

基于栅格数据在水资源评价水资源量计算中的应用

孙永寿, 李燕 (青海省水文水资源测报中心, 青海西宁 810001)

摘要 水资源调查评价中降水量、地表水资源量计算是水资源评价的重要组成部分, 对于监测站点稀少、地形起伏差异大、山区平原相间的地区来说, 通过绘制等值线, 量算分区水资源量, 仍是目前水资源评价的主要技术手段。青海省第三次水资源评价基于影像、DEM等地形数据的应用, 对等值线绘制技术和水资源量计算方法进行深入分析, 并与以往成果进行差异分析, 对存在问题和解决办法进行深入研究, 提出栅格化等值线计算水资源量的新方法, 通过矢量、栅格数据处理, 制作数据模型, 计算区域水资源量, 其评价成果质量、精度和效率较以往有明显提高。

关键词 等值线栅格; 水资源评价; 水资源量; 差异分析; 计算方法; 应用

中图分类号 P 333 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)10-0185-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.10.042



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Application of Grid Data in Calculation of Water Resources Quantity in Water Resources Evaluation

SUN Yong-shou, LI Yan (Hydrological and Water Resources Forecast Center of Qinghai Province, Xining, Qinghai 810001)

Abstract The calculation of precipitation and surface water resources is an important part of water resources evaluation in water resources investigation and evaluation. For the areas with few monitoring stations, great difference in topographic relief and alternating mountains and plains, it is still the main technical means of water resources evaluation to measure and calculate the water resources by drawing contour lines. The third water resources assessment of Qinghai Province was based on the application of image, DEM and other topographic data. The drawing technology of contour and the calculation method of water resources were analyzed in depth. The differences between the results and the previous results were analyzed. The existing problems and solutions were studied in depth. A new method of grid contour calculation of water resources was proposed. Through vector and raster data processing, data models were made to calculate regional water resources. The quality, accuracy and efficiency of the evaluation results were significantly improved compared with the past.

Key words Gridding isoline; Water resources evaluation; Water resources; Difference analysis; Calculation method; Application

全国于 20 世纪 80 年代初、21 世纪初相继开展了 2 次水资源调查评价工作。21 世纪以来, 受全球气候变化的影响和下面条件的改变, 水资源形势出现了新的变化, 2017 年中央下发 1 号文件, 在全国层面部署了水资源调查评价工作。第三次水资源调查评价, 摸清了 61 年来水资源变化情况, 重点掌握了 2001 年以来水资源及开发利用现状、水环境及水生态状况, 为适应新时期水资源规划、开发利用、节约、保护、管理、水安全保障、促进经济社会可持续发展和生态文明建设奠定基础。近年来随着青海省三江源保护工程的实施, 三江源、祁连山、青海湖国家公园的建设, 对区域水资源数量评价精度要求越来越高^[1]。

青海省水文站点稀少, 如何提高评价精度和质量, 是目前水资源评价工作面临的主要问题。水资源评价方法从第一次水资源评价采用传统的手工绘制等值线, 求积仪纸图量算水资源量, 到第二次水资源评价^[2] ArcGIS 软件的应用, 数据成果质量和精度有了很大的提高。近年来等值线绘制技术和水资源量计算等方面有很多研究成果^[3-9], 吕孙云等^[10]对等值线栅格化量算水资源量的方法进行了研究, 但对北方站点稀少、地形复杂区等值线处理、存在问题及处理方法未进行深入分析。笔者基于青海省第三次水资源评价, 对等值线绘制技术、区域水资源量计算方法进行深入分析, 通过影像、DEM 等地形数据的应用、矢量栅格数据统计分析等, 提

