文章编号: 1672 - 3317 (2021) 04 - 0121 - 09

## 基于遥感的疏勒县植被覆盖时空变化研究

麦麦提吐逊·麦麦提,马合木江·艾合买提\*,陶洪飞,李 巧 (新疆农业大学 水利与土木工程学院,乌鲁木齐 830052)

摘 要:【目的】评价疏勒县生态环境质量及生态环境演变过程。【方法】基于 Landsat 遥感影像数据,利用归一化 植被指数 NDVI、像元二分模型、中心迁移模型等方法分析了 1996—2017 年疏勒县植被覆盖时空演化。【结果】①疏 勒县植被覆盖分布总体以高植被覆盖为主成大面积片状分布,中、低植被覆盖主要以盖孜河和克孜河为轴线,相对 围绕高植被覆盖分散分布;②1996—2017 年疏勒县植被覆盖面积和覆盖度均呈增加趋势。2017 年的植被覆盖面积比 1996 年增加了 456.4 km<sup>2</sup>,增加率为 38.3%;③疏勒县植被覆盖面积和覆盖度均呈增加趋势。2017 年的植被覆盖面积比 1996 年增加了 456.4 km<sup>2</sup>,增加率为 38.3%;③疏勒县植被覆盖面积增加最明显;④1996—2017 年疏勒县植被覆盖面积比 南部乡镇覆盖度明显增加;时段上,2009—2013 年植被覆盖面积增加最明显;④1996—2017 年疏勒县植被覆盖中心 整体往东南迁移;⑤气候变暖对疏勒县植被覆盖度变化有一定的影响,但短期内人类活动影响更大。灌区改造高效 节水、耕地开垦、农作物的种植及林带面积的增加是植被覆盖面积均覆盖面呈增加的主要因素。【结论】综上可知,气候变暖和 生态治理工程等人类活动因素可能是疏勒县植被覆盖面积与覆盖度呈增加的主要原因,这表明疏勒县生态环境保护 与治理是科学合理的。

关键词:疏勒县;植被覆盖度;NDVI 像元二分模型;中心迁移模型;时空变化 中图分类号:Q948;TP79 文献标志码:A doi:10.13522/j.cnki.ggps.2020240 ODIS:

麦麦提吐逊•麦麦提,马合木江•艾合买提,陶洪飞,等.基于遥感的疏勒县植被覆盖时空变化研究[J].灌溉排水学报, 2021,40(4):121-129.

MAIMAITITUXUN • Maimaiti, MAHEMUJIANG • Aihemaiti, TAO Hongfei, et al. Spatiotemporal Variation of Vegetation Coverage in Shule County Based on Remote Sensing [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2021, 40(4): 121-129.

#### 0引言

【研究意义】植被是生态系统及环境的重要组 成部分,可以反映区域生态环境质量的总体状况, 其主要受区域气候变化、人类活动、土壤质量、地 形地貌、水源等各类条件的约束。植被作为水、土、 气之间能量循环的重要环节之一[1],不仅维持生态环 境的平衡,而且可以评价区域生态环境质量,因而 监测区域不同时期植被覆盖面积及覆盖度时空变化 趋势对研究区域生态环境质量及变化过程具有一定 的重要意义<sup>[2-4]</sup>。【研究进展】目前,利用 Landsat 影 像数据对不同时期区域植被覆盖变化做了不少研究。 Barbosa 等<sup>[5]</sup>基于 Landsat TM 研究发现巴西东北地区 1982-2001 年植被生长季节变化,具有时段性与季 节性波动;穆少杰等<sup>[6]</sup>基于 MODIS-NDVI 影像数据 分析了内蒙古自治区 2001—2010 年植被覆盖度时空 变化特征,发现植被覆盖度总体上呈上升趋势;董弟 文等<sup>[7]</sup>基于 Landsat 影像数据分析了和田绿洲 19942016 年植被覆盖度的时空变化特征发现,绿洲植被 覆盖度面积均呈增加趋势。【切入点】本文基于 Landsat 5、Landsat 7、Landsat 8(TM/ETM+/OLI\_TIRS) 遥感影像数据,以我国西北部喀什地区典型的干旱绿 洲灌溉农业区疏勒县作为研究区,【拟解决的关键问 题】分析不同时期气候变化与人类活动等因素下植被 覆盖度时空变化过程与特征,为今后喀什地区疏勒县 生态环境稳定及可持续发展提供科学借鉴与依据。

