

基于高分辨率遥感影像的农作物灾损评估研究*

崔京路¹, 毛克彪^{2, 3*}, 陈日清¹, 曹萌萌², 袁紫晋², 唐世浩⁴

(1. 福建农林大学计算机与信息学院, 福州 350002; 2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 3. 湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128; 4. 国家气象卫星中心, 北京 100081)

摘要:【目的】2016年湖北省部分地区遭受洪涝灾害, 导致该省农作物产量下降。利用遥感手段进行灾损评估研究可快速、准确获取灾后农作物的受灾程度与减产量, 给农民提供实时、准确的参考数据, 以减少农民的经济损失。【方法】基于2015年7月与2016年7月的灾前灾后 Landsat-8 影像, 利用面向对象分类方法和分层抽样方法对湖北省荆州市与荆门市部分地区的农作物进行受灾面积提取, 统计农作物受灾面积总量; 对灾前灾后农作物的 NDVI 值进行对比, 根据灾前灾后的 NDVI 差值进行受灾等级划分, 以此得到农作物的受灾等级。【结果】(1) 由连续暴雨引起的洪涝灾害导致研究区农作物都有不同程度的受损, 采用了面向对象分类方法精度指标的 Kappa 系数为 0.849 5, 以此分类统计出的受灾农作物总面积为 635.838 km²; (2) 受灾严重的区域主要是依傍河岸和地势低洼处。荆州市的弥市镇虎渡河附近的农作物受灾等级最高, 受灾最为严重, 几乎完全被洪水淹没; 而荆州市马良镇的杨家湾因为地势低以及对农作物的灾害预防措施做得不够, 也造成大量的农作物被淹没, 甚至出现了绝收现象。【结论】对于农作物灾后监测, 有关部门要借助遥感手段及时向农民提供数据支持, 将农民的经济损失降到最低, 最大程度地保障农民的生活。

关键词: NDVI 差值; 灾损评估; 受灾面积; 受灾等级

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20180606

0 引言

农业是一项基础产业, 它保障了群众的基础生活。然而随着全球气候的恶化, 自然灾害的发生也愈加频繁, 不管是由台风引起的海啸、洪涝灾害, 还是由于气候干旱引起的森林火灾、农作物旱灾等都给人们的生活、生产带来了严重的经济损失^[1-2]。自然灾害严重威胁了农作物生长, 致使农作物受损严重, 产量下降。因此对农作物进行灾后评估, 有利于及时进行救灾工作, 减少损失^[3-6]。

灾损评估指对受灾后的各种损失进行评价与估计, 为后续的灾后重建工作提供资料

收稿日期: 2018-09-08

第一作者简介: 崔京路(1996—), 女, 汉族, 河南信阳人, 硕士研究生。研究方向: 智能计算与机器学习。

Email: 932034705@qq.com

* 通信作者简介: 毛克彪(1977—), 男, 汉族, 湖南沅江人, 博士、研究员。研究方向: 农业遥感。

Email: maokebiao@caas.cn

* 基金项目: 国家重点研发计划课题“高时空分辨率多源卫星遥感气象灾害产品融合技术”(2018YFC1506502), 国家自然科学基金项目“基于遥感研究气候变化背景下农业旱灾时空变化对粮食生产影响”(41571427)

辅助。农作物灾后损失评估是农业遥感的重要部分，对灾后农作物产量、受损程度定量与定性估算以及灾后政策制定、经济补助、灾害预防方面都具有重大意义。传统农业灾后损失评估手段效率低、费用高，已不能满足当今社会需求。随着数字农业的兴起，借助遥感监测手段对其进行实时监测，及时反馈农作物的生长信息，已成为数字农业中的一项关键技术^[7-10]。

2016 年 7 月初，我国大部分地区尤其是长江中下游沿江区域及江淮、西南东部等地出现强降雨，给该区域带来严重洪涝灾害，造成 600 多万人受灾，农作物受损面积达数百万公顷，带来了巨大经济损失。荆州市和荆门市位于湖北省的中南部和中部，且长江流经荆州市部分地区，受此次洪涝灾害影响，荆州市和荆门市部分地区发生渍涝，农作物受损，有些地区甚至出现绝收现象。

