

文章编号:1007-2284(2022)01-0071-08

1995–2020年喀什市植被覆盖度 时空动态变化研究

孙与襄^{1,2}, 麦麦提吐逊·麦麦提^{1,2}, 马合木江·艾合买提^{1,2}, 陶洪飞¹, 李巧¹

(1. 新疆农业大学水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 喀什市水利局, 新疆 喀什 844000)

摘要:为了揭示和探讨喀什市植被覆盖度空间动态变化规律及驱动力因素。以Landsat系列卫星数据为数据源, 基于归一化植被指数(NDVI)和像元二分模型, 运用ENVI 5.3和ArcGIS 10.3软件对喀什市植被覆盖度进行估算, 研究1995–2020年植被覆盖度的时空变化格局。研究结果表明:①喀什市整体植被主要以高植被覆盖为主, 中与低植被覆盖以相对破碎形式围绕高植被覆盖分布在市中心周围与乡道两侧农田防护林;②1995–2020年期间的喀什市植被覆盖度与覆盖面积均呈增加。2020年比1994年植被覆盖面积增加172.6 km², 增幅36.3%;③喀什市植被覆盖度区域性和时段性改善与退化并存。时段上, 2010–2015年退化明显, 2015–2020年改善面积最大;区域上, 城区退化最严重, 东部四乡改善最显著, 总与高植被覆盖质心向东部四乡分别直线迁移6.39 km与8.69 km, 其中在2010–2020年上述两者质心迁移速度显著加快;④喀什市降水量的增加及气温的升高, 加之城市化加快及人类活动频繁是近年来植被覆盖度变化的主要原因, 其中林地与耕地面积的增加对植被覆盖度贡献最大。研究结果可为喀什市生态环境和可持续发展提供科学参考依据。

关键词:喀什市; 归一化植被指数; 像元二分模型; 植被覆盖度; 遥感监测; 驱动力

中图分类号:P237

文献标识码:A

孙与襄, 麦麦提吐逊·麦麦提, 马合木江·艾合买提, 等. 1995–2020年喀什市植被覆盖度时空动态变化研究[J]. 中国农村水利水电, 2022(1): 71–78, 92.

SUN Y X, Maimaitituxun·Maimaiti, Mahemujiang·Aihemaiti, et al. Research on the temporal and spatial dynamic changes of vegetation coverage in kashgar city from 1995 to 2020[J]. China Rural Water and Hydropower, 2022(1): 71–78, 92.

Research on the Temporal and Spatial Dynamic Changes of Vegetation Coverage in Kashgar City from 1995 to 2020

SUN Yu-xiang^{1,2}, Maimaitituxun·Maimaiti^{1,2}, Mahemujiang·Aihemaiti^{1,2}, TAO Hong-fei¹, LI Qiao¹

(1. College of Hydraulic and Civil Engineering of Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Kashgar City Water Conservancy Bureau, Kashgar 844000, China)

Abstract: In order to reveal and discuss the spatial dynamics and driving factors of vegetation coverage in Kashgar, Landsat series satellite data is used as the data source, based on the Normalized Different Vegetation Index (NDVI) and pixel dichotomy model, ENVI 5.3 and ArcGIS 10.3 software is used to estimate the vegetation coverage of Kashgar, and the vegetation coverage from 1995 to 2020 is studied. The research results show that: ① The overall vegetation in Kashgar is mainly high vegetation coverage, and the medium and low vegetation coverage are relatively fragmented and distributed around the high vegetation coverage in the farmland protection forests around the city center and on both sides of the rural road; ② From 1995 to 2020, the vegetation coverage and coverage area of Kashgar City showed an increasing

收稿日期: 2021-04-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(41762018); 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室“一带一路”水与可持续发展科技基金面上项目(2020zd16); 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: 孙与襄(1984-), 男, 硕士研究生, 主要从事城市建设对环境影响研究。E-mail: 1273440982@qq.com。

通讯作者: 马合木江·艾合买提(1986-), 男, 博士, 研究方向为农业节水及环境影响研究。E-mail: 1027903576@qq.com。

trend. In 2020, the vegetation coverage area increased by 172.6 km² compared with 1994, an increase of 36.3%. ③ The regional and time-based improvement and degradation of vegetation coverage in Kashgar will coexist. In terms of time period, the degradation is obvious from 2010 to 2015, and the area of improvement was the largest from 2015 to 2020. Regionally, the urban area is the most degraded, and the four townships in the east have improved the most. The total and high vegetation coverage centroids move linearly to the four townships in the east by 6.39 km and 8.69 km, the migration speed of the above two centroids accelerated significantly from 2010 to 2020; ④ The increase in precipitation and temperature in Kashgar City, combined with the acceleration of urbanization and frequent human activities are the main reasons for the changes in vegetation coverage in recent years. Among them, the increase in the area of forest land and arable land contribute the most to vegetation coverage. It can be seen that this paper can provide a scientific reference for the ecological environment and sustainable development of Kashgar.

Key words: Kashgar City; normalized difference vegetation index; pixel binary model; vegetation coverage; remote sensing monitoring; driving force

0 引言

自“一带一路”倡议推进以来,丝绸之路经济带上的重要节点,亚欧各国贸易通道的结合点,我国最西端的边陲荒漠国门之城“喀什噶尔”进入了长期的快速城市化过程^[1],市区周围大量农村农田与自然区域转为城区。随着城区人口与面积的迅速增加,带来了一系列区域性生态环境变化,市民对生态环境的要求逐渐提高,城市绿化建设规模日益受到业界人士的重视。植被是联结地、水、大气以及人类与其他生物的重要纽带,是大自然生态系统中的活跃类型之一,对城市生态环境变化的响应十分敏感^[2]。归一化植被指数 *NDVI* 为监测陆地生态环境系统中的植被生长质量与植被覆盖度的“最佳指标”^[3],应用广泛,监测结果精度与可靠性较大。

区域植被受自然气候因素和人类活动因素的共同联合影响^[4],通过卫星遥感监测新疆喀什市植被变化的时空演变特征,探求植被覆盖度和自然气候、人类活动等关系的直接和间接关系。本文基于1995–2020年 Landsat 影像数据和土地利用及气象数据,采用 *NDVI*、像元二分模型、影像图差值比较法、中心迁

移模型等模型与方法,揭示了1995–2020年连续25年喀什市植被覆盖的时空动态变化趋势,为喀什市植被生长特征和区域生态环境可持续发展提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

