

东北地区湿地遥感监测与景观分析

马 驰

(辽宁省交通高等专科学校, 沈阳 110122)

摘要:分析东北地区湿地的时空变迁特点,可为东北地区湿地资源的合理利用、合理分配湿地资源、制定东北地区湿地保护和利用相关政策提供科学依据。以1975年MSS遥感图像、2013年CBERS遥感图像为数据源,借助于地理信息系统软件,采用人机交互目视解译的方法,并根据所建立的遥感解译标志,在遥感图像中解译出东北地区湿地信息;引入马尔科夫转移矩阵、重心迁移、景观格局等多种分析方法,探讨东北地区湿地时空动态变化特点。结果表明:近40年来东北地区湿地面积总体呈减少趋势,其中沼泽湿地面积减少24 769.9 km²、河流湿地面积减少6 753 km²、人工湿地面积增加22 017.4 km²;非湿地与湿地各类型间转化明显,其中,沼泽湿地向非湿地、人工湿地转化显著,非湿地向沼泽湿地、人工湿地转化显著;湿地重心总体向南偏西方向迁移36.5 km,其中,人工湿地重心向北偏东方向迁移354.7 km、沼泽湿地重心向南偏西方向迁移261.4 km。景观格局分析显示,东北地区湿地总体向破碎化、多样化与不规则化发展。

关键词:湿地;遥感监测;景观格局;转移矩阵;重心迁移;东北地区

中图分类号:X144 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2017)02-0010-07

湿地是地球上最重要的生态环境之一,被誉为“地球之肾”、“物种宝库”和“储碳库”,在调节气候、涵养水源、净化污水、降解环境污染、保护物种多样性等方面具有重要作用。《湿地公约》中强调,湿地在调节区域气候、缓解全球气候变暖、维护生态系统平衡等方面发挥着不可替代的重要作用,是保障区域生态安全和经济社会可持续发展的重要战略资源与稀缺资源(卞建民等,2004;朱长明等,2013)。湿地景观是湿地水系与周围地质地貌格局及生态系统相互作用在空间上分配的结果,其时空变化揭示了湿地景观变化的机制与规律,是研究影响全球气候变化的重要内容。20世纪中叶以后,随着人口的急剧增长、人类活动的加剧以及对湿地资源的掠夺性开发,天然湿地面积显著减少,湿地资源遭受严重破坏,表现为区域植被退化、土地沙化及水质恶化,严重威胁着湿地资源的可持续发展(王娟等,2008)。因此,研究湿地景观的现状与分布特征、湿地景观的时空变化规律,对湿地资源的规划管理和湿地的可持续发展具有重要意义。

近年来,遥感与地理信息技术的快速发展为湿

地资源的监测与时空动态变化研究提供了可靠的技术与方法支持(Lioubimtseva E et al,2008;刘红玉等,2009;Shanmugam P et al,2006)。国内外诸多学者利用遥感技术对湿地进行了大量研究,相应地也取得了一定的研究成果。在湿地信息提取方法方面,主要采用人工解译和计算机自动分类2种方法提取遥感图像中的湿地信息,如Bridget S-H等(2002)利用人工解译的方法在3个时期的航空影像中提取了安大略湖南部地区湿地影像,并分析其变化趋势;杜培军等(2014)利用三景TM与ETM提取了1992、2002、2009年江苏滨海湿地信息,并以景观格局分析方法揭示其动态变化规律;Mallik Sezan Mahmud等(2011)利用监督分类的方法对孟加拉达卡湿地进行了提取与分析,总体分类精度达到87%;王庆光等(2007)实验了BP神经网络和最大似然分类法提取湿地信息,其提取精度分别为82.13%和70.13%。在数据源的选取方面,主要集中于Landsat MSS/TM/ETM、CBERS等多光谱中分辨率遥感图像,如林皓波等(2012)在提取白洋淀湿地信息时使用了Landsat MSS/TM/ETM、CBERS遥感图像;Dronova I等(2012)利用TM遥感影像对鄱阳湖地区湿地进行了分类提取与景观分析。前人针对湿地的研究,一方面,研究的区域多为县、市等小区域(Bridget S-H et al,2002;杜培军等,2014;林皓波等,2012;Dronova, I et al,2012),以东北地区等大面积为研究对象较少;另一方面,采用计算机自动分