文章以荆州市和荆门市部分区域为研究区，监测该地区洪涝灾害后农作物生长状态，统计研究区以水稻为主的农作物减产量和受灾程度，为该地区农作物灾损评估提供灾后工作的数据支持，以便进行后续工作安排，有利于降低人力、物力消耗^[11-13]。

1 研究区域概况与数据

1.1 研究区域概况

荆州市与荆门市分别位于湖北省的中南部和中部，地处长江的支流流域，介于 30° 30' N~31° 00' N, 111° 30' E~112° 30' E 之间（图 1）。该地区多为平原地带，地势平坦，属亚热带季风气候。夏季雨水充沛，农作物多分布在河流流域两岸，水源充足，可满足水稻等农作物的生长需求。

1.2 数据及其处理

该文选用的数据是 Landsat-8 OLI 传感器上的 NIR（近红外波段）和可见光的几个波段^[14-18]。Landsat-8 上携带有两个主要载荷：陆地成像仪（Operational Land Imager, OLI）和热红外传感器（Thermal Infrared Sensor, TIRS）。OLI 包括 9 个波段，空间分辨率为 30 m，其中包括一个 15 m 的全色波段，成像宽幅为 185km × 185 km^[19-21]。

由资料可知，该地区近几年农作物种植品种很稳定，没有出现大的变动。2015 年该地区未受到自然灾害和人为灾害影响，收成正常；2016 年 7 月初该地区由于特大暴雨，致使农作物遭受洪涝灾害，所以选取 2016 年 7 月 30 日影像作为灾后数据。7 月份为水稻的

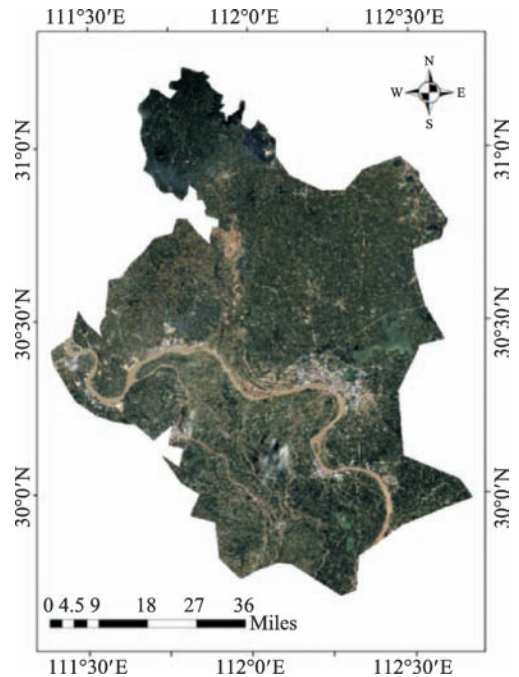


图 1 研究区地理位置
Fig.1 Location of the study area

2018年12月

收割季节,但是由于此次洪涝灾害影响,水稻无法正常收割,所以可以排除2016年7月份该地区遥感影像农作物NDVI值突变是由水稻的“双抢”(水稻收割)时节造成的。由于近几年该区域的农作物类型未发生大的变化,且农作物每年生长周期基本相同,故选取2015年7月23日的遥感影像作为灾前遥感影像数据。

首先对研究区影像进行辐射定标、大气校正、几何校正等预处理,然后利用面向对象分类方法得到分类图,获取受灾面积,再用分层抽样方法对受灾面积进行校正。最后利用分类图的灾前灾后农作物NDVI差值,进行受灾等级划分,得到农作物(以水稻为主)受灾程度^[22-24]。主要实验数据见表1。

