

水稻低温冷害遥感监测 技术与方法进展

王连喜¹ 秦其明² 张晓煜¹

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 银川 750002; 2. 北京大学地球与空间科学学院)

提 要

根据国内外水稻低温冷害遥感监测和遥感灾损评估研究进展情况, 分析了水稻低温冷害遥感监测的可行性和各种方法的优缺点, 提出了低温冷害遥感监测方面需要开展的相关研究领域和需要解决的几个问题。

关键词: 低温冷害 遥感 灾损评估

引 言

天气变化具有瞬时性、不可逆性、可破坏性和可改造性。它对国民经济的各行各业都或多或少地产生着影响, 但对农业的影响最大。据研究, 在各种自然灾害造成的损失中, 灾害性天气、气候和农业气象灾害等气象灾害占 60% 以上, 每年气象灾害给农业造成的直接经济损失就达 100 亿元左右。如今, 随着科学技术的迅速发展, 国民经济水平的提高, 国民经济各部门对气象条件的敏感度和依从性越来越大, 不利的气象条件对国民经济所造成的影响及带来的损失与危害也越来越大。

低温冷害俗称哑巴灾, 是指在农作物生长季节, 0℃ 以上低温对作物的损害。低温冷害可分为三种, 即延迟型冷害、障碍型冷害和混合型冷害。低温冷害在春、夏、秋季都可发生。在宁夏, 其影响程度仅次于干旱灾害, 其危害的作物主要是水稻、玉米。

如果我们能对低温冷害的发生进行快速、客观、准确地监测与评估, 就可为各级党政部门组织防灾减灾、指挥生产等提供科学依据, 从而获取最大利益或将损失减少到最低限度。

卫星遥感具有范围广、周期短、信息量大和低成本的特点, 卫星遥感资料应用于监测

与灾害损失评估时具有如下特点: (1) 遥感数据为面数据, (2) 通过遥感可获得多时相信息, (3) 具有较高的空间或时间分辨率, (4) 多光谱(可见光、红外、微波), (5) 数字化存贮, (6) 信息的积累与处理不妨碍数据的进一步观测与收集, (7) 可获得遥远无人区或偏僻区域的信息, (8) 一旦遥感监测网建成, 则数据的观测费用可大大降低。目前用于监测与灾害损失评估的卫星主要是太阳同步极轨、地球同步气象卫星和地球资源卫星, 使用较为普遍的是 TM 和 NOAA 的 AVHRR 资料, TM 资料主要用于面积估测和植被分类, NOAA 资料主要用于各种灾害的实时与动态监测。

用遥感技术监测低温冷害, 一方面要监测温度, 尤其是最低气温, 这要求一定的监测精度, 通常要求监测温度的精度小于 1℃, 甚至小于 0.5℃。因为, 作物发生障碍型冷害与否, 直接与温度的高低有关, 1℃ 的气温差别往往会带来两种不同的危害结果。而且, 低温冷害的发生往往与低温的持续时间有关, 这对于只监测瞬时数据的遥感手段来讲, 比较难反映出低温的持续时间。延迟型冷害更是长期温度偏低带来的结果, 用遥感手段来实现一定时期内低温的累计比较困难。除此之外, 还要了解作物具体的分布和长势, 实

现水稻冷害的监测的难度就可想而知了。正因为如此,国内外研究低温冷害遥感监测和灾害评估的文献并不多,主要集中在地表温度反演、水稻种植面积及分布的确定、延迟型冷害监测、冷害灾损评估等四个方面。

1 低温冷害遥感监测的技术方法

1.1 地表温度反演

物体温度高于绝对零度时就会以电磁波的形式向外界发射辐射能。下垫面地物发射的辐射能经过大气到达卫星上的传感器,能量会有一些损失,我们称卫星感应到的地物温度为亮度温度;一般来讲,地物温度越高,卫星感应到的亮度温度就越高。

早在1991年,杨桂清等^[1,2]就曾利用GMS卫星红外遥感资料做过宁夏下垫面的温度反演工作,张晓煜等^[3]又利用NOAA卫星资料和高程资料分别反演了平均气温、最高、最低气温和最低地温,效果良好。