收稿日期:2016-01-03

基金项目:中国地质调查局项目(1212010911084);辽宁省交通高等专科学校优秀人才项目(lncrc201401)。

作者简介:马驰,1975年生,男,博士,副教授,主要从事RS与GIS应用研究。E-mail: machi1001@sina.com

类方法提取湿地信息的精度不高(Mallik Sezan Mahmud et al,2011;王庆光 等,2007)。

东北地区包括辽宁省、吉林省、黑龙江省的全部及内蒙古一部分,主要由辽河流域、黑龙江流域、鸭绿江图们江流域组成,气候类型属于中温带大陆性季风气候,冬季漫长多雪,气温较低,封冻期长,夏季气温高,降雨量集中,春季时间较短且多大风,秋季凉爽少雨。区内平均海拔 200 ~ 300 m,平均降雨量 300 ~ 500 mm。由于东北地区河流漫滩发育广泛、地势平坦且排水不畅,长年累月的积水就演变形成了广袤的湖泊与沼泽湿地景观(王宗明等,2008)。本文以我国东北地区湿地为研究对象,以 1975 年、2013 年遥感图像为数据源,以地理信息系统为分析手段,对 2 个时期东北地区湿地景观进行分析,同时引入马尔科夫转移矩阵、重心迁移模型及多种景观格局表征参数,定量分析东北地区湿地的时空变迁特点,为东北地区湿地资源的合理利用、合理分配湿地资源、制定东北地区湿地保护和利用相关政策提供科学依据。

1 数据来源与处理

本文选取覆盖东北地区的 1975 年 Landsat MSS 遥感图像(采用 7/5/4 波段合成假彩色图像)、2013 年的 CBERS 遥感图像(采用 4/3/2 波段合成假彩色图像),图像中云量覆盖率小于 5%,质量较好;为了保证数据源与监测时间的一致性,遥感图像均集中于 6 - 7 月份,有利于反映出 2 个时期东北湿地的真实信息。

数据处理过程主要包括:以 1 : 5 万地形图为基础对 CBERS 遥感图像进行几何校正,再以校正好的 CBERS 遥感图像为基础,校正 MSS 遥感图像。校正过程中,校正误差控制在 1 个像元以内,以保证 2 个时期的遥感图像空间位置一致;对遥感图像进行图像增强处理,以消除图像边缘与噪声,提高图像对比度,在图像中突出湿地信息;利用 ENVI 系统分别对 MSS 遥感图像、CBERS 遥感图像进行图像裁剪与拼接。

2 研究过程与方法

2.1 建立湿地遥感解译标志

根据我国 1997 年颁布的《全国湿地资源调查与监测技术规程》,本文将东北地区湿地分为近海及海岸湿地、河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地、人工湿地等 5 类。其中,沼泽湿地包括草本沼泽和沼泽化草

甸,人工湿地包括库塘和水稻田,近海及海岸湿地主要包括滩涂和养殖池与盐田。参考前人关于湿地的研究成果,综合野外湿地调研数据、研究区内地形图、东北地区气候与降雨量等数据,建立关于 MSS 遥感图像与 CBERS 遥感图像的湿地解译标志(表 1)。

2.2 湿地信息的遥感解译

根据遥感解译标志,参考研究区内地形图、气候、降雨量等数据,在 MapGIS 系统下对覆盖研究区的遥感图像进行目视解译,生成 2 个时期的湿地景观分布图。对东北湿地进行野外调查(调查路线如图 1),重点考察目视解译过程中在遥感图像上无法准确标定的湿地图斑,并对解译错误的区域予以纠正。统计表明,本文湿地解译正确率达 99% 以上,符合研究要求。

