

DOI: 10.5846/stxb201303050348

徐正刚, 赵运林, 李波, 张美文, 王勇. 基于 MODIS 植被指数评估洞庭湖区东方田鼠大暴发的危害. 生态学报, 2014, 34(23): 7101-7109.

Xu Z G, Zhao Y L, Li B, Zhang M W, Wang Y. Assessing Yangtze vole damage in Dongting Lake region of outbreak year based on MODIS imagery. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(23): 7101-7109.

基于 MODIS 植被指数评估洞庭湖区 东方田鼠大暴发的危害

徐正刚^{1,2,3}, 赵运林³, 李波¹, 张美文¹, 王勇^{1,*}

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所, 中国科学院洞庭湖湿地生态系统观测研究站, 亚热带农业生态过程重点实验室, 长沙 410125;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 湖南城市学院, 益阳 413000)

摘要: 鼠害大暴发年份对受害植被分布和受害等级的快速评价, 对于鼠害防治和恢复农业生产具有重要意义。研究以洞庭湖北洲子区域东方田鼠 (*Microtus fortis*) 为例, 提出通过分析植被指数变动规律以确定评价时间的方法, 通过植被指数对鼠害的敏感性分析, 选择增强型植被指数 (Enhanced vegetation index, EVI) 为适宜植被指数, 0.07 为具有代表性的灾害阈值。运用植被指数差值法获得研究区作物危害分布图与危害等级分布图, 表明东方田鼠危害区具有聚集和离大堤一定距离的特点。比较洞庭湖区实地踏查获得的东方田鼠危害图与灾害阈值确定的危害像元分布图, 表明基于 MODIS (Moderate-resolution imaging spectroradiometer) 植被指数的鼠类暴发年份评估方法准确可行。

关键词: 危害评估; 鼠害; 植被指数; 遥感

Assessing Yangtze vole damage in Dongting Lake region of outbreak year based on MODIS imagery

XU Zhenggang^{1,2,3}, ZHAO Yunlin³, LI Bo¹, ZHANG Meiwen¹, WANG Yong^{1,*}

1 Dongting Lake Station for Wetland Ecosystem Research, Chinese Academy of Sciences, Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Hu Nan City University, Yiyang 413000, China

Abstract: It is very important to develop a rapid algorithm for rodent pest damage estimation, especially for an outbreak year. The Yangtze vole (*Microtus fortis*) has been identified as a primary rodent pest in the Dongting Lake region. In July 2007, there was a sudden population explosion in that region, representing the most serious Yangtze vole disaster on record. More than two billion voles crossed the lake levee, causing massive crop damage. The study area of Beizhouzi, to the west of East Dongting Lake, was selected because it had the highest population density during the outbreak year. A difference method of vegetation index was used in the assessment, in which the outbreak year 2007 was contrasted with 2004, which was considered a normal year. All vegetation-index imagery was from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), which was masked by a land-use map of the study area to remove water bodies and urban and built-up lands. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the outbreak year declined during the vegetation growth period, in contrast with the normal year. This NDVI change was a result of plant destruction by the Yangtze vole population. Regarding the local crop system, Julian days 193 and 209 were chosen for observations representative of before and after the Yangtze

基金项目: 中国科学院知识创新项目 (KSCX-EW-N-05); 环保公益性行业科研专项 (2010467022); 国家自然科学基金项目 (30870402)

收稿日期: 2013-03-05; **网络出版日期:** 2014-03-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangy@isa.ac.cn

vole problem. Performances of the NDVI and enhanced vegetation index (EVI) were analyzed. ΔVI was defined as the ratio of a seasonally detrended vegetation index (VI) reduction before and after the Yangtze vole problem to seasonally detrended VI before the problem. Given the mean ΔVI , shift amplitude (the difference of ΔVI between 2004 and 2007), statistical dispersion (inter quartile range (*IQR*) of ΔVI in 2007), and percentage of detected damaged pixels, the damage threshold was defined as the sum of the mean ΔVI and mean absolute deviation. These were calculated to evaluate sensitivity of the vegetation index. The EVI was selected as the optimal vegetation index for detecting damaged area after sensitivity analysis. An ΔEVI of 0.07 was considered the damage threshold in the study area. The damage indicator was then rescaled to a range of 0 to 1, for constructing damage severity. The upper and lower limits for rescaling were determined by statistical analysis of the damage indicator, whose values were the 95% point of the ΔEVI histogram for the study area and the damage threshold. Only damage pixels greater than 0 after rescaling, and the 25% and 75% quantiles, were treated as thresholds for three damage levels (serious, moderate and light). As a result, the study area was separated into four groups, in which 80.30% of pixels were damaged. The damage pixels were aggregated according to the action of the Yangtze vole population during the outbreak year, and were dominated by moderate-damage pixels. There was a certain distance between the damage area and levee, which could be explained by the population migration. Pixels with serious damage were dispersed over the entire study area. We constructed a disaster region map for the Dongting Lake region in 2007, from investigation and the spatial distribution of damage pixels with the threshold 0.07. This map was used to validate the method of assessing outbreak-year rodent pest damage based on MODIS imagery. The new approach to evaluating rodent pest damage proved to be rapid and promising.

