

MODIS 混合像元中居民地对玉米 LAI 和 FPAR 遥感估算影响

杨 飞^{1,2}, 张 柏¹, 刘殿伟¹, 刘志明³, 宋开山¹, 王宗明¹

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;

3. 东北师范大学城市与环境学院, 吉林 长春 130024)

摘 要: MODIS 成为越来越重要的科研和生产的数据源,但其低空间分辨率使得其产品精度易受多种因素的影响,其中混合像元是主要的影响因素。均匀散布的农村居民地是中国东北农作物种植区的显著特征,目前尚未见到有关居民点对 MODIS 混合像元产品精度的影响研究报导。本研究基于 TM 遥感影像分析了典型玉米种植区的居民地对 MODIS LAI、FPAR 产品精度的影响。结果表明,96%以上 MODIS 像元的农村居民地面积比例小于 40%,居民地对 LAI、FPAR 遥感估算精度影响较为明显,MODIS 像元中居民地面积比例与红波段反射率及 LAI、FPAR 遥感估算的误差呈较好的线性关系,拟合确定性系数 R^2 达到 0.90 以上,与近红外波段反射也呈线性关系,拟合确定性系数 R^2 仅达 0.3423,MODIS 像元在近红外波段反射率受居民地影响较显著。

关键词: MODIS; 混合像元; 居民地; LAI; FPAR

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)02-0243-06

植物的光合作用是植物叶片吸收光能和转换光能的过程。植物吸收性光合有效辐射分量(Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation, FPAR)是植被水分、能量、及碳循环平衡的重要检测指标^[1],叶面积指数(Leaf Area Index, LAI)对于植被光合作用能量交换具有十分重要的意义。叶面积越大,FPAR 越大,光合作用越强,植物群体的叶面积越大,植物干物质积累越多,生物量越大。LAI 和 FPAR 与植被生态生理、叶片生物化学性质、蒸散、冠层光截获、地表净第一生产力、作物产量等密切相关。因此 LAI 和 FPAR 也成为生态系统功能模型、作物生长模型、净初级生产力模型、生态模型等模型中的 2 个重要陆地特征参量^[2-5]。

LAI 和 FPAR 遥感估算研究历经植被指数、物理模型、混合模型等阶段,从地面实测到高光谱、高分辨率遥感影像研究已经做了大量工作^[6-12],并且世界上目前已经出现大量的遥感成品供研究和生产使用。遥感手段获取 LAI、FPAR 参数较传统方法具有大面积快速、省时省力等优点,在科研和生产中应用越来越多的 MODIS 数据,可以为我们提供丰富时间分辨率和光谱分辨率信息,但其空间分辨率较低,植被类型差异、混合像元等因素必然对准确获取 LAI、

FPAR 等植被参数产生较大影响。到目前为止,MODIS LAI、FPAR 产品验证工作已经取得了较大进展,前阶段验证工作主要集中于覆盖类型和分类精度^[13,14]、混合像元和混合光谱^[6,13]、植被空间异质性^[15]、冠层覆盖度^[16,17]、土壤背景^[18]、叶片光学特性^[16]等对 LAI、FPAR 产品精度的影响,但像元内地物类型混合是影响 MODIS 产品精度的主要因素^[6,13]。农村居民地散布相对均匀,尤其在中国平原农业种植区,这对中低分辨率 LAI、FPAR 遥感产品精度都有一定影响,但至今尚未发现农村居民地对 MODIS 等中低分辨率 LAI、FPAR 等植被参数估算的影响方面的研究。

中国东北地区玉米种植带是全国重要的玉米生产基地,仅吉林省西部 32 个县,用全国 4%的耕地为国家提供 20%的专储粮、50%的出口玉米,因此准确进行东北地区玉米种植带 LAI、FPAR 产品遥感估算及其影响因素分析,对玉米长势监测、产量估算等具有非常重要的意义。

