

doi: 10.6046/gtzyyg.2014.04.01

引用格式: 胡莹瑾,崔海明. 基于 RS 和 GIS 的农作物估产方法研究进展[J]. 国土资源遥感,2014,26(4):1-7. (Hu Y J, Cui H M. Progress in the study of crop yield estimation methods based on remote sensing and geographic information system[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2014, 26(4): 1-7.)

# 基于 RS 和 GIS 的农作物估产方法研究进展

胡莹瑾, 崔海明

(河北旅游职业学院, 承德 067000)

**摘要:** 实时获取农作物长势及产量等信息对于现代农业的发展具有重要意义。近年来,随着遥感技术(remote sensing, RS)和地理信息系统(geographic information system, GIS)广泛应用于农作物估产领域,相继出现了一些较为实用的估产方法,主要有结合辅助数据的估产方法、基于植被指数的估产方法、基于特定模型的估产方法和基于农作物估产平台(软件)的开发等。其中,基于植被指数的估产方法又分为单一和多植被指数估产 2 类方法。在对近年来该领域大量文献深入研究的基础上,着重就几类热点方法展开论述,并对每类方法的优势和缺陷进行了评述,最后对该领域需要进一步研究的方向进行了探讨和展望,以为后续研究提供参考。

**关键词:** 遥感(RS); 地理信息系统(GIS); 空间数据仓库; 植被指数; 特定模型估产法; 估产软件(平台)开发  
**中图分类号:** TP 391; TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2014)04-0001-07

## 0 引言

现阶段,对农作物产量的估算方法大体上有农业气象预报方法、基于农学理论的预报方法、统计方法以及基于遥感(remote sensing, RS)和地理信息系统(geographic information system, GIS)的估产方法等 4 类<sup>[1-3]</sup>。其中,基于 RS 和 GIS 的估产方法能够实现农作物大面积实时化高精度估算,相对于传统估产方法具有实时、准确的优势,近年来得到了大量的研究应用。国际上在该领域的代表性研究有 20 世纪 70 年代美国开展的“大面积农作物估产实验”(large area crop inventory experiment, LACIE)计划<sup>[4]</sup>和 20 世纪 90 年代欧盟开展的遥感数据应用于农业统计的十年研究项目(monitoring agriculture with remote sensing, MARS)计划<sup>[5]</sup>。本文在对近年来该领域大量文献深入研究的基础上,对结合辅助数据的估产方法、基于植被指数的估产方法、基于特定模型的估产方法以及基于估产软件(平台)的研发等几类主要的估产方法的优势和缺点进行论述,并对该领域的研究方向进行了展望,以为后续研究提供参考。

## 1 结合辅助数据的估产方法

### 1.1 空间数据仓库估产方法

空间数据仓库(spatial data warehouse, SDW)<sup>[6]</sup>

是 GIS 与数据仓库技术有机结合的产物,通过对海量数据进行统一的格式转换、存储和集成操作,为特定主体的应用提供数据支持、决策和分析。SDW 主要特征有:

1) 数据量大。该类数据来源,一是基于“3S (GPS, RS, GIS)”所获取的实时化海量数据,二是统计调查数据、时间序列和空间序列数据。

2) 数据具增值功能。对于不同格式的数据能进行统一变换,并且对于大量冗余信息能进行相应的去除,从而保持数据的现实性和实用性,为空间信息应用提供高质量的数据。

3) 高度集成化。SDW 采用统一的命名规则和编码结构,能对 GIS 的各项功能进行高度的集成化处理,消除各类原始数据间所存在的矛盾。

4) 应用领域广。从本质上说,SDW 是一个分析决策平台,数据的来源及其类型决定了平台的应用对象,因此随着数据量的日益丰富,该平台的应用领域正在不断拓宽。

李宏丽等<sup>[7]</sup>将空间数据仓库技术应用到农作物估产领域,取得的研究成果具有以下特点:①海量数据集成,将基础地理数据、作物种植数据、地面观测数据以及经济部门的各类统计数据和媒体数据进行有效集成;②建立多维化数据模型,该模型包括气象信息、地面信息、时间信息、作物类型、区域信息、土地类型、空间度量、遥感信息、单位产量、总产

量等 10 个数据指标;③预测的针对性和灵活性强,在实际应用中模型可根据具体需要,在上述 10 个指标中针对性地选择若干个指标,即可获得所需的预测结果,十分方便灵活。