Key Words: evaluate damage; rodent pests; vegetation index; remote sensing

我国是一个鼠害十分严重的国家,农业鼠害发生面积约为 3520 万 hm^2/a ,涉及 1.44 亿农户,草原因鼠害每年减少牧草 68 亿 $\text{kg}^{[1]}$ 。在鼠害大暴发年份,害鼠种群的异常增长还会严重破坏生态系统的平衡。依据生态系统的类型,可将鼠害分为农田鼠害、林业鼠害和草原鼠害等。不同地点、不同生态类型的鼠害在暴发年份呈现不同的特征,阻碍了建立统一的探测鼠害暴发区与危害等级的方法。当前我国主要依靠植保部门的实地调查,了解害鼠在暴发年份的危害区域与危害等级。这种方法虽然准确性较高,但耗时、耗力。遥感技术由于具有迅速、大尺度的特点,使得其成为适宜的探测农业病虫害及气象灾害危害区和危害等级的补充手段。实地调查和遥感技术应当相互配合,取长补短。当前已有大量应用遥感技术进行病害^[2-4]和飓风^[5]、冻害^[6-7]、冰雹^[8]、霜害等气象灾害的灾害度监测和损失评估的研究,但将遥感技术应用于鼠害研究的报道却很少。

探测植被在鼠害暴发年份较正常年份的变异是利用遥感技术进行鼠害危害评估的理论基础。选择合适的植被指数,作物的产量和长势均能实现遥感探测^[9-10]。由于鼠类的毁坏,作物的长势和产量在

暴发年份会受到影响,且会反映到植被指数的变动上^[11]。本文通过参考遥感技术在病虫害和气象灾害危害评估中的应用经验,提出合适的鼠害大暴发年份探测危害区和危害等级的方法。由于病虫害和气象灾害领域反映植被生长状况的植被指数和灾害评估指标很多,因此研究还探讨了鼠害评估时间和相关指标筛选的原则和方法。针对鼠害类型丰富、情况复杂,本文对评估方法进行了讨论,使方法具有良好地适应性。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究以洞庭湖区 2007 年东方田鼠暴发为例。洞庭湖位于长江中游以南,湖南省北部。该区域是我国主要的商品粮生产基地,也是全国举足轻重的淡水生产基地,对于保证国家的粮食安全具有重要的作用。东方田鼠 (*Microtus fortis*) 是该地区主要的农业害鼠之一^[12]。每年汛期(一般指 5 月至 9 月)受洪水胁迫,东方田鼠由湖滩向农田迁移,给农作物造成严重的损失。2005 年和 2007 年汛期,洞庭湖区暴发了罕见的特大型鼠害,其中 2007 年是有记录以

来最为严重的东方田鼠灾害,有超过 2 亿只东方田鼠越过水堤,进入农田^[13],3.3 万 hm^2 农作物受害,致使农业生产遭受了巨大地损失。

2007 年东方田鼠的暴发主要集中在东洞庭湖的农田^[13],而以东洞庭湖西畔区域最为严重。东方田鼠种群调查表明该区域东方田鼠捕获率超过 21%,达到重危害级^[14],因此选择该区域北洲子农田作为研究区(图 1a)。使用研究区范围裁剪中国 1 km 分辨率土地利用类型数据集^[15],显示研究区主要的土地利用类型为农田、湿地、水体和少量建筑物(图 1b),农作物以水稻为主,包括一季稻和双季稻。该区域地形平缓,高程的均值为 (23.23 ± 4.23) m,当东方田鼠被迫自湖滩迁徙至农田后,很容易扩散,农田集中连片分布的特点也为东方田鼠提供了充足的食物。

1.2 数据来源及处理

当今世界新一代“图谱合一”的光学遥感器 MODIS (Moderate resolution image spectroradiometer),具有时间分辨率高、空间分辨率中等、单幅影像覆盖范围广阔等优点,在生态环境评价和监测等方面体现出良好的实用性和强大的应用前景。MODIS 工作小组一直致力于产品和算法的研究,已形成多个标准产品,使得数据的可信度较其他传感器大大增强。又由于 MODIS 数据能够免费获得,因此为实现大范围、多鼠种的鼠害评估提供了极大地便利。

为了准确监测研究区植被生长状况,研究采用 MOD13Q1 数据集。MOD13Q1 数据集共有 12 个波段,包括均一化植被指数(NDVI)和增强型植被指数(EVI)两种植被指数数据产品,空间分辨率为 250 m,时间分辨率为 16 d,全年共 23 景数据。该数据集的植被指数均采用 Walthal BRDF(Walthal bidirectional reflectance distribution function)模型进行了处理,且自带质量评价波段,方便数据的选择。

由于 2005 年研究区也有东方田鼠暴发的报道^[14],为避免其可能对 2006 年植被的影响,因此选择 2004 做为正常年份。在 MODIS 网站下载研究区 2004 年和 2007 年 MOD13Q1 数据集(<http://modis-land.gsfc.nasa.gov>),利用 MRT(MODIS reprojection tool)运用临近值法对影像进行重投影。影像的原始投影方式为 Sinusoidal 投影,重投影为 UTM(Universal transverse mercator)投影,再乘以尺度因

子以获得每个象元的 NDVI 和 EVI 值。为除去水体和建筑物可能对结果的影响,最后以研究区内湿地和农田区域在 ArcGIS 里对影像进行掩膜,最终得到研究区植被指数图。

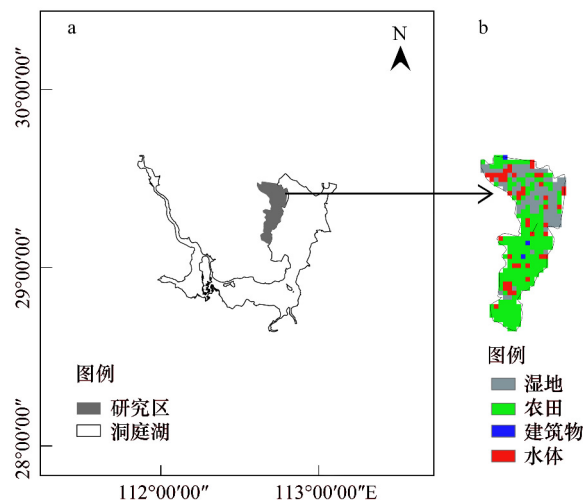


图 1 研究区位置(a)和土地利用类型(b)

