

文章编号:2095-6134(2015)03-0342-07

一种平原区园地遥感信息提取的新方法^{*}

苑惠丽¹, 马荣华^{1†}, 李吉英²

(1 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2 滨州学院建筑工程系, 山东 滨州 256600)

(2014 年 4 月 16 日收稿; 2014 年 9 月 10 日收修改稿)

Yuan H L, Ma R H, Li J Y. A new method for extracting remote sensing information of orchard in plain terrain[J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2015, 32(3): 342-348.

摘 要 针对平原区园地与居民点落叶林不易区分的特点, 提出适合于中分辨遥感影像的平原区园地信息提取特征指标——平原区园地指数. 利用影像的多时相特征, 结合面向对象的分类方法构建平原区园地信息提取模式. 安徽省砀山县园地提取实验表明, 该方法简单易行, 有效避免了“椒盐现象”, 提高了分类精度, 对于准确地确定平原区园地面积及其分布情况具有重要的实际应用价值.

关键词 平原区园地; KT_B 变换; 平原区园地指数; 面向对象的分析方法; 砀山县
中图分类号: TP79 **文献标志码**: A **doi**: 10. 7523/j. issn. 2095-6134. 2015. 03. 008

A new method for extracting remote sensing information of orchard in plain terrain

YUAN Huili¹, MA Ronghua¹, LI Jiying²

(1 Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2 Department of architectural Engineering, Binzhou University, Binzhou 256600, Shandong, China)

Abstract The index for orchard in plain terrain (IOPT), which is fit for the information extraction of orchard in plain terrain with medium-resolution remote sensing images, was proposed. With the full use of the multi-temporal features of images, an extraction mode based on object-based information analysis method was established. We took Dangshan county as the study area. The experimental results show that the extraction accuracy of orchard information reached up to 89.5%. Using this method one can avoid "salt and pepper phenomenon" and monitor the distribution of orchard correctly and efficiently.

Key words orchard in plain terrain; K-T and bands transform; index for orchard in plain terrain; object-based information analysis method; Dangshan county

园地作为土地利用类型中的一级类,是指种植以采集果、叶为主的集约经营的多年生木本和

^{*} 全国生态环境十年(2000—2010 年)变化遥感调查与评估专项(STSN0105)、中国科学院战略性先导科技专项(XDA05050106)、滨州学院青年人才创新工程项目(BZXYQNLG200617)资助

[†] 通信作者, E-mail: rhma@niglas.ac.cn

草本植物,覆盖度在 0.5 以上的或每亩株数大于合理株数 70% 以上的土地,包括用于育苗的土地(《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2007)). 二级类有果园、茶园和其他园地,其他园地主要是指桑树、橡胶、可可、咖啡、油棕、胡椒、药材等其他多年生作物的园地.

园地信息提取历来是遥感专题信息提取的难点之一,国内外相关研究总体较少. 以往的研究主要集中在利用高分辨率遥感影像的纹理特征进行园地的提取^[1-5];同时,雷达数据也渐渐地应用在园地信息提取与种类识别中^[6-7]. 但大面积园地信息提取,特别是在动态研究过程中,中分辨率遥感影像仍然是最常用的数据源^[8-9]. 目前常用的提取方法有监督、非监督分类^[10]. 监督分类过分依赖于样本;非监督分类则要求有充足的先验知识. 基于像元的提取方法会产生严重的“椒盐现象”(即由于同一地物内部异质性大,光谱特征不单一,而基于像元的传统分类方法没有考虑像元与邻接像元之间的上下文关系,导致在分类过程中出现孤立的错分点,使得分类结果过于破碎的现象),后处理工作繁重. 大量实验表明,根据山区和平原区不同的土地覆被特点,将园地分为山区园地和平原区园地,分别根据其各自的分布特征进行园地信息提取,精度会有很大的提高^[11-12]. 本文主要对平原区园地提取进行研究.

平原区园地主要是果园和桑园、橡胶园等其他园地,一般分布在农村居住地周围,与耕地相邻接. 遥感影像上,园地和落叶林的光谱信息和季相特征极其相似,而农村居住地周围和内部常常有落叶林覆盖,导致园地和农村居住地难以区分. 文

献中多使用归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)进行中分辨率遥感影像的园地信息提取^[12]. 但实验发现,仅使用 NDVI 提取园地会带来严重的混分现象. 若简单地用冬季影像进行提取,易将居住地和落叶林同时提出;若只用夏季的影像进行提取,则易将落叶林和上覆有落叶林的居住地同时提出. 2 种情况都可能造成园地面积过大.

