排灌机械工程学报
Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering
2018 年 11 月 Nov. 2018 | 第 36 卷 第 11 期 Vol. 36 No. 11
doi:10.3969/j.issn.1674-8530.18.1102

基于 GIS 的赣抚平原灌区数据库构建和空间分析


马林华

马林华[1]，时元智[2]，才硕[3]，崔远来[1*]
（1. 武汉大学水利水电学院，湖北 武汉 430072；2. 南京水利科学研究院，江苏 南京 210009；
3. 江西省灌溉试验中心站，江西 南昌 330201）

摘要：为实现灌区信息的统一化管理和空间分析，提高灌区管理工作的效率和水平，构建了一个基于 ArcGIS 的灌区信息管理系统. 以数据库为手段，通过数据收集、组织、编辑、转换实现对灌区多源空间数据和属性数据的融合分析，可实现数据的维护、可视化管理和统计分析，特别是基于 ArcGIS 的统计分析功能，实现灌区土地利用类型、高程和坡度的分布规律及其相互关系的统计分析. 以江西省赣抚平原灌区为例，在多源空间数据和属性数据的基础上，构建了灌区基础地理信息数据库，实现了灌区信息的集中管理、查询、统计和维护更新. 基于统计分析得到了灌区高程、坡度和土地利用类型的空间分析规律. 结果表明：灌区大部分地势平坦，主要以农业用地为主. 高程较低地势起伏较小时，主要的土地利用类型是水稻，随地势增高和坡度变陡，林地所占的比重逐渐增大，成为主要的土地利用类型.

关键词：灌区；信息管理系统；数据库；空间分析
中图分类号：S277.9　**文献标志码**：A　**文章编号**：1674-8530(2018)11-1157-06

马林华，时元智，才硕，等. 基于 GIS 的赣抚平原灌区数据库构建和空间分析[J]. 排灌机械工程学报，2018，36(11)：1157-1162.
MA Linhua，SHI Yuanzhi，CAI Shuo，et al. GIS-based database construction and spatial analysis of Ganfu Plain Irrigated District [J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering(JDIME)，2018，36(11)：1157-1162.(in Chinese)

GIS-based database construction and spatial analysis of Ganfu Plain Irrigated District

MA Linhua[1]，*SHI Yuanzhi*[2]，*CAI Shuo*[3]，*CUI Yuanlai*[1*]
(1. School of Water Resources and Hydropower Engineering，Wuhan University，Wuhan，Hubei 430072，China；2. Nanjing Hydraulic Research Institute，Nanjing，Jiangsu 210009，China；3. Jiangxi Central Irrigation Experiment Station，Nanchang，Jiangxi 330201，China)

Abstract：In order to achieve unified management and spatial analysis of irrigation district information，and improve the efficiency and level of irrigation district management，an irrigation district information management system was developed based on ArcGIS. The system utilized the database as a means to realize the fusion analysis on multi-source spatial and attribute data of an irrigation district through data collection，organization，editing and conversion. As a result，data maintenance，visua-lization management and statistical analysis could be achievable. Specially，based on the statistical analysis function of ArcGIS，the land use types，elevation and slope distribution rules and their correlations of each other could be analyzed. Taking the Ganfu Plain Irrigation District in Jiangxi Province as an example，

收稿日期：2018-04-30；**修回日期**：2018-06-03；**网络出版时间**：2018-07-19
网络出版地址：http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1814.TH.20180719.1104.034.html
基金项目：江西省水利厅科技计划项目(KT201630，KT201738)
第一作者简介：马林华(1994—)，女，河南周口人，硕士研究生(1359809168@qq.com)，主要从事水稻节水灌溉理论与技术研究.
通信作者简介：崔远来(1966—)，男，江西武宁人，教授，博士生导师(YLCui@whu.edu.cn)，主要从事节水灌溉理论与技术研究.

based on the multi-source spatial and attribute data, a geographic basic information database of the district was constructed, and centralized management, inquiry, statistics, maintenance and update of information were realized. Through a statistical analysis, the spatial distribution characteristics of land use types, elevation and slope in the district were obtained. The results show that most of the irrigation district is flat and mainly used as agricultural land. When the elevation is low and the terrain is less undulate, the main land use type is paddy. As the terrain increases, and the slope gets big, the proportion of woodland rises gradually, and eventual woodland is the main land use type.