Fig.1 The location of study area (a) and land-use type in study area (b)

数据下载于国家自然科学基金委员会“中国西部环境与生态科学数据中心(<http://westdc.westgis.ac.cn>)”

1.3 研究方法

1.3.1 NDVI 波动分析

MOD13Q1 自带质量评价波段,第二波段是植被指数“可用性”指数,值不超过 1 表示植被指数质量良好^[16],可直接使用。选择研究区 2004 年和 2007 年高质量像元比例超过 90%的影像,分析 NDVI 值变动情况。

1.3.2 植被指数敏感性评价

NDVI 是鼠害领域应用最广泛的植被指数^[17],在病虫害和气象灾害领域除 NDVI 外, mNDVI (Modified normalized difference vegetation index)、EVI、GNDVI (Green normalized difference vegetation index)、CVI (Chlorophyll vegetation index)、NDII (Normalized difference infrared index)等植被指数也被应用于灾害评估^[5-7, 18]。本研究采用 NDVI 和 EVI 两个植被指数,二者的计算公式见表 1。

植被指数差值法是通过比较受灾前后植被指数的变化来判断受灾情况^[5-6, 8, 18]。定义 ΔVI 为植被指数变化率,按照以下公式计算:

$$\Delta VI = (VI_{\text{before}} - VI_{\text{post}}) / VI_{\text{before}}$$

式中, VI_{before} 为鼠害暴发年份受灾前植被指数, VI_{post} 为鼠害暴发年份受灾后植被指数。

表 1 植被指数计算公式
Table 1 Formula of vegetation index

植被指数 Vegetation index	计算公式 Formula	参考文献 Reference
归一化植被指数 NDVI Normalized difference vegetation index	$(NIR-Red)/(NIR+Red)$	[19]
增强型植被指数 EVI Enhanced vegetation index	$2.5 \times (NIR-Red)/(NIR+Red+7.5 \times Blue+1)$	[20]

NIR、Red 和 Blue 分别表示近红外波段、红外波段和蓝光波段

当前主要是通过统计不同植被指数的 ΔVI 来确定植被指数对灾害的敏感性^[5-6]。假定正常年份和受灾年份的 ΔVI 分别代表植物正常生长和作物受灾的信息。正常年份的 ΔVI 一般呈钟形分布,而受灾年份由于作物大面积受害使得 ΔVI 呈偏正态^[5]。研究中首先计算均值(μ)、偏移(Shift amplitude)、四分位距(Inter quartile range, IQR)和受灾像元的百分比(Damaged pixels, %) 4 个统计量。通过以上 4 个指标,分别从灾害阈值、受灾范围、受灾程度和检测受灾能力 4 个方面分析植被指数对鼠类危害的敏感性。

1.3.3 评估算法

评估算法的原理是通过正常年份植被指数变化情况确定灾害阈值,然后对受灾年份的灾害情况进行评估^[5-6],算法流程如图 2 所示。首先计算正常年份和受灾年份的 ΔVI ,通过植被指数敏感性分析,确定合适的植被指数。通过正常年份的 ΔVI 确定灾害阈值,设定灾害阈值为 $\mu_{2004} + \delta_{2004}$,其中 μ_{2004} 和 δ_{2004} 分别为 2004 年 ΔVI 的均值和平均绝对标准差。若受灾年份的 ΔVI 大于 $\mu_{2004} + \delta_{2004}$,则表示该像元受到危害,否则该像元生长正常,从而获得受灾像元的分布。再将受灾年份的 ΔVI 归一化到 $[0, 1]$ 之间。分析统计受灾年份 ΔVI 的频率直方图决定拉伸的上限和下限。上限值规定为整个区域像元的 95%,如选择 1.9 作为上限,则将大于 1.9 的值均设定为 1.9;下限值区灾害阈值,将 ΔVI 小于灾害阈值的值设定为下限值。按照以下公式进行归一化处理:

$$\Delta VI_{rescale} = (\Delta VI - \Delta VI_{lower}) / (\Delta VI_{upper} - \Delta VI_{lower})$$

式中, $\Delta VI_{rescale}$ 为归一化结果, ΔVI_{upper} 为上限值, ΔVI_{lower} 为下限值。归一化后,统计受到灾害影响的像元(即 $\Delta VI_{rescale}$ 大于 0 的像元),确定受灾程度。以四分位数来划分 3 个受灾等级: $\Delta VI_{rescale}$ 大于 75% 四分位数($Q3$)为重度受灾, $\Delta VI_{rescale}$ 小于 25% 四分位数($Q1$)为轻度受灾,余下为中度受灾。从而获得鼠害

危害的等级分布图。

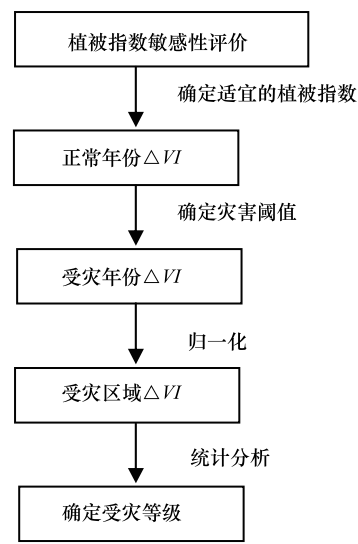


图 2 评估算法流程图

Fig.2 Workflow of the rapid assessment algorithm

$\Delta VI = (VI_{before} - VI_{post}) / VI_{before}$, 式中 VI_{before} 为鼠害暴发年份受灾前植被指数, VI_{post} 为鼠害暴发年份受灾后植被指数