因此,我们利用 TM 影像研究了吉林省德惠市玉米种植区农村居民地对 MODIS 像元尺度上玉米冠层 LAI、FPAR 参数遥感获取精度的影响,并与 MODIS 产品对比分析。

收稿日期:2009-03-26

基金项目:中国科学院东北振兴科技行动计划重点项目(DBZX-2-030);中国科学院长春净月潭遥感实验站开放基金

作者简介:杨 飞(1981—),男,山东枣庄人,在读博士生,主要研究方向为高光谱遥感和地理信息系统在农业中的应用。E-mail:yangf00_1@163.com。

1 研究资料与方法

1.1 研究区选择

在吉林省德惠市典型玉米种植区内选择 20 km × 20 km 大小(见图 1),仅为居民地和玉米种植地样地,避免水体、水田等其它地物类型的影响。

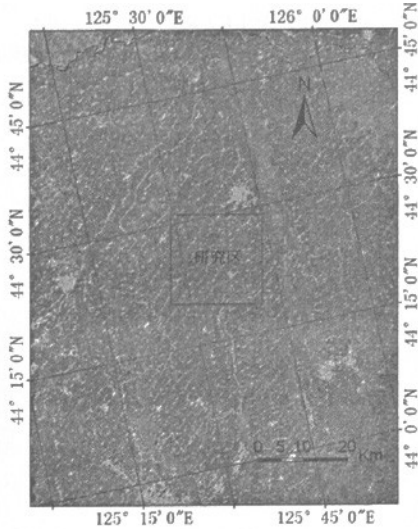


图 1 研究区示意图

Fig.1 The study area in Dehui county

1.2 数据来源与处理

本文收集了一景吉林省德惠市 2007 年 8 月 29 日 Landsat TM 遥感影像,一景 MODIS h26v04 MOD15A2 的 8 天(8 月 29 日至 9 月 5 日)合成 LAI/FPAR 产品。

TM 影像进行几何精校正,并利用 6S 模型对其进行大气校正得到地面反射率数据,然后基于前期 LAI、FPAR 参数估算研究成果^[19]计算 LAI、FPAR 空间分布,玉米 LAI、FPAR 估算函数分别为: $LAI = 0.046e^{4.8734 \times NDVI}$, $FPAR = 1.223 \times NDVI - 0.267$ 。在 Arcinfo Workstation 下,创建一个 20 km × 20 km 大小的格网(22 × 22 = 484 网格),单个网格大小和一个 MODIS 像元大小相当(约 926.625 m × 926.625 m)。利用网格裁切 TM 影像,并对其进行人工解译,以精确获取每个网格内(MODIS 像元大小)居民地和玉米种植地面积。利用 ArcGIS Spatial analysis 模块中的 Zonal statistic 统计每个网格内居民地面积比例,并对单个网格大小(一个 MODIS 像元)计算其内部纯玉米种植区的 TM 像元和所有 TM 像元的反射率、LAI、FPAR 的平均值,并相减得到单个网格内(单个 MODIS 像元的)反射率、LAI、FPAR 的误差。对

MODIS 数据进行投影变换,并用网格裁切,研究区内 MODIS LAI、FPAR 值,根据产品质量 QA 数据,得知研究区内所有 MODIS 像元 QC(Quality Control)值都为 0,即 MODIS LAI、FPAR 值均为无云状况下三维辐射传输模型算法得到。数据处理与分析流程见图 2。

2 结果与分析

2.1 MODIS 像元内居民地信息统计

MODIS 像元常是多种地物混合结果,特别是在中国农村地区,其典型特征是居民点均匀散布(如图 1),这些居民点对大部分的 MODIS 像元值都有不同程度的影响作用,因此本文中首先基于 TM 解译数据统计了 MODIS 像元大小内农村居民地分布规律。由图 3 也可看出,在吉林省典型玉米种植带的所有统计的 484 个 MODIS 像元中,91.32% 像元的居民地所占面积比例小于 30%,96.07% 像元的居民地所占面积比例小于 40%。