表1 主要实验数据
Table 1 The main study data

数据类型	获取时间	精度	用途
Landsat-8 影像	2015-07-23	多光谱波段 30 m	进行面积模拟真值
Landsat-8 影像	2016-07-30	全色波段 15 m	受灾范围、等级、程度划分
谷歌地图影像	-	-	进行先验知识的获取
自定义矢量区划图	-	-	裁剪遥感图像

2 研究方法

2.1 评估流程

主要流程步骤包括:(1)研究区数据预处理,(2)基于面向对象的遥感影像分类,(3)受灾等级程度划分,(4)基于分层抽样的面积总量校正。

该研究基于面向对象的分类方法对研究区图像进行分类,然后用灾前灾后研究区分类图求NDVI值,再将两幅图的NDVI图进行差值运算,根据蔡毅等^[25]提出的基于遥感抽样对农作物进行灾损评估的方法对研究区农作物进行受灾程度等级划分,统计各受灾等级的面积,得到农作物受灾程度等级分布图^[11, 13]。

利用灾后分类图确定农作物受灾范围,统计农作物的受灾面积,然后基于分层抽样方法对农作物受灾面积总量进行校正。

2.2 基于面向对象分类方法的地物分类

传统的基于像元分类方法最先使用在低空间分辨率的影像上,这种分类只凭借地物的光谱信息,考虑的特征类型太少,对于有相似的光谱反射率地物来说可能会出现错分现象。而且此类分类方法基于同一个尺度因子层,所以不能很好地对影像信息进行充分提取。

Baatz M 和 Schape A 发现高空间分辨率遥感影像的空间特征信息比光谱特征信息更加全面、丰富,因此他们提出了基于面向对象的影像分类方法。这种方法异于传统分类方法的最小处理单位是像元,它的最小处理单位是由一个个像元构成的对象。在分类时,除了考虑光谱信息,还会考虑相邻像元之间的纹理信息、拓扑信息以及内部语义信

息^[26]。该文选取面向对象分类方法，对研究区影像进行多尺度分割，得到多个尺度下的样本，然后结合农田的纹理、位置、形状信息，利用模糊分类的方法对农田进行信息提取。

2.3 受灾程度划分

对于受灾程度等级的划分，虽然得不到真实的减少比率，但是根据灾前灾后遥感影像的 NDVI 差值大小可以看出农作物长势的变化情况，且差值越大，说明受灾越严重^[27]。依据蔡毅等^[25]提出的基于 NDVI 差值划分阈值的方法，认为差值大于 0.5 为 3 级受灾，进一步得到实验区灾后分类图。这个方法为灾后的救灾工作提供了更为精确的数据支持。

2.4 分层抽样

分层随机抽样指的是先将样本分为不同层次，然后在每一层次上随机选取部分样本进行整体评估。该文需要调查的是农作物受灾情况，需注意的是不能完全集中在洪涝灾害最严重的区域进行调查，也不能选择灾情轻微的地方进行调查，缺乏全面性^[28]。所以选择分层抽样方法进行调研，既代表了研究区的整体受灾概况，也避免了全面调查。但需注意的是样本应均匀随机选取，确保数据准确性。

将受灾区根据 NDVI 差值图的变化程度分成 7 个层次，3 级受灾农作物主要是位于荆州市的弥市镇和 马良镇的杨家湾。弥市镇靠近虎渡河附近，种植了大量农作物，所以此次受灾比较严重。杨家湾由于低地势以及不完善的农田灾情预防措施，也造成大量农作物被淹没，甚至出现了绝收现象。2 级受灾农作物位于沮漳河附近的沿岸地区。与平原地带的荆州市农作物相比，地处山地丘陵地带的荆门市由于地势较高，所以农作物受灾程度较轻。

3 结果与分析

3.1 分类精度评定与面积统计

该文选取混淆矩阵进行精度评定，得到灾后影像分类的 Kappa 系数为 0.8495。混淆矩阵的 Kappa 系数可以体现分类精度，精度越高说明分类效果越好。

基于研究区灾后分类（图 2），统计各类地物所占的像元数目可计算受灾农作物面积。由 ArcMap 中像元统计工具，得到农作物总面积为 1 530.17 km²。未受灾农作物总面积为 894.33 km²，受灾农作物总面积为 635.838 km²。

