

DOI: 10.5846/stxb201310132457

谢静,王宗明,任春颖.基于遥感的湿地景观格局季相分析.生态学报,2014,34(24):7149-7157.

Xie J, Wang Z M, Ren C Y. Analysis of seasonal changes of wetland landscape patterns derived from remote sensing data. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34 (24): 7149-7157.

基于遥感的湿地景观格局季相分析

谢 静^{1,2}, 王宗明¹, 任春颖^{1,*}

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130102; 2. 苏黎世大学地理系遥感实验室, 瑞士苏黎世 8057)

摘要:以中国东北地区三江平原北部为研究区域,利用 2012 年多季相遥感影像作为数据源,结合野外调查数据,应用面向对象的分类方法,根据影像的物候、时相等特征,提取不同月份的湿地信息,进行景观格局季相分析。结果表明:(1)研究区湿地面积、类型格局在同一年不同季节不同月份会有不同幅度的变化,总体呈现缓增骤减的态势。湿地主要分布在低洼地区,主要湿地类型为草本沼泽,其次为河流,其他湿地占总面积比例较小。(2)研究区各阶段湿地都有转化,主要发生在湿地和非湿地之间,多数表现在草本沼泽和草地之间的转化。(3)湿地分布和湿地转化面积主要集中在低海拔区域和低坡度区域,其中海拔 <100 m 和坡度 5° 以下范围内的湿地分布面积和湿地转化面积占湿地总面积及湿地转化面积的绝大部分。(4)年内季节性湿地转化与降水、温度和湿地植被物候关系密切。

关键词:遥感;湿地分类;景观格局;季相分析;面向对象的方法

Analysis of seasonal changes of wetland landscape patterns derived from remote sensing data

XIE Jing^{1,2}, WANG Zongming¹, REN Chunying^{1,*}

1 Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China

2 Remote Sensing Laboratories, Department of Geography University of Zurich-Irchel, Winterthurerstr. 190 CH-8057 Zurich, Switzerland

Abstract: As important natural ecosystems, wetlands play significant roles. Wetland ecosystems are associated with a diverse and complex array of direct and indirect uses. Direct uses include the use of the wetland for water supply and harvesting of wetland products such as fish and plant resources, while indirect benefits are derived from environmental functions such as flood water retention, groundwater recharge/discharge, nutrient abatement, etc., depending on the type of wetlands, soil and water characteristics and associated biotic influences. Extensive loss of wetlands has occurred in many countries throughout the world. As the value of wetlands to society has become recognized, it is now important to conserve these valuable resources. To prevent further loss of wetlands, and conserve existing wetland ecosystems for biodiversity and ecosystem services and goods, it is important to inventory and monitor wetlands. For inventorying and monitoring wetlands, satellite remote sensing has many advantages. Satellite data has repeat coverage so that wetlands can be monitored seasonally or yearly. Satellite remote sensing can also provide information on surrounding land covers and their changes over time. Using satellite remotely sensed data for land cover classification is less costly and less time-consuming than aerial photography for large geographic areas. Satellite remote sensing can be especially appropriate for wetland inventories and monitoring in developing countries, where fund are limited and where little information is available on wetland areas, surrounding land covers, and wetlands losses over time. The Sanjiang Plain located in Northeast China was famous for its

基金项目:中国科学院碳专项子课题(XDA05050101);国家重点基础研究发展计划(973 计划)课题(2013CB430401)

收稿日期:2013-10-13; **修订日期:**2014-10-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: renchy@neigae.ac.cn

large area natural wetlands. However, natural wetlands shrunk substantially due to large-scale agriculture expansion under the agricultural development policies. To conserve and manage wetland resources in the Sanjiang Plain, it is important to inventory and monitor wetlands. Wetland classification is difficult because of spectral confusion with other land cover classes and among different types of wetlands. However, multi-temporal data usually improves the classification of wetlands, as do ancillary data such as soil data, elevation or topography data. This paper conducted a case study on seasonal changes of wetland landscape patterns in the North Sanjiang Plain. First, multi-season remote sensing images in 2012 were collected. Second, the object-oriented classification method and field survey data were adopted, to extract wetlands distribution data in different months, according to phenological and seasonal features of wetlands in the study region. Third, seasonal changes of wetland landscape patterns were analyzed. Results show that, remote sensing derived wetland area and landscape patterns changed in different months. In the study area, wetlands were distributed in low-lying areas, with marsh and river being the main wetland types. During different seasons, transformations between wetland and other land cover types occurred and the transformation between marsh and grassland was the most important change. Wetlands and conversions between wetlands and other land cover types were mainly distributed in low-altitude and low-slope areas, especially the areas with < 100 m elevation and $< 5^\circ$ slope. Remote sensing derived wetlands changed with variations of rainfall, air temperature, and vegetation phenology. The results drawn from this study may help understand wetlands variations in important wetland regions in China and even in other countries. These conclusions are useful in the formulation of governmental policies that encourage ecologically and environmentally friendly utilization of land resources, sustainability, and proper ecosystem management under increased pressure from population increase and climate change.

