

文章编号: 1004-8227(2010) 05-0529-06

基于时序 MODIS-EVI 监测华中地区耕地复种指数

王立辉^{1,2}, 黄进良^{1*}, 孙俊英^{1,2}

(1. 中国科学院测量与地球物理研究所, 湖北 武汉 430077; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 复种指数是衡量耕地资源集约化程度的基础性指标, 也是国家宏观评价耕地资源利用状况的重要技术指标, 它能有效反映农业生产在时间尺度上利用农业资源的程度。时序的植被指数曲线蕴涵着植被的生长和枯萎的循环节律, 可以反映农作物的出苗、拔节、抽穗、收获等过程。利用经过 Savitzky-Golay 滤波平滑的 250 m 分辨率的时序 MODIS-EVI(enhanced vegetation index, 增强型植被指数)监测华中地区 2005~2008 年复种指数。监测结果与根据统计数据得到的复种指数线性回归斜率为 1.109 7($R^2 = 0.759$, $P < 0.0001$), 样点验证总体精度为 92.4%, 样区验证精度为 97.91%。结果表明, 利用时序 MODIS-EVI 能及时快速、低成本、高精度的监测复种指数, 方法独立, 提取结果比较准确、可靠。

关键词: 复种指数; 时序 MODIS-EVI; 华中地区

文献标识码: A

复种是指在同一地块上一年内连续种植两季或两季以上作物的种植方式。耕地复种程度的高低通常用复种指数来度量, 复种指数指一块地一年内种植作物的次数^[1], 但习惯以全年农作物的总播种面积与耕地面积比值计算, 即: 耕地复种指数(%) = 全年作物总收获面积/耕地面积 × 100。复种指数是耕作制度研究中衡量耕地资源集约化利用程度的基础性指标, 也是国家宏观评价耕地资源利用基本状况的重要技术指标^[2], 能否正确估算和运用复种指数指标, 直接关系到一个国家或地区对土地利用状况的评价, 并影响其农业发展政策的制定和实施。

目前获取复种指数的方法主要有统计方法、潜力估算方法和遥感监测方法。统计方法是指通过统计调查的方法得到一年内区域中总的作物种植面积, 再用其除以区域内总的耕地面积。这种方法基于复种指数的定义, 是目前获取区域复种指数的主要方法, 但由于统计数据的质量和时效性问题, 计算结果不够准确。潜力估算方法通过对复种指数限制因子的分析得到区域可获得理想状态下最大复种指数, 但由于实际的作物种植中各种因素的限制, 实际所能获得的复种指数一般小于这个数字。遥感监测方法是指使用时间序列遥感数据来监测作物生长

季及生长变化, 通过把握农作物年内的循环规律来获得复种指数的方法。时间序列的遥感数据蕴涵着植被的生长和枯萎的年循环节律, 可以反映农作物的出苗、拔节、抽穗、收获等生长发育过程。因此, 根据时间序列遥感参数所构建的作物生长曲线的周期性, 可以反向捕捉到耕地农作物动态的信息, 进而得到耕地的复种指数^[3~6]。遥感具有速度快、成本低、范围广的技术特点, 随着遥感技术及其应用的不断发展, 遥感监测方法已经成为区域农作物复种指数监测的主要方法。目前, 在国际上虽没有学者专门进行复种指数的提取方法研究, 但是有一些学者研究利用多时相 NDVI 数据提取植被物候信息方法, 在这些研究中, 复种指数作为提取生长季起点及终点之后的附加参数。比如: Xin 等利用 NOAA 多时相数据监测华北平原冬小麦-夏玉米轮作体系中的 6 个关键生育期^[7]; Zhang 等利用 MODIS 时序植被指数提取农业物候信息^[8]; 国内的一些研究提出了一些复种指数的提取方法。比如: 范锦龙利用 SPOT 的植被数据合成的空间分辨率为 1 km 的 NDVI 为数据源对中国 1999~2002 年连续 4 a 的复种指数进行了监测^[9]; 闫慧敏在他人的基础上加上了生长季长度和积温的限制条件来提取复种指

