

## 基于环境减灾小卫星数据叶面积指数的反演

宋茜,张国庆,黄楠,莫红,刘述彬

(黑龙江省农业科学院 遥感中心,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**叶面积指数是反映农田信息的重要参数之一,因此获取叶面积指数成为农情遥感的一项重要内容。利用田间实测调查数据,系统分析了环境星的归一化植被指数(NDVI)与宾县地区主要作物玉米和水稻叶面积指数的关系,并采用简单线性模型、多项式模型和对数模型建立作物叶面积指数的估算模型进行最优反演。结果表明:玉米和水稻叶面积指数的最优反演模型都采用多项式模型,精度分别达到了0.805和0.810,并采用该模型进行反演。

**关键词:**环境星;归一化植被指数;叶面积指数

**中图分类号:**S127

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2013)07-0136-05

叶面积指数(Leaf Area Index, LAI)是重要的植物生理参数,是极其主要的植被特征,它直接反映出在多样化尺度的冠层尺度中的能量及物质循环。叶面积指数也是作物生理参数是作物单产预测的重要参数,与作物产量有更直接的关系。同时,叶面积指数也是大量作物生长模型的基础,利用这些参数可以实现真实的作物产量预测。

植被指数法是利用卫星遥感数据估算 LAI 的一种常用方法<sup>[1]</sup>。国内外多平台遥感数据广泛用于利用植被指数反演叶面积指数,常用的数据来源包括 MODIS、AVHRR 以及 Landsat 卫星系

列(MSS、TM、ETM+)、SPOT 和 ASTER 等光谱卫星遥感数据和多光谱数据<sup>[2-6]</sup>。Paul J. Curran 等<sup>[7]</sup>基于 TM 图像时间序列 NDVI 反演了叶面积指数的季节变化,说明了利用 TM 图像反演叶面积指数的可能性;Combal 等<sup>[8]</sup>基于 SAIL 模型利用查找表法、拟牛顿法和神经网络法分别反演叶面积指数,研究表明查找表法和拟牛顿法对误差很敏感,神经网络方法在考虑模型精度时要优于前两种方法。张仁华等<sup>[9]</sup>利用 NOAA-AVHRR 数据通过 N-K 模型反演了华北地区小麦 LAI,研究表明太阳角与观测角的组合以热点附近最佳,并且当反演的输入维数较少时,初始值对反演结果有显著影响。胡少英等<sup>[10]</sup>基于 Landsat 影像,建立观测 LAI 和 Landsat 植被指数间的经验关系。

收稿日期:2013-03-25

第一作者简介:宋茜(1985-),女,山西省太原市人,硕士,研究实习员,从事农业遥感研究。E-mail: maomiwin999@sina.com。

## Analysis on Influencing Factors of Transfer of Rural Labor Employment Based on Logistic Model in Xinjiang

DUAN Jing-jing, MENG Mei

(School of Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052)

**Abstract:** In order to promote the development of rural economic in Xinjiang, based on actual survey data of Xinjiang, Logistic model were used to analyze the influencing factors of the transfer of rural labor employment in Xinjiang. The results showed that the age, education, bilingual education, annual household income, pension insurance, training and work pathways had a significant impact on the transfer of employment. Developing rural education, especially the popularity of bilingual education, strengthening training efforts of the rural labor force, improving the social security system in rural areas, and speeding up the pace of construction of small towns, developing labor-intensive industries and cultivating new economic growth point of the rural labor force were proposed, based on analysis of the results.

**Key words:** non-farm employment; influencing factors; Logistic model

该文以 HJ-CCD 数据为信息源,结合地面同步获取 LAI 实测数据,采用非监督分类法分别提取玉米和水稻的空间分布情况分析,利用环境星 CCD 植被指数对宾县地区玉米、水稻两种作物的 LAI 变化的响应能力,分析植被指数 NDVI 与 LAI 的相关性,采用简单线性模型、多项式模型、对数模型进行精度对比,从而选择最优的估算模型分别对玉米、水稻两种作物进行反演。

## 1 研究区概况

宾县位于黑龙江省南部,松花江南岸,隶属哈尔滨市。N45.76°,E127.48°总面积3 844.6 km<sup>2</sup>,辖 17 个乡镇,自然概貌为“五山半水四分半田”。张广才岭支麓余脉延伸全县,地势为南高北低,南部山地呈条状沿东南县境延伸,中部为丘陵地带,北部沿江为河谷平原区。