Key Words: remote sensing; wetlands classification; landscape pattern; seasonal change; object-oriented method

湿地是水陆相互作用的形成的特殊自然综合体,是陆地上常年积水、季节性积水或者土壤过湿的土地^[1]。湿地监测对于分析湿地资源变化的原因,及其对自然因素和人类活动的响应就显得尤为重要,也为湿地资源的管理和未来规划制定决策提供帮助和服务。卫星遥感技术是当前在区域尺度上大范围、多分辨率、多时相、动态监测湿地变化的唯一可行手段^[2]。遥感技术已被逐渐应用在湿地信息的提取分类和监测分析。利用遥感技术可以获取区域内客观、及时、可靠的湿地景观信息,以进行湿地变化监测。如湿地边界的提取划分^[3]、河漫滩的识别提取^[4]、湿地植被群落的分类^[5]、高精度湿地分类数据的获取^[6]等。

当前研究景观格局动态变化的著述数量较多,在湿地景观格局研究方面,通常时间跨度较长,大部分文章集中在湿地年际变化景观格局分析^[7-8]或基于年际变化进行其他研究^[9-10]。这些研究方法的基本思路是利用遥感技术多时相的动态监测功能获得及时可靠的数据,通过地理信息系统技术进行相关数据的实时更新,并对这些数据进行空间分析,得到湿地景观动态变化情况。但是,近年来的研究和著

述显示,除了利用多季相遥感影像进行湿地分类^[11-12],很少有分析探讨湿地季相格局变化的文章。

利用遥感数据进行湿地季相景观格局动态变化分析,能很好地还原湿地年内不同月份的变化过程,得到湿地景观类型在同一年内不同时间和空间上的格局的动态和趋势。中分辨率 Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) 遥感影像数据时相较多且覆盖面积和范围广,探讨应用中分辨率影像进行湿地分类和变化监测具有重要的理论和实践意义。本文选用一年中同一轨道多季相 ETM+ 影像所覆盖的三江平原北部及俄罗斯境内一部分区域作为研究区,应用面向对象分类方法^[13]提取湿地信息,通过分析湿地景观格局年内季相的动态变化过程,揭示湿地景观季相变化的动因和规律。同时,本文有针对性地对评估不同季节遥感影像在湿地资源调查动态遥感监测中的应用能力,以为今后更多领域的应用研究提供方法借鉴。

1 研究区域和数据源

1.1 研究区域概况

本文选取一景 ETM+ 影像覆盖的中国黑龙江省

东部三江平原的北部区域和俄罗斯境内一部分区域($46^{\circ}50'2.79''$ — $48^{\circ}21'37.12''$ N, $132^{\circ}12'46.99''$ — $133^{\circ}58'52.31''$ E)为研究区(图1),总面积 31501.32 km^2 。研究区内湿地资源丰富,其中包括洪河湿地自然保护区和三江湿地自然保护区的一部分。该区我国境内主要是黑龙江、乌苏里江和松花江3条河流冲积形成的低平原,黑龙江以北俄罗斯境内以低平原为主,开发较少,湿地资源丰富。区域气候属温带半

湿润向半湿润大陆性季风。该区年降水量 500 — 650 mm ,降水集中在夏秋两季,冬春两季降水较少,其中 5 — 9 月份降水约占全年降水量的 80% ,其他月份降水较少。以暗棕壤、黑土、白浆土、草甸土和沼泽土为主要土壤^[14]。该区土壤渗水较差,因此水通常积累在土壤层及其表面而形成大面积的湿地,土壤自然肥力较高,植被种类属于长白植物区系。

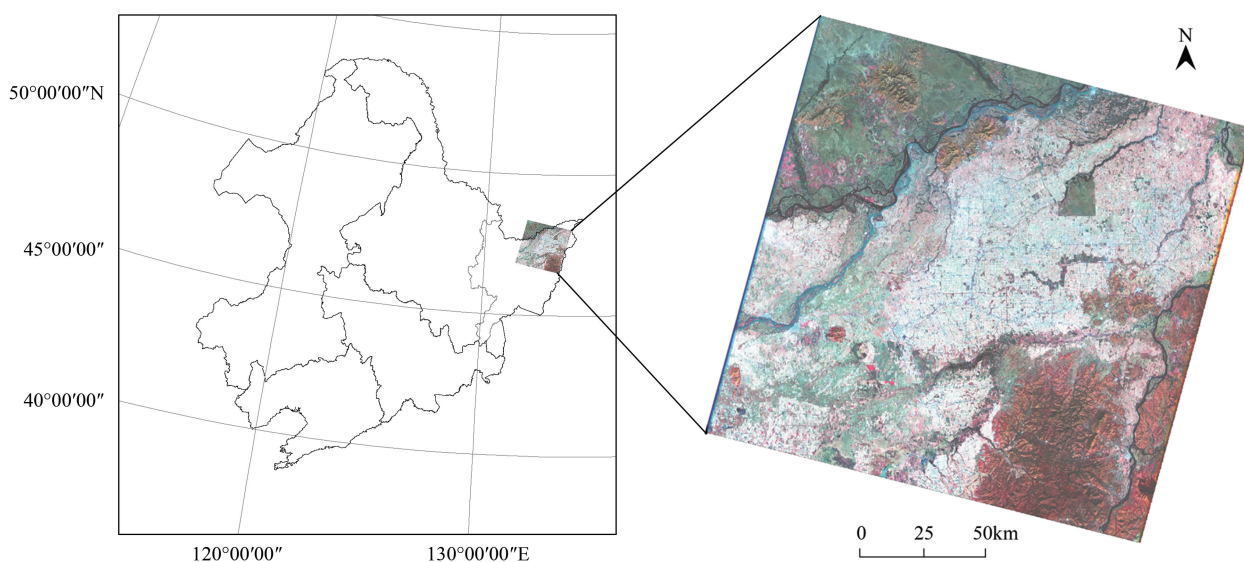


图1 研究区位置及遥感影像(10月9日摄取)