#### 1 材料与方法

#### 1.1 研究区概况

疏勒县(38°51′—39°29′N,75°52′—76°53′E)(图 1)位于中国新疆喀什地区的中部,塔克拉玛干沙漠 的西缘,盖孜河和克孜勒河中游,属荒漠绿洲、冲积 平原,县境东西长106 km,南北宽69 km,总面积约 为2166.4 km<sup>2</sup>。属于典型的暖温带内陆性干旱型气候, 其特征是干燥少雨,春季多风沙和浮尘天气,昼夜温 差大,气温年内变化显著,多年平均气温为11.7 ℃, 年均蒸发量达2657 mm,年平均日照时间为2822 h, 多年平均降水量为47.8 mm。农业灌溉用水量占国民 经济总用水量的比例超过98%,水资源短缺且时空分 布极不均匀,灌区地表水主要来源于喀什噶尔河。

收稿日期: 2020-05-01

基金项目:新疆维吾尔自治区创新环境建设专项计划-自然科学计划青年 科学基金项目(2020D01B31)

作者简介:麦麦提吐逊•麦麦提(1994-),男,新疆喀什人。硕士研究生, 主要从事农业节水及环境影响研究。E-mail:2879330753@qq.com

通信作者:马合木江•艾合买提(1986-),男。硕士生导师,博士,主要 从事农业节水及环境影响。E-mail:1027903576@qq.com





#### 1.2 数据来源

综合考虑天气、云量、季节性植被差异等影响, 选用 1996 年 7 月 6 日、2000 年 9 月 11 日、2005 年 9 月 9 日、2009 年 8 月 19 日、2013 年 7 月 21 日、2017 年 8 月 1 日 6 个时期植被较好的 Landsat TM/ETM +/OLI\_TIRS 系列遥感影像图(条带号: 149, 行编号: 33, 分辨率: 30 m)。数据下载地址分别为美国地质 勘探局网站(http://glovis.usgs.gov)、国家地理空间数 据云官网(http://glovis.usgs.gov)、国家地理空间数 据云官网(http://www.gscloud.cn)。土地利用类型遥 感影像数据从中国科学院地理科学与资源研究所共 享官网下载(http://www.resdc.cn)。1990—2019 年气 温、降水量数据从国家气象科学数据开放中心官网 (http://www.data.cma.cn)下载。

遥感影像数据预处理是遥感数据解译中特别重要的环节,为便于影像图识别以及相互对比分析,首 先利用 ENVI5.4 对原 Landsat 影像图进行几何校正、 去除条带处理(传感器出现异常原因,ETM+数据带 条带)、辐射定标、大气校正及影像增强,然后利用 研究区的行政矢量边界图,通过 ENVI5.4 进行图像裁 剪和掩膜处理,得到研究区遥感影像图。

#### 1.3 归一化植被指数(NDVI)计算

归一化植被指数是由卫星遥感影像数据不同波 段光谱探测以及进一步数据组合而成,前人研究证明 归一化植被指数是目前反演植被覆盖度状况最佳的 指数之一,计算式为:

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red}$$
, (1)

式中: NIR 为 Landsat TM/ETM+/OLI 数据的近红外波 段值(M/ETM+为Band4, OLI为Band5); Red为Landsat TM/ETM+/OLI 数据的红外波段值(TM/ETM+为 Band3, OLI为Band4)<sup>[8]</sup>。

1.4 像元二分模型

本研究基于 NDVI,通过像元二分模型来估算不同时期的植被覆盖度。以下是像元二分模型的计算式:

$$FVC = \frac{(NDVI NDVI_{soil})}{(NDVI_{veg} - NDVI_{soil})},$$
(2)

式中:NDVIveg为完全覆被的像元 NDVI 值;NDVIsoil

为裸地或无覆盖像元 *NDVI* 值<sup>[9-11]</sup>。其中 2 个值的计 算式为:

$$NDVI_{\text{soil}} = \frac{(FVC_{\text{max}} \times NDVI_{\text{min}} - FVC_{\text{max}} \times NDVI_{\text{min}})}{(FVC_{\text{max}} - FVC_{\text{min}})}, \quad (3)$$

$$NDVI_{\text{veg}} = \frac{\left[(1 - FVC_{\min}) \times NDVI_{\max} - (1 - FVC_{\max}) \times NDVI_{\min}\right]}{(FVC_{\max} - FVC_{\min})} \circ (4)$$

