

基于决策树和面向对象的作物分布信息遥感提取

周静平¹ 李存军^{1,2} 史磊刚¹ 史 姝³ 胡海棠¹ 淮贺举¹

(1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 北京智慧农业物联网产业技术创新战略联盟, 北京 100097;
3. 四川省第三测绘工程院, 成都 610500)

摘要: 利用我国 2012 年 4—11 月覆盖主要农作物全生育期的 23 幅中分辨率 HJ-1A/1B 卫星时序影像, 采用决策树和面向对象相结合的分类方法提取黑龙江省双河农场主要农作物分布信息, 并与传统决策树分类方法进行对比。通过影像预处理构建时序 HJ 卫星影像集, 先利用面向对象方法提取道路, 为作物提取排除田间道路及附属地物干扰; 再结合作物物候历分析不同地物光谱和时序特征, 筛选出 7 个特征指数和 14 个敏感时相, 建立决策树分类模型, 提取出玉米和水稻。研究表明, 多特征指数辅助作物分类十分有效, 尤其是归一化水指数 NDWI 对水稻提取非常有效; 较之传统决策树分类, 决策树和面向对象相结合的分类方法能有效剔除田间道路及附属林带沟渠对作物分类的干扰, 总体分类精度从 89.22% 提升至 95.18%, 该方法可为其他地区利用中分辨率遥感影像低成本高精度提取作物分布信息提供借鉴。

关键词: 遥感; 作物分布; 信息提取; 决策树; 面向对象

中图分类号: S127 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2016)09-0318-09

Crops Distribution Information Extracted by Remote Sensing Based on Decision Tree and Object-oriented Method

Zhou Jingping¹ Li Cunjun^{1,2} Shi Leigang¹ Shi Shu³ Hu Haitang¹ Huai Heju¹

(1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China

2. Beijing Technology Innovation Strategic Alliance for Intelligence Internet of Things Industry in Agriculture, Beijing 100097, China

3. The Third Surveying and Mapping Engineering Institute of Sichuan, Chengdu 610500, China)

Abstract: Accurately acquiring crops distribution information is of great significance for agricultural production management and yield estimation, but the roads, forest belts and ditches in the farmland seriously affect the accuracy of crops classification and extraction. Chinese small satellite constellation of small satellites for environment and disaster monitoring and forecasting (HJ-1A/1B satellite) is a good data source for crops classification, because it is free for researchers and has a higher spatial resolution of 30 m and a higher time resolution of two days. In this paper, Shuanghe farm in Heilongjiang province of China was the research area, 23 time-series HJ-1A/1B images which cover the growth period of the major crops from April 3th to November 9th, 2012, were used to monitor the roads and forest belts in the farm, extract spatial distribution of the major crops based on decision tree and object-oriented method, and the classification result was compared to traditional decision tree. The time-series image set and the time-series characteristic index set such as NDVI, DVI, RVI, EVI and NDWI were built after the original image data pretreatment. Firstly, the road in the farm was extracted with object-oriented classification based on elements of length-width ratio and other parameters, then the time-series set was masked by the road in order to rule out the interference of roads, forest belts and ditches for the extraction of crops information. Secondly, seven effective characteristic parameters and 14 sensitive time phases

收稿日期: 2016-05-17 修回日期: 2016-06-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171281)

作者简介: 周静平(1987—), 女, 研究实习员, 主要从事“3S”技术农业应用研究, E-mail: zhoujp@nercita.org.cn

通信作者: 李存军(1975—), 男, 副研究员, 主要从事农业遥感应用研究, E-mail: licj@nercita.org.cn

were chosen by using the object spectrum, time phase and time series characteristics. The thresholds of characteristic parameters were determined, and the decision tree classification model of major crops was established. Finally, the major crops in Shuanghe farm such as corn and rice were extracted. The result showed that using many characteristic indices to classify crops was very effective, and especially NDWI was very helpful for rice extraction. The method of decision tree and object-oriented classification was better than the traditional decision tree for extracting the spatial distribution of major crops in Shuanghe farm, it could effectively eliminate the interference of roads, forest belts and ditches in the farm for crops classification, and the total accuracy was increased from 89.22% to 95.18%. The integration of decision tree and object-oriented classification can provide reference for crops distribution information extraction in other agricultural areas with low cost and high precision.

Key words: remote sensing; crops distribution; information extraction; decision tree; object-oriented

引言

农作物空间分布信息是研究农业生产和发展的基础信息,通过遥感监测及时准确地获取农作物分布信息、掌握农作物种植面积,对于确保我国农业的可持续发展和粮食安全具有重要意义。但我国农田间普遍分布着林网林带及道路沟渠,虽然对于提升农田质量有重要的促进作用,但在中低分辨率遥感影像上,这些田间道路及附属地物与农田交错分布,农田边界区域极易存在混合像元,严重影响着农作物高精度遥感分类。

目前,农作物遥感监测精度提高主要通过改善影像的时间分辨率、空间分辨率和光谱分辨率来实现^[1-3]。由于高空间分辨率和高光谱分辨率影像价格昂贵、不易获取,且不同作物的光谱比较相似,加上有地被植物干扰,仅依靠单一影像进行分类,精度十分受限。高时间分辨率影像尽管在空间和光谱上不够精细,但重访周期短、数据成本低,利用多时相影像即可对不同作物生长时间差异和物候特征进行精细刻画,特别是 MODIS、HJ-1A/1B 等国内外高时间分辨率影像可免费获得,这也为其在作物遥感监测上的广泛应用提供了便利^[4-6]。时序遥感影像不仅具有单一时相影像的光谱信息,还具有丰富的时间序列信息,在作物分布信息提取中具有重要意义。目前已有许多学者利用多时相数据进行遥感监测^[7-15]。这些研究大多是根据作物生育期内某些时相植被指数的时序特征通过单一遥感算法进行作物分类的,采用多种遥感分类方法优势互补及常用植被指数外其他多特征指数综合应用的研究还较少,且未充分考虑田间林网林带及道路沟渠对农田边界提取的影响。因此,有必要利用农作物多特征指数的时序特征,结合决策树和面向对象的分类方法,开展田间道路及附属林带监测和作物分布信息提取研究。