出了精度更高、更高效便捷的水资源量计算方法, 为今后水资源评价和水资源公报编制提供很好的借鉴。

1 水资源评价方法

降水量评价主要在单站降水量统计资料的基础上, 通过泰森多边形法、算术平均法、绘等值线法计算分区降水量。地表水资源量评价, 对分区内有水文站控制的区域, 用水文站天然河川径流量, 按面积比拟修正为该区域地表水资源量; 对于没有测站控制的区域, 采用地理条件相似地区的降水径流关系, 等值线量算、网格法计算区域地表水资源量^[11-12]。青海省行政区面积 69.7 万 km², 境内现有各类水文站 67 处(含黄委、四川、甘肃省站点), 雨量站 419 处, 站点稀少且分布不均, 大多分布在人口集中的东部湟水地区, 西部及青南地区站点稀少, 全省海拔较高的降水、径流高值区基本没有站点控制。因此, 采用泰森多边形法、算术平均法等方法, 站点及面积代表性不够、精度不高, 故等值线法计算的水资源量更趋于合理, 也是目前青海省水资源评价的主要技术手段。

2 青海省第三次与第二次水资源评价差异分析

2.1 站点差异 青海省第三次水资源评价由于资料系列延长, 对以往评价资料系列较短、未被采用的站点进行了分析应用, 此外还收集了历史上短系列站点资料及各县农牧区划资料, 站点数量较第二次水资源评价明显增加。短系列站点资料系列虽短, 但能够反映降水、径流的空间差异^[13-14], 对站点稀少、高山区等无资料地区等值线的绘制起到了很好的补充作用, 提高了等值线空间分布准确性和可靠性。

2.1.1 站点采用情况。 青海省第三次水资源评价共收集水文、气象及农牧区划降水站点 598 处, 其中资料系列 30 年以

基金项目 青海省“高端创新人才千人计划”项目; 第二次青藏高原综合科学考察研究项目(2019QZKK0203-07)。

作者简介 孙永寿(1979—), 男, 青海平安人, 高级工程师, 从事水资源调查评价、水文水资源研究。

收稿日期 2021-09-02

上的站点 176 处,其余站点资料系列均在 30 年以下,站点数量较第二次水资源评价增加了 479 处,站网密度大幅提高;径流站点共收集 136 处,其中资料系列 30 年以上的站点 53 处,10~30 年的站点 20 处,10 年以下的站点 63 处,站点数量较第二次水资源评价增加了 72 站,对区域水量控制精度较第二次水资源评价有大幅提高。

2.1.2 资料处理情况。青海省第三次水资源评价在《青海省水文手册》^[15]资料系列(1956—2013 年)基础上,补充 2013 年以来的资料并增加了短系列站点,资料系列延长为 1956—2016 年,对缺测资料,通过选取地域上邻近、高程一致的站点作为参证站,采用线性相关法、均值倍比法、面积修正等方法统一延长为 1956—2016 年。

第二次和第三次水资源评价的主要差异在于对资料的

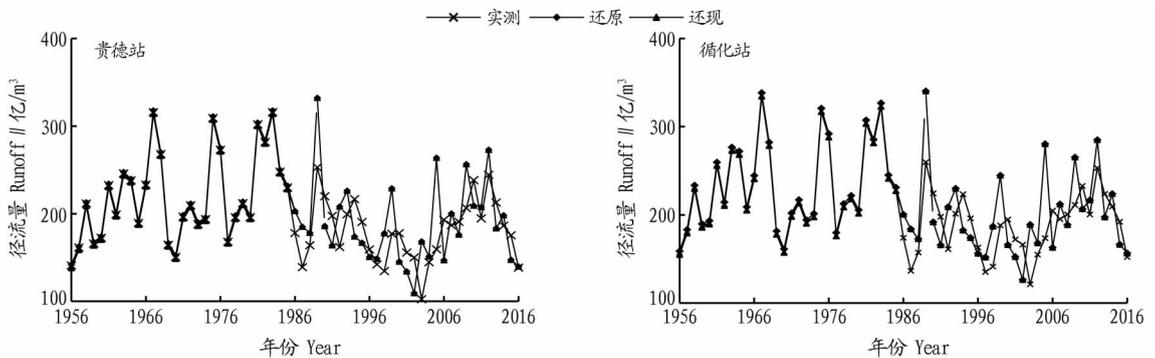


图 1 1956—2016 年黄河干流水文站径流年际变化

Fig.1 Interannual variation of runoff from hydrological stations in the main stream of the Yellow River from 1956 to 2016