2 结果与分析

2.1 研究区 NDVI 变化

计算研究区平均 NDVI 值(包含水体和建筑物像元),2007 年与 2004 年 NDVI 具有相同的变化规律(图 3),表明 2004 年与 2007 年种植制度未发生大的改变,2004 年作为未受灾年份的对照是合适的(2004 年植保部门的记录表明当年该地区也没有其他的灾害发生)。2007 年研究区附近种植作物相近的未受害区域的 NDVI 值,变动规律与研究区 2004 年波动规律一致,说明 2004 年 NDVI 动态具有良好的代表性。每年 4 月份和 8 月份的两个 NDVI 峰值与研究区种植绿肥、油菜和蚕豆等作物后再种植水稻的作物种植制度相符^[21]。该地区的水稻类型包括中稻、一季晚稻、早稻和连晚稻,自 4 月末至 7 月均处于生长期。2004 年 4 月份到 12 月份 NDVI 值先

单调上升再单调下降的变化规律与水稻生长、收割的节律一致。2007 年研究区平均 NDVI 值在 7 月和 8 月间存在一个短暂的先下降再上升的过程(图 3)。由于不能准确的判定补救措施进入的时间和强度,因此将其间第 1 个下降点保守作为东方田鼠危害后的时间更合适。2007 年北洲子暴发时间为 7 月上旬,故 6 月末作为鼠害暴发前的时间是合适的。综合以上几点,研究选择区第 193 天和第 209 天分别作为东方田鼠危害前、危害后时间。

NDVI 的减少直观反映了东方田鼠对农作物的危害。分别将研究区灾害后 NDVI 值减去灾害前 NDVI 值,则正常年份 97.70% NDVI 增加(图 4),而受灾年份 83.60% NDVI 值减少(图 4)。正常年份 NDVI 差值的均值为 0.11 ± 0.08 (图 4),受灾年份 NDVI 差值的均值为 -0.03 ± 0.05 (图 4)。2004 年

NDVI 差值的频率直方图均呈正态分布,2007 年 NDVI 差值的频率直方图呈现近似正态的偏分布,表明受灾年份作物的群体密度小于正常年份的群体密度。

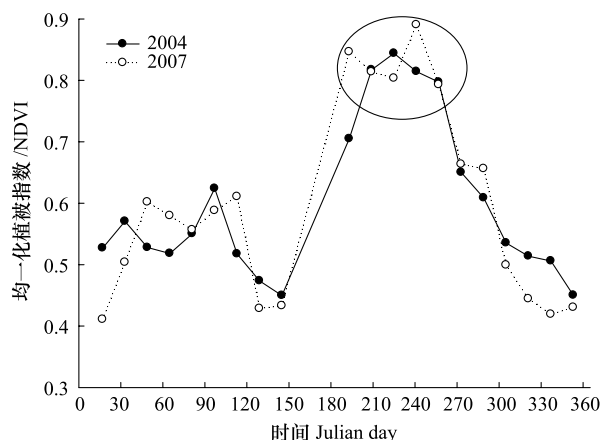


图 3 受灾年份与正常年份 NDVI 动态

Fig.3 The dynamic of NDVI (Normalized difference vegetation index) in normal year and disaster year