Fig.1 Location of the study area and the remote imagery (October 9)

1.2 数据来源及预处理

本文以2012年轨道号114—27的ETM+数据为遥感数据源。根据可获得影像的日期、质量和三江平原年降水规律、物候期规律,本文选取日期为5月18号、6月19号、8月6号、9月7号和10月9号,共5景图像质量较好的ETM+图像进行研究。影像均经过去云去条带处理和精确的地理校正,统一投影坐标系(地图投影:UTM;地带: 53°N ;基准面:WGS-84),选取波段1—5和7(空间分辨率为 30 m)以及全色波段(空间分辨率为 15 m)。然后进行波段合成、图像融合等预处理,结合野外采样资料和湿地光谱特征,建立不同类型湿地解译标志。此外还从国家科学数据共享网站获取了中国东北地区北部分辨率 30 m 的DEM栅格数据;从国家气象科学数据共享网获取的2012年位于研究区内的富锦气象站的降水和温度数据。野外验证数据包括2012年5—10月期间开展的5次野外调查样点数据及应用

Google Earth 高分辨率遥感影像获取的随机样点数据。

2 湿地分类及信息提取

2.1 湿地分类方案

湿地的季相变化主要基于年内水体、土壤水分和植被物候状态几个方面,从而体现为湿地的景观格局和湿地生态系统的结构变化,从大面积遥感监测层面,则体现为湿地面积的季相变化。本文对于研究区内湿地的遥感分类,坚持每景遥感影像实时观测的该期土地覆被特征提取湿地信息。如,季节性草本湿地在旱季体现为草地特征则归为非湿地,沿水裸土/沙地在多雨季节被水覆盖时则归为湿地。遥感数据能很好地监测湿地年内不同时间和空间上变化动态。因此,根据研究目的,本文参考湿地公约湿地分类体系,结合三江平原土地覆被及湿地种类分布,制定如下分类方案(表1),包括湿地和非湿地

2 个一级类型,11 个二级类型。

表 1 分类方案表

一级类型 Level 1 category	二级分类 Level 2 category	分类依据 Classification standards
湿地 Wetland	森林沼泽	乔木为主的淡水沼泽。
	灌丛沼泽	灌丛为主的淡水沼泽。
	草本沼泽	以喜湿苔草、草本、禾本科植物占优势的淡水沼泽。
	河流	天然河流、溪流和人工运河等流动水体。
	湖泊	湖泊等相对静止的水体,以水面为主。
	水库/池塘	包括水库、池塘等静止水体,以水面为主
非湿地 Others	森林	以乔木为主的植被群落。
	灌丛	以灌木为主的植被群落。
	草地	草本植被为主的植被群落。
	裸土/沙地	无植被覆盖或者覆盖极低的地表。
	其他用地	居住地、交通用地、工矿用地和耕地

2.2 基于面向对象方法的分类

基于面向对象方法^[15-16]的影像解译,参考谢静等^[17]完达山以北三江平原湿地多时相遥感影像分类,分为以下三步:(1)利用多尺度分割算法,以不同分割阈值分割影像,提取对象;(2)区分湿地和非湿地影像对象,提取湿地和非湿地信息;(3)对湿地信息进一步细化分类,归并结果。具体办法如下:首先,本文将形状异质性 h_{shape} 和光谱异质性 h_{color} 的权重参数分别设置为 0.2 和 0.8;将紧促度异质性 $h_{compact}$ 和平滑度异质性 h_{smooth} 的权重参数分别设置为 0.3 和 0.7;各波段权重值都设为 1,尺度参数为 10。其次,选取和构建通过面向对象分割形成影像对象特征的信息载体,并由此提取大量特征信息;充分利用影像对象的光谱特征(植被指数、灰度平均值、亮度值和标准差等)、纹理特征(同质性、异质性、反差、熵等)和空间特征(对象形状、长度、长宽比等),以产生更加精确详细的分类结果。此外,还利用类相关特征(拓扑关系、上下文关系)、场景特征和进程相关特征。最后,进行湿地信息的提取分类。常用的面向对象分类方法有两种:隶属度函数法和最邻近分类法。针对湿地地物类别,在规则集中引入最邻近分类法和隶属度函数法以提高分类的效率和精度。采用的办法是通过反复试验对象特征,利用影像季节特征,使用隶属度函数法和最邻近分类法功能遥感影像中先后提取水体、植被信息,屏蔽掉其他地物信息。然后,进一步提取水体和植被内的各种地物。

最后,合并同类地物,并进一步分类合并生湿地分类图。

3 结果及分析

3.1 湿地信息提取精度评价及结果分析

3.1.1 湿地信息提取精度评价

通过建立混淆矩阵分别计算分类结果的生产者精度、用户精度、总体精度以及总体 Kappa 系数。利用采集的 965 个样本点(5 期样本点采集地点相同,各 193 个),根据混淆矩阵对每期湿地的提取结果进行检验,利用湿地验证样点对湿地二级分类精度进行评价(表 2)。可以发现,8 月份的分类精度较其他月份低,原因是八月份处于植被生长旺盛期,人工植被和自然植被容易混淆,自然植被之间类别也不易区分。5 月份和 10 月份分类精度较高,根据物候规律,5 月和 10 月初恰好是植被生长和凋零的季节,而且人工植被诸如水田旱地也没有庄稼生长,所以在自然植被单独生长且长势不旺盛的情形下从遥感影