宾县耕地面积 161 754.8 hm<sup>2</sup>,属中温带大陆性季风气候,具有明显的季节性气候特征。春季多风少雨而干燥,冷暖多变;夏季受东南季风影响,湿热多雨而短促;秋季凉爽而降温快,多有早霜;冬季受西伯利亚寒流影响,宾县北部自西向东流过境内,流程总长度 146 km。

## 2 遥感数据选择及预处理

### 2.1 田间观测

选取宾县为样点县,农作物以水稻和玉米为主,在样县选取 10 个 1 km×1 km 的样区;在每个样区内均匀分布 9 m<sup>2</sup> 左右的样点 5 个,并用 GPS 精确定位。每个样点主要测量的基本农情信息参数叶面积指数,采用直接采集全株法。采取样方内作物的叶面积。样方分布见图 1。

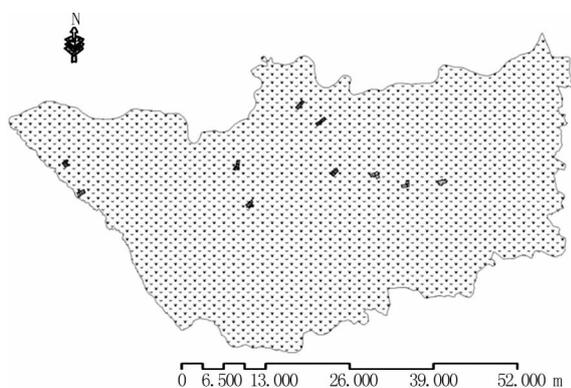


图 1 样方分布图

Fig. 1 Distribution maps of quadrat

### 2.2 遥感数据及预处理

使用 2012 年 9 月 1 日的 HJ-1B CCD2 影像,数据级别为 2。数据的处理流程见图 2。

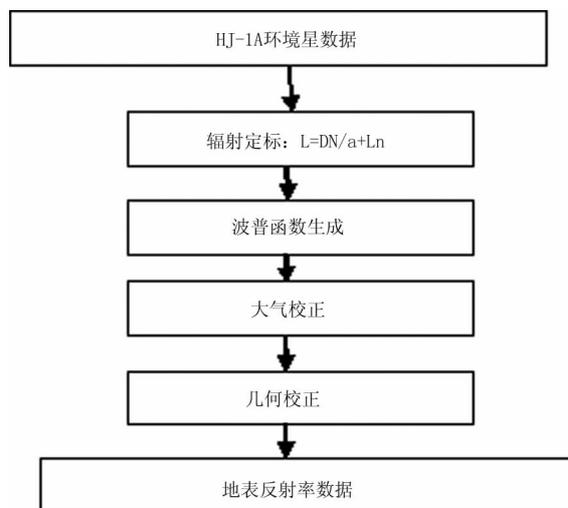


图 2 数据处理流程

Fig. 2 Data processing flow

ENVI 下的大气校正模块直接可以对高光谱数据进行精确大气校正,对于 CCD 数据,关键是进行数据定标和构建波谱响应函数。

在遥感成像时,由于太阳位置和角度条件、薄雾的影响,使得遥感图像存在一定的辐射量的失真现象。环境小卫星的 CCD 相机,利用绝对定标系数将 DN 值图像转换为辐亮度图像的公式为:

$$L = DN/a + L_0$$

式中  $L$  为辐亮度, $a$  为绝对定标系数增益, $L_0$  为偏移量,转换后辐亮度单位为  $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ 。此 HJ1B-CCD2 数据系数为: B1:  $g$  0.835 2,  $L_0$  2.221 9, B2:  $g$  0.792 5,  $L_0$  4.068 3, B3:  $g$  1.131 6,  $L_0$  5.253 7, B4:  $g$  1.057 8,  $L_0$  6.349 7。