2.3 湿地空间动态变化分析方法

2.3.1 马尔科夫转移矩阵模型 马尔科夫模型是一种特殊的随机运动过程,是指在一系列特定的时间间隔下,一个亚稳态系统由 t 时刻状态向 t + 1 时刻状态转化的一系列过程(顾丽 等,2010)。本文引入马尔科夫转移矩阵定量描述东北地区近 40 年来湿地各类型之间的相互转化关系。马尔科夫转移矩阵表示为:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S11 & S12 & \cdots & S1j & \cdots & S1n \\ S21 & S22 & \cdots & S2j & \cdots & S2n \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ Si1 & Si2 & \cdots & Sij & \cdots & Sin \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ Sn1 & Sn2 & \cdots & Snj & \cdots & Snn \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中,S 表示面积,n 表示分类的类型数,i,j 分别表示研究初期与研究期末的分类类型。在具体应用过程中,该矩阵通常被表示成表格形式。

2.3.2 重心变化分析 重心变化分析可以反映研究对象空间演变过程。本文利用湿地重心迁移模型研究东北地区各种类型湿地的空间分布及时空演变,通过考察湿地重心移动方向与移动距离,揭示湿地在空间变化的总体特征(孙倩 等,2012)。

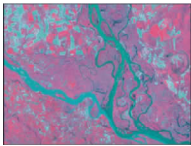
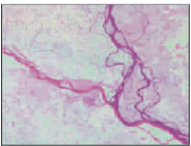
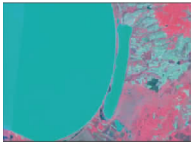
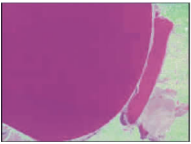
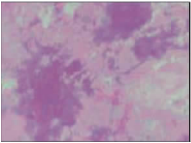
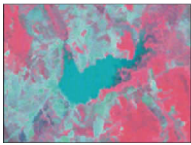
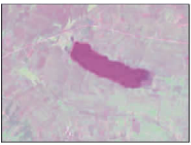
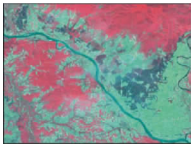
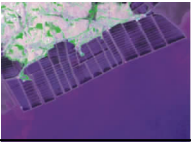
$$X = \sum_{i=1}^n (C_i \times X_i) / \sum_{i=1}^n C_i \quad (2)$$

$$Y = \sum_{i=1}^n (C_i \times Y_i) / \sum_{i=1}^n C_i \quad (3)$$

式中:X 和 Y 为湿地的重心坐标,C_i 为第 i 个湿地斑块面积,X_i、Y_i 分别表示第 i 个湿地斑块的重心坐标。

表1 湿地遥感图像解译标志

Tab.1 Interpretation of wetland remote images

湿地类型	遥感图像特征	MSS 图像示例	CBERS 图像示例
河流	几何形状明显,边界清晰,呈自然弯曲或局部平直状,宽窄不一。在 MSS 影像上为浅蓝色,在 CBERS 影像上为深粉、粉或浅粉色。		
天然湖泊	几何形状明显,图像结构均一,边界线平滑,在 MSS 影像上为浅蓝色,在 CBERS 影像上为深粉、粉、浅粉色。		
湿地沼泽	主要分布在河流沿岸及平原上的低洼地,常呈渐变过渡状、水浸状,与湖泊、河流的水体和陆地无明显界线。在 MSS 影像上呈黑灰色,在 CBERS 影像上呈深粉色。		
滩涂	在海岸沿线,受潮流作用,滩面平坦,以粉砂和浮泥为主。在 MSS 影像上呈带状深绿色,在 CBERS 影像上呈深灰色至墨绿色。		
人工库塘	几何形状明显,图像结构均一,有明显人工塑造的痕迹,在 MSS 影像上为浅蓝色,在 CBERS 影像上为深粉、粉、浅粉色。		
人工水稻田	几何形状较为明显,多呈长方形,排列整齐,边界明显,附近常有水系分布。在 MSS 影像上为深墨绿色,在 CBERS 影像上为黄绿色。		
地近海养殖池	分布于海岸沿线,几何形状明显,排列整齐,边界明显。在 MSS 影像上为深蓝色,在 CBERS 影像上为深灰色。		