由Njoku提出的分裂窗口技术(Split Window Technique)概括来讲,就是相邻两波段的亮温一定与地表温度有关,并呈线性相关。由于海面是一朗泊面,故用此法估算海面温度的精度可达 0.2°C ^[4],利用“分裂窗口”方法求取海面温度取得了十分显著的效果。此后,有人开始将此技术应用于地表温度的反演,并取得了一系列的成果。徐希儒等^[5]将“分裂窗口”求取海温的方法应用于陆地温度反演,利用比辐射率和地表温度同步反演的方式,使精度达到 1°C 以内,并在数值实验的基础上论证了可行性,验证了稳定性。

杨文^[6]认为,反演地表温度时的误差主要来源于三个方面:辐射仪的噪声误差,大气削弱影响,缺乏对光谱比辐射率的了解。应用分裂窗方法反演地表温度的结果表明:地表温度不仅线性地依赖于NOAA/AVHRR的4、5通道的亮度温度,而且还线性地依赖于与光谱比辐射率有关的项,即 $(1 - \epsilon_4)/\epsilon_4$ 及 $(\epsilon_4 - \epsilon_5)/\epsilon_4$ 。他分析后指出:(1)若 $\Delta\epsilon(\epsilon_4 - \epsilon_5) = 0$,当 ϵ_4 从 $0.94 \sim 1.00$ 时,地表温度的变化达 3.0°C 。(2)当 $\Delta\epsilon \neq 0$ 时, $\Delta\epsilon$ 对反演地表温度的影响比 ϵ_4 所造成的影响更敏感、更显著;若 $\Delta\epsilon > 0$, $\Delta\epsilon$ 对 ϵ_4 所造成的影

响有减弱作用;若 $\Delta\epsilon < 0$, $\Delta\epsilon$ 对 ϵ_4 所造成的影响有加强。(3)要使反演地表温度的误差小于 1.0°C ,则 $\Delta\epsilon$ 的误差量级必须小于 0.005 。

利用卫星热红外通道反演陆地温度存在的问题,徐希儒等^[7,8]在论述混合像元组分温度的反演时也指出,在陆地目标大多为混合像元时用热红外多通道遥感方法反演陆地温度的致命弱点是通道间信息的高度相关使得反演结果对测量误差极度敏感。但是,目前多通道数据的采集大多不采用瞬时多角度观测姿态,因而不含有同步目标的三维几何结构信息,混合像元只能作为整体来处理。因此在目前条件下,利用卫星热红外通道反演地表温度仍是一个较为可行且实用的方法。

为了提高地表温度反演的精度,许多人还尝试对反演模型进行各种订正,如张晓煜等^[3]利用海拔高度资料进行的订正,江野等^[9]用亮温和植被指数反演地表温度,其实质是对亮温进行了植被覆盖订正。陈怀亮等^[10]则采用通道值和植被指数资料(相当于进行了植被覆盖订正)直接与所需的各种气温建立方程,同时考虑到河南南北差异较大,进行地面覆盖分类又比较复杂,而NOAA/AVHRR的通道2对地表的反射特征比较敏感,在地表特征不均匀的情况下,通道2的反射率会对回归效果产生影响,于是又引入了通道2的资料(CH_2)。陆家驹等^[4]则认为地表温度应分为受植被影响的地温和裸地上的地温,利用植土比例系数把这两种地温综合在一起,取得了较好的效果。在第22届国际遥感大会上,有些学者介绍了干旱地区利用遥感图像资料进行土壤温度的监测方法,如利比亚和新西兰就应用NOAA/AVHRR卫星图像资料监测干旱和半干旱地区红外辐射温度的变化情况。

1.2 水稻种植面积及分布的确定

利用卫星遥感资料进行水稻种植面积及分布的确定,其目的是为了配合温度监测来确定水稻冷害的发生,并根据冷害发生的面积确定水稻减产损失及其分布。归一化植被

指数(NDVI)可以较好地反映下垫面植被生长状况指数,任意一个像元内的NDVI反映的是该像元内植被长势和覆盖度的平均状况,在该像元内植被叶面积(LAI)增大到一定数值后,NDVI反映的主要是该像元内植被的覆盖度信息,这是卫星遥感数据反演作物面积及其分布的理论依据。当然,在具体应用中还需考虑混合像元的分解问题、面积提取最佳时相的确定、不同作物和用地的分离处理以及所需要的各种订正等。通过这样的一系列处理与分析工作,在剔除像元内其它地物的信息后,就可以得到水稻的面积信息。