收稿日期: 2009-05-21; 修回日期: 2009-07-13

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KSCX1-YW-09-01)

作者简介: 王立辉(1985~), 男, 河北省承德人, 硕士生, 主要从事遥感在农业与生态环境中的应用研究。E-mail: wanglihui1985@126.com

* 通讯作者 E-mail: hjl@asch.whigg.ac.cn

数^[10]; 彭代亮利用 MODIS-NDVI 对浙江省 2001~2004 年的耕地复种指数监测^[11]; 朱孝林等利用 SPOT-VGT 多时相 NDVI 提取了我国 1999~2004 年北方 17 省的复种指数^[12]; 而对于地形复杂、地块破碎、种植结构复杂的我国中南部地区研究较少涉及。本文以华中地区为研究区域, 采用 2005~2008 年连续 4 a 的 250 m 分辨率的时序 MODIS-EVI 数据, 提取耕地复种指数。

1 研究区域与数据源

1.1 研究区域概况

华中地区(24°58′ ~ 36°22′ N, 108°21′ ~ 116°39′ E) 位于我国中部、黄河中下游和长江中游地区。包括河南、湖南和湖北 3 省。全区土地面积 56 万多 km², 占全国土地总面积的 5.9%。农业很发达, 是我国粮食主产区和重要的商品粮生产基地。其中, 河南地处亚热带向暖温带过渡带, 是全国最大的粮食生产基地, 也是棉花、油料、烟叶等农产品的重要生产基地, 粮食总产量居全国首位; 湖北位于长江中游, 主要农产品产量位居全国前列, 粮、棉产量在全国占有重要地位; 湖南位于长江中游南岸, 属中亚热带季风湿润气候区, 盛产稻米、棉花、油料等, 这些农产品产量均居全国前列。华中地区热量条件好、无霜期长、总积温高、水分充足, 是我国最主要的多熟种植地区, 监测其复种指数具有重要意义。

1.2 MODIS-EVI 数据

归一化植被指数 NDVI 作为一个通用的植被指数, 它能较好地反映植被生长活动的季节变化和年际变化^[13]。但 NDVI 也有明显的局限性, 主要是它对近红外和红光波段的非线性拉伸, 其结果是增强了低值部分, 抑制了高值部分, 对高植被区体现出较低的敏感性, 在高植被覆盖区域容易出现信号饱和^[14], 另外也对植被冠层背景较为敏感, 其中包括土壤背景、潮湿地面、枯叶、雪等。而增强型植被指数 EVI 根据蓝光和红光通过气溶胶的差别, 补偿了残留气溶胶对红光的吸收, 综合采用“抗大气植被指数”和“抗土壤植被指数”, 克服了土壤背景的影响和 NDVI 在植被高覆盖区易饱和、植被低覆盖区受土壤植被影响较大、对大气衰减去除不彻底等缺点^[15]。利用 MODIS 产品计算 EVI 的公式为:

$$EVI = G \times \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + C_1 \times \rho_{Red} - C_2 \times \rho_{Blue} + L}$$

其中: ρ_{NIR} 、 ρ_{Red} 、 ρ_{Blue} 分别为近红外、红光和蓝光

波段的表现反射率或者方向反射率; L 为土壤调节参数; C_1 和 C_2 为大气调节参数; G 为增益系数^[16]。在 EVI 计算中, 通常取 $L = 1$, $C_1 = 6$, $C_2 = 7.5$, $G = 2.5$ ^[17]。本文选取时序 MODIS-EVI 来监测华中地区耕地复种指数。获取华中地区的 MODIS3Q1 和 MYD13Q1 数据, 利用 MODIS 提供的 MRT 投影转换工具, 将数据进行拼接、投影转换和格式转换, 形成华中地区 8 d 合成数据集, 并进行图像叠加构建了 2005~2008 年连续 4 a 的空间分辨率为 250 m 的 MODIS-EVI 时间序列数据, 每年共 46 个时相的图像。