本文利用2012年黑龙江省双河农场 HJ-1A/1B 卫星时序影像,根据遥感影像中不同农作物多特征指数的差异,采用决策树和面向对象相结合的分类方法,在排除田间道路及附属林带沟渠干扰的基础上进行主要农作物分布信息提取。

1 数据和方法

1.1 研究区概况

研究区双河农场位于黑龙江省齐齐哈尔市甘南县中东部,阿伦河西岸,大兴安岭南坡与松嫩平原交界处(120°38'~120°57'E,47°41'~48°01'N)。双河农场所处区域属寒温带大陆季风气候,四季分明;正常年均气温 2.6℃,最高温度 39.2℃,最低温度 -35.4℃;日平均气温大于 10℃ 有 139 d,积温 2 562.9℃;年均降水量 455.2 mm。双河农场是规模化绿色生产基地,农场耕地约 2 万 hm²,地势平坦、土地连片、田块整齐、土壤肥沃、光照充足、水资源丰富。主要种植玉米和水稻,其他作物有大豆、杂粮(绿豆、黑豆、红小豆等)及蔬菜等,农场内部林地零星分布,东部边界区域遍布草地和苇地滩涂,并且拥有相应的建筑及附属设施,主要农作物玉米、水稻及其他作物的生育期在每年 4—10 月份。

1.2 数据及预处理

1.2.1 遥感数据

根据双河农场玉米、水稻等主要农作物的生育期,选用2012年4月3日—11月9日覆盖主要农作物全部生育期的 HJ-1A/1B 卫星影像数据,共计 23 幅(表 1)。影像的空间分辨率为 30 m,时间分辨率为 2 d,云量均少于 3%,全部影像数据均源自中国资源卫星应用中心网站。另外,还选用已经过校正的 1 幅研究区 2000 年 6 月 28 日的 Landsat TM 数据,用于对 HJ-1A/1B 卫星影像数据进行几何校正;选用双河农场土地利用现状图、农场行政矢量边界和实地调研资料等来辅助影像数据进行分类。

表1 HJ-1A/1B 卫星影像数据
Tab.1 HJ-1A/1B satellite images data

编号	获取时间	成像传感器	编号	获取时间	成像传感器
1	2012-04-03	HJ1B CCD1	13	2012-08-06	HJ1A CCD1
2	2012-04-09	HJ1B CCD2	14	2012-08-12	HJ1B CCD1
3	2012-04-16	HJ1A CCD1	15	2012-08-21	HJ1A CCD1
4	2012-04-26	HJ1A CCD2	16	2012-08-26	HJ1B CCD2
5	2012-04-29	HJ1B CCD1	17	2012-09-07	HJ1B CCD1
6	2012-05-02	HJ1B CCD2	18	2012-09-20	HJ1A CCD1
7	2012-05-11	HJ1A CCD2	19	2012-10-07	HJ1B CCD1
8	2012-05-17	HJ1B CCD2	20	2012-10-11	HJ1B CCD1
9	2012-07-07	HJ1A CCD1	21	2012-10-28	HJ1A CCD1
10	2012-07-16	HJ1B CCD2	22	2012-11-06	HJ1B CCD1
11	2012-07-23	HJ1B CCD2	23	2012-11-09	HJ1B CCD2
12	2012-07-31	HJ1B CCD2			

1.2.2 样点数据

通过野外实地调研,发现地物主要有水稻、玉米、其他作物、林木、天然草地、建筑、道路、闲田、苇地滩涂 9 类地物,调查了 41 个样点和 16 个样区的地物类型并记录了 GPS 位置信息。由于田块内作物长势存在空间变异,以致同一地块内相同作物的光谱曲线也会存在一定差别,为削弱相同作物的光谱差异、精确设定决策树规则阈值及精度检验,在调研样地内,以 Google Earth 高分辨率影像和双河农场土地利用现状图为准,按照样点数量充足、主要地物多样点和样点均匀分布的原则,对样点进行加密,最终样点总数为 3 545 个(其中水稻 988 个,玉米 931 个,其他作物 112 个,林木 179 个,天然草地 289 个,建筑 200 个,道路 423 个,闲田 238 个,苇地滩涂 185 个),如图 1 所示。