2.2 MODIS 产品与对应 TM 像元的 LAI、FPAR 比较分析

图 4 各图的纵坐标轴为 MODIS LAI 像元值,a,c 图横坐标轴为 MODIS 像元对应的 TM 影像中玉米种植区(未考虑居民地像元)LAI、FPAR 的平均值,b,d 图横坐标轴为对应 MODIS 像元内的所有 TM 像元 LAI、FPAR 的平均值(包括居民地)。对比 a、b 图可看出,考虑居民地之后,TM 影像计算的 LAI 变化明显变大(波动范围由 1.296 到 2.143,变为 0.628 到 2.143);对比 c、d 图可看出,考虑居民地之后,TM 影像计算的 FPAR 变化也明显变大(波动范围由 0.562 到 0.694,变为 0.287 到 0.694)。因此,居民地对混合像元的 LAI、FPAR 遥感估算有较为明显的影响。同样由图可看出,MODIS 像元 LAI、FPAR 值波动范围也相对较大,这在很大程度上受混合像元中居民地所占面积比例不一样的影响。

2.3 居民地对像元反射率、LAI、FPAR 的影响

为了研究居民地对 MODIS 像元内反射率、LAI、FPAR 等遥感估算的影响,本文首先计算了 MODIS 像元内纯玉米种植区 TM 影像值的平均值和整个像元内所有 TM 像元的平均值,并计算两者之差,研究其与像元内居民地面积比例的关系(如图 5),横轴为一个 MODIS 像元大小内居民地所占面积比例,纵坐标轴玉米种植区 TM 像元平均值与所有 TM 像元平均值之差。由图可看出,随着像元内居民地面积比例的增大,两者之差越来越大,且误差点越分散,即居民地影响作用越大,且影响作用越不稳定。但

反射率、LAI、FPAR 的差值均与居民地面积比例呈较好的线性关系。居民地面积比例与红光波段、LAI、FPAR 差值的拟合确定性系数均达 0.90 以上,而与近红外波段反射率差值拟合确定性系数仅为 0.3423。近红外波段反射率远高于红波段,但纯玉米种植区反射率的平均值与 MODIS 像元内所有 TM 像元的平均值之差却小于红波段,前者之差大都小于 0.01,后者之差大都小于 0.04,因此说 MODIS 像

元内居民地面积比例对近红外波段影响作用较小,这是由于玉米在近红外波段反射率远高于居民地,但在可见光波段两者较为接近,因此居民地面积比例对红光波段影响作用更为明显;另外,大部分居民地之中及其附近有树木等植被,也使得居民地在近红外波段反射率变化范围相对较大。居民地面积比例小于 40% 的像元中, LAI 误差值大都小于 0.4, FPAR 误差大都小于 0.125。

