

基于CiteSpace的分布式水文模型的发展趋势与研究前沿

张伯志¹ 王艳秋² 李伟霞¹

1. 内蒙古中水泽源水利工程有限公司 内蒙古 赤峰 024000

2. 赤峰市水利规划设计研究院 内蒙古 赤峰 024000

摘要:以Web of Science (WoS) 核心数据库为检索平台,统计了1986-2021年Web of Science核心文库中与分布式水文模型相关的文献的流通情况,文献总数为3284篇(其中2021年截止至2月)。分布式水文模型总体上呈现出显著增长的趋势,分布式水文模型领域呈现出快速发展的趋势。目前,分布式水文模型已成为相关领域不可或缺的应用工具。

关键词:文献计量学; CiteSpace; 分布式水文模型

水是自然界物质运动与转化的重要载体,水循环是生命存在和经济社会发展的重要物质保障。水文模型是探索和认识水循环和水文过程的重要手段,也是解决水文预报、水资源规划与管理、水文分析与计算等实际问题的有效工具^[1]。1932年Sherman的单位线、1933年Horton的入渗方程等标志着现代水文模型的发展正式拉开序幕。

现有的水文模型通常被分为黑箱模型、概念性模型、物理模型三大类。一般来说,物理模型和概念性模型是集总式模型,物理模型是分布式模型^[2]。20世纪80年代以后,随着计算机技术以及水文科学本身的发展,水文模型的研究逐渐从概念性模型发展到分布式模型。近二十年来,人口膨胀、水资源短缺、环境污染、气候变化等问题的出现,使水资源合理规划配置和可持续利用成为当务之急。在研究需求的驱动下,分布式水文模型的开发和应用也成为水文研究领域的热点^[3]。分布式水文模型是了解水循环和规划水资源可持续利用以满足各种需求的重要工具。目前,分布式水文模型已广泛应用于气候变化水文响应、非点源污染、水资源综合管理、土地利用/覆被变化水文响应等重大科学问题。分布式水文模型领域的研究除了应用模型解决问题外,还包括对许多模型的开发、不断更新和改进,以及与其他技术或产品(如GIS、遥感技术等)的耦合以获得更准确的模拟结果。可见,分布式水文模型研究的研究领域是多方面的。

分布式水文模型的研究和应用涉及水资源、地质学、地球科学、工程和环境科学与生态学等多个学科门类^[4]。在水资源领域,采用分布式水文模型计算融雪、评价水质、观测模拟河流流量变化、洪水预报等,实现水资源的合理配置和可持续利用。当研究区域位于山区时,需要运用地质学、地球科学和工程等方面的知识,探究复杂山区地形对水文过程的影响。这说明分布式水文模型领域存在多学科整合的现象^[5]。

文献计量学是一门基于数学和统计学的交叉学科,

以文献、作者和词汇数量为主要度量对象,对知识载体进行定量分析。CiteSpace统计和可视化软件是美国雷塞尔大学陈超美博士基于Java平台研发而成的文献计量工具,利用文献计量原理,在使用知识图谱达成数据可视化方面展开了广泛的应用。本文利用CiteSpace文献计量工具对分布式水文模型的研究现状相关文献进行量化分析,通过绘制知识图谱展示该领域的现状,通过分析文献共被引和关键词探究分布式水文模型领域研究前沿与研究热点,以期对相关研究提供参考。

1 数据来源与分析方法

为了总结分布式水文模型的研究现状,本文以Web of Science (WoS) 核心数据库为检索平台,主题词设置为:

“Distributed Hydrological Model” “Not Semi-distributed Hydrological Model”,时间跨度为1986—2021年,文献类型选择Article进行检索,统计了1986-2021年Web of Science核心文库中与分布式水文模型相关的文献的流通情况,文献总数为3284篇(其中2021年截止至2月)。近15年文献出版量呈逐年上升趋势(图1)。分布式水文模型总体上呈现出显著增长的趋势,这意味着学者们对分布式水文模型的关注越来越多,研究投入逐渐增加,分布式水文模型领域呈现出快速发展的趋势。目前,分布式水文模型已成为相关领域不可或缺的应用工具^[6]。