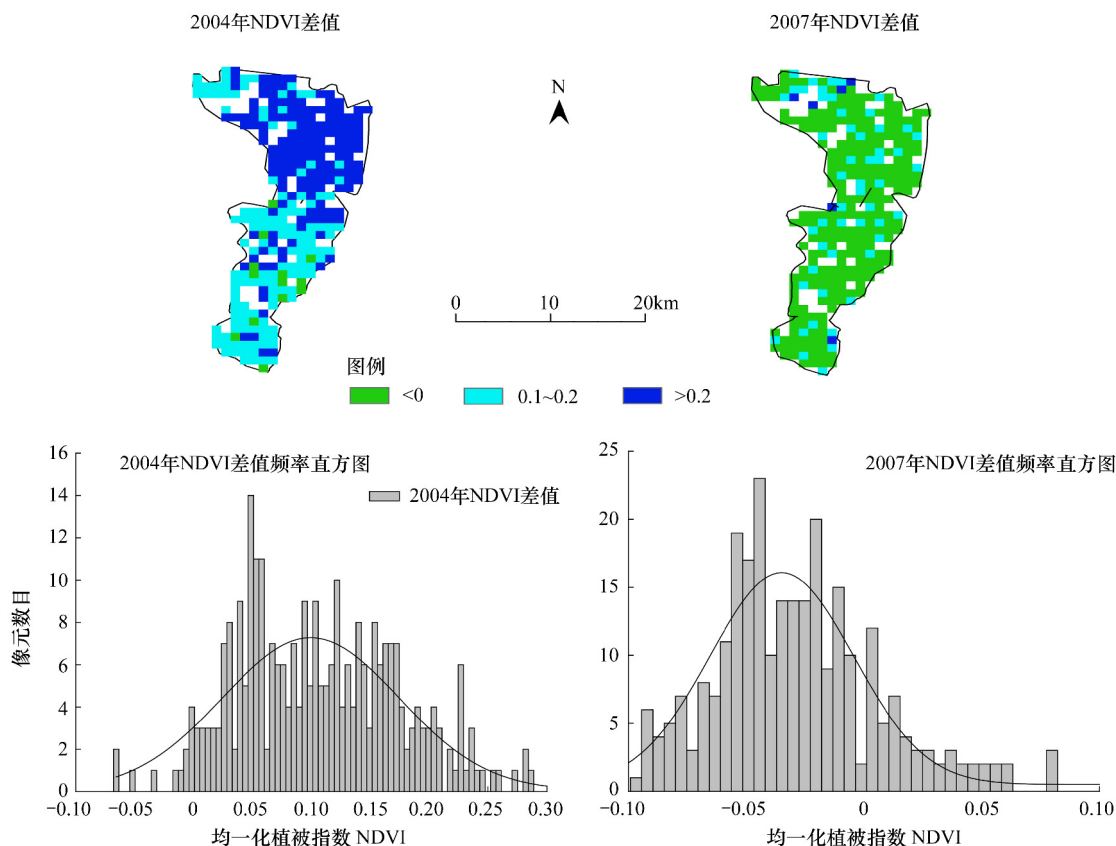


图 4 研究区 NDVI 差值空间分布图和频率直方图

Fig.4 The spatial distribution and frequency histogram for residual of NDVI

NDVI 差值指当年第 209 天 NDVI 值减去第 193 天 NDVI 值

2.2 确定植被指数敏感性

对研究区 2004 年与 2007 年 ΔVI 统计分析, 结果如表 2 所示。 ΔVI 的统计直方图如图 5 所示。 ΔVI 的偏移能够直接反应植被指数对农作物受损的敏感程度。 ΔEVI 的偏移量(0.33)大于 $\Delta NDVI$ 的偏移量(0.21), 说明 EVI 对作物受到危害更加敏感。四分位距能够反应植被指数对作物受危害严重程度的敏感性。正常年份和受灾年份 ΔEVI 的四分位数均比对应年份 $\Delta NDVI$ 的四分位数大(表 2), 说明 EVI 较 NDVI 能更好的表示受灾的严重程度。 $\Delta NDVI$ 和 ΔEVI 的灾害阈值均在 0 附近(表 2, 图 5), 这与植物遭受鼠害后 NDVI 值下降的波动规律一致。 $\Delta NDVI$ 的受灾像元百分比为 83.30%, ΔEVI 的受灾像元百分比为 80.30%, 说明研究区作物大范围受灾, 与鼠密度调查的结果一致。

通过以上分析表明: EVI 更适合作为洞庭湖区东方田鼠危害评价的植被指数, 与董燕生等^[6]的结果相同。原因可能是由于东方田鼠对植物的危害主要是取食植物, 造成大面积植物被取食, 植被覆盖度下降, 土壤对植被指数的影响增强, 而 EVI 在植被稀疏地区较 NDVI 有更好的识别能力。

表 2 2004 年和 2007 年度植被指数变化率统计

Table 2 Statistics of ΔVI in 2004 and 2007		
统计变量 Statistical variables	均一化植被指数变化率 $\Delta NDVI$	增强型植被指数 ΔEVI
ΔVI_{2004} 在 $[-0.6, 0.2]$ 的百分比 /% ΔVI_{2004} within $[-0.6, 0.2]$	98.00%	92.30%
ΔVI_{2007} 在 $[-0.6, 0.2]$ 的百分比 /% ΔVI_{2007} within $[-0.6, 0.2]$	99.30%	87.00%
μ_{2004}	-0.17	-0.24
μ_{2007}	0.04	0.09
偏移/Shift amplitude	0.21	0.33
ΔVI_{2004} 四分位距 IQR (Inter quartile range) of ΔVI_{2004}	0.1706	0.3257
ΔVI_{2007} 四分位距 IQR of ΔVI_{2007}	0.0543	0.1451
灾害阈值 Damage threshold	0.00	0.07
受灾像元百分比/% Damaged pixels	83.30%	80.30%

μ_{2004} 代表 2004 年植被指数变化率均值; μ_{2007} 代表 2007 年植被指数变化率均值; 偏移表示 μ_{2007} 与 μ_{2004} 的差值; 四分位距表示 ΔVI 的 75% 分位数与 25% 分位数的差值; 灾害阈值表示 $(\mu_{2004} + \delta_{2004})$; 受灾像元的百分比表示大于灾害阈值的像元占有统计像元的百分比; $\Delta NDVI$ 、 ΔEVI 分别均一化植被指数、增强型植被指数的变化率

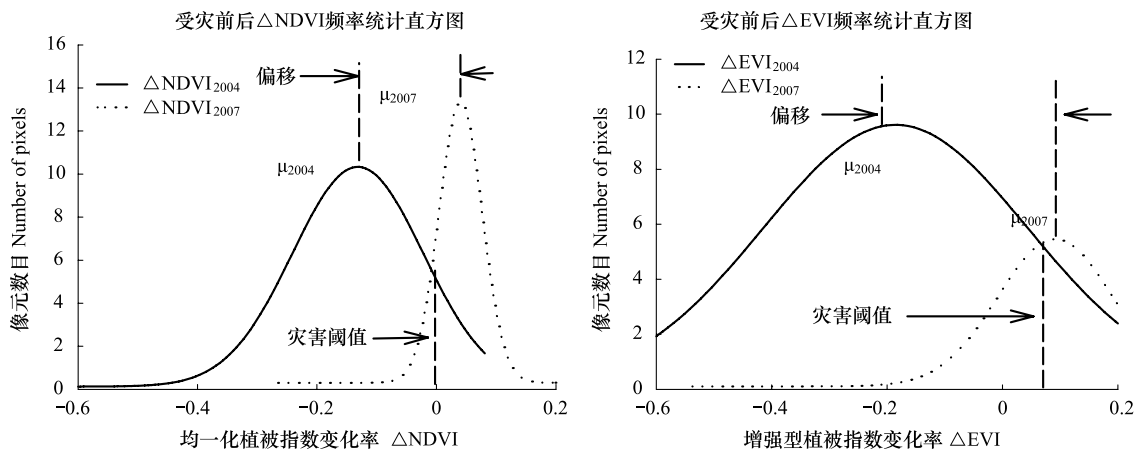


图 5 研究区 ΔVI 统计直方图
Fig.5 Histograms of ΔVI in study area
EVI: Enhanced vegetation index