## 3 数据分析

### 3.1 植被指数的选择

植被指数的定义方法有很多,选取其中归一化差分植被指数 (NDVI)、比值植被指数 (RVI)、土壤调节植被指数 (SAVI) 在作物长势监测中比较常用。从遥感图像上获取归一化植被指数 NDVI 用以反演 LAI,研究各种指数与实验区内玉米、水稻 LAI 之间的关系,NDVI 植被指数计算公式为:

$$NDVI = \frac{R_4 - R_3}{R_4 + R_3}$$

式中,  $R_4$ 、 $R_3$  分别为环境星 CCD 近红外波

段、红波段的经过大气校正的表面反射率。

### 3.2 不同作物对环境星相应的相关性分析

由于不同的作物,其叶子的光谱反射特性是不同的,包括其叶子内各种色素的含量、细胞结构、含水量都是有所差异的。所以根据研究区的

特点,主要种植玉米和水稻,将田间观测的样本分为两组,一组是玉米 LAI 观测数据,一组是水稻 LAI 观测数据。分别进行归一化植被指数与叶面积指数的相关性分析。

表 1 主要作物的 LAI 与 NDVI 相关性分析

Table 1 LAI and NDVI correlation analysis of major crops

作物名称 Crop name	变量名称 Variable name	相关系数 Correlation coefficient
玉米 Maize	LAI <sub>玉米</sub>	0.791
水稻 Rice	LAI <sub>水稻</sub>	0.838

采用相关性分析方法,从表 1 中可以看出,不同作物的叶面积指数与归一化植被指数的相关性是有差异的。其中玉米叶面积指数与归一化植被指数的相关系数为 0.791,水稻叶面积指数与归一化植被指数的相关系数为 0.838,高于玉米叶面积指数与归一化植被指数的相关系数。基于相关性分析,可得出构建叶面积指数与归一化植被指数的模型是可行的。

### 3.3 LAI 模型的构建

从全部样地数据中,选取 35 个(70%)地面样地数据和对应遥感样地数据构建模型,15 个(30%)地面样地数据进行模型精度评价分析。利用 SPSS 17.0 软件,用简单回归方法,按作物分别建立玉米 NDVI 与 LAI 的简单线性模型、多项式模型以及对数模型,水稻 NDVI 与 LAI 的简单线性模型、多项式模型以及对数模型,并进行模型验证。

表 2 玉米 LAI 反演模型

Table 2 Maize LAI inversion model

植被指数 Vegetation index	回归模型 Regression model	决定系数 R <sup>2</sup>	均方根误差 Root mean square error
NDVI	$y=26.20x-10.91$	0.626	0.54272
	$y=54.25x^2-41.72x+9.888$	0.805	0.49372
	$y=22.78\ln(x)+15.45$	0.799	0.50127

从表 2 可以看出,玉米 LAI 与其植被指数 NDVI 建立的不同形式的回归模型中,多项式模型的精度最高,简单线性模型的精度最低。反演玉米 LAI 的多项式模型的 R<sup>2</sup> 达到 0.805,均方根

误差为 0.493 72;反演玉米 LAI 的对数模型的 R<sup>2</sup> 为 0.799,其均方根误差为 0.501 27;反演玉米 LAI 的简单线性模型的精度最低,但也达到 0.626。所以,在反演宾县玉米的 LAI 时,选择多项式模型。

表 3 水稻 LAI 反演模型

Table 3 Rice LAI inversion model

植被指数 Vegetation index	回归模型 Regression model	决定系数 R <sup>2</sup>	均方根误差 Root mean square error
NDVI	$y=58.12x-36.69$	0.703	0.66115
	$y=1369x^2-1795x+590.1$	0.810	0.53836
	$y=22.78\ln(x)+15.45$	0.696	0.66859

从表 3 可以看出,宾县水稻 LAI 与其植被指数 NDVI 建立的多种形式的回归模型中,和玉米反演模型精度效果一样,多项式模型的精度最高,而对数模型的精度最低。反演水稻 LAI 的多项式模型的 R<sup>2</sup> 达到 0.810,均方根误差为 0.538 36;反演水稻 LAI 的简单线性模型的 R<sup>2</sup> 为 0.703,其均方根误差为 0.661 15;反演水稻 LAI 的对数模型的精度最低,但也达到 R<sup>2</sup> 为 0.696,均方根误差

为 0.668 59。所以,在反演宾县水稻的 LAI 时,选择多项式模型。

## 4 LAI 反演

在 ENVI 中采用模型,玉米和水稻分别应用其精度最高的多项式模型进行反演,运用非监督分类的结果做掩膜运算,分别提取玉米种植区的 NDVI 和水稻种植区的 NDVI,对研究区域内两

种主要作物的叶面积指数进行反演,灰度等级图结果见图 3、图 4。从中可以看出,由于环境星 HJ-CCD 具有较高分辨率的特点,多项式模型能很好地反映研究区域的玉米和水稻的空间变化。