目前为止还没有统一的植被覆盖度的分级阈值 标准,本文据国家《土地利用现状调查技术规程》、 《草场资源调查技术规程》、水利部颁布的《土壤侵 蚀分类分级标准》和结合干旱区绿洲植被特有的生态 特征、野外实地植被监测与调研,并对植被覆盖度进 行阈值分割处理。其中植被覆盖度的阈值分割按照传 统的分类方法分为裸地或极低(0~0.2)、低(0.2~0.3)、 中(0.3~0.6)、高(0.6~1)植被覆盖等4个等级。

#### 1.5 图像差值比较法

为了反映研究区不同时期植被覆盖动态变化,利 用图像差值比较法计算不同时期植被覆盖变化量 ΔFVCg,差值变化量等于0是未发生变化,>0是植 被覆盖增大,<0是植被覆盖减小。计算式为:

$$\Delta FVC = FVC_{gyear2} - FVC_{gyear1}$$
, (5)  
式中:  $FVC_{gyear1}$ 、 $FVC_{gyear2}$ 分别为不同时期的植被覆  
盖度等级。

为了反映 1996—2017 年植被覆盖度动态空间变 化特征,分别对 1996 年和 2000 年、1996 年和 2005 年、1996 年和 2009 年、1996 年和 2013 年、1996 年 和 2017 年分类结果按传统标准差值划分为 7 个等级, 默认的未变化(值为 0)是中心生成相对称,两边的 正值与负值类别数相同,阈值在[-1,1]之间,其中: ①0.666 7 $\leq \Delta FVC_g < 1$ , $\Delta FVC_g=+3$ 表示极度改善植被; ②0.333 3 $\leq \Delta FVC_g < 0.666$  7, $\Delta FVC_g=+2$ 表示中度改 善植被; ③0 $< \Delta FVC_g < 0.333$  3, $\Delta FVC_g=+1$ 表示轻度 改善植被; ④ $\Delta FVC_g=0$ , $\Delta FVC_g=0$ 表示未发生变化; ⑤-0.333 3 $\leq \Delta FVC_g < 0.333$  3, $\Delta FVC_g=-2$ 表示中度退 化植被; ⑦-1 $< \Delta FVC_g < -0.666$  7, $\Delta FVC_g=-3$ 表示极 度退化植被<sup>[6]</sup>。

#### 1.6 中心迁移模型

中心是核心与中央的意思,可以直接反映研究区 植被覆盖空间演化趋势过程,也可以跟踪植被覆盖前 移方向。计算式为:

$$X = \sum_{i=1}^{m} (S_i \times X_i) / \sum_{i=1}^{m} S_i , \qquad (6)$$

$$Y = \sum_{i=1}^{m} (S_i \times X_i) / \sum_{i=1}^{m} S_i , \qquad (7)$$

式中: *X* 为研究区植被分布中心的经度坐标; *Y* 为纬 度坐标; *S<sub>i</sub>* 为研究区植被分布第*i*个小斑块的面积(分 辨率: 30×30 m); *X<sub>i</sub>*为研究区植被分布第*i*个小斑 块的经度坐标、*Y<sub>i</sub>*为研究区植被分布第*i*个小斑块的 纬度坐标<sup>[12]</sup>。

#### 2 结果与分析

#### 2.1 研究区植被覆盖度空间分布特征及演化趋势

基于 NDVI 与像元二分模型,利用 ENVI5.4 计算 得出研究区 1996—2017 年 6 个时期的植被覆盖度, 并进行阈值分割,得到喀什地区疏勒县 1996、2000、 2005、2009、2013、2017 年 6 个时期的植被覆盖度 空间分布图。如图 2 所示,疏勒县植被覆盖分布总体 以高植被覆盖为主,成大面积片状分布;中、低覆盖 主要以盖孜河和克孜河为轴线,相对围绕高植被覆盖 分散分布;裸地主要集中于县区阿拉甫乡东南部和艾 尔木东乡西南部,成大面积片状分布。



图 2 疏勒县 6 个时期的植被覆盖度等级分布

Fig.2 Distribution map of vegetation coverage in different periods in Shule County

