

饶品增, 蒋卫国, 贾凯, 等. 2013年黑龙江省洪水对植被影响评估[J]. 灾害学, 2017, 32(4): 195-201. [RAO Pinzeng, JIANG Weiguo and JIA Kai. Impact of Floods on Vegetation in Heilongjiang Province in 2013[J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(4): 195-201. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.04.033.]

## 2013年黑龙江省洪水对植被影响评估\*

饶品增<sup>1,2,3</sup>, 蒋卫国<sup>1,2,3</sup>, 贾凯<sup>1,2,3</sup>, 王晓雅<sup>1,2,3</sup>

(1. 环境演变与自然灾害教育部重点实验室 北京 100875; 2. 北京师范大学 地理学院, 北京 100875;  
3. 北京师范大学 地理科学学部, 北京 100875)

**摘要:**洪水灾害会对植被造成严重的破坏。利用 Landsat 7/8 数据和 MNDWI 方法提取了 2013 年东北地区松花江流域的洪水淹没范围, 并基于此统计分析了黑龙江省各个市县的植被受灾情况。研究结果表明: 此次洪水对黑龙江省植被造成了严重的破坏, 其中遭受破坏的主要植被类型包括旱地植被、草本湿地植被、水田和落叶阔叶林; 植被遭受破坏最严重的城市为佳木斯市, 最严重的两个县或县级市为大庆市的肇源县和佳木斯市的同江市。

**关键词:**洪水; 植被; MNDWI; 评估; 黑龙江省

**中图分类号:** X43; S718.54; S157.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2017)04-0195-07

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.04.033

洪涝灾害是世界上发生非常频繁, 危害非常严重的自然灾害之一<sup>[1]</sup>。尤其是在中国, 洪涝灾害事件频繁发生, 加上我国洪灾易发区人口密度较大、基础设施落后等原因, 洪涝灾害常引起大量的人口伤亡和经济损失。目前针对洪涝灾害的监控主要有两种手段: 水文站点观测和遥感监测。水文站点观测主要是通过获取洪涝灾害区的水文站点水位数据来探究该站点周边的洪水情况, 其优点是能够获取精确的水位数据来评估洪水过程及规模, 缺点是站点数据为点数据, 其数值很难代表一个较大流域的实时洪水淹没过程。当研究区域水文站点较少时, 这种方法不太适用。遥感监测相对于水文站点观测, 其数据精度较低, 但它获取的是洪水淹没的面数据, 能最直接地反映洪水淹没范围, 因而该方法随着遥感影像精度的提高, 正逐步应用到洪水监测中来<sup>[2]</sup>。目前, 很多遥感卫星具有较高的时间和空间分辨率, 可以全天时、全天候地对洪水进行监测、预报和灾后损失评估, 能为防灾救灾决策过程提供准确详细的区域背景状况和灾情信息<sup>[3-4]</sup>。常用的遥感影像数据有 Landsat、MODIS、AVHRR、SPOT、雷达卫星以及我国的环境卫星系列等。其中, 第一颗 Landsat 卫星发射于 1972 年, 40 多年来 Landsat 前

后发射了 8 颗卫星, 目前还在运行的有 Landsat 5/7/8, 由于其分辨率较高(30 m 左右), 而且可以免费获取, 是目前应用于洪涝监测最广泛的遥感数据源之一。

洪水和植被具有相互作用的关系。其中植被具有吸收水分和抑制洪水扩散的作用, 浓密的植被能减弱洪水造成的水土流失和下游淤积, 起到固土和护坡的作用。过去, 很多研究人员从定性和定量的两个角度探讨了植被对洪水的抑制作用。徐建华等<sup>[5]</sup>通过分析汾川河流域不同时期洪水和植被的相关关系来定性评估植被的减水减沙作用, 结果表明植被条件较好会对降雨起到明显的减水减沙作用。刘洋<sup>[6]</sup>利用水文模型 DHSVM 来探究植被覆盖变化对新疆天山地区巴音布鲁克盆地的水文过程影响, 分析得不同植被覆盖和水文径流的相关关系。王清华等<sup>[7]</sup>利用水动力学模型 MIKE11 模拟了不同植被覆盖率下的暴雨洪水过程, 结果表明: 黄土高原植被覆盖率超过 60% 的王家河流域, 能降低平均 37% 的洪水。

植被是自然环境中最重要地表覆盖之一, 对环境和生态的保护具有重要价值。植被在抑制洪水的过程中, 自身也会遭受破坏。然而, 目前很少有研究人员探讨洪水爆发过程中植被的受灾