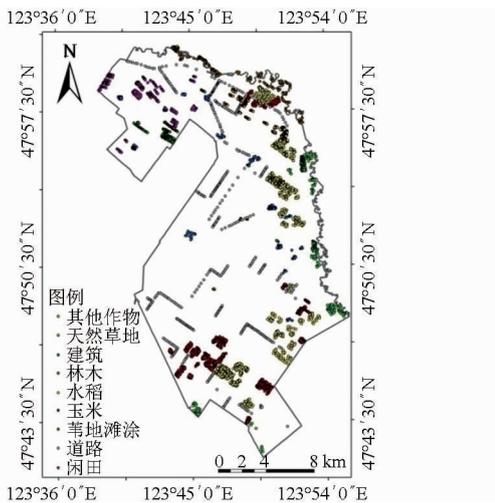


图1 双河农场样点分布图

Fig.1 Sampling point distribution map in Shuanghe Farm

1.2.3 遥感数据预处理

对所获 HJ-1A/1B 卫星影像进行一系列预处理可提高影像质量,构建研究区时间序列影像集。

预处理主要包括:①辐射校正。依据辐射亮度和行星反射率进行辐射校正,所用参数来自影像数据头文件、中国资源卫星应用中心及 USGS 网站^[16-19]。②几何校正。以研究区 2000 年 6 月 28 日的 Landsat TM 影像为基准,对 HJ-1A/1B 卫星所有影像进行几何校正,误差控制在 0.5 个像元内,保证了 23 幅影像的良好匹配,在此基础上构建了研究区 2012 年包含 23 个时相的 HJ-1A/1B 卫星时间序列影像集。

$$L_{\lambda} = GD_N + B \quad (1)$$

式中 L_{λ} ——辐射亮度

D_N ——影像的像元灰度

G ——增益 B ——偏置

$$\rho = \frac{\pi L_{\lambda} D^2}{E_{\lambda} \cos \theta} \quad (2)$$

式中 ρ ——行星反射率

D ——日地距离

E_{λ} ——大气层外太阳光谱辐照度

θ ——太阳天顶角

1.3 指数选择与计算

植被指数是利用遥感影像不同波段数据组合而成的能够反映植物生长状况的指数^[20]。物理原理是依据植物叶片组织在蓝光和红光波段有强烈的吸收特性,在绿光尤其是近红外波段有强烈的反射特性^[21]。植被指数随植物生物量的增加而迅速增大,已被广泛地应用于地物识别和植被信息提取中。为了使不同农作物能够有效被区分,采用 NDVI (Normalized difference vegetation index)、DVI (Difference vegetation index)、EVI (Enhanced vegetation index) 和 RVI (Ratio vegetation index) 4 种植被指数。

水稻是双河农场的主要农作物之一,并且是唯

一的水生作物,根据其水生特点,还选用了归一化水指数 NDWI(Normalized difference water index)。通过计算,构建出双河农场 2012 年 23 个时相的 HJ-1A/1B 卫星 5 个指数时间序列影像集,用于作物分类。各指数计算公式分别为

$$V_{NDVI} = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (3)$$

$$V_{DVI} = \rho_{NIR} - \rho_R \quad (4)$$

$$V_{EVI} = 2.5 \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + 6.0\rho_R - 7.5\rho_B + L} \quad (5)$$

$$V_{RVI} = \frac{\rho_{NIR}}{\rho_R} \quad (6)$$

$$V_{NDWI} = \frac{\rho_G - \rho_{NIR}}{\rho_G + \rho_{NIR}} \quad (7)$$

式中 V_{NDVI} ——归一化植被指数

V_{DVI} ——差值植被指数

V_{EVI} ——增强型植被指数

V_{RVI} ——比值植被指数

V_{NDWI} ——归一化水指数

ρ_{NIR} ——近红外波段反射率

ρ_R ——红波段反射率

ρ_G ——绿波段反射率

ρ_B ——蓝波段反射率

L ——土壤调节系数,取 1

1.4 分类方法

针对研究区不同地物的空间和物候特征,采用面向对象分类方法对田间道路及附属林带进行监测,在排除田间道路及附属林带沟渠干扰的基础上,利用决策树分类方法对研究区进行主要农作物分布信息提取。

面向对象分类方法是以影像分割后的同质区域为分析目标,充分利用空间信息(如地物大小、形状、纹理、拓扑关系等)并结合光谱信息进行影像分

类。由于双河农场道路多为田间小路,道路与田块毗邻,路边还种植树木,且有供水排涝沟渠,田间道路区域存在混合像元现象,利用基于像素的分类方法较难将道路及其附属林带沟渠与相邻田块分离;但是研究区土地连片,田块整齐,道路纹理特征明显,比较适合使用面向对象分类方法进行道路提取,为后续作物信息提取排除田间道路及附属林带沟渠干扰。

决策树分类主要基于遥感影像等空间数据,通过对其进行逻辑推理、数理统计、综合分析和归纳总结,采用自顶而下的递归方式,形成分类规则进行分类。决策树分类非常适合对无次序、无规则的多种空间数据通过寻找内部暗藏规律进行分类。本研究需对包含 23 个时相的时序影像集及 9 个指数时序影像集进行空间综合分析,从中筛选合适的特征参数和敏感时相;且不同作物生长具有明显的物候特征,在不同特征参数的敏感时期存在一定差异,通过合适的分类规则和阈值设定,容易进行作物区分,故采用决策树分类方法。

2 结果分析

2.1 道路及附属林带沟渠遥感提取

研究区道路多为田间小路,宽度在 10 m 以内,路边大多种植行道树,且路边沟渠多生长杂草,像元分辨率为 30 m,所以边界农田、田边道路、行道树及沟渠分布在一个像元内,存在严重的混合像元现象,以致仅依靠波谱时相特征较难区分,因此田间道路及附属提取的精确与否直接影响到边界地块内农作物提取精度。由于双河农场种植规模较大、地块规整、道路及附属林带沟渠(以下简称:道路)几何特征明显,从 2012 年 7 月 16 日的绿波段影像(图 2a)中能明显看出道路的大致分布,因此,采用面向对象的分类方法,使用 Trimble eCognition Developer 64 软

