

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2018.05.003

基于 DEM 的城市易涝点集水特征提取与应用

王加虎¹,梁菊平¹,李 丽¹,查治荣²,刘玉冰¹

(1. 河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098; 2. 青岛市水文局黄岛分局,山东 青岛 266400)

摘要:为改善针对易涝点范围建模时缺乏集水区间概念的现象,采用 DEM 和传统的 D8 法确定流向和洼地填平,并将易涝点所在洼地视为“真洼地”不参与循环填平计算。选择青岛市胶南区 5 m 分辨率的 DEM 对该方法进行检验,结果表明,该方法能准确地识别出社会调查到的 18 个易涝点中的 15 个,命中率 83%。对 18 个易涝点对应的集水特征进行提取,并据其对各个易涝点的易积水程度、危险等级进行分析,结果表明,喜鹊山路 11 号积水点积水深,威胁最大,在所有积水点中潜在危害最高。

关键词:城市易涝点;集水区间;DEM;D8 法;集水特征提取;青岛市胶南区

中图分类号:TU998.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-1980(2018)05-0390-05

Deriving and application of the catchment characteristics for urban flood point based on DEM

WANG Jiahu¹, LIANG Juping¹, LI Li¹, CHA Zhirong², LIU Yubing¹

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Huangdao branch of Qingdao Hydrology Bureau, Qingdao 266400, China)

Abstract: In order to deal the problem that many scholars lack the concept of catchment interval when modeling the waterlogging point, the method that can extract catchment characteristics of waterlogged points in the gentle rolling area of city has been established based on DEM and traditional D8 method to determine the flow direction and the filling of depressions. The depression, where the waterlogged points are located, was regarded as a “true depression”, which was not involved in the calculation of cycle filling. The DEM data of 5 m resolution for the Jiaonan District of Qingdao City was tested by the above method and 15 of the 18 waterlogging points were accurately identified, where the hit rate was 83%. In addition, the corresponding catchment characteristics were also extracted, and the water accumulation degree as well as the risk grade of each waterlogged point was analyzed by using the method. The No. 11 waterlogged point at Xiqueshan road is the most dangerous and potentially harmful. This method can better extract the catchment characteristics of waterlogging points in the urban area, exhibiting a reference value for the city’s flood control and disaster mitigation.

Key words: urban flood point; catchment interval; DEM; D8 method; deriving of catchment characteristics; Jiaonan District of Qingdao City

城市易涝点是城市防洪减灾、模拟预报的重点地区^[1-2]。一处积水点的形成不仅仅由当地产汇流决定,还与上游来水的叠加、下游产汇流的顶托等有关,所以很多小城市的排水内涝规划中,需要对全区建模^[3-4]。很多学者利用各种模型^[5-8]仅仅针对易涝点范围建模^[9]时缺乏集水区间的概念。

流域特征的提取是分布式水文模型的基础环节^[10-12],但是城区大多起伏平缓,常规的流域特征提取方

作者简介:王加虎(1975—),男,副教授,博士,主要从事水文水资源研究。E-mail:TigerLLy@163.com

引用本文:王加虎,梁菊平,李丽,等.基于 DEM 的城市易涝点集水特征提取与应用[J].河海大学学报(自然科学版),2018,46(5):390-394.

WANG Jiahu, LIANG Juping, LI Li, et al. Deriving and application of the catchment characteristics for urban flood point based on DEM [J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2018, 46(5):390-394.

法难以奏效。目前城市产汇流分区大多借助经验人工圈画,一个勉强可行的方案是^[13]:根据地下管网的比降和走向,人工搜索管网的最高点或源头作为分水岭后,结合经验圈画出大致的范围,但是该方法的主观性较大、实用性存疑。目前的市政部门大多按照行政区来划管理范围,以南京市为例:划分了主城南排涝片、主城河西排涝片等 22 个片区,纯属方便管理,未考虑水文学依据。

笔者以 D8 流向法为基础,利用高分辨率数字高程模型^[14](digital elevation model,DEM)提取流向,循环填平时跳过易涝点所在的“真洼地”,得到较为可信的易涝点集水特征。

1 常规流向提取

为了便于改进,本文使用 C#自行开发集水特征提取工具,在复合信息(复合了自然水系位置的 DEM)的控制下按照 D8 法提取与自然水系相匹配的流域特征信息^[15],需要改进的主要包括流向确定、洼地填平 2 个环节。