\* 收稿日期: 2017-03-24 修回日期: 2017-05-31

基金项目: 国家重点研发计划(2017YEB0504102); 国家自然科学基金(41571077); 中央高校基本科研业务费专项基金  
第一作者简介: 饶品增(1990-), 男, 江西上饶人, 硕士研究生, 主要从事洪水灾害和水文遥感方面的研究。

E-mail: raopinzeng@mail.bnu.edu.cn

通讯作者: 蒋卫国(1976-), 男, 湖南衡阳人, 副教授, 主要研究方向为洪水灾害及湿地生态遥感监测与评价研究。

E-mail: jiangweiguobnu.edu.cn

情况,即洪水对植被造成的影响,本文从另外一个角度来探讨洪水对植被的影响。本文拟选取东北地区黑龙江省2013年发生的特大暴雨洪水事件,通过遥感手段获取洪水灾害造成的植被受淹情况,探究此次洪水对黑龙江省植被的影响,并计算出了各个市县的植被具体受灾情况,为洪水过后植被的防护及管理提供对策。

### 1 研究区概况

黑龙江省,位于中国东北地区,地处121°11'~135°05'E和43°2'~53°33'N之间,面积约为47.3万km<sup>2</sup>。东面与内蒙古自治区毗邻,南面与吉林省交界,东部的乌苏里江和北部的黑龙江为中国和俄罗斯的界河,水陆边界长达3000km。黑龙江西北部为东北—西南走向的大兴安岭山地,东北部的三江平原和西部的松嫩平原,是中国最大平原—东北平原的一部分,平原占全省总面积的37.0%。黑龙江省为温带大陆性季风气候,少部分属于寒带地区,年平均温度介于-5°~5°之间,夏季凉爽,冬季寒冷。年降水在400~650mm之间,多集中在6~9月份,冬季以降雪为主。

松花江是黑龙江在中国境内的最大支流,流域面积为55.72万km<sup>2</sup>,涵盖东北四省区黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古。松花江有南北两源:北源嫩江发源于大兴安岭伊勒呼里山;南源第二松花江是松花江的正源,发源于长白山的白头山。两江在吉林省松原市汇合进入松花江主干道,一路往东北方向从黑龙江省同江市注入黑龙江主干道,具体位置见图1。

2013年,中国东北地区的降雨来的比较早,而且持续时间很长。至8月份,很多地方都出现了河湖水库决堤垮坝的现象,造成大面积的农田植被和人类生活用地淹没。本文拟选取松花江流域黑龙江省段进行分析,研究区域如图1所示,探究此次洪水对黑龙江省的植被影响。