1.3 辅助数据

(1) 土地利用数据: 将华中地区 1:10 万矢量格式土地利用数据转化为栅格数据, 重采样为 250 m 的分辨率, 得到华中地区耕地分布数据。

(2) 统计数据: 2005~2008 年华中 3 省统计年鉴, 并根据统计年鉴中各市州的农作物播种面积和耕地面积计算得到各市州的耕地复种指数。

(3) 其他辅助数据: 华中 3 省行政区划矢量数据以及作物生长物候等辅助数据。

2 复种指数的提取

2.1 时序 EVI 数据平滑

大量研究表明: 由于太阳光照角度、大气以及云的影响, 遥感数据中包含很多不可预测的噪音, 严重影响了监测结果^[18~21]。因此, 有必要对时序植被指数进行重构和平滑处理, 降低植被指数中的噪声, 为研究提供更为可靠的时序数据集。目前时序植被指数的重构方法, 主要包括最大值合成(MVC)、最佳指数斜率提取(BISE)、中值迭代滤波(MIF)、时间窗内的线性内插(TWO)、傅里叶变换(FT)、时间序列谐波分析法(HANTS)和 Savitzky-Golay 滤波等。每一种方法都有其优点, 但同时也显示出了某些局限^[22,23]。综合考虑各个方法优缺点, 本文选取基于 Savitzky-Golay 滤波的平滑方法对时序 EVI 数据进行去噪平滑处理。Savitzky-Golay 滤波(Savitzky 和 Golay, 1964) 又称最小二乘方法或数据平滑多项式滤波器, 其原理是在一个移动的窗口内使用多项式函数, 实现滑动窗内的最小二乘拟合, 每次移动窗口, 求取出窗口中间那个点的拟合值, 并最终实现数据平滑处理。结合本文的目的并以地表覆盖类型为耕地进行反复多次的实验, 在拟合长期变化趋势线时, 选择的参数为: 粗拟合窗口大小为 7, 长期拟合多项式次数为 2, 短期拟合窗口大小为

3, 短期拟合多项式次数为 2, 最大迭代次数为 15, 拟合效果指数阈值为 0.002。利用上述方法和参数对时序 EVI 进行平滑, 由图 1 可以看出, 经过 Savitzky-Golay 滤波处理后, EVI 时间谱曲线变得很平滑, 曲线的变化趋势更加明显, 同时也保留了真实的细节信息, 能够保证原始曲线上的特征点, 如最大、最小值出现的时间, 从而更加有利于复种指数提取。

2.2 复种指数提取方法

EVI 的时间变化与农作物的生长发育规律密切相关, 体现了农作物长势的时间变化趋势和耕地的利用程度, EVI 时间变化曲线的波动则反映了一年内农作物的兴衰更替。研究表明^[24, 25]: 植被指数时间变化曲线形成的“峰”和“谷”是与农作物生长周期相联系的, “峰”一般对应的是农作物的抽穗期, “谷”一般对应的是农作物收获后。因此, 如果从一个像元内的农作物一年的种植数来考虑, 则可以认为一年内 EVI 时间序列曲线的波峰数在数值上就等于该耕地像元的复种次数, 即一个地块的复种次数可以看作该地块像元 EVI 时间变化曲线一年内的峰频。因此, 要提取耕地复种指数, 只需提取时间变化曲线的波峰个数。由“波峰”的数学含义可知, 曲线图像上的波峰必然对应曲线函数上极大值点。我们采用二次差分的方法来寻找曲线所有波峰。设在一个像元曲线上第 i 时相的 EVI 值为 EVI_i , 首先计算相邻时相 EVI 之差, 得到数列 d_1 , 然后判断数列 d_1 中元素的符号, 若为正则为 1, 为负记为 -1, 得到数列 d_2 , 求数列 d_2 中前后两个元素之差, 得到数列 d_3 , 若 d_3 中元素值为 -2, 且前后两个元素都为 0 的位置, 则为波峰。若值为 2, 且前后两个元素都为 0 的位置, 则为波谷。将 d_3 中元素值为 -2 且前后两个元素都为 0 的元素计数, 最终波峰数即为 d_3 中元素值为 -2 且前后两个元素都为 0 的元素个数。即:

$$d_{1i} = EVI_{i-1} - EVI_i \quad d_{2i} = \begin{cases} 1, & d_{1i} > 0 \\ -1, & d_{1i} < 0 \end{cases} \quad d_{3i} = d_{2i} - d_{2i+1} \quad (i \text{ 代表序列中第 } i \text{ 个元素})$$

找到波峰波谷位置后, 计算每个波的波长, 判断每个波是否符合一季作物的特征(独立生长季大于 2 月, 具有独立的长势特征, 即在 EVI 时间序列上有一定起伏), 若不符合, 则为干扰峰, 我们用线性内插的方法, 根据干扰峰前后波谷的 EVI 值去除干扰峰。然后计算各个像元的复种指数, 统计区域单元的复种指数。

2.3 区域复种指数统计

统计各区域单元复种指数公式为:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

式中: P 为区域单元的耕地复种指数; P_i 为每个耕地像元的复种指数(曲线波峰个数); n 为该区域单元的耕地像元总数。

2.4 复种指数提取结果

利用时序 MODIS-EVI 提取的华中地区 2005~2008 年的复种指数空间分布, 见图 2。利用 ArcGIS 空间统计功能计算出华中各市州的复种指数, 结果如图 3。从图 2 和 3 中可以看出, 4 a 的复种指数分布呈现出较一致的趋势, 而且符合根据热量条件、水分、地貌、社会经济条件和作物类型等因素制定的中国耕作制度区划, 说明本文所用方法稳定。为验证本文方法的可信度, 进一步对监测结果与根据统计数据得到的复种指数进行比较以及利用样点和样区进行验证。

3 结果验证

3.1 统计资料验证

本文收集了 2006~2008 年华中各省的统计年鉴^[26~28], 根据统计资料中各市州的播种面积和耕地面积数据计算出 2005~2007 年各市州的复种指数, 其结果和本文提取结果的相关关系见图 4。

从图中可以看出: 统计数据与遥感监测结果基本一致, 二者的线性回归斜率为 1.109 7 ($R^2 = 0.759$, $P < 0.0001$)。可以认为, 遥感监测结果与统计数据在市州尺度上有较好的吻合度。

3.2 实验区验证

通过在河南设置了一个 5km × 5km 的实验区域, 实验区域为典型的两熟作物种植区, 夏粮以冬小麦为主, 秋粮以玉米为主。分别在 2008 年 5 月和 9 月在实验区域内借助高分辨率遥感影像识别每个田块的边界, 实地调查填写每个田块的作物类别, 结果如图 5 和图 6。将夏粮和秋粮作物填图结果叠加。得到实验区 2008 年复种指数为 188.67, 本文的监测结果为 184.73, 相对误差为 -2.09%, 精度为 97.91%。

3.3 样点验证

在每年的影像上抽样选取 250 个样点, 4 a 共 1 000 个样点像元, 根据对样点原始 EVI 时间序列曲线进行目视解译, 得到样点的复种指数, 并与利用 Savitzky-Golay 平滑之后的提取结果比较。得到误差矩阵如表 1 所示, 计算得到总体精度为 92.4%。

