Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.12, Issue 38, December 2023

Evaluation of the relationship between hydrological drought and vegetation using Landsat images in the eastern part of the Sistan region

Mansoor Sarani[1*], Zohreh Hashemi[2]

1. *Corresponding Author,* Assistant Professor of research, Departement of plant protection, Agricultural and natural resources research and education center of sistan, Zabol, Iran
2. Expert of research, Departement of natural resources, Agricultural and natural resources research and education center of sistan, Zabol, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 24 December 2022
Revised: 20 May 2023
Accepted: 10 June 2023

Keywords:
Normalized Difference Vegetation Index, Streamflow Drought Index, Floristic, Sistan region.

ABSTRACT

The aim of this study is evaluation of the relationship between vegetation changes associated with hydrological drought in the eastern part of the Sistan region. This region with an area of 875,052 hectares is located in the north of Sistan and Baluchistan province, with an average height of 478 meters above sea level. To, Landsat 8 satellite images (OLI) associated with ground monitoring and the normalized difference vegetation index (NDVI) and streamflow drought index (SDI) were used in 2019 and 2021. Also, the floristic list of the study area was randomly scrutinized in the vegetative seasons of the plant in 2019 and 2021. The life form of plants was also determined by Raunkiaer (1934). The results indicated that the average SDI in 2019 and 2021 was estimated at 1.33 and -0.38, respectively. Also, the water normal class and the weak drought class were identified in 2019 and 2021, respectively. Changes in the NDVI and SDI were observed in correlation relationships in 2019 and 2021. Vegetation changes have occurred as a result of the hydrological drought in 2021, indicating hydrological drought-affected vegetation. The study of the flora of the region in 2019 showed that plants including 191 plant species from 141 genera and 42 families are distributed in the region. Also, on the occurrence of hydrological drought conditions in 2021, the number of species decreased to 162 species, 123 genera, and 34 families. The life form of plants using the Raunkiaer method showed that 40% of therophytes, 18.4% of cryptophytes, 17.9% of hemicryptophytes, 15.3% of phanerophytes and 8.4% charophytes are included in 2019. In 2021, therophytes decreased to 34.7%, cryptophytes to 9.5%, hemicryptophytes to 17.4%, and charophytes to 7.9%, whereas, phanerophytes were unchanged at 15.3% compared to 2019. It shows the resistance of phanerophyte plants to drought and lack of water in the studied area.

Cite this article: Sarani, M., & Hashemi, Z. (2023). Evaluation of the relationship between hydrological drought and vegetation using Landsat images in the eastern part of the Sistan region. Journal of Natural Environmental Hazards, 12(38), 75-96. DOI: 10.22111/jneh.2023.44340.1938

© Mansoor Sarani.
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2023.44340.1938

* Corresponding Author Email: m.sarani@areeo.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir
مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۳۸، دی ۱۴۰۲

بررسی ارتباط بین خشکسالی هیدرولوژیکی و پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر لندست در بخش شرقی منطقه سیستان

منصور سارانی[1*]، زهره هاشمی[2]

۱. استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران (نویسنده مسئول)
۲. کارشناس پژوهشی بخش منابع طبیعی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۲/۳۰

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

واژه‌های کلیدی:
شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی، شاخص خشکسالی جریان رودخانه، فلوریستیک، منطقه سیستان.

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی رابطه تغییرات پوشش گیاهی با خشکسالی هیدرولوژیکی در بخش شرقی منطقه سیستان است. این منطقه با مساحت ۸۷۵۰۵۲ هکتار در شمال استان سیستان‌وبلوچستان، با ارتفاع متوسط ۴۷۸ متر از سطح دریا قرار دارد. برای این منظور از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ به همراه پایش زمینی، از شاخص‌های تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی و خشکسالی جریان رودخانه در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ استفاده شد. همچنین فهرست فلوریستیک منطقه موردمطالعه به روش پیمایشی و به‌طور تصادفی در فصول رویشی گیاه در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ تهیه شد. شکل زیستی گیاهان نیز براساس رده‌بندی ران‌کیائر (۱۹۳۴) تعیین گردید. نتایج نشان داد میانگین شاخص شدت خشکسالی در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ به ترتیب ۱/۳۳ و ۰/۳۸- برآورد شد. سال ۲۰۱۹ در طبقه نرمال آبی و سال ۲۰۲۱ در طبقه خشکسالی ضعیف شناسایی شد. بررسی تغییرات شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی و شاخص خشکسالی جریان رودخانه در سال‌های موردنظر دارای رابطه همبستگی است. تغییرات پوشش گیاهی حاصل از خشکسالی هیدرولوژیکی در سال ۲۰۲۱ رخ داده است که بیانگر متأثر بودن پوشش گیاهی از خشکسالی هیدرولوژیک است. بررسی فلور منطقه در سال ۲۰۱۹ نشان داد، گیاهان شامل ۱۹۱ گونه گیاهی از ۱۴۱ جنس و ۴۲ تیره در منطقه پراکنش دارند که با حادث شدن شرایط خشکسالی هیدرولوژیکی در سال ۲۰۲۱ تعداد گونه‌ها به ۱۶۲ گونه، ۱۲۳ جنس و ۳۴ تیره کاهش یافته است. طیف‌زیستی گیاهان به‌روش ران‌کیائر نشان داد که در سال ۲۰۱۹، ۴۰ درصد تروفیت‌ها، ۱۸/۴ درصد کریپتوفیت‌ها، ۱۷/۹ درصد همی‌کریپتوفیت‌ها، ۱۵/۳ درصد فانروفیت‌ها و ۸/۴ درصد کامفیت‌ها را شامل می‌شود. در سال ۲۰۲۱ تروفیت‌ها به ۳۴/۷ درصد، کریپتوفیت‌ها به ۹/۵ درصد، همی‌کریپتوفیت‌ها به ۱۷/۴ درصد و کامفیت‌ها به ۷/۹ درصد کاهش یافته است اما فانروفیت نسبت به سال ۲۰۱۹ بدون تغییر ۱۵/۳ درصد باقی مانده است که بیانگر مقاومت گیاهان فانروفیت به خشکسالی و کمبود آب در منطقه موردمطالعه می‌باشد.

استناد: سارانی، منصور، هاشمی، زهره. (۱۴۰۲). بررسی ارتباط بین خشکسالی هیدرولوژیکی و پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر لندست در بخش شرقی منطقه سیستان. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۲(۳۸)، ۹۶-۷۵. DOI: 10.22111/jneh.2023.44340.1938

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© منصور سارانی*، زهره هاشمی.

*- منصور سارانی (نویسنده مسئول)
Email: m.sarani@areeo.ac.ir

مقدمه

خشکسالی عبارت است از کمبود بارش در دوره‌ای بلندمدت، به نحوی که باعث کمبود رطوبت در خاک، کاهش آب-های جاری و مختل شدن روند طبیعی فعالیت‌های انسانی، حیات گیاهی و زندگی جانوری می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵). خشکسالی انواع مختلفی داشته و به چهار دسته هواشناسی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و اقتصادی-اجتماعی طبقه‌بندی می‌شود. خشکسالی هواشناسی به‌دلیل کمبود یا کاهش میزان بارندگی در طی دوره‌ای از زمان، نسبت به شرایط میانگین درازمدت به وقوع می‌پیوندد. در ادامه رخداد خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیکی که از مهم‌ترین انواع خشکسالی‌ها است اتفاق افتاده و باعث افت سطح آب رودخانه‌ها، مخازن آب و آب-های زیرزمینی به پایین‌تر از میانگین بلندمدت می‌شود (علوی‌نیا و همکاران، ۲۰۱۲). خشکسالی هیدرولوژیکی از دیدگاه آب‌شناسی، در مواردی در طول سال آبی (از مهر تا مهر سال دیگر) مقدار آبی که در یک رودخانه جریان می-یابد، از مقدار متوسط آن در سال‌های گذشته کمتر باشد، خشکسالی هیدرولوژیکی حاکم گشته است (کردوانی، ۱۳۸۰).

اکوسیستم‌های طبیعی به‌خصوص پوشش گیاهی نیز تحت تأثیر خشکسالی قرار می‌گیرند (بادنر و روبلز[1]، ۲۰۱۷). همبستگی بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی از عوامل تأثیرگذار بر پراکنش پوشش گیاهی به حساب می‌آید. اقلیم باعث شکل‌دهی الگوهای پوشش گیاهی از طریق تعادل بین ذخایر انرژی، رطوبت و زمان‌بندی فصلی بین این دو می‌شود (استفنسون[2]، ۱۹۹۰). بنابراین اقلیم یک منطقه، یک کنترل از بالا به پایین بر الگوهای اکوسیستم و فرآیندهای آن ایجاد می‌کند. اختلالات اکوسیستم به‌ویژه اختلالات بزرگ و نادر به‌عنوان یک مکانیسم کلیدی در شکل‌دهی الگوهای چشم‌اندازی در جنگل‌ها و مراتع شمرده می‌شود (ترنر و همکاران[3]، ۱۹۹۸). اثر خشکسالی بر گیاهان مختلف، متفاوت است. به‌عبارت دیگر گیاهان مختلف از لحاظ فصلی، یکساله یا دائمی بودن و نیز علفی، بوته-ای و درختچه‌ای مقاومت متفاوتی در مقابله با خشکسالی و مبارزه با آن از خود نشان می‌دهند. ازاین‌رو، برخی از آنها زود از بین می‌روند و برخی دیگر اگر خشکسالی هم ادامه یابد، مقاومت کرده و به حیات خود ادامه می‌دهند (کردوانی، ۱۳۸۰). برای تحلیل خشکسالی وجود یک شاخص جهت تعیین دقیق دوره‌های ترسالی و خشکسالی بسیار ضروری است. شاخص‌های پوشش گیاهی توسط بسیاری از دانشمندان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترها برای نقشه‌برداری زمین‌های کشاورزی، بررسی بارش، تخمین اثرات آب‌وهوایی، محاسبه میزان بیوماس، بازدهی محصول و فرآوری چراگاه، شرایط خشکسالی و تعیین مقدار توان گیاهان مطرح شده است (دابروسکا و همکاران[4]، ۲۰۱۰). یکی از مؤثرترین شاخص‌ها، شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی[5] می‌باشد (جنسن[6]، ۱۹۹۶).

