



遥感技术在中国柑橘产业的应用进展

谢国雪,杨绍镔,黄启厅,覃泽林,曾志康,苏秋群,马灿达

(广西农业科学院 农业科技信息研究所,广西 南宁 530007)

摘要:遥感技术具有数据丰富、涵盖面积广、重访周期短、数据成本低等优势,是实现种植信息精准监测的重要手段,近年来我国学者将遥感技术与柑橘产业深度融合,开展多方面、多层次研究与应用,取得了初步成效。为了解遥感技术在柑橘产业的应用进展,本文从种植面积监测、灾害监测、产量评估3个方面进行了阐述,在此基础上,根据柑橘产业特点及遥感技术的特性,分析了遥感技术在柑橘产业应用面临的挑战及发展趋势。

关键词:遥感;柑橘产业;应用进展;发展趋势

柑橘是重要的农产品,在国际贸易上占据重要地位,仅次于小麦和玉米,已有150多个国家种植,据调查自2007年我国成为柑橘生产第一大国,近年来柑橘种植面积持续增长,产量与产值稳步上升,使其成为我国重要的经济作物,也成为农民脱贫致富的特色作物^[1-2]。随着柑橘种植面积的不增长,柑橘产业发展面临着巨大的挑战,盲目种植、价格下跌、黄龙病蔓延、冷冻灾害等因素威胁柑橘产业的稳定。如何高效、准确、科学监测柑橘种植面积、防控灾害、评估产量成为了政府及企业亟待解决的热点问题。针对这些情况,我国学者开展利用遥感技术监测柑橘产业研究,虽然取得成果少于水稻、小麦、大豆等作物,但现有成果对于遥感技术在柑橘产业的应用具有重要意义。

为了掌握遥感技术在柑橘产业的应用进展,本文从种植面积监测、灾害监测和产量评估3个方面进行综述,结合遥感技术具有快速、覆盖面积广、数据成本低等优势^[3],分析其在柑橘产业应用面临的挑战及发展趋势,同时提出应对挑战的建议,促进遥感技术与柑橘产业深度融合,提高柑橘产业的竞争力。

1 遥感技术在柑橘产业的应用

1.1 柑橘种植信息监测

遥感技术能够通过非接触方式获取地面信

息,利用分类算法对遥感影像进行解译判别地物信息,进而开展种植面积变化监测。通常作物识别分为面向像元与面向对象两种分类方法,面向像元分类方法容易产生椒盐现象,但能够通过少量的样本实现快速分类,主要应用于低分辨率影像;面向对象分类方法通过分割算法形成对象,再利用分类算法基于光谱、纹理、形状等特征识别作物信息,分类精度高且有效避免了椒盐现象,该方法有效弥补了面向像元分类方法的不足,但两种方法均是目前识别柑橘作物信息的主要方法。如胡佩敏等^[4]综合利用环境卫星、Terra卫星数据,协同归一化植被指数阈值方法和监督分类方法反演2010年宜都市柑橘空间分布,结果表明10个柑橘调查区与实地调查结果相符;王帅^[5]基于高分一号影像利用面向对象分类方法提取了赣州市寻乌县柑橘类果林种植面积,总体Kappa系数为0.86;李恒凯等^[6]以EO-1Hyperion高光谱影像为基底,基于混合像元分解方法识别江西省会昌县柑橘信息,分类准确率达到90%以上。除卫星遥感技术外,近地遥感技术也将是未来发展的重要趋势,2012年3月16日,“重庆市柑桔遥感与信息技术创新服务国际合作基地建设”项目正式启动,实现了近地遥感技术精准监控柑橘示范园,同时采用无人机航空施药技术开展作业,有效地提高了效率和节约成本。

种植面积提取是面积变化监测的基础,利用单期或多期影像均可进行,但种植面积变化监测需要不同时期影像数据为基底,通过持续性监测不同年份影像上柑橘的种植面积,并通过空间分析实现变化监测。准确了解柑橘的变化空间分布对于调整产业结构和价格具有重要作用,依据变

收稿日期:2018-08-21

基金项目:广西创新驱动发展专项资金资助项目(桂科AA18118046);广西农业科学院科技发展基金资助项目(桂农科2018ZX04)。

第一作者简介:谢国雪(1989-),女,硕士,研究实习员。从事农业遥感技术应用研究。E-mail:xgxgnky@foxmail.com。

通讯作者:覃泽林(1968-),男,硕士,研究员,从事产业经济与信息研究。E-mail:alinqin@gxaas.net。

化情况科学规划产业发展方向,正确引导果农种植柑橘,避免盲目过度种植引起价格暴跌而造成经济损失。遥感技术能够获取多时期影像,是快速及精准监测农作物种植变化监测的有利手段,已在水稻、小麦、油菜花等产业得到较好的应用,但目前在柑橘产业上的应用甚少,通过查询文献发现陈优良等^[7]采用三期 Landsat 影像,利用 RS 与 GIS 技术监测 2010-2016 年柑橘园种植面积变化,结果表明 2009-2013 年果园面积增长了 10.85 km², 2013-2016 年果园面积减少了 30.49 km²,监测变化数据与统计年鉴数据大致吻合,通过多元回归分析可知黄龙病是影响柑橘面积减少的主要因素,同时年平均气温变化与面积及产量的变化具有正相关性。