吴健平等^[11]、周红妹^[12]在区域分层的基础上,将GIS与RS相结合,采用模糊监督分类方法对NOAA/AVHRR数据进行像元分解,进而估算出上海地区的水稻种植面积,取得较好的效果。

张晓煜等^[13]在下垫面地物类型分析和卫星资料精地标订正的基础上,通过对研究区域内作物植被指数变化规律分析,选用不同时次、光谱质量较好的植被指数图像,经植被指数积温模式订正,像元分解,绘制出银川地区水稻空间分布图,为水稻面积信息的提取奠定基础。经过抽样调查检验,遥感调查水稻的空间分布基本与实况吻合。

而在植被指数的订正方面,文军等^[14]通过分析,得出了一种更有效且方便的土壤调整因子由植被指数自身调整修正的植被指数。

在面积估算时,遥感图像的配准十分重要,周红妹等^[15]运用二元多项式求伪逆的数学方法来实现小范围遥感图像的配准(又称几何精纠正),并推出带修正的邻域法来实现遥感图像的重采样。

1.3 水稻冷害的监测

王连喜等^[16]利用气象卫星遥感数据计算得到的植被指数对宁夏地区1992年和1993年发生的水稻低温冷害进行了宏观分析,结果发现,对延迟型水稻低温冷害有较好的评估效果,而对障碍型水稻低温冷害则不尽人意。因为在发生延迟型水稻低温冷害时,在水稻生育的后期,其绿度特征的表现

主要是,绿度下降速度减慢,绿度下降的时间拉长,与正常年份相比,同一时期的绿度前者要比后者高,这是进行延迟型水稻低温冷害评估分析的主要依据。

古书琴等^[17]采用卫星遥感的热红外信息监测辽宁的低温冷害的分布和低温的强度、路径,初步的应用取得了较好的结果。盛绍学等^[18]则认为,低温冷害由强冷空气活动所致,一般持续时间较短,危害难以防范和补救,使用遥感监测尚存在较多困难。

2 冷害灾损评估

灾情评估涉及众多的影响因子^[19],这些因子包括区域环境背景因子(如地形、坡度、土地利用)、灾害的特征(如类型、极值、持续时间)和社会经济因子(如人口、农业、工业)等,其中种植面积分布、极值、历时与范围,以及预报与防御措施等,应作为估算灾害损失的重要因子。

此外,灾情评估时,其评估对象的空间单元(即格网)必须足够小,小到使一个格网内参数值的任意变化对整个评估区域的灾情响应不能产生有意义的影响,而所建立的承灾体承灾能力分析模型所起的作用主要是模拟要素在栅格内及栅格间的行为,进而利用灾情等级评价模型评估每个栅格的灾情等级^[20]。

对水稻低温冷害损失的评估包括水稻低温冷害指标模型的建立和水稻产量损失与温度变化间关系模型的建立两个方面。并且通过对低温冷害及其所造成的灾情分析,得出受灾面积、强度与灾情实时评估,最终提交出评估报告及专题图表。

董永祥等^[21]通过对宁夏气候的详尽分析,得出了宁夏水稻低温冷害的各种指标(表略)。古书琴等^[17]还综合分析了农作物低温冷害的气象指标,认为与低温冷害关系密切的气象要素包括积温、月平均气温及距平、小于某一气温的日数以及最低气温等,并得出结论: $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 、 $\leq 17^{\circ}\text{C}$ 、 $\leq 18^{\circ}\text{C}$ 的日数(7~8月)分别出现7d以上、19d以上、20d以上的年份为低温冷害年。

赵士鹏^[20]在山洪灾情评估方法研究中提出了承灾体承灾能力分析模型以及灾情等

级评价模型。鲁安新等^[22]利用GIS的综合分析、动态预测等功能,通过对大量实时遥感资料和非遥感资料的综合分析,为灾害应用模型(如灾害判别模型、灾情发展预测模型和灾害损失评估模型)提供参数,从而利用模型运行结果对灾害进行监测、判别、预测和评估。杨星卫等^[23]将遥感手段与动力估产模型相结合,即通过NOAA卫星获得有效绿度模式;通过绿度-叶面积关系式,估算水稻群体叶面积指数;依据水稻生物量分配规律及环境条件对其影响,估算水稻各器官的干重,取得了较好的模拟效果。但同时指出,应注意(1)在作物布局复杂的地区要先进行混合像元分解,(2)模式订正时要选择影响水稻后期产量形成的主要气象限制因子。