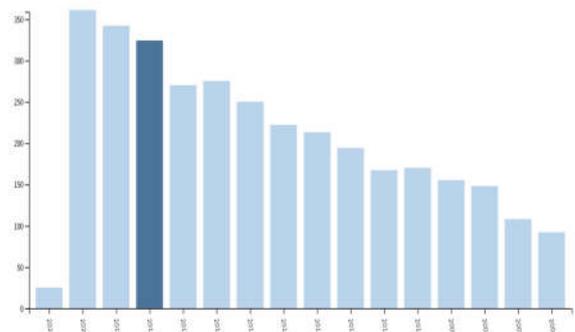


图1 2006-2021文献出版量图

2 研究热点

关键词可以高度浓缩和总结文献的研究内容，是确定研究领域整体结构和研究主题的有效方法。关键词出现频率越高，越能代表该领域的研究热点。运行Citespace得到共现关键词网络，我们对共现关键词进行聚类分析，得到聚类结果如图2所示。高频关键词包括“分布式水文模型”、“气候变化”、“SWAT”、“蒸散发”、“不确定性”、“遥感”、“径流”、“水分平衡”、“土壤水分”、“GIS”等，代表了该领域的研究热点^[7]。

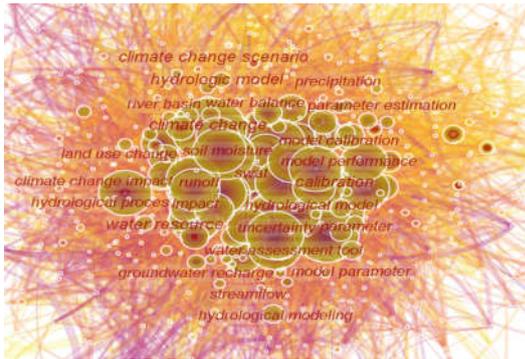


图2 高频关键词分布图

3 研究前沿

Citespace的burst术语分析功能可以用于调查突然出现且频率迅速增加的术语。突发术语往往反映了该领域的

研究前沿。表1列出了实力最强的25个burst术语。根据表1中的时间轴，可以判断出研究前沿出现和消失的时间，时间轴可以直观地反映突变词爆发的历史长度。最早的研究前沿是应用分布式水文模型模拟径流和非点源环境响应。TOPMODEL是早期学者研究和使用的模型。分布式水文模型建模的尺度问题以及水文建模中的聚集与分解方法也引起了学者的关注。1999年，蒸散发对地表水循环过程的影响开始受到关注，并开发了山地盆地复杂水文模型。2001-2005年，研究前沿转向分布式水文模型参数的敏感性分析和模型的自动定标。同时，GIS技术与分布式水文模型的集成为分布式水文模型提供了强大的数据存储、显示、描述和分析能力。在应用方面，分布式水文模型已开始广泛应用于流域融雪计算、洪水过程模拟、洪水水文特征预测等方面。采用降雨-径流模型模拟降雨空间变化对流域出口径流的影响。2006-2010年，水的交互作用--处于风险和社会挑战中的体系开始引起人们的关注。重点研究地表水与地下水、大气与陆地、淡水与咸水、全球变化与流域系统、质与量、水体和生态系统、科学与政治、水与文化等八个方面新的挑战问题。2011-2020年，国际水文水资源研究的趋势开始转向利用现有科学知识来发展新研究方向和方法，以对环境变化、生态系统和人类活动做出响应^[8]。

表1 25个burst术语表

Top 25 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2006 - 2021
topmodel	2006	7.88	2006	2008	██████████
digital elevation model	2006	7.87	2006	2009	██████████
generation	2006	7.86	2006	2012	██████████
global optimization	2006	7.32	2006	2010	██████████
water balance	2006	7.28	2006	2008	██████████
drainage network	2006	7.07	2006	2014	██████████
river flow	2006	7.21	2007	2011	██████████
radiation	2006	9.14	2008	2010	██████████
wetland	2006	8.47	2009	2011	██████████
watershed scale	2006	7.16	2009	2012	██████████
mike she	2006	7.51	2010	2014	██████████
hydrologic proces	2006	7.05	2010	2012	██████████
catchment area	2006	8.33	2011	2015	██████████
civil engineer	2006	7.76	2012	2017	██████████
american society	2006	7.76	2012	2017	██████████
forecast	2006	7.42	2012	2015	██████████
ensemble kalman filter	2006	9.24	2013	2017	██████████
model output	2006	7.52	2013	2015	██████████
future	2006	8.04	2015	2018	██████████
product	2006	7.33	2015	2017	██████████
high flow	2006	7.19	2015	2017	██████████
yield	2006	9.26	2017	2019	██████████
satellite	2006	7.1	2018	2021	██████████
new hydrological insight	2006	7.14	2019	2021	██████████
precipitation product	2006	7.14	2019	2021	██████████