从表 1 可以看出,对于一年两季和第三季,提取的精度较高。而对于休耕和一季作物,精度稍低。主要由于南方地区水热条件较好,即使在休耕季节仍然会生长大量的植被。

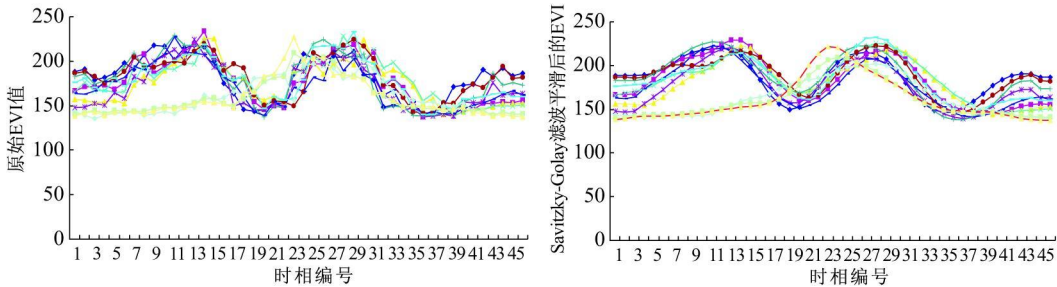


图 1 Savitzky-Golay 滤波平滑后同一个像元地物 EVI 时间谱比较

Fig. 1 EVI Temporal Profile of Different Land Cover Classification Before and After Savitzky-Golay Filter Processing

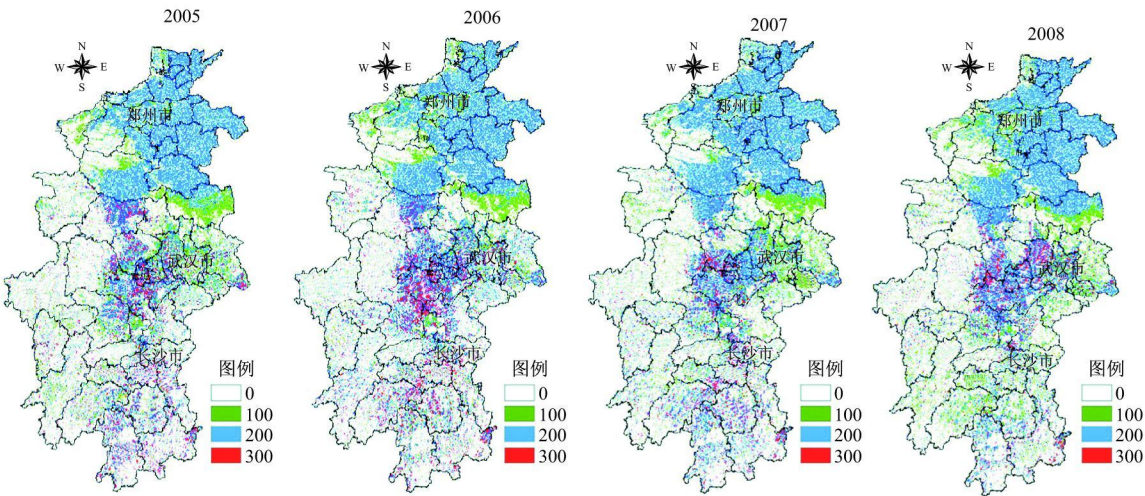


图 2 华中地区 2005~ 2008 年耕地复种指数空间分布

Fig. 2 Spatial Distribution of the Multiple Cropping Index in Central China from 2005 to 2008