新疆维吾尔自治区喀什地区喀什市(39°24′~39°37′N, 75°50′~76°35′E)位于我国最西端(图1),处于印度洋的湿润气流与北冰洋的寒冷气流的难穿透地带,区域总面积1 056.8 km²,南北相距约为24.3 km,东西相距约为64.8 km。北有天山南脉,西有帕米尔高原,南部有喀喇昆仑山,东部有叶尔羌河流域中下游绿洲,总体地势为西高东低,北高南低,海拔1 182~1 823 m,气候为典型的暖温带内陆性干旱性沙漠气候特征,近30年平均气温为12.59℃,最高为2009年13.58℃,近30年平均降水量为80.57 mm,最多为2010年191.6 mm,在行政区域上包括8个街道、2个镇、9个乡^[5]。喀什市作为丝绸之路经济带重要节点,是连接亚欧大陆的国际战略通道,与中南亚的经贸、文化交流与合作具有不可估量的发展潜力^[6]。

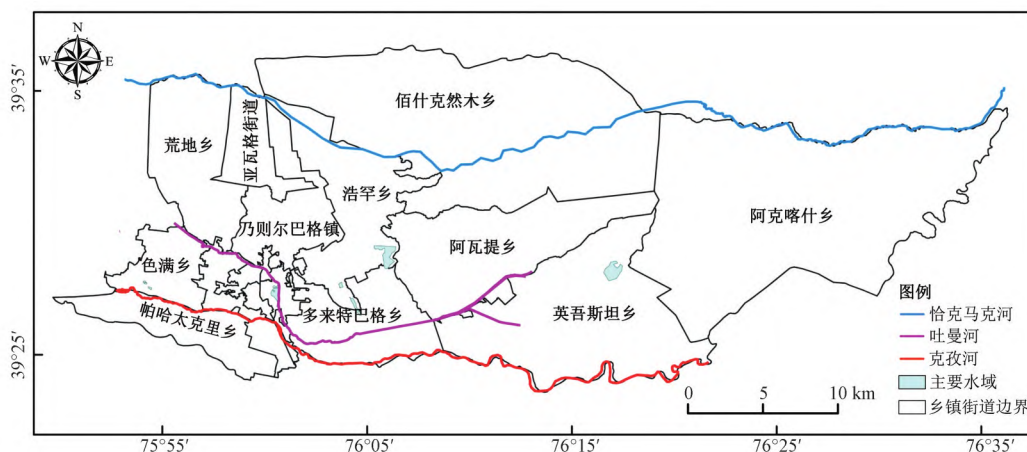


图1 研究区概况示意图

Fig.1 Schematic diagram of the research area

1.2 数据来源

本文综合考虑喀什市云量、沙尘暴等天气情况和植被生长季节性差距等影响,选用1995年8月18日、2000年9月11日、2005年9月9日、2010年8月22日、2015年8月12日与2020年8

月25日等不同6期8月1日至9月15日天气良好、植被茂盛时期,云量均0~10%(大部分影像图云量为小于5%,其余云量5%~10%的都在研究区外),影像质量较好、无异常的NASA Landsat (5/7/8)系列影像数据(轨道号为:149/33,分辨率:30

m),数据分别NASA官网的(<https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat>)与国家地理空间数据云官网(<http://www.gscloud.cn/sources/index?pid=263&ptitle=LANDSAT>)的Landsat系列窗口下载。1995–2020年不同6期土地利用类型数据、喀什市行政边界图等遥感与矢量数据从中科院地理所共享数据中心官网下载(<http://www.resdc.cn>)。1990–2020年的逐日气象数据从国家气象网平台下载(<http://data.cma.cn/data/detail/data-Code/A.0013.0001.html>)。其他相关社会经济、水资源与人口数据来源于《新疆统计年鉴》、《喀什地区统计年鉴》与《喀什地区水资源公报》。

1.3 研究方法

1.3.1 NDVI计算

首先利用ENVI5.3原数据进行辐射定标、大气校正、去条带等预处理,然后波段组合计算NDVI。计算公式如式(1):

NDVI = (Band_{NIR} - Band_{RED}) / (Band_{NIR} + Band_{RED}) (1)

式中:Band_{NIR}为Landsat 5、7、8数据的近红外波段值(Landsat 5、7为Band4,Landsat 8为Band5);Band_{RED}为Landsat 5、7、8数据的红外波段值(Landsat 5、7为Band3,Landsat 8为Band4)^[7]。

为了获取准确的NDVI极值,凭NDVI_{min}[-0.1,0.2]的经验值与NDVI_{max}[0.2,1]的经验值,掩膜去除小于-0.1与大于1的像元DN异常值,其Band math表达式为:b1*float(b1 gt -0.1)/(b1 ge -0.1),b1*float(b1 le 1)/(b1 le 1)。

1.3.2 像元二分模型

NDVI与植被覆盖度两者之间存在着显著的线性相关性,通过创建两者之间转换关系,能够直接提取植被覆盖度相关信息。其像元二分模型计算表达公式如式(2):

FVC = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s) (2)

表1 研究区植被覆盖度动态变化量划分等级表

Tab.1 Classification table of dynamic changes of vegetation coverage in the study area

变化量	划分等级	阈值范围	特征描述
增加(+)	极度改善(+3)	0.66<ΔFVCg<1.00	裸地或极低覆盖区转为高植被覆盖区
	中度改善(+2)	0.33<ΔFVCg<0.66	裸地或极低覆盖区转为中植被覆盖区,中植被覆盖区转为高植被覆盖区
	轻度改善(+1)	0<ΔFVCg<0.33	裸地或极低覆盖区转为低植被覆盖区,低植被覆盖区转为中植被覆盖区
未变化(0)	稳定	0	植被覆盖等级之间没有转移情况,保持未发生变化的稳定状态区域
减小(-)	轻度退化(-1)	0>ΔFVCg>-0.33	低植被覆盖区转为裸地或极低覆盖区,中植被覆盖区转为低植被覆盖区
	中度退化(-2)	-0.33>ΔFVCg>-0.66	中植被覆盖区转为裸地或极低覆盖区,高植被覆盖区转为中植被覆盖区
	极度退化(-3)	-0.66>ΔFVCg>-1.00	高植被覆盖区转为裸地或极低覆盖区

1.3.5 质心迁移模型

质心是可以体现出研究区植被覆盖空间演化趋势过程的一个重要指标,可以追踪植被覆盖迁移方向与距离。质心坐标与质心迁移距离计算公式如下:

a = ∑_{i=1}^m(A_{rea_i} × a_i) / ∑_{i=1}^mA_{rea_i} (5)

b = ∑_{i=1}^m(A_{rea_i} × b_i) / ∑_{i=1}^mA_{rea_i} (6)