基于此,本文针对平原区园地的土地覆被类型特点,将安徽省砀山县作为研究区,基于多时相的中分辨率遥感影像提出一种新的平原区园地信息提取特征指标,并基于面向对象的遥感影像分析方法,构建平原区园地提取的新方法. 最后,进行精度评价及分析.

1 数据与方法

1.1 研究区概况

安徽省砀山县有世界上最大的连片梨园^[13](图 1),具有典型的平原区园地分布特点. 砀山县位于安徽省最北部,地处 34°16' ~ 34°39'N, 116°29' ~ 116°38'E,面积 1 193 km². 全县共 386 个行政村,总人口 94 万,耕地 590 km²,果园 500 km²,占全县农作物种植面积的 85%. 县境地势平坦,中部略高,南北稍低. 气候介于暖温带和北亚热带之间,属于季风半湿润气候区. 地理气候条件适宜多种植物生长繁衍. 依据本研究区 2005 年土地覆被和土地利用分类数据及目视解译和实地调查,确定该研究区包含 5 种主要土地覆被类型:耕地、园地、林地、城镇村及工业用地.

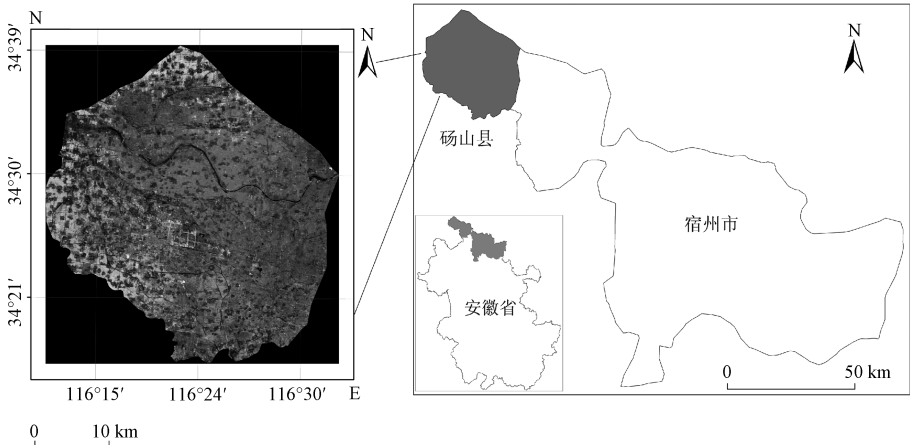


图 1 研究区位置示意图
Fig. 1 Location of the study area

1.2 遥感影像及其分类验证

获取了 2010 年共 19 个时相(1 月 14 日、3 月 19 日、3 月 27 日、4 月 2 日、4 月 5 日、4 月 13 日、4 月 27 日、4 月 30 日、5 月 1 日、5 月 3 日、5 月 20 日、6 月 7 日、6 月 28 日、9 月 12 日、9 月 30 日、10 月 4 日、11 月 8 日、11 月 28 日、12 月 31 日)的 HJ-1 A、B 星 CCD 影像(下称 HJ-CCD)以及 2009 年 2 个时相(4 月 8 日、10 月 17 日)的 Landsat TM 影像. 其中,HJ-1 CCD 数据由中国于 2008 年 9 月 6 日成功发射的 2 颗环境减灾小卫星(environment and disaster reduction small satellites) HJ-1A 和 HJ-1B 上搭载的中分辨率多光谱 CCD 相机摄取. 该影像在经过 2 台 CCD 相机组网后能够将重访周期缩短至 2 d,幅宽为 360 km,含 3 个可见光波段和 1 个近红外波段,可满足农情监测多时相、大范围的需求^[14].

分类精度的验证与评价,使用 2011 年 7—8 月及 2012 年 7—8 月 2 个时间段内的野外实地考察所得的 77 个样本点及结合高分辨率影像选取的 30 个样本点共 107 个;其中,园地 37 个,非园地 70 个(落叶阔叶林 8 个,居住地 29 个,工业用地 5 个,旱地 19 个,水库/坑塘 6 个,河流 3 个).