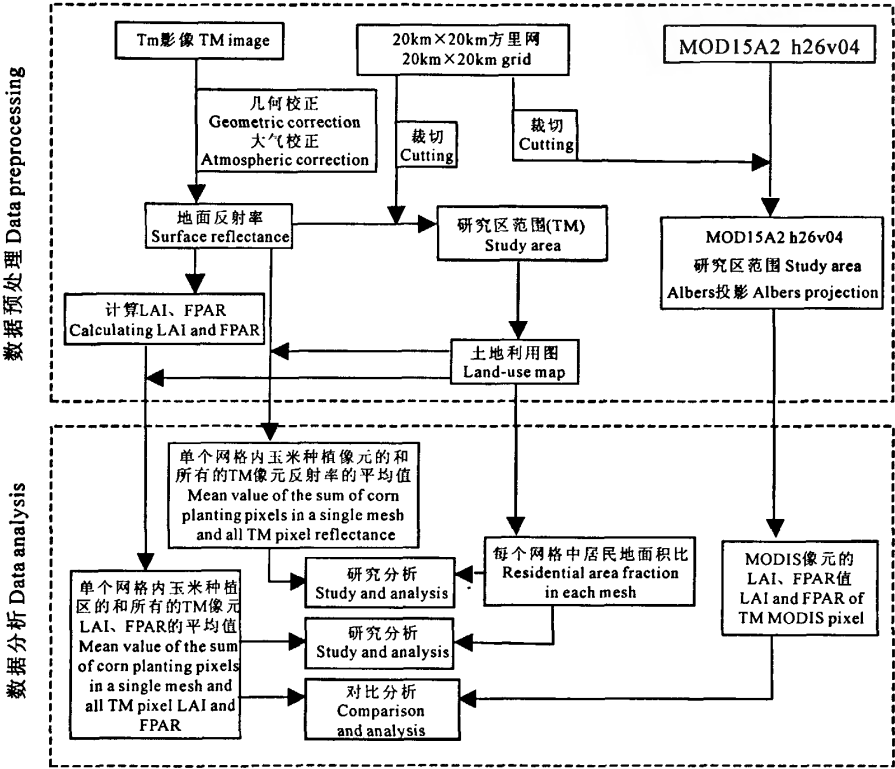


图 2 数据处理与分析流程图

Fig.2 The flow of data process and analysis

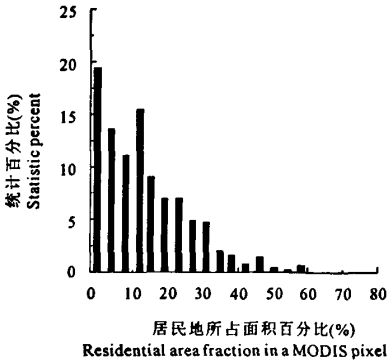


图 3 MODIS 像元大小内居民地信息统计

Fig.3 The statistic of residential area in MODIS pixels

3 讨论与结论

MODIS 等中分辨率影像中常存在大量的混合像元,如前所述,混合像元和混合光谱是准确获取 MODIS LAI、FPAR 参数的主要考虑因素。姚延娟等^[20]基于物理模型从理论上探讨了玉米和水体混合、玉米和裸土混合两种情况下,1 km×1 km 混合像元对 LAI 反演精度的影响。中国东北玉米种植带农村居民地的均匀散布是此地区混合像元的重要原因。

本研究基于 TM 遥感影像数据准确研究了居民地对 MODIS 混合像元中玉米 LAI、FPAR 参数遥感估算的精度影响,为准确估算此玉米种植带的 LAI、

FPAR 提供参考依据,也为改进 MODIS LAI、FPAR 产品算法和提高估算精度提供科学依据。本文对研究区 TM 影像进行人工目视解译,准确获取一个 MODIS 像元大小内居民地面积比信息,保证 LAI、FPAR 估算精度和影响分析可靠性。在计算 TM 影像 LAI、FPAR 的过程中,本文首先利用 NDVI 模型计算 LAI、FPAR,然后进行像元内统计分析,这样可以减少 TM 影像统计误差^[21]。

本研究首先统计分析东北典型玉米种植区的农村居民地在 MODIS 像元中的分布规律,在此基础

上分析和定量研究了 MODIS 像元大小中居民地面积比例对 LAI、FPAR 参数估算的影响,得出如下结论:96% 的 MODIS 像元大小内的农村居民地所占面积比例小于 40%;受居民地影响的 LAI、FPAR 遥感估算值波动范围相对较大;居民地面积比例与其对 MODIS 像元内红波段反射率及 LAI、FPAR 影响呈较好的线性关系,拟合确定性系数 R^2 达 0.9014 以上,而近红外波段反射率影响波动较大,拟合系数 R^2 为 0.3423,这是由居民地和玉米在近红外波段反射率值差异较明显所致。