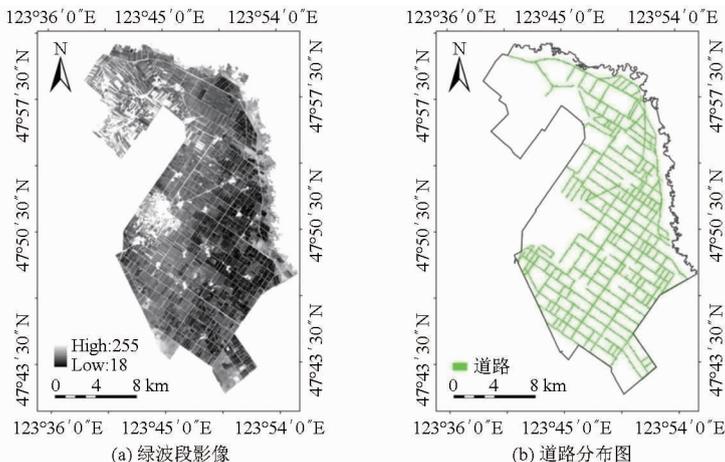


图 2 双河农场 2012 年 7 月 16 日绿波段影像及道路分布图

Fig. 2 Green band image on July 16, 2012 and road map in Shuanghe Farm

件,对2012年7月16日绿波段影像,根据影像像素值、要素长宽比、纹理参数等,进行道路提取,形成了道路分布图(图2b)。随后,利用道路分布图,对各特征波段影像进行掩膜处理,为后续田间农作物信息的提取排除了田间道路及附属林带沟渠干扰。

2.2 地物特征参数和敏感时相选取

根据所选样点,随机抽取2/3的样点,对研究区2012年23个时相的HJ-1A/1B卫星时间序列影像集及5个指数时间序列影像集进行信息提取,得到了9类地物在 ρ_B (蓝波段反射率)、 ρ_G (绿波段反射率)、 ρ_R (红波段反射率)、 ρ_{NIR} (近红外波段反射率)及NDVI、DVI、EVI、RVI、NDWI共9个特征指数的像元值。通过对各地物计算各特征参数像元均值,并绘制曲线图,结果如图3所示。

从图3中可看出:由于本文影像分辨率为30 m,道路、建筑等地物的特征指数随时间变化本应该稳定在一个常值,却因为混合像元的存在而发生了浮动,但整体趋势与植被仍有较大差异。蓝波段对于地物区分不明显,故舍弃。红、绿、近红外波段对于地物区分不十分显著,但可用于辅助分类。近红外波段及4个植被指数整体趋势均较一致,其中近红外波段和EVI趋势最为接近,均是在5月底开始,由于植被茎叶等营养器官开始快速生长,近红外波段出现高反射,红光波段出现高吸收,因此各植被指数开始迅速升高;到7月底,由于植被的营养器官发育趋于完善,叶面积等达到最大,各植被指数在此时到达峰值;此后植被继续生长,但营养器官维持在相对稳定的状态,各植被指数也在高位维持平稳;从8月底开始,各植被开始趋于成熟,营养器官开始逐步退化,各植被指数也开始降低;直到10月份,各农作物开始收获,林木、草地等叶片枯黄掉落,各植被指数达到最低;故舍弃EVI,选取近红外波段用于分类。从图3可见,NDVI对于植被和非植被区分非常明显;DVI对于草地区分明显;RVI对于农作物区分明显;NDWI对于水稻区分十分有利;9月20日以后各农作物生长器官逐渐成熟,陆续开始收割,各波段及植被指数均处于低值,这些时相影像对分类作用不大,故舍弃;4月3日—9月20日期间各参数曲线差异显著利于分类,其中部分相邻时相的参数曲线趋势一致,通过调试选择显著差异的时相用于分类。

通过调试,最终选取了7个地物特征参数:NDWI、NDVI、RVI、DVI、 ρ_{NIR} 、 ρ_R 、 ρ_G ,14个敏感时相:2012年4月3日、2012年4月9日、2012年4月29日、2012年5月2日、2012年5月11日、2012年5月17日、2012年7月7日、2012年7月16日、2012年7月23日、2012年7月31日、2012年8月6日、

2012年8月12日、2012年8月26日、2012年9月20日。根据研究区地物光谱特征和时相特征,依据光谱值差异最大、时相间差异最大的原则,当单地物差异明显时进行单地物提取,多地物差异明显时采取先多地物然后逐个提取的方法,通过不同时相影像数据的单加、多加、单减、多减、混合加减等手段,形成决策树分类规则,进行地物分类,具体参数阈值如图4所示。

