



بررسی تأثیر بهره‌وری سیلاب بر روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های میدانی و تصاویر لندست (مطالعه موردی: منطقه شندک سیستان)

منصور جهان تیغ^{۱*}، معین جهان تیغ^۲

۱. دانشیار مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران
۲. دانشجوی دکتری گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

مشخصات مقاله

چکیده

پیشینه مقاله:

دریافت: ۳۰ مرداد ۱۳۹۸

پذیرش: ۳ آذر ۱۳۹۸

دسترسی اینترنتی: ۲۵ دی ۱۳۹۸

واژه‌های کلیدی:

تاج پوشش

شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده برحسب خاک

SAVI

شاخص رطوبت خاک SWI

لندست

سیستان

هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی اثر بهره‌وری سیلاب بر روند تغییرات پوشش گیاهی است. بدین منظور قبل از انجام پخش سیلاب در سال ۱۳۸۲ اقدام به استقرار ۵ ترانسکت خطی به طول ۵۰ متر شد. بر روی هر یک از این ترانسکت‌ها دو پلات ۳×۳ متری در ابتدا و ۵۰ درصد طول آن‌ها مشخص و داخل هر یک از آن‌ها نیز پلات ۱×۱ به منظور برداشت یکنواخت از فواصل یکسان انداخته، مشخصات آن‌ها با استفاده از GPS مشخص و ویژگی‌های درصد تاج پوشش، میزان تولید علوفه، درصد خاک لخت، تراکم و لاشبرگ قبل از انجام پخش سیلاب در سال ۱۳۸۲ برآورد شد. علاوه بر این، تغییرات مشخصه پوشش گیاهی بعد از پخش سیلاب در سال ۱۳۹۸ در همان مکان اندازه‌گیری شد. جهت بررسی تغییرات پوشش گیاهی قبل و بعد از پخش سیلاب از تصاویر ماهواره لندست برای بازه زمانی ۱۶ سال (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۸) نیز استفاده شد. بدین منظور پس از اعمال پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر، شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده برحسب خاک SAVI و شاخص رطوبت خاک SWI طی ۵ بازه زمانی مختلف بررسی شد. نتایج میدانی نشان داد که با اجرای پخش سیلاب، مقدار تولید علوفه از ۶۸ به ۱۷۲ کیلوگرم در هکتار، درصد تاج پوشش از ۵/۹ به ۳۱/۴ درصد و همچنین مقدار لاشبرگ از ۲ به ۱۶/۸ درصد افزایش و خاک لخت از ۹۲/۱ به ۵۱/۸ درصد کاهش یافت. تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌های پوشش گیاهی قبل و بعد از پخش سیلاب بیانگر وجود اختلاف معنی‌داری بین این پارامترها بود ($p < 0/01$). همچنین در بررسی تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه، نتایج نشان‌دهنده تغییرات محسوس شاخص‌های SAVI و SWI در بازه زمانی مزبور بود. به طوری که مقدار شاخص‌های SAVI و SWI به ترتیب از ۰/۲۷ و ۰/۵ در سال ۱۳۸۲ به ۰/۴۹ و ۱ در ۱۳۹۸ افزایش یافت و روند تغییرات این شاخص‌ها همبستگی بالایی ($R^2 = 0/65$) را در عرصه پخش سیلاب نشان داد. نتیجه این مطالعه نشان داد که بهره‌وری از سیلاب‌ها با تأمین رطوبت خاک منطقه مزبور، بهبود شرایط جوانه‌زنی و رشد گیاه را فراهم نموده که چنین وضعیتی باعث استقرار و بهبود پوشش گیاهی در عرصه پخش سیلاب شده است.

* Mjehantigh2000@yahoo.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

رشد سریع جمعیت و به دنبال آن افزایش تقاضا برای رفع نیاز غذایی و همچنین عدم مدیریت مناسب و بهره‌برداری نامعقول از آب و خاک در عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی، باعث بروز پدیده فرسایش و گسترش مناطق بیابانی شده است (۲). این تغییرات و چالش‌ها برای کشور ایران که در ناحیه خشک دنیا قرار دارد و میزان بارندگی آن یک سوم مقدار جهانی است، حادتر است. کشور ایران که بیش از ۸۰ درصد آن را مناطق خشک تشکیل می‌دهد، علاوه بر کمبود بارندگی، نزولات آسمانی آن نیز از پراکنش مناسبی برخوردار نیستند. از همین روی، سیل‌هایی در کشور به وقوع می‌پیوندد که اثرات مخربی را به همراه دارد (۸). از مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع سیلاب‌های سهمگین و پدیده گردوغبار از بین رفتن پوشش گیاهی و وقوع پدیده فرسایش است. پوشش گیاهی اثری معنی‌دار بر روی فعل و انفعالات متقابل بین پدیده‌های جوی و اکوسیستم‌های زمینی دارد و همواره متأثر از عوامل طبیعی و یا انسانی دستخوش تغییرات زیادی است که شرایط و عملکرد اکوسیستم را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳، ۷، ۱۶ و ۲۸). بنابراین بررسی اثر عوامل هیدرومتئورولوژی بر تغییرات پوشش گیاهی به منظور مدیریت بهتر منابع آب محدود برای حفظ اکوسیستم یا احیاء آن در نواحی خشک و نیمه‌خشک ضروری است (۲۱ و ۲۹). با توجه به محدودیت‌های حاصل از تغییرپذیری مکانی و زمانی و هزینه‌بر بودن مطالعات میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به دلیل پوشش وسیع و چند زمانه بودن نتایج قابل قبولی را در بررسی تغییرات پوشش گیاهی ارائه می‌نماید (۱۷ و ۲۵). مطالعات متعددی در زمینه بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و شاخص‌های گیاهی صورت گرفته که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود. خوارزمی و همکاران (۱۳) به بررسی تغییرات پوشش گیاهی طی دوره خشک‌سالی و اثر آن بر تخریب اراضی منطقه حفاظت‌شده تالاب هامون با استفاده از داده‌های سنجنده ETM^+ و OLI ماهواره لندست پرداختند. آنان در بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از

شاخص گیاهی متعادل با خاک SAVI دریافتند که پوشش گیاهی تحت تأثیر خشک‌سالی‌های متعدد در منطقه کاهش چشمگیری داشته و کارایی این شاخص را در تخمین پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه، مناسب ارزیابی نموده‌اند.