表 2 分类结果精度评价

影像日期 Date of ETM+	总体精度/% Overall accuracy	Kappa 系数 Kappa
05-18	85.30	0.8631
06-19	79.00	0.9354
08-06	74.67	0.7918
09-07	84.59	0.7598
10-09	88.71	0.7531

像区分类别还是较为容易的。由此可知,在中国东北地区,利用物候规律获取一年中物候特征区别明显和降水丰富的遥感影像是较为有效的湿地信息提取分类办法。

3.1.2 湿地信息提取结果

从研究区 2012 年湿地的空间分布(图 2)特征上看,我国境内湿地主要分布在研究区内的低洼地区,集中的湿地分布主要在保护区、河岸以及边远国界周围,零散破碎的湿地大部分散布在农田及其他

地物类型当中,斑块较多;黑龙江以北的俄罗斯境内湿地面积比重较大,而且分布较为集中。研究区内主要沼泽湿地类型为分布面积较广的草本沼泽,森林沼泽和灌丛沼泽面积较小,多数呈现岛状分布在草本沼泽类别中,分布散乱破碎,沿河两岸的森林沼泽分布比重较大。开放水面也是研究区内湿地的重要类型,其中河流占主要部分,多分布在国界线周围的低洼地区,湖泊和水库/池塘面积比重较小,散落在低洼地区和农田之间。

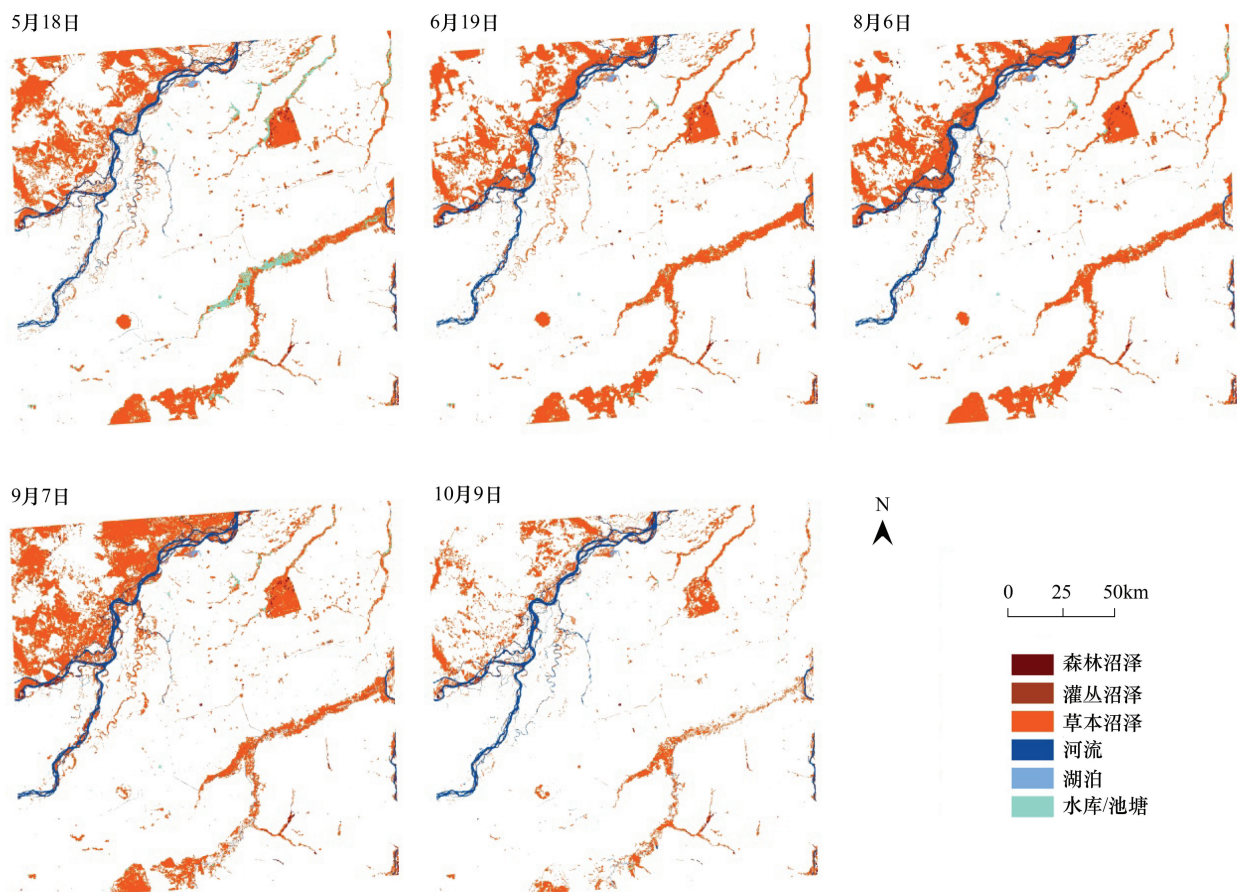


图 2 研究区在 2012 年 5 月 18 日、6 月 19 日、8 月 6 日、9 月 7 日和 10 月 9 日的湿地分类图

Fig.2 The classification map of wetlands in the study area in May 18, June 19, August 6, September 7 and October 9, in 2012

3.2 湿地面积季相变化及分布特征

3.2.1 研究区湿地季相景观特征

通过计算得到 2012 年 5 月 18 日、6 月 19 日、8 月 6 日、9 月 7 日和 10 月 9 日的湿地类型的面积(表 3)。研究区年内湿地总面积为 2595.9—5008.30 km²,占到研究区总面积的 8.24%—15.90%,其中 10 月湿地总面积最小,9 月湿地总面积最大。草本沼泽是研究区湿地的主要构成类型,占到湿地总面积的