2.2 等值线绘制方法差异 青海省地域辽阔,地形差异显著,如柴达木盆地、青海湖盆地等山区为降水、径流产生区,到达盆地边缘,降水逐渐减小、径流下渗甚至消失;黄河干流贵南、泽库高山平原区,海拔高,降水量大,流域坡度小,径流量较小。由于水汽来源、地形坡度对降水径流的影响,加之水文站点稀少且分布不均,使计算机插值自动绘制的等值线不能满足精度及合理性检验的要求。青海省第三次水资源评价较第二次水资源评价主要差异如下:

一致性处理,全国第三次水资源调查评价技术细则^[11]明确指出,河川径流系列反映 2001 年以来近期下垫面条件,对受人类活动改变流域下垫面条件导致的入渗、径流、湖库蒸发使径流量减少无法还原,提出现状条件下(“向后还原”)水资源评价,按照降水径流双累积曲线发生明显变化的拐点年份,对拐点年份以前的河川径流系列进行一致性修正。黄河干流贵德站、循化站受上游龙羊峡、李家峡、公伯峡等大、中型水库建设影响,建库后受水库蒸发等影响,就径流明显减少的现实状况,对建库前天然径流系列进行了一致性修正。第三次水资源评价贵德站、循化站修正后 1956—2016 年天然径流量分别为 203.1 亿、214.4 亿 m^3 ,其第三次水资源评价 1956—2000 年系列与第二次评价同期水量相比分别减小 1.0%、2.2%(图 1)。

(1) 结合卫星影像图、DEM 数据地形等高线、坡度等数据,通过分析降水随高程变化的关系,推求资料稀缺地区及高山区降水量,提高无资料地区等值线的控制精度。青海省北部祁连山、东部湟水、西部柴达木等地区地形高差大,降水垂直分布规律明显,祁连山地区海拔每升高 100 m,降水量平均增加 19 mm 左右;湟水地区海拔每升高 100 m,降水量增加 40 mm 左右(图 2);柴达木盆地东、北、南部地区海拔每升高 100 m,降水量分别增加 35、12 和 23 mm。

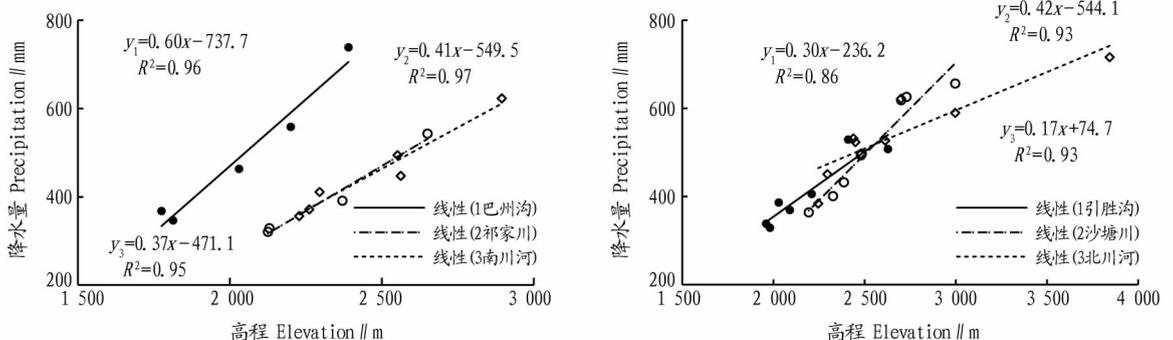


图 2 湟水南北岸河流降水-高程变化

Fig.2 Variation of precipitation and elevation in the South and North Bank of Huangshui River