Key words: irrigation district; information management systems; database; spatial analysis

灌区信息种类繁多且数量巨大. 目前,灌区管理信息化水平较低,不能满足灌区信息的高效管理和利用要求. 缺乏有效的信息管理手段是制约灌区信息管理的主要因素. 传统模式下灌区通过人工填写纸质表格采集灌区信息时空差异性大、统计烦琐、耗时耗力[1],且在水利设施工情信息的空间分布方面缺乏足够的表现力,这对渠道、闸门等水利建筑物的维护管理工作、水资源的合理调度、防汛指挥工作的开展都带来了极大的不便[2-3].

地理信息系统 GIS 在存储、展示、可视化、分析及其与非空间信息的融合方面具有强大的优势,近些年来,被广泛用于信息管理和空间分析领域[4-5]. 以 ArcGIS 为平台,融合多元信息,利用其查询、维护功能,建立一个灌区基础信息数据库,是管理多源信息、分析灌区形态的有效方法[6]. 通过数据库的建立,实现对空间信息的可视化表达和多源信息的统一化管理,借助 ArcGIS 平台实现数据导出、查询、汇总和空间分析[7],有助于提高灌区管理水平,提高灌区用水效率. 温金奎等[8]基于 GIS 技术实现热林实验中心森林资源管理信息系统建设与开发,实现地图的显示、浏览、查询统计和管理分析等功能. BERHANU 等[9]基于 GIS 平台,在埃塞俄比亚实现了地区的水文分区展示,并且首次得到了精度为 1∶25 000 的改进土壤类型分布图. 刘广明等[10]利用 GIS 的地统计技术等得到了环渤海区域的土壤质量分布. MALCON 等[11]应用遥感和 GIS 手段,建立了自然资源维持、保护、更新的信息管理系统.

尽管国内外已有利用地理信息系统建立数据库的尝试,但利用数据库融合多种形式的空间信息和属性信息的尝试并不广泛[12]. 在大数据时代,传统方法在多元信息的整合及系统分析方面存在着一些局限[13].

文中以 ArcGIS 为平台进行地理信息系统数据库的构建,以存放在不同图层的方式,实现数据的分类展示,通过地图浏览和识别功能展示地物的空间分布和属性,基于统计分析功能得到坡度、高程和土地利用的空间分布规律及其相互关系,实现信息的高效管理和灌区形态的精准分析,为合理的政策决断提供了保障.

1 数据库结构及其设计

1.1 用户需求分析和数据库结构

选取江西省赣抚平原灌区为研究对象. 江西省赣抚平原灌区位于江西省中部偏北的赣江和抚河下游的三角洲平原地带,是一座以灌溉为主,兼顾防洪、排涝、航运、发电、养鱼和城镇、工业、生活、环境供水的大型综合开发水利工程. 灌区地跨南昌、宜春、抚州三市的七个县(市、区),总土地面积 2 142.0 km^2,耕地 840.0 km^2. 灌区设计灌溉面积为 800.0 km^2,排渍面积 466.6 km^2. 灌区内有焦石拦河闸、箭江分洪闸、岗前大渡槽、天王渡船闸等主体建筑物 15 座,大中型建筑物 290 余座及小型建筑物 3 600 余座;开挖东、西总干及干渠 7 条,总长 240 km;开挖斗渠以上渠道 543 条,总长 1 647 km.

数据库系统结构图如图 1 所示. 通过构建数据库,满足用户的以下需求:① 实现信息的汇总,避免同一信息的重复管理投入和部分信息的遗漏,并实现多元信息在 ArcGIS 平台的统一展示;② 实现水利设施工情信息的维护管理,实现灌区信息的快速筛选,打印;③ 实现灌区高程、土壤类型、土地利用类型的可视化处理及其相互关系分析.

系统收集灌区水文气象、社会经济、地理信息、水利工程、洪涝灾害、土地利用、土壤类型等多方面的基础数据,并进行多源信息资料的系统分析. GIS 的功能包括文件管理,数据库管理,信息查询和多种多样的空间分析等. 采用数据转换、数据编辑、数据融合的方式构建基于 ArcGIS 平台的赣抚平原灌区空间基础信息库,以实现 GIS 展示、数据统计分析和灌区空间分析的功能.