74.05%—85.25%,其次是河流,占到了湿地总面积的 11.45%—23.65%,其他湿地诸如森林沼泽、灌丛沼泽、湖泊和水库/池塘所占面积比例较小。草本沼泽和河流的面积变化较大,成为年内湿地变化转化的主要类型。森林沼泽和灌丛沼泽占不到湿地总面积的 2%,年内也有变化。值得注意的是水库/池塘所占面积所占比例在一直高于湖泊,且为该年变化明显的湿地类型。

表 3 研究区 2012 年各期不同湿地景观类型面积和比例

Table 3 Area and percentage of different landscape of wetlands of study area in 2012

湿地类别 Wetlands category	05-18		06-19		08-06		09-07		10-09	
	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	%
	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%
森林沼泽 Forest swamp	77.90	1.71	69.20	1.57	70.24	1.56	78.47	1.57	39.73	1.53
灌丛沼泽 Bush swamp	15.79	0.35	11.53	0.261	29.49	0.66	31.37	0.63	0.92	0.04
草本沼泽 Marsh	3672.37	80.41	3764.36	85.25	3744.05	83.42	4230.43	84.47	1922.17	74.05
河流 River	522.87	11.45	510.05	11.55	579.05	12.90	603.78	12.06	613.50	23.63
湖泊 Lake	13.94	0.31	13.58	0.31	13.45	0.30	11.91	0.24	7.24	0.28
水库/池塘 Pool	264.45	5.79	46.72	1.06	51.95	1.16	52.34	1.05	12.35	0.48
湿地总面积 Wetland area	4567.32	14.50	4415.44	14.02	4488.23	14.25	5008.30	15.90	2595.91	8.24

3.2.2 研究区湿地景观季相转换

2012 年研究区各阶段湿地类型转化见表 4。5 月 18 日到 6 月 19 日、6 月 19 日到 8 月 6 日、8 月 6 日到 9 月 7 日和 9 月 7 日到 10 月 9 日之间湿地类型转化面积分别占到研究区总面积的 4.03%、3.65%、5.78% 和 8.72%，9 月 7 日到 10 月 9 日之间转化最为剧烈，6 月 19 日到 8 月 6 日转化面积比例最小。研究区 5 月 18 日到 6 月 19 日和 6 月 19 日到 8 月 6 日湿地有关类型转换主要发生在湿地和非湿地之间的相互转化上，湿地内部的转化所占面积比例较小。值得注意的是，8 月 6 日到 9 月 7 日非湿地到湿地的转化占转化总面积的 57.21%，湿地内部转化次之，占 34.21%，湿地到非湿地转化面积较小；9 月 7 日到 10 月 9 日之间，主要为湿地到非湿地的转化，占转化总面积的 87.21%，湿地内部的转化和非湿地到湿地的转化所占面积比例均很小。

各个阶段的转化主要发生在草本沼泽和草地之间，其他类别之间的转化所占面积比例均较小。但是各个阶段转化面积比例和转化种类也不尽相同。5 月 18 日到 6 月 19 日的草本沼泽转化为草地占转化总面积的 40.45%，其次是草地到草本沼泽的转化，占 33.05%，其次水库/池塘到草本沼泽的转化，

占 16.86%，其余转化类别所占面积比例均很小。6 月 19 日到 8 月 6 日草地转化为草本沼泽占转化总面积的 42.56%，草本沼泽到草地的转化次之，占 38.59%，其余转化类别所占比例很小。8 月 6 日到 9 月 7 日草地到草本沼泽转化占转化总面积比例 55.58%，其次草本沼泽到草地的转化，占 33.18%，其他别转化类所占比例均很小。9 月 7 日到 10 月 9 日之间，主要的类别转化发生在草本沼泽到草地之间，占总面积比例的 85.41%，其次是较小面积比例的草地到草本沼泽的转化，占 7.29%，其余转化面积比例均很小。

值得注意的是，5 月 18 日到 6 月 19 日水库/池塘转化草本沼泽的占转化总面积的 16.86%。原因是从 5 月到 6 月，湿地自然植被的生长使得原来的水体长满植被在遥感影像呈现为草本沼泽。9 月 7 日到 10 月 9 日之间以草本沼泽转化为草地最为显著，原因应该和三江平原九月之后降水减少的气候因素有关。每个月都有湿地和非湿地之间的转化，其中以草本湿地和草地的相互转化占主导地位，一方面是因为草本沼泽占了湿地总面积的绝大部分，另一方面和物候变化以及降水气温等变化因素有关。

表 4 研究区 2012 年各期间湿地景观类型的转化面积和百分比

Table 4 Areas and percentage of various landscape of wetlands of study area in 2012

转化类别 Wetlands conversion	05-18—06-19		06-19—08-06		08-06—09-07		09-07—10-09	
	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	%
	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%
森林沼泽→森林 Forest swamp → Forest	4.25	0.33	3.87	0.33	4.25	0.23	25.24	0.92
森林沼泽→河流 Forest swamp → River	2.33	0.18	3.33	0.29	2.78	0.15	2.12	0.08
灌丛沼泽→灌丛 Bush swamp → Bush	—	—	—	—	6.64	0.36	17.88	0.65
灌丛沼泽→河流 Bush swamp → River	0.05	0.00	0.04	0.00	0.58	0.03	0.27	0.01
草本沼泽→草地 Marsh → Grass	513.97	40.45	446.25	38.59	604.59	33.18	2346.96	85.41
草本沼泽→河流 Marsh → River	33.23	2.61	66.44	5.75	59.01	3.24	50.36	1.83