SWAT模型通常用于评价水量和水质,模拟径流和非点源污染。它在2015年就引起了学者们的关注,并被广泛应用至今。结果表明,SWAT模型发展迅速,应用广泛,具有良好的仿真效果和实用性。利用TRMM提供的气象数据作为水文模拟的驱动数据,在一定程度上解决了热带地区降水数据缺乏的问题。通过不断的更新,产品数据集的特征已经由原来的时空分辨率演化为高时空分辨率。为了提高区域分辨率和模型模拟精度,降尺度和偏差校准方法的研究及其在水文模拟中的应用近年来也受到了广泛关注。

在全球变暖的背景下,气候变化对环境的影响已引起人们的重视;当前SWAT模型经过多次更新后仍然是学者们青睐的分布式水文模型;将高分辨率数据产品耦合到水文模型中是目前提高模拟精度的重要手段。

4 展望

针对分布式水文模型领域的研究热点和发展趋势,提出以下展望:(1)获取高精度高分辨率数据。水文现象在不同空间尺度上表现出不同的水文特征。提高水文资料的精度和分辨率是揭示不同尺度水文过程的有效方法。随着山区和高寒地区水文模拟的不断深入,迫切需要高分辨率的降雨数据作为分布式水文模型的驱动数据。目前,相关技术(如GIS、遥感技术)及其产品与分布式水文模型的集成已成为获取高精度数据、提高水文模型精度、模拟水文过程的重要手段。因此,为了提高水文过程模拟的准确性,开发新技术和新产品,提高与分布式水文模型的耦合程度是该领域的必然趋势。

(2)开发适合高寒地区的分布式水文模型。随着近10年来气候变暖累积效应的持续,全球冰冻圈呈现加速变化趋势。气候变化导致了冰川的融化,冻土和植被垂直分布的变化,不可避免地对流域的水文过程产生影响。因此,研究全球冰冻圈和高寒地区的水文过程变得越来越重要。目前,水文模型的研究和开发主要针对大中型非

冰冻圈盆地。这些模型不容易应用于高山地区。因此,开发适用于高寒地区的水文模型对进一步研究高寒地区水文过程具有重要意义,也是水文模型研究的发展趋势。(3)水文过程对气候变化的响应。在气候变化下,大多数预测表明陆地水循环受到了严重干扰,影响了淡水资源的可用性。因此,气候变暖的持续影响下,水文过程对气候变化的响应将成为该领域的一个重要研究方向,以及气象的耦合模型和水文模型也成为重要手段探索水文过程对气候变化的响应。

参考文献

- [1]徐宗学,程磊.分布式水文模型研究与应用进展[J].水利学报,2010,41(09):1009-1017.
- [2]徐宗学.水文模型:回顾与展望[J].北京师范大学学报(自然科学版),2010,46(03):278-289.
- [3]芮孝芳,蒋成煜,张金存.流域水文模型的发展[J].水文,2006(03):22-26.
- [4]陈仁升,康尔泗,杨建平,张济世.水文模型研究综述[J].中国沙漠,2003(03):15-23.
- [5]徐宗学等编著.水文模型[M].北京:科学出版社,2009.
- [6](英)基斯·贝文(KEITH BEVEN)著;张行南,刘建芬,夏达忠译.降雨径流模拟第2版[M].北京:中国水利水电出版社,2006.
- [7]QIN F, ZHU Y, AO T, et al. The Development Trend and Research Frontiers of Distributed Hydrological Models—Visual Bibliometric Analysis Based on Citespace [J]. Water, 2021, 13(2):
- [8]Montanari A, Young G, Savenije H H G, et al. “Panta Rhei—everything flows”: change in hydrology and society—the IAHS scientific decade 2013–2022[J]. Hydrological Sciences Journal, 2013, 58(6): 1256-1275.