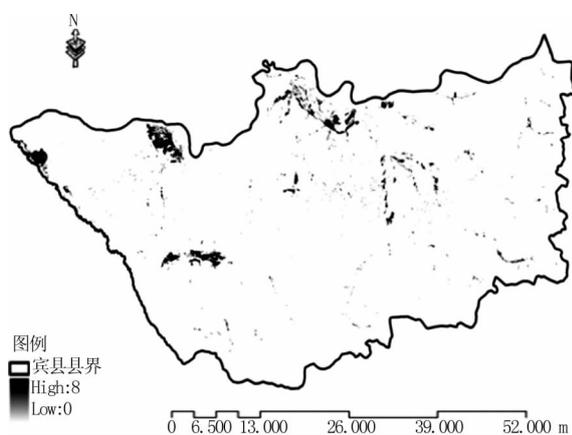


图 3 水稻 LAI 反演灰度等级图

Fig. 3 Inversion gray-scale picture of rice LAI

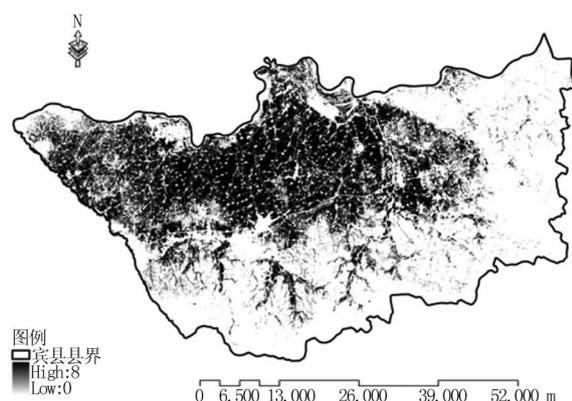


图 4 玉米 LAI 反演灰度等级图

Fig. 4 Inversion gray-scale picture of maize LAI

从图 3 和图 4 可以看出,2012 年 9 月 13 日宾县玉米 LAI 的整体分布呈中部较高,西部和东部较低的趋势。宾县东西部地区属于宾县低产区域,玉米长势较差,LAI 较低。宾县南部耕地面积较少,LAI 较高区域主要集中在宾县中部,该区域是玉米主产区,耕地面积大,土壤肥沃,玉米长势良好,LAI 较高。宾县水稻种植面积相对较少,整体长势一般,所以高 LAI 并不是特别突出。

## 5 精度评价

对研究区玉米和水稻 LAI 估测结果的精度检验,将预留样本的观测值和对应反演的 LAI 模拟值进行比较(见图 5 和图 6),结果表明,多项式模型对宾县主要作物玉米和水稻的 LAI 模拟效

果很好。预测值均与 1:1 直线大体接近。玉米多项式反演 LAI 模型均方根误差为 0.575,水稻多项式反演 LAI 模型均方根误差为 0.821。19%,说明模型达到了较高的精度,利用环境星影像的 NDVI 可以快速、准确地监测玉米、水稻的 LAI。

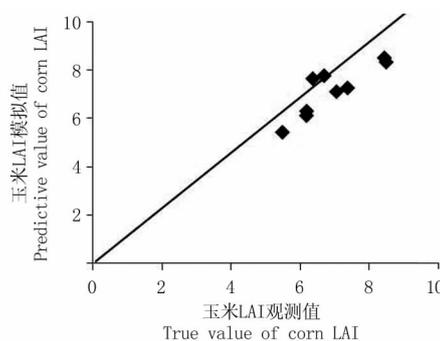


图 5 玉米 LAI 模拟精度验证

Fig. 5 Maize LAI simulation accuracy verification

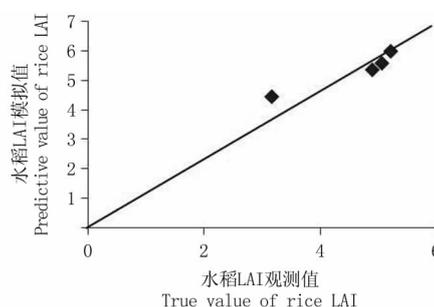


图 6 水稻 LAI 模拟精度验证

Fig. 6 Rice LAI simulation accuracy verification

## 6 结论

使用环境星数据再次验证了归一化植被指数在反演 LAI 的能力,多项式模型更适合用来建立基于环境星卫星数据的玉米和水稻 LAI 的估算模型。NDVI-LAI 玉米多项式模型的相关系数达到了 0.805,而均方根误差仅为 0.493 72;水稻多项式模型的相关系数达到了 0.810,而均方根误差仅为 0.538 36。与同类研究相比,取得了比较满意的结果。