## 1.2 动态窗口数据估产方法

该类方法的基本思路是,通过对待估产地域农作物种植区域的有效分类,以估计不同作物的种植面积,实现对作物产量的精确估计。通过选取具有一定代表性的样方,对样方中的作物类型、种植面积比例等数据进行统计,再将统计结果视作待估产区域的统计值,因此要求样方的选取必须具有很强的代表性。样方的尺寸、形状以及数量等因素制约着作物估产的最终精度。针对样方的选取问题,马丽等<sup>[8]</sup>采用 SPOT5 遥感影像数据,选取大小为 500 m × 500 m 的样方作为研究对象,通过实地调查获得样方中花生、玉米、水稻等作物的种植面积等信息,再用决策树分类法实现对全区域玉米种植区信息的提取,最终实现对玉米产量的精确估计。该方法优势在于:①通过野外调查获取第一手数据,将其视作统计数据 and 估产的辅助数据,比较真实可靠;②借助遥感分类方法,实现对待估作物种植区域的精确提取,排除了其他作物的干扰,针对性强。但该方法所获取的辅助数据毕竟来源于所选样方,由于样方区域数量有限性,仅能大体上代表整个研究区域的作物特征信息,这在一定程度上限制了该方法的应用。受上述方法启发,韩松等<sup>[9]</sup>提出了一种基于地块窗口数据的遥感估产方法。该方法以行政村作为地块窗口范围,通过实地调查的方法获取该区域中作物类型及种植面积比例,同时利用 TM 遥感影像进行非监督分类,获取区域内土地利用类型和各类作物种植面积信息。在此基础上借助研究区域统计年鉴数据建立估产模型,实现了对该区域中玉米和花生产量的估算。该方法中农作物总体种植面积是通过 TM 影像分类获得的,由于分类过程中对于各类土地类型进行过合并取舍处理,所获取的作物种植面积与真实情形存在一定的差异,成了制约该方法估产精度的一个重要因素。

## 2 基于植被指数的估产方法

### 2.1 基于单一植被指数估产方法

#### 2.1.1 归一化植被指数估产

植被指数反映了绿色植物的叶子、植被冠层在不同生长阶段的光谱特征,通过与作物产量建立回归估算模型,是目前农作物产量估算的主流研究方法。刘姣娣等<sup>[10]</sup>采用归一化植被指数(normalized

difference vegetation index, NDVI) 以及比值植被指数(ratio vegetation index, RVI) 对新疆棉花产量进行了预测。该研究的侧重点在于:①棉花最佳估产时期的确定,通过对棉花在各个时期内光谱反射率的定量比较,确定了棉花在生铃期为最佳估产时期;②植被指数的选择,通过与南疆、北疆棉花在 5 个时期内所获得的 RVI, NDVI 值与产量进行定量比较,采用相关性较高的 NDVI 值进行预测;③多类预测模型的建立,采用棉花 5 个生长时期的 NDVI 值与实际产量进行回归分析,建立了幂函数、二次多项式函数、指数以及对数函数等 4 类回归模型,从而得出了各品种棉花估产的不同估算期。此外,贺振<sup>[11]</sup>、解文欢<sup>[12]</sup>及白文龙<sup>[13]</sup>等也采用该方法分别对河南和黑龙江部分地区的农作物进行了估产研究。

#### 2.1.2 增强型植被指数估产

农作物在不同的生长阶段对应的植被指数呈现不同的特征。如水稻在生长过程中,特别是在抽穗期由于冠层被水稻几乎完全覆盖,NDVI 容易出现饱和现象;而增强型植被指数(enhanced vegetation index, EVI) 由于引入了蓝光波段,能有效克服上述饱和现象,降低大气以及气溶胶等因素的干扰,因而成为研究水稻估产的理想工具。相对于其他遥感数据而言,MODIS 数据具有获取成本低、实时性等特点,彭代亮等<sup>[14]</sup>提出了一种基于 MODIS 数据的 EVI 水稻产量估算方法。该方法主要步骤有:①采用 2005 年 1:10 000 比例尺土地利用现状图提取水稻种植区域,并将提取结果近似作为研究区域的水稻种植面积;②计算 2005—2007 年 3 a 内水稻 5 个生长期间内的 EVI 均值  $AEVI$  (average EVI);③将  $AEVI$  分别与水稻种植面积进行线性回归建立产量预测模型。该方法的缺陷在于仅仅采用了 3 a 的水稻种植面积数据,忽略了研究区域长时段内水稻种植面积的变化量,而且也未考虑气候、土壤等因素的影响,因此该预测模型要达到大面积推广应用的程度,还有很多工作要做。