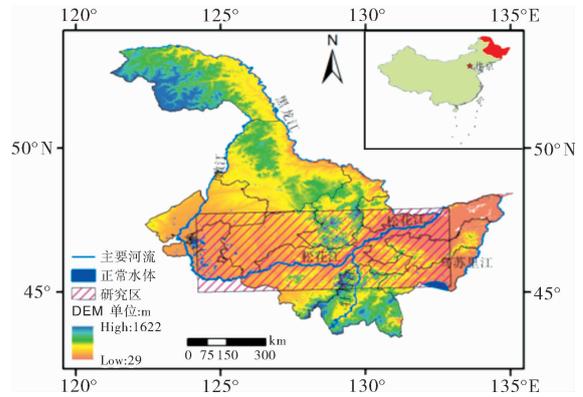


图1 研究区示意图

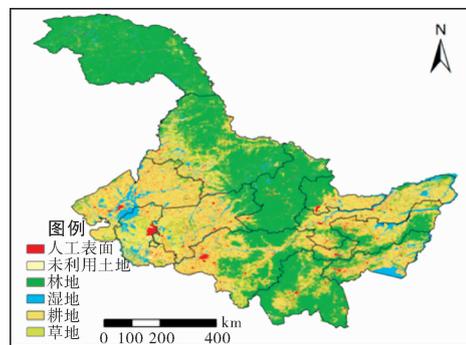


图2 黑龙江省土地利用类型图

表1 2013年洪水前后及2014年同期满足要求的Landsat影像

Path/Row	拍摄时间	传感器	云量/%	灾害时段	Path/Row	拍摄时间	传感器	云量/%	灾害时段
119/28	2014/8/7	OLI	1	否	117/28	2013/10/9	OLI	5	否
119/28	2013/8/20	OLI	5	是	117/28	2013/10/17	ETM	1	否
119/28	2013/9/5	OLI	2	是	116/28	2014/9/19	OLI	2	否
119/28	2013/9/29	ETM	0	是	116/28	2013/9/8	ETM	19	是
119/28	2013/10/7	OLI	0	否	116/28	2013/9/16	OLI	5	是
119/28	2013/10/31	ETM	0	否	116/28	2013/9/24	ETM	0	是
118/28	2014/8/8	ETM	1	否	115/28	2014/7/2	ETM	0	否
118/28	2013/9/6	ETM	23	是	115/28	2013/9/9	OLI	3	是
118/28	2013/9/22	ETM	10	是	115/28	2013/10/27	OLI	15	否
118/28	2013/9/30	OLI	5	是	115/27	2014/9/12	OLI	3	否
118/28	2013/10/8	ETM	1	否	115/27	2013/9/9	OLI	2	是
118/28	2013/10/16	OLI	7	否	114/27	2014/9/13	ETM	0	否
117/28	2014/8/9	OLI	3	否	114/27	2013/9/18	OLI	0	是
117/28	2013/8/30	ETM	16	是	114/27	2013/9/26	ETM	0	是
117/28	2013/9/15	ETM	0	是	114/27	2013/10/4	OLI	0	否

## 2 数据及预处理

本研究需要的数据包括遥感数据、植被指数数据和土地利用数据。

### (1) Landsat 数据

本文从 USGS 官网 (<http://glovis.usgs.gov/>) 下载洪水时期(2013 年 8 - 9 月)研究区的 Landsat 影像, 要求云量 < 25%, 包括 Landsat 7 和 8, 共 15 景; 再下载 2013 年洪水前后及 2014 年同一时期研究区的 Landsat 影像, 要求云量 < 25%, 共 15 景(覆盖整个研究区)。具体数据格式见表 1。

### (2) 植被数据

反映植被生长状况的指数包括叶面积指数(LAI)和总初级生产力(GPP)等。叶面积指数是指单位面积上植被绿色叶面积之和, 可有效反映植物光合作用变化、植被类型和植被健康状况等信息; 总初级生产力是指植被通过光合作用累积有机物的量, 它反映了植被在自然条件下的生产能力。

本文采用北京师范大学梁顺林等人生产的 2001 年至 2014 年 1 km 分辨率每 8 d 合成 GLASS 产品<sup>[8]</sup>。它是基于美国 NOAA 气象卫星 AVHRR、美国地球观测系统的 MODIS、中国风云三号气象卫星等主要遥感数据及其它地表反射率遥感数据融合而成的产品。其覆盖范围为全球陆地, 时间分辨率为每 8 d, 每年可得 46 景产品, 空间分辨率为 1 km × 1 km (2000 年至今)或 5 km × 5 km (1981 年至今)。本文拟选取分辨率为 1 km × 1 km 的 LAI 和 GPP 数据(2000 年 - 2014 年), 用于探究此次洪水对植被的影响。

### (3) 土地利用数据

为了探究洪水灾害对植被具体类型及其他土地利用类型的影响, 本文收集了黑龙江省 2010 年的生态十年环境感监测土地分类调查数据, 数据

来源于环境保护部卫星环境应用中心。该数据为矢量数据, 本文中对数据进行预处理, 将矢量数据转化成分辨为 30m 的栅格数据, 并将分类数据统一为 I 级分类, 如图 2 所示。

## 3 方法和技术路线

利用遥感手段提取洪涝受灾信息关键问题是遥感影像中水体信息的识别。水体信息遥感识别方法主要有单波段法、多波段法和水体指数法三种<sup>[9-11]</sup>, 目前最常用的方法为水体指数法。水体指数法基于水体光谱特征分析, 选取与水体识别密切相关的多个波段, 分析水体与遥感光谱值之间的映射关系, 构建水体指数的数学模型, 由阈值法直接实现水体信息的提取, 是最受关注的水体识别方法, 常用的水体指数包括 NDWI 和 MNDWI 等<sup>[12-13]</sup>。其中, MNDWI 指数是徐涵秋在 2005 年提出的<sup>[14]</sup>, 为改进的归一化差异水体指数, 用中红外波段代替了近红外波段, 来提取水体, 结果发现其水体提取效果比 NDWI 好。基于此, 本文拟采用 MNDWI 识别水体信息。

选取合适的水体指数是洪水淹没范围提取的第一步, 如何确定洪涝水体淹没范围则需要进一步考虑。对于一次洪水过程, 其时间前后理论上均为正常水体, 但并不一定完全可靠。由于季节的不同, 水体面积也不相同, 为此还需要考虑实际情况, 即比较往年同一时期的水体淹没范围。往年同一时期的水体和洪水前后期的水体均可看作为正常水体。为此, 本文将往年同期水体和洪水前后期的淹没面积最大的水体看作为正常水体。此外, 对于洪涝时期水体, 需要考虑的是, 洪水在不同天的淹没范围存在区别, 淹没面积最大的水体往往不能代表整个洪涝过程的水体淹没范围。所以, 本文将洪涝时期内所有期水体淹没的最大范围看作为洪涝水体淹没范围。