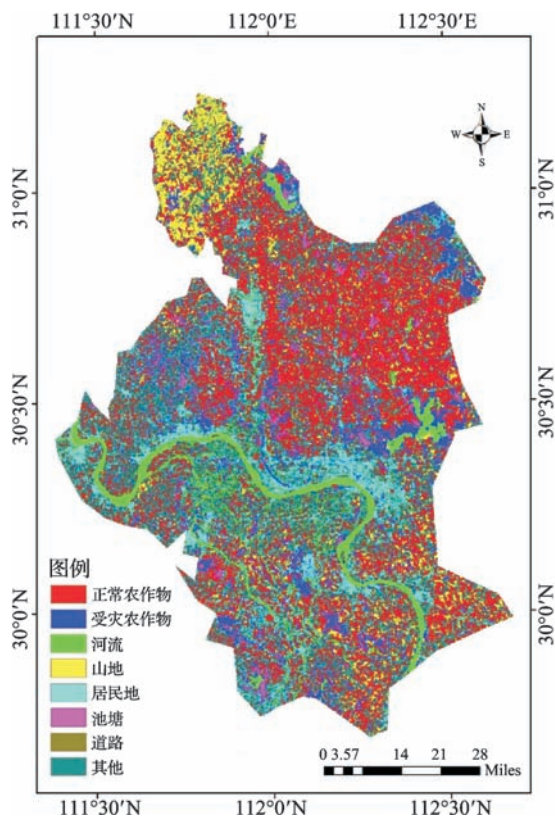


图 2 实验区灾后分类图
Fig.2 Post-disaster classification picture of the experimental area

2018年12月

3.2 受灾等级程度图

将研究区农作物灾前灾后分布图的 NDVI 值相减, 得到 NDVI 差值, NDVI 差值在 $-1\sim 1$ 之间, 差值为负说明此地表植被覆盖度较去年相比有所下降, 差值越接近 0 说明变化越小, 受灾程度越小。但未受灾植被的 NDVI 值也会有小范围波动, 由蔡毅等^[25, 27] 相关可知, 在农作物品种相对稳定时, 若 NDVI 值波动在 0.1 之内, 可认为植被的覆盖类型未发生变动, 即未受灾。若 NDVI 差值大于 0.1, 差值越大, 受灾也就越严重。将灾前灾后农作物 NDVI 差值进行阈值等级分割, 根据 NDVI 阈值评定农作物受灾等级, 得到实验区农作物的受灾等级分布图 (图 3)。由受灾等级程度分布图, 统计出受灾等级的面积, 如表 2 所示。