کاظمی‌نیا (۱۹) تغییرات پوشش گیاهی غرب خوزستان را با استفاده از داده‌های سنجنده ETM^+ ماهواره لندست برای یک دوره ۱۰ ساله مورد بررسی قرار داد. با طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و بررسی شاخص‌های NDVI و SAVI دریافت که ۱۳۱ کیلومتر مربع از اراضی مرتع به اراضی بایر و بیابانی تبدیل شد و شاخص SAVI را با توجه به ضریب همبستگی بالا با مقادیر کمی درصد تاج پوشش به‌عنوان شاخص سازگار با منطقه معرفی کرد. محمدیاری و همکاران (۲۴) پایش تغییرات پوشش گیاهی حوزه آبخیز کرج را با استفاده از شاخص گیاهی متعادل با خاک (SAVI) و تحلیل گرادیان حرارتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنان بیانگر از هم‌گسیختگی در سیمای سرزمین تحت تأثیر کاهش پوشش گیاهی و تخریب اراضی بوده است. آنان شاخص گیاهی SAVI را به دلیل کاهش اثر خاک بر خصوصیات بازتابشی پوشش گیاهی، به‌عنوان شاخصی مناسب با ضریب همبستگی بالا با ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه معرفی نموده‌اند.

فلاح‌تکار و همکاران (۱۵) به بررسی تغییرات پوشش گیاهی منطقه حفاظت‌شده قرخود استان گلستان با استفاده از داده‌های سنجنده TM، ETM^+ و OLI ماهواره لندست پرداختند. آن‌ها با بررسی شاخص‌های NDVI، SAVI و EVI ضمن آشکارسازی تغییرات دریافتند که ۹۱۵۳/۲۷ هکتار از ارسزارهای منطقه مورد مطالعه به اراضی با کاربری مرتع و بایر تبدیل شده است و شاخص NDVI را به‌عنوان شاخص گیاهی سازگار با منطقه معرفی نموده‌اند.

نتایج پژوهش کمکی چوقی و همکاران (۱۸) در بررسی درصد پوشش و زیتوده گیاهی با استفاده از شاخص‌های GEMI، VR و EVI بیانگر آن بود که شاخص‌های مورد مطالعه برآورد قابل قبولی در تخمین مقادیر کمی و کیفی نداشته و استفاده از شاخص‌هایی که در آن‌ها نسبت اثر جو و خاک

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

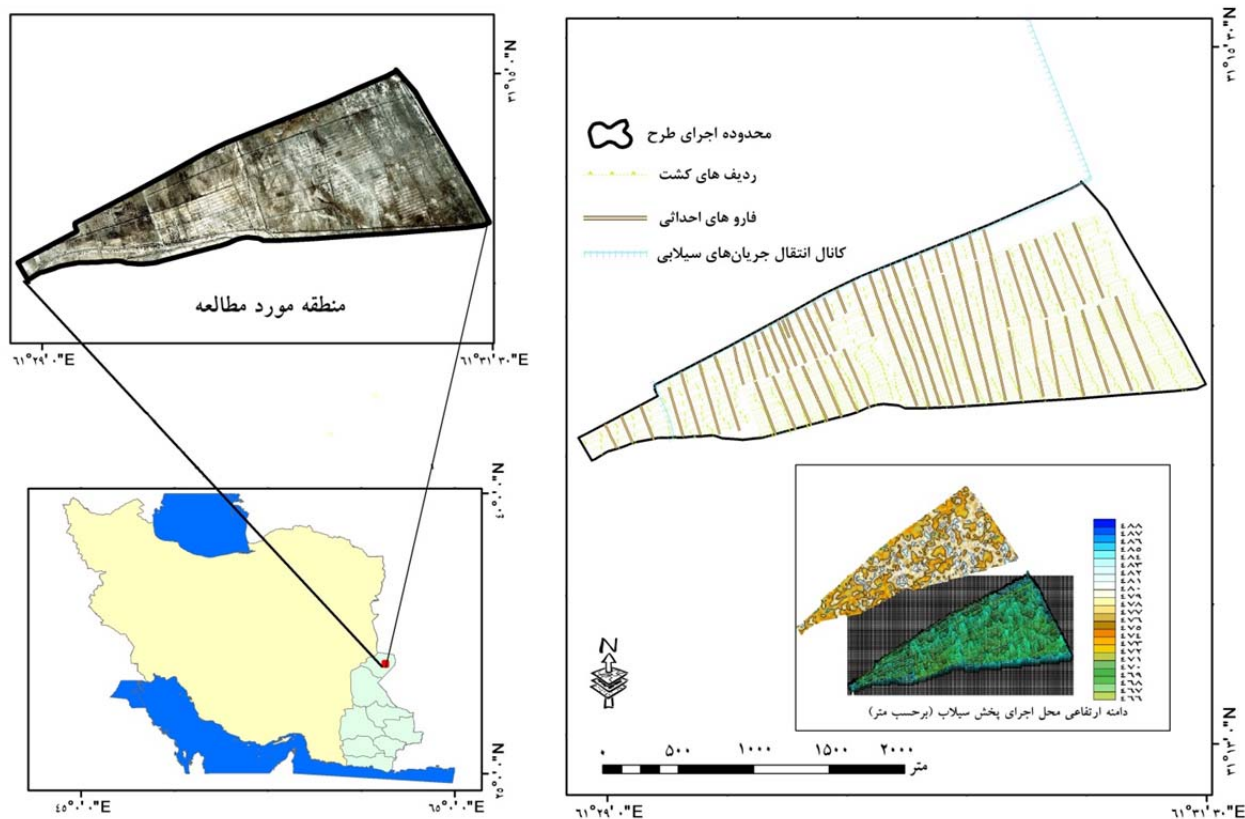
منطقه مورد پژوهش در شمال استان سیستان و بلوچستان و از توابع شهرستان زابل در حدود ۳۰ کیلومتر شمال آن و با مختصات جغرافیایی $61^{\circ} 28' 51''$ تا $61^{\circ} 31' 28''$ طول شرقی و $31^{\circ} 14' 03''$ تا $31^{\circ} 17' 14''$ عرض شمالی و متوسط ارتفاع ۴۸۰ متری از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱). از لحاظ شرایط اکولوژیکی این محدوده جزء مناطق خشک و بحرانی کشور به حساب می‌آید. از اواخر دهه ۷۰ تا اواسط دهه ۸۰ محدوده مورد مطالعه یکی از کانون‌های حرکت شن‌های روان در سیستان محسوب می‌شود، به طوری که تعداد زیادی از روستاهای پایین دست تحت تأثیر این کانون بحرانی قرار داشته است (۱۶). از چالش‌هایی که حیات در این منطقه را تحت و شعاع خود قرار می‌دهد، کمبود آب و رطوبت هست، به طوری که این شرایط سخت اکولوژیکی از استقرار و رویش پوشش گیاهی ممانعت می‌نماید (۸). بر اساس آمار هواشناسی دهه ۶۰-۵۰ زابل متوسط بارندگی سالیانه در منطقه مورد بررسی بین ۵۰ میلی‌متر بوده که بیشترین آن در فصل زمستان ریزش می‌نموده است. ولی بر اساس آمار هواشناسی مذکور در ۲۰ سال گذشته بارندگی منطقه تقلیل یافته است. همچنین میانگین درجه حرارت، متوسط حداکثر و حداکثر مطلق سالیانه به ترتیب ۱۸، ۲۵ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد است. میزان تبخیر و تعرق منطقه بالا (۵۰۰۰ میلی‌متر)، به طوری که بخش عمده آن در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد اتفاق می‌افتد (۹). از خصوصیات بارز منطقه، وزش بادهای شدید از جمله باد ۱۲۰ روزه سیستان است که معمولاً با گردوغبار همراه بوده و زندگی در سیستان را با مشکل همراه می‌سازد (۱۳). بافت خاک منطقه سنگین با زهکشی کم که شوری پدیده غالب آن بوده و این ویژگی محدودیت برای رویش گیاهان ایجاد می‌نماید. از همین روی، پوشش گیاهی آن را انواع شورپسند از جمله گز، انواع سالسولا، خارشتر و سایر گیاهان شورپسند تشکیل می‌دهد.