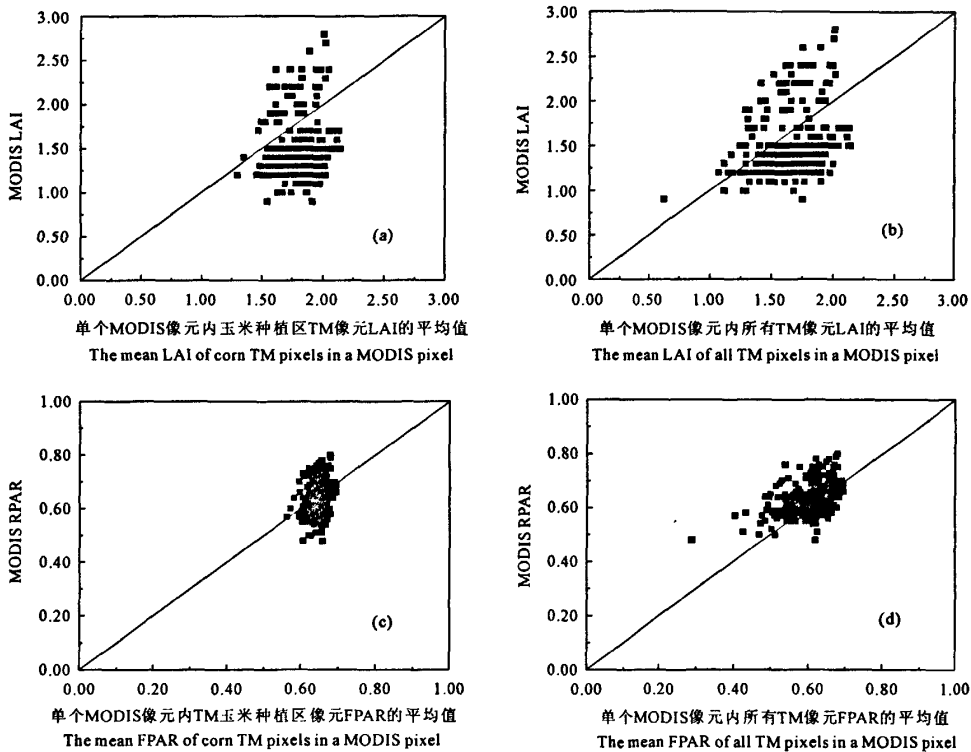


图 4 MODIS 与 TM 影像的 LAI、FPAR 比较分析

Fig.4 The comparison of LAI and FPAR estimated from TM with MODIS LAI and FPAR data

参考文献:

- [1] Churkina G, Running S W, Schloss A L, et al. Comparing Global Models of Terrestrial Net Primary Productivity(NPP): The Importance of Water Availability[J]. *Global Change Biology*, 1999,5(Suppl.1): 46—55.
- [2] Alexandre A, Meunier J D, Lezine A M, et al. A Process-based boreal ecosystem productivity simulator using remote sensing inputs[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1997,62:158—175.
- [3] Sellers P J, Dickinson R E, Randall D A, et al. Modeling the exchanges of energy, water and carbon between the continents and the atmosphere[J]. *Science*, 1997,275:502—509.
- [4] Cramer W, Kicklighter D W, Bondeau A. Comparing global models of terrestrial net primary productivity(NPP): overview and key results [J]. *Global Changing Biology*, 1999,(Suppl.1):1—15.
- [5] Running S W, Nemani R R, Heinsch F A, et al. Continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production [J]. *Bio-science*, 2004,54:547—560.
- [6] Chen J M, Pavlica G, Brown L, et al. Derivation and validation of Canada-wide coarse-resolution leaf area index maps using high-resolution satellite imagery and ground measurements[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002,85:165—184.
- [7] Gong P. Inverting a canopy reflectance model using a neural network [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1999,20(1):111—122.