转化类别 Wetlands conversion	05-18—06-19		06-19—08-06		08-06—09-07		09-07—10-09	
	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	%
	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%
草本沼泽→湖泊 Marsh → Lake	0.90	0.07	1.20	0.10	0.59	0.03	0.11	0.00
草本沼泽→水库/池塘 Marsh → Pool	4.26	0.34	32.35	2.80	23.64	1.30	3.68	0.13
河流→森林沼泽 River → Forest Swamp	1.66	0.13	2.90	0.25	3.48	0.19	1.89	0.07
河流→灌丛沼泽 River → Bush Swamp	0.02	0.00	0.08	0.01	0.32	0.02	—	—
河流→草本沼泽 River → Marsh	47.12	3.71	30.62	2.65	42.93	2.36	39.94	1.45
河流→裸土/沙地 River → Bare land/sand	2.40	0.19	0.87	0.08	4.31	0.24	0.30	0.01
湖泊→草本沼泽 Lake → Marsh	1.30	0.10	1.23	0.11	2.15	0.12	4.64	0.17
湖泊→草地 Lake → Grass	0.01	0.00	0.02	0.00	—	—	0.06	0.00
水库/池塘→草本沼泽 Pool → Marsh	214.18	16.86	26.78	2.32	20.74	1.14	34.76	1.26
水库/池塘→草地 Pool → Marsh	1.64	0.13	0.28	0.02	3.86	0.21	6.11	0.22
森林→森林沼泽 Forest → Forest swamp	2.78	0.22	4.29	0.37	5.83	0.32	1.86	0.07
森林→河流 Forest → River	1.78	0.14	1.99	0.17	1.52	0.08	1.01	0.04
灌丛→灌丛沼泽 Bush → Bush swamp	—	—	8.06	0.70	11.21	0.62	—	—
灌丛→河流 Bush → River	0.58	0.05	0.98	0.08	0.47	0.03	0.10	0.00
草地→草本沼泽 Grass → Marsh	419.97	33.05	492.11	42.56	1012.79	55.58	200.31	7.29
草地→河流 Grass → River	13.33	1.05	16.85	1.46	6.97	0.38	4.42	0.16
草地→湖泊 Grass → Lake	0.01	0.00	0.03	0.00	—	—	—	—
草地→水库/池塘 Grass → Pool	0.27	0.02	—	—	0.74	0.04	0.30	0.01
裸土/沙地→河流 Bare land/sand → River	4.60	0.36	15.70	1.36	1.57	0.09	5.14	0.19
裸土/沙地→草本沼泽 Bare land/sand →Marsh	—	—	—	—	1.22	0.07	0.38	0.01
湿地→湿地 Wetlands →Wetlands	305.05	24.00	145.83	11.88	623.65	34.21	137.77	5.02
湿地→非湿地 Wetlands → Others	522.27	41.10	475.43	41.42	156.22	8.58	2396.55	87.21
非湿地→湿地 Orthers →Wetlands	443.32	34.89	540.01	46.70	1042.32	57.21	213.52	7.77
转化总面积 Total conversion area	1270.64	4.03	1151.27	3.65	1822.19	5.78	2747.84	8.72

3.3 湿地景观季相变化影响因素分析

自然背景是湿地分布和变化的基础条件,在某种程度上对湿地的年季和季相时空变化有一定的主导作用。自然背景大体上可分为土壤、气候、地貌、水温等因素。考虑湿地季相变化的原因和数据的可获取性,现主要分析海拔、坡度、气温和降水对湿地空间分布及季相面积变化的影像。

3.3.1 海拔和地貌对湿地景观季相变化的影响

为分析海拔对湿地空间面积分布和转化,将研究区分为 5 个高程,即 0—50 m、50—100 m、100—150 m、150—200 m 和>200 m。在 5 个海拔区间上,5 个时间及 4 个时间段的湿地分布和湿地转化面积如图 3 所示。湿地分布和湿地转化面积主要集中在海拔<150 m 的区域,尤其海拔 50—100m 的区域湿地分布和湿地转化面积所占比例也最多,其次海拔 0—50 m 和 100—150 范围,其次 150—200 范围,海拔>200 m 范围内所占面积比例极小。海拔<150 m 的区域各个月份的时间段湿地分布和湿地转化面积均在

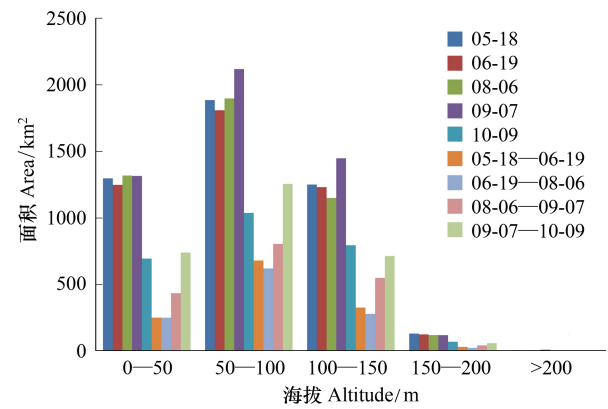


图 3 研究区在不同海拔区间内 5 个月份湿地面积及湿地转化面积

Fig.3 Area of wetlands and wetlands converted with different elevation ranges in 5 time point and 4 periods in the study area