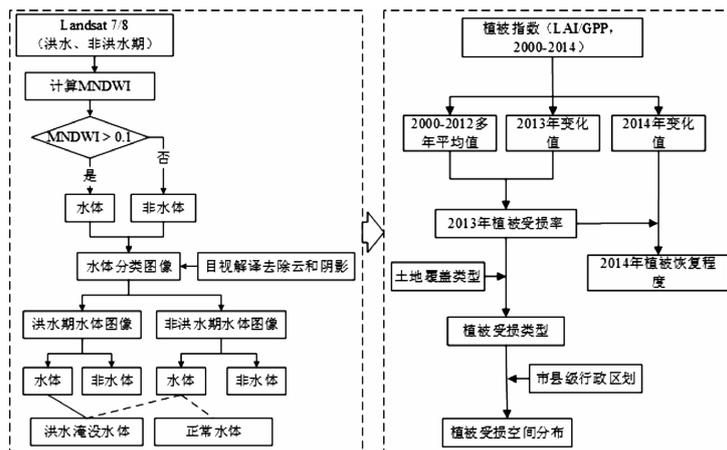


图 3 技术路线图

本文研究技术路线如图3所示, 主要可分为两部分: 洪水淹没水体提取和洪水对植被的影响评估。洪水淹没水体提取采用的是MNDWI指数, 通过人工目视解译的方法去除云和阴影。植被影响评估主要从时间和地理空间单元两方面分析洪水对黑龙江省不同植被种类的影响。

## 4 结果与分析

### 4.1 洪涝水体淹没范围提取

鉴于上面提到的水体信息遥感识别方法的内容, 我们采用MNDWI提取水体。其操作流程如下: ①下载洪水时期(2013年8-9月)及非洪水时期(2013年7月或10月, 2014年同一时期)的Landsat影像; ②采用MNDWI指数提取洪水期和非洪水期(洪水发生前后和往年同期)的影像水体, 然后人工目视解译去除云层阴影和建筑物阴影, 并参考无云影像修补被阴影遮盖的水体; ③将洪水期提取的水体影像进行叠加得到洪水淹没的最大范围影像, 并选取非洪水期的最大淹没水体, 掩膜洪水淹没最大范围影像从而获得由洪水引起的水体淹没范围。

图4是用Landsat影像和MNDWI水体指数方法提取得到的洪水淹没区范围图。从图4中可以看出, 洪水淹没区域分布在松花江河道两旁, 主要发生在松花江的上游河道汇流处和松花江汇入黑龙江主干河道处。

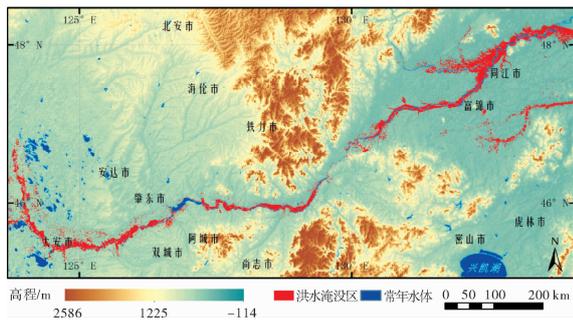


图4 2013年遥感监测水体结果

### 4.2 洪水对植被指数的影响

利用洪水淹没范围图掩膜2000-2014年每8d

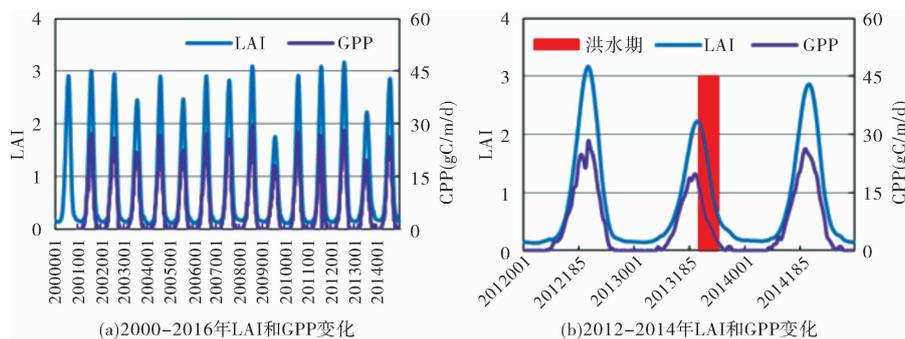


图5 研究区 LAI 和 GPP 变化曲线图(2000-2016年)