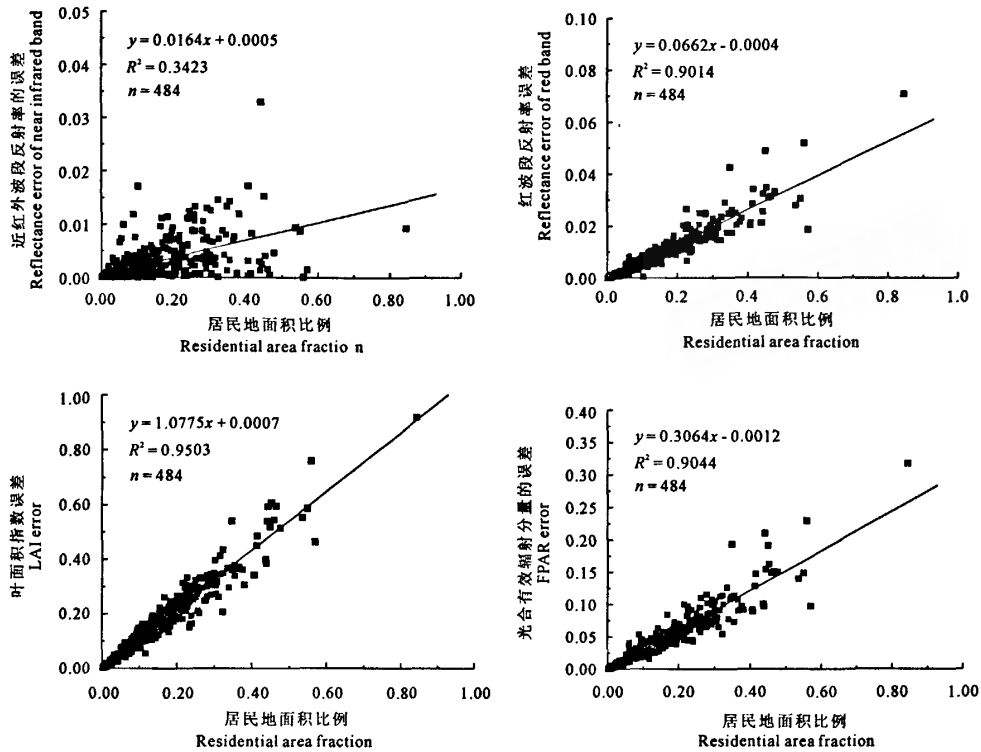


图5 MODIS 像元内居民地面积比例对反射率、LAI、FPAR 的影响分析

Fig.5 The impacts on reflectance, LAI, FPAR of residential area in MODIS mixed pixels

[8] Knyazikhin Y, Martonchik J V, Diner D J, et al. Estimation of vegetation leaf area index and fraction of absorbed photosynthetically active radiation from atmosphere corrected MISR data[J]. Journal of Geophysical Research, 1998, 103: 32239—32256.

[9] Knyazikhin Y, Martonchik J V, Myneni R B, et al. Synergistic algorithm for estimating vegetation canopy leaf area index and fraction of absorbed photosynthetically active radiation from MODIS and MISR data[J]. Journal of Geophysical Research, 1998, 103: 32257—32274.

[10] Eduardo R, Conde J R, Mínguez M I. Estimating fAPAR from nine vegetation indices for irrigated and nonirrigated faba bean and semileafless pea canopies[J]. Remote Sensing of Environment, 1998, 66(1): 87—100.

[11] 周晓东, 朱启疆, 王锦地, 等. 夏玉米冠层内 PAR 截获及 FPAR 与 LAI 的关系[J]. 自然资源学报, 2002, 17(1): 110—116.

[12] 吴炳方, 曾 源, 黄进良. 遥感提取植物生理参数 LAI/FPAR 的研究进展与应用[J]. 地球科学进展, 2004, 19(4): 585—590.

[13] Tian Y H, Woodcock C E, Wang Y J, et al. Multiscale analysis and validation of the MODIS LAI product I: Uncertainty assessment[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 83: 414—430.

[14] Tian Y H, Woodcock C E, Wang Y J, et al. Multiscale analysis and validation of the MODIS LAI product II: Sampling strategy[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 83: 431—441.