1.1 流向确定

考虑到算法应用的广泛性和软件开发的效率和稳定性,采用目前应用最广泛的单流向法——D8 法来确定流向。基本原理是假设单个网格中的水流只有 8 种可能的流向,即只能流入与之相邻的 8 个网格中。在 3×3 的 DEM 网格上,计算中心格网与各相邻格网间的距离权落差(即网格中心点落差除以网格中心点之间的距离),取距离权落差最大的格网为中心格网的流出格网,该方向即为中心格网的流向。

1.2 洼地填平

由于内插的原因以及一些真实地形的存在,使得 DEM 表面存在着很多凹陷的区域(即洼地)。如果洼地不被填平,则在这些区域范围内进行地表水流模拟时,由于低高程栅格的存在,从而使得水流流向不合理,进而生成的河网不连续。填平洼地就是将 DEM 中的所有洼地填平,以保证从 DEM 中提取的河网是连续的。具体方法是首先扫描 DEM 找出洼地,然后将洼地点的高程值设为与其相邻点的最小高程值,这样迭代直到填平所有的洼地。

2 针对城区的改进

2.1 易涝点“真洼地”

在流域尺度上为了得到连续河网,将所有洼地作为伪洼地填平,这种忽略“真洼地”(这里旨在强调与伪洼地的区别)的做法对实际的水循环模拟并没有较大影响,并且后继的产汇流模型中还有诸如初损、填洼等参数加以补偿^[16]。

在微尺度如城区易涝点积水过程的模拟中,只要地表来水超过“真洼地”的管网排涝能力、该地都会形成一个积水点,因此“真洼地”不容忽略。从市政、新闻或走访中,可以得到很多积水点的位置信息,如果 DEM 流向扫描后在该位置有对应的“洼地”,则将该洼地标志为“真洼地”,不参与后继的滚动填平。

2.2 流向确定

城区的水流主要沿着地下管网出流。当地表来水(本单元降雨产流和上游单元汇流来水)超过管网排水能力时地表就出现积水,地表积水的流向仍然遵循最陡坡度法^[17]的原则,可以用 1.1 节方法来确定。当单元流向指向某“真洼地”时,该单元的流向就提取完成。

3 应用与检验

选用山东省青岛市胶南城区检验上述方法。主要地形资料来自国土部门的 DEM,平面分辨率 5 m、垂向分辨率 0.1 m。在胶南市水文局的协助下,在胶南、珠海、隐珠、滨海 4 个街道办调查得到易涝点 18 个,逐一现场指正得到精确的易涝点位置,如图 1 所示。利用本文方法,在 DEM 中能检测到其中的 15 个“真洼地”,命中率 83%。

以喜鹊山路积水点(图 2)为例,该点集水面积 37060 m²、“盆底”(指真洼地底部的平摊区)面积 1140 m²,最大积水深约 0.3 m。积水深是根据 DEM 数据测算出的数值,由于 DEM 垂向分辨率为 0.1 m,所以积水深的估算误差约 5 cm,并且由于路牙、漂浮物等的影响,实际积水深往往超过估算值。超过最大积水深后,地表积水向西部的居民区和东南部道路方向溢流。该洼地的最大积水深接近大多数汽车的排气管高度,可能导致喜



图1 调查的积水点对应的“真洼地”

Fig.1 Investigated waterlogging points and corresponding “true depressions”