在进行灾害监测与评估中,还应注意以下两个方面的问题。

一是卫星遥感数据的大气校正。这也一直是遥感定量化研究的主要课题之一。由于许多参数不容易得到,用大气辐射传输方程进行大气校正难以实现。池宏康等^[24]提出了校正大气影响的裸沙土壤线方法,陆家驹等^[9]采取David建议的GTA方法进行大气订正。许多人^[8,14,15]在反演中采取的各种订正与修正,也部分地消除了大气的影

二是遥感与GIS及其他相关地面信息、模型的结合应用。GIS是综合处理和分析空间数据的技术,它的发展为科研和管理决策人员提供了有关区域综合、方案优选和战略决策等方面可靠的地理和空间信息。GIS与气象数据的小网格推算技术^[25]有很强的互补性,在技术上也有类似性,且都以一定的空间分辨率划分研究区域以减少数据量和简化计算。GIS有很强的数据处理功能及图形显示功能,以及带有时间维的四维GIS,有助于了解有关气象数据在空间和时间上的变化情况,从而加深认识^[26]。地图学、遥感、GIS是三门独立的科学技术,但它们又存在着紧密的联系,从学科发展和应用实践,都使人们愈来愈认识到三者必须相互融合,三者融合集成,可以形成强有力的高性能高效率的运行系统^[27]。武晓波等^[28]在应用遥感、GIS技术对黄淮海平原春小麦的旱情进行监测中综合

使用了NOAA/AVHRR数据、地面气象资料和地图。陈怀亮等^[29]利用GIS系统管理的地理信息资料来支持遥感解译,提高了遥感解译精度。盛绍学等^[5]认为将遥感和GIS技术和常规的危害监测评估方法相结合,对重大农业气象灾害进行监测和评估是一种非常行之有效的方法。黄笠等^[30]则认为开展多种信息源的互补应用包括高分辨率遥感信息和GIS的引入等是至关重要的。

3 结束语

综上所述,许多学者在卫星遥感资料监测与评估自然灾害方面进行了大量的研究,也取得了十分显著的效果。但在提高灾害监测精度,使试验研究成果投入业务化运行等方面仍有大量的工作要做。为了更好地应用遥感技术开展灾害监测与灾损评估工作,笔者认为今后应加强以下几方面的研究与开发工作。

(1)加强分布式、网络化的数据库系统的研究,建立较完备的数据库系统,以利于对大量的时空信息进行有效地组织管理和应用。

(2)在各种灾害的动态数值模拟基础上,建立起将遥感信息与受灾区的历史信息及灾害现状融为一体多层次化组合模型以及具有明确的物理学意义的遥感监测模型。

(3)由于下垫面温度受太阳辐射、大气圈、生物圈、水圈、岩石圈的共同影响,结果是其上层温度规律性相对较强,中层次之,下层较差,而地面温度的变异率较大,更易受局地地形、植被、土壤类型、水分的影响。因此,在地表温度反演中,更应注意根据各地的具体情况各种有效地订正与修正。

(4)努力建立集数据库、模型库、GIS、GPS、RS与专家系统于一体的集成化灾害监测与评估信息系统。大量的研究表明,多源信息、多种方法的综合应用,遥感与GIS及其他相关地面信息、模型的结合应用,多种结果的综合集成对提高监测与评估精度及业务化运行具有十分重要的作用。