2.3.3 景观格局分析 景观格局分析可以在无序的景观斑块中发现规律性,是在无法确定各要素间关系或定量分析困难的情况下讨论景观的整体性与异质性的有效方法(杜培军 等,2008;刘艳芬 等,2010)。本文选取景观破碎度指标(斑块个数,NP;平均斑块面积,MPS;斑块密度,PD)、形状指标(分维度,FRAC;面积加权的平均形状指数,AWMSI)以及多样性指标(香农多样性指数,SHDI;香农均匀性指数,SHEI)对东北湿地进行景观格局分析。各种指标所反映出的生态学意义:斑块数量(NP)、斑块密度(PD)越大或平均斑块面积越小则表明景观破碎程度越高;分维度和面积加权平均形状指数反映景观类型形状的复杂程度和稳定性,其值越大说明景观形状越复杂;香农多样性指数能反映景观异质性,对景观中各斑块类型非均衡分布状况较敏感;香农均匀性指数着重反映不同景观或同一景观不同时

期多样性的变化。

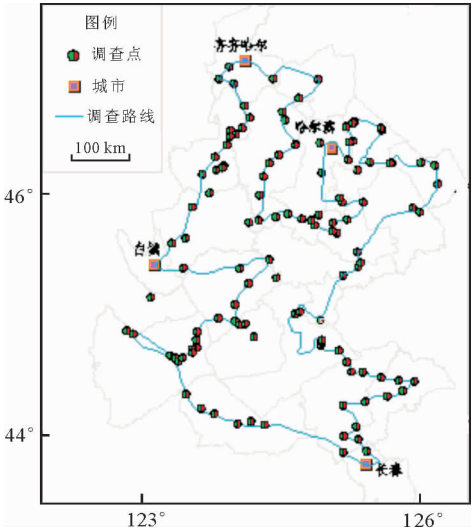


图1 湿地野外调查路线

Fig.1 Wetland field survey route

3 结果与分析

3.1 湿地面积的统计分析

解译结果显示(图 2、图 3、表 2),东北地区近 40 年来湿地面积总体上呈减少趋势。1975 年,研究区内湿地面积为 86 017.0 km²。其中沼泽湿地面积 43 546.8 km²,占 50.7%,主要分布于五大连池市与黑河市之间、佳木斯市东部与北部、松花江和嫩江沿岸以及辽宁省盘锦市;人工湿地面积 7 913.2 km²,占 9.1%,主要分布于辽宁省境内以及内蒙古赤峰市。2013 年东北地区湿地总面积为 76 707.3 km²,较 1975 年减少 9 309.70 km²,减少了 10.82%。其中,沼泽湿地面积锐减至 18 776.9 km²,占总湿地面积的比例下降至 24.5%,而人工湿地增至 29 930.6 km²,占湿地总面积增至 39.1%;五大连池市与黑河市之间的沼泽湿地已经基本消失,而佳木斯市东部与北部的沼泽湿地基本被人工湿地所取代,嫩江、松花江两岸人工湿地增加显著;河流湿地较 1975 年减少了 6 753.0 km²,而湖泊湿地增加了 920.1 km²。

3.2 湿地转移矩阵分析

将 2 期湿地遥感解译数据在 MapGIS 系统中进行叠加分析,利用分析统计结果建立非湿地、湿地各类型间转移矩阵(如表 3)。转移矩阵显示,东北地区近 40 年来存在大量的非湿地、湿地各类型间转化。例如,1975 - 2013 年,沼泽湿地减少 35 903.9 km²,其中转化为非湿地 25 776.4 km²、近海及海岸湿地 3.1 km²、河流湿地 817.2 km²、湖泊湿地 1 050.4 km²、人工湿地 8 256.8 km²;同期由非湿地、其他类型湿地转化为沼泽湿地的面积 11 133.5 km²,分别为:非湿地 9 195.5 km²、近海及海岸湿地 123.6 km²、河流湿地 878.1 km²、湖泊湿地 433.1 km²、人工湿地 503.2 km²。因此,近 40 年来东北地区沼泽湿地合计减少 24 770.4 km²。同样,人工湿地由于转化为其他类型而使面积减少 4 121.3 km²,主要转化为非湿地和沼泽湿地,而同时由非湿地和其他类型湿地转化而来的人工湿地达到 26 106.6 km²,因此人工湿地合计增加了 21 985.3 km²。