的植被指数数据, 对每一副影像求像元平均值, 统计分析可得下图5。由图5a可知2000-2014年淹没区的几个植被指数变化具有很强的年周期性, 而且LAI和GPP两者的一致性很好。2013年的LAI和GPP在15年内都较低, 仅次于2009年, 可见2013年受到了夏季植被受到了洪水影响。图5b中, 展示了2012-2014年的LAI和GPP的变化规律及洪水期所处的时间位置(时间为2013年8月5日到9月30日), 发现洪水期刚好处在植被指数从峰值急剧下降的阶段, 这与当地的植被物候变化有关。7月底8月初, 东北地区植被生长达到最旺盛时段, 然后植被快速枯黄, 至10月底, 植被已基本完全枯黄, 植被指数也进入“低谷阶段”。2013年和2012年对比, LAI和GPP的峰值都明显下降, 可见洪水对植被造成了比较明显的影响; 2014年和2013年对比, LAI和GPP的峰值均有较明显的提高, 但与2012年两个指数峰值还存在一定差距, 可见2014年洪水淹没区域的植被得到了明显的回升, 但回升幅度还没有完全达到洪水前状况。

为了探究洪水时期内的植被变化, 我们统计出了2000-2014年8月5日到9月30日的LAI和GPP的平均值变化情况(表2、图6)。表2中变化值为洪水期间植被指数最大值减去最小值的值(由于每年8月5日到9月30日的植被指数均呈下降趋势, 所以变化值实际为洪水期初始日减去最终日的值)。由表2和图5可知, 2013年的LAI值是2000-2014年第二低的, 仅次于2009年; 而GPP值则是最低的。整体上看, 2013年的LAI和GPP值均在趋势线以下, 说明洪水对植被的影响是负面的, 其直线距离可以粗略地认为是洪水对植被指数造成的影响大小。其中LAI的受洪水影响值为0.31, GPP为14.88 gC/m/d(注意: 该值为粗略估值, 由于决定系数 $R^2$ 均很少, 其解释程度较低)。

由于植被受洪水影响时间比较短, 理论上来说分析洪水年和其前后年的植被指数更加合理。对比2013年洪水期和前后一年的洪水期植被指数变化情况发现, 2013年的LAI和GPP均是最低的, 2012年最高, 2014年其次, 这和LAI和GPP年峰值是相对应的。再比较2012、2013和2014年的洪

表 2 洪水淹没区域植被指数隔年平均均值

年份	LAI		GPP/(gC/m/d)	
	均值	变化	均值	变化
2000	1.94	1.91		
2001	1.96	2.03	40.89	53.29
2002	1.95	1.94	39.80	42.38
2003	1.58	1.63	33.81	32.40
2004	1.88	1.98	41.79	44.56
2005	1.58	1.71	34.85	38.05
2006	1.94	1.90	43.07	42.69
2007	1.93	1.77	42.00	33.26
2008	2.10	2.03	44.01	57.61
2009	1.23	1.03	31.22	24.35
2010	1.94	1.94	39.38	52.19
2011	2.07	2.01	39.72	45.62
2012	2.15	2.02	45.42	49.11
2013	1.51	1.32	21.81	29.81
2014	1.89	1.87	38.96	40.03

水期前后的 LAI 和 GPP 变化值, 表 2 中展示了 LAI 和 GPP 的变化值均为 2012 > 2013 > 2014, 这和均值是完全吻合的。一般来说, 洪水过境对植被指数的破坏应体现在变化值, 但此处洪水期的 LAI 和 GPP 变化值均较小。主要有以下两个原因: ①松花江流域为季风气候, 洪水主要受降水影响, 洪水期发生在 8 月, 但持续性降雨从 6 月就已经开始了, 植被前期就已经受到影响; ②洪水对植被造成了影响, 但起主导作用的是物候变化, 洪水结束对应的时间为每年植被几乎完全枯萎的阶段, 这时候洪水的影响已经不明显, 前期影响较大后期影响较少从而导致其变化值相对较小。