#### 2.1.3 温度植被角度指数估产

目前遥感估产的主要方法是采用农作物近红外波段的波谱指数来建立估产模型。该类方法忽视了地标温度对于农作物产量的影响。若将该因素考虑到估产模型中,无疑会提高模型的准确性。发自这样的设想, Moran 等<sup>[15]</sup>将温度因素与光谱植被指数相结合,基于蒸散量进行了农作物估算研究,并建立二者的定量函数关系模型。Lambin 等<sup>[16]</sup>将温度因素与 NDVI 相结合,对非洲土地覆盖变化规律进行研究,取得了较好效果。但目前基于温度因素的估产方法研究还较少,为此,林文鹏等<sup>[17]</sup>在充分发挥

MODIS数据的时间分辨率优势的基础上,综合了传统植被指数与温度因素的关系,定义了温度植被角度指数(temperature vegetation angle index, TVAI)和增强型温度植被角度指数(enhanced TVAI, ETVAI) 2类新型植被指数,实现了对河北邢台地区冬小麦的产量估算。其结果表明,相对于NDVI和EVI,该方法的估算效果更优,提高了估产模型的精确性。

## 2.2 基于多植被指数估产方法

植物在可见光以及近红外波段谱反射特性都可以通过各类植被指数体现,但各类植被指数由于特点不同,所反映的植物的生产发育情形也有所侧重。若能综合几类植被指数的特点与产量建立回归模型,理论上能够提高产量预测的精度。基于这样的设想,郭熙等<sup>[18]</sup>提出了一种基于TM影像的多植被指数的水稻产量估算方法。该方法通过对研究区域抽取20个样点,获取各样点水稻产量实测数据,并进行GPS测量;然后通过软件计算出样点中5种植被指数,即比值植被指数(RVI)、差值植被指数(different vegetation index, DVI)、归一化植被指数(NDVI)、绿度植被指数(green vegetation index, GVI)和土壤调节植被指数(soil adjusted vegetation index, SAVI)的数值;最后对各植被指数值与产量建立一元二次方程和指数方程,通过相关性的比较分析,选用相关程度最好的基于NDVI的一元二次预测模型作为最终的水稻预测模型。研究结果表明,该模型获得了较高的预测精度。该方法最大特色在于引入了多类植被指数参与模型建立,但不足之处也是明显的:①该方法采用TM影像解译方法获得水稻种植面积值,没有有效地解决混合像元问题,因而所获得的种植面积误差较大;②尽管引入多类植被指数,但其在研究中的作用仅作为相关性的比较,并未有效显示出各植被指数的特点;③建立一元二次方程和指数方程模型时尽管依据相关性最大原则,选取基于NDVI的一元二次模型作为最终预测模型,但一般来说作物在不同的生产期中相关性是不断变化的,并且仅凭相关性这一指标就判断回归模型的优劣,难以令人信服。

对上述存在的问题,学者们也做了一些工作。程乙峰等<sup>[19]</sup>提出一种基于叶面积指数(leaf area index, LAI)以及NDVI的棉花估产方法。该方法的特点有:①将LAI和NDVI均作为自变量与棉花产量建立回归模型,可以充分利用二者的特点,使回归模型能最大限度地体现棉花生长特性;②给出了棉花在花蕾期、花铃期以及吐絮期的回归模型,研究表明在花铃期预测精度最高,其次是花蕾期和吐絮期。但该研究中回归模型较为单一,基于线性回归模型

的花铃期棉花预测精度最高,而这样的精度是否也适合非线性回归模型,仍需要进一步讨论。对此,张艳楠等<sup>[20]</sup>对多植被指数在草原生物量估算方面进行了研究,采用14类植被指数对草地生物量(鲜重、干重)建立了4类回归(线性、对数、幂、指数)模型。研究结果表明,当生物量最低时,采用一元线性回归模型效果较好;当生物量持续增大时,可结合一元线性模型与指数模型进行预测;当生物量较大时,可采用指数模型进行预测产量。