利用 ENVI5.4 统计矢量边界掩膜并计算面积得 到疏勒县6个时期不同等级的NDVI平均值与植被覆 盖度面积变化趋势,如图3所示。从图3可以看出, 疏勒县植被总覆盖度、高植被覆盖度与 NDVI 平均值 均呈增加趋势, 拟合度 R<sup>2</sup>分别是 0.729 5、0.931 4 与 0.926 7, 说明 1996—2017 年疏勒县植被覆盖面积增 加的同时,绿色植物覆被面积也不断扩大;裸地或极 低植被覆盖与低植被覆盖面积均呈下降趋势, 拟合度 R<sup>2</sup>分别是0.7821和0.7781,戈壁滩面积的减少说明 生态环境在不断改善。不同 6 期面积统计结果显示, 2017年植被覆盖度最大,面积为1 648.8 km<sup>2</sup>, 2005 年植被覆盖度最小,面积为1168.2 km<sup>2</sup>,变幅为480.6 km<sup>2</sup>, 增加率为 41.2%。2017 年与 1996 年相比, 植被 覆盖面积由1192.4 km<sup>2</sup>增加至1648.8 km<sup>2</sup>,变幅为 456.4 km<sup>2</sup>, 增加率为 38.3%。由 2009—2013 年的植 被覆盖面积增加速度比较明显,增量为 267.4 km<sup>2</sup>, 增加率为 21.34%。其余 4 个年段的增加量和增加率 分别为: 1996—2000 年增加量为 67.6 km<sup>2</sup>,增加率 为 5.7%; 2000—2005 年增加量为-91.8 km<sup>2</sup>,增加率 为-7.3%; 2005—2009 年增加量为 81.9 km<sup>2</sup>,增加率 为 7.0%; 2013—2017 年增加量为 131.3 km<sup>2</sup>,增加率 为 8.7%。可见疏勒县植被覆盖面在整体不断增加的 同时,存在一些波动性。

由不同时期植被覆盖度等级时空变化分析发现 (图 3),高植被覆盖面积线性增加趋势显著(R<sup>2</sup>= 0.931 4),由 1996年的 567.2 km<sup>2</sup>增加至 2017年的 1 118.6 km<sup>2</sup>,增加了 551.4 km<sup>2</sup>,增率为 97.2%;中植 被覆盖面积先减小后增大,波动较大,线性拟合度较 差(R<sup>2</sup>=0.111 9),2017年与 1996年相比,面积增 加了 11.0 km<sup>2</sup>,增加率为 2.7%;低植被覆盖面积由 1996年的 220.4 km<sup>2</sup>减小至 2017年的 114.4 km<sup>2</sup>,减 小了 106.0 km<sup>2</sup>,减率为 92.7%;裸地或极低植被覆盖 度由 1996年的 899.2 km<sup>2</sup>减小至 2017年的 447.5 km<sup>2</sup>, 减小了 441.7 km<sup>2</sup>,减小率为 98.7%。可见疏勒县植被 覆盖在不同时期覆盖等级变化过程中,高植被覆盖面 积的增加比较显著,并且占总植被覆盖面积比重最大, 高植被覆盖在 6 个时期占植被覆盖面积比重分别是 48.3%、55.5%、64.0%、62.7%、60.1%、67.8%,所 占比重显著上升。反而裸地或极低植被覆盖与低植被 覆盖区面积逐渐减小。



图 3 疏勒县不同时期不同等级植被覆盖面积变化和 NDVI 平均值变化

Fig.3 Changes in the average value of *NDVI* and vegetation coverage of different levels in different periods in Shule County 2.2 研究区植被覆盖度空间变化特征 势,增加区域面积相对减小区域面积增长了 99.5

2.2 研究区植被復盖度空间变化特征

为了反映研究区不同时期植被覆盖度空间动态 变化,利用图像差值比较法计算 1996—2017 年不同 时期植被覆盖变化情况,差值结果为正值表示增加, 差值结果为负值表示减小。

由图 4 可知, 疏勒县植被覆盖度变化呈西北部 相对未变化、南部变化比较明显。结合图 2 可知, 未变化区主要以高植被覆盖区为主,变化区以裸地 或极低、低植被覆盖区为主。从不同时间段分析可 知,1996—2000 年, 植被覆盖度呈增加趋势,增加 区域(改善区)面积相对减小区域(退化区)面积增 长了137.8 km<sup>2</sup>, 植被覆盖度状况好转;2000—2005 年, 植被覆盖度呈减小趋势,增加区域面积相对减小 区域面积减少了99.9 km<sup>2</sup>,研究区南部植被覆盖退化 比较严重, 尤其是阿拉甫乡东南方向的戈壁滩稀疏植 被明显消失;2005—2009 年, 植被覆盖度呈增加趋 势,增加区域面积相对减小区域面积增长了 99.5 km<sup>2</sup>, 疏勒县城与罕南力克镇植被覆盖显著退化,兵团 41 团增加比较明显;2009—2013年,植被覆盖度呈增 加趋势,增加区域面积相对减小区域面积增长了 414.9 km<sup>2</sup>,疏勒县城植被覆盖继续退化,但英阿瓦 提乡、阿拉力乡与阿拉甫乡西部大面积片状增加; 2013—2017年,植被覆盖度呈增加趋势,增加区域 面积相对减小区域面积增长了 336.9 km<sup>2</sup>,阿拉力乡 南部、英阿瓦提乡东北部与阿拉甫乡西北部植被覆盖 度显著增加,阿拉甫乡东南方向荒漠区植被继续退化; 纵观 1996—2017年植被覆盖度呈增加趋势,增加区 域面积相对减小区域面积增长了 731.7 km<sup>2</sup>,库木西 力克乡下部、塔孜洪乡中部、塔合其乡东部与亚曼牙 乡成大面积片状增加,疏勒县城与阿拉甫乡东南方向 戈壁滩稀疏植被退化比较严重。