2.3 主要农作物分布结果

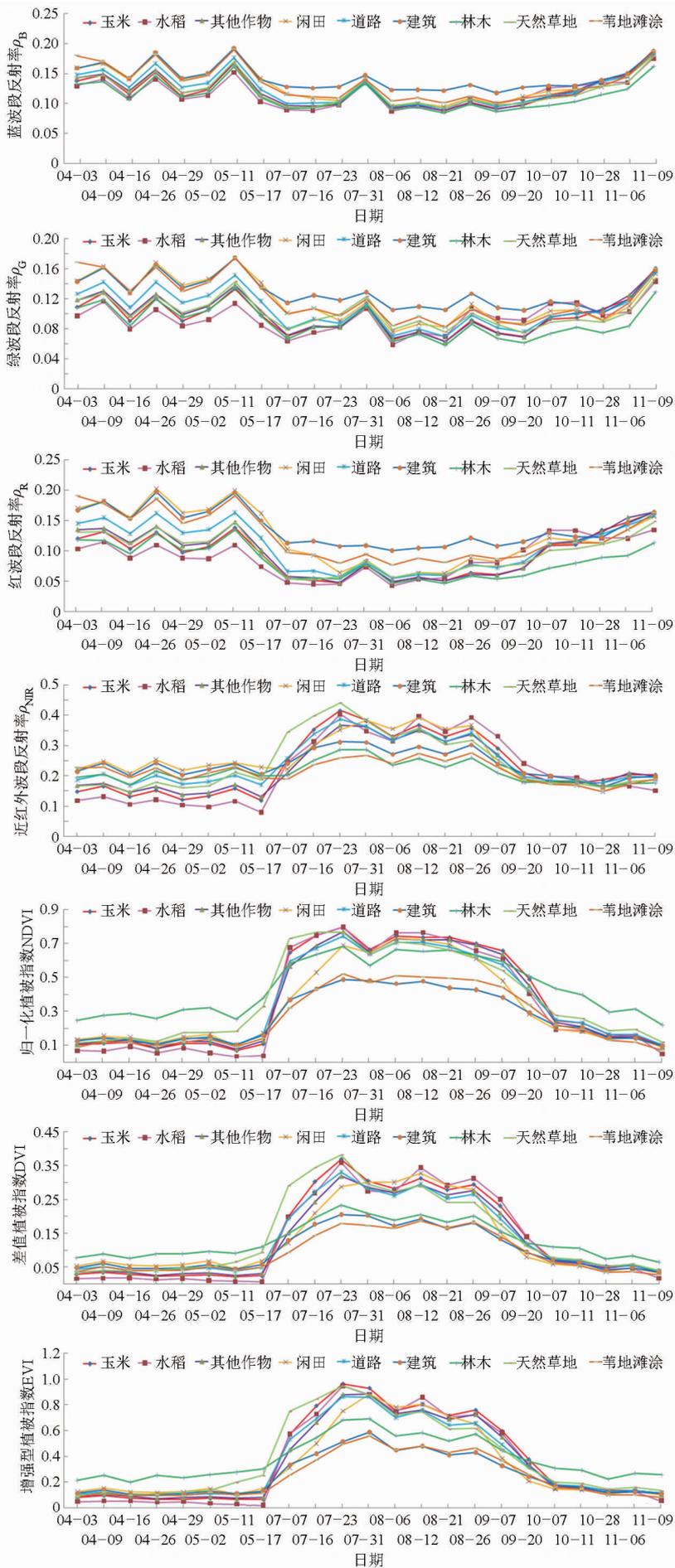
根据选取的地物特征参数和敏感时相,经过多次分析调试,确定出各地物分类阈值,形成双河农场决策树分类规则。利用道路分布图对各特征波段影像进行掩膜处理后的影像,依据决策树分类规则,通过ENVI软件对研究区进行决策树分类。最后,对主要农作物分布和道路分布进行叠加,将农场地物分成了玉米、水稻、其他作物、林木、天然草地、道路、建闲苇(建筑、闲田、苇地滩涂)7类,最终形成双河农场主要农作物分布图。地物分类流程见图4(流程表中上一步影像是下一步参数的数据源,参数采用缩写形式,下标代表时相,例如: N_{0502} 表示5月2日的NDVI值, G_{0409} 表示4月9日的 ρ_G 影像值, $N_{0716+0723}$ 表示7月16日和7月23日的NDVI值之和),主要农作物提取结果见图5a。此外,为对比验证,单独采用决策树分类方法,对上述所筛选影像根据所确定的特征参数和参数阈值进行作物分类,主要农作物提取结果见图5b。

对比图5a和图5b可以看出,采用单纯决策树分类方法的道路提取结果较差,不少道路被误分进玉米和其他作物,决策树和面向对象相结合的分类方法的道路提取结果较好,误分现象明显改观,地块边界凸显,作物分类结果较好。从图5a中可以看出,玉米和水稻是双河农场种植的主要农作物,成片分布,且种植地块十分规整;其他作物(包括大豆、绿豆、黑豆、红小豆等杂粮)也有分布,这与实地调研结果吻合。

2.4 精度评估

通过计算混淆矩阵的方法对分类结果进行精度分析。根据所选全部样点,将地物的最终分类结果与样点属性进行比对分析(表2)。

从表2可以看出,决策树和面向对象相结合的分类方法明显优于单纯的决策树分类方法,利用决策树和面向对象相结合进行作物提取的总精度达95.18%,Kappa系数为0.9396,而单纯利用决策树进行作物提取的分类总精度只有89.22%,Kappa系数为0.8643。道路样点共423个,单纯决策树分类结果中有115个被误分为其他作物,177个被误分