#### 4.3 土地利用类型影响分析

为了简化起见, 本文土地利用数据只考虑 I 级分类, 将洪水淹没范围影像和土地利用图叠加。由图 7 可知淹没的耕地、湿地和人工表面占主要部分。

利用叠置分析的方法提取洪水淹没范围内的土地利用数据, 并统计洪水淹没区域的土地覆盖类型结果, 如表 3 所示。

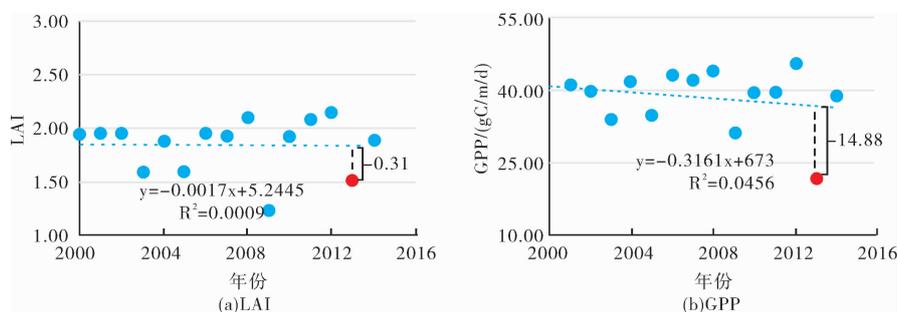


图 6 植被指数年际(8月5日-9月30日)变化

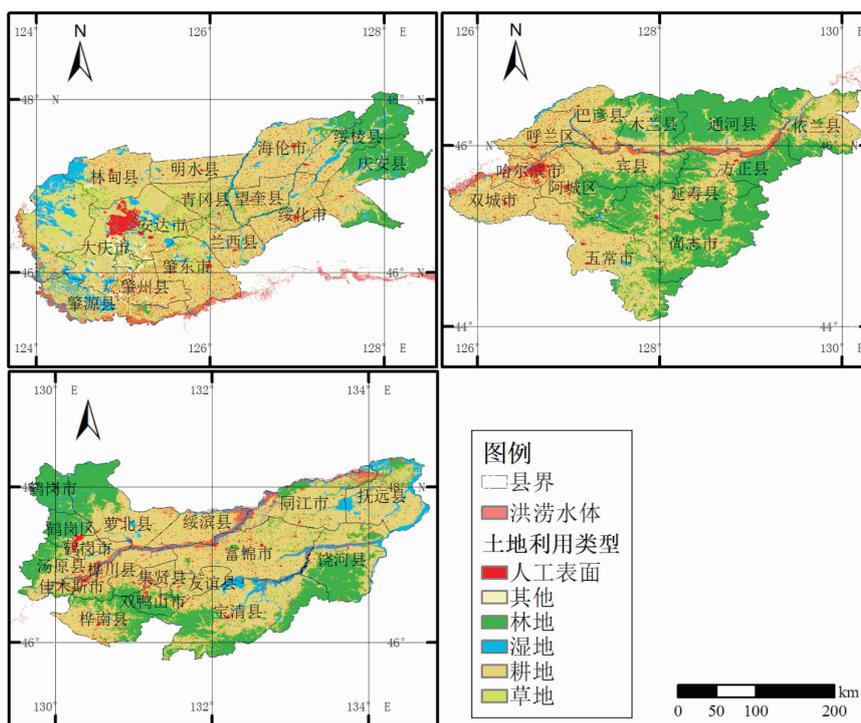


图 7 洪水淹没地区土地利用图

表3 受灾区域土地覆盖利用类型分析结果

I级分类	II级分类	面积/km <sup>2</sup>	占比/%
人工表面	居住地	85.53	2.27
	工业用地	0.11	0.00
	交通过地	19.81	0.53
湿地	森林湿地	3.43	0.09
	灌丛湿地	29.19	0.77
	草本湿地	976.52	25.91
	湖泊	36.12	0.96
	水库	17.65	0.47
	河流	210.95	5.60
	水渠	2.32	0.06
耕地	水田	479.00	12.71
	旱地	1651.11	43.80
草地	草甸	1.19	0.03
	草原	30.54	0.81
	草丛	0.05	0.00
林地	落叶阔叶林	144.92	3.84
	常绿针叶林	8.58	0.23
	落叶针叶林	1.03	0.03
	针阔混交林	18.17	0.48
	落叶阔叶灌木林	0.27	0.01
未利用土地	裸土	0.28	0.01
	沙漠	31.81	0.84
	盐碱地	20.98	0.56