式中:NDVI_v为代表纯植被像元NDVI值;NDVI_s为代表裸地或无覆被像元NDVI值。

按照植被覆盖估算理论方法来分析可知,NDVI_s与NDVI_v的值应分别为0和1,可是实际上由于传感器异常、太阳辐射、沙尘暴以及空气中的水蒸气等因素的干扰原因,不同时期、不同影像的值上存在一些不明的小浮动。此为依据,为了求得正确的NDVI_v和NDVI_s值,累计百分比2%对应的为NDVI_s、98%对应的NDVI_v。

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独特的生态特性、郊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Ⅰ级[0,20%]、Ⅱ级[20%,30%]、Ⅲ级[30%,60%]、Ⅳ级[60%,100%]等4个等级,分别代表为裸地或极低(含水域)、低、中、高植被覆盖^[8]。

1.3.3 植被平均覆盖度

通过不同等级植被覆盖度面积加权平均来估算喀什市不同时期植被平均覆盖度。若高(FVC_Ⅳ)、中(FVC_Ⅲ)、低(FVC_Ⅱ)与极低(FVC_Ⅰ)植被覆盖度等级对应取值分别为4、3、2与1,其计算公式(3)得到喀什市不同时期的植被平均覆盖度。

FVC = (FVC_Ⅳ × 4 + FVC_Ⅲ × 3 + FVC_Ⅱ × 2 + FVC_Ⅰ × 1) / (FVC_Ⅳ + FVC_Ⅲ + FVC_Ⅱ + FVC_Ⅰ) (3)

1.3.4 影像图差值比较法

为了揭示和探讨喀什市不同时期植被覆盖空间变化,运用图像差值比较法来计算喀什市不同时期植被覆盖变化量(ΔFVC_g),差值范围在[-1,1]。计算公式如式(4):

ΔFVC = FVC_{g_{year2}} - FVC_{g_{year1}} (4)

式中:FVC_{g_{year2}}与FVC_{g_{year1}}分别为前后不同两年对应植被盖度等级栅格数据,按表1阈值标准对差值变化量进行划分^[9]。

L_{year+1} = √((a_{year+1} - a_{year})² + (b_{year+1} - b_{year})²) (7)

式中:a、b分别表示为研究区某种植被分布的质心经度与纬度坐标;A_{rea_i}为表示研究区植被某种类型分布第i个像元的面积(像元大小:30 m×30 m);a_i为表示表示研究区植被某种类型分布第i个像元的经度坐标;b_i为表示研究区植被某种类型分布第i个像元的纬度坐标^[10];L_{year+1}为表示不同两年质心前移距离^[11]。

2 结果与分析

2.1 植被覆盖度空间格局分布特征及变化趋势

基于NDVI和像元二分模型,运行ENVI5.3计算得出喀什市不同6期植被覆盖度,然后结合干旱区绿洲植被特有的生长特征以及水利部颁布的《土壤侵蚀分类分级标准》,并以此为基础

进行像元DN值分级,得到喀什市1995、2000、2005、2010、2015与2020年等不同6期的不同等级植被覆盖度空间格局分布图。从如图2可知,整体植被基本以高植被覆盖为主,郊区呈大面积片状式分布,中、低植被覆盖主要在市中心周围与乡道两侧农田防护林以及高覆盖外围小面积碎散式分布。

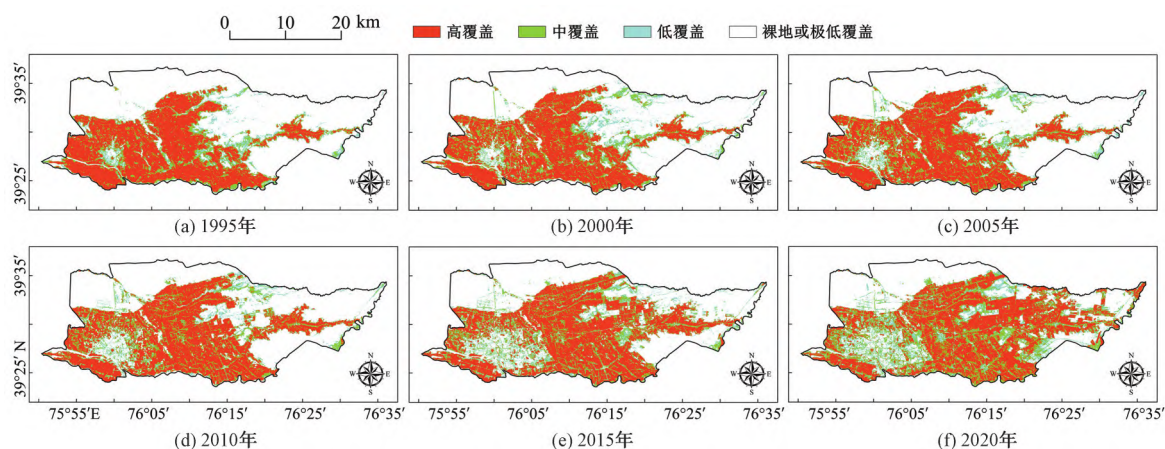


图2 喀什市1995–2020年植被覆盖度空间格局等级分布图

Fig.2 Distribution of spatial patterns of vegetation coverage in Kashgar City from 1995 to 2020

图3是按照像元DN值分类标准进行分割统计得到的6期不同等级植被覆盖度和NDVI平均值变化趋势。结合图2与图3可知,喀什市总、平均植被覆盖度与NDVI平均值都呈连续增加趋势,线性趋势拟合优度分别为0.852 8、0.881 3与0.942 4。喀什市近26年来,总植被覆盖面积由1995年的475.9 km²增加至2020年的648.5 km²,增加量为172.6 km²,增幅36.3%;植被平均覆盖度由1995年的2.242上升至2020年的2.581,增加量为0.340,增幅15.1%;NDVI平均值由1995年的0.240上升至2020年的0.353,增加量为0.113,增幅47.1%。不同时段分析可知,总植被覆盖度、植被平均覆盖度与NDVI平均值增加量最明显时段分别为2015–2020年、2015–2020年与2005–2010年,增幅

分别为15.8%、6.9%与19.5%。

在不同时期、不同等级植被覆盖度分析可知(图3),高与中植被覆盖度呈增加趋势,但是存在渺小波段,低与极低植被覆盖度分别呈连续增加与减小趋势。高、中与低植被覆盖面积分别由1995年的332.0、103.6与40.3 km²增加至2020年的364.3、205.7与78.5 km²,增加量分别为32.2、102.1与38.2 km²,增幅分别为9.7%、98.5%与94.8%;极低植被覆盖面积由1995年的525.4 km²减小至2020年的352.4 km²,减小量为173.0 km²,降幅为32.9%。不同等级植被覆盖度结果对比可知,高植被覆盖面积增加速率不太显著,且占总植被覆盖面积比重最大,6期比重分别为69.8%、65.6%、67.1%、66.4%、63.0%、56.2%。