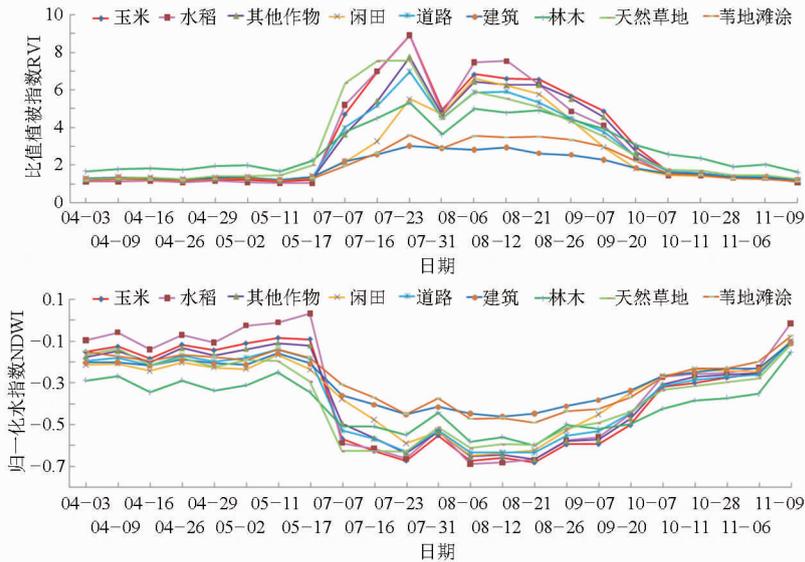


图3 双河农场地物的9种特征指数时序变化曲线

Fig.3 Time series curve of nine characteristic indexes in Shuanghe Farm

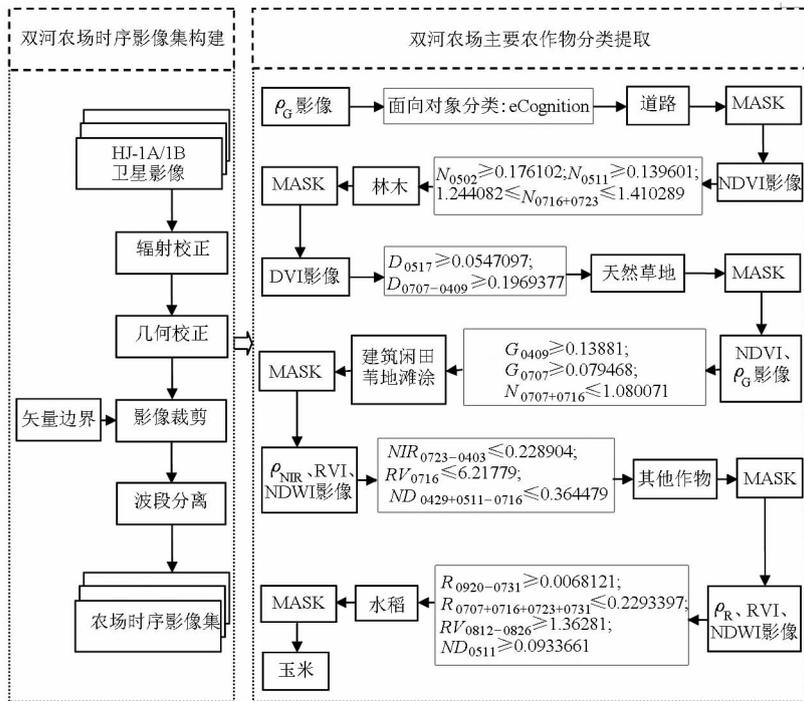


图4 双河农场地物分类流程图

Fig.4 Flow chart of terrain classification in Shuanghe Farm

为玉米,6个被误分为水稻,总计有298个道路样点因混合像元被误分为农作物;决策树和面向对象相结合的分类结果较之大幅改善,仅有36个被误分为玉米,19个被误分为其他作物,1个被误分为水稻。从用户精度来看,玉米精度从81.1%提升至93.49%,水稻精度也从98.78%提升至99.29%。值得一提的是,NDWI能够对地物水分特征进行良好反映,利用该指数可以有效地将水稻与其他旱地作物进行区分,因此,水稻提取精度较高,制图精度为98.99%、用户精度为99.29%。

在地物分类过程中,其他作物的制图精度为

86.61%,用户精度为56.73%,精度较低。这主要是由于其他作物种类较多,共同特征信息较难提取,与闲田等地物可分离度较差,因此有不少闲田、苇地滩涂等被误分为其他作物。尽管如此,天然草地、林木、建闲苇和道路的分类精度仍均在85%以上,在分类过程中,被有效地剔除出主要农作物,保证了信息提取的精度。主要农作物玉米和水稻的分类精度均在93%以上,可以满足双河农场生产管理者掌握主要农作物种植情况和合理调整农场种植结构的生产发展的需要。因此,利用决策树和面向对象相结合的分类方法能有效去除田间道路及附属林带沟渠