Fig.4 Spatial distribution of vegetation coverage in Shule County in different periods

为了进一步全面分析疏勒县植被覆盖度空间变 化,对1996—2017年不同等级的植被覆盖度进行相 互转移面积和比例状态转移矩阵计算。由表1可知, 1996—2017年,疏勒县植被覆盖主要以裸地或极低 植被覆盖、低植被覆盖和中植被覆盖均向高植被覆盖 转移为主。具体的转移空间变化量为:裸地或极低植 被覆盖、低植被覆盖和中植被覆盖转化为高植被覆盖 的面积分别255.17、131.94和286.44 km<sup>2</sup>,比例分别 为30.33%、59.92%和70.76%。从绝对空间变化量分析来说,裸地或极低植被覆盖、低植被覆盖、中植被覆盖和高植被覆盖面积变化量分别为-451.71、-105.95、10.97和551.33km<sup>2</sup>,比例分别为-50.23%、-40.08%、2.71%和97.20%,裸地或极低、低植被覆盖面积均减小,中植被覆盖面积整体稳定,高植被覆盖面积大幅度增加,裸地或极低、低、中植被覆盖最终均转化为高植被覆盖。

	等级	1996 年								
年份		裸地或极低植被覆盖		低植被覆盖		中植被覆盖		高植被覆盖		
		面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	
2017 年	裸地或极低植被覆盖	405.35	48.17	17.30	7.86	6.53	1.61	2.47	0.44	
	低植被覆盖	60.58	7.20	19.05	8.65	14.68	3.63	9.50	1.67	
	中植被覆盖	120.33	14.30	51.92	23.58	97.15	24.00	128.84	22.72	
	高植被覆盖	255.17	30.33	131.94	59.92	286.44	70.76	426.39	75.17	
变化量		-451.71	-50.23	-105.95	-48.08	10.97	2.71	551.33	97.20	

表 1 1996—2017 年疏勒县植被覆盖度等级转移矩阵 Table 1 Vegetation coverage grade transfer matrix in Shule County from 1996 to 2017

#### 2.3 研究区植被覆盖度空间变化特征

中心分布变化可以描述空间上植被覆盖分布的时 空变化特征及趋势<sup>[12]</sup>。疏勒县植被覆盖中心迁移显示 (图 5),1996—2017年,疏勒县植被总覆盖中心整 体向东南直线迁移1.92 km。具体来说,1996—2000、 2005—2009、2009—2013、2013—2017年向东南方向 迁移,2000—2005年向西北方向迁移;其中2000—2005 年和 2009—2013 迁移比较显著(分别向西北迁移 1.75 km 和东南迁移 2.55 km),2005—2017年一直 向东南直线迁移 3.67 km。高植被覆盖中心整体向东 南直线迁移 4.73 km, 其中 2009—2013 年迁移速度最快,向东南迁移 2.31 km。向东南迁移主要是因为 2011 年中央一号文件精神<sup>[13]</sup>,建立农田水利高效节水灌溉 建设新机制,提高农业领域的综合生产能力,增加财 政对农村小型农田水利高效节水灌溉设施建设的投 入力度下,疏勒县大力发展高效节水灌溉。根据疏勒 县水利局统计,截至 2017 年该县高效节水灌溉面积 达 1.67 万 hm<sup>2</sup>,其中 2012—2017 年高效节水面积为 1.06 万 hm<sup>2</sup>,英阿瓦提乡、阿拉甫乡、艾尔木东乡、 阿拉力乡、牙甫泉镇、库木西力克乡等位于东南部的