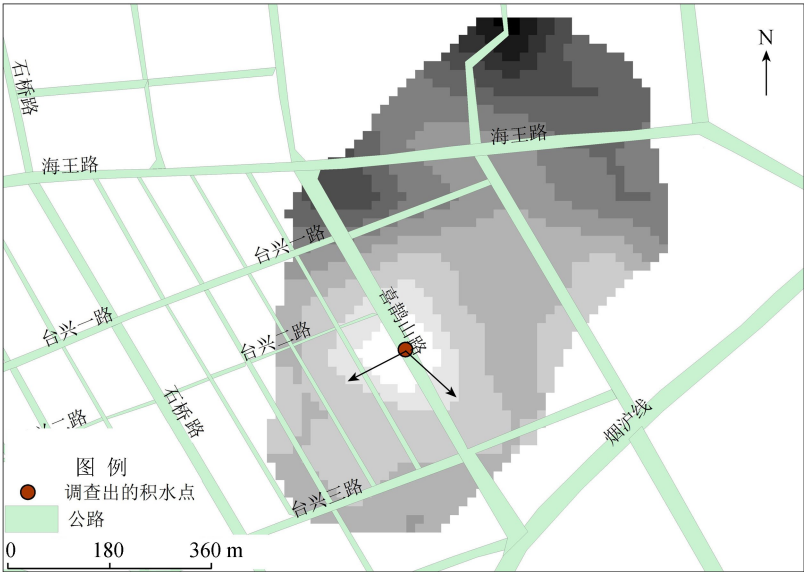


图2 喜鹊山路积水点地形和位置示意图

Fig.2 Topography and location of the waterlogged point at Xiqueshan road

鹊山路部分路段的交通瘫痪,社会潜在威胁较大。

假定管网排水能力差异可以忽略,把每个检测出的“真洼地”集水特征对比(表1)能快速判断出各个积水点的社会威胁程度:喜鹊山路11号积水点,积水深威胁最大,在所有积水点中潜在危害最高;东岳中路1号和石桥路8号积水点,一旦降雨产流超过对应的管网排水能力,大面积的地表积水快速汇往盆底,极易形成局部内涝,完全符合社会调研时的“小雨小淹、大雨大淹”的印象,潜在危害中等;海王路9号和烟沪线-风河南路13号,积水面积相对较大,潜在危害也不容忽视。

4 结 语

对城市易涝点的治理和模拟需要的资料很多,除了地下管网、落水井、地表坡度、建筑等资料外,易涝点的集水范围、以及由此得出的盆底面积、水位-面积-蓄量曲线、溢流高程等集水特征也十分重要。本文方法目前仅适用于已知易涝点(群)位置、给出配套的集水特征,为建模范围的界定、积水风险的比较等研究提供

表 1 洼地集水特征统计分析

Table 1 Statistical Analysis of catchment characteristics of depressions

参考位置	集水面积/m ²	盆底面积/m ²	集水面积与盆底面积之比	易积水排序	最大积水深
东岳中路	62 980	620	102	2	中
铁枫山路	51 900	840	62	3	
东风路北	11 700	560	21	6	
东风路南	16 100	2 480	6	12	
新华路	13 040	2 500	5	13	中
双珠路	35 000	1 620	22	5	
汇泽路	23 840	3 620	7	11	
石桥路	17 340	140	124	1	
海王路	22 460	5 220	4	14	高
西海岸路西	15 120	1 680	9	10	
喜鹊山路	37 060	1 140	33	4	
石桥路西	12 060	980	12	8	
烟沪线-风河南路	11 120	4 020	3	15	高
铁家山路	36 180	3 280	11	9	
三沙路	24 340	1 580	15	7	

基础,下一步还将研究易涝点(群)识别的相关方法。

应用实例中有 3 个社会调查的易涝点在 DEM 中没有对应的“真洼地”,可能原因包括:积水点面积和深度小在 DEM 中不能反映;DEM 地形测量相对较粗;积水点的形成不是由于地形凹陷、而是由于排水不畅、建筑物阻挡等原因,后继需要深入研究。

参考文献:

[1] 刘兴昌,黄广文.城市防洪及其规划问题的思考[J].水土保持通报,2002(4):57-61. (LIU Xingchang,HUANG Guangwen. Flood control and its planning of cities[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation,2002(4):57-61. (in Chinese))

[2] 胡伟贤,何文华,黄国如,等.雨洪模拟技术研究进展[J].水科学进展,2010,21(1):137-144. (HU Weixian,HE Wenhua,HUANG Guoru,et al. Review of urban storm water simulation techniques[J]. Advances in Water Science,2010,21(1):137-144. (in Chinese))

[3] 戚蓝,杨龙晏,苑希民,等.三亚市雨、洪、潮多元耦合精细化洪涝分析数值模型[J].水资源与水工程学报,2016,27(5):123-129. (QI Lan,YANG Longyan,YUAN Ximin,et al. Numerical model of precise flood analysis of multiple couple of storm, flood and tide in Sanya[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering,2016,27(5):123-129. (in Chinese))

[4] 刘俊萍,韩君良.小城市排水防涝规划模拟[J].中国水运,2015,15(11):163-165. (LIU Junping,HAN Junliang. Simulation of drainage and waterlogging planning in small cities[J]. China Water Transport,2015,15(11):163-165. (in Chinese))

[5] 吴海春,黄国如.基于 PCSWMM 模型的城市内涝风险评估[J].水资源保护,2016,32(5):11-16. (WU Haichun,HUANG Guoru. Risk assessment of urban waterlogging based on PCSWMM model[J]. Water Resources Protection,2016,32(5):11-16. (in Chinese))

[6] 陈鹏宇.城市洪涝一维二维耦合模型与系统开发研究[D].济南:山东大学,2016.