2.3 鼠害暴发区域与等级

研究区内大部分植被受到鼠类危害, 主要集中在农田区域, 正常生长区域主要集中在湿地区域(图 1、图 6)。湿地地区主要的作物为芦苇、而农田区域主要作物为水稻。一方面东方田鼠更加喜食水稻, 另一方面芦苇种群密度高, 受到东方田鼠危害, 一般

不易通过植被指数表现出来。受害区域具有很高的聚集度(图 6), 这与东方田鼠暴发期间观察到的聚集行为相符^[22]。作物受灾等级以中度为主, 受灾中等以上的区域均离大堤有一段距离(图 6), 这主要是由于暴发年份离大堤近的地区会采取多种防范措施, 迫使东方田鼠向纵深迁移一段距离。整个研

究区范围均有危害严重的像元零星分布(图 6b)。由于东方田鼠的迁徙距离一般不会超出 10 km^[23], 因此这种危害不会是由于某一个点源的东方田鼠种

群迁徙导致的危害,而因当是很多点源的东方田鼠种群叠加危害的结果。

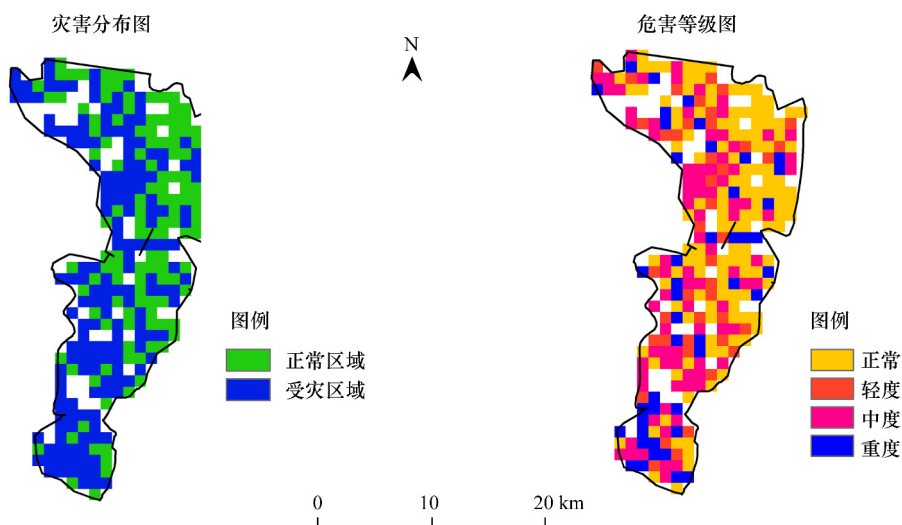


图 6 研究区像元尺度灾害分布图和灾害等级图

Fig.6 The distribution of damage area and the damage levels map in study area

2.4 验证

Ren Y H 等^[13]通过实地大范围踏查,绘制了 2007 洞庭湖区东方田鼠危害区域分布图(图 7),并进行了相关研究。在踏查范围内依照 ΔEVI 制作危害区分布图,由于整个危害区土地利用类型、作物种植制度等相近,因此可以将 0.07 作为灾害阈值,绘制灾害像元空间分布图,结果如图 7。整个危害区均能

探测到危害像元,危害像元占危害区总像元数目的 51.30%(图 7),表明本方法能有效探测暴发年份鼠类危害区,0.07 作为洞庭湖区 2007 东方田鼠危害阈值具有一般的代表性。危害区内危害像元也表现出聚集性和危害像元离大堤有一定距离的特性,这与东方田鼠在暴发年份的危害特点一致。

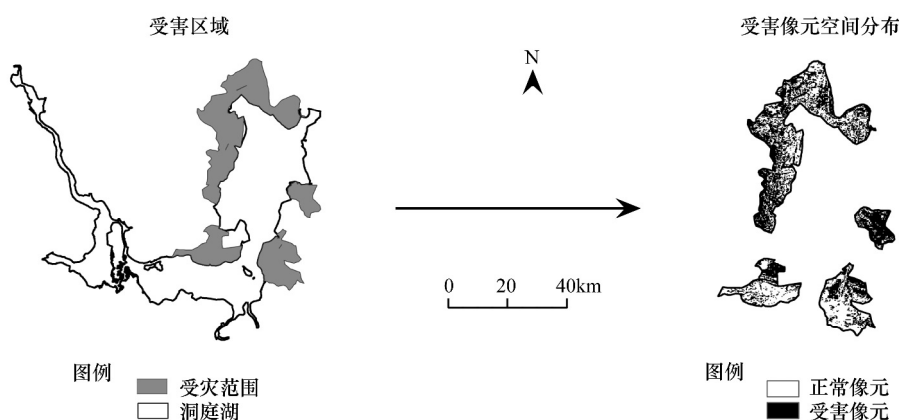


图 7 2007 年实地踏查绘制东方田鼠危害区和危害像元空间分布图

Fig.7 The disaster regions from investigation and the spatial distribution of damage pixels in 2007, the outbreak year

3 讨论

在当前有关利用植被指数差值法进行植物病虫害和气象灾害评估的研究中,并没有涉及确定灾害

评估时间的方法和原则^[5-8, 18],主观性过强。在鼠类的危害评估中,时间对评估结果的敏感性更高,选择合适的评估时间对于确保评价结果的准确性是十分重要的。一方面鼠类的危害主要是物理性的损伤,