لحاظ شده را بسیار کارآمدتر گزارش نموده‌اند.

با توجه به قابلیت‌های داده‌های سنجش‌ازدور بسیاری از متخصصان ترکیب داده‌های بازتابی و گرمایی را جهت کسب اطلاعات بهتر از وضعیت پوشش گیاهی و شرایط رطوبتی سطح زمین با بررسی شاخص نمایه رطوبت خاک SWI مورد استفاده قرار می‌دهند (۱۱ و ۲۲). در تحقیقی کشاورز و همکاران (۲۰) در بررسی روند تغییرات شاخص خیزی خاک با استخراج داده‌های حرارتی و شاخص گیاهی برای دو دوره خشک و ترسالی در استان اصفهان دریافتند که رطوبت خاک در طی دوره خشک‌سالی با کاهش پوشش گیاهی ۲۴ درصد کاهش و در دوره ترسالی با افزایش پوشش گیاهی به ۵۳ درصد افزایش یافته است.

خزاعی و همکاران (۱۲) نیز با استفاده از نمایه‌های گیاهی و دمایی استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای در بررسی روند تغییرات رطوبت خاک شهرستان گنبد دریافتند که نمایه‌های گیاهی و شاخص‌های دمایی دقت قابل قبولی در برآورد رطوبت خاک دارند و بین رطوبت خاک و پوشش گیاهی، ارتباط مستقیم و معنی‌داری وجود دارد.

مطالعه تحقیقات انجام‌شده نشان می‌دهد که با استفاده از قابلیت‌های علم سنجش‌ازدور و شاخص‌های گیاهی می‌توان روند تغییرات پوشش گیاهی درگذر زمان را آشکار نمود. از طرفی با توجه به بحران‌های زیستی محیطی حاکم در مناطق خشک و لزوم اجرای عملیات آبخیزداری در قالب طرح‌های پخش سیلاب، می‌توان با بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های گیاهی، اثر اجرای این اقدامات را به‌منظور ارائه راهکارهای مناسب مورد ارزیابی قرارداد. لذا با توجه به موارد ذکرشده و نبود مطالعات پیشین در منطقه، هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر بهره‌وری از سیلاب بر روند تغییرات پوشش گیاهی منطقه شندک سیستان (یکی از کانون‌های حرکت شن‌های روان در منطقه سیستان) با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و اطلاعات میدانی در یک بازه زمانی ۱۶ ساله (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۸) است.



شکل ۱. موقعیت حوزه مورد مطالعه در کشور، استان و شهرستان

روش تحقیق

درصد پوشش تاجی، میزان تولید علوفه، درصد خاک لخت و تعداد بوته‌ها برآورد شد. علاوه بر آن پس از اجرای عملیات در سال ۱۳۹۸ نیز این کار مجدداً در محل مزبور تکرار شد. تغییرات پوشش گیاهی از طریق تجزیه و تحلیل تصاویر لندست انجام گرفت. بدین منظور ۵ تصویر ماهواره‌ای مربوط به سنجنده‌های مختلف ماهواره لندست با شماره ردیف ۳۸ و گذر شماره ۱۵۷ برای بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی، تهیه شد (جدول ۱). انتخاب تصاویر ماهواره‌ای با در نظر گرفتن پایه زمانی مشترک نسبت به زمان ورود جریان‌های سیلابی به منطقه سیستم و نیز مراحل فنولوژیکی گیاهی در منطقه صورت گرفت (۱۳).

برای اجرای این پژوهش و به منظور اندازه‌گیری اثرات پنخس سیلاب در فاروهای که توسط اداره منابع طبیعی شهرستان زابل به عرض و عمق به ترتیب ۶۰ و ۶۰ سانتی‌متر و همچنین نهر اصلی به عمق ۱ و عرض ۲ متر ایجاد شده بود به‌طور تصادفی سیستماتیک در سال ۱۳۸۲ اقدام به استقرار ۵ ترانسکت خطی به طول ۵۰ متر شد. بر روی هر یک از این ترانسکت‌ها دو پلات ۳×۳ متری در ابتدا و ۵۰ درصد طول آن‌ها مشخص و همچنین در داخل هر یک از آن‌ها نیز پلات ۱×۱ به‌منظور برداشت یکنواخت از فواصل یکسان انداخته شد، و مختصات آن‌ها با استفاده از GPS مشخص و ویژگی‌های