امروزه بررسی تغییرات مکانی و زمانی پدیده‌های پیچیده‌ای مانند تخریب پوشش گیاهی به‌منظور ارزیابی و پایش مستمر آنها برای مدیریت و بهره‌برداری صحیح آنها اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. انتظار آن است با ورود فناوری سنجش-ازدور[7] و سیستم اطلاعات جغرافیایی[1]، امکان بررسی‌های بهتر و دقیق‌تر پدیده‌های زمینی میسر گردد. بنابراین، علی-

1 - Bodner and Robles
2 - Stephenson
3 - Turner et al
4 - Dabrowska et al
5 - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
6 - Jensen
7 - Remote sensing

رغم محدودیت‌هایی که در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در ارزیابی پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک وجود دارد

(آذرخشی و همکاران[۲]، ۲۰۱۱)؛ اطلاعات صحیح‌تری را در اختیار مدیران و محققان مربوط در سطوح مختلف قرار می‌دهند. بدین مفهوم که اطلاعات حاصل از روش‌های سنجش‌ازدور به‌دلیل پویایی بیشتر تطابق بیشتری با واقعیات زمینی دارد و قابلیت توصیه بیشتری را داراست (درویشی بلورانی و همکاران، ۱۳۹۰). در این راستا با توجه به تغییرپذیری پوشش گیاهی و از طرفی نوسانات عوامل محیطی، ارزیابی و پایش پوشش گیاهی از جمله موارد حیاتی در مدیریت این اکوسیستم‌ها به‌شمار می‌آیند. بروز پدیده زوال پوشش گیاهی در سال‌های اخیر که یکی از عوامل موثر بر پیدایش آن می‌تواند پدیده خشکسالی باشد؛ ضرورت و برنامه‌ریزی برای مدیریت بهینه این منابع اهمیت ویژه‌ای می‌یابد (علیزاده، ۱۳۸۷).

مؤسسه دلف هلند، پروژه‌ای برای مطالعه پوشش گیاهی دریاچه هامون تحت‌عنوان مدیریت جامع منابع آب سیستان را به تقاضای موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو اجرا کرد. در بخشی از پروژه برای مطالعه پوشش گیاهی دریاچه هامون

از شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی استفاده شد و توانست تغییرات منفی پوشش گیاهی را به وضوح آشکار سازد (دلف[۳]، ۲۰۰۷).

ژانگ و ژانگ در بررسی رابطه بین پوشش گیاهی و خشکسالی در کشور چین بیان داشتند که همبستگی پیرسون بین شاخص شدت خشکسالی پالمر[۴] و شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی در فصل رشد بین ۴۷/۴- تا ۰/۸۴ متغیر بود و حداکثر همبستگی بین شاخص‌های بارش تبخیر و تعرق استانداردشده[۵] و تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی در فصل رشد در محدوده ۰/۳۱ تا ۰/۸۶ بود که در آن همبستگی منفی بیشتر در مناطق جنگلی در جنوب چین مشاهده گردید (ژانگ و ژانگ[۶]، ۲۰۱۹).

عطافی تاثیر خشکسالی بر عملکرد تولید کشاورزی در استان بصره کشور عراق با استفاده از دو شاخص بارش استاندارد و شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای اجرا شد. نتایج نشان داد افزایش شدت خشکسالی منجر به کاهش تولید محصولات کشاورزی گردیده است. الگوی زمانی بلندمدت شاخص بارش استاندارد، به‌دلیل خشکسالی، فعالیت‌های کشاورزی را در وضعیت بحرانی نشان داد (عطافی و همکاران[۷]، ۲۰۲۱).

حسینی و همکاران تاثیر خشکسالی‌ها بر تخریب پوشش گیاهی در منطقه سیستان را با استفاده از تصاویر لندست سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ بررسی نمودند. تغییرات پوشش گیاهی از طریق برآورد شاخص اختلاف وزنی پوشش

1 - Geographyical information system
2 - Azarakhshi et al
3 - Delf
4 - Palmer Drought severity Index (PDSI)
5 - Standarized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)
6 - Zhang and Zhang
7 - Attafi et al

گیاهی[1] صورت گرفت. نتایج نشان داد که سطح پوشش‌گیاهی منطقه سیستان از ۱۰۱۰۰۰ هکتار در سال ۱۹۹۸ (زمان ترسالی) به ۲۴۰۰۰ هکتار در سال ۲۰۰۲ (زمان خشکسالی) کاهش یافته است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

شایان و همکاران، شناسایی و تحلیل خشکسالی در رودخانه مرزی الوند را با استفاده از داده‌های هیدرومتری، هواشناسی و تصاویر ماهواره‌ای لندست انجام دادند. تغییرات پوشش گیاهی به کمک شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بیانگر روند منفی تغییرات و کاهش پوشش گیاهی است. در اثر خشکسالی ۱۸۰۱۸۹ هکتار پوشش گیاهی از بین رفته است و آوردهای رسوبی انشعابات فرعی و فرسایش آبی حاصل از خشکسالی، به تخریب مراتع در پایاب رودخانه منجر شده است. درنتیجه همبستگی بین شاخص میانگین متحرک خشکسالی و شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی موید تحلیل و تفسیر خشکسالی در مناطق نیمه‌خشک می‌باشد (شایان و همکاران، ۱۳۹۶).

زندی و همکاران، خشکسالی و تاثیرات آن بر پوشش گیاهی در مناطق جنوبی کشور شامل استان‌های خوزستان، فارس، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال بختیاری، بوشهر، هرمزگان و سیستان‌وبلوچستان را ارزیابی نمودند. در این بررسی شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی و شاخص بارش استاندارد طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷ محاسبه و پهنه‌بندی شد. نتایج نشان داد پوشش گیاهی طی سال‌های موردبررسی به میزان قابل‌توجهی کاهش یافته و به اراضی بایر و یا پوشش گیاهی ضعیف تبدیل شده است. پوشش گیاهی از غرب به شرق منطقه مورد مطالعه کاهش یافته است. همچنین رابطه همبستگی بین شاخص‌های بارش استاندارد و تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی بیانگر روند کاهشی میزان پوشش گیاهی با افزایش شدت خشکسالی می‌باشد (زندی و همکاران، ۱۴۰۰).

گیلوری و همکاران تاثیر خشکسالی هواشناسی بر روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از سنجنده مودیس و شاخص‌های بارش استاندارد و تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی، طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۸۰ در اقلیم‌های خشک و خشک نیمه‌مرطوب حوزه آبخیز حبله‌رود بررسی نمودند. نتایج بیانگر خشکسالی شدید در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ می‌باشد و اوج شاخص پوشش گیاهی در سال ۱۳۸۴ اتفاق افتاده است. ماتریس همبستگی نشان‌دهنده همبستگی یکسان شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی نسبت به دو شاخص بارش استاندارد و بارندگی سالیانه است. همبستگی نیز در سطح دو اقلیم خشک و خشک نیمه‌مرطوب به‌ترتیب ۰/۳۸ و ۰/۲۵ بوده است که حاکی از همبستگی پایین ولی رابطه مثبت در سطح اقلیم‌های مختلف یک منطقه متفاوت است (گیلوری و همکاران، ۱۴۰۱).

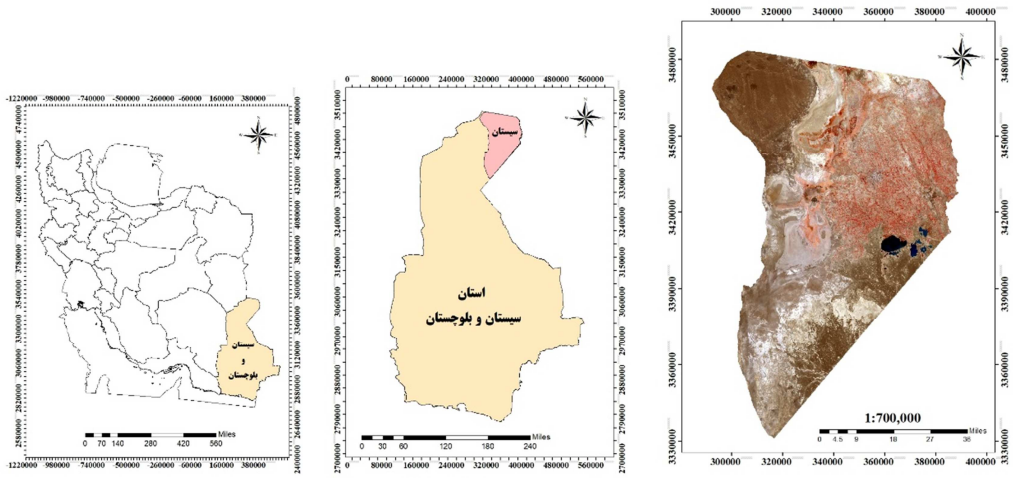
هدف از این پژوهش، بررسی تاثیرات خشکسالی بر پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور می‌باشد که از طریق شاخص‌های تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی و شدت خشکسالی جریان رودخانه[2] صورت می‌پذیرد. همچنین در ادامه تغییرات حاصل از اثرات خشکسالی بر فلوریستیک منطقه موردمطالعه، از طریق پایش زمینی در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ بررسی می‌شود.

1 - Weighted Difference Vegetation Index (WDVI)
2 - Streamflow Drought Index (SDI)

داده‌ها و روش‌ها

الف- معرفی محدوده موردمطالعه

منطقه موردمطالعه با مساحت ۸۷۵۰۵۲ هکتار، در شرق ایران در شمال استان سیستان‌وبلوچستان و به مختصات جغرافیایی ۶۰ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۶۱ درجه ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۱ درجه ۲۶ دقیقه عرض شمالی و با ارتفاع متوسط ۴۷۸ متر از سطح دریا (نرم‌افزار گوگل ارث[1])، در مرز افغانستان واقع شده است (شکل ۱). بخش شرقی دشت سیستان به‌صورت یک فروافتادگی تکتونیکی در شرق رشته کوه‌های شرق ایران جای گرفته است. اقلیم منطقه سیستان براساس طبقه‌بندی کوپن اصلاح‌شده اقلیم صحرایی با آب‌وهوای خیلی گرم و خشک بیابانی یعنی تابستان‌های طولانی و زمستان ملایم قلمداد شده است. متوسط بارندگی سالانه در سیستان ناچیز و برابر ۵۵ میلی‌متر بوده که در حدود ۷ درصد متوسط بارندگی در جهان است. میزان تبخیر سالانه آن بسیار بالا و در حدود ۴۸۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. متوسط حداکثر دمای منطقه ۳۴/۵ و متوسط حداقل آن ۸/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. رودخانه هیرمند در مرز شرقی کشور ایران از خاک افغانستان وارد دشت سیستان شده و تنها منبع تأمین آب منطقه محسوب می‌شود. اراضی منطقه موردمطالعه متشکل از رسوبات انتقالی حوزه آبخیز هیرمند در عرصه‌های بالادست این رودخانه می‌باشد. خاک‌های منطقه موردمطالعه شامل خاک‌های عمیق، تکامل نیافته و جوان است. بافت خاک شنی و رسی سیلت‌دار تا رس و شنی سیلت‌دار می‌باشد. در قسمت‌هایی از اراضی به‌علت تاثیر املاح زیاد و تجمع املاح در سطح خاک، اغلب دارای سطح پف‌کرده می‌باشد. گیاهان مشاهده‌شده در منطقه‌ی موردمطالعه اغلب از خانواده‌های اسفناجیان، اوریاسلام و گونه‌های درختچه‌ای گز است. (مهندسین مشاور جامع ایران، ۱۳۸۳).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه. *منبع: وب‌سایت سازمان نقشه‌برداری زمین‌شناسی آمریکا*

[1] - Google Erath

ب- روش پژوهش

داده های منطقه موردمطالعه

تصاویر ماهواره‌ای در این مطالعه از ماهواره لندست با ردیف‌های ۳۸ و ۳۹، مسیر ۱۵۷ مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر مربوط به ماه ژوئن در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ بررسی گردید. تصاویر انتخاب‌شده از لندست ۸[1] می‌باشد. این تصاویر از وب‌سایت سازمان نقشه‌برداری زمین‌شناسی آمریکا[2] تهیه شد. مشخصات تصاویر در جدول ۱ آمده است.