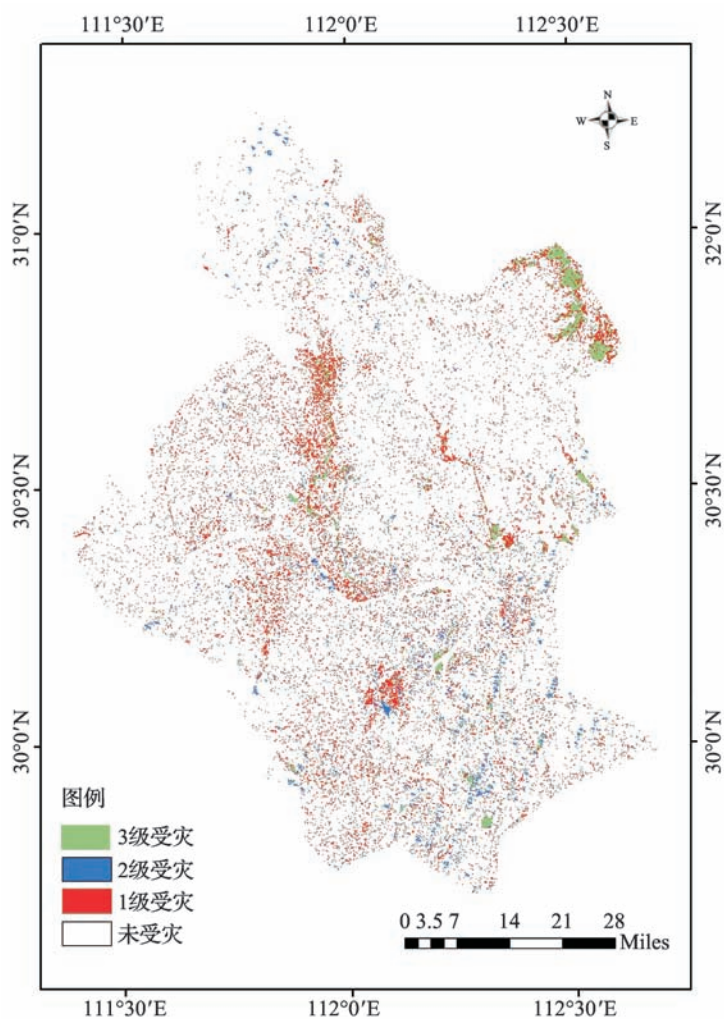


图 3 受灾程度等级分布

Fig.3 Disaster level distribution picture

表 2 农作物受灾等级程度面积统计
Table 2 Area statistics of crop disaster level

总面积 (km ²)	未受灾面积 (km ²)	1 级受灾 (km ²)	2 级受灾 (km ²)	3 级受灾 (km ²)
1530.17	1894.33	436.72	62.63	136.49

3.3 分层抽样校正

3.3.1 分层抽样面积统计

该文分层目标是通过随机分层抽样得到农作物的受灾面积，所以分层采用灾后分类图的农作物受灾面积作为分层标识较好^[25]。

依据农作物受灾程度不同，参考相关文献进行多次实验表明，将抽样层次定为 7 层较为合理。每一层统计样本的面积情况如表 3 所示。从抽样样本统计结果可以看出，受灾较严重的区域大多集中在第 2 层、第 3 层以及第 6 层的样本。关于实验区各层农作物面积划分情况，如表 4 所示。

表 3 抽样样本受灾农作物减产率
Table 3 Sampling samples of affected crops

	第 1 层 样本	第 2 层 样本	第 3 层 样本	第 4 层 样本	第 5 层 样本	第 6 层 样本	第 7 层 样本
样本总面积 (km ²)	79.51	76.44	69.82	49.04	19.01	83.89	22.86
受灾农作物面积 (km ²)	7.29	32.77	36.73	13.69	3.42	35.00	3.67
减产率 (%)	9.2	42.87	52.6	27.92	17.99	41.72	16.05

表 4 各层农作物受灾面积总量
Table 4 Total area affected by crops in all layers

	第 1 层	第 2 层	第 3 层	第 4 层	第 5 层	第 6 层	第 7 层
区域面积 (km ²)	219.5	219.5	219.5	218.6	72.8	291.5	72.5
各层受灾农作物面积总量 (km ²)	20.194	94.100	115.457	61.033	13.097	91.575	11.636

依据分层抽样的方法计算出各层受灾面积，公式为：各层受灾农作物面积 = 各层区域面积 × 各层抽样样本的减产率；由此得到受灾农作物面积总量为 407.101 km²。

3.3.2 抽样样本面积校正

通过面向对象分类方法和分层抽样方法分别对受灾面积的范围与面积进行真值模拟及抽样面积统计。基于面向对象分类方法得出模拟真值是 635.84 km²，分层抽样方法统计的受灾面积总量是 407.101 km²。依据陈仲新等^[29]、张锦水等^[30]实践表明，认为将分层抽样方法得出的农作物受灾面积模拟真值所占的权重定为 30% 是可行的。因此利用分层抽样方法校正农作物受灾面积，得出受灾面积总量为 567.218 km²。

3.3.3 面积总量校正精度

为验证分层抽样方法面积校正的精度，该文采用了比率估计法来计算精度。比率估计用校正后面积总量与 Landsat-8 分类图面积模拟真值的比值来表示。经计算，得出面积校正后的精度为 89.21%。