总体上说,现有的估测方法仅对一定区域内单一作物(如玉米、水稻)等进行产量估算,而事实上,研究区域内往往存在2类甚至更多类植物,如何对混播植物的产量以及总产量分别加以估算是该领域的一个难题。对此,王建光等<sup>[21]</sup>针对草地中苜蓿和无芒雀麦混播情况下估产方法进行了研究,设计出4类新型植被指数,并结合已有的9类植被指数,在高光谱遥感数据的支持下,分别建立了苜蓿产量估算模型、无芒雀麦产量估算模型以及总产量估算模型。该项研究对于混播农作物的产量估算,提供了一个新的研究方向。

## 3 基于特定模型的估产方法

### 3.1 过程模型估产方法

植被纯第一性生产力(net primary productivity, NPP)<sup>[22-23]</sup>指标反映的是农作物在成长过程中在一定时间、一定面积内的所有有机物含量的综合。作为农作物的产量则是NPP的一个部分,两者联系紧密,因此,通过采用特定模型来对NPP进行估算,为农作物产量估算提供了新的思路。现有的计算NPP模型算法主要有:统计模型法(statistical model method)、过程模型法(process based model method)以及参数模型法(parameter model method)<sup>[24]</sup>,其中,过程模型法由于充分考虑了农作物的生理特征等因素,计算得的NPP更符合实际情况,从而应用最为广泛。CASA(carnegie ames stanford approach)模型是过程模型的一类,该模型认为NPP计算结果依赖于农作物吸收的光合有效辐射量以及其光能转化率2个参数。宋富强等<sup>[25]</sup>对CASA模型稍加改进,在MODIS数据和大量气象、土地利用现状数据的支持下,实现了对河南省2010年冬小麦产量的准确估算,建立了NPP与小麦产量的转换模型。但该研究不足之处在于,采用的土地利用数据为2000年左右数据,由于在这10a之间,土地利用发生较大变化,采用较陈旧数据作为辅助数据估算,精度势必会受到影响。

### 3.2 WOFOST 模型估产法

遥感技术的深入发展为基于模型的农作物估产方法提供了大量实时、精确的数据,给该类方法的发展注入了活力。PyWOFOST 模型是通过将 WOFOST (world food study) 模型与 Python 编译器进行无缝集成而形成的作物估产模型,适合于概率集成建模以及各类复杂参数的优化等分析操作。遥感技术与该类估产模型的有机结合主要通过以下 2 种方法: ① 采用驱动结合法将大量遥感数据直接输入到估产模型中,通过相关计算获得估产结果; ② 采用同化结合法,根据具体情形有针对性地修改和调整模型中的相关参数,并选用与农作物产量密切相关的数据输入其模型中,从而完成产量的计算。显而易见,后一种方法更为理想,也是目前研究的主要方向。但该类估产模型也存在着不确定性,包括模型数据(遥感数据、气象数据及土壤数据等)的不确定性,以及在不同时期、不同地点各类数据对最终产量影响的不确定性等。基于此,陈思宁等<sup>[26]</sup>将卡尔曼滤波方法引入到 PyWOFOST 模型中,并结合 LAI、相关气象和遥感数据,在进行相关数据同化的基础上,研究了该类模型对于东北地区玉米估产的精确性。研究结果反映出该类模型的估产精度与实测值较为吻合。但采用该模型实现对大范围的农作物估产,大量基础数据的获取仍然是一个棘手问题。

遥感技术与 WOFOST 相结合,通过反演作物 LAI 值实现对作物产量的估测,但当遥感数据某些技术指标不够理想时,采用该方法估测出的产量与实测值间的误差势必会较大。为此,黄健熙等<sup>[27]</sup>通过研究,提出了一种基于低分辨率遥感数据与 WOFOST 模型相结合的小麦产量预测方法。该方法的主要步骤有: 首先,用实测的小麦 LAI 来修正基于 MODIS 遥感影像数据获得的 LAI; 然后,采用 WOFOST 模型模拟 LAI,并通过采用集合卡尔曼滤波算法(ensemble kalman filtering, EnKF)对修正后的 MODIS 的 LAI 进行同化; 最后,将同化后的 LAI 驱动 WOFOST 模型,实现对小麦产量的测算。该方法为低分辨率遥感数据应用于农作物产量的精确估算提供了一个较好思路。但该方法仅计算出了 LAI,仅凭 LAI 估算作物产量难免与现实存在一定的误差。如能够采用多源的遥感数据对作物的多个变量(LAI、土壤水分等)进行反演,必将有助于提高作物产量的遥感估测精度。