利用 2012 年 9 月 LAI 观测数据对玉米水稻各自的多项式模型进行了验证,模型达到了较高的精度,无论是玉米还是水稻,观测的结果显示与田间调查的生物量存在一定的偏差:由于影像的时间 2012-09-01 和田间调查时间 2012-08-27 存在一定的时相差,作物进入生长周期的尾声,所以出现了作物 LAI 的高估;由于 NDVI 对 LAI 的响应能力到一定程度,当 LAI 较大时会出现饱和现象,所

以出现低估。既有高估的部分,也有低估的,但模型计算结果的均方根误差位于一个较低水平。

影响模型估算 LAI 精度的因素很多,比如像元的异质性、几何精确校正与重建地理参考造成的误差、植被分类精度造成的误差、非线性模型带来的误差和植被的物候期等。所以该估算模型在外推到其它地区时,要依据研究区具体的 LAI 实测样本和研究区环境进行拟合,需考虑其像元的异质性、样本数量和试验区环境等因素。

环境星具有分辨率高、成像周期短的特点,不同时期的环境星影像在对 LAI 做季节差异变化分析时具有巨大潜力。

#### 参考文献:

- [1] 方秀琴,张万昌. 叶面积指数 LAI 的遥感定量方法综述[J]. 国土资源遥感,2003(3):58-62.
- [2] Running S W, Nenani R R. Relating seasonal patterns of the AVHRR vegetation index to simulate photosynthesis and transpiration of forests in different climates[J]. Remote Sensing of Environment, 1988, 24(2):347-367.
- [3] Fang Xiuqin, Zhang Wanchang. The application of remotely sensed data to the estimation of the leaf area index[J]. Remote Sensing For Land and Resources, 2003(3):58-62.
- [4] Verstraete M M, Pinty B, Myneni R B. Potential and limitations of information extraction on the terrestrial biosphere from satellite remote sensing[J]. Remote Sensing Environment, 1996, 58(2):201-204.
- [5] Jacquemoud S, Bacour C, Poilve H, et al. Comparison of four radiative transfer models to simulate plant canopies reflectance: Direct and inverse mode[J]. Remote Sensing Environment, 2000, 74(3):417-481.
- [6] Qi J, Cabot F, Moran M S, et al. Biophysical parameter estimations using multidirectional spectral measurements[J]. Remote Sensing Environment, 1995, 54(1):71-83.
- [7] Curran Paul J, Dungan Jennifer L, Gholz Henry L. Seasonal LAI in slash pine estimated with Landsat TM[J]. Remote Sensing of Environment, 1992, 39(1):3-13.
- [8] Combal B, Baret F, Weiss M, et al. Retrieval of canopy biophysical variables from bidirectional reflectance using prior information to solve the ill-posed inverse problem[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 84(1):1-15.
- [9] Zhang Renhua, Sun Xiaomin, Zhu Zhilin, et al. An inversion approach of BRDF for wheat in North China using NOAA—AVHRR image[J]. Journal of Remote Sensing, 1997, 1:171-180.
- [10] 胡少英,张万昌. 黑河及汉江流域 MODIS 叶面积指数产品质量评价[J]. 遥感信息, 2005(4):22-27.

## Leaf Area Index Inversion Based on the Environmental Satellite Data

SONG Qian, ZHANG Guo-qing, HUANG Nan, MO Hong, LIU Shu-bin

(Remote Sensing Fechnique Center Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract:** The leaf area index(LAI) is one of the most important parameters that reflect the farmland information. Therefore, LAI play an important role in the situation of agricultural remote sensing. Basing on field survey data, the correlations between the HJ-CCD data and the parameters of maize and rice in Bin county were systematically analyzed, and by adopting LAI estimation models, including simple linear model, polynomial model and logistic model, optimal inversion were conducted. The results showed that NDVI had the greatest correlation with LAI, suggesting that the HJ-CCD data could be used to estimate LAI of maize and rice. Among the three models, the polynomial model could greatly reduce LAI estimation error, with the accuracy reached 0.805, and 0.810.

**Key words:** HJ-CCD; NDVI; LAI

欢 迎 订 阅