2018年12月

4 结论

该文以湖北省荆州市和荆门市的部分受灾区域作为此次的研究区域。通过研究,得出的主要结论如下。

(1) 利用分层抽样方法对农作物受灾面积总量进行校正的实验发现,将分层抽样与基于面向分类方法相结合得出的面积总量校正精度较高,几乎达到90%。与仅利用面向对象分类方法得到的受灾面积总量精度而言,精度有了较大提高。所以可以将分层抽样的方法应用到农作物的受灾面积评估。

(2) 该文与之前研究相比,不仅求得了农作物受灾面积总量,还基于一种NDVI差值方法,评定了农作物的受灾等级。在保证高精度的前提下,同时得出了农作物的受灾面积与相应区域的受灾等级,既减少了人力、物力,还缩短了灾后评估的时间。

参考文献

- [1] 汪京京,张武,刘连忠,等.农作物病虫害图像识别技术的研究综述.计算机工程与科学,2014,36(7):1363~1370.
- [2] 宋茜,周清波,胡琼,等.农作物遥感识别中的多源数据融合研究进展.中国农业科学,2015,48(6):1122~1135.
- [3] 胡琼,吴文斌,宋茜,等.农作物种植结构遥感提取研究进展.中国农业科学,2015,48(10):1900~1914.
- [4] 韩孝辉,龙根元,李亮.遥感技术在三亚海岸带地质环境调查中的应用.测绘与空间地理信息,2018(7):19~22,28.
- [5] 郑景云,黄金火.我国近40年的粮食灾损评估.地理学报,1998,53(6):501~510.
- [6] 王利民,刘佳,杨玲波,等.基于无人机影像的农情遥感监测应用.农业工程学报,2013,29(18):136~145.
- [7] 陈家金,林晶,李丽纯,等.暴风雨灾害对福建水稻产量影响的灾损评估方法.中国农业气象,2010,31(增1):132~136.
- [8] 刘义花,李林,颜亮东,等.基于灾损评估的青海省牧草干旱风险区划研究.冰川冻土,2013,35(3):681~686.
- [9] 陈怀亮,张红卫,刘荣花,等.中国农业干旱的监测、预警和灾损评估.科技导报,2009,27(11):82~92.
- [10] 黎贞发.两种干旱指数在天津农业干旱评估中的应用.天津农业科学,2010,16(2):104~106.
- [11] 徐凡.华北地区冬小麦旱灾灾损评估研究.北京:中国农业科学院,2009.
- [12] 夏传福,李静,柳钦火.植被物候遥感监测研究进展.遥感学报,2013,17(1):1~16.
- [13] 郑利娟.基于高分一/六号卫星影像特征的农作物分类研究.北京:中国科学院大学(中国科学院遥感与数字地球研究所),2017.
- [14] 潘勇.遥感影像信息提取方法研究.数字技术与应用,2010(12):70.
- [15] 赵俊芳,赵艳霞,郭建平,等.基于干热风危害指数的黄淮海地区冬小麦干热风灾损评估.生态学报,2015,35(16):5287~5293.
- [16] 张竟成,袁琳,王纪华,等.作物病虫害遥感监测研究进展.农业工程学报,2012,28(20):1~11.
- [17] 朱俊杰,杜小平,范湘涛,等.一种改进的多尺度分形网络演化分割方法.遥感技术与应用,2014,29(2):324~329.
- [18] 陈鹏程,张建华,雷勇辉,等.高光谱遥感监测农作物病虫害研究进展.中国农学通报,2006,22(3):388~391.
- [19] 魏瑞江,姚树然,王云秀.河北省主要农作物农业气象灾害灾损评估方法.中国农业气象,2000,21(1):27~31.
- [20] 霍治国,李茂松,李娜,等.季节性变暖对中国农作物病虫害的影响.中国农业科学,2012,45(10):1935~1945.
- [21] 张东霞,张继贤,常帆,等.遥感技术在主要粮食作物估产中的应用.测绘科学,2014,39(11):95~98.
- [22] 王伟民,孙晓敏,张仁华,等.地物反射光谱对MODIS近红外波段水汽反演影响的模拟分析.遥感学报,2005,9(1):8~15.
- [23] Kilic A, Allen R, Trezza R, et al. Sensitivity of evapotranspiration retrievals from the METRIC processing algorithm to improved radiometric resolution of Landsat 8 thermal data and to calibration bias in Landsat 7 and 8 surface temperature. *Remote Sensing of Environment*, 2016, 185: 198~209.
- [24] Moussavi M S, Abdalati W, Pope A, et al. Derivation and validation of supraglacial lake volumes on the Greenland Ice Sheet from high-resolution satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 2016, 183: 294~303.
- [25] 蔡毅,朱秀芳,李慕义,等.基于遥感抽样的农作物灾害损失评估方法(II)—实证实验研究.北京师范大学学报(自然科学版),2015,51(s1):114~118.
- [26] Zhao W, Du S. Learning multiscale and deep representations for classifying remotely sensed imagery. *Isprs Journal of*