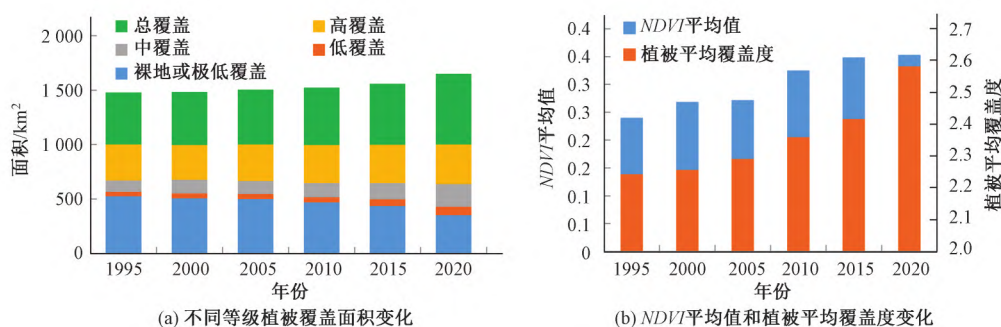


图3 喀什市1995–2020年不同等级植被覆盖面积和NDVI均值变化趋势

Fig.3 The change trend of the vegetation coverage area and NDVI average value of different grades in Kashgar City from 1995 to 2020

2.2 植被覆盖度空间动态变化特征

为了揭示喀什市1995–2020年间植被覆盖度空间动态绝对变化过程及特征,采用ENVI 5.3对不同等级植被覆盖度进行遥感动态监测差异量化分析,图像像元DN差值大于零表示覆盖面积增加,小于零表示覆盖面积减小。

由计算结果图4与表2显示,喀什市6个时段植被覆盖度都改善区域面积大于退化区域面积,整体变化呈中部与北部相对

未变化、城区与东部郊区变化较明显。结合图2可知,未发生变化区域主要以高植被覆盖度为主,发生变化区域则以中、低与极低植被覆盖度为主。从不同时段、不同等级变化程度分析可知,1995–2020年植被覆盖度增加区域面积与减小区域面积相对相等,其中极度退化区域面积比极度改善区域面积大;2000–2005年植被覆盖面积以增加为主,但城区与阿克喀什乡最北部有所破碎式减小;2005–2010年植被覆盖面积呈增加趋势,但是

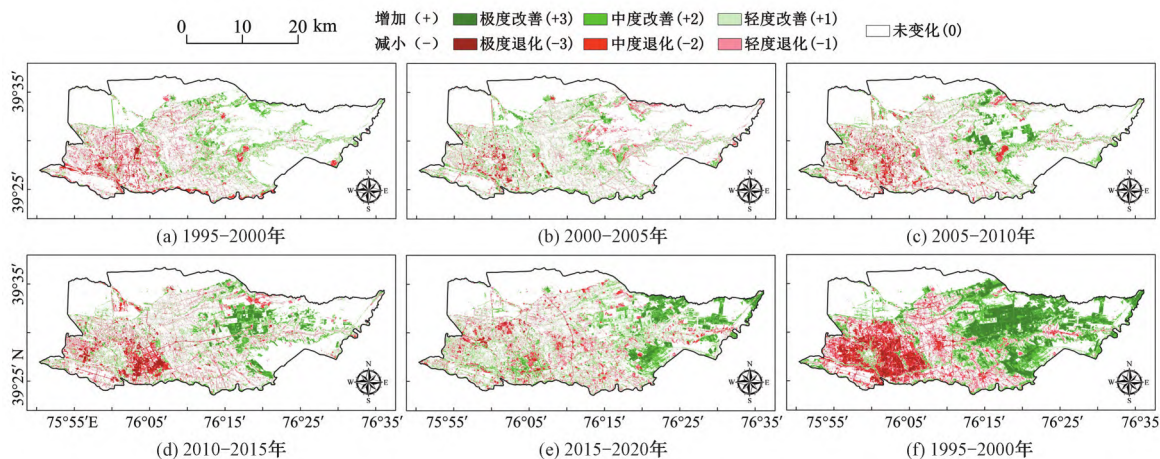


图4 喀什市6个时段植被覆盖度图像差值空间分布图

Fig.4 The spatial distribution of the image difference of vegetation coverage in 6 periods of Kashgar City

不太明显,东部四乡边界衔接处大面积片状式增加,其中极度改善区域面积是极度退化面积的2.5倍;2010-2015年减小覆盖区域主要集中在多来特巴格乡与色满乡东部,增加覆盖区域集中在阿克喀什乡与阿瓦提乡东部衔接处;2015-2020年增加覆盖区域相对都在阿克喀什乡,其中极度改善区域面积是极度退化面积的近4倍。纵观1995-2020年覆盖面积以增加为主,且以东部四乡开垦农田区最为典型,减小覆盖区域市中心周围乡镇、街道最明显。

表2 喀什市6个时段植被覆盖度图像差值结果一览表

Tab.2 Summary of results of vegetation coverage image difference in 6 periods of Kashgar

变化 时段	增加								未变化		减小							
	极度改善		中度改善		轻度改善		合计				轻度退化		中度退化		极度退化		合计	
	面积/	占比/	面积/	占比/	面积/	占比/	面积/	占比/	面积/	占比/	面积/	占比/	面积/	占比/	面积/	占比/	面积/	占比/
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
1995-2000 年	4.7	0.5	20.2	2.0	72.2	7.2	97.1	9.7	809.9	80.8	72.3	7.2	15.6	1.6	7.4	0.7	95.3	9.5
2000-2005 年	7.0	0.7	20.5	2.1	78.1	7.8	105.6	10.5	823.7	82.2	59.5	5.9	9.2	0.9	4.2	0.4	73.0	7.3
2005-2010 年	19.9	2.0	27.5	2.7	71.7	7.2	119.1	11.9	784.5	78.3	73.8	7.4	16.8	1.7	8.1	0.8	98.7	9.8
2010-2015 年	32.2	3.2	36.8	3.7	74.8	7.5	143.7	14.3	734.0	73.2	82.6	8.2	24.6	2.5	17.4	1.7	124.6	12.4
2015-2020 年	37.1	3.7	51.5	5.1	106.7	10.6	195.4	19.5	692.3	69.1	88.0	8.8	18.8	1.9	7.8	0.8	114.6	11.4
1995-2020 年	124.0	12.4	88.2	8.8	91.6	9.1	303.8	30.3	512.7	51.2	107.1	10.7	41.9	4.2	36.7	3.7	185.7	18.5