### 3.3 BEPS 模型估产法

北部生态系统生产力模拟模型(boreal ecosystem productivity simulator, BEPS)是由 Running 等<sup>[28]</sup>在 FOREST - BGC(forest biogeochemical cycles)模型

的基础上发展而来。该模型对于由能量传输、碳循环、水循环以及生理调节等 4 类子模型构成,首先被用于模拟加拿大北方生森林生态系统生产力,后来陆续应用于陆地生态系统生产力的模拟研究。基于 BEPS 模型的农作物估产需要解决 2 个关键问题: ① 如何改变传统 BEPS 模型中笼统地将森林冠层划分为受光和背光两类叶片; ② 如何将农作物的 NPP 值有效地转变成作物的产量。对此,王培娟等<sup>[29]</sup>进行了相关研究,通过将传统的 BEPS 模型中两片大叶模型改成多层—两片大叶模型; 采用收获指数(harvest index, HI)将作物 NPP 换算成作物产量,从而实现了华北冬小麦产量的精确估算。

### 3.4 支持向量机估产模型

支持向量机(support vector machine, SVM)方法作为一种新型统计机器学习方法近年来在农业病虫害监测、农产品识别以及农业估产方面日渐得到研究应用。SVM 主要分成支持向量机分类(support vector machine classification, SVC)和支持向量机回归(support vector machine regression, SVR)2 类。针对传统估产方法如人工神经网络实现农业估产受到各类因素制约,估产效果不理想的状态,黎锐等<sup>[30]</sup>将 SVR 方法引入到农业估产领域,通过 SVR 方法构建估产模型,采用 Landsat TM 影像生成 NDVI 对北京郊区冬小麦进行产量估算。研究结果表明,该方法估测结果优于多元回归法,精度较高。

## 4 基于农作物估产软件(平台)的研发

以上探讨的各类农作物估产方法,在相关研究中取得了较为理想的效果,但这些方法大多局限于学术层面的研究和小区域实验。要真正实现对农作物估产的产业化,推动我国农作物估产能力的整体提升,有必要基于相关平台开发估产软件,将现有的估产方法进行分类筛选,并有机集成到估产软件中去,其意义将十分重大。但由于系统开发难度较大,加之相关估产方法还未十分成熟,近期难以进行产业化推广,此项工作任重而道远。目前基于农作物估产软件开发的相关研究进展不是很显著,其中熊勤学等<sup>[31]</sup>的研究较有代表性,在交互式开发语言(interactive data language, IDL)支持下,运用 ION(IDL on internet)技术,开发了基于 Web 的农作物遥感估产软件。该系统主要具备数据分析和处理 2 大功能,虽然整体上仍不够完善,距离大规模普及应用还有相当一段距离,但该研究已提供了一个整体框架,在某种程度上起到了“开拓和示范”性的作用。

## 5 结论与讨论

综合以上分析,基于RS和GIS的农作物估产方法的研究尽管取得了较大进展,但存在的问题不容忽视。笔者认为,在今后的研究中可在以下方面多做工作:

1) 重视数据的来源和实时性问题。实现对农作物产量高精度估算要依赖于数据。相关的数据一方面来源于遥感数据,目前应用较多的有Landsat和MODIS等影像数据,由于各类遥感影像数据分辨率、成像周期等的差别,在实际应用中,要在考虑经济成本的同时选用技术指标合适的遥感数据;另一方面要依赖于已有的大量统计资料和丰富的实测数据(如土壤水分、作物种植面积等),这样估算结果才可能精确可靠。

2) 农作物估产模型有待于进一步细化。现有的各类估产模型大多侧重于一类或少数影响因素来进行作物产量估算。事实上,影响作物产量的因素繁多,如土壤、气候及温度等因素,尽管现有的某些估产模型可以获得较理想的精度,但如果能综合考虑多种影响因素进一步细化,无疑对提高农作物估产精度,是大有裨益的。