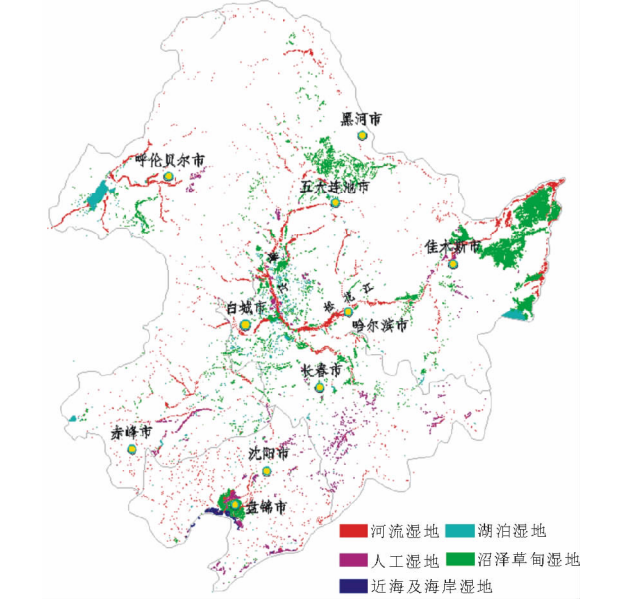


图 2 1975 年东北地区湿地分布

Fig. 2 Wetland distribution of Northeast China in 1975

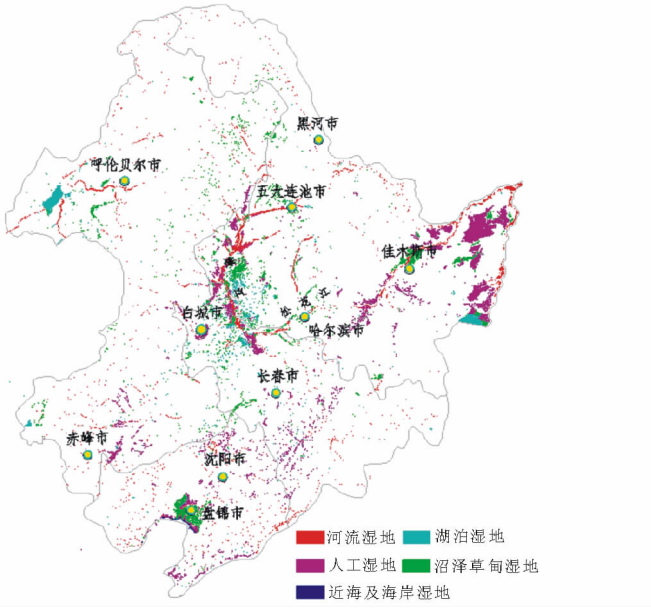


图 3 2013 年东北地区湿地分布

Fig. 3 Wetland distribution of Northeast China in 2013

表 2 东北地区各种类型湿地统计

Tab. 2 Statistics on different wetland types in Northeast China

年份	天然湿地						人工湿地		比		湿地总面积/ km ²
	海岸湿地/ km ²	比例/ %	河流湿地/ km ²	比例/ %	湖泊湿地/ km ²	比例/ %	沼泽湿地/ km ²	比例/ %	湿地/ km ²	例/ %	
1975	1 074.3	1.2	25 768.8	30.0	7 713.9	9.0	43 546.8	50.7	7 913.2	9.1	86 017.0
2013	350.0	0.4	1 9015.8	24.8	8 634.0	11.2	18 776.9	24.5	29 930.6	39.1	76 707.3

表3 非湿地及湿地各类型转移矩阵

Tab.3 Transfer matrix of various wetland types and non-wetlands

km²

2013年	1975年							
	非湿地	近海及海岸湿地	河流湿地	湖泊湿地	沼泽湿地	人工湿地	面积减少	
非湿地		48.9	6 385.1	1 747.3	9 195.5	15 854.2	33 231.0	9 319.4
近海及海岸湿地	338.8		19.9	1.1	123.6	316.7	800.1	-724.2
河流湿地	11 927.0	22.8		206.8	878.1	1 204.9	14 239.6	-6 735.1
湖泊湿地	1 120.8	0	143.5		433.1	474	2 171.4	925
沼泽湿地	25 776.4	3.1	817.2	1 050.4		8 256.8	35 903.9	-24 770.4
人工湿地	3 387.4	1.1	138.8	90.8	503.2		4121.3	21 985.3
面积增加	42 550.4	75.9	7 504.5	3 096.4	11 133.5	26 106.6		