遥感技术在我国柑橘种植信息监测方面的应用已取得初步成效,以中低分辨率影像监测为主,缺乏地块尺度精准监测研究,但从现有研究表明遥感技术在柑橘种植信息监测方面具有自身优势。尤其是随着柑橘种植面积的不断增长,黄龙病的频繁爆发,冷冻灾害的突袭,快速、准确监测柑橘种植信息极为重要,遥感技术具有高效、精准、低成本等特点,在柑橘产业上的应用具有巨大潜力和推广价值。

1.2 柑橘受灾监测

柑橘灾害通常包括霜冻、洪涝、疮痂病、黄龙病、溃疡病、炭疽病等,其中黄龙病是目前最具危害的灾害之一,国际上尚无治疗黄龙病的药物,主要依靠技术人员感官判断和实验室检验^[8]。通常柑橘受灾后叶片的叶绿素发生改变,叶绿素的变化影响影像的波谱特征,研究受灾柑橘和健康柑橘叶片波谱特征差异规律,是实现遥感技术监测柑橘受灾信息的有效方法。高光谱成像技术能够精准获取被测样本连续的光谱信息,该技术具有快速、简便、无损等优势,对于检测农作物病虫害十分有效^[9]。我国学者利用高光谱技术对柑橘黄龙病、冻害、黑斑病等开展了研究。梅慧兰等^[10]获取研究区健康、感染黄龙病(轻、中、重 3 种受灾程度)、缺锌共 5 类叶片的高光谱数据,利用 ENVI 软件平台计算光谱反射率均值,分别运用一阶微分、移动窗口拟和多项式和最小二乘判别分析 3 种方法诊断黄龙病病情,研究结果表明前两者检测质量更优,精度为 96.4%,预测均方根误差为 0.134。刘燕德等^[11]基于高光谱成像技术分别

应用最小二乘支持向量机和偏最小二乘判别分析方法,开展柑橘黄龙病无损检测研究,结果发现后者的检测准确度更高。邓小玲、李修华等^[12-13]研究结果也证明了高光谱技术可实现柑橘黄龙病的无损检测,同时发现感染黄龙病叶片的特征规律,即叶片呈现不同程度黄化,叶绿素降低导致可见光反射率较高,同时病菌影响水分的吸收,致使近红外波谱的反射率较低。赵川源^[14]基于图像和光谱技术识别感染黑斑病类型,分别利用可见光/近红外光谱技术和基于高光谱图像检测方法识别柑橘黑斑病的硬斑、破裂和黑斑 3 种类型,发现可见光/近红外光谱技术判别柑橘感染黑斑病的准确率高达 99.37%,但识别感染黑斑病具体类型准确率低于基于高光谱图像检测方法。张冬强等^[15]分别利用逐步回归法、红边参数法和光谱指数法分析叶绿素含量与叶片光谱反射率的关系,研究发现两者具有显著的相关性,同时指出光谱指数法分析更适用于远距离遥感监测果园营养和冻害情况。

总体而言,利用遥感技术监测柑橘受灾研究较少,以高光谱技术监测小范围为主,大范围受灾研究尚未发现,其中,病虫害方面研究比自然灾害监测成果多,黄龙病灾害监测成为了研究焦点。现有的研究结果为遥感技术开展大区域研究奠定良好的基础,但仍需加大研究与应用力度。

1.3 柑橘产量评估

传统的柑橘产量评估通过抽样实地测量具有代表性样点的产量,进而利用样点数据推算得到面域的产量,具有耗时长、耗资大、精度低等弊端。遥感技术能够在不接触柑橘作物的情况下,通过传感器记录柑橘生长过程的光谱数据,利用专业模型分析光谱特征与长势、柑橘品种、地面测产等关系,在此基础上预估柑橘产量,具有范围广、客观、定量、准确、快速等优势,是柑橘产量评估的主要方法之一。利用遥感技术评估产量研究在小麦、水稻、棉花等方面已得到广泛应用,但在柑橘产业的研究甚少,其中利用高光谱技术评估果园产量居多。祝高明^[16]通过实地测量柑橘产量,与实测光谱信息、植被指数、叶绿素含量、叶片含水量构建柑橘产量评估模型,评估误差低于 20%,发现 5 月柑橘的植被指数为产量评估最佳数据,叶绿素和氮元素是农学参数中评估柑橘产量最敏感的指标。郑雅之^[17]分别建立单时光谱估产