جدول ۱. خصوصیات تصاویر ماهواره لندست استفاده شده برای سنجش تغییرات پوشش گیاهی

ردیف	تاریخ میلادی	تاریخ هجری شمسی	ماهواره	سنجنده	اندازه پیکسل	تعداد باند
۱	۲۰۰۲/۵/۷	۱۳۸۱/۲/۱۷	Landsat-7	ETM ⁺	۲۸/۵	۸
۲	۲۰۰۸/۵/۲۸	۱۳۸۷/۳/۸	Landsat-7	TM	۳۰	۷
۳	۲۰۱۱/۵/۵	۱۳۹۰/۲/۱۵	Landsat-7	TM	۳۰	۷
۴	۲۰۱۶/۵/۵	۱۳۹۵/۲/۱۶	Landsat-8	OLI	۳۰	۱۱
۵	۲۰۱۹/۵/۵	۱۳۹۸/۲/۱۵	Landsat-8	OLI	۳۰	۱۱

دریاچه هامون و با توجه به این مهم که منطقه مورد مطالعه دارای شرایطی یکسان از لحاظ پوشش گیاهی با منطقه حفاظت شده دریاچه هامون است (۱۰)، لذا در این تحقیق به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی در طی بازه زمانی مورد مطالعه از این شاخص استفاده شد. شاخص گیاهی متعادل با خاک یکی از رایج ترین شاخص های گیاهی مورداستفاده در مناطق خشک است که اثر خاک بر خصوصیات بازتابشی را کاهش می دهد. به منظور محاسبه این شاخص گیاهی SAVI از رابطه ۳ استفاده گردید (۱۵).

$$SAVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \times (1 + L) \quad [3]$$

در این رابطه؛ NIR برابر با ارزش بازتاب باند مادون قرمز نزدیک، R برابر با ارزش بازتاب باند قرمز و L برابر با ضریب تصحیح روشنایی خاک است که مقادیر این ضریب با توجه به مطالعات صورت گرفته برابر با ۰/۵ است. دامنه تغییرات مقادیر عددی شاخص پوشش گیاهی SAVI بین +۱ تا -۱ است. مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم باشند این شاخص به سمت +۱ و نواحی که از لحاظ تراکم گیاهی ضعیف باشد به سمت -۱ میل می کند.

شاخص رطوبت خاک (SWI)

به منظور بررسی اثر اجرای پخش سیلاب بر رطوبت خاک، شاخص رطوبت خاک برای بازه زمانی مورد مطالعه بررسی شد. بررسی شاخص رطوبت خاک در غالب مفهوم فضای مثلثی که نمایانگر رابطه فیزیکی بین شاخص گیاهی NDVI و دمای سطح زمین LST است، به طور گسترده برای

با جداسازی محدوده محل اجرای پخش سیلاب از تصاویر دریافت شده، به منظور آماده سازی و پیش پردازش تصاویر با توجه به اینکه این تصاویر از قبل زمین مرجع بوده و RMSe آن ها کمتر از ۰/۵ پیکسل است (۰/۴۲)، لذا از مرحله تصحیح هندسی در این تحقیق صرف نظر شد. ارزش های تصاویر اخذ شده از سنجنده های TM و ETM⁺ تطبیق رابطه ۱ و تصاویر اخذ شده از سنجنده OLI مطابق با رابطه ۲ در نرم افزار ENVI به رادیانس تبدیل گردید.

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) \times (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min\lambda} \quad [1]$$

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad [2]$$

در این رابطه ها؛ L_{λ} میزان رادیانس، $L_{min\lambda}$ رادیانس کمینه، $L_{max\lambda}$ رادیانس بیشینه، Q_{calmax} مقدار ارزش رقومی بیشینه، Q_{calmin} مقدار ارزش رقومی کمینه، Q_{cal} مقادیر درجات خاکستری پیکسل های هر باند و M_L و A_L ضرایب تبدیل ارزش رقومی به رادیانس است. به منظور تصحیح اتمسفری تصاویر و همچنین دستیابی به بازتاب واقعی زمین، مقادیر رادیانس ثبت شده توسط سنجنده ها با استفاده الگوریتم FLAASH به مقادیر انعکاس واقعی پدیده ها از سطح زمین تبدیل و مقادیر خروجی آن با عملیات Rescaling در بازه ۰ تا ۱ قرار داده شد (۱).

شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده برحسب خاک (SAVI)

به منظور انتخاب شاخص پوشش گیاهی مناسب برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی، با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته (۱۵ و ۱۶) در منطقه حفاظت شده دریاچه هامون مبنی بر همبستگی بالای شاخص SAVI با شرایط زیست توده

به دست می‌آید (۱۴ و ۲۱). به منظور برآورد مقادیر $T_{s(i)}$ یا همان LST نیز از رابطه ۷ استفاده شد (۲۱).

$$LST = \frac{T}{T + (\lambda \times \frac{T}{\rho}) \times \ln \varepsilon} \quad [7]$$

در این رابطه؛ LST دمای سطح زمین بر حسب درجه سلسیوس ($K-273$)، λ طول موج باند حرارتی (به ترتیب باندهای ۶، ۶ و ۱۰ لندست ۵، ۷ و ۸)، ρ عدد ثابت و ε توان تشعشعی است. همچنین به منظور برآورد شاخص NDVI از رابطه ۸ استفاده گردید (۲۳، ۲۴).

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad [8]$$

به منظور انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها مشخص و با استفاده از آزمون تی-استودنیت جفتی در محیط نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

بررسی وضعیت بارندگی منطقه بیانگر آن است که در طول مدت اجرای طرح میزان بارش در حد پایینی قرار داشته است. به طوری که بیشترین بارندگی که در طول ۱۵ سال گذشته در منطقه روی داده است برابر با ۱۲۹/۵ میلی‌متر (سال ۱۳۸۴) و کمترین آن ۶/۸ میلی‌متر (سال ۱۳۸۹) است (جدول ۲).