(2) 结合水汽来源,分析降水经向、纬向上平面分布规律。青海省青南地区降水站点稀少,地势较高、地形相对平坦,水平地带性差异明显,经向上呈现出自东向西随着经度减小而减少,变化范围在 22~47 $mm/^\circ$,纬向上呈现出自南向

北随着纬度增大而减少,变化范围在 80~112 $mm/^\circ$ (图 3)。

(3) 绘制等值线采用站点数量有所增加,增加了降水、径流高值区、低值区,使等值线区域分布上更加精细,合理性检验时,将降水、径流等值线对照,使其降水、径流等值线走势、

的栅格数据,通过建立数据模型、栅格运算,分析统计计算出区域水资源量。此方法消除了一切人为因素和判读误差,极大地提高了评价精度、工作质量和效率。此次以青海湖流域径流深等值线量算分区水量为例,介绍该方法的应用、存在问题及处理方法,栅格数据处理建模过程见图 5。

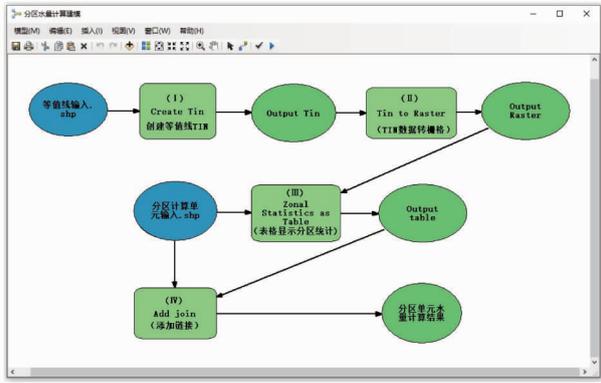


图 5 等值线处理及分区水量计算建模

Fig.5 Isoline treatment and zonal water calculation modeling

3.1 等值线矢量数据及分区单元准备 等值线量算水文站控制流域水量与水文站天然水量进行合理性检验时,高值区、低值区取值一般高于或低于该条等值线的值(如 300 mm 等值线高值区取值可能大于 300 mm 值;青海柴达木盆地径流深小于 5 mm 的径流区不产流,5 mm 等值线区内取值为

0;青海湖湖区附近最小等值线为 25 mm,湖面水体不产流,取值为 0),在计算机等值线栅格化处理时,对于闭合圈或等值线较弯曲部分,内插值与最接近的等值线值一致,导致计算结果和人工量算时产生偏差,因此高值区、低值区及水体部分需要添加辅助等值线或对等值线进行加密处理。

分区计算单元以水资源分区与行政区图层叠加,生成水资源分区套县级行政区最小单元,计算结果逐级汇总至各评价单元。此次青海湖流域按水资源四级区套县级行政区 10 个计算单元进行统计,文件以 shape 矢量数据格式,投影采用 Albers 等面积投影坐标系。

3.2 处理步骤及参数设置

3.2.1 等值线转化 TIN 数据。采用 ArcToolbox—3D Analyst Tools—Data Management—TIN—Create TIN 工具(图 6),将处理后的矢量等值线转化成 TIN 数据。参数设置:Coordinate System 采用 Albers 等面积投影坐标;Height Field 选取径流深;Tag Field 分区编号,唯一值不可重复。

3.2.2 TIN 数据转成 Raster 数据。通过 3D Analyst Tools—Conversion—From TIN—TIN to Raster 工具(图 7),将 TIN 数据转化成 Raster 数据。参数设置:Output Date Type 为 FLOAT;Method 为 NATURAL_NEIGHBORS;Sampling Distance 采样距离选取 observations。阈值根据计算分区面积大小确定,一般阈值越高,等值线栅格越小,对计算小区域的精度越高。