为了进一步揭示喀什市植被覆盖度变化状况,对1995年和2020年覆盖等级之间相互进行状态转移矩阵。整体分析发现(表3),喀什市1995-2020年极低植被覆盖区向高植被覆盖区转移量比低与中植被覆盖区总计向高植被覆盖区转移量还多,低与中覆盖区主要以向中与高覆盖区为主。具体转移面积、比例分别为:极低覆盖区转高覆盖区面积为123.40 km²,占极低覆盖区的23.55%;低与中覆盖区转高覆盖区面积分别为16.60 km²与42.08 km²,占低与中覆盖区分别为41.20%与40.61%;极低覆盖区向高覆盖区转移量比低与中覆盖区合计向高覆盖区转移量多64.27 km²。从绝对变化量分析发现,极低、低、中、高覆盖区变化量分别为-172.99、38.20、102.09、32.32 km²,极低覆盖区减小,低与高覆盖区均大幅度增加,高覆盖区增加量不太显著。

表3 1995-2020年喀什市植被覆盖度等级转移矩阵

Tab.3 The vegetation coverage grade transfer matrix of Kashgar City from 1995 to 2020

年份	等级	1995年							
		裸地或极低覆盖		低覆盖		中覆盖		高覆盖	
		面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%
2020年	裸地或极低覆盖	292.39	55.79	6.66	16.54	16.39	15.81	36.69	11.05
	低覆盖	36.77	7.02	4.51	11.20	11.56	11.15	25.51	7.68
	中覆盖	71.49	13.64	12.52	31.07	33.60	32.43	87.59	26.38
	高覆盖	123.40	23.55	16.60	41.20	42.08	40.61	182.18	54.88
变化量		-172.99	-32.93	38.20	94.77	102.09	98.50	32.32	9.74

2.3 植被覆盖度质心迁移分析

根据质心前移模型算法,计算出喀什市1995–2020年6个时期总和高植被覆盖度的质心坐标,迁移轨迹如图5所示。近26年,喀什市总、高植被覆盖度质心都向东部阿克喀什乡方向迁移,整体直线迁移距离分别为6.39 km与8.69 km。具体分析来说,总、高植被覆盖度各个时段质心都向东部阿克喀什乡

方向迁移,其中2000–2005年质心迁移速度最慢(分别为0.09 km和0.34 km),2015–2020年最快(分别为2.13 km和2.98 km);2010–2020年质心迁移距离占整体迁移距离的一半以上(分别为4.08 km和5.30 km),主要原因是市中心周围乡镇植被覆盖度大幅度下降,东部四乡未利用的荒地与裸沙地大面积开垦耕地,致使东部四乡植被覆盖度迅速往大面积增加,质心大幅东移。

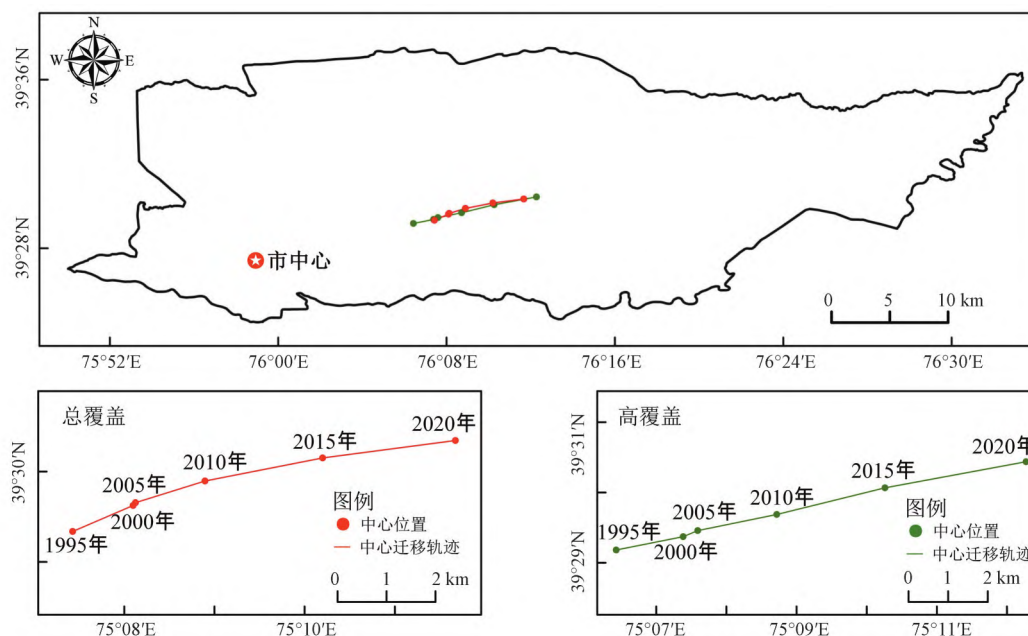


图5 1995–2020年喀什市总、高植被覆盖度质心迁移

Fig.5 Kashgar City's total and high vegetation coverage centroid migration from 1995 to 2020

3 讨论

3.1 与自然因素相关分析

喀什市位于我国最西端的典型沙漠干旱气候边境城市,使得小幅度的降水、气温等气候因素变化对地区植物生长有显著的影响。根据梁建辉^[12]、阿布都克日木·阿巴司^[13]等人对喀什地区气候研究发现,过去50年气温、降水量都呈增加趋势;黄培佑^[14]、张音等^[15]研究发现,全球变暖气候引起冰川融化与降水量的增加,对新疆荒漠区疏林灌丛与稀疏草地等极低或低植被覆盖类型带来了正面效应。植被覆盖对陆地生态系统的水资源循环起着重要作用,地表水与地下水资源之间具有一定的系统性,植被生长跟地表径流有密切关系的同时,也跟最佳地下水埋深量具有密切的相关性^[16]。如图6可知,喀什市年均降水量和年均气温在1990–2020年呈上升趋势,总与高植被覆盖度、NDVI平均值在1995–2020年呈增加趋势,上述之间存在正相关。近30年气温上升率为0.049℃/a,降水量增长率为0.123 mm/a,这对于冰雪融水补给为主的喀什市恰克马克河、吐曼河和克孜河等流域来说影响巨大的,这对于气候极端干旱的喀什市意义重大,为区域地下水与地表水资源补给提供了保障。