97%以上,而海拔 50—100 m 的区域湿地分布和湿地转化面积比例分别是 41.27%、40.97%、42.28%、42.30%、39.94%、53.43%、53.81%、44.11% 和 45.69%。

地貌对湿地的分布和转化的影响同样不可忽

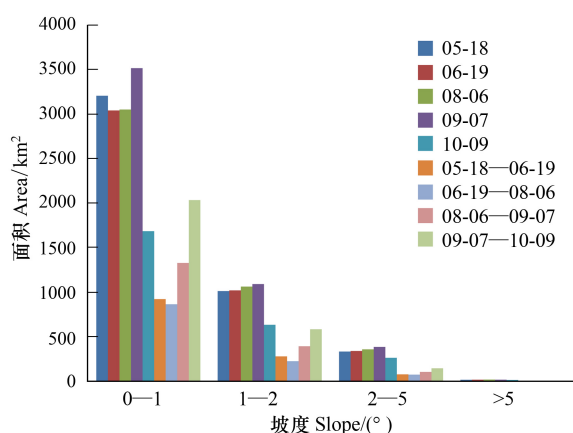


图4 研究区在不同坡度区间内5个月份湿地面积及湿地转化面积

Fig.4 Area of wetlands and wetlands converted with different slope ranges in 5 time point and 4 periods in the study area

视,研究区内湿地分布和转化绝大部分发生在 5° 以下的范围内。其中主要发生在 $0-1^{\circ}$ 坡度范围内,其次 $1-2^{\circ}$ 范围,其次 $2-5^{\circ}$ 范围, $>5^{\circ}$ 范围面积比例极小。各个时期和时段, 5° 以下坡度范围内的湿地分布面积和湿地转化面积占湿地总面积及湿地转化面积的99%以上,而 $0-1^{\circ}$ 坡度范围内各期湿地所占面积和各时段湿地所占面积分别占总量的70.13%、68.80%、67.91%、70.15%、64.86%、72.56%、75.08%、72.84%和73.99%。

3.3.1 气温和降水对湿地景观季相变化的影响

气候是东北地区物候变化的主要限制因子,气候条件对湿地年内季相变化的影响主要表现在降水和温度两个方面。降水是湿地的重要补给来源,降雨减少会直接导致湿地水资源补给不足,也会对湿地植被和土壤含水量产生影响。温度变化会对湿地植被生长物候产生影响,同时,温度升高则导致蒸散量加大,从而减少湿地含水量。本文从国家气象科学数据共享网提供的2012年位于研究区内的富锦的降水和温度数据来看(图5),研究区湿地面积和湿地转化与降水量、温度存在一定相关性。

充沛的降水为湿地提供充足的补给,导致湿地面积的增加,5月和9月的月平均降水分别为126.5 mm和158.5 mm,湿地面积也较大,分别为4567.32 km^2 和5008.30 km^2 ,而且水域面积也较大。6月和8月降水较少,温度升高,湿地总面积也相对较少。最为明显的是10月温度和降水均很小,湿地总面积也是5个研究日期当总最小的。由此说明,温度较高,

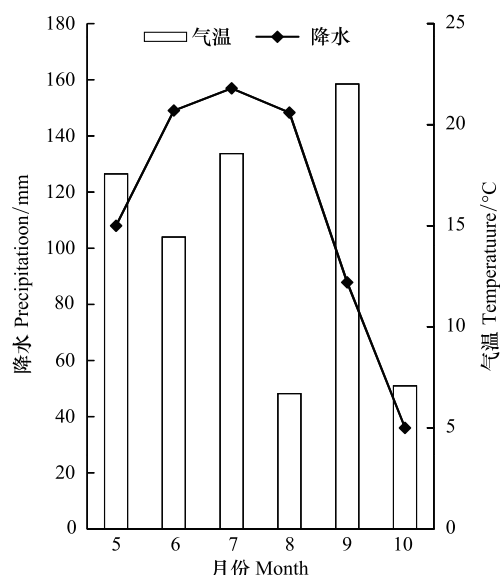


图5 2012年研究区降水和温度变化

Fig.5 Changes of precipitation and temperature in the study area in the year of 2012

降水较少时湿地面积减少;反之亦然。值得注意的是,8月温度较高降水较少,湿地总面积反而变化不大,原因是7月份降水较多,加之7、8月份正是植被生长的巅峰期,地面蒸散量也不会太大,所以湿地面积变化不会太大。此外,10月份降水较少,虽然气温也随之下落,但是水域面积反而增加,这与湿地植被生长此时趋衰的物候规律有关,因此湿地水体得以呈现在遥感影像上。

4 结论

研究区内湿地主要分布在低洼地区,主要湿地类型为草本沼泽,其次为河流,其他湿地类型所占面积比例较小。我国境内湿地分布主要在保护区、河岸以及边远国界周围;黑龙江以北的俄罗斯境内湿地面积比重较大,而且分布较为集中。研究区内两国湿地面积和分布差异主要是因为俄罗斯境内湿地开发不多,而这几十年我国三江平原北部湿地农田化严重。

从遥感影像观测,研究区年内各季湿地都有转化,主要发生在湿地和非湿地之间,湿地内部转化次之。各个阶段的转化主要发生在草本沼泽和草地之间,其他类别之间的转化所占面积比例均较小。湿地自然植被的生长物候变化,使得原来的水体与植被沼泽有所转换。降水较多季节和降水较少季节之间转化最为剧烈主要为湿地到非湿地的转化,湿地

