

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2019114

黄诗峰, 辛景峰, 杨永民. 旱情遥感监测业务化应用现状、问题与展望[J]. 中国防汛抗旱, 2020, 30(3): 18-21. HUANG Shifeng, XIN Jingfeng, YANG Yongmin. Status, issues and prospects of operational application of drought remote sensing monitoring [J]. China Flood & Drought Management, 2020, 30(3): 18-21. (in Chinese)

旱情遥感监测业务化应用现状、问题与展望

黄诗峰 辛景峰 杨永民

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 2. 水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心, 北京 100038;
3. 水利部遥感技术应用中心, 北京 100038)

摘要:我国干旱灾害频繁发生, 损失严重。遥感技术以其快速、经济和宏观的特点, 成为旱情监测预警的重要手段。文章首先分析了旱情遥感监测业务化应用国内外现状。目前遥感技术已在大范围、宏观旱情监测方面得到广泛应用, 旱情遥感监测已进入业务化阶段。其次探讨了旱情遥感监测业务应用尚存在的一些问题, 包括监测指标、遥感数据源、模型适用性、监测精度等。最后对旱情遥感监测业务化应用的未来发展方向进行了展望。

关键词: 遥感技术; 旱情监测; 业务化应用

中图分类号: S423; P407

文献标识码: A

文章编号: 1673-9264(2020)03-18-04

0 引言

干旱灾害是我国主要的自然灾害之一。我国幅员辽阔、地形复杂, 局地性或区域性的干旱灾害几乎每年都会出现。据统计, 1950—2018年, 我国年均受旱面积 2 031.22 万 hm^2 , 2006—2018 年全国因干旱导致的直接经济损失 851.64 亿元^[1]。干旱灾害已成为制约我国经济发展主要因素之一。

土壤墒情是农业旱情监测的重要指标, 对于实时掌握旱情动态, 科学指导抗旱救灾, 最大限度地减少旱灾损失, 具有十分重要的现实意义。传统的土壤墒情监测方法是基于测站的点监测方式, 只能获得少量的点上监测数据, 再加上人力、物力、财力等因素的制约, 难以迅速而及时地获得大面积的土壤水分和作物信息, 而遥感旱情监测具有监测范围广、空间分辨率高、信息采集实时性强和业务应用性好等特性, 可有效弥补地面观测系统成本高、空间覆盖率低的缺点, 能够为各级减灾部门提供及时高效的决策支

持服务^[2]。

遥感旱情监测自 20 世纪 70 年代提出, 随着卫星遥感技术的迅速发展, 旱情遥感监测模型日益丰富, 遥感技术已成为旱情监测的重要支撑手段, 并于 20 世纪末开始逐步应用。但由于干旱的复杂性以及卫星遥感技术尚存在一定局限性, 目前旱情遥感监测业务应用仍然存在一些问题。

1 旱情遥感监测业务化应用现状

遥感技术具有宏观、快速、客观、经济等常规手段不具备的优势, 在旱情监测方面具有广阔的应用前景^[3]。早在 20 世纪 70 年代, Watson 等人^[4]提出了利用地表温度日较差来推算热惯量的简单模式, 并建立基于热惯量的土壤水分遥感反演模型。其后随着 NOAA 和 FY 系列卫星的相继运行, 遥感监测土壤水分的研究得到迅速和全面的发展, 所使用波段从可见光、(近、中远)红外、热红外到微波遥感, 方法包括热惯量法、植被/温度特征空间法、能量平衡法和微波遥

收稿日期: 2019-07-05

第一作者信息: 黄诗峰, 男, 教授级高级工程师, E-mail: huangsf@iwhr.com。

基金项目: 国家重点研发计划课题(2017YFC1502406); 中国水利水电科学研究院科研专项(JZ0145B1042017, JZ0145C122018)。

感法等^[5]。20世纪末,随着研究的日益深入以及遥感卫星资源的逐渐丰富,旱情遥感监测逐步进入业务化应用阶段。

1.1 国外旱情遥感监测业务应用情况

国外开展旱情遥感监测业务应用以美国、欧盟和联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)等开展较早,应用也较为深入。