استخراج این شاخص مورد بررسی قرار گرفته است (۱۴، ۲۰، ۲۱ و ۲۷). فضای مثلثی این نمودار متشکل از لبه خشک و لبه تر است که از برازش معادله خطی بر مقادیر کمینه و بیشینه دمای سطح زمین در نمودار پراکندگی بین NDVI و LST حاصل می‌گردد. لبه خشک شامل گروهی از نقاط است که در مقادیر مختلف NDVI دارای رطوبت خاک صفر هستند. در مقابل لبه تر شامل گروهی از نقاط می‌باشند که بیانگر حداکثر رطوبت خاک در مقادیر مختلف NDVI است. برای تهیه شاخص رطوبت خاک، از رابطه ۴ استفاده شد (۱۹).

$$SWI = \frac{T_{max(i)} - T_{s(i)}}{T_{max(i)} - T_{min(i)}} \quad [4]$$

در این رابطه؛ SWI شاخص رطوبت خاک، $T_{max(i)}$ حداکثر دمای مشاهده شده متناظر با پیکسل مورد نظر، $T_{s(i)}$ دمای سطح پیکسل مورد نظر (معادل با LST)، $T_{min(i)}$ حداقل دمای مشاهده شده و اندیس i نماینده شماره پیکسل است. به منظور تعیین مقادیر T_{min} و T_{max} در هر پیکسل به ترتیب از رابطه‌های ۵ و ۶ استفاده شد (۲۰).

$$T_{max} = a_1 + a_2 \times NDVI \quad [5]$$

$$T_{min} = b_1 + b_2 \times NDVI \quad [6]$$

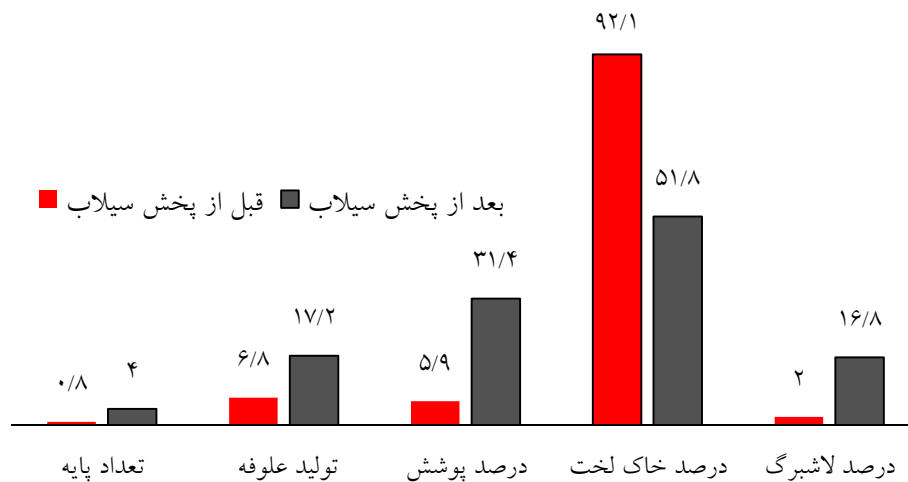
در این رابطه؛ a_1 و a_2 به ترتیب عرض از مبدأ خطوط برازش یافته بر مقادیر بیشینه و کمینه دمای سطح و b_1 و b_2 نیز به ترتیب شیب خطوط برازش یافته بر این مقادیر به منظور ایجاد اضلاع خشک و تر می‌باشند که از طریق رگرسیون گیری

جدول ۲. میزان بارندگی منطقه در طول مدت اجرای پژوهش

سال	بارش (mm)	سال	بارش (mm)
۱۳۸۲	۳۲/۳	۱۳۹۰	۳۳/۱
۱۳۸۳	۵۱/۱	۱۳۹۱	۴۱/۳
۱۳۸۴	۱۲۹/۵	۱۳۹۲	۲۳/۵
۱۳۸۵	۲۴/۸	۱۳۹۳	۴۹/۵
۱۳۸۶	۴۰/۵	۱۳۹۴	۶۸/۱
۱۳۸۷	۲۰/۱	۱۳۹۵	۳۹
۱۳۸۸	۴۵/۷	۱۳۹۶	۲۰
۱۳۸۹	۶/۸	۱۳۹۷	۱۱/۳

موجود در دو مقطع زمانی مزبور در عرصه موردبررسی بیانگر آن است که اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ بین تعداد پایه‌های گیاهی در دو مقطع زمانی موردبررسی وجود دارد که به دنبال آن پوشش گیاهی به صورت چشمگیری در عرصه پخش سیلاب افزایش یافته است. میزان تولید علوفه عرصه موردبررسی نیز با افزایش رشدی حدود ۲/۵ برابری همراه بود. به طوری که مقدار علوفه تولیدی عرصه مزبور در سال ۱۳۸۵ برابر ۶۸ کیلوگرم در هکتار بوده است که با پخش سیلاب به ۱۷۲ کیلوگرم افزایش یافته است (شکل ۳).

پلات اندازی تصادفی در سال ۱۳۸۱ بیانگر آن است که پوشش گیاهی عرصه بسیار فقیر و متوسط تعداد پایه گیاهی این محدوده در هر پلات کم (۰/۸ پایه) است، درحالی که پس از انجام پخش سیلاب در سال ۱۳۹۷ این مقدار به ۴ پایه افزایش یافته است. قبل از انجام فعالیت‌های پخش سیلاب بخش عمده‌ای از عرصه را خاک لخت تشکیل داده و درصد پوشش گیاهی، لاشبرگ، خاک لخت به ترتیب برابر با ۲، ۵۱/۸ و ۹۲/۱ درصد بود. درحالی که این ویژگی در بعد از انجام فعالیت‌های پخش سیلاب به ترتیب به ۳۱/۴، ۱۶/۸ و ۵۱/۸ درصد رسید (جدول ۳). تجزیه و تحلیل آماری تعداد پایه‌های



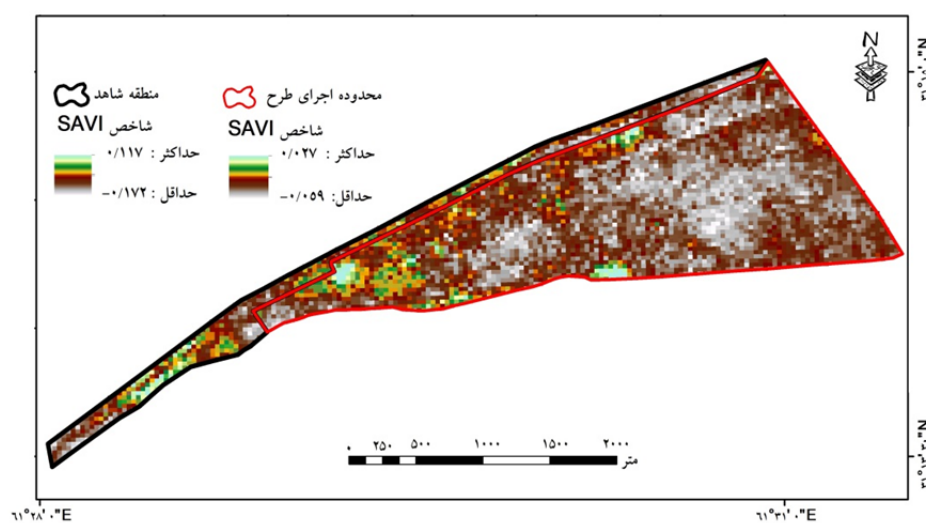
شکل ۳. مقایسه ویژگی‌های پوشش گیاهی قبل و بعد از انجام پخش سیلاب در عرصه مورد مطالعه