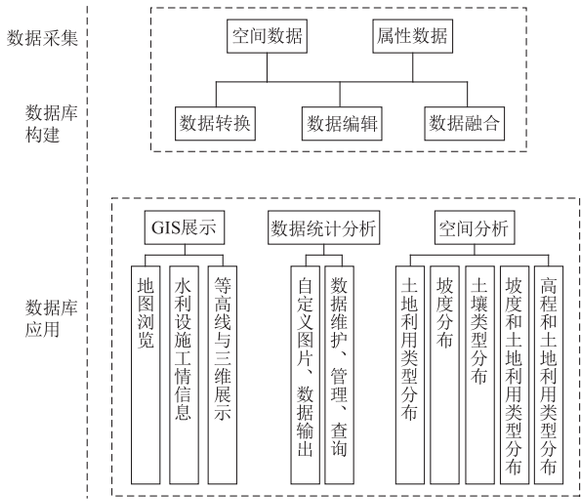


图 1　系统结构

Fig. 1　System structure chart

1.2　数据库构建方法

灌区数据包括空间数据和属性数据,静态数据和动态数据,纸质数据和电子数据等. 多种多样的储存位置,单一的表现形式造成了数据维护、管理和应用的不便. GIS 提供了多种多样的水文分析和空间分析工具. 应用 ArcGIS 构建数据库需要对各类杂乱的数据格式进行统一处理. 对数据进行采集和分类、组织和编辑、转换与处理以及可视化表达,使得多源数据得以在统一平台上进行合理表达.

1.2.1　数据的采集和分类

收集灌区气象(1980—2017 年)、水工建筑物、交通信息、行政区划、各级渠道、各类水体、数字高程模型(DEM)(2009 年)、土壤类型分布图(2009 年)、土地利用类型分布图(2017 年)等信息. 调查灌区农田种植现状、灌溉现状、沟塘排水系统现状和农作物管理措施等. 在分析资料内容、来源和详细程度的基础上进行分类.

1.2.2　数据的组织和编辑

GIS 承担着海量空间数据信息的组织与管理的重要任务. 地理数据库(Geodatabase)是按照层次性的数据对象来组织地理数据的数据库系统[10]. 文中借助 ArcCatalog 创建一个本地地理数据库,以 ArcGIS 为数据组织的平台,采用建立 mxd 文件的方式展示数据. 不同的功能分类用不同的文件夹实现,当加载数据后,利用“内容列表”功能自动创建目录. 原始数据往往由于数据范围,数据形式等方面与用户需求不一致而需要进行编辑[14]. 通过 GIS 的裁剪、合并、表连接、编辑要素等功能实现对数据范围和表现形式的编辑.

1.2.3　数据转换与处理

原始数据来源不一,表现形式多种多样,为将其统一到 ArcGIS 平台上进行展示,通过坐标系的转换、地理信息和属性信息的结合、高程图由二维转为三维、线要素转为面要素等操作实现数据格式的转换和处理[15].

1.2.4　数据的可视化表达

将地图数据制成全要素或分要素表达的可阅读地图在屏幕上显示出来,或把统计数据、试验数据等以统计图、直方图等形式表达称为数据的可视化表达[16]. 数据符号化是实现空间数据可视化表达的有效手段. 利用名称显示、水体颜色深浅过渡和水利设施的属性展示,实现数据的可视化表达.

1.2.5　数据的空间分析

通过坡度生成、栅格矢量数据转换、矢量图联合和属性查询,得到不同土地利用类型、土壤类型、坡度范围以及特定高程范围的土地利用类型、特定坡度的土地利用类型,在此基础上得到灌区空间分布规律.

2　数据库应用

2.1　GIS 展示和数据统计分析

基于 ArcGIS 平台,结合用户需求,从 GIS 空间展示和数据统计分析两方面表达系统功能.

2.1.1　GIS 空间展示

ArcGIS 平台的 Arcmap 功能可实现地图放大、缩小、平移、全部视图等. 依托于此,展示气象站点信息和气象要素信息,包括:气压、温度、湿度、降雨量、蒸发量、风速等. 展示全灌区的土壤类型分布,利用 SPAW 软件计算得到土壤性质,并将土壤性质和空间位置结合. 利用遥感影像提取出的土地利用类型分类,经过属性表的编辑及符号系统的展示,达到不同的土地利用类型用不同的色彩展示,各种土地利用类型的分布可直观地得到,将农作物的生育期和农事记录添加进水稻等作物的属性表,使得数据库能更好地指导农业生产. 灌区铁路和行政区划信息分别以线要素和面要素的形式展示,各行政区内的属性信息,包括面积、人口、乡镇、村、组、经济结构等通过属性表与空间信息连接.

数据库实现了灌区水工建筑物的位置信息与

设计参数的一体化管理,水体的分布与面积、水质的信息融合,渠道的分级和设计参数的协同管理,使灌区水利工程的空间信息和属性信息统一于 ArcGIS 平台.