模型、多时相光谱估产模型和复合光谱估产模型监测重庆市北碚区的某柑橘园产量,3种方法的评估精度均高于80%,研究表明开花阶段植被绿光差值光谱指数、开花时期磷含量、成熟时期氮含量等参数是评估产量的关键指标。赵川源^[14]利用基于颜色特征和基于绝对值求和函数算法构建绿色柑橘果实识别方法,识别了绿色柑橘分布位置并统计柑橘数量,果实识别准确率为83.44%,为产量评估提供有效方法。

综上所述,基于图像的柑橘果实识别评估产量方法准确度较高,对于核心示范区及重点栽培区具有较好的应用价值,但获取果园图像需要消耗较长的时间,投资成本高,不适用于大范围柑橘产量评估。同时,前人研究成果证实了利用遥感技术评估柑橘产量确实可行,通过高光谱技术研究柑橘产量评估的相关性指标,可为利用生长关键时期的光学影像进行大区域柑橘评估产量提供重要指标。

2 挑战与发展

遥感技术凭借周期短、客观、低成本等优势,在作物种植面积提取、苗情长势监测、产量评估、自然灾害及病虫害防控测报等方面得到广泛应用,尤其在水稻、小麦、甜菜、玉米、棉花等作物的应用成效显著,为遥感技术在柑橘产业研究奠定了基础。遥感技术在柑橘产业的应用具有广阔的前景,但推广与应用仍存在不少问题。

2.1 多源时间序列遥感影像协同应用的力度有待提高

遥感技术在柑橘产业的应用主要面临的问题:一是柑橘属于热带、亚热带常绿果树,与其它全年保持叶片的植物特征较相似,异物同谱现象明显,加大了柑橘种植信息监测的难度;二是受到南方云雨天气影响,遥感数据云影覆盖量较大,高质量影像资源的不足严重阻碍了遥感技术在柑橘产业的应用;三是通过高光谱设备获取点数据(或面数据)开展柑橘信息监测成本较高,难以实现大区域信息监测;同时,当前性价比较高的高光谱影像尺度过大,无法满足精准监测需求。

攻克这些问题多源时间序列影像的协同应用成为关键。时间序列影像能够反映柑橘生长关键时期物候特征,该特征是遥感监测柑橘信息的重要指标,为此,利用海量遥感数据生成时间序列影

像是当前亟待解决的重要问题。研发基于影像碎片化处理技术生产时间序列影像,基于多时序影像研究物候特征插补计算方法,可为信息监测提供全覆盖准确的物候特征,综合利用物候特征开展信息监测有利于提高精度。

从当今局势分析,“天-空-地”一体化技术是实现柑橘产业种植全程信息监测的必然趋势,即通过地面定点设备测量关键指标,结合光学影像、雷达数据、高光谱影像、航拍图像等多源数据,开展大区域柑橘种植面积、苗情长势、产量状况、灾害情况等监测,为政府、企业及农户提供专业、及时、全面的服务。但要实现这样的综合服务,首要的是加强对多源遥感数据协同处理及应用的力度。

2.2 遥感技术在柑橘产业应用中面临新的挑战

随着遥感技术的不断发展,遥感技术服务产品种类越来越多,但成果却无法满足不同政府、企业及农户的需求,主要原因在于:一是当前遥感技术监测柑橘产业成果以种植面积监测居多,且监测成果尺度过大;二是灾害及产量监测以小区域为主,部分技术处于研究阶段,监测精度有待提高,难以实现大区域快速准确监测;三是技术研究零散,未能形成系统性研究,成果缺乏时效性、完整性、专业性和精准性。遥感技术在柑橘产业的应用处于研究初期,用户准确、精细、及时的高标准需求对遥感技术的发展提出了新的挑战。虽然遥感技术面临巨大挑战,但更说明了其具有市场需求,现在亟需解决的重要问题是如何利用遥感技术满足用户需求。

我国高分系列卫星不断发展及商用卫星的增多,丰富了遥感影像数据的类型,同时也提高了空间分辨率,为柑橘信息精准监测提供高清的数据基础。在大数据背景下,需要重点研发卫星数据、气象、土壤、历史资料等多模态数据的同化处理机制,将大数据与柑橘产业规划模型、种植识别模型、长势监测模型、产量预估模型、灾害监测模型等有机融合,构建柑橘生长全程精准监测决策模型,进一步综合利用物联网、云计算、人工智能等信息技术^[18],开发柑橘种植管理系统,为柑橘产业提供智能化、多元化的服务,回答柑橘产业在何时、何地发生了某种变化,同时能够在指定时间及地点准确处理并推送给需求人员^[19]。