جدول۱: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده‌شده در این بررسی

ماهواره	نوع سنجنده	ستون	سطر	تاریخ برداشت	باندهای مورداستفاده
لندست	OLI	۱۵۷	۳۸ و ۳۹	۲۰۱۹/۰۶/۱۲	۴ (باند قرمز) و ۵ (باند مادون قرمز نزدیک)
لندست	OLI	۱۵۷	۳۸ و ۳۹	۲۰۲۱/۰۶/۱۷	۴ (باند قرمز) و ۵ (باند مادون قرمز نزدیک)

پردازش داده‌ها

در مرحله پیش‌پردازش، ابتدا اقدام به تصحیحات رادیومتری و اتمسفری جهت حذف خطاهای ناشی از سنجنده و اتمسفر در محیط انوی ۵/۳[3] صورت گرفت. سپس در مرحله پردازش داده‌ها شاخص طیفی تفاضلی نرمال‌شده پوشش‌گیاهی برآورد شد.

شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی

شاخص طیفی تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی، شاخصی پایه جهت تعیین سایر متغیرهای پوشش گیاهی می‌باشد که مزایای آن نسبت به سایر شاخص‌ها این است که شاخص تفاضل بین بیشینه جذب در ناحیه قرمز ناشی از رنگدانه‌های کلروفیل و حداکثری بازتاب در ناحیه مادون قرمز ناشی از ساختار سلولی برگ را مشخص می‌کند (علوی پناه، ۱۳۹۱). این شاخص محل‌های احتمالی پوشش گیاهی را با تغییرات عددی بین ۱- و ۱+ نشان می‌دهد. مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم باشند این شاخص به سمت ۱+ و نواحی که از لحاظ تراکم پوشش گیاهی ضعیف باشند به سمت ۱- میل می‌نماید (کاظمی نیا، ۱۳۹۶). برآورد شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی از رابطه ۱ به‌دست می‌آید:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

در این *رابطه* NIR مقدار بازتاب در ناحیه مادون قرمز نزدیک برای هر پیکسل در تصویر و RED مقدار بازتاب در ناحیه باند قرمز برای هر پیکسل در تصویر است.

1 - Landsat OLI
2 - The United States Geological Survey
3 - ENVI 5.3

شاخص شدت خشکسالی جریان رودخانه

برای توصیف خشکسالی‌های هیدرولوژیکی از شاخص شدت خشکسالی جریان رودخانه استفاده می‌گردد. شاخص شدت خشکسالی براساس جریان ماهانه استاندارد می‌باشد. جهت محاسبه این شاخص از داده‌های دبی منطقه موردمطالعه استفاده می‌گردد. فرض می‌شود برای داده‌های دبی، گروه زمانی ماهانه $Q_{i,j}$ مناسب است. درحالی‌که i مشخص‌کننده سال آبی و j بیانگر ماه در سال آبی می‌باشد. بر این اساس مقدار تجمعی دبی از رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه می‌شود:

$$V_{i,k} = \sum_{j}^{k} Q_{i,j} \qquad i = 1,2,3,\ldots. \qquad j = 1,2,3,\ldots.,12 \qquad k = 1,2,3,4 \qquad (۲)$$

$V_{i,k}$ مقدار تجمعی دبی سال آبی iام و دوره آن و k بیانگر دوره‌های سه ماهه است (نالبانتیس و تساکیریس[1]، ۲۰۰۹).

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{v}_k}{S_k} \qquad i = 1,2,3,\ldots. \qquad j = 1,2,3,\ldots.,12 \qquad k = 1,2,3,4 \qquad (۳)$$

$\bar{v}_k$ و S_k به‌ترتیب میانگین مجموع حجم دبی و انحراف معیار حجم دبی‌های تجمعی برای دوره مبنای k است و تراز آستانه $\bar{v}_k$ تعریف شده است.

جدول ۲: طبقه‌بندی شاخص شدت خشکسالی. *منبع: کریمی و همکاران، ۱۳۹۵*

طبقات شدت خشکسالی	شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی
نرمال	۰ - +۱
خشکسالی ضعیف	-۱ - ۰
خشکسالی متوسط	-۱/۵ — -۱
خشکسالی شدید	-۲ — -۱/۵
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از -۲

پس از تعیین مقادیر شاخص خشکسالی جریان رودخانه در سال‌های موردنظر، طبق جدول ۲ به طبقه‌بندی شدت خشکسالی پرداخته شد. در آخرین مرحله با استفاده از روش میان‌یابی معکوس فاصله[2] به پهنه‌بندی توزیع خشکسالی خشکسالی در سطح منطقه موردمطالعه اقدام گردید.

شناسایی و معرفی فلوریستیک منطقه

به‌منظور تهیه فهرست فلوریستیک منطقه موردمطالعه، با مراجعه حضوری در فصول رویشی، نمونه گیاهی براساس روش مرسوم پیمایش‌های منطقه‌ای و به‌صورت تصادفی در مطالعات فلوریستیک طی سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ جمع-آوری و از آن‌ها نمونه‌های هرباریومی تهیه شد. اطلاعات هر نمونه گیاهی شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع محل رویش از سطح دریا با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب[3] ثبت و از آن‌ها تصاویر دیجیتال تهیه شد. نمونه‌های گیاهی گفته‌شده در هرباریوم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان نگهداری می‌شود. جهت شناسایی دقیق نمونه‌ها از متخصصین گیاه‌شناسی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد دعوت به‌عمل آمد

1 - Nalbantis and Tsakiris
2 - Inverse Distance Weighted (IDW)
3 - GPS

تا نمونه‌ها را در محل شناسایی نمایند. همچنین از منابع گیاه‌شناسی نظیر فلور ایرانیکا (ریچینگر[1]، ۲۰۱۵-۱۹۶۳)، فلور رنگی ایران (قهرمان، ۱۳۶۰) و کروموفیت‌های ایران (قهرمان، ۱۳۸۳) نیز جهت شناسایی و نام‌گذاری استفاده شد.

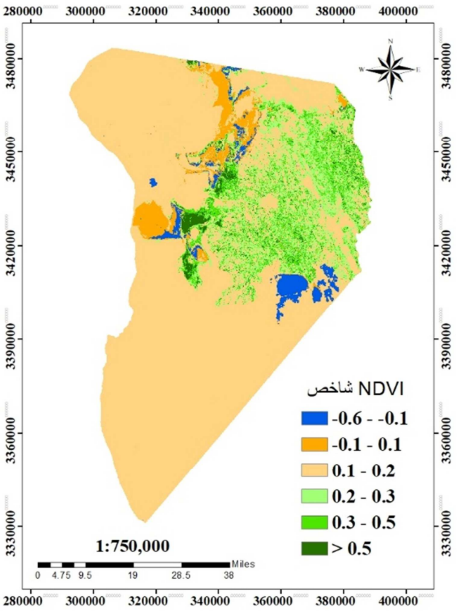
شکل زیستی گیاهان براساس رده‌بندی ران‌کیائر[2] (۱۹۳۴) تعیین گردید. در این رده‌بندی گیاهان براساس موقعیت جوانه‌های تجدیدکننده حیات به گروه‌های فانروفیت‌ها[3]، کامفیت‌ها[4]، همی‌کریپتوفیت‌ها[5]، کریپتوفیت‌ها[6] (شامل ژئوفیت‌ها[7] به‌همراه هیدروفیت‌ها[8] و هلوفیت‌ها[9] می‌باشند) و تروفیت‌ها[10] تقسیم می‌شوند. بعد از آنکه درصد اشکال زیستی تمام گونه‌های گیاهی منطقه در دوره زمانی ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ تعیین شد، درصد فراوانی هر کدام از آنها به‌صورت نمودار ستونی ترسیم گردید.

یافته‌های پژوهش

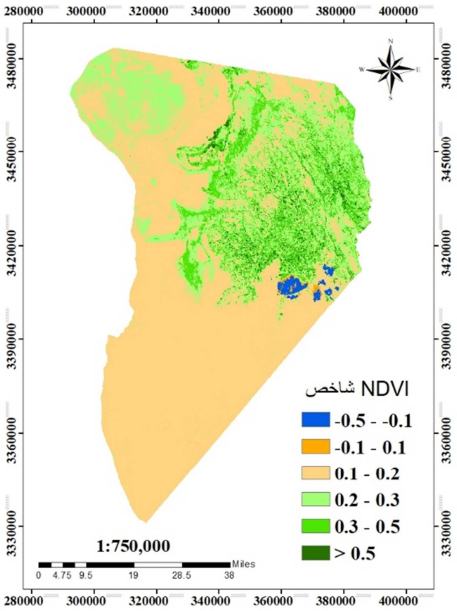
روند تغییرات شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی

شکل‌های ۲ و ۳ نقشه‌های حاصل از برآورد شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی و میزان تغییرات شاخص یادشده در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ را بیان می‌کند. در این بررسی مقادیر بین ۰/۶- تا ۰/۱- نواحی مرطوب و پهنه‌های آبی، ۰/۱- تا ۰/۱ مناطق دست‌ساخت و پوشش سنگی، ۰/۱ تا ۰/۲ به عرصه‌های ماسه‌ای و بایر، ۰/۲ تا ۰/۳ پهنه‌های با پوشش گیاهی تنک و کم تراکم، ۰/۳ تا ۰/۵ عرصه‌های دارای پوشش گیاهی متوسط و مقادیر بیشتر از ۰/۵ شامل نواحی پوشش گیاهی متراکم در منطقه موردمطالعه می‌باشد.