Photogrammetry & Remote Sensing, 2016, 113: 155~165.

- [27] 蔡毅, 朱秀芳, 陈阿娇. 基于遥感抽样的农作物灾害损失评估方法 (I)—模拟实验研究. *农业现代化研究*, 2015, 36(4): 690~695.
- [28] 焦险峰, 杨邦杰, 裴志远. 全国棉花种植面积遥感监测抽样方法设计. *农业工程学报*. 2002, 18(4): 159~162.
- [29] 陈仲新, 刘海启, 周清波, 等. 全国冬小麦面积变化遥感监测抽样外推方法的研究. *农业工程学报*. 2000, 16(5): 126~129.
- [30] 张锦水, 申克建, 潘耀忠, 等. HJ-1 号卫星数据与统计抽样相结合的冬小麦区域面积估算. *中国农业科学*. 2010, 43(16): 3306~3315.

Crop damage assessment based on high resolution remote sensing imagery

Cui Jinglu¹, Mao Kebiao^{2, 3*}, Chen Riqing¹, Cao Mengmeng², Yuan Zijin², Tang Shihao⁴

(1. School of Computer and Information, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

3. College of Resources & Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 4. National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract: [**Purpose**] In 2016, parts of Hubei Province suffered from floods, which led to a decline in crop yields throughout the province. Using remote sensing method to conduct damage assessment research can quickly and accurately obtain the degree of disaster of post-disaster crops and yield reduction in order to provide real-time and accurate reference data to farmers and to reduce farmers' economic losses. [**Method**] Based on the Landsat8 images of the pre-disaster disasters in July 2015 and July 2016, and the crops in parts of Jingzhou and Jingmen in Hubei Province, this paper uses object-oriented classification method to extract the affected area as the simulated true value, compares the NDVI value of the crops before and after the disaster, and divides the disaster level according to the difference of NDVI after the disaster so as to obtain the disaster level of the crop. [**Result**] The results show that: (1) The floods caused by continuous heavy rain have caused different degrees of damage to the crops in the study area. The Kappa coefficient of the accuracy index after the object classification is 0.8495. The total area of crops is 635.838 square kilometers; (2) The areas affected by the disaster are mainly crops that depend on the banks of the river and low-lying areas. The crops near the Hudu River in Mishi Town, Jingzhou City have the highest level of disasters, and they are the most severely affected, almost completely flooded. The Yangjiawan in Maliang Town, Jingzhou City is not enough because of the low terrain and disaster prevention measures for crops, which also causes a large number of crops to be submerged, and even a phenomenon of rejection. [**Conclusion**] For post-disaster monitoring of crops, relevant departments should provide timely data support to farmers by means of remote sensing, so as to minimize their economic losses and guarantee their lives to the greatest extent.

Key words: NDVI difference; damage assessment; disaster area; disaster level