(1)美国干旱监测预警系统。美国干旱监测预警系统的建设开始于20世纪末,至今走过了十多年的发展历程。1998年,美国国家干旱减灾中心与国家海洋与大气管理局气候预测中心开始合作开发干旱分类系统,其后农业部世界农业展望委员会以及国家海洋与大气管理局下辖的国家气候数据中心等也参与进来。2003年,这一项目正式定名为“国家集成干旱信息系统”(National Integrated Drought Information System, NIDIS),并在全国范围内运行。目前,该系统基于互联网(<http://www.drought.gov>)发布全美干旱监测(U.S. drought monitor, USDM)产品,将干旱程度分为4个等级:D1、D2、D3、D4,另外还有一个等级D0,表示虽然没有发生干旱灾害,但较正常偏干。

USDM最初的干旱标准基于6个关键指标和多个辅助性参考指标。6个关键指标是标准化降水百分位数、气象干旱指数(SPI)、帕尔默干旱指数(PDSI)、NOAA气候预测中心的土壤湿度模式输出结果、美国地质测量局日流量指标及卫星植被健康指数(VHI)。一些辅助性参考指标包括:帕尔默作物湿度指数、Keetch-Bryam干旱指数、美国森林火灾危险指数、水库需水量、湖泊水位、地下水位以及与蒸发相关的相对湿度、温度距平等。随着干旱指数的发展,以上关键指标和参考指标均有所改进,如加入了标准化降水蒸散指数(SPEI)、植被干旱响应指数(VegDRI)、北美陆面数据同化系统的土壤湿度及径流数据等^[6]。

近年来,卫星遥感产品,包括VHI、蒸发胁迫指数(ESI)、VegDRI等,越来越多地应用到美国的干旱监测中。如美国NOAA发布的VHI产品,是美国干旱减灾中心制作USDM的重要数据源之一;ESI被认为与美国干旱监测中心旱情监测产品的相关性较高,在广域、实时性监测方面有较大优势;VegDRI是美国干旱减灾中心每周发布的除USDM之外的另一类重要干旱监测产品。

(2)欧洲干旱预警系统。为了在整个欧洲层面提供一致、及时的干旱信息,欧盟决定在欧盟联合研究中心

实施的“DESERT”行动的基础上,进行“欧洲干旱观察”(European Drought Observatory, EDO)系统的开发。EDO项目的主要目标就是为欧洲提供一个基于互联网的干旱监测与预测的平台,为欧洲干旱的发生和演进提供及时权威的信息。

EDO系统通过使用气象信息、水文参数和遥感数据对各类干旱指标的效果进行检验,使用的干旱指标包括标准化降雨指数、土壤湿度、降雨量指数和遥感指标等四大类。

目前,EDO系统可以提供两类在线干旱监测信息服务:一类是实时干旱地图信息,子类有降雨量、土壤湿度、湿度异常、干旱预测、干旱异常预测、叶面缺水指数(NDWI)和吸收光合有效辐射比(FAPAR)等,加载这一类信息的地图是面向整个欧洲层面的;另一类是用户自定义信息服务,用户可以自行定制所需要的数据,包括选择国家具体的区域、时间跨度和干旱指标等,这一类信息的地图是具体到某个成员国家的,具体的信息可以不同格式的地图输出。

(3)联合国粮食及农业组织全球粮食和农业信息监测预警系统。联合国粮食及农业组织研发了全球粮食和农业信息及预警系统(GIEWS),对面临严重粮食紧急情况的国家,提供及时和可靠的信息,以便政府、国际社会及其他机构能够采取适当的行动。

GIEWS监测全球主要粮食作物长势,评估产品前景。其中,采用遥感技术,开展降水量估算和归一化差异植被指数(NDVI)生产,监测作物生长季节期间供水和长势状况,为可能受到旱情(甚至极端情况下旱灾)影响的农业区域提供早期预警。

1.2 国内旱情遥感监测业务应用情况

国内相关科研单位自20世纪80年代开展了大量旱情遥感监测研究工作,20世纪末,水利、气象、农业、民政等部门及中国水利水电科学研究院等相关单位陆续开展旱情遥感监测业务化应用,定期生产旱情遥感监测产品。

(1)水利部遥感技术应用中心。水利部遥感技术应用中心成立于1980年,长期从事水旱灾害遥感监测评估技术研究。从20世纪80年代开始,中心通过承担科技攻关项目、行业公益项目、高分专项等,在旱情遥感监测模型、监测指标、监测方法、预测预报模型以及系统开发等方面进行了多年探索,取得了丰硕科研成果^[7]。2015年起承担了国