ترتیب به ۰/۵۹ و ۰/۱۱۸ در سال ۱۳۸۷، ۰/۰۴۹ و ۰/۱۵۱ در سال ۱۳۹۰، ۰/۰۵۷ و ۰/۱۵۷ در سال ۱۳۹۵ و ۰/۰۲۷ تا ۰/۰۴۹ در سال ۱۳۹۸ متغیر و در مجموع روند افزایشی را به دنبال داشته است. به طوری که با مقایسه منطقه شاهد و عرصه پخش سیلاب، یافته‌ها بیانگر تفاوت معنی‌دار (در سطح ۰/۰۵) بین شاخص پوشش گیاهی در مناطق موردبررسی است (جدول ۳).

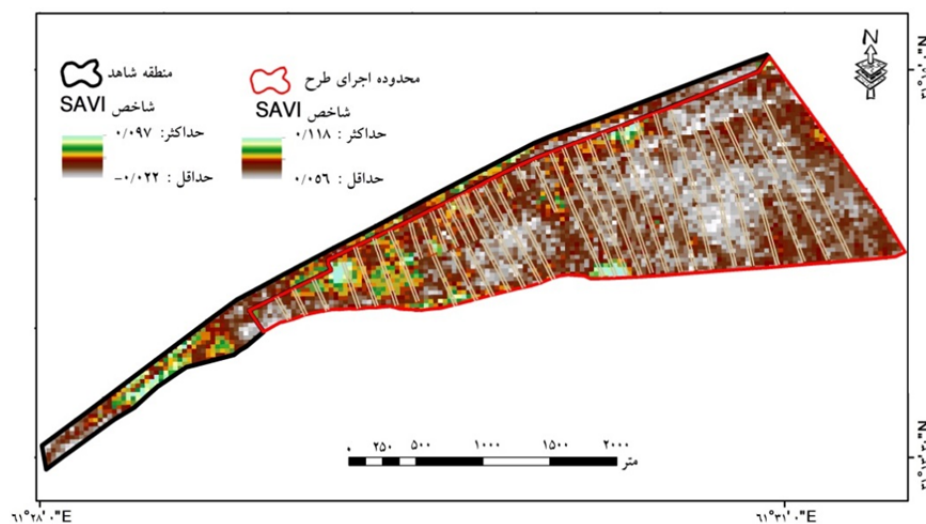
با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، شاخص‌های پوشش گیاهی SAVI و رطوبت خاک SWI برای ۵ دوره زمانی مختلف (قبل و بعد اجرای طرح پخش سیلاب) برآورد شد (شکل‌های ۴ تا ۱۳). براساس نتایج به دست آمده حداقل و حداکثر میزان شاخص پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه در قبل از اجرای عملیات پخش سیلاب (سال ۱۳۸۰) به ترتیب برابر با ۰/۰۵۹- و ۰/۰۲۷ است که با بررسی تغییرات شاخص پوشش گیاهی طی چهار دوره زمانی متفاوت این مقادیر به

جدول ۳. تجزیه و تحلیل مقادیر شاخص پوشش گیاهی در طول دوره مورد مطالعه

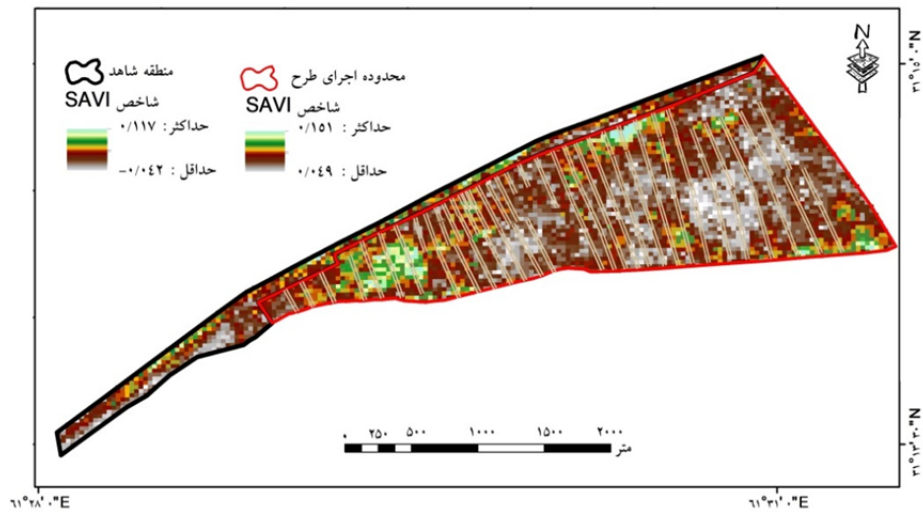
محل	متغیر	میانگین	انحراف معیار	آزمون t	
				T	df
عرصه پخش سیلاب	حداکثر مقدار شاخص پوشش گیاهی	۰/۱۸	۰/۰۷۵	-۳/۱۲۳	۹
	حداقل مقدار شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۵	۰/۰۱۳		
منطقه شاهد	حداکثر مقدار شاخص پوشش گیاهی	۰/۱۳	۰/۲۲۷		
	حداقل مقدار شاخص پوشش گیاهی	-۰/۱۳۰	۰/۱۴۰		



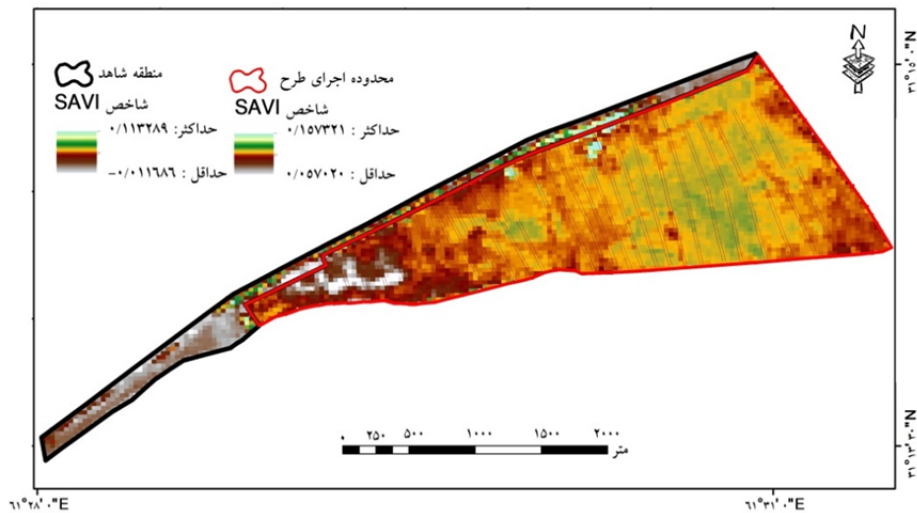
شکل ۴. شاخص پوشش گیاهی قبل از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۸۱)