通过表3可以看出,受灾区域面积最大的土地覆盖类型为耕地,占总面积达到了56.51%,面积为2130.11 km<sup>2</sup>,其中水田为479.00 km<sup>2</sup>,旱地为1651.11 km<sup>2</sup>。其次是湿地,为33.85%,面积为1276.18 km<sup>2</sup>,受洪水淹没的主要湿地类型为草本湿地,占到了总面积的25.91%。再次是林地,占受淹总面积的4.59%,受淹的植被类型主要为落叶阔叶林。人工表面在这次洪水中受影响较为严重,受洪水淹没的总面积为105.45 km<sup>2</sup>,占总面积的2.8%,其中居住地受洪水影响最为严重,达到85.53 km<sup>2</sup>。受淹最严重的人工表面主要为松花江干流河段周边的几个城市,包括哈尔滨市、佳木斯市及一些县和县级市等。

据上面统计结果显示,受影响较大的地区基本都是植被覆盖地区,可见洪水对植被影响较大。主要受淹植被(占总面积比大于1%)包括旱地、草本湿地、水田和落叶阔叶林。其中旱地受洪水影响最严重,而且旱地农作物一般都是对水分要求较少,被淹必然会导致旱地农作物大量死亡;草本湿地主要是指芦苇沼泽等,受洪水影响会导致芦苇等草类枯萎,甚至死亡;水田主要是指水稻田,8-9月份正是水稻结实收割阶段,此过程中要求水量比较少,可见被洪淹没会导致大面积的

水稻无法结实或者结实后倒伏,基本上很难有收成;落叶阔叶林受洪水淹没会造成低矮植被死亡,高大的植被的生长会受到一定影响,主要表现为叶子枯黄,光合作用能力较差。

#### 4.4 不同市县植被受洪水影响

由4.3节可知,受洪水影响的主要植被类型包括草本湿地、水田、旱地和落叶阔叶林。基于此,我们统计了受洪水影响地区四种植被类型的面积,见图8。首先观察各个地级市,受洪水影响最大的地级市为佳木斯市,四种植被类型受淹面积都超过了800 km<sup>2</sup>。其次是哈尔滨,其旱地受淹面积超过了1000 km<sup>2</sup>,其他3种类型受淹面积较小。另外大庆市和鹤岗市植被受淹面积也较大,尤其是其中的旱地受淹面积所占比例较高。再观察各个县及县级市发现,对县级区域植被受淹面积进行分级,分级标准见表4。据统计,得到轻微受灾、较轻受灾、较重受灾和严重受灾的县个数分别为9、12、4和2个。其中,大庆市的肇源县和佳木斯市的同江市是植被受灾最严重的两个县。肇源县植被受灾面积为720.67 km<sup>2</sup>,旱地受灾最多;同江市植被受灾面积超过630.63 km<sup>2</sup>,草本湿地受灾最多。此外,佳木斯市的富锦市、绥滨县和汤原县以及哈尔滨市的通河县植被受灾也很严重,均超过了300 km<sup>2</sup>。

表4 县级区域植被受灾等级划分

植被受淹面积/km <sup>2</sup>	0~100	100~300	300~600	600以上
受灾程度	轻微受灾	较轻受灾	较重受灾	严重受灾

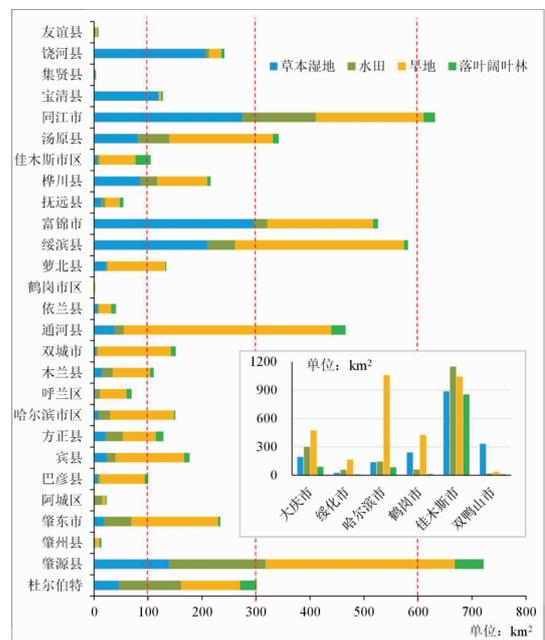


图8 黑龙江各市县植被受灾结果图

## 5 结论与讨论

本文选取 2013 年黑龙江省松花江流域特大洪水灾害事件来探讨植被对该地区洪水灾害的影响。选取的数据主要包括 LAI 和 GPP, 以及相关的土地利用类型数据。通过一系列分析, 得到以下结论:

(1) Landsat 影像具有较高的时间和空间分辨率, 可用于提取洪涝时期的水体, 且提取效果较好。

(2) 洪水对植被具有明显的破坏作用, 但这种破坏在黑龙江省松花江流域周期性相对较短, 证明该地区植被的可恢复性较强。

(3) 此次洪水主要影响的植被类型包括旱地植被、草本湿地植被、水稻和落叶阔叶林。其中影响最大的为旱地植被, 面积为 2 130.11 km<sup>2</sup>, 占总受淹面积的 56.51%, 其中水田为 479.00 km<sup>2</sup>, 旱地为 1 651.11 km<sup>2</sup>。其次是湿地, 为 33.85%, 面积为 1276.18 km<sup>2</sup>, 其中受洪水淹没的主要湿地类型为草本湿地, 占到了总面积的 25.91%。再次是林地, 占受淹总面积的 4.59%, 受淹的植被类型主要为落叶阔叶林。

(4) 统计黑龙江省各市县的植被受灾情况, 发现受灾最严重的是佳木斯市, 其次是哈尔滨市; 县及县级市里面, 大庆的肇源县和佳木斯的同江市是植被受灾最严重的两个县。另外, 佳木斯市的富锦市、绥滨县和汤原县以及哈尔滨市的通河县植被受灾也很严重, 均超过了 300 km<sup>2</sup>。

## 参考文献:

- [1] 廖永丰, 聂承静, 杨林生, 等. 洪涝灾害风险监测预警评估综述[J]. 地理科学进展, 2012, 31(3): 361-367.
- [2] 赵阳, 程先富. 洪水灾害遥感监测研究综述[J]. 四川环境, 2012, 31(4): 106-109.
- [3] 段萍, 徐咏文, 赵小敏, 等. 鄱阳湖地区洪涝灾害遥感分析[J]. 地理空间信息, 2005, 3(4): 30-32.
- [4] 孔凡明, 蒋卫国, 李京, 等. 基于 MODIS 的 2011 年泰国洪涝受灾信息提取与分析[J]. 灾害学, 2013, 28(2): 95-99.
- [5] 徐建华, 李晓宇, 高亚军. 从 2013 年 7 月汾川河洪水看植被的减水减沙效应[J]. 人民黄河, 2016, 38(5): 85-87.
- [6] 刘洋. 新疆中天山地带草原植被覆盖变化对径流的影响研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2016.
- [7] 王清华, 李怀恩, 卢科锋, 等. 森林植被变化对径流及洪水的影响分析[J]. 水资源与水工程学报, 2004, 15(2): 21-24.
- [8] Zhang X, Liang S, Zhou G, et al. Generating Global Land Surface Satellite incident shortwave radiation and photosynthetically active radiation products from multiple satellite data[J]. Remote Sensing of Environment, 2014, 152: 318-332.
- [9] 王刚, 李小曼, 田杰. 几种 TM 影像的水体自动提取方法比较[J]. 测绘科学. 2008, 33(3): 141-142.
- [10] 吴赛. 基于 EOS/MODIS 的水体提取模型及其在洪灾监测中的应用[D]. 武汉: 华中科技大学, 2005.
- [11] 许超, 蒋卫国, 万立冬, 等. 基于 MODIS 时间序列数据的洞庭湖区洪水淹没频率研究[J]. 灾害学, 2016, 31(1): 96-101.
- [12] 王志辉, 易善楨. 不同指数模型法在水体遥感提取中的比较研究[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(4): 534-537.
- [13] 丁莉东, 吴昊, 王长健, 等. 基于谱间关系的 MODIS 遥感影像水体提取研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2006, 29(6): 25-27.
- [14] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(5): 589-595.

## Impact of Floods on Vegetation in Heilongjiang Province in 2013

RAO Pinzeng<sup>1, 2, 3</sup>, JIANG Weiguo<sup>1, 2, 3</sup>, JIA Kai<sup>1, 2, 3</sup> and WANG Xiaoya<sup>1, 2, 3</sup>

(1. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Beijing 100875, China;

2. Institute of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

3. Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** Floods can cause serious damage to vegetation. In this paper, Landsat 7/8 data and MNDWI method are used to extract the flood submerged area in Northeast China in 2013. Based on this statistical analysis, the vegetation disaster situation of each city and county in Heilongjiang Province is counted and analyzed. The results showed that the floods caused serious damage to vegetation in Heilongjiang Province. The main types of vegetation, including upland field, herbaceous wetland, paddy field and deciduous broad-leaved forest. What's more, Vegetation is the most serious damage to the city of Jiamusi City, the most serious two counties for the Daqing City, Zhaoyuan County and Jiamusi City Tongjiang City.

**Key words:** flood; vegetation; Heilongjiang Province; MNDWI; assessment