3.3 各种类型湿地重心迁移分析

利用 ARCGIS 系统对湿地遥感解译结果进行分析、统计,获得2个时期各湿地类型的重心位置,并绘制东北湿地重心迁移图(图4)。

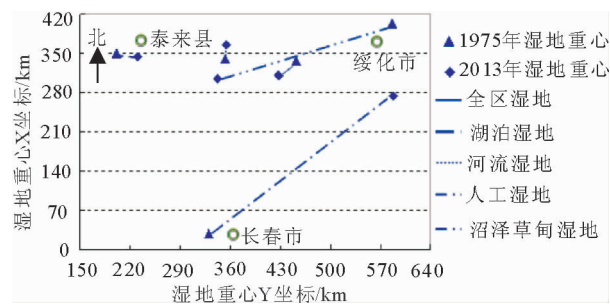


图4 东北地区湿地重心迁移

Fig.4 Migration of the wetland barycenter in Northeast China

东北地区近40年来湿地重心整体向南偏西41.9°方向迁移36.5 km。河流、湖泊湿地重心迁移距离不大,湖泊湿地重心向南偏东80.6°方向迁移29.4 km,河流湿地重心向北偏东2.4°方向迁移23.1 km。人工湿地与沼泽湿地重心位置变化显著:人工湿地向北偏东46.5°迁移354.7 km,沼泽湿地向南偏西78.1°方向迁移261.4 km,两者重心在空间上迁移距离相近,但方向相反;究其原因:自20世纪中叶以来,随着东北地区经济的发展与人类对湿地的过度开发,使原本存在于黑龙江省五大连池以北、佳木斯市以东的大片沼泽湿地退化,沼泽湿地大面积减少(占湿地总面积由1975年的50.7%下降到2013年的24.5%),并造成沼泽湿地重心显著向西、南迁移;同时,佳木斯市以东地区大片沼泽湿地被人工湿地所取代,加之松花江、嫩江流域开发出来的大面积人工湿地,使人工湿地重心向东、北方向迁移,人工湿地面积显著增加(占湿地总面积由1975年的9.1%上升至2013年的39.1%)。由于沼泽湿地与人工湿地分别占据着2个时期湿地的绝对优势地位,研究期内,2种湿地迁移的距离相近,但方向相反,造成了东北湿地在空间上总体迁移不大。

3.4 各种湿地类型的景观分析

对东北地区湿地进行景观格局分析(表4)显示,东北地区近40年来湿地景观破碎化程度总体上呈上升趋势。研究区内湿地总面积减小,而湿地斑块数量却从12 110个增加至16 907个,斑块密度从0.141个/km²增长至0.220个/km²,相应的湿地斑块的平均面积也由7.103 km²减小至4.537 km²;湿地斑块形状整体上也趋于复杂化与不规则化,其分维度由1.0191增加至1.0314;多样性分析表明,香农多样性指标由1975年的1.774增长至2013年的1.945,说明东北地区湿地景观多样性显著增加,湿地斑块破碎度明显加剧;香农均匀度指标由1975年的0.790增长至2013年的0.926,说明东北地区湿地景观在空间配置上趋于均匀。

表4 东北地区湿地景观格局指数

Tab.4 Landscape pattern index of wetlands in Northeast China

年	斑块数量/个	平均斑块面积/km ²	斑块密度/个·km ⁻²	香农多样性指标	香农均匀度指标	分维度
1975年	12110	7.103	0.141	1.774	0.790	1.0191
2013年	16907	4.537	0.220	1.945	0.926	1.0314