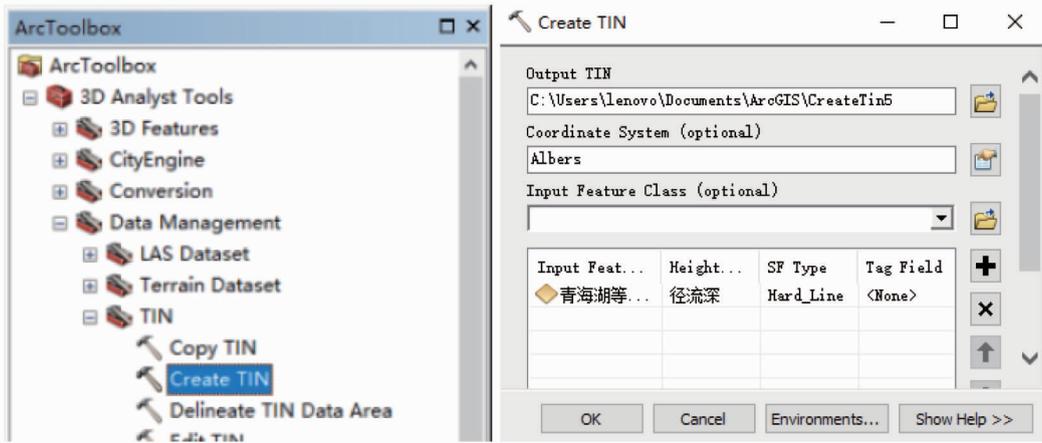


图 6 等值线生成 TIN 数据

Fig.6 Isoline generate TIN data

3.2.3 分区单元特征值统计。通过 ArcToolbox—Spatial Analyst Tools—Zonal—Zonal Statistics as Table 工具(图 8),按分区单元统计 Raster 数据内各计算分区面积、最大、最小、平均径流深等属性表。参数设置:Zone field 为第一步分区数量编号(Tag Field),其余默认。

3.2.4 分区单元水量计算。将生成的统计表通过属性字段(Tag Field)连接至分区单元矢量数据图层,根据属性表中各分区平均径流及对应的面积,计算出各分区单元多年平均水资源量(图 9)。

4 栅格等值线量算法问题探讨

栅格等值线量算法在快速计算分区水量的同时,极大地提高了工作效率、质量和精度,在青海省第三次水资源评价

中发挥了巨大作用,在径流等值线绘制误差控制时,大幅减轻工作量,工作效率明显提高。

栅格化等值线计算的优点:每个栅格像源点均按等值线内插一个降水量、径流值,对于给定分区矢量面层,即可快速统计运算出分区平均降水量、径流,并计算出分区水资源量,较以往利用 ArcGIS 拓扑工具,人工赋值计算水资源量的方法更高效、精度更高、误差更小。

数据处理存在问题及处理方法:高值区、低值区取值和最高、最低等值线为同一个值,如取高于或低于等值线值时,需添加辅助线;弯度较大的等值线不能按两条相邻等值线等距内插,可加密等值线或增加辅助线解决;湖泊及径流深小于 5 mm 不产流的低值区,需增加 0 值辅助线;水文站等值线