家防汛抗旱指挥系统二期工程“水利部旱情遥感监测系统建设”项目,研发了全国旱情遥感监测系统、区域旱情遥感监测系统、基于水体变化的旱情监测系统,实现了全国旱情监测逐周生产、区域旱情1~3 d应急快速监测及逐月区域水体监测产品的生产,对于防汛抗旱部门及时、客观、准确地获取全国旱情信息,了解受旱区域、受旱面积及严重程度,发挥了重要作用^[8]。

(2)国家卫星气象中心。国家卫星气象中心是中国气象局直属事业单位,经过多年发展,建立了卫星监测分析与遥感应用系统(SMART),开展全国范围内的旱情监测。国家卫星气象中心旱情遥感监测系统主要采用热惯量法和相对蒸散进行全国范围内的旱情监测。运行模式有日常运行模式和重大事件模式。其中,日常业务模式,基于热惯量模型,每旬1次,产品分辨率为1.1 km,基于相对蒸散模型,每旬1次,产品分辨率为5 km。重大干旱事件模式根据旱情变化情况提供监测。

(3)农业部遥感中心。农业部遥感应用中心成立于1999年,是农业部系统遥感工作的协调组织机构,其研究部挂靠在中国农业科学院农业资源与农业区划研究所,主要将遥感等空间信息技术广泛应用于农情信息、数字农业、草地管理、农业生态环境、农业资源管理与区域发展等领域,是我国农业遥感领域的重要研究机构。中心建立了农业旱情遥感监测业务系统,模型方法主要包括热惯量法、植被供水指数法、作物缺水指数法等。农业部旱情遥感监测系统主要采用热惯量法和植被供水指数法进行全国范围内的土壤水分反演。对于西北干旱区采用热惯量法进行反演计算,对于中西部、中东部区域采用植被供水指数法进行土壤水分反演计算。

总体上,国内外旱情遥感监测均已步入业务化应用阶段。其中欧美发达国家多从国家层面采用多部门联合开展干旱监测,技术上通过卫星遥感指数产品生产,如NDVI、VHI、VegDRI等,间接反映干旱严重程度;国内水利、气象、农业部门基于各自的业务,开展旱情遥感监测。技术上除了采用卫星遥感指数外,更多侧重土壤水分遥感反演,以评估农业旱情。

2 存在问题

当前,卫星遥感技术已广泛应用大范围的干旱宏观监

测中,初步进入了业务化阶段,但在监测指标、遥感数据源、模型适用性、监测精度等方面仍然存在一些问题。

2.1 监测指标

旱情指标是旱情遥感监测首先面临的问题。众所周知,干旱又分气象干旱、农业干旱和水文干旱等,表征干旱的指标包括降水量、蒸发量、土壤含水量、地表温度、湖库蓄水量等。当前国外旱情遥感监测多采用卫星遥感指数,如NDVI、VHI、VegDRI等,间接反映干旱;国内旱情遥感监测除了采用卫星遥感指数外,更多以反演土壤含水量来评估农业旱情。由于干旱的多样性和复杂性,卫星遥感指数和遥感反演土壤含水量作为旱情监测指标,都有一定的适用性,也都存在局限性。

2.2 遥感数据源

遥感数据源是制约旱情遥感监测业务化的重要因素。目前旱情遥感监测业务应用大多采用气象卫星遥感数据,如美国Terra和Aqua卫星,中国的FY-3卫星等,该卫星每天过境两次,但影像分辨率偏低,对田块尺度旱情监测有些勉为其难。高分辨率卫星遥感影像,如美国陆地卫星,又存在获取时间周期长,难以大范围监测等问题。另外光学遥感无法穿透云雾,对多云地区监测困难,雷达遥感能全天候监测,但又存在重访周期长、数据费用高的问题。

随着对地观测技术的不断发展,遥感卫星资源越来越丰富,重访周期越来越短,数据分辨率越来越高,但满足旱情监测逐日重访、较高分辨率以及低成本的影像资源还不是很多,遥感数据源的问题仍然存在。

2.3 模型适用性

目前旱情遥感监测模型已发展了很多,不同模型有不同的适用范围。如基于可见光红外遥感的旱情监测模型在多云多雨地区难以应用,土壤墒情遥感反演模型适宜于东北、华北旱作物为主的平原地区,而对南方水田区则不适宜。