具有发生时间短、危害大的特性;另一方面,鼠害发生后,人们的补救措施往往较其他灾害更迅速。本研究提出利用植被指数的年内变化规律再结合研究区农事历的方法,确定用于灾害评价的时间。为了避免植物自身生长规律对评价结果的影响,评价中要确保灾害发生前至灾害发生后的时间段内的植被指数在正常年份是单调的,且评价期间不能有显著的人为活动或其他灾害的影响。

Zhao J 等^[8]利用植被指数的差值评估冰雹对玉米造成的损失,取得良好的效果。本研究中利用 NDVI 差值也能直观反应鼠类危害发生的区域(图 4),但由于 NDVI 差值的偏移过小(0.14,图 4,表 2),因而 NDVI 差值不适宜直接用来进行受灾面积和受灾等级的评估,而应当结合地面调查点,通过统计回归,再进行灾害评价^[8, 18]。Wang W 等^[5]等利用植被指数增加的变化率作为指标探测飓风对森林造成的损失和损失的等级,董燕生等^[6]利用植被指数减少的变化率评价冻害对小麦的影响。两个指标的选择主要是基于生态事件对作物影响的程度:森林遭受飓风的危害后,NDVI 值并未减少^[5];冬小麦受到冻害的影响后,NDVI 值减少了^[6]。本研究中作物的 NDVI 值在鼠害的影响下,NDVI 值下降,因此研究中采用植被指数的降低速率评价鼠类危害。不同的地点、不同的鼠种和不同的生态系统鼠类的危害程度是不同的。在利用遥感技术评价鼠类危害的过程中,需要根据具体的情形选择合适的评价指标。

MODIS 具有高时间分辨率和中等空间分辨率的特点,在灾害评价中具有十分重要的应用。但是由于 MODIS 中对植被指数敏感的远红外波段的分辨率为 1000 m,因此限制了分辨率的提高和更多植被指数的应用。国外的 Landsat 卫星^[7]和国内的环境减灾卫星^[6, 8]等在时间分辨率、波谱等方面各具优势。在应用遥感技术评价鼠类危害的过程中,可以结合各个卫星的特点,探索更加合适的植被指数,实现更高精度的评价。

鼠类与作物之间是相互作用的,二者在生态系统中均起重要的作用。害鼠对作物的危害既包括直接的危害还包括间接的危害。Olofsson J 等^[11]通过对照鼠类危害区和围栏区植被的草地产量,发现鼠类危害区的产量在一年后下降,相应 NDVI 的变动也证实存在一年的时滞。因此,通过本方法对鼠类危

害的评价是鼠类危害的直接损失。由于人类活动的介入,在鼠害暴发年份,农作物的产量虽然可能降低,但是 NDVI 值不一定比正常年份低,如本研究中研究区 2007 年秋季 NDVI 的峰值比 2004 年高。

当前利用遥感技术探测植物受害面积和等级的研究主要在集中在面积广、植被单一性强的生态系统,如荒漠^[24]、草原^[11]、森林^[3, 5]。不同植被的光谱反射率是不同的,因此受害阈值标准不同,本研究中,我们使用土地利用类型图层对研究区进行掩膜,即是为了确保植被类型的单一性。依据 EVI 的灾害阈值,研究区的受灾像元百分比(80.30%)远远大于验证区的受灾像元百分比(51.30%)。一方面是由于 2007 年其他地区受害面积比例不及北洲子,另外也可能是随着区域的扩大,生态系统类型增加,准确率降低导致。因此,本研究提出方法更适宜于鼠类种群变化剧烈且植被单一的区域。对于作物呈镶嵌分布的区域,则应当区分不同的作物,依据不同的灾害阈值分别进行判别。

4 结论

针对 2007 年洞庭湖区东方田鼠暴发成灾,提出了基于 MODIS 植被指数的鼠类危害评价方法。通过对比实地踏查的洞庭湖区 2007 年暴发图和通过灾害阈值绘制的危害像元空间分布图,表明评价方法准确有效。通过分析 NDVI 和 EVI 对灾害评价的敏感性,选定 EVI 作为洞庭湖区鼠类灾害的植被指数。讨论了确定评价时间和评价指标选择的方法和原则,使得该方法更够适用于更广泛的情形。

致谢:感谢中国科学院遥感应应用研究所刘亚岚研究员提供洞庭湖区 2007 东方田鼠暴发范围图和国家自然科学基金委“中国西部环境与生态科学数据中心”提供中国土地利用类型分布图。

References:

- [1] Shi D Z, Guo Y W, Su H T. A progress of rodent and its control in the agriculture and animal husbandry. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 2009, 20(6): 499-501.
- [2] Zhang J C, Yuan L, Wang J H, Luo J H, Du S C, Huang W J. Research progress of crop diseases and pests monitoring based on remote sensing. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(20): 1-11.
- [3] Eklundh L, Johansson T, Solberg S. Mapping insect defoliation in