1.3 方法

1.3.1 影像预处理

利用中国资源卫星中心公布的环境减灾星座 A/B 星各载荷在轨绝对辐射定标系数,结合各波段的光谱响应函数,进行辐射定标;采用 FLAASH 原理进行大气校正;以 2009 年 Landsat 5 数据作为参考影像,对 HJ-CCD 影像进行几何精校正,误差在 1 个像元之内.

1.3.2 提取特征指标选取

平原区园地提取的难点有 2 个:园地和耕地的区分;园地和上覆有落叶林的居住地的区分.

1) 园地和耕地的区分

在植被遥感中,NDVI 是应用最为广泛的指示因子. 水体、人工表面、裸土、植被等几种主要的地面覆被类型在 NDVI 图像上区分鲜明;同时也是植被生长状态及植被覆盖度的最佳指示因子.

$$NDVI = \frac{\rho_n - \rho_r}{\rho_n + \rho_r},$$

式中, ρ_n 为近红外波段的反射率, ρ_r 为红波段的反射率;对于 HJ-CCD 影像而言,分别选取第 4 波段和第 3 波段.

结合高分辨率遥感影像随机选取的 30 个样本点(包含 10 个园地样本点、10 个旱地样本点及 10 个上覆有落叶林的居住地样本点),对每一时相影像分别求 3 类地物样本点的 NDVI 平均值作为该类地物的 NDVI 值,共 21 个时相数据,据此进行 4 次多项式最小二乘法拟合^[15]. 图 2 显示在园地植被的整个生长季,代表其植被特征的 NDVI 值与落叶林及上覆有落叶林的居住地的 NDVI 值具有相似的变化趋势;与耕地的 NDVI 值具有明显的差异. 根据研究区主要地物类型的物候特点及时间序列 NDVI 分布特征,并考虑影像上研究区云覆盖情况,确定选取 2010 年 4 月 2 日和 12 月 31 日的 NDVI 区分园地和耕地.

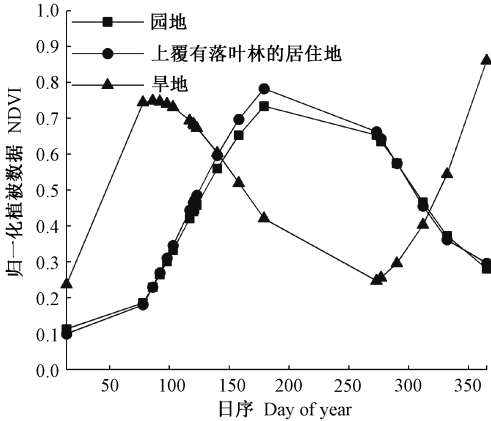


图 2 主要地物类型的 NDVI 时间序列 4 次多项式拟合
Fig.2 Quartic polynomial fitting of NDVI time series for the three kinds of ground objects

2) 园地和上覆有落叶林的居住地的区分
构造能够区分园地和上覆有落叶林的居住地 2 种地物类型的特征指标.

首先对预处理后的遥感影像进行缨帽变换. 缨帽变换(tasseled cap transform)又称 K-T 变换(K-T transform),是 Kauth 和 Thomas^[16]在研究 Landsat MSS 图像反映农作物和植被的生长过程时提出的. 根据多光谱遥感中土壤、植被等信息在多维光谱空间中信息分布结构对图像做的经验性线性正交变换,变换系数依赖于传感器的类型(波段). 变换模型如下

$$Y = R^T X + \alpha,$$

式中, X 为变换前多光谱空间的像元矢量; Y 为变换后多光谱空间的像元矢量; R^T 为变换系数矩阵; α 为避免出现负值所加的常数.

缨帽变换后的第三波段湿度分量(tasseled

cap wetness index, 记为 TCWI), 反映地面的水分条件, 水分含量越大, 则该值越大. 另外, 绿波段对健康茂盛植物的反射敏感, 叶绿素含量越高, 则该波段的反射率越大; 红波段为叶绿素的主要吸收波段, 叶绿素含量越高, 则该波段的反射率越小; 近红外波段为水体强吸收波段, 水含量越高, 则该波段反射率越小. 据此, 构造新的特征指标——平原区园地指数 IOPT (index for Orchard in plain terrain).

$$IOPT = (TCWI + \rho_g) - (\rho_r + \rho_{nir}),$$
式中, TCWI 为缨帽变换后的第三波段湿度分量; ρ_g 、 ρ_r 和 ρ_{nir} 分别为缨帽变换原始影像的绿波段、红波段及近红外波段的反射率.