### 3 讨 论

疏勒县位于典型干旱区(南疆),植被覆盖度变 化是气候变化与人类活动共同作用的结果,但短时段 内人类活动对干旱区植被覆盖度变化的影响更为直接。

#### 3.1 自然气候因素影响

疏勒县 1990—2019 年的年均降水量和气温变化 趋势如图 6 所示具有增加的趋势。黄培佑等<sup>[14]</sup>、张音 等<sup>[15]</sup>研究表明,全球变暖引起新疆气温的升高和降水 量的增加,对新疆生态与环境发生了一些巨大的改善。 喀什地区气候干旱,蒸发强烈,其荒漠带区植被耐高 度盐碱、耐旱、耐寒为主<sup>[16]</sup>。疏勒县降水量的增加可 能对荒漠区稀疏植被及草地造成了明显的积极影响。 绿洲低覆盖植被向中、高植被覆盖的转移可能是这种 影响的成果。

气候变暖对植被的影响,也间接体现在冰雪融水 对流域径流的不断增大。疏勒县年均气温和年降水量 在 1990—2019 年呈提升趋势(图 6),该 30 a 内气 温平均提升了 1.46 ℃,这对以冰雪融水补充为主的 喀什噶尔河流域影响较大。图 6 可以看出,随着气温、 降水量的增加对研究区 NDVI、总覆盖与高覆盖逐渐 增大。根据毛炜峄等<sup>[17]</sup>对 1951—2005 年喀什噶尔河 流域年均降水量、气温对流域径流的影响变化趋势分 析,因气温的上升,径流量以 3%/(10 a)的速率增加。 这对气候干旱的疏勒县来说具有重大的意义,为区域 植被的增加提供了水资源保障。

#### 3.2 人类活动的影响

人类活动对区域短时间内植被覆盖的影响是直接的,表现在土地利用方式变化上。表 2 是利用中国科学院地理科学与资源研究所提供的不同时期新疆土地利用遥感数据统计得到的疏勒县土地利用变化情况。由表 2 可知,2000—2018年,研究区耕地、林地、城乡工矿居民用地面积显著上升。耕地面积从2000年的899 km<sup>2</sup> 增至2018年的1241 km<sup>2</sup>,增加了342 km<sup>2</sup>,增加率为38.1%;林地面积从2000年的4 km<sup>2</sup> 增至2018年的52 km<sup>2</sup>,增加了48 km<sup>2</sup>,增加率为1200%;城乡工矿居民用地面积从2000年的24 km<sup>2</sup> 增至2018年的83 km<sup>2</sup>,增加了59 km<sup>2</sup>,增加率为246%。草地、水域、未利用土地面积2018年比2000年分别减小了17.9%、33.3%、54.7%。这说明,疏勒县增加植被覆盖面积的主要原因是耕地和林地面积增加,草地和未利用土地面积减小。



图 6 1990—2019 年疏勒县年均降水量、气温变化和 NDVI 平均值、总、高植被覆盖度变化关系趋

势 Fig.6 Annual average precipitation, temperature change, NDVI average,

total and high coverage change trend in Shule County from 1990 to 2019 表 2 疏勒县不同时期土地利用变化情况

				810 1						
米田	2000年		2005 年		2010年		2015 年		2018年	
关型	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%
耕地	899	41.5	944	43.6	959	44.3	1165	53.8	1241	57.3
林地	4	0.2	4	0.2	3	0.1	3	0.1	52	2.4
草地	588	27.1	574	26.5	549	25.3	408	18.8	483	22.3
水域	60	2.8	48	2.2	42	1.9	41	1.9	40	1.8
城乡工矿居民用地	24	1.1	24	1.1	28	1.3	42	1.9	83	3.8
未利用土地	591	27.3	572	26.4	585	27.0	507	23.4	268	12.4
									- · · ··	···

Table 2	Land use of	changes in	different	periods i	in Shule	County
1 4010 2	Luna use c	manges m	uniterent	perious i	in bhuic	county

## 4 结 论

1) 1996—2017 年疏勒县植被覆盖面积显著增加。 2017 年比 1996 年植被覆盖面积增加了 456.4 km<sup>2</sup>,增 加率为 38.3%。高植被覆盖面积的增加比较显著,2017 年比 1996 年植被覆盖面积增加了 551.4 km<sup>2</sup>,增加率 为 97.2%;中植被覆盖面积变化不大,2017 年与 1996 年相比,面积减小了 11 km<sup>2</sup>,降幅 2.7%;低植被覆 盖面积减小明显,减小面积为 106 km<sup>2</sup>,降幅达 48.1%。