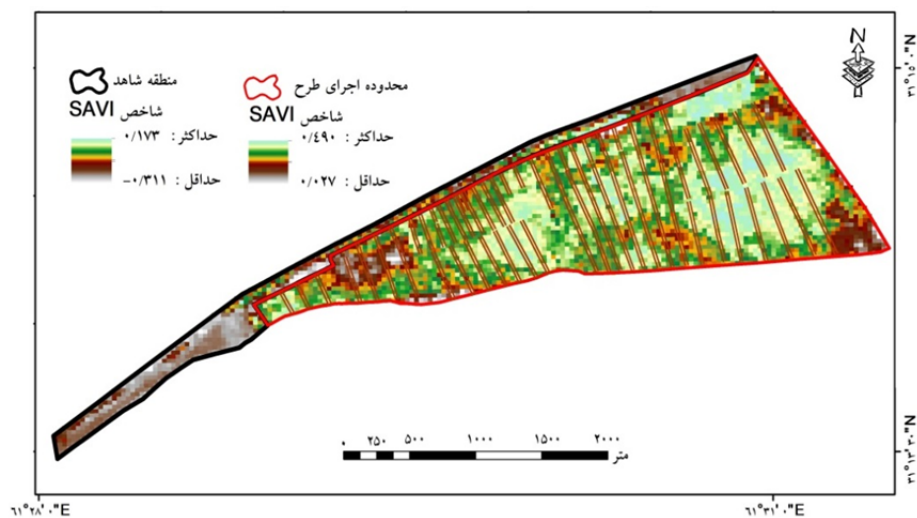
شکل ۵. شاخص پوشش گیاهی بعد از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۸۷)



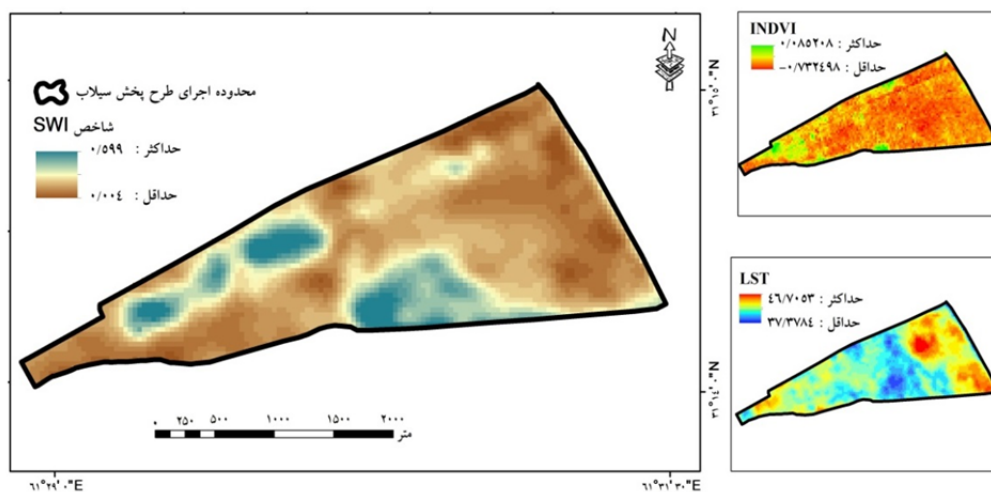
شکل ۶. شاخص پوشش گیاهی بعد از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۹۰)



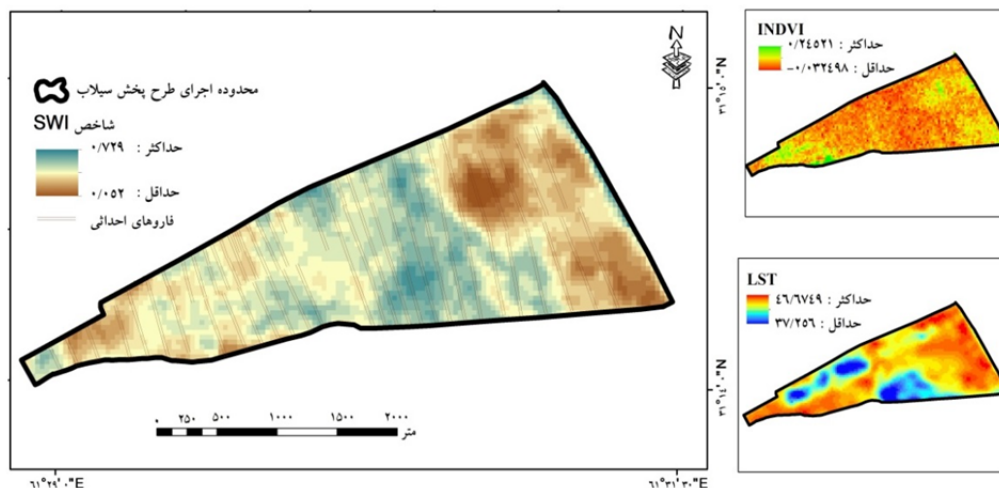
شکل ۷. شاخص پوشش گیاهی بعد از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۹۵)