显然, 该特征指标随叶绿素含量及水含量的增加而增大, 既包含植被信息也包含含水量信息. 而园地与上覆有落叶林的居住地最大的不同在于林下地物含水量的不同, 土壤含水量明显大于人造地物含水量.

利用前文中基于高分辨率遥感影像选取的 30 个样本点, 对每一时相影像分别求 3 类地物样本点的 IOPT 平均值作为该类地物的 IOPT 值, 共 21 个时相数据, 据此进行 4 次多项式最小二乘法拟合. 计算 TCWI 时, HJ-CCD 数据选择由 Chen 等^[17]提出的变换系数矩阵, 4 个变换系数依次为 0.726 1、0.271 4、-0.618 4 和 -0.129 1, Landsat TM 数据的变换系数为 0.144 6, 0.176 1, 0.332 2, 0.339 6, -0.621 0 和 -0.418 6^[18]. 结果表明, 9 月底至 10 月初这段时间园地和上覆有落叶林的居住地之间的 IOPT 差别最大 (图 3). 故

选取 9 月 30 日的 IOPT 区分园地和上覆有落叶林的居住地.

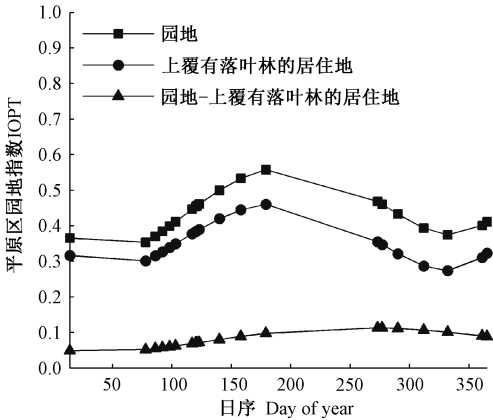
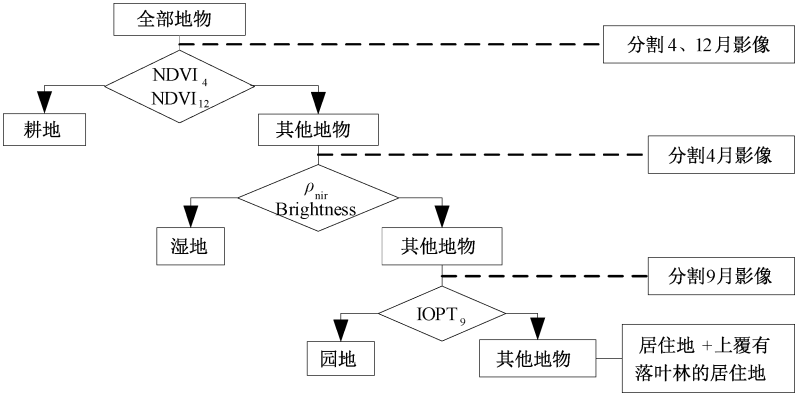


图 3 园地和居住地的 IOPT 时间序列 4 次多项式拟合
Fig. 3 Quartic polynomial fitting of IOPT time series for orchard and residential area

3) 园地与其他地物的区分

第 4 波段、亮度特征等是水体的最佳提取因子.

综上所述, 首先利用 4 月份和 12 月份的 NDVI 值将耕地信息尽可能剔除; 然后根据 4 月份影像数据的第 4 波段及亮度特征剔湿地信息; 最后根据提出的平原区园地指数将居住地及上覆有落叶林的居住地剔除, 得到园地分布情况 (图 4). 分类阈值的确定, 根据特征指标的分布直方图找出近似阈值, 在此基础上进行微调 (± 0.01), 结合目视结果确定阈值^[19].



NDVI₄, NDVI₁₂ 分别为 4 月和 12 月的 NDVI; IOPT₉ 为 9 月 HJ-CCD 影像进行 KT_B 变换得到的 IOPT.