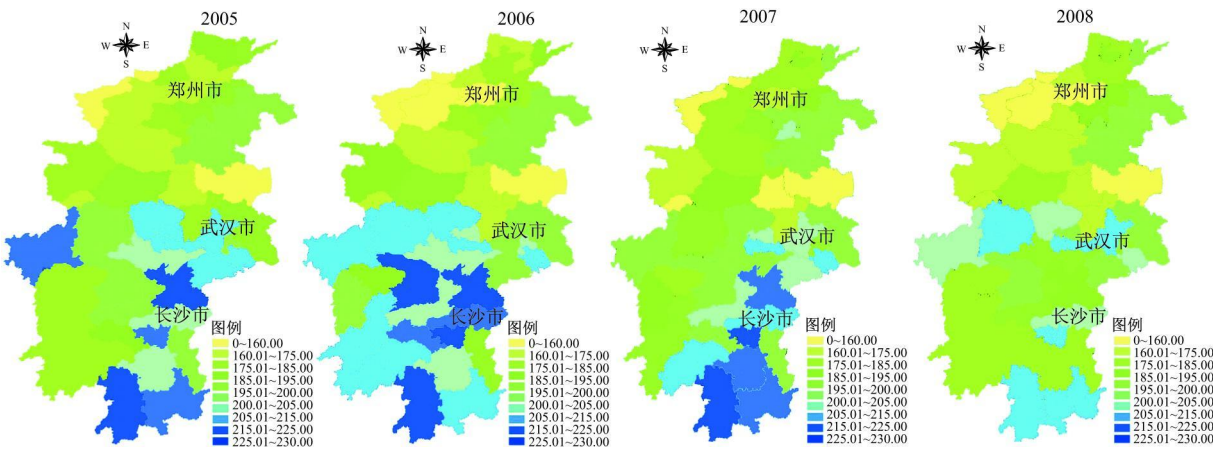


图 3 华中地区各市州 2005~ 2008 年各年复种指数分布图

Fig. 3 Distribution Map of Multiple Cropping Index of Each City in Central China from 2005 to 2008

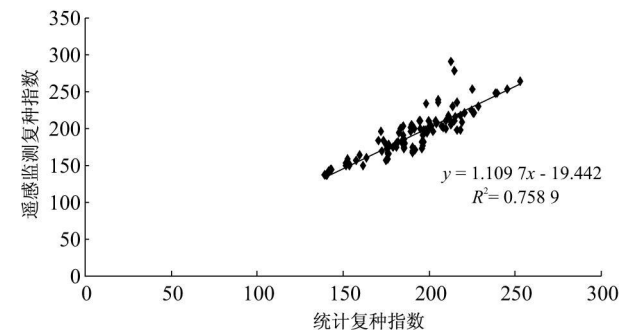


图 4 遥感计算结果与统计结果对比

Fig.4 Calculated Multiple Cropping Index by Remote Sensing Data and Statistics Data