(5)G.A舒尔兹^[31]经分析得出,多光谱信息比分辨率更重要,多光谱信息所作的分类结果更值得信赖。鉴于气象卫星的多光谱、高时效、低成本特点,加之混合像元分解

技术与方法的发展以及气象卫星空间分辨率的进一步提高,应利用新的遥感源,充分发挥其高的光谱分辨率和高时效性来尝试新的低温冷害遥感监测研究。

参考文献

- 1 杨桂清, 龘口郁夫. 用卫星遥感资料推算宁夏各地下垫面温度. 宁夏气象, 1991, (1).
- 2 杨桂清, 龘口郁夫. 用卫星红外资料推算宁夏各地温度. 宁夏气象, 1991, (2).
- 3 张晓煜等. 利用 AVHRR 资料反演宁夏温度. 新疆气象, 1998, 21(5).
- 4 陆家驹等. 应用遥感技术连续监测地表土壤含水量. 水科学进展, 1997, 8(3).
- 5 徐希儒等. 遥感陆面温度. 北京大学学报(自然科学版), 1998, 34(2)(3).
- 6 杨文. 光谱比辐射率对卫星遥感地表温度影响的研究. 高原气象, 1997, 16(1).
- 7 徐希儒等. 热红外多角度遥感和混合像元组分温度的反演. 北京大学学报(自然科学版), 2000, 36(4).
- 8 徐希儒等. 基于多角度热红外遥感的混合像元组分温度演化反演方法. 中国科学(D辑), 2001, 31(1): 81~88.
- 9 江野等. 气象卫星资料用于土壤水分监测试验. 中国气象局, 1994.
- 10 陈怀亮等. 单时相极轨气象卫星资料遥感监测干旱研究. 河南气象, 2000, (3).
- 11 吴健平, 杨星卫. 用 NOAA/AVHRR 数据估算上海地区水稻种植面积, 应用气象学报, 1996, 7(2): 190~193.
- 12 周红妹. 地理信息系统在 NOAA 卫星遥感动态监测中的应用. 应用气象学报, 1999, 10(3): 354~360.
- 13 张晓煜等. 银川地区水稻分布遥感制图方法研究. 宁夏农林科技.
- 14 文军, 王介民. 一种由卫星遥感资料获得的修正的土壤调整植被指数. 气候与环境研究, 1997, 2(3): 302~

- 309.
- 15 周红妹等. 气象卫星小范围区域遥感图像配准方法的探讨. 遥感技术与应用, 1994, 9(1): 52~55.
- 16 王连喜等. 利用卫星遥感资料对宁夏水稻低温冷害的初步分析. 宁夏气象, 1996, (4).
- 17 古书琴等. 辽宁地区作物低温冷害的遥感监测和气象预报. 沈阳农业大学学报, 1998, 29(1): 16~20.
- 18 盛绍学等. 基于 GIS 的安徽省重大农业气象灾害测评系统. 南京气象学院学报, 1998, 21(4): 703~708.
- 19 陈丙威等. 基于 GIS 的流域洪涝数字模拟和灾情损失评估的研究. 环境遥感, 1996, 11(4): 309~314.
- 20 赵士鹏. 基于 GIS 的山洪灾情评估方法研究. 地理学报, 1996, 51(5): 471~479.
- 21 董永祥等著. 宁夏气候与农业. 银川: 宁夏人民出版社, 1986.
- 22 鲁安新等. 遥感和 GIS 在牧区雪灾研究中的应用. 中国减灾, 1996, 6(2): 44~46.
- 23 杨星卫等. 水稻遥感动力估产模拟初探. 环境遥感, 1994, 9(4): 280~286.
- 24 池宏康等. 遥感数据的裸沙土壤线校正方法. 地理学报, 1999, 54(5): 454~461.
- 25 刘静等. 宁夏扬黄新灌区热量资源的网格点推算. 干旱地区农业研究, 2001, 19(3): 64~71.
- 26 何延波, 杨琨. 遥感和地理信息系统在水文模型中的应用. 地质地球化学, 1999, 27(2): 99~103.
- 27 柯长青. 基于地图与遥感信息的大纵湖近期水域变化研究. 海洋湖沼通报, 2001, 2: 16~22.
- 28 武晓波等. 在 GIS 支持下用 NOAA/AVHRR 数据进行旱情监测. 遥感学报, 1998, 2(4): 280~284.
- 29 陈怀亮等. 河南省干旱遥感监测信息系统. 气象, 1999, 25(6): 50~53.
- 30 黄笠等. 我国气象卫星非气象领域遥感应用的发展与展望. 中国航天, 1997, (7): 14~17.
- 31 [德]G. A 舒尔兹. 地理信息系统和遥感在水文上的应用. 国外科技, 1994: 58~60.

Progress on Monitor of Rice Low Temperature Disaster with Remote Sensing

Wang Lianxi¹ Qin Qiming² Zhang Xiaoyu¹

(1. Ningxia Laboratory for Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Yinchuan 750002;
2. College of Earth and Special Science, Peking University, Beijing 100091)

Abstract

Based on the status in quo of monitoring and evaluation of low temperature disaster on rice using remote sensing in internal and external, feasibility and both advantage and disadvantage of monitoring and evaluation methods of low temperature damage on rice using remote sensing are analyzed, and its difficulty and correlative fields which should develop in the future are put forward.

Key Words: low temperature damage remote sensing disaster loss evaluation