1 - Rechinger
2 - Runkiaer
3 - Phanerophytes
4 - Chamophytes
5 - Hemicryptophytes
6 - Cryptophytes
7 - Geophytes
8 - Hydrophytes
9 - Halophytes
10 - Therophytes



شکل ۲: نقشه شاخص پوشش گیاهی در سال ۲۰۱۹



شکل ۳: نقشه شاخص پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۱

طبق شکل ۴، نواحی مرطوب و آبی در سال ۲۰۱۹ به میزان ۲۹۹۳۷/۸۷ هکتار (۳/۴ درصد) و در سال ۲۰۲۱ به میزان ۷۳۶۹/۲۹ هکتار (۰/۸۴ درصد) است، این عرصه از سال ۲۰۱۹ تا سال ۲۰۲۱ روند کاهشی را نشان می‌دهد. مناطق دست‌ساخت و پوشش سنگی در سال ۲۰۱۹ به مساحت ۶۳۱۶۳۶/۲ هکتار (۷۲/۲ درصد) و در سال ۲۰۲۱ به مساحت ۶۴۴۱۳۶/۴۸ هکتار (۷۳/۶ درصد) با مقایسه با سال ۲۰۱۹ روند افزایشی دارد. اراضی بایر و ماسه‌ای در سال ۲۰۱۹ به میزان ۱۱۶۷۱۱/۱ هکتار (۱۳/۳ درصد) و در سال ۲۰۲۱ به میزان ۱۸۶۲۳۳/۳۱ هکتار (۲۱/۳ درصد)، نسبت به سال ۲۰۱۹ روند افزایشی را نشان می‌دهد. مناطق با پوشش گیاهی تنک و کم تراکم در سال ۲۰۱۹ به مساحت ۵۳۲۹۲/۵۱ هکتار (۶/۱ درصد)، در سال ۲۰۲۱ به مساحت ۳۱۹۶۲/۶۹ (۳/۶۴ درصد) با مقایسه با سال ۲۰۱۹ روند کاهشی را نشان می‌دهد. پهنه‌های با پوشش گیاهی متوسط در سال ۲۰۱۹ به مساحت ۳۷۳۱۷/۹۶ هکتار (۴/۳ درصد) و در سال ۲۰۲۱ با مساحت ۵۰۹۹/۵۸ هکتار (۰/۶ درصد) نسبت با سال ۲۰۱۹ روند کاهشی را دارد. اراضی با پوشش گیاهی متراکم در سال ۲۰۱۹ به میزان ۶۰۵۴/۱۲ هکتار (۰/۷ درصد) و در سال ۲۰۲۱ به میزان ۱۴۸/۳۲ هکتار (۰/۰۲ درصد) نیز نسبت با سال ۲۰۱۹ روند کاهشی را نشان می‌دهد. با مقایسه سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی منطقه موردمطالعه می‌توان نتیجه گرفت که در سال ۲۰۱۹ با ورود آب در منطقه سیستان علاوه بر افزایش سطوح آبی، مناطق دارای پوشش گیاهی اهم از پوشش با تراکم کم و تنک، با تراکم متوسط و متراکم افزایش یافته است. اما در سال ۲۰۲۱ به‌علت قطع جریان آب ورودی از رودخانه هیرمند به منطقه سیستان ضمن کاهش سطوح آبی و سطوح دارای پوشش‌گیاهی، عرصه‌های دست‌ساخت و پوشش سنگی، اراضی بایر و ماسه‌ای افزایش سطح را نشان می‌دهد. علت آن بر اثر خشکی محیط و وزش طوفان‌های موسمی

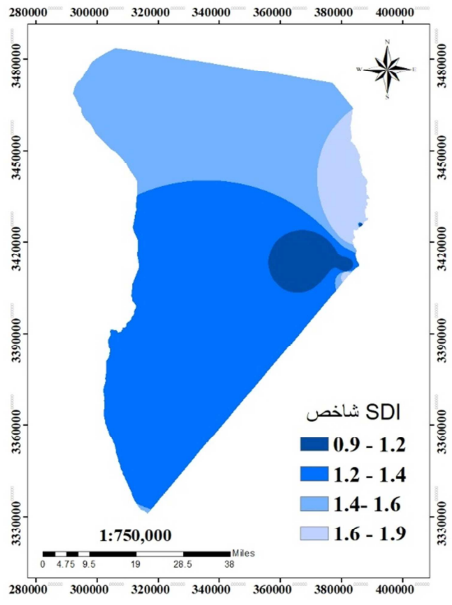
(بادهای ۱۲۰ روزه) در فصل خشک و تبدیل دریاچه هامون به یکی از کانون‌های برداشت فرسایش بادی می‌باشد که از موثرترین عوامل در تخریب خاک، تضعیف و تغییر در پوشش گیاهی به‌شمار می‌رود.



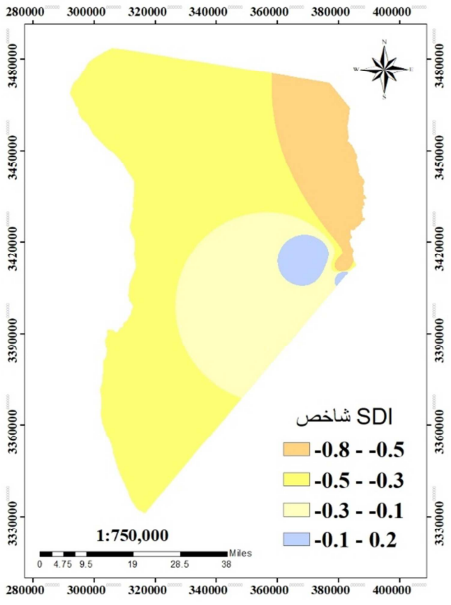
شکل ۴: روند تغییرات شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱

روند تغییرات شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی

شکل‌های ۵ و ۶ نقشه حاصل از محاسبه شاخص شدت خشکسالی در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.



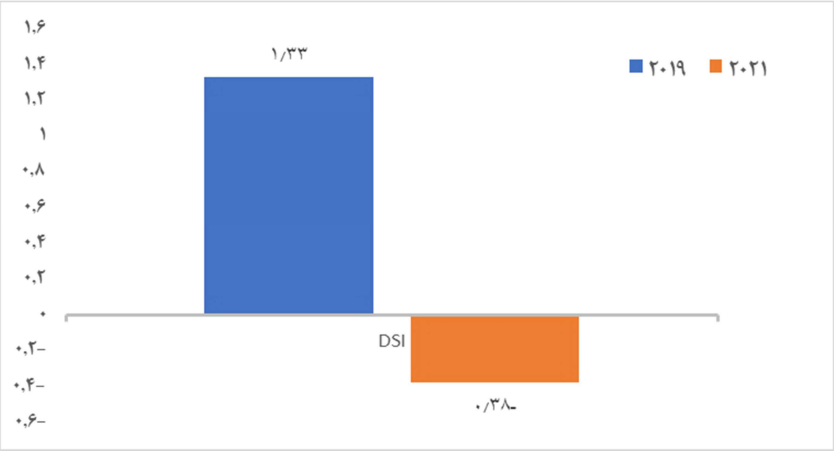
شکل ۵: نقشه شاخص شدت خشکسالی در سال ۲۰۱۹



شکل ۶: نقشه شاخص شدت خشکسالی در سال ۲۰۲۱

شکل ۷ میانگین شاخص شدت خشکسالی در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ را بیان می‌کند. در این شکل محاسبه حاصل از برآورد شاخص شدت خشکسالی هیدرولوژیکی است. همچنین اعداد به‌دست‌آمده براساس جدول ۲ شاخص شدت

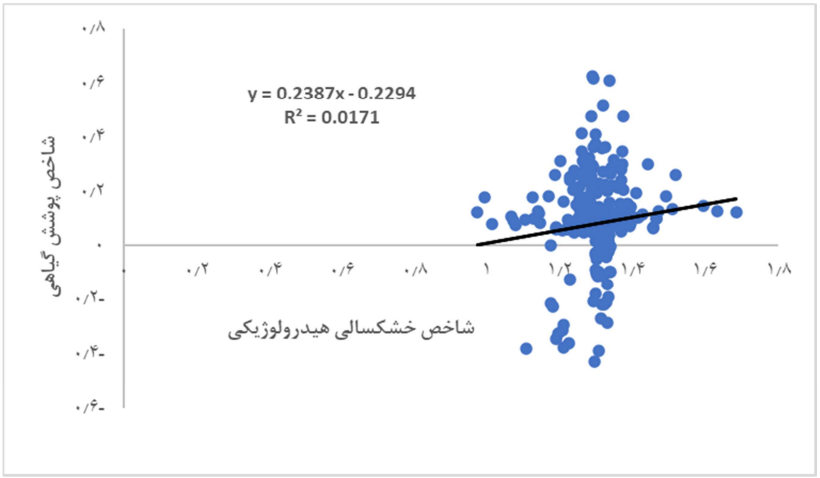
خشکسالی طبقه‌بندی می‌شود. نتیجه طبقه‌بندی خشکسالی هیدرولوژیکی در سال ۲۰۱۹ با میانگین ۱/۳۳+ در طبقه نرمال و این شاخص در سال ۲۰۲۱ با میانگین ۰/۳۸- در خشکسالی ضعیف قرار می‌گیرد.



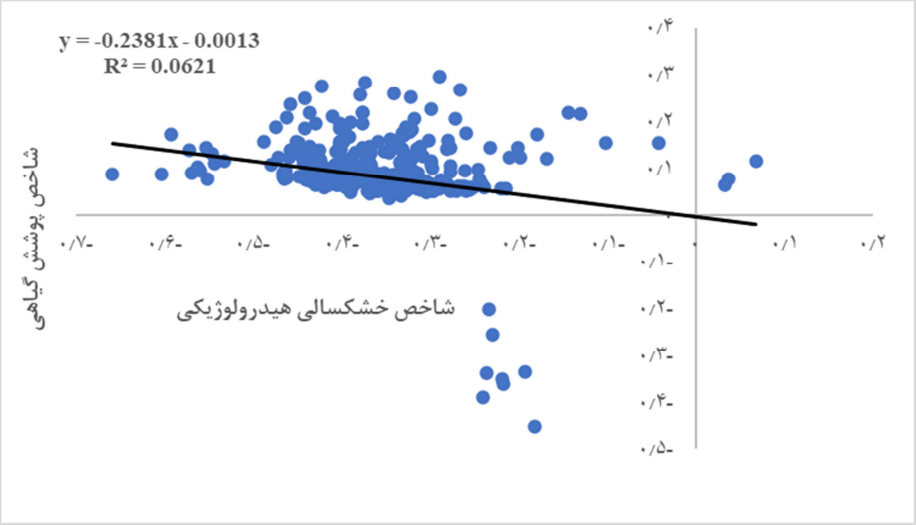
شکل ۷: میانگین تغییرات شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی در سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱

رابطه بین شاخص شدت خشکسالی هیدرولوژیکی و شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی

شکل‌های ۸ و ۹ نتایج تحلیل رگرسیون بین شاخص‌های شدت خشکسالی و تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی در منطقه موردمطالعه طی سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ را نشان می‌دهد. رابطه همبستگی بین دو شاخص شدت خشکسالی و تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی، طبق عدد R^2 و تابع به‌دست‌آمده در سطح ($p<۰/۰۱$) معنی‌دار است. رابطه بین دو شاخص یادشده در سال ۲۰۱۹ دارای همبستگی مثبت است. به‌طوری‌که با افزایش شاخص شدت خشکسالی هیدرولوژیکی و تمایل آن به اعداد مثبت شاخص پوشش گیاهی نیز افزایش یافته است. در سال ۲۰۲۱ دارای همبستگی منفی است. به‌طوری‌که با کاهش شاخص شدت خشکسالی هیدرولوژیکی و تمایل آن به اعداد منفی، شاخص پوشش گیاهی نیز کاهش یافته است.