基于中国科学院地理空间数据云上的精度为 30 m 的数字高程地图(DEM),生成间隔为 5 m 的等高线图和灌区高程的三维立体展示.

2.1.2 数据统计分析

依据 ArcGIS 平台,可完成导出专题地图、属性数据. 通过自定义查询式的完成信息的快速检索. 基于 ArcGIS 平台的信息更新能力,利用图层编辑器和编辑属性表的功能,完成对信息的维护和动态管理.

2.1.3 数据维护更新

灌区水利设施的工情信息随运行状况改变,气象信息也处于不断地更新变换之中. 通过人工编辑图层的属性表,实现数据库系统信息与灌区实时状况保持一致.

2.2 灌区空间分析

空间信息是对灌区数据的深度挖掘,基于选择功能,得到了灌区高程、土地利用和坡度的分布规律,并得出了其相互关系.

2.2.1 土地利用类型、土壤类型和坡度分布

灌区内各种土地利用分布如图 2 所示,图中 γ 为占比.

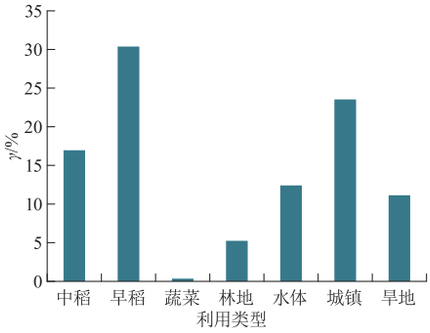


图 2 灌区各种土地利用类型面积占比

Fig. 2 Area and its percentage of various land use types in irrigation district

由此可见,灌区内的土地利用类型以中稻为主,城镇次之. 农业用地为灌区的主要土地利用方式,水稻为主要的作物种类. 灌区内水体的水面面积超过了 10%,水量丰富(早稻区域即为双季稻区域).

灌区内坡度 i 分布如图 3 所示.

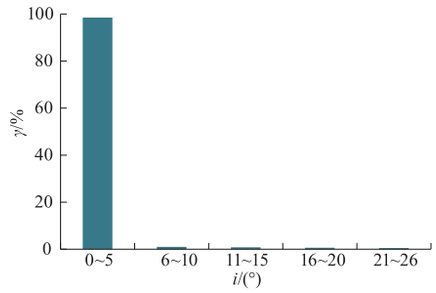


图 3 灌区各种坡度面积占比

Fig. 3 Area of various slopes in irrigation district

由此可见,灌区地势平坦,几乎所有的地区地面起伏在 5°以内,非常适合农业生产. 其余坡度的存在是因为灌区东南部存在一些丘陵.

灌区内土壤类型分布如图 4 所示.

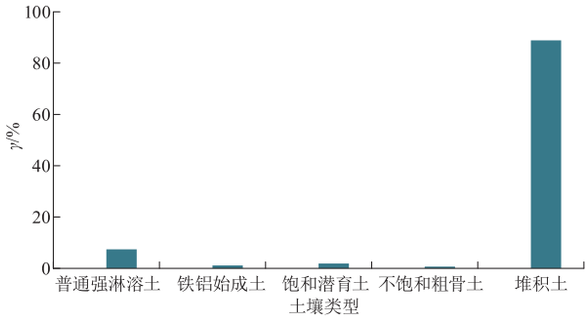


图 4 灌区各种土壤类型占比

Fig. 4 Soil type and its percentage in irrigation district

由此可见,灌区内的土壤类型以堆积土为主,同时分布有少量的普通强淋溶性图,铁铝始成土、饱和潜育土和不饱和粗骨土存在于灌区,但较为罕见.

2.2.2 坡度和土地利用类型关系

不同坡度的土地利用类型面积分布,如表 1 所示.

表 1 不同坡度的土地利用类型面积

Tab. 1 Area of land use types with different slopes

km^2

利用类型	0°~5°	6°~10°	11°~15°	16°~20°	21°~26°
中稻	384.29	0.62	0.14	0.03	0.00
早稻	680.40	2.07	0.55	0.06	0.02
蔬菜	7.87	0.00	0.00	0.00	0.00
林地	92.75	15.92	6.17	2.91	0.60
水体	277.85	1.12	0.15	0.01	0.00
城镇	529.72	0.69	0.06	0.01	0.00
旱地	247.62	2.35	0.28	0.02	0.00

可见,整个灌区坡度起伏很小,几乎全都在 0°~5°. 各种土地利用类型的面积均都随着坡度等级的上升而下降.