3) 估产方法的普适性需要进一步论证。本文所论述的各类估产方法,虽然对于一定区域的农作物的产量取得了较高精度的估算,但仍存在如下主要问题:①各类估产方法有区域性限制,在研究区以外地区某方法是否也具有同样的精度,需要进一步论证;②受作物种类的限制,多数估产方法仅对一类作物(如小麦、水稻等)适用。虽然不同作物种类的生长特点存在较大差异,但在上述估产方法基础上找到对于多类作物产量均有较好估算精度的、普适性强的方法,是完全有可能的,当然还需要进行深入的论证和研究。

4) 加速农作物估产软件系统的开发。农作物估产方法研究的终极目标在于产业化的推广应用,因此,该领域研究的落脚点应该是各类方法的筛选、集成、软件系统开发和应用推广上。为此,需要各相关部门的全力支持和广大科研人员的不懈努力。

### 参考文献(References):

[1] 李卫国,李正金,申双和. 小麦遥感估产研究现状及趋势分析[J]. 江苏农业科学,2009(2):6-7,27.  
Li W G, Li Z J, Shen S H. Analysis on the research present situation and trend of remote sensing in wheat yield estimation[J]. Jiangsu Agriculture Science, 2009(2):6-7,27.

[2] 王延颀,高庆芳. 稻田光谱与水稻长势及产量结构要素关系的

研究[J]. 国土资源遥感,1996,8(1):51-55.  
Wang Y Y, Gao Q F. The relationship between spectrum in paddy fields and rice growth and yield components[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 1996,8(1):51-55.

[3] 赵锐,汤君友,何隆华. 江苏省水稻长势遥感监测与估产[J]. 国土资源遥感,2002,14(3):9-11.  
Zhao R, Tang J Y, He L H. A discussion on growing state survey and yield estimation of paddy in Jiangsu Province by means of remote sensing[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2002, 14(3):9-11.

[4] 刘海启. 美国农业遥感技术应用状况概述[J]. 中国农业资源与区划,1999,20(2):56-60.  
Liu H Q. Applications of remote sensing in agriculture in the United States[J]. Journal of China Agriculture Resources and Regional Planning, 1999,20(2):56-60.

[5] 李佛琳,李本逊,曹卫星. 作物遥感估产的现状及展望[J]. 云南农业大学学报,2005,20(5):680-684.  
Li F L, Li B X, Cao W X. Status and prospect of crop-yield assess by remote sensing[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2005,20(5):680-684.

[6] 苏天赞,崔爱菊,梁瑞才,等. 海洋地球物理空间数据仓库系统的设计与实现[J]. 地球物理学进展,2011,26(4):1478-1484.  
Su T Y, Cui A J, Liang R C, et al. Design and development of marine geophysics spatial data warehouse systems[J]. Progress in Geophysics, 2011,26(4):1478-1484.

[7] 李宏丽,彭沛全,方立刚. 基于空间数据仓库的农作物估产研究[J]. 农机化研究,2007(3):162-164,167.  
Li H L, Peng P Q, Fang L G. Research of crop yield estimation based on spatial data warehouse[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(3):162-164,167.

[8] 马丽,顾晓鹤,徐新刚,等. 地块数据支持下的玉米种植面积遥感测量方法[J]. 农业工程学报,2009,25(8):141-151.  
Ma L, Gu X H, Xu X G, et al. Remote sensing measurement of corn planting area based on field-data[J]. Transactions of the CSAE, 2009,25(8):141-151.

[9] 韩松,贺立源,黄魏,等. 地块窗口支持下作物的遥感估产[J]. 华中农业大学学报,2011,30(2):206-209.  
Han S, He L Y, Huang W, et al. Remote sensing yield estimation of crop based on field window[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2011,30(2):206-209.

[10] 刘姣娣,曹卫彬,李华,等. 基于植被指数的新疆棉花遥感估产模型研究[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2011,29(2):153-157.  
Liu J D, Cao W B, Li H et al. The research of cotton yield estimation based on vegetation index using remote sensing in Xinjiang[J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 2011,29(2):153-157.

[11] 贺振,贺俊平. 基于NOAA-NDVI的河南省冬小麦遥感估产[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(5):46-52.  
He Z, He J P. Estimation of winter wheat yield based on the NOAA-NDVI data[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013,27(5):46-52.