我国国土面积大,植被类型多,地形地貌多样,气候多变,干旱问题极其复杂,很难采用一种模型、监测一种指标来开展全国性旱情监测,必须针对不同下垫面情况,结合作物类型,选择不同的模型,基于多指标开展综合旱情监测。

2.4 监测精度

精度是遥感监测成果能否被业务部门采用和认可的重要指标。由于旱情的复杂性,影响因素众多,旱情遥感监测结果验证存在难点,精度仍然有待提高。主要表现

在:①用于旱情监测的遥感影像分辨率偏低,与实际地块尺度不匹配,不能真实反映田间旱情。②无论是光学遥感还是微波遥感,都只能较准确地提供浅层土壤湿度,对深层土壤湿度的反演能力还很有限。③受下垫面信息(耕地、水田、作物、白地等)准确性的影响,导致遥感监测的农作物受旱面积不可靠,无法与统计的受旱信息对比分析。

3 未来展望

经过多年的发展,旱情遥感监测技术取得了很大进展,尤其是面向业务的旱情遥感监测系统的研发,实现了初步的业务化,在抗旱减灾中发挥了重要作用,但旱情遥感监测系统在监测精度、模型可靠性、产品稳定性等方面有极大地提升空间。目前发展趋势主要体现在以下几个方面:

(1)建立旱情遥感监测指标体系与标准规范。业务化应用标准要先行。干旱监测涉及气象、农业、水利、民政等行业或部门,监测指标存在较大差异,尚无统一的旱情遥感监测标准。水利行业目前尚缺乏可操作的旱情遥感监测标准,旱情遥感监测业务应用大多基于与土地覆盖、土壤特性、地面观测数据耦合卫星遥感干旱指数的半定量经验统计模型,旱情等级的划分存在主观性,监测成果缺乏可比性。

(2)天空地一体化的综合旱情立体监测。随着遥感卫星不断升空,多星组网、多源遥感数据融合,是干旱遥感监测的趋势。另外,卫星遥感、无人机遥感、地面站网观测三者结合,构建天空地一体化的综合立体监测网,也将增强旱情遥感监测的实时服务能力。

(3)遥感技术与水文、气象专业模型的耦合。干旱是大气—土壤—植被—水文—生态—社会经济之间相互作用发展的缓进、连续变化的动态过程,涉及大气、农业、水文、

生态、社会经济的方方面面。遥感监测存在着时空不连续的情况,难以全面系统监测干旱的动态过程及影响。因此,将各种陆面过程模式、气象、农业、水文、生态、社会经济等专业模型与遥感数据进行耦合或同化,弥补遥感观测时空分辨率的缺陷,提高旱情遥感监测的精度,并实现旱情的预警。

(4)旱情监测综合模型研发。基于遥感、气象、水文、农业等干旱指数,结合灌溉、作物种植结构等信息,分析研究不同地理环境条件、地表覆盖类型、生长季等因素对各干旱指数的影响及相互关系,并考虑模型模拟结果,建立旱情监测综合模型,将提高模型的适用性、可靠性和实用性。

参考文献

- [1] 中华人民共和国水利部. 中国水旱灾害公报(2018)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2019.
- [2] 黄诗峰, 辛景峰, 杨永民, 等. 旱情遥感监测理论方法与实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
- [3] 李纪人. 旱情遥感监测方法及其进展[J]. 水文, 2001, 21(4): 15-17.
- [4] Watson K, Rowen L C, Offield T W. Application of thermal modeling in the geologic interpretation of IR images[J]. Remote Sens Environ, 1971(3): 2017-2041.
- [5] 王丽涛, 王世新, 周艺, 等. 旱情遥感监测研究进展与应用案例分析[J]. 遥感学报, 2011, 15(6): 1315-1330.
- [6] 王芝兰, 周甘霖, 张宇, 等. 美国干旱监测预测业务发展及其科学挑战[J]. 干旱气象, 2019, 37(2): 183-197.
- [7] 杨昆, 黄诗峰, 辛景峰, 等. 水旱灾害遥感监测技术及应用研究进展[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2018, 16(5): 451-456, 465.
- [8] 黄诗峰, 辛景峰, 杨永民. 水利部旱情遥感监测系统建设与展望[J]. 水利信息化, 2017(5): 1-5.

责任编辑 马 啸