不同坡度下,主要土地利用类型占整个坡度范围的百分比如图 5 所示.

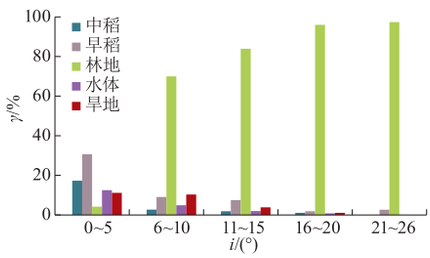


图 5　不同坡度的土地利用面积百分比

Fig. 5　Percentage of land use area with different slopes

由图 5 可知,在地面坡度小于 5°时,早稻、中稻、水体、旱地均占有一定数量的种植面积比例;地面坡度在 5°以上的区域,早稻和中稻的种植比例显著减小,林地的种植比例显著增大,在坡度为 5°以上的区域,林地面积占有绝对的优势. 这是由于坡度大于 5°的区域,不利于农业种植活动的开展和水资源的储存,而树木的生长对坡度的依赖性较低.

2.2.3　高程和土地利用类型关系

不同高程 H 的土地利用类型面积分布,如表 2 所示.

表 2　不同高程的土地利用类型面积

Tab. 2　Area of land use type with different elevations

H/m	中稻	早稻	林地	水体	城镇	旱地
3 ~ 15	38. 63	62. 27	0. 24	67. 24	20. 62	5. 11
16 ~ 30	314. 94	567. 43	29. 18	170. 50	452. 22	154. 56
31 ~ 40	19. 14	36. 02	21. 29	15. 77	43. 41	64. 41
41 ~ 70	5. 33	12. 90	47. 45	8. 89	9. 97	23. 59
71 ~ 225	0. 34	0. 93	17. 72	0. 31	0. 31	0. 84

可见,整个灌区海拔较低,地势平坦. 灌区高程集中在 16 ~ 30 m,各种土地利用类型的面积均主要分布在高程为 16 ~ 30 m,其次是 3 ~ 15 m 内有少量分布,海拔在 30 m 以上的区域极少.

不同高程下,主要的土地利用类型占整个高程范围的百分比如图 6 所示.

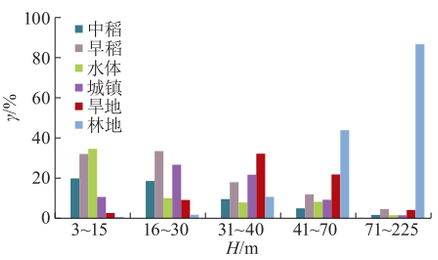


图 6　不同高程的土地利用面积百分比

Fig. 6　Percentage of land use area with different elevations

由图 6 可知,随高程等级的提高,中稻、早稻和水体所占的比例逐渐减小,林地所占的比例逐渐增加;城镇所占的比例在 16 ~ 30 m 内最大,旱地所占的比例在 31 ~ 40 m 最大. 高程在 3 ~ 15 m 时,早稻、中稻和水体是主要的土地利用类型;高程在 16 ~ 30 m 时,早稻和城镇是主要的土地利用类型;在 31 ~ 40 m 时,旱地是主要的土地利用类型;在 40 m 以上时,林地是主要的土地利用类型.

3　结　论

1) 文中基于 ArcGIS 平台,构建了具有地图浏览、信息查询、动态维护和空间分析功能的信息管理数据库系统,实现了数据分类、转换、编辑及可视化表达.

2) 系统的空间分析功能实现了对全灌区坡度、土地利用类型、高程的统计,分析了土地利用类型和高程、坡度的关系.

3) 灌区大部分海拔较低,地势平坦,整个灌区的土壤类型几乎全是堆积土,农业用地为主要的土地利用类型. 灌区内有单、双及稻和旱地,主要的种植作物为双季稻,旱地面积较少.

4) 随坡度等级的升高,林地的种植面积占整个坡度范围的比例逐渐升高,其他土地利用类型的比例均在下降;随高程等级的升高,中稻、早稻和水体所占的比例逐渐较小,林地所占的比例逐渐增加. 空间分析结果为农业活动的开展和土地的合理利用提供了理论基础.