[15] Shabanov N V, Wang Y, Buermann W, et al. Effect of foliage spatial heterogeneity in the MODIS LAI and FPAR algorithm over broadleaf forests[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 85: 410—423.

[16] Huemmrich K F, Privette J L, Mukelabai M, et al. Time-series validation of MODIS land biophysical products in a Kalahari woodland, Africa[J]. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(19): 4381—4398.

[17] Daniel C. Steinberg S J G, Hyer E J. Validation of MODIS FPAR Products in Boreal Forests of Alaska[J]. IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing, 2006, 44(7): 1818—1828.

[18] Myneni R B, Hoffman S, Knyazikhin Y, et al. Global products of vegetation leaf area and fraction absorbed PAR from year one of MODIS data[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 83(1—2): 214—231.

[19] 杨 飞, 张 柏, 宋开山, 等. 玉米和大豆光合有效辐射吸收比例与植被指数和叶面积指数的关系[J]. 作物学报, 2008, 34(11): 2046—2052.

[20] 姚延娟, 刘 强, 柳钦火, 等. 异质地表的叶面积指数反演的不确定性分析[J]. 遥感学报, 2007, 11(6): 763—770.

[21] 肖仲亮. 作物叶面积指数遥感反演与验证研究[D]. 北京: 中国农业科学院农业资源与区划研究所研究生院, 2007: 40.

A study on impacts of residential area in MODIS mixed pixels on corn LAI and FPAR estimation by remote sensing

YANG Fei^{1,2}, ZHANG Bai¹, LIU Dian-wei¹, LIU Zhi-ming³, SONG Kai-shan¹, WANG Zong-ming¹

(1. *Northeast Institute of Geography and Agroecology of Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China;*

2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;*

3. *College of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun, Jilin 130024, China)*

Abstract: MODIS data become more and more important source for research and production, but the low spatial resolution leads to the data influenced by many factors. Plenty of works have been done for data precision validation, which demonstrated that mixed pixel of several objects was the main influencing factor. Equal dispersion of the rural residential area is the typical characteristic of the farmland in northeastern China. However, it has not been seen the influences of residential area on the MODIS data precision of mixed pixels. In this study, it was studied the residential area in typical corn field impacts on the precision of MODIS LAI and FPAR data based on TM data. It can be concluded that more than 96% of the MODIS mixed pixels have the residential area below 40%. Residential area made strong impact on the precision of MODIS LAI and FPAR data. The residential area in a MODIS pixel showed great linear relations with the difference before and after considering the residential area for red band reflectance, LAI and FPAR, R^2 of which are above 0.90, but with R^2 of 0.3423 for near infrared band reflectance, this demonstrated that near infrared band reflectance of MODIS mixed pixels are influenced greatly by residential area.

Keywords: MODIS; mixed pixel; residential area; LAI; FPAR

(上接第 218 页)

Preliminary study on optimizing method of scheme in inter-basin water transfer project

ZHAO Jing^{1,2}, SHI Shu-juan¹, LI Huai-en¹

(1. *Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;*

2. *Shaanxi Provincial Department of Water Conservancy, Xi'an, Shaanxi 710040, China)*

Abstract: Taking the water diversion from the Hanjiang River to the Weihe River in Hanzhong of Shaanxi for example, calculation was made of the aggregative quantity index number of three water diversion schemes by combining analytic hierarchy process(AHP) with computation function model. After comparing the three outcomes of water diversion schemes, it is defined that the middle route project of South-to-North water diversion is the best plan, which has the least influence on the environment and the maximum aggregative quantity index number which included more practicality and better economic benefit. The method, combining analytic hierarchy process(AHP) with computation function model, consists of all the information for the evaluation system, prevents the artificial influence and reflects completely the practical situation, which is regarded as an ideal optimization plan for the inter-basin water transfer projects.

Keywords: analytic hierarchy process(AHP); computation function model; water transfer scheme; transfer water in Hanjiang into Weihe River