2) 疏勒县植被覆盖空间变化存在时段性和区域 性差异。2009—2013 年植被覆盖面积增加最显著, 增加了 21.34%; 塔合其乡、亚曼牙乡最东北部和阿 拉甫乡北部植被覆盖大面积增加为最典型, 阿拉甫乡 东南部荒漠区和疏勒县城中度退化。1996—2017 年 疏勒县植被覆盖中心往东南荒漠区迁移, 直线距离为 1.92 km。

3) 气候变暖对研究区植被覆盖度有一定的影响, 短期内人类活动的影响更为直接。灌区改造高效节水、 耕地开垦及林地种树是疏勒县植被覆盖面积增加主 要原因。但是草地和水域面积的降低对研究区长远生 态环境及可持续发展带来一定的威胁。

#### 参考文献:

 王涛. 干旱区绿洲化、荒漠化研究的进展与趋势[J]. 中国沙漠, 2009, 29(1): 1-9.

WANG Tao. Review and prospect of research on oasification and desertification in arid regions[J]. Journal of Desert Research, 2009, 29(1): 1-9.

- [2] 韩思淇, 麻泽龙, 庄文化, 等. 2000—2018 年黄河源植被叶面积指数 时空变化特征[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(12): 57-62.
  HAN Siqi, MA Zelong, ZHUANG Wenhua, et al. Spatial-temporal Change of Leaf Area Index (LAI) in the Source Region of the Yellow River During 2000—2018[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2019, 38(12): 57-62.
- [3] 杜加强,赵晨曦,贾尔恒•阿哈提.近 30a 新疆月 NDVI 动态变化及
   其驱动因子分析[J].农业工程学报,2016,32(5):172-181.

DU Jiaqiang, ZHAO Chenxi, JIAERHENG•Ahati. Analysis on spatio-temporal trends and drivers in monthly NDVI during recent decades in Xinjiang, China based two datasets[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(5): 172-181.

- [4] PIAO S L, WANG X H, CIAIS P, et al. Changes in satellite-derived vegetation growth trend in temperate and boreal Eurasia from 1982 to 2006[J]. Global Change Biology, 2011, 17(10): 3 228-3 239.
- [5] BARBOSA H A, LAKSHMI KUMAR T V. Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil[J]. Journal of Arid Environments, 2016, 124: 377-387.
- [6] 穆少杰,李建龙,陈奕兆,等. 2001—2010年内蒙古植被覆盖度时空变化特征[J]. 地理学报, 2012, 67(9): 1 255-1 268.
  MU Shaojie, LI Jianlong, CHEN Yizhao, et al. Spatial differences of variations of vegetation coverage in Inner Mongolia during 2001—2010[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(9): 1 255-1 268.
- [7] 董弟文,阿布都热合曼•哈力克,王大伟,等. 1994—2016 年和田绿 洲植被覆盖时空变化分析[J]. 生态学报, 2019, 39(10): 3 710-3 719.
  DONG Diwen, ABDIRAHMAN•Halik, WANG Dawei, et al.
  Spatio-temporal variations in vegetation cover in Hotan Oasis from 1994 to 2016[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(10): 3 710-3 719.
- [8] 巩文军,郭乙霏,王文婷,等.基于混合象元分解的 Landsat8 与 MODIS 数据融合反演土壤墒情方法研究[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(7): 123-128.

GONG Wenjun, GUO Yifei, WANG Wenting, et al. Retrieving Soil Moisture Using Spectral Mixture Analysis of Landsat8 and the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2019, 38(7): 123-128.

[9] 贾坤,姚云军,魏香琴,等. 植被覆盖度遥感估算研究进展[J]. 地球 科学进展, 2013, 28(7): 774-782. JIA Kun, YAO Yunjun, WEI Xiangqin, et al. A review on fractional vegetation cover estimation using remote sensing[J]. Advance in Earth Sciences, 2013, 28(7): 774-782.