شکل ۸: رابطه بین شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی و شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی، سال ۲۰۱۹



شکل ۹: رابطه بین شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی و شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی، سال ۲۰۲۱

روند تغییرات فلور

در این پژوهش و در منطقه موردمطالعه برای سال ۲۰۱۹ تعداد ۱۹۱ گونه، ۱۴۸ جنس و ۴۲ تیره شناسایی شدند. در سال ۲۰۲۱ با حادث شدن شرایط خشکسالی هیدرولوژیکی تعداد گونه‌ها به ۱۶۲ گونه، ۱۲۳ جنس و ۳۴ تیره کاهش یافته است (جدول ۳).

جدول ۳- فهرست گونه‌های گیاهی، روند تغییرات و شکل زیستی گیاهان منطقه سیستان

نام علمی	۲۰۱۹	۲۰۲۱	شکل زیستی
Alismataceae			
Alisma lanceolatum With.	*	-	Cr
Alisma plantago-aquatica L.	*	-	Cr
Apiaceae			
Apium graveolens L.	*	*	He
Dorema ammoniacum D. Don	*	*	He
Ducrosia anethifolia (DC.) Boiss.	*	*	He
Asclepiadaceae			
Cynanchum acutum L. subsp acutum	*	*	He
Pergularia tomentosa L.	*	*	Ph
Asteraceae			
Acroptilon repens (L.) DC.	*	*	He
Aegopordon berardioides Boiss.	*	*	Cr
Amberboa turanica (Boiss.) Iljin	*	*	Th
Anthemis rhodocentra Iranshar	*	*	Th
Artemisia scoparia Waldst. et Kit.	*	*	Ch
Artemisia sieberi Besser subsp. Sieberi	*	*	Ch
Carthamus tinctorius L.	*	*	Cr
Centaurea bruguieriana (DC.) Hand. Subsp. Belangerana (DC.) Bornm.	*	*	Th
Cichorium intybus L.	*	*	He
Cirsium arvense (L.) Scop.	*	*	He
Conyza bonariensis (L.) Cornquist	*	*	Th
Conyzanthus squamatus (Spreng.) Tamamsch.	*	*	He
Crepis kotschyana (Boiss.) Boiss.	*	-	Th
Echinops sp.	*	*	

Filago hurdwarica (DC.) Wagenitz	*	-	Th
Gnaphalium luteo- album L.	*	-	Th
Grantia aucheri Boiss.	*	-	Ch
Gymnarrhena micrantha Desf.	*	*	Th
Heteroderis pusilla (Boiss.)Boiss. var. gymnocephala Rech. f.	*	*	Th
Ifloga spicata (Forssk.) Schultz. Bip	*	*	Th
koelpinia linearis Pall.	*	*	Th
Lactuca serriola (L.)	*	*	Th
Launaea acanthodes (Bioss.) O. Kuntze	*	*	Cr
Oligochaete minima (Boiss.) Briq.	*	-	Th
Pulicaria gnaphalodes (Vent.) Boiss.	*	*	He
Reichardia oriantalis (L.) Hochreatiner (Lactuceae).	*	*	He
Scorzonera tortuosissima Boiss.	*	*	He
Senecio flavus (Decne.) Schultz-Bip.	*	*	Th
Boraginaceae			
Arnebia grandiflora (Trautv.) M. Pop	*	*	Th
Gastrocotyle hispida (Forssk.) C.B. Clarke	*	*	Th
Heliotropium europium L.	*	*	Th
Heliotropium lasiocarpum Fisch. Et C.A. Mey.	*	*	He
Heterocaryum subsessile Vatke	*	*	Th
*Trichodesma africanum (*L.) R. Br.	*	*	He
Brassicaceae			
Alyssum linifolium Steph. Et Willd.var. linifolium	*	-	Th
Cardaria draba (L.) Desv.	*	*	He
Descuirainia sophia (L.) Webb ex Prantl.	*	*	Th
Eruca sativa Miller	*	*	Th
Fortuynia garcinii (Burm.) Shuttlew.	*	*	He
*Goldbachia laevigata (*M. Bieb.) DC.	*	*	Th
Isatis minima Bge.	*	*	Th
Lepidium sativum L.	*	*	He
Malcolmia africana (L.) R. Br.	*	*	Th
Matthiola chenopodifolia Fisch. et C.A. Mey.	*	-	Th
Moricandia sinaica (Boiss.) Boiss.	*	*	Th
Nasturtium officinale R. Br.	*	-	Cr
Savignya parviflora (Delile) Webb.	*	*	Th
Sisymbrium irio L.	*	-	Th
Capparidaceae			
Capparis spinosa L.	*	*	Cr
Cleome oxypetala Boiss.	*	*	He
Cleome heratensis Bunge et Bien.ex Boiss.	*	*	He
Caryophyllaceae			
Acanthophylum sordidium Bge. ex Boiss.	*	*	Ch
Gymnocarpus decander Forssk.	*	*	Ch
Gypsophila pilosa Huds	*	*	Th
Pteranthus dichotomus Forssk.	*	*	Th
Silene conoidea L.	*	*	Th
Spergularia diandra (Guss.) Heldr. et Sart.	*	*	Th
Chenopodiaceae			
Agriophyllum minus Fisch. & C. A. Mey. Ex Fenzel	*	*	Th
Anabasis aphylla L.	*	*	Ch
Anabasis setifera Moq	*	*	Ch
Atriplex canescens (Pursh.) Nutt.	*	*	Ch
Atriplex dimorphostegia (Kar. et Kir.) Allen	*	*	Th
Atriplex halimus L.	*	*	Ph
Atriplex lentiformis S. Wats	*	*	Ph
Atriplex leucoclada (Boiss.) Aellen.	*	*	Ch
Atriplex moneta Bge.	*	*	Th
Chenopodium album L.	*	*	Th
Chenopodium chenopodioides (L.) Aellen	*	*	Th
Chenopodium rubrum L.	*	*	Th
Cornulaca aucheri Moq. Subsp. Leucacantha (Charif & Aellen) Assadi	*	*	Th
Cornulaca leucacantha Charif et Aellen	*	*	Ch
Cornulaca monacantha Delile.	*	*	Ch

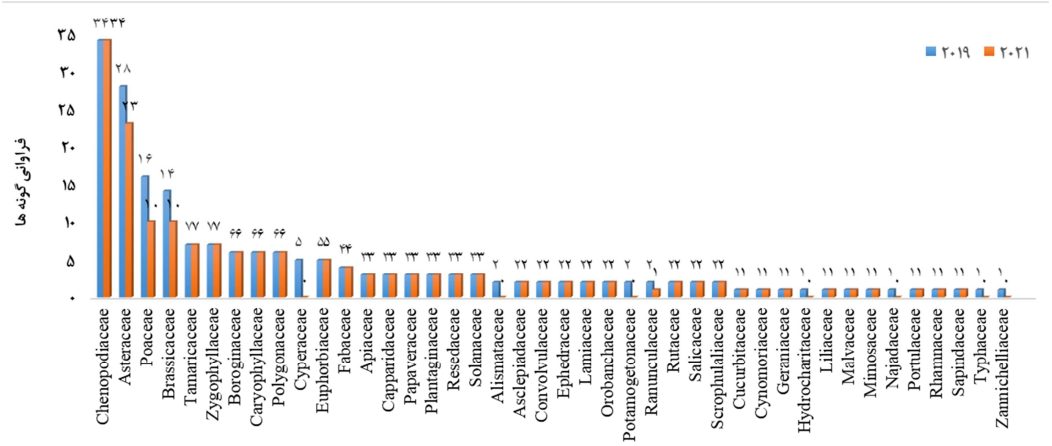
Halostachys belangeriana Bunge ex Boiss.	*	*	Ph
Halothamnus subaphyllus (A.C. Mey.) Botsch.	*	*	Ch
Haloxylon ammodendron (C.A. Mey.) Bge.	*	*	Ph
Haloxylon persicum Bge. & Boiss. et Buhse	*	*	Ph
Haloxylon recurvium Bunge ex Boiss.	*	*	Ph
*Hammada salicornica (*Moq.) Iljin	*	*	Ph
Kochia scoparia (L.) Schrad.	*	*	Th
Londesia eriantha Fisch. & C.A. Mey.	*	*	Th
Salicornia europaea L.	*	*	Th
Salsola crassa M. B.	*	*	Th
Salsola cyclophylla Barker	*	*	Th
Salsola imbricata Forssk.	*	*	Ch
Salsola incanescens C.A. Mey.	*	*	Th
Salsola nitraria Pall.	*	*	Th
Salsola tomentosa (Moq.) Spach	*	*	Th
Seidlitzia cinerea (Moq.) Bge. ex Botsch	*	*	Th
Seidlitzia rosmarinus Ehrenb. ex Boiss.	*	*	Ph
Suaeda aegyptiaca (Hasselq.) Zohary	*	*	Ph
Suaeda vermiculata Forssk. ex Gmelin	*	*	He
Convolvulaceae			
Convolvulus arvensis L.	*	*	Cr
Cressa cretica L.	*	*	He
Cucurbitaceae	*	*	
Citrullus colocynthis (L.) Schrad.	*	*	He
Cynomoriaceae	*	*	
Cynomorium coccinium L.	*	*	Cr
C**yperaceae**			
Cyperus longus L.	*	-	Cr
Cyperus rotundus L.	*	-	Cr
Eleocharis uniglumis Link.	*	-	Cr
Scirpus littoralis Schrad. var. oligostachys Boiss.	*	-	Cr
Scirpus wardianus J. R. Orummond.	*	-	Cr
Ephedraceae			
Ephedra distachya L.	*	*	Ph
Ephedra strobilacea Bge. ex A.Lehm	*	*	Ph
Euphorbiaceae			
Andrachne telephioides L.	*	*	Cr
Chrozophora obliqua (Vahl.) Juss. et Spreng.	*	*	Th
*Chrozophora tinctoria (*L.) A. Juss	*	*	Th
Euphorbia granulata Forssk.	*	*	Th
Euphorbia turcomanica Boiss.	*	*	Th
Fabaceae			
Alhagi camelorum Fisch.	*	*	Ch
Astragalus pinetorum Boiss. subsp. Declinatus Podl.	*	*	Th
Melilotus indicus (L.) All.	*	*	Th
Onobrychis aucheri Boiss. Subsp. Psammophila (Bornm.) Rech.f.	*	*	Th
Geraniaceae			
***E**rodium cicutarium* (L.) L Her.	*	*	Th
Hydrocharitaceae			
Vallisneria spiralis L.	*	-	Cr
Lamiaceae			
Mentha longifolia (L.) Hudson	*	*	Cr
Salvia macilenta Boiss.	*	*	Cr
Liliaceae			
Gagea gageoides (Zucc.) Vved.	*	*	Cr
Malvaceae			
Malva neglecta Wallr.	*	*	He
Mimosaceae			
Prosopis farcta (Banks & Sol.) Macbr.	*	*	Ch
Najadaceae			
Najas Marina L.	*	-	Cr
Orobanchaceae			
Cistanch tubulosa (Schrenk) R. Wight	*	*	Cr
Orobanch aegyptiaca Pers.	*	*	Cr