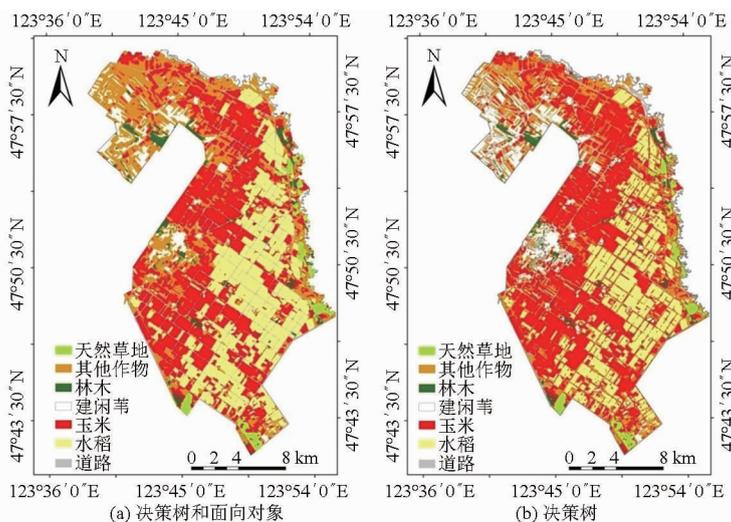


图 5 双河农场主要农作物分布图

Fig. 5 Major crops map in Shuanghe Farm

表 2 双河农场地物分类精度

Tab. 2 Terrain classification accuracy in Shuanghe Farm

分类方法	类别	天然草地	其他作物	林木	建闲苇	玉米	水稻	道路	总计	用户精度/%
决策树	天然草地	278	0	0	0	0	0	0	278	100
	其他作物	0	108	1	10	11	0	115	245	44.08
	林木	0	0	175	0	0	0	2	177	98.87
	建闲苇	0	0	0	595	0	0	0	595	100
	玉米	11	4	3	0	914	18	177	1127	81.10
	水稻	0	0	0	0	6	970	6	982	98.78
	道路	0	0	0	18	0	0	123	141	87.23
	总计	289	112	179	623	931	988	423	3545	
	制图精度/%	96.19	96.43	97.77	95.51	98.17	98.18	29.08		
	总精度/%	89.22								
Kappa 系数	0.864 3									
决策树 + 面向对象	天然草地	281	0	0	0	0	0	0	281	100
	其他作物	0	97	6	44	5	0	19	171	56.73
	林木	0	0	170	0	0	0	0	170	100
	建闲苇	0	0	0	577	0	0	0	577	100
	玉米	8	14	3	0	904	2	36	967	93.49
	水稻	0	0	0	0	6	978	1	985	99.29
	道路	0	1	0	2	16	8	367	394	93.15
	总计	289	112	179	623	931	988	423	3545	
	制图精度/%	97.23	86.61	94.97	92.62	97.10	98.99	86.76		
	总精度/%	95.18								
Kappa 系数	0.939 6									

对作物提取的影响,作物提取精度较高,比较适合用于双河农场主要农作物分布信息的提取。

3 结论

(1)决策树和面向对象相结合的分类方法能有效去除田间道路及附属林带沟渠对作物提取的影响,比较适合双河农场及其他大农场类区域的高精度作物分布信息提取。双河农场规模较大、田块规整,地物几何纹理特性较为凸显,采用面向对象分类方法先提取出田间道路及附属林带沟渠,排除此干扰后对地物进行决策树分类,作物提

取精度较高。

(2)采用 NDVI、NDWI、RVI、DVI、 ρ_{NIR} 、 ρ_R 、 ρ_G 多特征指数辅助分类十分有效,尤其是 NDWI 对水稻的分类提取很有帮助。

(3)本文地物分类精度总体较好,其中其他作物的用户精度较低,这是因为研究区其他作物种类较多,各种作物种植面积较小,与苇地滩涂等地物较易混淆;道路提取时,主干道提取效果较好,田间小径提取效果较差,这是因为本文所用的 HJ-1A/1B 星影像空间分辨率为 30 m,对于路面太过狭窄的小径不便提取。

参 考 文 献

- 1 郝卫平,梅旭荣,蔡学良,等. 基于多时相遥感影像的东北三省作物分布信息提取[J]. 农业工程学报,2011,27(1):201-207.
HAO Weiping, MEI Xurong, CAI Xueliang, et al. Crop planting extraction based on multi-temporal remote sensing data in northeast China[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(1): 201-207. (in Chinese)
- 2 许文波,田亦陈. 作物种植面积遥感提取方法的研究进展[J]. 云南农业大学学报,2005,20(1):94-98.
XU Wenbo, TIAN Yichen. Overview of extraction of crop area from remote sensing[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2005, 20(1): 94-98. (in Chinese)
- 3 徐新刚,李强子,周万村,等. 应用高分辨率遥感影像提取作物种植面积[J]. 遥感技术与应用,2008,23(1):17-23.
XU Xin'gang, LI Qiangzi, ZHOU Wancun, et al. Classification application of quickbird imagery to obtain crop planting area[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2008, 23(1): 17-23. (in Chinese)
- 4 余旭初,冯伍法,杨国鹏,等. 高光谱影像分析与应用[M]. 北京:科学出版社,2013.
- 5 贾树海,杨亮,王潇雪. 基于多时相遥感影像的花生种植面积提取——以彰武县北部为例[J]. 国土与自然资源研究,2014(1):68-70.
JIA Shuhai, YANG Liang, WANG Xiaoxue. The area extraction of peanut in sandy soils based on multi-temporal remote sensing images—taking north of Zhangwu county as an example[J]. Territory & Natural Resources Study, 2014(1): 68-70. (in Chinese)
- 6 李瑞平. 高光谱林业遥感分类研究进展[J]. 安徽农业科学,2014,42(9):2801-2805.
LI Ruiping. Research progress analysis of hyperspectral remote sensing classification in forestry[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(9): 2801-2805. (in Chinese)
- 7 DEFRIES R, HANSEN M, TOWNSHEND J R G, et al. A new global 1km data set of percentage tree cover derived from remote sensing[J]. Global Change Biology, 2000, 6(2): 247-254.
- 8 JAKUBAUSKAS M E, LEGATES D R, KASTENS J H. Crop identification using harmonic analysis of time-series AVHRR NDVI data[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 37(1): 127-139.
- 9 BARRETT B, NITZE I, GREEN S, et al. Assessment of multi-temporal, multi-sensor radar and ancillary spatial data for grasslands monitoring in Ireland using machine learning approaches[J]. Remote Sensing of Environment, 2014, 152: 109-124.
- 10 ZHENG B, MYINT S W, THENKABAIL P S, et al. A support vector machine to identify irrigated crop types using time-series Landsat NDVI data[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2015, 34: 103-112.
- 11 马丽,徐新刚,贾建华,等. 利用多时相 TM 影像进行作物分类方法[J]. 农业工程学报,2008,24(增刊2):191-195.
MA Li, XU Xin'gang, JIA Jianhua, et al. Crop classification method using multi-temporal TM images[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(Supp. 2): 191-195. (in Chinese)
- 12 张荣群,王盛安,高万林,等. 基于时序植被指数的县域作物遥感分类方法研究[J]. 农业机械学报,2015,46(增刊):246-252.
ZHANG Rongqun, WANG Sheng'an, GAO Wanlin, et al. Remote-sensing classification method of county-level agricultural crops using time-series NDVI[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(Supp.): 246-252. (in Chinese)
- 13 李志鹏,李正国,刘珍环,等. 基于中分辨 TM 数据的水稻提取方法对比研究[J]. 中国农业资源与区划,2014,35(1):27-33.
LI Zhipeng, LI Zhengguo, LIU Zhenhuan, et al. Contrasting two classification methods in mapping paddy rice using the mid-resolution TM images[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2014, 35(1): 27-33. (in Chinese)
- 14 李鑫川,徐新刚,王纪华,等. 基于时间序列环境卫星影像的作物分类识别[J]. 农业工程学报,2013,29(2):169-176.
LI Xinchuan, XU Xin'gang, WANG Jihua, et al. Crop classification recognition based on time-series images from HJ satellite[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(2): 169-176. (in Chinese)
- 15 王久玲,黄进良,王立辉,等. 面向对象的多时相 HJ 星影像甘蔗识别方法[J]. 农业工程学报,2014,30(11):145-151.
WANG Jiuling, HUANG Jinliang, WANG Lihui, et al. Identification of sugarcane based on object-oriented analysis using time-series HJ CCD data[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(11): 145-151. (in Chinese)
- 16 池宏康,周广胜,许振柱,等. 表观反射率及其在植被遥感中的应用[J]. 植物生态学报,2005,29(1):74-80.
CHI Hongkang, ZHOU Guangsheng, XU Zhenzhu, et al. Apparent reflectance and its applications in vegetation remote sensing [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2005, 29(1): 74-80. (in Chinese)
- 17 韦玉春,黄家柱. Landsat5 图像的增益、偏置取值及其对行星反射率计算分析[J]. 地球信息科学,2006,8(1):110-113.
WEI Yuchun, HUANG Jiazhu. The gains/biases values and their effects on the calculation results of planetary reflectance in Landsat5 image[J]. Geo-Information Science, 2006, 8(1): 110-113. (in Chinese)