图 4 平原区园地信息提取指标选择

Fig. 4 Indices used for information extraction of orchard in plain terrain

1.3.3 平原区园地信息提取模式

平原区园地信息提取模式依据面向对象的遥感影像分析方法^[20]建立.面向对象的遥感影像分析方法能够有效地克服基于像元分类方法的不足,避免“椒盐现象”;除了对象的光谱信息,还能利用对象的形状、纹理特征以及对象和对象之间的邻接等相互关系进行分类.在本研究中其作用主要体现在影像分割及特征指标计算过程中.

选取最佳时相的 HJ-1 CCD 遥感影像数据,预处理后进行 KT_B 变换,求取时间序列的 NDVI 数据,分析主要地物的光谱响应特征,采用面向对象的影像分析方法,根据 1.2.2 中确定的提取特征指标进行平原区园地信息提取,最后结合野外实地采样数据进行精度验证.

2 结果与讨论

2.1 结果

首先对 2010 年 4 月份影像进行分割,经过试验确定分割尺度为 30,波段权重为 1,形状因子和紧致度因子分别为 0.1,0.5;在此基础上根据 4、12 月份 NDVI 剔除耕地信息;根据第 4 波段、亮度特征等水体最佳提取因子将湿地剔除;第 3,对未分类影像进行处理.将 4、9、12 月份 3 个时相的 KT_B 变换结果作为 3 个波段参与分割,分割尺度为 30,波段权重为 1,形状因子和紧致度因子分别为 0.1,0.5;最后,根据 9 月份 IOPT 值剔除落叶林、人工表面及上覆有落叶林的人工表面,得到园地信息(图 5).

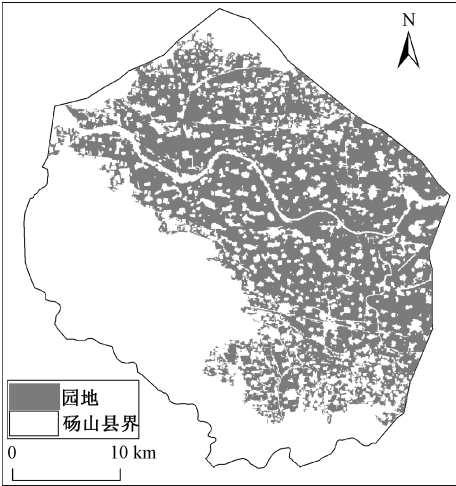


图 5 砀山县园地分布图

Fig. 5 Orchard distribution in Dangshan county

2.2 精度分析

结合原影像,将提取出的园地信息与原影像进行叠加,从目视上看,园地信息均被提取出来,人工表面及上覆有落叶林的人工表面完全被剔除,总体效果较好;据野外实地采样数据统计,园地信息提取生产者精度达到 91.9%,用户精度达 89.5%(表 1).对提取结果进行面积统计得园地面积 502 km²,与相关参考文献中提到的 500 km²果园^[21-22]、小面积其他园地的记录结果相吻合.

表 1 园地信息提取精度评价表

Table 1 Accuracy assessment of orchard information extraction

覆被类型	检验样本数	被分类总数	正确分类数	生产者精度/%	用户精度/%
园地	37	38	34	91.9	89.5
非园地	70	69	65	92.8	94.2
Total	107	107	99		