研究区内各类型湿地景观格局变化趋势(表5)与湿地景观总体变化趋势大体相同。40年来东北地区近海湿地斑块破碎度指数与形状指数均无明显变化,表明近海湿地景观格局变化不大;河流湿地斑块数、斑块密度略有增加,平均斑块面积略有减小,表明河流湿地景观有破碎化的发展趋势;沼泽湿地在面积大量减少的前提下,斑块数略有减少,而湖泊湿地、人工湿地斑块数大量增加,沼泽湿地、湖泊湿地、人工湿地平均斑块面积均显著减小,斑块密度均显著增加,表明3种湿地破碎化程度显著;对各种湿地类型形状指数分析表明,40年来河流湿地与湖泊湿地的分维度、面积加权的平均形状指数无显著变化,表明2种湿地斑块形状较稳定,而沼泽湿地与人工湿地的分维度、面积加权的平均形状指数显著增

表 5 东北地区湿地各类型景观格局指数

Tab. 5 Landscape pattern indices of different wetland types in Northeast China

景观类型	斑块数量/个		平均斑块面积/km ²		斑块密度/个·km ⁻²		分维度		面积加权的平均形状指数	
	1975 年	2013 年	1975 年	2013 年	1975 年	2013 年	1975 年	2013 年	1975 年	2013 年
河流湿地	5898	6546	4.369	2.905	0.229	0.344	1.0158	1.0165	3.878	3.9419
沼泽湿地	3397	3177	12.819	5.910	0.078	0.169	1.0243	1.0410	3.201	3.9844
湖泊湿地	1574	2801	4.901	3.082	0.204	0.324	1.0135	1.0144	1.711	1.8770
人工湿地	1203	4350	6.578	6.881	0.152	0.145	1.0278	1.0598	2.535	4.4242
近海湿地	38	33	28.271	10.606	0.035	0.094	1.0285	1.0288	2.636	2.7067

加,表明沼泽湿地与人工湿地斑块形状明显复杂化。

4 结论

通过对东北地区各类型湿地面积统计分析、空间转移分析、重心迁移分析以及湿地景观格局分析,可以得到以下结论:

(1)40 年来东北湿地面积总体呈减少趋势,其中,沼泽湿地面积减少与人工湿地面积增加较显著,河流湿地面积略有减少,湖泊湿地面积略有增加;

(2)由于时间跨度较长,东北地区非湿地与湿地各类型间的转化剧烈,其中,沼泽湿地向非湿地、人工湿地转化显著,非湿地向沼泽湿地、人工湿地转化显著;

(3)40 年间湿地重心总体向南偏西方向迁移 36.5 km。沼泽湿地与人工湿地迁移显著,且运动方向近乎相反,主要是由于 20 世纪中后期人类对五大连池市北部、佳木斯市东、北部沼泽湿地的过度开发,使其沼泽湿地面积急剧减少,佳木斯市东部、北部人工湿地大面积增加所致;

(4)景观分析结果显示,东北地区湿地景观近 40 年来向破碎化、多样化、不规则化发展。

参考文献

卞建民,林年丰,汤洁,2004. 吉林西部向海湿地环境退化及驱动机制研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版),34(3):441-444.

杜培军,潘琛,2008. 城市景观格局与环境影响遥感综合分析-以徐州市为例[D]. 北京:中国矿业大学.

杜培军,陈宇,谭琨,2014. 湿地景观格局与生态安全遥感监测分析-以江苏滨海湿地为例[J]. 国土资源遥感,26(1):158-166.

顾丽,王新杰,龚直文,等,2010. 北京湿地景观监测与动态演变[J]. 地理科学进展,29(7):789-796.

林皓波,吴新玲,刘菲,等,2012. 白洋淀湿地资源的遥感监测[J]. 中南林业科技大学学报,32(4):127-130.

刘红玉,李玉凤,曹晓,等,2009. 我国湿地景观发展现状、存在问题和发展方向[J]. 地理学报,64(11):1394-1401.

刘艳芬,张杰,马毅,等,2010. 1995-1999 年黄河三角洲东部自然保护区湿地景观格局变化[J]. 应用生态学报,21(11):2904-2911.