内部的转化和非湿地到湿地的转化所占面积比例均很小。降水、气温及植被长势等变化因素对湿地面积变化及转化起到很大作用。

湿地分布和湿地转化面积主要集中在低海拔区域,其中海拔 50—100 m 的区域湿地分布和湿地转化面积所占比例最大,其余海拔次之。湿地分布和转化绝大部分发生在低坡度范围内,其中主要发生在 0—1°坡度范围内。各个时期和时段,5°以下坡度范围内的湿地分布面积和湿地转化面积占湿地总面积及湿地转化面积的 99% 以上。

研究区湿地面积和湿地转化与降水量、温度存在一定相关性。充沛的降水为湿地提供充足的补给,导致湿地面积的增加。温度较高,降水较少时湿地面积减少;反之亦然。同时,温度升高则导致蒸散量加大,从而减少湿地含水量,反之则反之。植被生长物候对湿地面积变化也用一定影响,湿地植被长势旺盛时期地面蒸散量不大,所以降水和温度对湿地面积影像也不会太大;湿地植被生长趋衰时,使平时被湿地植被覆盖的水体得以呈现在遥感影像上。

References:

- [1] Liu X T. Wetlands in northeast China. Beijing: Science Press, 2005:1-4.
- [2] Shanmugam P, Yu-Hwan A, Shanmugam S. A comparison of the classification of wetland characteristics by linear spectral mixture modelling and traditional hard classifiers on multispectral remotely sensed imagery in southern India. *Ecological Modelling*, 2006, 194(4):379 - 394.
- [3] Hess L L, Melack J M, Novo E M L M, Barbosa C C F, Gastil M. Dual season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 87(4):404 - 428.
- [4] Costa M P F, Niemann O, Novo E, Ahern F. Biophysical properties and mapping of aquatic vegetation during the hydrological cycle of the Amazon floodplain using JERS-1 and Radarsat. *International Journal of Remote Sensing*, 2002, 23(7):1401 - 1426.
- [5] Stankiewicz K; Dabrowska-Zielinska K; Gruszczynska M, Hoscilo A. Mapping vegetation of a wetland ecosystem by fuzzy classification of optical and microwave satellite images supported by various ancillary data// Owe M, D'Urso G, Toullos L, eds. *Proceedings of SPIE Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology IV*, 2003, 4879: 352 - 361.
- [6] Sugumaran R, Harken J, Gerjevic J. Using remote sensing data to study wetland dynamics in Iowa. Iowa Space Grant Final Technical Report, University of Northern Iowa, 2004 [2012-05- 10]. http://www.ia.spacegrant.org/RES_INF/VRR2003/Sugu-SEED.pdf
- [7] Wang Z M, Song K S, Ma W H, Ren C Y, Zhang B, Liu D W, Chen J M, Song C C. Loss and Fragmentation of Marshes in the Sanjiang Plain, Northeast China, 1954- 2005. *Wetlands*, 2011, 31(5):945-954.
- [8] Wigand C, Carlisle B, Smith J, Carullo M, Fillis D, Charpentier M, McKinney R, Johnson R, Heltshe J. Development and validation of rapid assessment indices of condition for coastal tidal wetlands in southern New England, USA. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2011, 182(1/4):31-46.
- [9] Cserhalmi D, Nagy J, Kristof D, Neidert D. Changes in a Wetland Ecosystem: A vegetation reconstruction study based on historical panchromatic aerial photographs and succession patterns. *Folia Geobotanica*, 2011, 46(4):351-371.
- [10] Sims K R E, Schuetz J. Local regulation and land-use change: The effects of wetlands bylaws in Massachusetts. *Regional Science and Urban Economics*, 2009, 39(4):409-421.
- [11] Frohn R C, Autrey B C, Lane C R, Reif M. Segmentation and object-oriented classification of wetlands in a karst Florida landscape using multi-season Landsat- 7 ETM + imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 2011, 32 (5): 1471-1489.
- [12] Ortega-Huerta M A, Komar O, Price K P, Ventura H J. Mapping coffee plantations with Landsat imagery: an example from El Salvador. *International Journal of Remote Sensing*, 2012, 33(1):220-242.
- [13] Benz U C, Hofmann P, Willhauck G, Lingenfelder I, Heynen M. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2004, 58(3/4):239-258.
- [14] Liu X T, Ma X H. Sanjiang plain natural environment change and ecological conservation. Beijing: Science Press (in China), 2002: 59-82.
- [15] Baatz M, Schäpe A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation// Strobl J, Baschke T, Griesebner G. *Angewandte Geographische Information sverarbeitung XII*. Heidelberg: Wichmann-Verlag, 2000:12-23.
- [16] Navuluer K, Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm. Boca Raton, FL: CRC Press, 2007: 10-50.
- [17] Xie J, Wang Z M, Mao D H, Ren C Y, Han J X. Classification of Wetlands Using Object-Oriented Method and Multi-Season HJ- 1 Images. *Wetland science*, 2012, 10(4):429-438.

参考文献:

- [1] 刘兴土.东北湿地.北京:科学出版社, 2005:1-4.
- [14] 刘兴土,马学慧.三江平原自然环境变化与生态保育.北京:科学出版社, 2002:59- 82.
- [17] 谢静,王宗明,毛德华,任春颖,韩佑兴.基于面向对象方法和多时相 HJ-1 影像的湿地遥感分类——以完达山以北三江平原为例. *湿地科学*, 2012, 10(4):429-438.