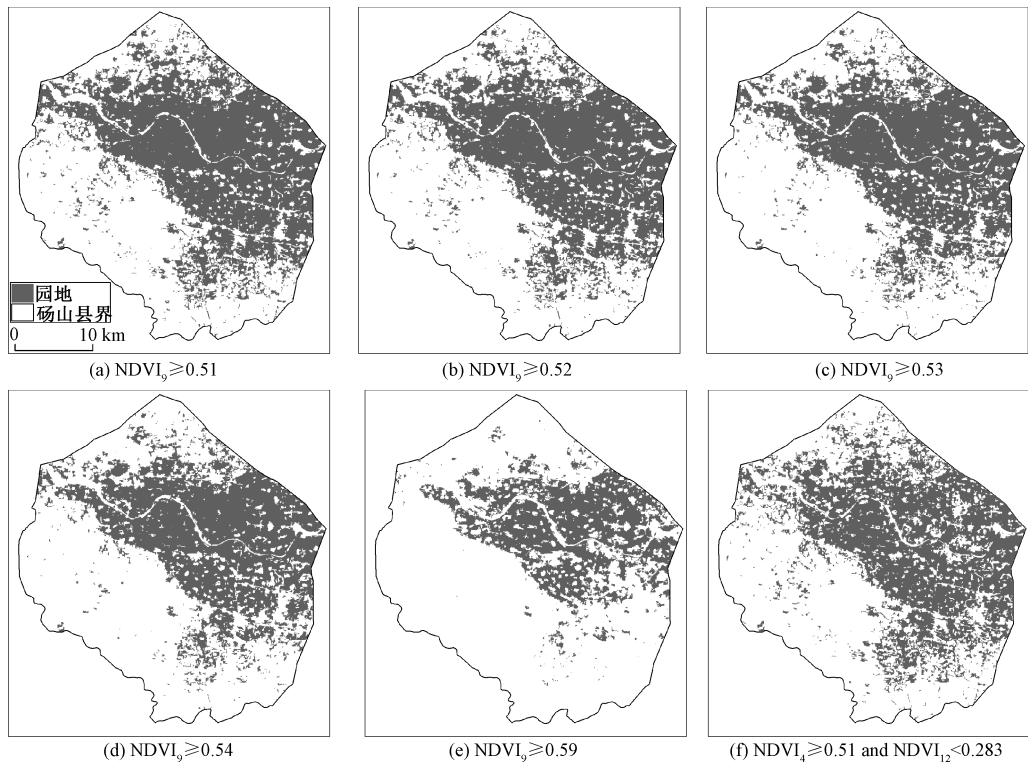
总体分类精度 = 92.5%

为了比较分析提取结果,基于 NDVI 分别使用单一时相和多时相影像进行园地信息提取.单一时相(9 月 30 日)情况下,从图 6(a)可以看出,在剔除居住地及上覆有落叶林的居住地过程中,由于二者相似的光谱信息和季相特征,当设置 NDVI≥0.51 时,几乎所有园地都被提取出来,但园地中分布的居住地剔除效果很差,尤其是园地覆盖度大的区域几乎全部被当作园地提出,导致园地面积过大,达 511 km²;从图 6(a)至图 6(e),随着 NDVI 设定阈值的增加,居住地及上覆有落叶林的居住地的剔除效果越来越好,但园地也被同时剔除了,当 NDVI 阈值增大到 0.59 时,居住地剔除效果最好,园地提取面积降至 252 km²;无论哪一个阈值状态下,样本点检验精度都在 70% 以下(表 2).

表 2 不同 NDVI 阈值下园地提取面积统计

Table 2 Area statistics of orchard extraction with remote sensing images at different NDVIs

图件	NDVI 阈值	样本统计精度/%	面积统计/km ²
图 6(a)	0.51		511
图 6(b)	0.52		481
图 6(c)	0.53	≤70	449
图 6(d)	0.54		415
图 6(e)	0.59		252
图 6(f)	0.51,0.283	81.7	481



NDVI₄、NDVI₉、NDVI₁₂分别为4月份、9月份和12月份的NDVI值。

图 6 不同 NDVI 阈值下园地提取效果对比

Fig. 6 Effect comparison of orchard extraction with the images at different NDVIs

从图6(f)可以看出,使用4月和12月份2个时相的影像提取园地时,较单一时相影像提取效果好得多,但仍然存在严重的居住地不能完全剔除的现象,若居住地被完全剔除了,部分园地也同时被剔除了。

3 结论

针对平原区园地的土地覆被特点,提出平原区园地指数 IOPT, 构建平原区园地信息的提取模式:

1)4月初(或3月底),9月底(或10月初)及12月份为平原区园地信息提取的最佳时相. 利用4月(或3月底)及12月份影像提取的NDVI可以将耕地信息尽可能地剔除;3个时相影像进行KT_B变换结果参与多尺度分割,可以得到园地和上覆有落叶林的居住地之间清晰的边界线;在分割基础上,利用平原区园地指数将居住地和上覆有落叶林的居住地剔除。

2)平原区园地提取的难点在于如何将分布于园地中的居住地和上覆有落叶林的居住地剔除,仅靠NDVI很难消除落叶林对居住地的影响,

导致园地提取精度不高,而KT_B变换得到的平原区园地指数IOPT能够有效地将上覆有落叶林的居住地剔除.该指数进一步夸大了不同地物之间水分条件的差别.实验还发现,园地的植被类型越单一、覆盖度越大,该指数应用效果越好。