孙倩,张飞,丁建丽,等,2012. 渭干河-库车河三角洲绿洲土地利用/覆被时空变化遥感研究[J]. 生态学报,32(10):3252-3264.

王娟,崔保山,姚华荣,等,2008. 纵向岭谷区澜沧江流域景观生态安全时空分异特征[J]. 生态学报,28(4):1681-1689.

王庆光,潘燕芳,2007. 基于 BP 神经网络的湿地遥感分类[J]. 韶关学院学报·自然科学,28(3):72-75.

王宗明,张柏,宋开山,等,2008. 松嫩平原土地利用变化对区域生态系统服务价值的影响研究[J]. 中国人口·资源与环境,18(1):149-154.

朱长明,李均力,张新,等,2013. 新疆博斯腾流域湿地遥感监测及时空变化过程[J]. 吉林大学学报(地球科学版),43(3):954-961.

Bridget S-H, Alters D W, 2002. Wetland Management: An Analysis of Past Practice and Recent Policy Changes in Ontario [J]. Journal of Environment Management, 82:83-94.

Dronova I, Gong P, Clinto N, et al, 2012. Landscape Analysis of Wetland Plant Functional Types: the Effects of Image Segmentation Scale. Vegetation Classes and Classification Methods[J]. Remote Sensing of Environment, 127:357-369.

Lioubimtseva E, Henebry G M, 2009. Climate and Environmental Change in Arid Central Asia-Impacts, Vulnerability, and Adaptations [J]. Journal of Arid Environments, 73(11):963-977.

Mallik Sezan Mahmud, Arif Masrur, Asif Ishtiaque, et al, 2011. Remote Sensing & GIS Based Spatio-Temporal Change Analysis of Wetland in Dhaka City, Bangladesh [J]. Journal of Water Resource and Protection, 3:781-787.

Shanmugam P, Yu-Hwan A, Shanmugam S, 2006. 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 [J]. Ecological Modelling, 194(4):379-394.

(责任编辑 张俊友)

Remote Sensing and Landscape Analysis of Wetlands in Northeast China

MA Chi

(Liaoning College of Communication, Shenyang 110122, P. R. China)

Abstract: As one of the three major types of ecosystems on earth, wetlands provides important ecological services such as regulating climate, conserving water, purifying wastewater, degrading environmental pollutants and protecting species diversity. In this study, MSS remote sensing images of Northeast China wetlands from 1975 and CBERS images from 2013 were analyzed using GIS software and human-machine interactive visual interpretation. The spatial-temporal changes of the wetlands were then explored using the Markov transfer matrix, barycenter migration model and characterization of landscape patterns. The wetland area of Northeast China has decreased over the past 40 years, from 86 017.0 km² in 1975, to 76 707.3 km² in 2013. There was an obvious migration between non-wetland and wetland; meadow wetlands decreased significantly by 24 769.9 km² and river wetlands by 6 753 km², while constructed wetlands increased by 22 017.4 km² and lake wetlands by 920.1 km². The barycenter of constructed wetlands migrated 354.7 km to the northeast while the barycenter of meadow wetlands migrated 261.4 km to the southwest, giving an overall wetland barycenter migration of 36.5 km to the southwest. The spatial migration of wetlands in Northeast China is due to overexploitation of wetland resources in the north of Wudalianchi City and east and north of Jiamusi City at the end of 20th century, resulting in a significant decrease of meadow wetlands and a significant increase in constructed wetlands. In the study area, the total wetland area decreased while the number of wetland patches increased from 12 110 to 16 907. The patch density increased from 0.141 ind/km² to 0.220 ind/km² while the average area of the wetland patches decreased from 7.103 km² to 4.537 km². The Shannon diversity index of the wetland landscape pattern increased from 1.774 to 1.945 and the Shannon evenness index increased from 0.790 to 0.926. Overall, the landscape pattern of wetlands in Northeast China displayed increased fragmentation, diversification and irregularity. These results provide a scientific basis for the protection, restoration and rational utilization of wetland resources in Northeast China. It also provides a technical reference for the coordination and development of the regional ecological environment.

Key words: wetland; remote sensing monitoring; landscape pattern; transition matrix; barycenter migration; Northeast China