- [10] 赵秀霞,楚新正,马晓飞,等.基于像元二分模型的艾比湖湿地
   NDVI指数对微气候的响应[J].草业科学,2017,34(6):1168-1177.
   ZHAO Xiuxia, CHU Xinzheng, MA Xiaofei, et al. Ebinur Lake Wetland
   vegetation coverage in response to a micro-climate change[J].
   Pratacultural Science, 2017, 34(6): 1168-1177.
- [11] 高凡,何兵,闫正龙,等. 2000—2016年叶尔羌河中下游植被覆盖动态变化遥感分析[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(4): 92-99.
  GAO Fan, HE Bing, YAN Zhenglong, et al. Using remote sensing to unravel spatiotemporal change in vegetation coverage in middle-low reaches of the Yarkant basin[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2019, 38(4): 92-99.
- [12] 张猛,曾永年. 长株潭城市群湿地景观时空动态变化及驱动力分析
   [J]. 农业工程学报, 2018, 34(1): 241-249.
   ZHANG Meng, ZENG Yongnian. Temporal and spatial dynamic

changes and driving forces analysis of wetland landscape of Chang-Zhu-Tan urban agglomeration [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2018, 34(1): 241-249.

- [13] 左其亭,张保祥,王宗志,等. 2011 年中央一号文件对水科学研究的 启示与讨论[J].南水北调与水利科技, 2011, 9(5): 68-73.
  ZUO Qiting, ZHANG Baoxiang, WANG Zongzhi, et al. Revelation and discussion on water science research from the "2011 no. 1 document by the central committee of the CPC"[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2011, 9(5): 68-73.
- [14] 黄培祐. 气候变化对荒漠植被的影响及其对策[C]. 北京: 中国环境 科学学会, 2009.
- [15] 张音,古丽贤•吐尔逊拜,苏里坦.近 60a 来新疆不同海拔气候变化的时空特征分析[J]. 干旱区地理, 2019, 42(4): 822-829. ZHANG Yin, TUERXUNBAI•Gulixian, SU Litan. Spatial and temporal characteristics of climate change at different altitudes in Xinjiang in the past 60 years[J]. Arid Land Geography, 2019, 42(4): 822-829.
- [16] 郝宏飞, 辜永强, 郝宏蕾. 喀什地区木本植物春季物候变化特征及 其对气候变暖的响应[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(5): 153-157. HAO Hongfei, GU Yongqiang, HAO Honglei. The spring phenological change characteristics of ligneous plants and their respouse to climate warming in Kashgar Prefecture[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2017, 31(5): 153-157.
- [17] 毛炜峰,孙本国,王铁,等.近 50 年来喀什噶尔河流域气温、降水及 径流的变化趋势[J]. 干旱区研究, 2006, 23(4): 531-538.
  MAO Weiyi, SUN Benguo, WANG Tie, et al. Change trends of temperature, precipitation and runoff volume in the kaxgar river basin since recent 50 years[J]. Arid Zone Research, 2006, 23(4): 531-538.

# Spatiotemporal Variation of Vegetation Coverage in Shule County Based on Remote Sensing

# MAIMAITITUXUN • Maimaiti, MAHEMUJIANG • Aihemaiti<sup>\*</sup>, TAO Hongfei, LI Qiao (College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract : [Objective] Healthy vegetation is essential to keeping ecosystem function, and understating spatiotemporal change in vegetation coverage in a biome can help evaluate its quality and sustainable production. The purpose of this paper is to test the feasibility of using remote sensing to monitor and evaluate change in vegetation coverage at large scale. [Method] We took Shule country as an example; spatiotemporal evolution of its vegetation coverage was analyzed based on the Landsat remote sensing imageries using normalized vegetation index. pixel dichotomy model and the center migration model. [Result] (1) The overall vegetation coverage in the county is high in most areas, with the low and moderate vegetation coverage distributed along the Gaizi and Kezihe rivers proximal to the high vegetation coverage areas. 2) Vegetation coverage in the county increased by 456.4 km<sup>2</sup> in 2017, up by 38.3%, compared with 1996. (3) There was spatial and temporal variation in the increase in vegetation coverage across the county, with increase in towns and villages in the south more significant than in other areas. 4Vegetation coverage has increased from 1996 to 2017, especially between 2009 to 2013, with center of the vegetation coverage moving southeast. SClimate warming impacted the vegetation coverage indirectly in the long-term, while in the short term, anthropogenic activities, including improved irrigation and water-conservation projects, cultivated land reclamation, increase in forest belt area, affected the vegetation more. Increasing vegetation boosted agricultural demand for water, thereby reducing surface water and threatening sustainable development of the county. [Conclusion] Anthropogenic activities were more important than climate warming in increasing vegetation coverage in Shule county, indicating that ecological environment protection and management in the county are scientifically sound.

**Key words:** Shule county; vegetation coverage; *NDVI* pixel binary model; center migration model; spatial-temporal change

责任编辑: 白芳芳