3.2 与人类活动因素相关分析

人类活动对植被覆盖面积与植被质量的影响主要体现在土地利用类型及利用方式的改变上,其中影响土地利用类型变

化的驱动力主要为区域人口因子、社会经济因子以及水资源分配状况等^[17]。下面探讨和分析人类活动因素对喀什市植被覆盖度变化的直接和间接影响。

3.2.1 经济与人口因子

2010年5月,中央新疆工作会议上中央正式批准两会提交的喀什创建经济特区提案,这表明喀什市正式成为中亚南亚、西欧经济圈中心发展战略区域,使得市中心以及周围乡镇进入快速城市化阶段^[18]。处于新开发阶段的喀什市,人类活动因素的影响,主要体现在人口因子与社会经济发展数据的改变上。如图7可以看出,喀什市人口从1995年的24.9万人增加到2018年的65.2万人,增长率161.64%,1.84万人/a的速度增加,其中农业人口增加速度较快,城镇人口与农业人口增加速度分别为0.55万人/a与1.29万人/a。喀什市生产总值(GDP)1995年的6.81亿元增加至2018年的170.13亿元,增长率2398.24%,其中2010–2018年增加速度最明显,及其第三产业占比最大。

综上所述,喀什市人口膨胀与社会经济速度的加快导致水资源分配、土地利用类型、植被格局发生变化的主要原因,其中变化主要体现在城区面积扩张、荒地开垦、河流改造及灌区沟渠上。

3.2.2 土地利用类型变化

图8是利用中科院地理研究所数据中心发布的全国土地利用类型数据裁剪与统计获取的1995–2020年不同6期喀什市土

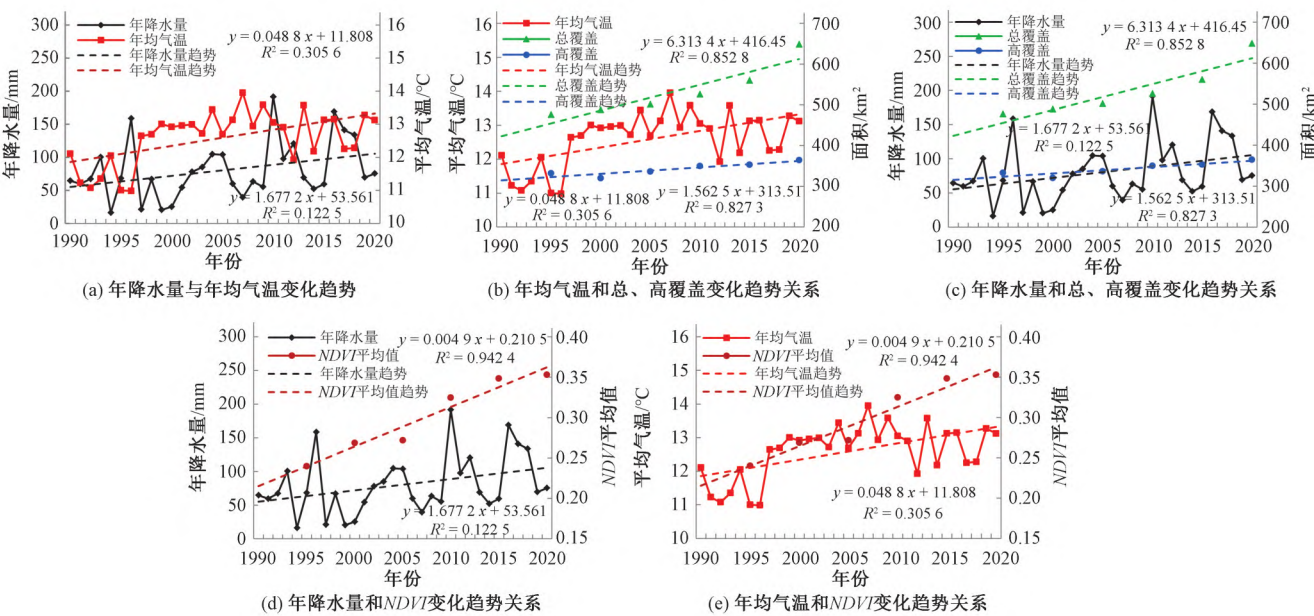


图6 1990-2020年喀什市降水、气温变化趋势与总、高植被覆盖变化趋势关系

Fig.6 The relationship between the change trend of precipitation and temperature and the change trend of total and high vegetation cover in Kashgar from 1990 to 2020

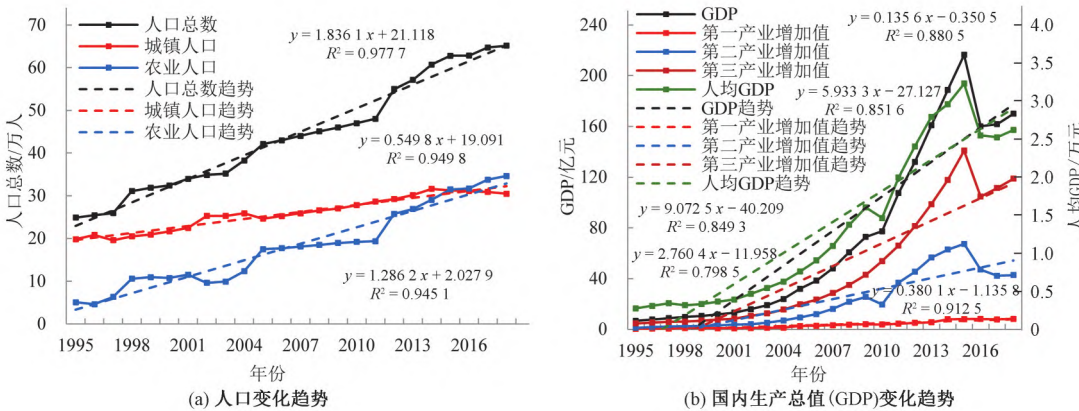


图7 喀什市1995-2018年人口与国内生产总值(GDP)变化趋势

Fig.7 The trend of population and gross domestic product (GDP) in Kashgar from 1995 to 2018