[7] 王嘉仪,赵连军,张华,等.基于 SWMM 模型的城市排水管道优化研究[J].中国农村水利水电,2017(4):41-44. (WANG Jiayi,ZHAO Lianjun,ZHANG Hua,et al. Research on optimization of urban drainage pipelines carrying capacity based on SWMM model[J]. China Rural Water and Hydropower,2017(4):41-44. (in Chinese))

[8] 葛鹏.区域洪涝灾害的模糊评估模型研究[D].南京:南京信息工程大学,2013.

[9] 万英,盖鑫.基于海绵城市建设理念的城市易涝点整治案例[J].给水排水,2017,43(3):55-58. (WAN Ying,GAI Xin. Renovation of urban waterlogging sites based on sponge city concept[J]. Water Supply and Sewerage,2017,43(3):55-58. (in Chinese))

[10] 宋晓猛,张建云,占车生,等.基于 DEM 的数字流域特征提取研究进展[J].地理科学进展,2013,32(1):31-40. (SONG Xiaomeng,ZHANG Jianyun,ZHAN Chesheng,et al. Advances in digital watershed features extracting based on DEM[J]. Progress in Geography,2013,32(1):31-40. (in Chinese))

[11] 赵博华.基于 DEM 的流域特征提取方法研究进展[J].人民珠江,2016,37(2):43-47. (ZHAO Bohua. Research progress of watershed characteristics extraction methods based on DEM[J]. Pearl River,2016,37(2):43-47. (in Chinese))

[12] 谢顺平,都金康,罗维佳,等.基于 DEM 的复杂地形流域特征提取[J].地理研究,2006(1):96-102,187. (XIE Shunping,

DU Jinkang, LUO Weijia, et al. The extraction of properties in catchment with complex terrain based on DEM[J]. Geographical Research, 2006(1):96-102, 187. (in Chinese))

[13] 王加虎, 李丽. 南京市海绵城市专项规划模型分析报告[R]. 南京: 河海大学, 2017.

[14] 高玉芳, 陈耀登, 蒋义芳, 等. DEM 数据源及分辨率对 HEC-HMS 水文模拟的影响[J]. 水科学进展, 2015, 26(5):624-630. (GAO Yufang, CHEN Yaodeng, JIANG Yifang, et al. Effects of DEM source and resolution on the HEC-HMS hydrological simulation[J]. Advances in Water Science, 2015, 26(5):624-630. (in Chinese))

[15] 郝振纯, 王加虎, 李丽, 等. Channel network tool-I 的原理与功能[J]. 水文, 2005, 25(2):15-19. (HAO Zhenchun, WANG Jiahu, LI Li, et al. Principium and function of channel network tool-I[J]. Journal of China Hydrology, 2005, 25(2):15-19. (in Chinese))

[16] 王加虎, 袁莹, 李丽, 等. 用半分布式汇流结构改善新安江模型参数外推能力研究[J]. 中国农村水利水电, 2016(6):68-71. (WAGN Jiahu, YUAN Ying, LI Li, et al. Research on the extrapolation ability of parameter using an improved Xin'anjiang Model with a semi-distributed concentration structure[J]. China Rural Water and Hydropower, 2016(6):68-71. (in Chinese))

[17] 赵健, 贾忠华, 罗纨. ARCGIS 环境下基于 DEM 的流域特征提取[J]. 水资源与水工程学报, 2006, 17(1):74-76. (ZHAO Jian, JIA Zhonghua, LUO Wan. Extracted catchment properties from DEM using ARCGIS[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2006, 17(1):74-76. (in Chinese))

(收稿日期:2017-06-27 编辑:刘晓艳)

· 简讯 ·

第五届土木工程国际学术会议将在南昌市召开

为给土木工程领域的专家、学者及工程人员提供一个分享研究成果与经验、探讨该领域所面临的问题与动态的交流平台,由南昌工程学院、江西省土木建筑学会、湖北省众科地质与环境技术服务中心主办,《岩土力学》期刊部、江西省水利土木工程基础设施安全重点实验室、江西省水利土木特种加固与安全监控工程研究中心协办的第五届土木工程国际学术会议(ICCE 2018)将于2018年12月20—21日在江西南昌市召开。

会议议题主要包括:(a)岩土工程及相关领域的前沿问题;(b)生态型岩土工程创新发展。届时,来自国内外高校和研究机构以及工程单位的土木工程,特别是岩土工程相关专业人士将就相关科技发展的前沿展开广泛深入的学术交流研讨。这将极大促进我国岩土工程技术和科学研究的发展,进而提升整个土木工程学科研究水平。

(本刊编辑部供稿)