合理性检验时,上下游分区面不能重复、叠加,需按上下游区 间或最小分区单元计算,逐级累加至上一级分区单元。

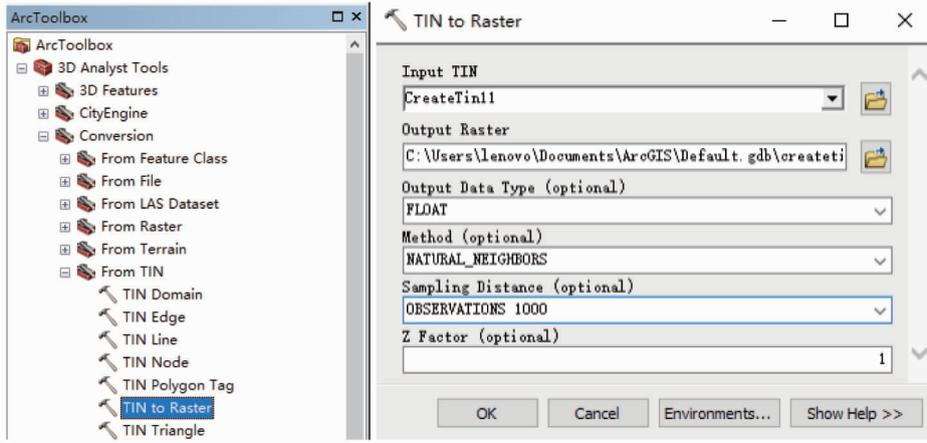


图 7 TIN 数据转 Raster 数据

Fig.7 TIN data to Raster data

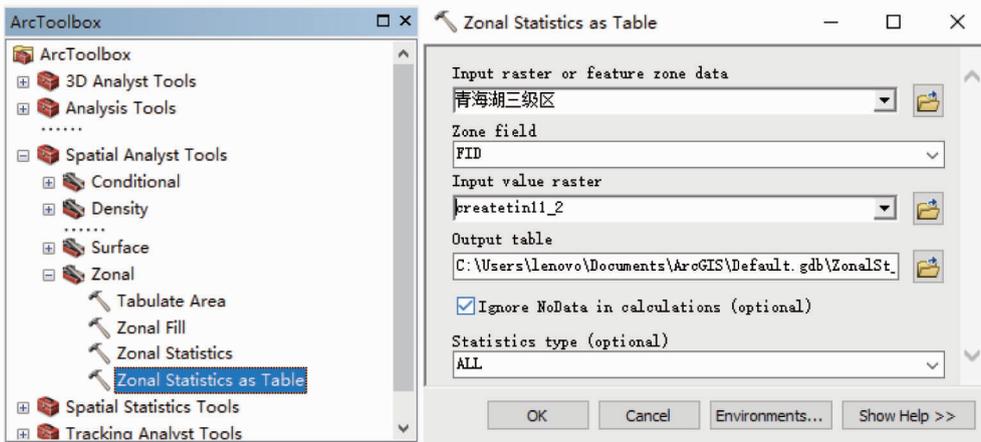


图 8 分区单元数据统计

Fig.8 Statistics of partition unit data

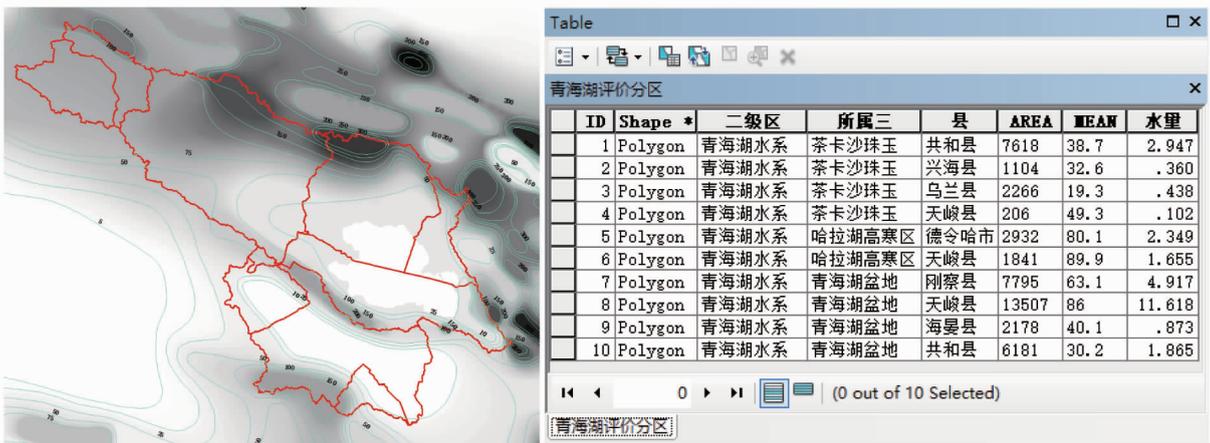


图 9 栅格化等值线及分区水量计算

Fig.9 Rasterized contours and regional water volume calculation

5 结语

水资源评价及年度水资源公报作为水文部门的一项基础性和常规性工作,需定期开展,水资源公报则每年进行水资源评价。水文资料是水资源评价的基础数据,随着站点数量的增加,数据量越来越大,计算工作任务越来越重,而对水

