运河与九曲河交汇处(丹阳)	3	0.108	0.114	0.115	0.112	0.112
2	丹金溧漕河与三陵河交汇处(珥陵镇)	58	0.038	0.040	0.040	0.039	0.039
3	丹金溧漕河与夏溪河交汇处(金坛)	60	0.025	0.026	0.025	0.025	0.025
4	南溪河与北河交汇处(溧阳)	80	0.094	0.092	0.091	0.094	0.093
5	孟津河与湟里河交汇处(湟里镇)	73	0.122	0.123	0.120	0.124	0.122
6	武宜运河与太漕运河交汇处(坊前)	109	0.075	0.076	0.074	0.076	0.075
7	武宜运河、东洫与西洫交汇处(宜兴)	89	0.054	0.053	0.052	0.054	0.053
8	武宜运河与殷村港交汇处(和桥镇)	103	0.066	0.066	0.065	0.067	0.066
9	九曲河与新河交汇处(访仙镇)	17	0.021	0.022	0.022	0.022	0.022

表 4 湖西区若干节点连通河道断面及水位信息

Tab.4 River sections and water level information of some nodes in Huxi division of Taihu basin										
序号	节点号	相连河道	底宽/m	底高/m	边坡	糙率	水位/m			
							2月20日	6月20日	8月20日	10月20日
1	3	京杭运河	40	0	1/4	0.025 0	3.79	4.21	4.28	4.03
		九曲河	20	0	1/3	0.025 0				
		香草河	12	0	1/4	0.025 0				

(续表)

序号	节点号	相连河道	底宽/m	底高/m	边坡	糙率	水位/m			
							2月20日	6月20日	8月20日	10月20日
2	58	丹金溧漕河	20	0	1/3	0.025 5	3.72	4.15	4.17	3.91
		三陵河	10	0.5	1/3	0.025 5				
3	60	丹金溧漕河	20	0	1/3	0.255 0	3.61	3.88	3.71	3.70
		夏溪河	15	1.5	1/3	0.025 0				
4	80	南溪河	30	0	1/4	0.025 5	3.43	3.33	3.24	3.41
		北河	15	0	1/3	0.025 0				
5	73	孟津河	10	1.0	1/2	0.025 5	3.38	3.43	3.28	3.45
		湟里河	15	1.5	1/3	0.025 0				
6	109	武宜运河	17	0	1/3	0.025 5	3.37	3.42	3.31	3.44
		太漕运河	25	-1.0	1/3	0.025 0				
7	103	武宜运河	15	0	1/3	0.025 5	3.29	3.25	3.17	3.34
		殷村港	15	0.5	1/3	0.025 0				

3 结 语

目前国内关于流域尺度的河湖水系连通理论研究还处在探索阶段。本文提出的改进了的基于水流阻力与图论的水系连通性评价方法,不仅考虑河网中不同类型河道的实际输水能力,还一定程度上考虑了水系连通工程闸门的开启度,能够评价流域及区域河网水系的内在连通状况,既反映了河网的结构连通性,又反映了河网的水力连通性,考虑闸门开启度解释实际河网中河道“连”而不“通”的现象。实例分析表明,此方法有效可行,评价结果相比不考虑闸门调度的连通性评价方法更合理。该方法可用于河网水系连通性变化评估、改善水系连通工程设计等领域。

此评价分析尚有不少需改进之处。闸门的开启度本文仅采用开启和关闭两种形式,在后续研究中应进一步考虑闸门的开度;仅从水位变化角度考虑了泵站运行对河网连通性的影响,没有考虑因此引起的流速、流向变化。此外,何种连通性状态对流域和区域的防洪、供水、水环境保护更为有利,需在后续工作中进一步深化研究。

参 考 文 献:

- [1] LESSCHEN J P, SCHOORL J M, CAMMERAAT L H. Modeling runoff and erosion for a semi-arid catchment using a multi-scale approach based on hydrological connectivity[J]. *Geomorphology*, 2009, 109(3): 174-183.
- [2] LANE S N, REANEY S M, HEATHEWAITE A L. Representation of landscape hydrological connectivity using a topographically driven surface flow index[J]. *Water Resources Research*, 2009, 45(8): 2263-2289.
- [3] 孟祥永, 陈星, 陈栋一, 等. 城市水系连通性评价体系研究[J]. *河海大学学报(自然科学版)*, 2014, 42(1): 24-28. (MENG Xiangyong, CHEN Xing, CHEN Dongyi, et al. Evaluation system of urban water system connectivity[J]. *Journal of Hohai University(Natural Sciences)*, 2014, 42(1): 24-28. (in Chinese))
- [4] 袁雯, 杨凯, 吴建平. 城市化进程中平原河网地区河流结构特征及其分类方法探讨[J]. *地理科学*, 2007, 27(3): 401-407. (YUAN Wen, YANG Kai, WU Jianping. River structure characteristics and classification system in river network plain during the course of urbanization[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2007, 27(3): 401-407. (in Chinese))
- [5] 袁雯, 杨凯, 唐敏, 等. 平原河网地区河流结构特征及其对调蓄能力的影响[J]. *地理研究*, 2005, 24(5): 717-724. (YUAN Wen, YANG Kai, TANG Min, et al. Stream structure characteristics and their impact on storage and flood control capacity in the urbanized plain river network[J]. *Geographical Research*, 2005, 24(5): 717-724. (in Chinese))
- [6] 赵进勇, 董哲仁, 翟正丽, 等. 基于图论的河道-滩区系统连通性评价方法[J]. *水利学报*, 2011, 42(5): 537-543.

- (ZHAO Jinyong, DONG Zheren, ZHAI Zhengli, et al. Evaluation method for river floodplain system connectivity based on graph theory[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2011, 42(5): 537-543. (in Chinese))
- [7] 徐光来, 许有鹏, 王柳艳. 基于水流阻力与图论的河网连通性评价[J]. 水科学进展, 2012, 23(6): 776-781. (XU Guanglai, XU Youpeng, WANG Liuyan. Evaluation of river network connectivity based on hydraulic resistance and graph theory [J]. Advances in Water Science, 2012, 23(6): 776-781. (in Chinese))
- [8] 孟慧芳, 许有鹏, 徐光来, 等. 平原河网区河流连通性评价研究[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(5): 626-631. (MENG Huifang, XU Youpeng, XU Guanglai, et al. Study on rivers connectivity evaluation in plain river network area[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2014, 23(5): 626-631. (in Chinese))
- [9] 陈红, 戴晶晶. 水利工程有序引排改善太湖流域水环境作用初步研究[J]. 水利规划与设计, 2011(4): 8-11. (CHEN Hong, DAI Jingjing. Preliminary study on water environment effect of water conservancy project in order to improve the water environment of Taihu basin[J]. Water Resources Planning and Design, 2011(4): 8-11. (in Chinese))
- [10] 程文辉, 王船海, 朱琰. 太湖流域模型[M]. 南京: 河海大学出版社, 2006: 64-65. (CHENG Wenhui, WANG Chuanhai, ZHU Yan. Taihu basin model[M]. Nanjing: Hohai University Press, 2006: 64-65. (in Chinese))
- [11] 季笠, 陈红, 蔡梅, 等. 太湖流域江河湖连通调控实践及水生态环境作用研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013: 50-51. (JI Li, CHEN Hong, CAI Mei, et al. The practice of river-lake connection regulation and its effect on water ecological environment in Taihu basin[M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 2013: 50-51. (in Chinese))

Evaluation of river network connectivity in plain area of Taihu basin

ZHU Fawen, LU Zhihua, CAI Mei, WANG Yuanyuan

(Water Conservancy Development and Research Center, Taihu Basin Authority, MWR, Shanghai 200434, China)

Abstract: The river network connectivity is an important basis for the flood control, water supply and ecological security. An improved evaluation method based on hydraulic resistance and the graph theory is put forward. This method takes into account not only the capacity of different channel types, but also the operation conditions of the sluices including closing and opening conditions, which was never considered in previous methods. The method has been applied to the evaluation of the river network connectivity in the plain area of the Taihu basin, which is a typical complex system of the “nature and artificial”. By using the water quantity and quality model for Taihu basin, the structure sketch map of the river network can be established, the water levels of all the rivers and the opening degree of the sluices in the basin can be calculated, and weighted adjacent edge matrix can be set up finally. Using MATLAB, the connectivity degree of the river network in a typical year (1990) can be estimated relatively quickly. The overall evaluation results show that the overall connectivity degree of the total water system in the plain area of the Taihu basin is high, but there are some differences among each water resources district: the connectivity degree of the Yangchengdianmao and the Taihu district is the maximum. The evaluation result conforms to the actual situation and is consistent with the conclusion of the previous research conclusions. The method realizes the quantitative evaluation of the connectivity in the plain river network area, and can be used for water system connectivity assessment so as to improve the design of the water network system.

Key words: river network connectivity; graph theory; plain river network area; opening degree of the sluices