Papaveraceae			
Hypecoum pendulum L. Var. pendulum	*	*	Th
Papaver rhoeas L. var. albidum Ghahreman & Mozaffarian.	*	*	Th
Roemeria hybrida (L.) DC.	*	*	Th
Plantaginaceae			
Plantago coronopus L. subsp. coronopus	*	*	He
Plantago lanceolata L.	*	*	He
Plantago ovate Frossk.	*	*	He
Poaceae			
Aeluropus lagopoides (L.) Trin et Thwaies	*	*	He
Aeluropus littoralis (Gouan) Parl.	*	*	He
Arundo donax L.	*	-	Cr
Boissiera squarrosa (Banks et Soland.) Nevski	*	-	Th
Bothriochloa ischaemum (L.) Keng	*	*	He
Bromus japonicus Thund. Var. japonicus	*	*	Th
Cynodon dactylon (L.) Pers.	*	*	Cr
Desmostachya bipinnata (L.) Stapf.	*	*	He
Imperata cylindrica (L.) P.Beauv.	*	-	Cr
Lolium temulentum L.	*	-	Th
Phragmites australis (Cav.) Trin. et Steud. var. australis	*	-	Cr
Poa sinaica Steud.	*	-	He
Saccharum griffithii Munro et Boiss.	*	*	Cr
Schismus arabicus Nees.	*	*	Th
Setaria glauca (L.) P.Beauv.	*	*	Th
Stipagrostis plumosa (L.) Munro ex T. Anders. Var. plumosa	*	*	He
Polygonaceae			
Calligonum bungee Boiss.	*	*	Ph
Calligonum polygonoides L.	*	*	Ph
Polygonum aviculare L.	*	*	Th
Polygonum patulum M. B.	*	*	Ph
Pteropyrum aucheri Jaub.et Spach	*	*	Ph
Rumex vesicarius L.	*	*	Th
Portulaceceae			
Portulaca oleracea L.	*	*	Th
Potamogetonaceae			
Potamogeton pectinatus L.	*	-	Cr
Potamogeton perfoliatus L.	*	-	Cr
Ranunculaceae			
Ranunculus trichophyllus Chaix	*	-	Th
Consolida regalis Gray.	*	*	Th
Resedaceae			
Ochradenus aucheri Boiss.	*	*	Ph
Oligomeris linifolia (Vahl) Macbr.	*	*	Th
Reseda aucheri Boiss. subsp. Rechingeri (Abdallah et De Wit) Rech. f.	*	*	Th
Rhamnaceae			
*Ziziphus jujub*a Mill.	*	*	Ph
Rutaceae			
Haplophyllum robustum Bunge	*	*	Cr
Haplophyllum tuberculatum (Forssk.) Juss.	*	*	Cr
Salicaceae			
Populus euphratica Olivier	*	*	Ph
Salix acmophylla Boiss	*	*	Ph
Sapindaceae			
Stocksia brahuica Benth.	*	*	Th
Scrophulaliaceae			
Schweinfurthia papilionaceae Burm.	*	*	Cr
Scrophularia deserti Delile.	*	*	Cr
Solanaceae			
Datura innoxia Mill.	*	*	Th
Lycium ruthenicum Murray	*	*	Ph
Solanum nigrum L.	*	*	Th
Tamaricaceae			
Reaumuria cistoides Adam	*	*	Ch

Tamarix aphylla (L.) Karsten	*	*	Ph
Tamarix dioica Roth	*	*	Ph
Tamarix indica Willd.	*	*	Ph
Tamarix kotschyi Bunge	*	*	Ph
Tamarix passerinoides Delil ex Desv.	*	*	Ph
Tamarix ramosissima Ledeb.	*	*	Ph
Typhaceae	*		
Typha latifolia L.	*	-	Cr
Zannichelliaceae			
Zannichelia palustris L.	*	-	Cr
Zygophyllaceae			
Fagonia bruguieri Dc. Var. bruguieri	*	*	He
Fagonia ovalifolia	*	*	He
Peganum harmala L.	*	*	He
Tribulus longipetalus Viv. Subsp. Macropterus (Boiss.) Maire. Ex Ozenda et Qzenda et Quezel	*	*	Th
Tribulus terrestris L.	*	*	Th
*Zygophyllum atriplicoide*s Fisch. & C.A. Mey.	*	*	Ph
Zygophyllum eurypterum Boiss. et Buhse subsp. Eurypterum	*	*	Ph

علائم در جدول عبارتند از: Th: تروفیت، Ch: کاموفیت، He: همی کریپتوفیت، Cr کریپتوفیت، Ph فانروفیت

طبق شکل ۱۰، بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی در منطقه موردمطالعه به تیره اسفناجیان[1] با ۱۵ جنس و ۳۴ گونه، سپس تیره آفتابگردان[2] با ۲۸ جنس و ۲۸ گونه، تیره گندمیان[3] با ۱۵ جنس و ۱۶ گونه و تیره شب‌بو[4] با ۱۴ جنس و ۱۴ گونه تعلق دارند. در سال ۲۰۲۱ نیز همان تیره‌های گیاهی اسفناجیان با ۱۵ جنس و ۳۴ گونه بدون تغییر، سپس آفتابگردان ۲۳ جنس و ۲۳ گونه، گندمیان با ۹ جنس و ۱۰ گونه و شب‌بو با ۱۰ جنس و ۱۰ گونه که دارای روند کاهشی است.

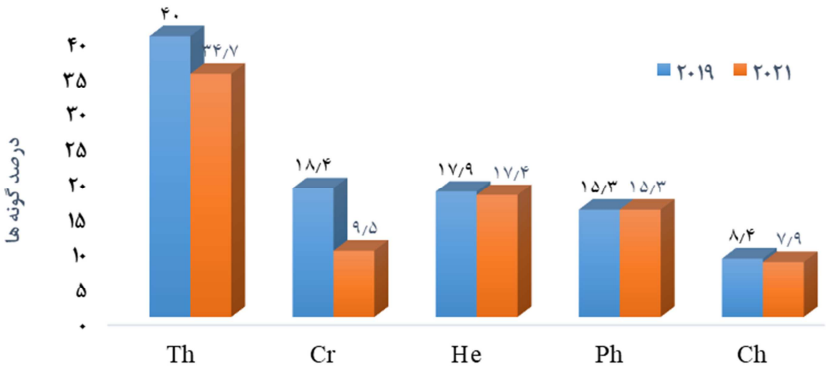


شکل ۱۰: نمودار تعداد گونه‌های گیاهی در هر تیره، در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ در منطقه مورد مطالعه

1 - Chenopodiaceae
2 - Asteraceae
3 - Poaceae
4 - Brassicaceae

در بررسی شکل‌های زیستی، براساس سیستم طبقه‌بندی گیاهان توسط ران‌کیائر در منطقه تحت‌مطالعه نشان داد بیشترین شکل زیستی مربوط به تروفیت‌ها با تعداد ۷۶ گونه (۴۰ درصد) در سال ۲۰۱۹ می‌باشد. در سال ۲۰۲۱ تعداد گونه‌های تروفیت به تعداد ۶۶ گونه (۳۴/۷ درصد) کاهش یافته است. سایر شکل‌های زیستی کریپتوفیت‌ها با تعداد ۳۵ گونه (۱۸/۴ درصد) در سال ۲۰۱۹ و در سال ۲۰۲۱ کریپتوفیت‌ها به تعداد ۱۸ گونه (۹/۵ درصد) کاهش را نشان می‌دهد. همی‌کریپتوفیت‌ها با تعداد ۳۴ گونه (۱۷/۹ درصد) در سال ۲۰۱۹ و در سال ۲۰۲۱ همی‌کریپتوفیت‌ها به تعداد ۳۳ گونه (۱۷/۴ درصد) کاهش یافته است. فانروفیت‌ها با تعداد ۲۹ گونه (۱۵/۳ درصد) در سال ۲۰۱۹و فانروفیت‌ها در ۲۰۲۱ با تعداد ۲۹ گونه (۱۵/۳ درصد) بدون تغییر می‌باشد. کامفیت‌ها با تعداد ۱۶ گونه (۸/۴ درصد) در سال ۲۰۱۹ و فانروفیت‌ها در سال ۲۰۲۱ با تعداد ۱۵ گونه (۷/۹ درصد) کاهش را نشان می‌دهد (شکل ۱۱).

بیشترین عناصر گیاهی تشکیل دهنده فلور منطقه موردمطالعه، اختصاص به شکل‌های حیاتی تروفیت با فراوانی ۴۰ درصد دارد. فراوانی گیاهان تروفیت در یک منطقه نشان‌دهنده اقلیم بیابانی است (بتولی، ۱۳۹۷). وجود گونه‌های تروفیت بیانگر اتمام دوره رویشی از بذر تا بذر این گیاهان در مدتی کوتاه و در زمان وجود بارندگی و رطوبت بیشتر است. در سایر ماه‌های سال حضور این گونه‌ها اندک است و گاهی بقایای آن‌ها دیده می‌شوند (نقی‌پور، ۱۳۹۳).



شکل ۱۱: اشکال زیستی گیاهان منطقه مورد مطالعه (علائم عبارتند از: Th: تروفیت، Ch: کاموفیت، He: همی کریپتوفیت، Cr کریپتوفیت، Ph فانروفیت)

شکل‌های ۱۲ و ۱۳ وضعیت سال‌های نرمال آبی ۲۰۱۹ و خشکسالی ۲۰۲۱ را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در مواقع پرآبی بستر دریاچه هامون گونه‌های هیدروفیت مانند نی[1]، لویی[2] و جگن[3] رشد و نمو می‌یابند. اما در سال۲۰۲۱ با قطع جریان رودخانه هیرمند و بروز خشکسالی هیدرولوژیکی، گونه‌های یادشده از فلور منطقه موردمطالعه حذف گردید.

1 - Phragmites australis
2 - Typha latifolia
3 - Cyperus longus



شکل ۱۲: شرایط پوشش‌گیاهی دریاچه هامون در سال ۲۰۱۹



شکل ۱۳: شرایط پوشش‌گیاهی دریاچه هامون در سال ۲۰۲۱

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی ارتباط بین شاخص هیدرولوژیکی و پوشش گیاهی براساس شاخص‌های شدت خشکسالی جریان رودخانه و تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی نشان داد که منطقه موردمطالعه در سال ۲۰۱۹ از لحاظ هیدرولوژیکی در وضعیت نرمال آبی و در سال ۲۰۲۱ در شرایط خشکسالی قرار می‌گیرد. بین شاخص‌های شدت خشکسالی و تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ دارای همبستگی می‌باشد. به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۹ با افزایش شاخص شدت خشکسالی، شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی افزایش یافته است؛ ولی در سال ۲۰۲۱ با کاهش شاخص شدت خشکسالی و شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی نیز کاهش را نشان می‌دهد. درنتیجه خشکسالی هیدرولوژیکی بر پوشش گیاهی و در نهایت فلور بخش شرقی منطقه سیستان تاثیر مطلوبی را نشان نمی‌دهد. به‌طوری‌که در اثر قطع شدن جریان آب رودخانه هیرمند و به تبع آن خشک شدن دریاچه هامون، از بین رفتن نیزارها و عدم دسترسی به منابع آب جایگزین و نداشتن منابع آب زیرزمینی و یا عدم وجود منابع آب سطحی جایگزین که از مهم‌ترین عوامل تخریب پوشش‌گیاهی محسوب می‌گردد.