3 结语

文章从种植信息监测、灾害监测和产量评估 3 个方面阐述遥感技术在柑橘产业的应用现状,其中,种植信息监测取得成效较好,监测成果尺度较大,未能实现地块尺度的精细提取;灾害监测及产量评估技术目前处于初级阶段,基于高光谱数据开展小区域监测研究居多,尚未开展大区域监测。虽然遥感技术在柑橘产业的应用与其它产业存在较大差距,但具有广阔的前景,在面临用户高标准需求的挑战下,同时迎来了发展机遇,随着信息化手段的发展,综合利用大数据、3S 技术、云计算、物联网等现代信息技术与柑橘产业深度融合,将是推动柑橘产业转型升级的有效手段。

参考文献:

- [1] 杨智文,“十三五”广西柑橘产业发展对策研究[D]. 南宁: 广西大学,2015.
- [2] 乔宪生. 世界水果生产的现状、特点和趋势[J]. 世界农业, 2010(5):37-41.
- [3] 赵春江. 农业遥感研究与应用进展[J]. 农业机械学报, 2014,45(12):277-293.
- [4] 胡佩敏,李正跃,李传仁,等. 宜都市柑橘空间分布的遥感反演[J]. 湖北农业科学,2014,53(4):795-798.
- [5] 王帅. 基于面向对象的柑橘类果林信息提取方法研究[D]. 赣州:江西理工大学,2017.
- [6] 李恒凯,欧彬,刘雨婷,等. 基于混合像元分解的高光谱影像柑橘识别方法[J]. 遥感技术与应用,2017,32(4):743-750.
- [7] 陈优良,胡锦景,王兆茹,等. 赣南柑橘果园面积动态变化分析——以信丰县为例[J]. 江西农业大学学报,2017,39(5): 884-894.
- [8] 邹敏,周常勇. 柑桔黄龙病病原和检测方法研究进展[J]. 植物保护,2005(3):10-14.
- [9] 谢传奇,王佳悦,冯雷,等. 应用高光谱图像光谱和纹理特征的番脑早疫病早期检测研究[J]. 光谱学与光谱分析,2013, 33(6):1603-1607.
- [10] 梅慧兰,邓小玲,洪添胜,等. 柑橘黄龙病高光谱早期鉴别及病情分级[J]. 农业工程学报,2014,30(9):140-147.
- [11] 刘燕德,肖怀春,孙旭东,等. 基于高光谱成像的柑橘黄龙病无损检测[J]. 农业机械学报,2016,47(11):231-238,277.
- [12] 邓小玲,郑建宝,梅慧兰,等. 基于高光谱成像技术的柑橘黄龙病病情诊断及分类[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(7):99-105.
- [13] 李修华,李民赞, Lee W S,等. 柑桔黄龙病的可见-近红外光谱特征[J]. 光谱学与光谱分析,2014,34(6): 1553-1559.
- [14] 赵川源. 基于图像和光谱技术的果实识别与病害检测方法研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [15] 张冬强,唐子立,杨勇,等. 用于监测柑橘叶片冻害的叶绿素含量光谱反射模型研究[J]. 农业环境科学学报,2012, 31(10):1891-1896.
- [16] 祝高明. 基于光谱数据和农学参数的柑橘估产研究[D]. 重庆:西南大学,2012.
- [17] 郑雅之. 基于地面高光谱的柑橘产量估算模型的研究[D]. 重庆:西南大学,2013.
- [18] 赵春江,杨信廷,李斌,等. 中国农业信息技术发展回顾及展望[J]. 农学报,2018,8(1):172-178.
- [19] 李德仁. 从测绘学到地球空间信息智能服务科学[J]. 测绘学报,2017,46(10):1207-1212.

Application Progress of Remote Sensing Technology in Citrus Industry of China

XIE Guo-xue, YANG Shao-e, HUANG Qi-ting, QIN Ze-lin, ZENG Zhi-kang, SU Qiu-qun, MA Can-da

(Agricultural Science and Technology Information Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China)

Abstract: Remote sensing technology has many advantages, such as abundant data, wide coverage area, short revisit period and low data cost. It is an important means to achieve accurate monitoring of planting information. In recent years, Chinese scholars have deeply integrated remote sensing technology with citrus industry, carried out multi-level research and application, and achieved preliminary results. In order to understand the application progress of remote sensing technology in citrus industry, this paper elaborated from three aspects: planting area monitoring, disaster monitoring and yield evaluation. On this basis, according to the characteristics of citrus industry and remote sensing technology, the challenges and development trends of remote sensing technology in citrus industry application were analyzed.

Keywords: remote sensing; citrus industry; application progress; development trend