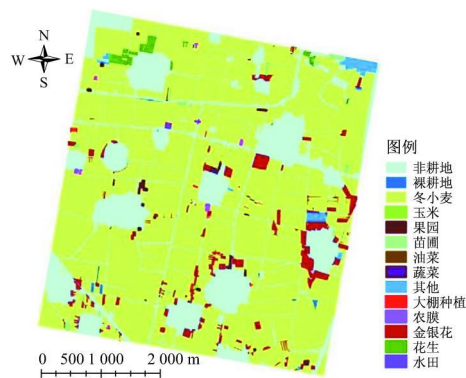


图 5 实验区 2008 年夏粮作物分布图

Fig. 5 Map of Summer Crops in Experimental Area in 2008

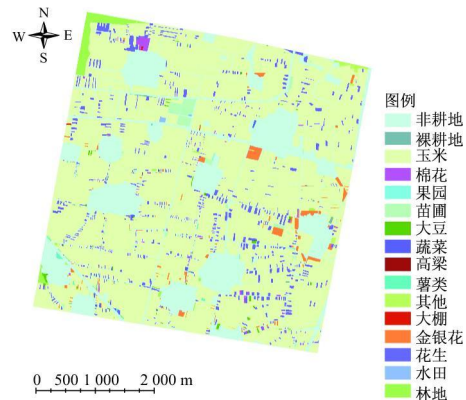


图 6 实验区 2008 年秋粮作物分布图

Fig. 6 Map of Autumn Crops in Experimental Area in 2008

表 1 遥感提取的复种指数误差矩阵

Tab. 1 Error matrix of the Multiple Index Extraction						
目 视 遥 感	休耕	1 季	2 季	3 季	合计	用户精度 (%)
休耕	62	0	0	0	62	100
1 季	4	111	6	3	124	89. 52
2 季	8	9	366	19	402	91. 04
3 季	8	6	13	385	412	93. 45
合计	82	126	385	407	1000	
生产 精度	75. 61%	88. 10%	95. 06%	94. 59%		

4 结论与讨论

目前, 研究人员所使用的复种指数大部分来自统计数据, 由于统计数据的时效性差, 质量也不高。因此, 寻求统计之外的方法获取复种指数不仅能方便获取复种指数数据, 而且还能提高复种指数的应用质量。本文利用经过 Savitzky-Golay 滤波平滑的时序 MODIS-EVI 数据监测华中地区 2005~ 2008 年的复种指数, 将结果与统计数据进行对比分析以及利用样点和样区进行验证。表明利用本文所使用的数据与方法提取的复种指数比较准确和可靠, 特别是在宏观尺度上具有较高的精确度, 可以实现耕地复种指数空间分布状况监测。

MODIS 数据具有足够高的时间分辨率, 且 EVI 相对于 NDVI 具有一定的优势, 利用 MODIS 时序 EVI 数据监测复种指数, 方法独立可靠, 使得及时、快速、低成本、高精度的农作物种植模式等农业信息的提取成为可能。但是, 本文的方法也有一定的局限性, 比如混合像元以及撂荒地中生长的自然植被所带来的误差, 都是影响方法精度的重要因素。另外, 遥感监测结果的验证本身是一件非常难做却又必须去做的事情, 加强地面验证工作, 需要在更大的区域范围内选择不同类型地区进行相应空间内复种情况的勘查, 从而对遥感监测结果的精度进行评价, 发现问题, 改进遥感处理方法, 仍然任重道远。总体来说, 本文的方法具有重要的实际意义和广阔的应用前景, 它的进一步完善将会使得复种指数提取更加精确、快捷, 从而为农业部门及时提供有关耕作制度的空间分布信息, 使农业管理做到有的放矢。

参考文献:

[1] 刘翼浩. 耕作学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.

[2] 刘翼浩. 论中国耕地种植指数的潜力[J]. 作物杂志, 1997, (3): 1~ 2.

[3] 郭柏林. 我国复种指数变化特征、效益和潜力[J]. 经济地理, 1997, 17(3): 8~ 13.

[4] 侯英雨, 王石立. 基于作物植被指数和温度的产量估算模型研究[J]. 地理学与国土研究, 2002, 18(3): 105~ 107.

[5] 史俊通, 刘孟君, 李 军. 论复种与我国粮食生产的可持续发展[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 51~ 57.

[6] 王宗明, 梁银丽. 应用 EPIC 模型计算黄土塬区作物生产潜力的初步尝试[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4): 481~ 487.

[7] XIN J F, YU Z R, VAN LEEUWEN L, et al. Mapping crop key phenological stages in the North China Plain using NOAA time se-

ries images[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2002, 4: 109~ 117.

[8] ZHANG X, FRIEDL M A, SCHAAF C B, et al. Monitoring vegetation phenology using MODIS[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 84: 471~ 475.

[9] 范锦龙, 吴炳方. 复种指数遥感监测方法[J]. 遥感学报, 2004, 8 (6): 628~ 636.

[10] 闫慧敏, 曹明奎, 刘纪远, 等. 基于多时相遥感信息的中国农业种植制度空间格局研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(4): 58~ 63.

[11] 彭代亮, 黄敬峰, 金辉民. 基于 MODIS-NDVI 的浙江省耕地复种指数监测[J]. 中国农业科学, 2006, 39(7): 1 352~ 1 357.