در این راستا در اثر خشکسالی هم کمیت و هم کیفیت گیاهان کاهش می‌یابد و امکان دارد که عوارض کوتاه شدن طول دوره رویش، زیاد شدن رقابت گیاهان برای گرفتن آب بیشتر از خاک، کاهش کیفیت آنها هم بر اثر کاهش ارزش غذایی آنها، کم شدن قدرت زادآوری که امکان دارد با طولانی شدن دوره خشکی (خشکسالی)، نسل آنها به کلی از بین برود، کاهش حجم و وزن گیاه، نابودی گونه‌های مقاوم و مفید بومی و جایگزین شدن گونه‌های مزاحم و مضر (خاردار و غیره)، از بین رفتن گیاهان خوشخوراک و جایگزین شدن گیاهان بدخوراک یا غیرخوراکی برای دام‌ها، از بین رفتن گیاهان تثبیت‌کننده خاک که در طول سالیان دراز خاک را از فرسایش آبی و بادی حفظ کرده بودند و در مواردی جایگزین شدن گیاهانی که قدرت تثبیت و حفظ خاک را ندارند، مریض شدن گیاهان و بروز آفات گیاهی بر اثر خشکسالی که ممکن است خود از یک‌طرف عوارضی چون جلوگیری از زادآوری و تولید بذر و تخم از طرف دیگر با حمله شدید آفات، مرگ گیاه و محو شدن آن از سطح مراتع، ظاهر گردند. با خشک شدن و کم شدن منابع

آب، دام‌های مراتع، فشار دام‌ها به مراتع آبدار یا اطراف منابع آب بیشتر شده و موجبات نابودی آنها فراهم می‌شود. پیش‌روی بیابان و در شرایطی که خاک تحت‌تأثیر نمک باشد، پیشروی کویر اتفاق می‌افتند (کردوانی، ۱۳۸۰).

نتایج نشان داد از آثار برجسته خشکسالی هیدرولوژیکی در بخش شرقی منطقه سیستان، کاهش در تراکم و میزان پوشش‌گیاهی می‌باشد. نتایج دیگر محققان ازجمله حسینی و همکاران (۱۳۹۲)، نوروزی و محمدی (۱۳۹۵)، گیلوری و همکاران (۱۴۰۱)، باجگین و همکاران[1] (۲۰۱۵)، اکسیو و همکاران[2] (۲۰۱۶)، بادنر و روبلز (۲۰۱۷)، ژانگ و ژانگ (۲۰۱۹) و توپینامبا سیموئز و همکاران[3] (۲۰۲۲) نیز یافته‌های حاصل از این پژوهش را تائید می‌نمایند. همچنین در بررسی و شناسایی رستنی‌های بخش شرقی منطقه سیستان از لحاظ اکولوژیکی بیانگر عدم تنوع و غنای گونه‌ای مطلوب است. دلیل آن پست و هموار بودن اراضی، شرایط سخت آب‌وهوایی و داشتن اقلیم بیابانی، بارندگی کم، درجه حرارت و تبخیر زیاد و وزش بادهای موسمی در فصل خشک منجر به عدم زادآوری و کاهش پتانسل پوشش-گیاهی در منطقه موردمطالعه گردیده است. در این راستا اکوسیستم بخش شرقی دشت سیستان با وجود خشکسالی-های هیدرولوژیکی بسیار حساس و شکننده می‌باشد. بررسی‌های ایرانبخش و همکاران (۱۳۸۷) در منطقه گرمسار استان سمنان به‌علت قرار گرفتن در ناحیه خشک و بیابانی ایران مرکزی از تنوع گونه‌ای کم‌برخوردار قراردارد و کربی و همکاران[4] (۲۰۲۲) موید نتایج حاصل از این پژوهش است.

نتیجه‌گیری

این مطالعه، الگوهای زمانی-مکانی شاخص‌های تفاضلی نرمال‌شده پوشش‌گیاهی و خشکسالی جریان رودخانه در دو دوره ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ را نشان می‌دهد. جهت بررسی دقیق‌تر، ارتباط بین دو شاخص یادشده لیست فلوریستیک از گونه‌های گیاهی موجود در دوره زمانی موردنظر جمع‌آوری گردید. سال ۲۰۱۹ سال نرمال آبی و سال ۲۰۲۱ سال خشکسالی هیدرولوژیکی به‌دست آمد. در سال ۲۰۱۹ با توجه به مهیا بودن شرایط رطوبت خاک، پوشش‌گیاهی دارای رشد ایده‌آل و زادآوری مطلوب می‌باشد. در سال ۲۰۲۱ به‌علت فقدان آب ناشی از قطع جریان آب رودخانه هیرمند در منطقه موردمطالعه، تراکم و تنوع پوشش‌گیاهی کاهش یافته است. در این راستا برخی از گونه‌های مقاوم و سازگار بوته‌ای و درختچه‌ای مانند گز شاهی، تاغ و اشنان به شرایط خشکسالی مقاومت نموده و قادر به ادامه حیات هستند. اما گونه‌های گیاهی واقع در دریاچه هامون که رشد و نمو آن وابسته به آب است ازجمله گونه‌های نی، لویی و جگن از لیست فلوریستیک منطقه سیستان حذف گردیده است. از لحاظ اکولوژیکی، حیات گونه‌های گیاهی منطقه سیستان وابسته به آب است؛ به‌طوری‌که با جاری شدن آب در بخش شرقی منطقه سیستان پوشش‌گیاهی قادر به بازسازی و احیا می‌باشد. از اطلاعات به‌دست‌آمده از این پژوهش برای برنامه‌ریزی پروژه‌ها با هدف مدیریت آب و ایجاد شرایط بهینه هیدرولوژیکی، روند تخریب پوشش گیاهی کاهش داده شود. همچنین با اجرای پروژه‌های احیای بیولوژیک جهت توسعه و افزایش پوشش گیاهی گام‌های موثری در منطقه سیستان برداشته شود.

1 - Bajgain et al
2 - Xu et al
3 - Tupinamba-Simoes et al
4 - Kirby

منابع

ایرانبخش، علیرضا؛ حمدی، سیدمحمدمهدی؛ اسدی، مصطفی. (۱۳۸۷). معرفی فلور، شکل‌های زیستی و کوروتیپ‌های گیاهان منطقه گرمسار در استان سمنان. مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۷۹(۲)، ۱۷۹-۱۹۹.

بتولی، ح. (۱۳۹۷). معرفی فلور، شکل‌های زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان مناطق بیابانی آران و بیدگل (استان اصفهان)، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۳۱(۲)، ۲۵۸–۲۷۸.

حسینی، سید محمود؛ شفیعی، حامد؛ اختصاصی، محمدرضا؛ محتشم‌نیا، سعید. (۱۳۹۲). تأثیر خشکسالی‌ها بر تخریب پوشش گیاهی منطقه سیستان. فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۰(۲)، ۲۲۷-۲۳۹.

درویشی بلورانی، علی؛ رشیدیان، آرش؛ جوکارارسنجانی، جمال؛ شایگان، مهران. (۱۳۹۱). بررسی کاربردهای علوم و فن‌آوری‌های سنجش-ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در نظام سلامت (قسمت اول: مروری بر منابع خارجی). مجله پژوهشی حکیم، ۱۵(۲)، ۱۰۰-۸۷.

زندی، رحمان؛ انتظاری، علیرضا؛ باعقیده، محمد؛ خسرویان، مریم. (۱۴۰۰). ارزیابی خشکسالی و تأثیرات آن بر پوشش گیاهی در مناطق جنوبی ایران. مجله پژوهش‌های دانش زمین، ۴۶(۲)، ۳۶-۴۹. https://doi.org/10.52547/esrj.12.2.36

شایان، سیاوش؛ شریفی‌کیا، محمد؛ ناصری، ناهید. (۱۳۹۶). تحلیل خشکسالی رودخانه مرزی الوند با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور. مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۲۷(۳)، ۵۵-۶۹. http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1396.7.3.5.9

علوی پناه، سیدکاظم. (۱۳۹۱). اصول سنجش‌ازدور نوین و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و عکس هوایی. انتشارات دانشگاه تهران، ص ۷۸۴.

علیزاده، عسگر؛ مهدوی، فاطمه؛ اسکندری، نگهدار. (۱۳۸۷). سیاست‌های مرتعداری در ایران، انتشارات پونه، ص ۱۹۶.

قهرمان، احمد. (۱۳۶۰). فلور رنگی ایران، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۲۸ جلد.

قهرمان، احمد. (۱۳۸۳). کروموفیت‌های ایران (سیستماتیک گیاهی)، مرکز نشر دانشگاهی، ص ۷۳۶

کاظمی‌نیا، عبدالرضا. (۱۳۹۶). کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در بررسی پوشش گیاهی. نشریه علمی – ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، ۹(۱)، ۷۵- ۸۵. http://gej.issge.ir/article-1-260-fa.html

کردوانی، پرویز. (۱۳۸۰). خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران. انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۹۲.

کریمی، مهشید؛ شاهدی، کاکا؛ خسروی، خه‌بات. (۱۳۹۵). بررسی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی در حوضه آبخیز قره‌سو. مجله فیزیک زمین و فضا، ۴۲(۱)، ۱۵۹-۱۷۰. https://doi.org/10.22059/jesphys.2016.54241

گیلوری، احمد؛ زهتابیان، غلامرضا؛ خسروی، حسن؛ آذرنیوند، حسین؛ زارع، سلمان. (۱۴۰۱). تاثیر خشکسالی هواشناسی بر روند تغییرات پوشش گیاهی در اقلیم‌های خشک و خشک نیمه‌مرطوب (حوزه آبخیز حبله‌رود). مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۷۵(۱)، ۱۰۳-۱۱۷. https://doi.org/10.22059/jrwm.2020.287930.1416

مهندسین مشاور جامع ایران. (۱۳۸۳). مطالعات جامع بیابان‌زدائی و مقابله با فرسایش بادی دشت سیستان.

نقی‌پور برج، علی‌اصغر؛ نوروزی، مصطفی؛ بشری، حسین. (۱۳۹۳). بررسی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان منطقه حفاظت‌شده میمند، کهکیلویه و بویر احمد، مجله تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۶(۱۹)، ۸۴-۶۷. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1393.6.19.7.8

نوروزی، اصغر؛ محمدی، زهرا. (۱۳۹۵). بررسی خشکسالی هیدرولوژیک و آثار آن بر کشاورزی منطقه لنجان. فصلنامه علمی -پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)،۲۱(۲)، ۹۷-۱۱۶.

Alavi Nia, S., Sadati Nejad, S., Abdollahi, Kh. (2012). Presentation of the model to simulate the hydrological drought in the Karoon basin. Journal of Environmental Erosion Researches, 1(1), pp 1-11.