[12] 解文欢,张有智,吴黎. 基于植被指数对望奎县粮食作物产量预测方法研究[J]. 黑龙江农业科学,2011(4):113-115.

- Xie W H, Zhang Y Z, Wu L. Forecast methods of crop production in Wangkui County based on the normalized difference vegetation index[J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2011(4):113-115.
- [13] 白文龙, 张福平. 基于 SPOT VGT/NDVI 的陕西省关中地区冬小麦遥感估产[J]. 资源开发与市场, 2012, 28(6):483-485, 528.
- Bai W L, Zhang F P. Estimation of winter wheat yield in Guanzhong area of Shaanxi Province using SPOT VGT/NDVI[J]. Resource Development and Market, 2012, 28(6):483-485, 528.
- [14] 彭代亮, 黄敬峰, 孙华生, 等. 基于 Terra 与 Aqua MODIS 增强型植被指数的县级水稻总产遥感估算[J]. 中国水稻科学, 2010, 24(5):516-522.
- Peng D L, Huang J F, Sun H S, et al. County level rice yield estimation based on combination of Terra and Aqua MODIS EVIS[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2010, 24(5):516-522.
- [15] Moran M S, Clarke T R, Inoue Y, et al. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index[J]. Remote Sensing Environment, 1994, 49(3):246-263.
- [16] Lambin E F, Ehrlich D. The surface temperature-vegetation index space for land cover and land-cover change analysis[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(3):463-487.
- [17] 林文鹏, 黄敬峰, 胡小猛, 等. 基于 MODIS 温度植被角度指数的农作物估产模型研究[J]. 红外与毫米波学报, 2010, 29(6):476-480.
- Lin W P, Huang J F, Hu X M, et al. Crop yield forecast based on MODIS temperature-vegetation angle index[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2010, 29(6):476-480.
- [18] 郭熙, 黄俊, 朱安繁, 等. 基于 TM 影像的南方丘陵地区早稻估产研究——以奉新县为例[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(6):1103-1108.
- Guo X, Huang J, Zhu A F, et al. A study on early rice yield estimation based on TM image in southern hill regions: A case study of Fengxin Country[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2010, 32(6):1103-1108.
- [19] 程乙峰, 贡璐, 张雪妮, 等. 新疆北疆棉花多元符合遥感估产模型研究[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(8):1497-1502.
- Cheng Y F, Gong L, Zhang X N, et al. Study of the remote sensing cotton yield estimation model in northern Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2012, 49(8):1497-1502.
- [20] 张艳楠, 牛建明, 张庆, 等. 植被指数在典型草原生物量遥感估测应用中的问题探讨[J]. 草业学报, 2012, 21(1):229-238.
- Zhang Y N, Niu J M, Zhang Q, et al. A discussion on applications of vegetation index for estimation aboveground biomass of typical steppe[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2012, 21(1):229-238.
- [21] 王建光, 吕小东, 姚贵平, 等. 苜蓿和无芒雀麦混播草地高光谱遥感估产研究[J]. 中国草地学报, 2013, 35(1):35-41.
- Wang J G, Lyu X D, Yao G P, et al. Estimation of fresh forage yield of mixed sowing pastures of alfalfa and smooth-brome with hyperspectral remote sensing[J]. Chinese Journal Grassland, 2013, 35(1):35-41.
- [22] Tao F L, Yokozawa M, Zhang Z, et al. Remote sensing of crop production in China by production efficiency models: Models comparisons, estimates and uncertainties[J]. Ecological Modelling, 2005, 183(4):385-396.
- [23] 李海亮, 罗微, 李世池, 等. 基于遥感信息和净初级生产力的天然橡胶估产模型[J]. 自然资源学报, 2012, 27(9):1610-1621.
- Li H L, Luo W, Li S C, et al. Estimation model of natural rubber yield based on net primary production and remote sensing[J]. Journal of Natural Resources, 2012, 27(9):1610-1621.
- [24] Ruimy A, Saugier B, Dedieu D. Methodology for the estimation of terrestrial net primary production from remotely sensed data[J]. Journal of Geophysical Research, 1994, 99(D3):5263-5283.
- [25] 宋富强, 郑壮丽, 王令超. 基于 CASA 模型的河南省冬小麦估产研究[J]. 河南科学, 2012, 30(10):1466-1471.
- Song F Q, Zhang Z L, Wang L C. Yield estimation for winter wheat of Henan Province based on CASA model[J]. Henan Sciences, 2012, 30(10):1466-1471.
- [26] 陈思宁, 赵艳霞, 申双和. 基于集合卡尔曼滤波的 PyWOFOST 模型在东北玉米估产中的适用性验证[J]. 中国农业气象, 2012, 33(2):245-253.
- Chen S N, Zhao Y X, Shen S H. Applicability of PyWOFOST model based on ensemble Kalman filter in simulating maize yield in north-east China[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2012, 33(2):245-253.
- [27] 黄健熙, 武思杰, 刘兴权, 等. 基于遥感信息与作物模型集合卡尔曼滤波同化的区域冬小麦产量预测[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4):142-148.
- Huang J X, Wu S J, Liu X Q, et al. Regional winter wheat yield forecasting based on assimilation of remote sensing data and crop growth model with ensemble Kalman method[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(4):142-148.
- [28] Running S W, Coughlan J C. A general model of forest ecosystem processes for regional applications hydrologic balance, canopy gas exchange and primary production processes[J]. Ecological Modelling, 1988, 42(2):125-154.
- [29] 王培娟, 谢东辉, 张佳华, 等. BEPS 模型在华北平原冬小麦估产中的应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10):148-153.
- Wang P J, Xie D H, Zhang J H, et al. Application of BEPS model in estimation winter wheat yield in north China plain[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(10):148-153.
- [30] 黎锐, 李存军, 徐新刚, 等. 基于支持向量回归(SVR)和多时相遥感数据的冬小麦估产[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7):114-117.
- Li R, Li C J, Xu X G, et al. Winter wheat yield estimation based on support vector machine regression and multi-temporal remote sensing data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(7):114-117.
- [31] 熊勤学, 黄敬峰. 基于 Web 的农作物遥感估产软件平台开发的技术研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(13):6114-6116, 6125.
- Xiong Q X, Huang J F. Research on the software platform technique of crop yield estimation based on Web[J]. Journal of Anhui Agriculture Sciences, 2009, 37(13):6114-6116, 6125.