- scots pine with modis time-series data. Remote Sensing of Environment, 2009, 113(7): 1566-1573.
- [4] Genc H, Genc L, Turhan H, Smith S E, Nation J L. Vegetation indices as indicators of damage by the sunn pest (*hemiptera: Scutelleridae*) to field grown wheat. African Journal of Biotechnology, 2008, 7(2): 173-180.
- [5] Wang W T, Qu J J, Hao X J, Liu Y Q, Stanturf J A. Post-hurricane forest damage assessment using satellite remote sensing. Agricultural and Forest Meteorology, 2010, 150(1): 122-132.
- [6] Dong Y S, Chen H P, Wang H F, Gu X H, Wang J H. Assessing freeze injury to winter wheat with multi-temporal HJ-1 satellite imagery. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(20): 172-179.
- [7] Jurgens C. The modified normalized difference vegetation index (mndvi): a new index to determine frost damages in agriculture based on landsat tm data. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18(17): 3583-3594.
- [8] Zhao J, Zhang D, Luo J, Huang S L, Dong Y Y, Huang W J. Detection and mapping of hail damage to corn using domestic remotely sensed data in China. Australian Journal of Crop Science, 2012, 6(1): 101-108.
- [9] Wang Q Z, Yu Z R, Xing J F, Driessen P M, Liu H Y. Yield gap estimation by combining remote sensing and crop growth model. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(7): 84-89.
- [10] Yang B J, Pei Z Y. Definition of crop condition and crop monitoring using remote sensing. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999, 15(3): 214-218.
- [11] Olofsson J, Tommervik H, Callaghan T V. Vole and lemming activity observed from space. Nature Climate Change, 2012, 2(12): 880-883.
- [12] Zhang M, Wang K, Wang Y, Guo C, Li B, Huang H. Recovery of a rodent community in an agro-ecosystem after flooding. Journal of Zoology, 2007, 272(2): 138-147.
- [13] Ren Y H, Liu Y L, Wei C J, Zhang Z Q, Yan S Y. Dynamic simulation and analysis of microtus fortis migration in dongting lake region during flood based on remote sensing and gis // Li G, Jia Z, Fu Z, eds. Proceedings of Information Technology and Environmental System Sciences: Itess. Beijing: Publishing House Electronics Industry, 2008, 3: 440-444.
- [14] Li B, Wang Y, Zhang M W, Han L L, Wu C H, Huang H N. Population dynamics of microtus fortis in Dongting Lake region and its forecasting. Plant Protection, 2007, 33(2): 134-136.
- [15] Ran Y H, Li X, Lu L. Evaluation of four remote sensing based land cover products over China. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31(2): 391-401.
- [16] Cao Y F, Wang Z X, Deng F P. Fidelity performance of three filters for high quality NDVI time-series analysis. Remote Sensing Technology and Application, 2010, 25(1): 118-125.
- [17] Pettorelli N, Ryan S, Mueller T, Bunnefeld N, Jedrzejska B, Lima M, Kausrud K. The normalized difference vegetation index (ndvi): Unforeseen successes in animal ecology. Climate Research, 2011, 46(1): 15-27.
- [18] Feng M C, Yang W D, Cao L L, Ding G W. Monitoring winter wheat freeze injury using multi-temporal modis data. Agricultural Sciences in China, 2009, 8(9): 1053-1062.
- [19] Tucker C J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 1979, 8(2): 127-150.
- [20] Huete A, Justice C, Leeuwen W V. Modis vegetation index (mod13) algorithm theoretical basis document. 1999, [2012-3-5]. http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod%2013.pdf.
- [21] Zhou S. Detected the main crop types based on remote sensing technic in Dongting Lake region. Economic Geography, 1986, (4): 302-307.
- [22] Li B, Wang Y, Zhang M W, Chen J, Zheng W J, Wu C H, Hu H, Huang H N. Some behavior of *Microtus fortis calamorum* during migration while population outbreak in Dongting Lake area. Chinese Journal of Zoology, 2008, 43(2): 57-63.
- [23] Guo C, Wang Y, Chen A G, Li B, Zhang M W, Wu Z J. Studies on the migration of *Microtus fortis* in Dongting lake area. Acta Theriologica Sinica, 1997, 17(4): 40-47.
- [24] Cha M H, Ma G Q, A L G E, Wu X D, Fu H P, Zhang X D, Yuan S. Using " 3S " technology to monitor rodent damage in cackayr (*Haloxylon ammodendron*) natural forest distributed on alxa desert in Inner Mongolia. Forest Resources Management, 2012, (4): 91-95.

参考文献:

- [1] 施大钊, 郭永旺, 苏红田. 农牧业鼠害及控制进展. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 20(6): 499-501.
- [2] 张竞成, 袁琳, 王纪华, 罗菊花, 杜世州, 黄文江. 作物病虫害遥感监测研究进展. 农业工程学报, 2012, 28(20): 1-11.
- [6] 董燕生, 陈洪萍, 王慧芳, 顾晓鹤, 王纪华. 基于多时相环境减灾卫星数据的冬小麦冻害评估. 农业工程学报, 2012, 28(20): 172-179.
- [9] 王纯枝, 宇振荣, 辛景峰, Driessen P M, 刘云慧. 基于遥感和作物生长模型的作物产量差估测. 农业工程学报, 2005, 21(7): 84-89.
- [10] 杨邦杰, 裴志远. 农作物长势的定义与遥感监测. 农业工程学报, 1999, 15(3): 214-218.
- [14] 李波, 王勇, 张美文, 韩立亮, 吴承和, 黄华南. 洞庭湖区东方田鼠种群数量预警. 植物保护, 2007, 33(2): 134-136.
- [16] 曹云锋, 王正兴, 邓芳萍. 3 种滤波算法对 ndvi 高质量数据保真性研究. 遥感技术与应用, 2010, 25(1): 118-125.
- [21] 周蔚. 应用卫星遥感技术判别洞庭湖区主要农作物类型的研究. 经济地理, 1986, (4): 302-307.
- [22] 李波, 王勇, 张美文, 陈剑, 邓武军, 吴承和, 胡华, 黄华南. 洞庭湖区东方田鼠种群暴发期间的行为特征观察. 动物学杂志, 2008, 43(2): 57-63.
- [23] 郭聪, 王勇, 陈安国, 李波, 张美文, 武正军. 洞庭湖区东方田鼠迁移的研究. 兽类学报, 1997, 17(4): 279-286.
- [24] 查木哈, 马国青, 阿力古恩, 武晓东, 付和平, 张晓东, 袁帅, 张福顺. 基于 3s 技术的阿拉善荒漠天然梭梭林鼠害监测. 林业资源管理, 2012, (4): 91-95.