[12] 朱孝林, 李 强, 沈妙根, 等. 基于多时相 NDVI 数据的复种指数提取方法研究[J]. 自然资源学报, 2008, 23(3): 534~ 544.

[13] 赵英石. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[14] 刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理和算法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[15] 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.

[16] HUETE A, JUSTICE C, LEEU WEN W. Modis vegetation index (mod l3) algorithm the oretical basis document version 3 [OB]. 1999. [2006-07-06]. <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/modl3.pdf>.

[17] HUETE A, JUSTICE C, LIU H. Development of vegetation and soil indices for MODIS—EOS[J]. Remote Sensing of Environment, 1994, 49: 224~ 234.

[18] HUETE A. MODIS vegetation indices vegetation dynamics, land cover, and land cover change[Z]. Aqua/ MODIS, Data Products Handbook-Volume 2: 173~ 175.

[19] GUTMAN G G. Vegetation indices from AVHRR: An update and future prospects[J]. Remote Sensing of Environment, 1991, 60: 35~ 57.

[20] LIU H Q, HUETE A. A feedback based modification of the NDV I to minimize canopy background and atmospheric noise [J]. IEEE Transactions on Geo Science and Remote Sensing, 1995, 33 (2): 457~ 465.

[21] CILAR J, LY H, LI Z Q, et al. Multitemporal, multichannel AVHRR data sets for land biosphere studies——Artifacts and corrections[J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 60: 35~ 57.

[22] 顾 娟, 李 新, 黄春林. NDVI 时间序列数据集重建方法述评[J]. 遥感技术与应用, 2006, 21(4): 391~ 395.

[23] 李 儒, 张 霞, 刘 波, 等. 遥感时间序列数据滤波重建算法发展综述[J]. 遥感学报, 2009, 02: 335~ 341.

[24] 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.

[25] 王延颢, MALINGREAU J P. 应用 NOAA— AVHRR 对江苏省作物监测的可行性研究[J]. 环境遥感, 1990, 5: 221~ 227.

[26] 河南省统计局. 河南统计年鉴 2006~ 2008[Z]. 北京: 中国统计出版社(2006~ 2008).

[27] 湖北省统计局. 湖北统计年鉴 2006~ 2008[Z]. 北京: 中国统计出版社(2006~ 2008).

[28] 湖南省统计局. 湖南统计年鉴 2006~ 2008[Z]. 北京: 中国统计出版社(2006~ 2008).

MONITORING FOR MULTIPLE CROPPING INDEX OF CULTIVATED LAND IN CENTRAL CHINA USING TIME SERIES OF MODIS-EVI

WANG Li-hui^{1, 2}, HUANG Jin-liang¹, SUN Jun-ying^{1, 2}

(1. Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Multiple Cropping Index is a very important indicator in agricultural statistic in China, which represents the degree of utilizing agriculture resources at time scale and the situation of arable land effective using. The time series of EVI contain the rhythm of vegetation growth and wilting, and can accurately reflect the biophysical processes of planting, seedling, elongating, heading and harvesting of agricultural crops. The objective of this paper is monitoring Multiple Cropping Index of Central China according to the period of time series of MODIS-EVI after Savitzky-Golay filter processing from 2005 to 2008. The results revealed that this method could provide an effective way to monitor Multiple Cropping Index. Results are accurate and stable. The slope of linear regression of the Multiple Cropping Index between remote sensing data and statistical data was 1.109 7 ($R^2 = 0.759$, $P < 0.000 1$). The total precision of sample validation based on visual identification was 92.4% and precision of sampling areas based on visual identification was 97.91%, suggesting that according to the period of time series of MODIS-EVI it could provide an effective way to extracting spatial information of the Multiple Cropping Index for management department of agriculture.

Key words: Multiple Cropping Index; MODIS; time series of EVI; central China