资源公报等数据成果质量、发布时效性要求也越来越高,因此,水文数据快速成果化迫在眉睫。

矢量和栅格数据是地理信息系统空间数据的 2 种最基本的形式,矢量数据点、线、面的表现形式在 GIS 中得到广泛 (下转第 198 页)

保资金及时到位。其次,要逐步完善分税制,增强地方资金分配能力。最后,要拓宽财政支农资金来源,建立多元化投入模式。

4.2.2 优化财政支农支出结构,促进农业高质量发展。长江经济带是我国粮食主产区之一,因此,财政支农支出结构优化的重点,应当是加大对基础设施和科技的支出。科技是第一生产力,农业科技是农业发展最主要的动力。要落实好农业科技专项资金的使用,增加对优良品种开发的投入力度,加强育种投入规模。发展新型耕种模式,促进农业发展。

4.2.3 完善财政支农资金监管制度,保障资金安全。首先,要完善资金预算管理,保障资金的合理运用。完善预算管理,能够明确每一笔资金的运用,确保资金及时到位,防止出现挪用、浪费等现象。其次,要减少划拨中间环节,提高资金利用率。我国现行资金管理体制中,存在着审批环节多、程序繁琐等问题,造成资金使用效率下降。减少中间环节能够降低资金在划拨环节的浪费,提高资金利用率。最后,要完善支农支出信息披露制度,保障资金利用公开透明。

参考文献

- [1] MATSUYAMA K.A simple model of sectoral adjustment[J].The review of economic studies,1992,59(2):375-387.
- [2] JORGENSON D W.The development of a dual economy[J].The economic journal,1961,71(282):309-334.
- [3] ROZELLE J S,TAYLOR J E,DE BRAUW A.Migration,remittances,and agricultural productivity in China[J].American economic review,1999,89(2):287-291.
- [4] 邓卫平,侯俊军.财政支农方式、结构对农业现代化的影响效应研究[J].求索,2015(7):54-58.

(上接第189页)

的应用,特别是在大比例尺制图中充分利用它精度高的优点。随着RS广泛的应用和数据压缩技术,计算机性能的提高,克服了栅格数据量大的缺点,以像源为单元的栅格数据可极大地提高GIS空间数据处理分析计算能力,在图形的代数运算、空间统计分析、GIS模型建立等方面发挥更大的作用,在水资源分析评价中得到很好的应用。随着经济社会的发展,水资源支撑经济社会发展的地位越来越重要,以往水资源评价方法已不适应目前精细化水资源评价及时效性需要,因此,借助遥感、DEM等地形数据,实现等值线去人工化,探索一种更简便、高效、精度更高的水资源量计算方法,将水文数据快速成果化是今后重点研究的方向。

参考文献

- [1] 青海省水利厅.青海省水资源公报[R].2001-2019.
- [2] 青海省水文水资源勘测局.青海省水资源评价报告[R].2006.
- [3] 刘武,怀志军.ArcGIS在绘制降雨径流等值线过程中的应用[J].水利科技与经济,2015,21(7):118-120.
- [4] 冯宇鹏,李婕,冯德光.一种辅助绘制降水量等值线图的方法探讨[J].