参考文献(References)

[1] 赵庆展,靳光才,周文杰,等. 基于移动 GIS 的棉田病虫害信息采集系统[J]. 农业工程学报,2015,31(4):183 - 190.
ZHAO Qingzhan,JIN Guangcai,ZHOU Wenjie,et al. Information collection system for diseases and pests in cotton field based on mobile GIS[J]. Transactions of the CSAE, 2015,31(4): 183 - 190. (in Chinese)

[2] 朱庆. 三维 GIS 及其在智慧城市中的应用[J]. 地球信息科学学报, 2014,16(2):151 - 157.
ZHU Qing. Full three-dimensional GIS and its key roles in smart city[J]. Journal of geo-information science, 2014,16(2): 151 - 157. (in Chinese)

[3] 刘德锋, 彭琳, 郜鲁涛,等. 基于全球定位系统(GIS)的云南省铁皮石斛种植适宜性区划[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(4):227 - 230.
LIU Defeng, PENG Lin, GAO Lutao, et al. Suitability

regionalization of dendrobium officinale in Yunnan province based on global positioning system (GIS)[J]. Jiangsu agricultural sciences, 2017, 45(4):227 - 230. (in Chinese)

[4] MLAYAH A, ANANE M, BÉDIR M, et al. Comprehension and hydrogeological conceptualization of aquifer in arid and semi-arid regions using integrated hydrogeological information system: case of the deep aquifer of Zeramdine-Beni Hassen (east-central Tunisia)[J]. Arabian journal of geosciences, 2013, 6(7): 2655 - 2671.

[5] NEJAD S G, FALAH F, DANESHFAR M, et al. Delineation of groundwater potential zones using remote sensing and GIS-based data-driven models[J]. Geocarto international, 2016, 32(2):167 - 187.

[6] ANDRZEJ C, MARCIN K, ŁUBNIEWSKI Z. Characterizing surface and air temperature in the Baltic sea coastal area using remote sensing techniques and GIS [J]. Polish maritime research, 2016, 23(1):3 - 11.

[7] ROSŞCA S, BILASŞCO S, PAĂCURAR I, et al. Land capability classification for crop and fruit product assessment using GIS technology. case study: the Niraj River basin(Transylvania Depression, Romania)[J]. Notulae botanicae horti agrobotanici clujnapoca, 2015, 43(1): 101 - 109.

[8] 温金奎,罗传文. 基于 GIS 的森林资源管理信息系统研究与开发[J]. 森林工程,2015,31(2): 31 - 36.
WEN Jinkui, LUO Chuanwen. Development and study of forest resources management information system based on GIS[J]. Forest engineering,2015,31(2): 31 - 36. (in Chinese)

[9] BERHANU B, MESELLE A M, SELESHI Y. GIS-based hydrological zones and soil geo-database of Ethiopia[J]. Catena,2013,104(2):21 - 31.

[10] 刘广明,吕真真,杨劲松,等. 基于主成分分析及 GIS 的环渤海区域土壤质量评价[J]. 排灌机械工程学报,2015,33(1):67 - 72.
LIU Guangming, LYU Zhenzhen, YANG Jinsong, et al. Quality evaluation of soil in land along Bohai Sea Coast by principal component analysis and GIS[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering,2015,33(1): 67 - 72. (in Chinese)

[11] MALCON S, MAHENDER K, KUNTE P D. Geomorphometry and micro-watershed basin delineation using RS and GIS: a case study of micro-level geodatabase creation of Salsate Taluka, Goa[C]//Proceedings of the international conference of perspectives of computer confluences of sciences,2014.

[12] SONG W W, JIN B X, LI S H, et al. Building spatiotemporal cloud platform for supporting gis application [J]. Remote sensing and spatial information sciences, 2014,24(2):55 - 62.

[13] CROWELL A, GOSNOLD W. Integrating geophysical data in GIS for geothermal power prospecting[J]. Geosphere, 2015, 11(6):1651 - 1679.

[14] BALAGUERAREINA S A, VENEGASANAYA M, III L D D. The biology and conservation status of the american crocodile in Colombia[J]. Journal of herpetology, 2015,49(2):200 - 206.

[15] STANKOVIC R, VULOVIC N, LILIC N, et al. A web-GIS decision support system for management of abandoned mines[J]. Energies, 2016, 9(567):1 - 14.

[16] 李增焕,汪文超,崔远来. 基于 B/S 模式的灌区工情管理信息系统开发与应用[J]. 中国农村水利水电,2017,59(6):18 - 22.
LI Zenghuan, WANG Wenchao, CUI Yuanlai. The development and application of B/S based irrigation engineering information management system[J]. China rural water and hydropower, 2017,59(6): 18 - 22. (in Chinese)

(责任编辑 谈国鹏)