# Progress in the study of crop yield estimation methods based on remote sensing and geographic information system

HU Yingjin, CUI Haiming

(Hebei Tourism Vocational College, Chengde 067000, China)

**Abstract:** The acquisition of such agricultural information as crop growth and output is of great significance for the development of modern agriculture. Recently, the techniques of remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) have been widely used to estimate the crop yield and, as a result, a set of practical yield estimation methods are put forward. The yield estimation methods mainly include the yield estimation method combined with relative secondary data, the yield estimation method based on vegetation index, the yield estimation method based on the specific models, and the development of crop yield estimation platform (software). Among these means, the yield estimation method based on vegetation index is divided into two categories, i. e., the single vegetation yield estimation method and the multiple vegetation index yield estimation method. A few crop yield estimation methods are analyzed in this paper based on studying many recently published papers in this field, and the advantages and disadvantages of each method are reviewed. In addition, the orientations for further research in this field are discussed and forecast so as to provide some valuable references for researchers in this field.

**Key words:** remote sensing(RS); geographic information system(GIS); spatial data warehouse; vegetation index; specific model yield estimation method; development of the crop yield estimation software

第一作者简介: 胡莹瑾(1971 -),女,硕士研究生,副教授,研究方向为计算机技术及其在农业领域的应用。Email: huyinjin2013vip@126.com。

(责任编辑: 李 瑜)

=====

## 下期要目

- 孙亚飞 TanDEM - X 双站 SAR 干涉测量及研究进展
- 杨 辰 森林扰动遥感监测研究进展
- 许 旭 2000—2009 年河北省生态系统服务价值时空动态遥感监测
- 陈 玲 国产高分卫星数据在高海拔地区地质调查中的应用潜力分析
- 徐 南 基于图像分块和线段投票的遥感道路边缘线提取
- 张利华 基于 ALOS 影像的内蒙古杭锦后旗土地盐渍化分级分析
- 徐振亮 近景区域网平差的预处理共轭梯度稀疏解法
- 荆 凤 基于地震监测应用的地表温度和长波辐射数据对比分析
- 张楼香 洪泽湖湿地纹理特征参数分析
- 赵 航 FY - 2E 红外通道"晴空区"水汽信息提取算法的改进与应用效果