3)面向对象的影像分析方法贯穿于整个研究过程,包括分类指标的提取以及分类规则集的建立,有效地避免了“椒盐现象”,提高了分类精度。

本文提出的平原区园地提取方法充分利用了中分辨率遥感影像的多时相特点,有效地解决了园地与上覆有落叶林的居住地难以区分的问题,并可以在其他平原区进行应用.有利于快速监测园地分布,对于园地的合理种植、生态环境保护以及有关部门的规划决策具有科学价值和指导意义.同时也为获取全国的园地空间分布情况提供技术支持。

参考文献

[1] Ranchin T, Naert B, Albuissou M, et al. An automatic method for vine detection in airborne imagery using wavelet

- transform and multi-resolution analysis[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2001, 67: 91-98.
- [2] Trias-Sanz R. Texture orientation and period estimator for discriminating between forests, orchards, vineyards, and tilled fields[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2006, 44: 2755-2760.
- [3] Yalniz I Z, Aksoy S. Unsupervised detection and localization of structural textures using projection profiles[J]. Pattern Recognition, 2010, 43: 3324-3337.
- [4] Claudio M, Damiano G, Lorenzo B, et al. Fusion of multi-spectral SPOT-5 images and very high resolution texture information extracted from digital orthophotos for automatic classification of complex Alpine areas[J]. International Journal of Remote Sensing, 2009, 30(11): 2859-2873.
- [5] 颜梅春. 高分辨率影像的植被分类方法对比研究[J]. 遥感学报, 2007, 11(2): 235-240.
- [6] Wang X Q, Wang Q M, Ling F L. Principal component analysis and its application on banana fields mapping using ENVISAT ASAR data in Zhangzhou, Fujian province[J]. Geo-spatial Information Science, 2009, 12(2): 142-145.
- [7] Herold N D, Haack B N, Solom E. An evaluation of radar texture for land use/cover extraction in varied landscapes[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2004(5): 113-128.
- [8] Sedano F, Gong P, Ferrao M. Land cover assessment with MODIS imagery in southern African Miombo ecosystems[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 98: 429-441.
- [9] 李增加, 马友鑫, 李红梅, 等. 西双版纳土地利用/覆盖变化与地形的关系[J]. 植物生态学报, 2008, 32(5): 1091-1103.
- [10] Boyd D S, Foody G M. An overview of remote sensing and GIS based research in ecological informatics[J]. Ecological Informatics, 2011(6): 25-36.
- [11] Jesus A G, Arie C S, Joost F D. Optimizing land cover classification accuracy for change detection, a combined pixel-based and object-based approach in a mountainous area in Mexico[J]. Applied Geography, 2012, 34: 29-37.
- [12] 张安定, 彭笃明, 李德一, 等. 基于 TM 影像的果园空间信息提取技术研究[J]. 测绘科学, 2007, 32(5): 121-123.
- [13] 宋丰顺. 安徽砀山地区梨种质资源的 RAPD 研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2004.
- [14] Wang Q, Wu C, Li Q, et al. Chinese HJ-1A/B satellites and data characteristics[J]. Sci China Earth Sci, 2010, 3(Suppl. I): 51-57.
- [15] 江东, 王乃斌, 杨小唤, 等. NDVI 曲线与农作物长势的时序互动规律[J]. 生态学报, 2002, 22(2): 247-252.
- [16] Kauth R J, Thoams G S. The tasseled cap: a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat[C] // Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data. Laboratory for Applications of Remote Sensing, 1976: 41-45.
- [17] Chen C X, Tang P, Zhao B. Tasseled cap transformation for HJ-1A/B charge coupled device images[J]. Journal of Applied Remote Sensing, 2012, 6(1): 1-11.
- [18] Crist P, Kauth R J. The tasseled cap de-mystified[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1986, 52(1): 81-86.
- [19] Pu R L, Landry S. A comparative analysis of high spatial resolution IKONOS and WorldView-2 imagery for mapping urban tree species[J]. Remote Sensing of Environment, 2012, 124: 516-533.
- [20] Baatz M, Schape A. Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic Networks[C] // The 2nd International Symposium on Operationalization of Remote Sensing. August 16-20th 1999 (Enschede ITC).
- [21] 李丹. 砀山县水果产业化现状分析与持续发展对策[J]. 滁州学院学报, 2010(1): 83-84.
- [22] 董思永. 砀山县耕地养分状况与施肥对策建议[J]. 安徽农学通报, 2012, 18(16): 75, 90.