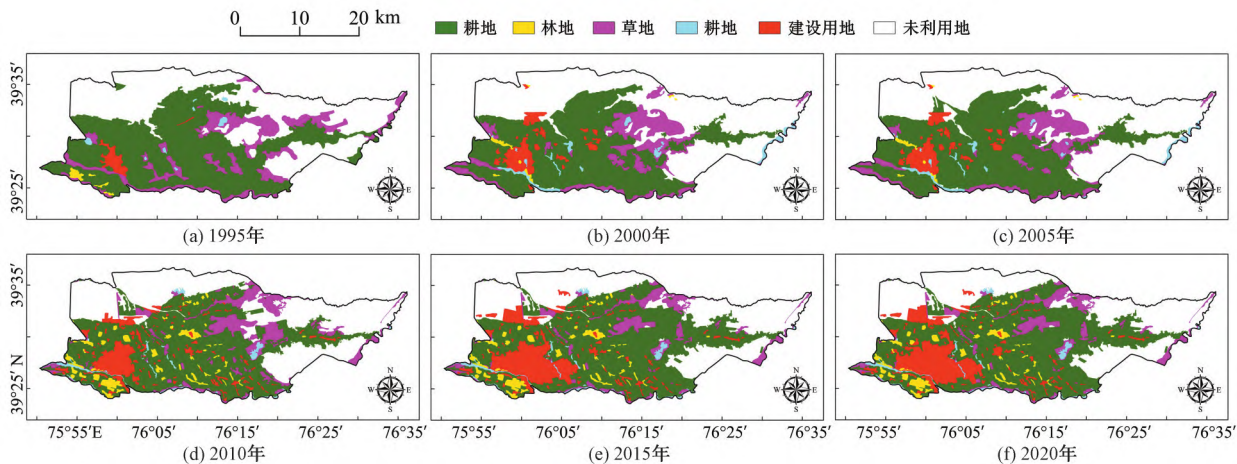


图8 喀什市1995-2020年土地利用类型空间分布图

Fig.8 The spatial distribution map of land use types in Kashgar City from 1995 to 2020

地利用类型动态变化情况。

由结合图10与表4分析可知,1995–2020年整体上,喀什市林地、耕地、水域与建设用地面积呈增加趋势,草地与未利用地面积呈减小趋势。其中1995–2020年,耕地面积净增加52.44 km²,增长率为12.79%;林地面积净增加25.59 km²,增长率为500.26%;草地面积净下降58.34 km²,降幅为58.88%;建设用地面积净增加105.20 km²,增长率为760.13%;未利用地面积净下降137.54 km²,降幅为30.71%;水域面积净增加12.70,增长率为

232.50%。这表示喀什市植被覆盖面积的增添主要来源于耕地与林地的扩张。城区范围的扩张原因大面积耕地转建设用地,耕地减小面积四乡草地与未利用地来弥补,但是城区扩张及耕地与林地面积的增加带来一系列水资源紧缺问题,挤占植被生态用水,导致荒地极低与低植被的退化。所以荒地开垦、城区扩张的同时,需要慎重关注天然林地、稀疏植被的生态保护,应调节农业结构,提高水资源利用效率,保障城市可持续发展的科学实现。

表4 喀什市1995–2020年不同时期土地利用结构

Tab.4 Land use structure in different periods of Kashgar City from 1995 to 2020

类型	1995年		2000年		2005年		2010年		2015年		2020年	
	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%
耕地	400.04	46.28	410.00	40.89	429.65	42.85	425.07	42.40	457.22	45.60	452.48	45.13
林地	5.11	0.51	4.82	0.48	3.41	0.34	32.10	3.20	30.70	3.06	30.70	3.06
草地	130.10	12.98	116.84	11.65	103.39	10.31	99.09	9.88	71.77	7.16	71.76	7.16
水域	5.46	0.54	19.44	1.94	17.39	1.73	17.27	1.72	18.15	1.81	18.16	1.81
建设用地	13.84	1.38	39.51	3.94	42.64	4.25	71.89	7.17	113.93	11.36	119.04	11.87
未利用地	448.02	38.30	411.98	41.09	405.02	40.40	357.16	35.62	310.81	31.00	310.45	30.96

4 结 论

本文进行定量分析探讨了近26年喀什市植被覆盖度空间动态变化及主要驱动因子,研究结果表明:

(1)近26年来,喀什市总植被覆盖面积呈增加趋势,2020年比1995年覆盖面积增加172.6 km²,增幅36.3%;NDVI平均值与植被平均覆盖度总体呈上升趋势,2020年比1995年分别上升0.113与0.340,增幅分别47.1%与15.1%。从不同覆盖等级可知,高、中与低植被覆盖面积总体都呈增加趋势,其中中植被覆盖面积增加最明显,增加量分别为32.2、102.1与38.2 km²,增幅分别为9.7%、98.5%与94.8%;裸地或极低植被覆盖面积减小显著,减小量为173.0 km²,降幅为32.9%。

(2)喀什市植被覆盖度区域性和时段性改善与退化并存。市中心周围退化较严重,尤其是2010–2015年明显,占总面积的12.4%;东部四乡改善明显,其中2015–2020年改善面积最大,占总面积的19.5%。整体上,低与中植被覆盖面积最后分别转为中、高植被覆盖面积,但是裸地或极低覆盖面积转高植被覆盖面积最大。过去26年来整体上喀什市总与高植被覆盖质心向东部四乡迁移,直线迁移距离分别为6.39 km与8.69 km,其中2010–2020年迁移距离约占总距离的60%以上。

(3)气温、降水等自然因素对喀什市植被覆盖度变化有一定的间接影响,但人口、经济与水资源等人类活动因素影响则是更直接的,体现在土地利用类型及利用方式的改变上。人口增加与经济发展加快城市化,导致城区植被覆盖迅速退化;耕地开垦与创造林地是植被覆盖面积增加的主要原因,而天然草地是耕地面积增长的主要土地来源。但天然草地换取耕地开垦会破坏区域生态环境平衡,长来说将影响区域生态系统的稳定及可持续发展。 □

参考文献:

- [1] 王桂新.城市化基本理论与中国城市化的问题及对策[J].人口研究,2013,37(6):43–51.
- [2] JIA K, LIANG S, ZHANG L, et al. Forest cover classification using Landsat ETM+ data and time series MODIS NDVI data [J]. International Journal of Applied Earth Observations & Geoinformation, 2014,33:32–38.
- [3] 刘英,侯恩科,岳辉.基于MODIS的陕西省植被变化遥感监测分析[J].人民黄河,2017,39(3):90–94.
- [4] PIAO S, WANG X, 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] 政府办.行政区划[R].新疆喀什市:喀什市人民政府政府办,2020.
- [6] 孜比布拉·司马义,苏力叶·木沙江,张泳福.喀什市城市生态环境质量评价研究[J].云南大学学报(自然科学版),2011,33(2):218–223,231.
- [7] 高健健,穆兴民,孙文义.2000–2012年黄土高原植被覆盖的时空变化[J].人民黄河,2015,37(11):85–91.
- [8] 王金强,李俊峰,王昭阳,等.基于像元二分模型的典型绿洲区近20年植被覆盖变化及分析[J].节水灌溉,2019(1):96–101.
- [9] 张学玲,张莹,牛德奎.基于TM NDVI的武功山山地草甸植被覆盖度时空变化研究[J].生态学报,2018,38(7):2 414–2 424.
- [10] 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.
- [11] 秦鹏,董玉祥,李裕梨.广州市城镇用地扩展及预测分析[J].资源科学,2012,34(10):1 881–1 890.
- [12] 梁建辉.气候变化环境下新疆喀什冰川河流融雪径流动态响应研究[J].水利规划与设计,2017(5):41–43,62.
- [13] 阿布都克日木·阿巴司,秦榕,等.喀什地区1961–2010年气候变化特征[J].沙漠与绿洲气象,2012(6):34–40.