- WANG Limin, LIU Jia, YANG Lingbo, et al. Applications of unmanned aerial vehicle images on agricultural remote sensing monitoring[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(18): 136 - 145. (in Chinese)
- 10 鲁恒, 李龙国, 贺一楠, 等. 考虑地形特征的无人机影像分区加权平差拼接方法[J]. 农业机械学报, 2015, 46(9): 296 - 301.
LU Heng, LI Longguo, HE Yi'nan, et al. Method of UAV image mosaic based on weighted adjustment considering terrain feature [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(9): 296 - 301. (in Chinese)
- 11 于欢, 张树清, 孔博, 等. 面向对象遥感影像分类的最优分割尺度选择研究[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(2): 352 - 360.
YU Huan, ZHANG Shuqing, KONG Bo, et al. Optimal segmentation scale selection for object-oriented remote sensing image classification[J]. Journal of Image and Graphics, 2010, 15(2): 352 - 360. (in Chinese)
- 12 NEUBERT M, HEROLD H. Assessment of remote sensing image segmentation quality [C] // International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Commission IV, Working Group IV/3, 2008.
- 13 刘勇洪, 牛铮, 王长耀. 基于 MODIS 数据的决策树分类方法研究与应用[J]. 遥感学报, 2005, 9(4): 405 - 412.
LIU Yonghong, NIU Zheng, WANG Changyao. Research and application of the decision tree classification using MODIS data[J]. Journal of Remote Sensing, 2005, 9(4): 405 - 412. (in Chinese)
- 14 骆剑承, 王钦敏, 马江洪, 等. 遥感图像最大似然分类方法的 EM 改进算法[J]. 测绘学报, 2002, 31(3): 234 - 238.
LUO Jiancheng, WANG Qinmin, MA Jianghong, et al. The EM-based maximum likelihood classifier for remotely sensed data [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2002, 31(3): 234 - 238. (in Chinese)
- 15 FOODY G M. Status of land cover classification accuracy assessment[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80(1): 185 - 201.
-

(上接第 326 页)

- 18 李莘莘, 陈良富, 陶金花, 等. 基于 HJ-1-CCD 数据的地表反射率反演与验证[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(2): 516 - 520.
LI Shenshen, CHEN Liangfu, TAO Jinhua, et al. Retrieval and validation of the surface reflectance using HJ-1-CCD data[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2011, 31(2): 516 - 520. (in Chinese)
- 19 张周威, 余涛, 孟庆岩, 等. HJ-1A/B 卫星数据几何校正与辐射校正顺序研究[J]. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2013, 37(4): 680 - 684.
ZHANG Zhouwei, YU Tao, MENG Qingyan, et al. Research on radiometric and geometric correction order of HJ-1A/B satellite data[J]. Journal of Wuhan University of Technology: Transportation Science & Engineering, 2013, 37(4): 680 - 684. (in Chinese)
- 20 田庆久, 闵祥军. 植被指数研究进展[J]. 地球科学进展, 1998, 13(4): 327 - 333.
TIAN Qingjiu, MIN Xiangjun. Advances in study on vegetation indices[J]. Advance in Earth Sciences, 1998, 13(4): 327 - 333. (in Chinese)
- 21 王正兴, 刘闯, HUETE Alfredo. 植被指数研究进展: 从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 979 - 987.
WANG Zhengxing, LIU Chuang, HUETE Alfredo. From AVHRR-NDVI to MODIS-EVI: advances in vegetation index research [J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(5): 979 - 987. (in Chinese)