- [5] 杨晶,邓大松,吴海涛.中国城乡居民养老保险制度的家庭收入效应:基于倾向得分匹配(PSM)的反事实估计[J].农业技术经济,2018(10):48-56.
- [6] 张泽鑫,史清华.财政支农与粮食增产:总量与结构分析[J].农业现代化研究,2020,41(2):200-209.
- [7] TIMMER C P,程艳军.农业和扶贫:国际经验与教训[J].农业经济问题,2005(10):24-28.
- [8] 王金媛,吴祎博,张启文.财政支农资金投入对农业产出增长影响分析[J].经济研究参考,2015(64):43-50.
- [9] 于扬,吴鸣然.农业财政投入与农业经济增长的动态关联性[J].财会月刊,2019(2):171-176.
- [10] 潘梦瑶,马召伟.新疆财政支农支出对农业经济增长的影响分析[J].现代农业科技,2021(1):235-238,243.
- [11] DIBROVA A,DIBROVA L,LABENKO O.State financial support of agriculture in Ukraine [J].Problems of world agriculture,2015,15(30):1-7.
- [12] 王谦,李超.基于三阶段DEA模型的我国财政支农支出效率评价[J].财政研究,2016(8):66-77,90.
- [13] 毛晖,余爽,张胜楠.财政支农支出绩效的区域差异:测算与分解[J].经济经纬,2018,35(3):144-152.
- [14] FÅRE R,PRIMONT D.Multi-output production and duality:Theory and applications[M].Berlin:Springer Science & Business Media,1994.
- [15] CHUNG Y H,FÅRE R,GROSSKOPF S.Productivity and undesirable outputs:A directional distance function approach [J].Journal of environmental management,1997,51(3):229-240.
- [16] 徐合帆,郑军,余家凤,等.长江经济带财政科技投入绩效及影响因素分析[J].科技管理研究,2020,40(11):15-22.
- [17] 吴传清,李姝凡.长江经济带工业废气污染治理效率的时空演变及其影响因素研究[J].中国环境管理,2020,12(2):123-130,41.
- [18] 李晓龙,冉光和.农产品贸易提升了农业绿色全要素生产率吗?——基于农村金融发展视角的分析[J].北京理工大学学报(社会科学版),2021,23(4):82-92.
- [19] 徐合帆,郑军,余家凤,等.乡村振兴背景下财政支农绩效及影响因素分析:以湖北省为例[J].税收经济研究,2019,24(2):81-90.
- [20] 马艾,向自强,徐合帆,等.财政支农支出对农民消费影响的区域差异研究[J].统计与决策,2020,36(3):75-78.

- [1] 水文,2013,33(4):75-79.
- [2] 李学辉,余守龙,谷桂华,等.复杂地形气候区降水量等值线绘制方法研究[J].水利水电快报,2019,40(11):15-19.
- [3] 党磊,王子佳,王光磊.基于ArcGIS不同插值方法制作水文要素等值线[J].东北水利水电,2020,38(1):35-36,41.
- [4] 金栋梁,孔祥林.径流等值线绘制方法探讨[J].人民长江,2005,36(7):36-37.
- [5] 刘武.探讨ArcGIS在计算区域水资源量中的应用[J].水利科学与寒区工程,2020,3(4):153-154.
- [6] 宫云赵,李振苓,刘本宝.青岛市分区分地表水资源量计算与分析[J].人民长江,2020,51(S2):68-70.
- [7] 吕孙云,陈金凤,王政祥.基于ARCGIS量算法在水资源评价中的应用[J].人民长江,2008,39(17):27-29,52.
- [8] 水利部水利水电规划设计总院.全国水资源调查评价技术细则[R].2017.
- [9] 谢平,陈广才,雷红富,等.变化环境下地表水资源评价方法[M].北京:科学出版社,2009:88-89.
- [10] 段水强.小尺度径流空间差异性及其成因探索:以青海省黄南州为例[J].水科学进展,2016,27(1):11-21.
- [11] 段水强,孙永寿.青海省黄南、果洛、玉树藏族自治州水资源时空分布特征与演化研究[M].西宁:青海人民出版社,2018.
- [12] 李其江.青海省水文手册[M].西宁:青海人民出版社,2018.
- [13] 汤国安,刘学军,闫国年,等.地理信息系统教程[M].北京:高等教育出版社,2007.