(下转第92页)

参考文献:

- [1] 刘义花,鲁延荣,周 强,等.1961–2017年青海高原降雪时空变化分析研究[J].冰川冻土,2019,41(4):809–817.
- [2] 马伟东,刘峰贵,周 强,等.1961–2017年青藏高原极端降水特征分析[J].自然资源学报,2020,35(12):3 039–3 050.
- [3] 秦 艳,丁建丽.1961–2016年中国天山不同级别降雪事件变化特征分析[J].水科学进展,2019,30(4):457–466.
- [4] 周晓宇,赵春雨,崔 妍,等.1961–2017年中国东北地区降雪时空演变特征分析[J].冰川冻土,2020,42(3):766–779.
- [5] 张志富,希 爽,刘 娜,等.1961–2012年中国降雪时空变化特征分析[J].资源科学,2015,37(9):1 765–1 773.
- [6] 王迎春,钱婷婷,郑永光.北京连续降雪过程分析[J].应用气象学报,2004,15(1):58–65.
- [7] 杨莲梅,杨 涛,贾丽红,等.新疆大-暴雪气候特征及其水汽分析[J].冰川冻土,2005,27(3):389–396.
- [8] 辛 渝,崔彩霞,张广兴,等.博州不同级别降水及极端降水事件的时空变化[J].中国沙漠,2008,28(2):362–369.
- [9] BOCCHIERI J R. The objective use of upper air soundings to specify precipitation type [J]. Monthly Weather Review, 2009, 108 (5) : 596–603.
- [10] 漆梁波,张 瑛.中国东部地区冬季降水相态的识别判据研究[J].气象,2012,38(1):96–102.
- [11] YANG Z L, DICKINSON R E, ROBOCK A, et al . Validation of the snow sub-model of the biosphere-atmosphere transfer scheme with Russian snow cover and meteorological observational data [J]. Journal of Climate, 1997, 10(2):353–373.
- [12] WIGMOSTA M S, VAIL L W, LETTENMAIER D P. A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain [J]. Water Resources Research, 1994, 30(6).
- [13] CHEN R, LU S, KANG E, et al . A distributed water-heat coupled model for mountainous watershed of an inland river basin of Northwest China (I) model structure and equations [J]. Environmental Geology, 2008, 53(6):1 299–1 309.
- [14] DAI A. Temperature and pressure dependence of the rain-snow phase transition over land and ocean [J]. Geophysical Research Letters, 2008, 35(12):62–77.
- [15] 马梦阳,韩宇平,王庆明,等.海河流域极端降水时空变化规律及其与大气环流的关系[J].水电能源科学,2019,37(6):1–4,74.
- [16] 刘学锋,任国玉,等.海河流域近47年极端强降水时空变化趋势分析[J].干旱区资源与环境,2010,24(8):85–90.
- [17] 魏兆珍.海河流域下垫面要素变化及其对洪水的影响研究[D].天津:天津大学,2013.
- [18] 李德帅.基于逐小时资料的华南地区汛期降水时空变化特征及其成因研究[D].兰州:兰州大学,2016.
- [19] MANN H B. Non-parametric tests against trend [J]. Econometrica, 1945, 13(3):245–259.
- [20] KENDALL M G. Rank Correlation Measures [J]. Charles Griffin: London, UK, 1975.
- [21] KOTTEGODA N T. Stochastic Water Resources Technology [M]. New York: Wiley, 1980, ISBN 978–1–349–03467–3.
- [22] BURN D H, ELNUR M A H. Detection of hydrologic trends and variability [J]. Journal of Hydrology. 2002, 55(1–4):107–122.
- [23] AZIZ O , BURN D H. Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin [J]. Journal of Hydrology, 2006, 319(1–4):282–294.
- [24] 陈 静,陆志波.1979–2013年南大洋海冰变化特征及与典型气候变化因子的相关性分析[J].极地研究,2016,28(4):539–547.
- [25] 刘少华,严登华,王 浩,等.怒江上游流域降雪识别及其演变趋势和原因分析[J].水利学报,2018,49(2):254–262.
- [26] 王 飞,朱仲元,郝祥云,等.锡林河流域降雪识别及演变趋势研究[J].高原气象,2019,38(4):725–733.
- [27] 张 丽,徐朋飞,吴胜平,等.安庆市降水相态识别判据研究[J].气象与环境学报,2018,34(1):30–37.

(上接第78页)

- [14] 黄培祐.气候变化对荒漠植被的影响及其对策[C]//中国环境科学学会2009年学术年会论文集(第一卷),2009:246–250.
- [15] 张 音,古丽贤·吐尔逊拜,苏里坦,等.近60 a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.
- [16] 夏含峰,谢洪波,刘 浩,等.新疆伊犁河谷植被与地形地貌及地下水关系[J].长江科学院院报,2018,35(9):54–57.
- [17] 韩继冲,喻舒琳,杨青林,等.1999–2015年长江流域上游植被覆盖特征及其对气候和地形的响应[J].长江科学院院报,2019,36(9):51–57.
- [18] 朱金鹤,崔登峰.西向开放视角下喀什经济特区发展战略研究[J].商业研究,2012(5):58–63.

(上接第84页)

- [13] CHARNES A, COOPER W, ROODES E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6):429–444.
- [14] TONE K. Dealing with undesirable outputs in DEA: A Slacks-based Measure (SBM) approach [R]. GRIPS Research Report Series, 2003.
- [15] CHAPAGAIN A, HOEKSTRA A. Water footprints of nations [J]. Journal of Banking & Finance, 2004.
- [16] 陈俊旭,张士锋,华 东,等.基于水足迹核算的北京市水资源保障研究[J].资源科学,2010,32(3):528–534.
- [17] 王新华,徐中民,李应海.甘肃省2003年的水足迹评价[J].自然资源学报,2005(6):115–121.