Attafi, R., Darvishi Boloorani, A., Al-Quraishi, A.F., Amiraslani, F. (2021). Comparative analysis of NDVI and CHIRPS-based SPI to assess drought impacts on crop yield in Basrah Governorate, Iraq. Caspian Journal of Environmental Sciences, 1(3), 547-557. https://doi.org/10.22124/cjes.2021.4941

Azarakhshi, M., Mahdavi, M., Arzani, H., Ahmadi, H. (2011). Assessment of the Palmer drought severity index in arid and semi-arid rangeland:(Case study: Qom province, Iran). Journal of Desert, 16(2), pp 77-86. https://doi.org/10.22059/jdesert.2012.24739

Bajgain, R., Xiao, X., Wagle, P., Basara, J., Zhou, Y. (2015). Sensitivity analysis of vegetation indices to drought over two tallgrass prairie sites. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 108, pp 151-160. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.07.004

Bodner, G.S., Robles, M.D. (2017). Enduring a decade of drought: Patterns and drivers of vegetation change in a semi-arid grassland. Journal of Arid Environments, 136, pp 1-14. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.09.002
Dabrowska-Zielinska, K., Kogan, F., Ciolkosz, A., Gruszynska, M., Kowalik, W. (2010). Modeling of crop growth conditions and crop yield in Poland using AVHRR-based indices. International Journal of Remote Sensing, 23(6), pp 1109-1123. https://doi.org/10.1080/01431160110070744
Delf Hydraulics. (2007). Integrated water resources management for the Sistan closed inland delta. Water research institute, Netherlands.
Jensen, J. R. (1996). Introductory digital image processing: A remote sensing perspective. Upper Saddle River, 2nd Edition, 307 p.
Kirby, K. J., Bazely, D. R., Goldberg, E. A., Hall, J. E, Lsted, R., Perry, S. C., Thomas, R. C. (2022). Five decades of ground flora changes in a temperate forest: The good, the bad, and the ambiguous in biodiversity terms. Journal of Forest Ecology and Management, 505, pp 1-11. http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119896
Nalbantis, I., Tsakiris, G. (2009). Assessment of hydrological drought revisited. Journal of Water Resources Management, 23, pp 881- 897. https://doi.org/10.1007/s11269-008-9305-1
Raunkiaer, C. (1934). The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford University Press, Clarendon.
Rechinger, K.H. (1963-2015). Flora Iranica. Akademische Druck University Verlagsanstalt, Graz, vols: 1-181.
Stephenson, N. L. (1990). Climatic control of vegetation distribution: the role of the water balance. Journal of The American Naturalist, 135 (5), pp 649-670. https://www.jstor.org/stable/2462028
Tupinamba-simoes, F., Bravo, F., Guerra-Hernandez, J. (2022). Assessment of drought effects on survival and growth dynamics in eucalypt commercial forestry using remote sensing photogrammetry. A showcase in Mato Grosso, Brazil. Journal of Forest Ecology and Management, 505, pp 1-15. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119930
Turner, M. G., Baker, W. L., Peterson, C. J., Peet, R. K. (1998). Factors influencing succession: lessons from large. Journal of infrequent natural disturbances. Ecosystems, 1 (6), pp 511-523. https://www.jstor.org/stable/3658752
Xu, H., Wang, X., Zhang, X. (2016). Decreased vegetation growth in response to summer drought in Central Asia from 2000 to 2012. Journal of Applied Earth Observation and Geoformation, 52, pp 390-402. http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2016.07.010
Zhang, X., & Zhang, B. (2019). The responses of natural vegetation dynamics to drought during the growing season across China. Journal of Hydrology, 574, pp 706-714. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.04.084.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Alavipanah, S. K. (2012). Principles of modern remote sensing and interpretation of satellite images and aerial photographs. University of Tehran Press, p 784. [In Persian]
Alizadeh, A., Mahdavi, F., Eskandari, N. (2008). Range management policies in Iran. Pooneh publication, p 196. [In Persian]
Comprehensive consulting engineers of Iran. (2004). Comprehensive studies on desertification and dealing with Wind Erosion in the Sistan Plain. [In Persian]
Batooli, H. (2018). Introduction of the flora, life form, and chorology of the Aran & Bidghol deserts area in Isfahan province. Journal of Plant Research, 31(2), pp 258-278. [In Persian]
Darvishi Boloorani, A., Rashidian, A., Jokar Arsanjani, J., Shaygan, M. (2012). Developed approaches of remote sensing and GIS sciences in health systems (Part I: A Literature Review). Journal of Hakim Research, 15(2), pp 87-100. [In Persian]
Gharehman, A. (1981). Color flora of Iran. Publications of the Research Institute of Forests and Rangelands, 28. [In Persian]
Gharehman, A. (2004). Iranian Chromophtes (Plant Systematics). Academic Publishing Center, p 736. [In Persian]
Gillvare, A., Zahtabian, Gh. R., Khosravi, H., Azarnivand, H., Zareh, S. (2022). Impact of meteorological drought on vegetation change trends in arid and semi-humid climates (HablehRood Watershed). Journal of Range and Watershed Management, 75(1), pp 103-117. . https://doi.org/10.22059/jrwm.2020.287930.1416 [In Persian]
Hosseini, S. M., Shafei, H., Ekhtesassi, M. R., Mohtasham Nia, S. (2013). Drought effects on vegetation degradation of Sistan. Journal of Range and Desert Research, 20(2), pp 227-239. [In Persian]
Iranbakhsh A. R., Hamdi, S, M., Assadi, M. (2008). Flora, life forms, and chorotypes of plants of Garmsar region in Semnan province. Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 79(2), pp 179-199. [In Persian]
Kardavani, P. The drought and contrasting styles with that in Iran. Tehran University Press, p 392. [In Persian]
Karimi, M., Shahdi, K., Kosravi, Kh. (2016). Investigation of meteorological and hydrological drought using drought indices in the Qarehsou river basin. Journal of Earth and Space Physics, 42(1), pp 159-170. . https://doi.org/10.22059/jesphys.2016.54241 [In Persian]
Kazeminia, A. R. (2017). The application of remote sensing and GIS in vegetation investigation. Journal of Scientific and Promotional of Mapping and Spatial Information Engineering, 9(1), pp 75-85. . http://gej.issge.ir/article-1-260-fa.html [In Persian]
Naghipour Borj, A. A., Nowroozi, M., Bashari, H. (2014). Investigation of the flora, life forms, and chorotypes of the plants in the Meymand Protected Area Kohkilouyeh va Boyer Ahmad province. Journal of Taxonomy and Biosystematics, 6(19), pp 67-82. . https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1393.6.19.7.8 [In Persian]
Noroozi, A., Mohammadi, Z. (2016). Survey of hydrological drought and its effects on lenjan agricultural Region. Spatial Planning Scientific Research Quarterly (Geography), 6(2), 97-116. [In Persian]
Shayan, S., Sharifikia, M., Naseri, N. (2017). Drought analysis of Alvand boundary river using remote sensing. Quarterly Journal of Environmental Erosion Research, 27(3), pp 55-69. . http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1396.7.3.5.9 [In Persian]
Zandi, R., Entehzari, A.R., Bahaghideh, M., Khosravian, M. (2021). Evaluation of drought and its effects on vegetation in the southern regions of Iran. Journal of Earth Science Research, 46(2), pp 36-49. . https://doi.org/10.52547/esrj.12.2.36 [In Persian]

References (in English)

Alavi Nia, S., Sadati Nejad, S., Abdollahi, Kh. (2012). Presentation of the model to simulate the hydrological drought in the Karoon basin. Journal of Environmental Erosion Researches, 1(1), pp 1-11.
Attafi, R., Darvishi Boloorani, A., Al-Quraishi, A.F., Amiraslani, F. (2021). Comparative analysis of NDVI and CHIRPS-based SPI to assess drought impacts on crop yield in Basrah Governorate, Iraq. Caspian Journal of Environmental Sciences, 1(3), 547-557. https://doi.org/10.22124/cjes.2021.4941
Azarakhshi, M., Mahdavi, M., Arzani, H., Ahmadi, H. (2011). Assessment of the Palmer drought severity index in arid and semi-arid rangeland:(Case study: Qom province, Iran). Journal of Desert, 16(2), pp 77-86. https://doi.org/10.22059/jdesert.2012.24739
Bajgain, R., Xiao, X., Wagle, P., Basara, J., Zhou, Y. (2015). Sensitivity analysis of vegetation indices to drought over two tallgrass prairie sites. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 108, pp 151-160. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.07.004
Bodner, G.S., Robles, M.D. (2017). Enduring a decade of drought: Patterns and drivers of vegetation change in a semi-arid grassland. Journal of Arid Environments, 136, pp 1-14. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.09.002
Dabrowska-Zielinska, K., Kogan, F., Ciolkosz, A., Gruszynska, M., Kowalik, W. (2010). Modeling of crop growth conditions and crop yield in Poland using AVHRR-based indices. International Journal of Remote Sensing, 23(6), pp 1109-1123. https://doi.org/10.1080/01431160110070744
Delf Hydraulics. (2007). Integrated water resources management for the Sistan closed inland delta. Water research institute, Netherlands.

Jensen, J. R. (1996). Introductory digital image processing: A remote sensing perspective. Upper Saddle River, 2nd Edition, 307 p.
Kirby, K. J., Bazely, D. R., Goldberg, E. A., Hall, J. E, Lsted, R., Perry, S. C., Thomas, R. C. (2022). Five decades of ground flora changes in a temperate forest: The good, the bad, and the ambiguous in biodiversity terms. Journal of Forest Ecology and Management, 505, pp 1-11. http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119896
Nalbantis, I., Tsakiris, G. (2009). Assessment of hydrological drought revisited. Journal of Water Resources Management, 23, pp 881- 897. https://doi.org/10.1007/s11269-008-9305-1
Raunkiaer, C. (1934). The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford University Press, Clarendon.
Rechinger, K.H. (1963-2015). Flora Iranica. Akademische Druck University Verlagsanstalt, Graz, vols: 1-181.
Stephenson, N. L. (1990). Climatic control of vegetation distribution: the role of the water balance. Journal of The American Naturalist, 135 (5), pp 649-670. https://www.jstor.org/stable/2462028
Tupinamba-simoes, F., Bravo, F., Guerra-Hernandez, J. (2022). Assessment of drought effects on survival and growth dynamics in eucalypt commercial forestry using remote sensing photogrammetry. A showcase in Mato Grosso, Brazil. Journal of Forest Ecology and Management, 505, pp 1-15. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119930
Turner, M. G., Baker, W. L., Peterson, C. J., Peet, R. K. (1998). Factors influencing succession: lessons from large. Journal of infrequent natural disturbances. Ecosystems, 1 (6), pp 511-523. https://www.jstor.org/stable/3658752
Xu, H., Wang, X., Zhang, X. (2016). Decreased vegetation growth in response to summer drought in Central Asia from 2000 to 2012. Journal of Applied Earth Observation and Geoformation, 52, pp 390-402. http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2016.07.010
Zhang, X., & Zhang, B. (2019). The responses of natural vegetation dynamics to drought during the growing season across China. Journal of Hydrology, 574, pp 706-714. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.04.084