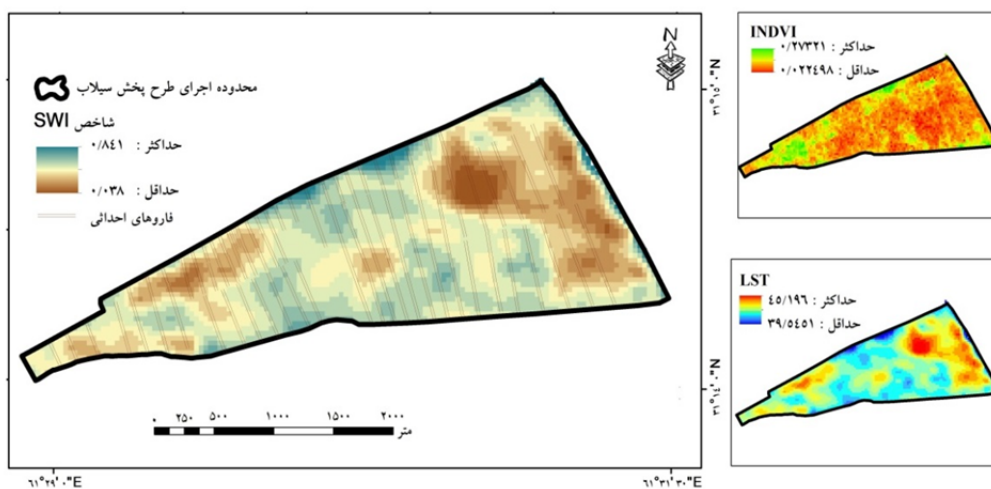
شکل ۸. شاخص پوشش گیاهی بعد از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۹۸)



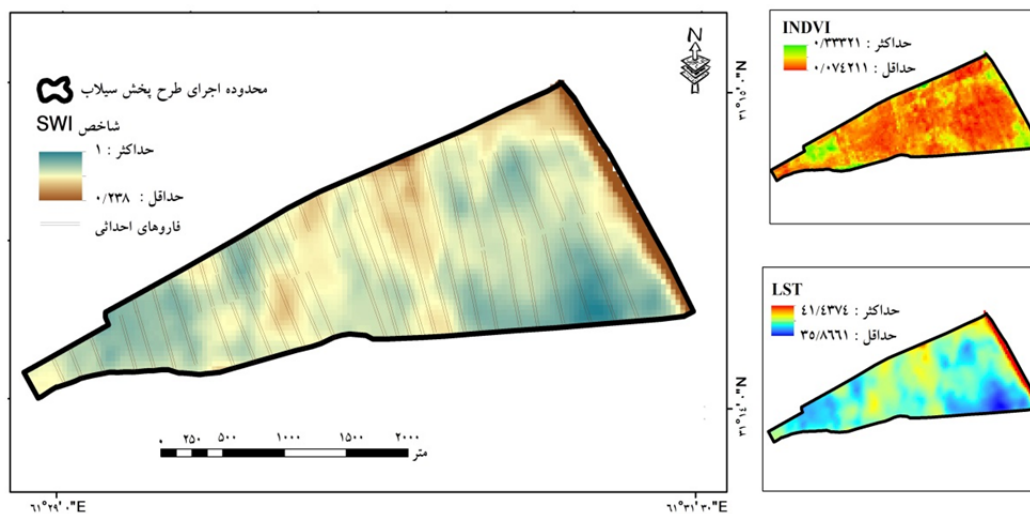
شکل ۹. شاخص رطوبت خاک قبل از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۸۱)



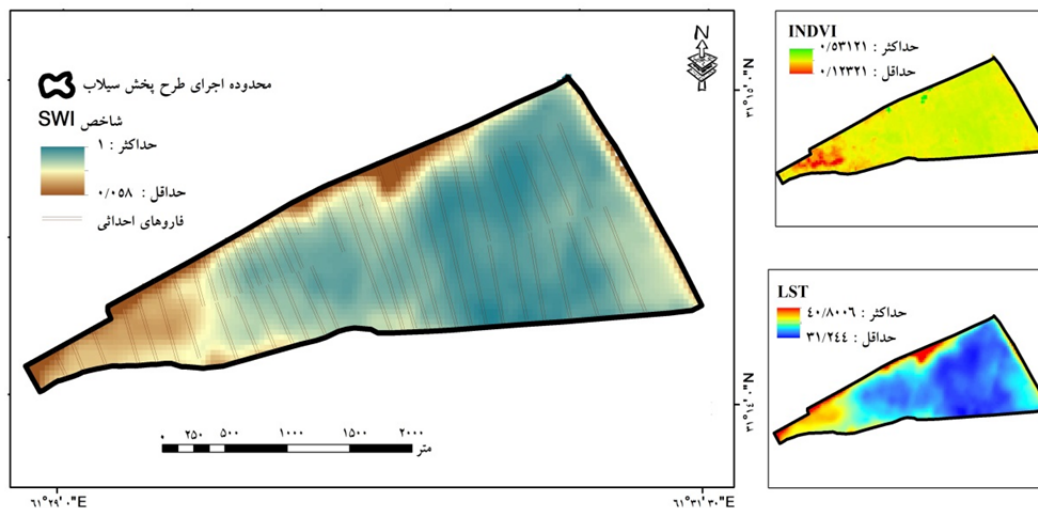
شکل ۱۰. شاخص رطوبت خاک بعد از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۸۷)



شکل ۱۱. شاخص رطوبت خاک بعد از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۹۰)



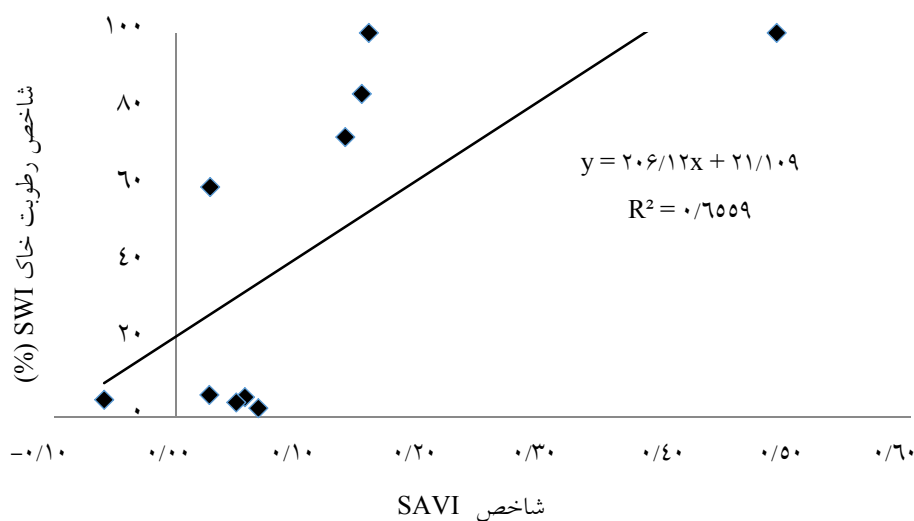
شکل ۱۲. شاخص رطوبت خاک بعد از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۹۵)



شکل ۱۳. شاخص رطوبت خاک بعد از اجرای طرح پخش سیلاب (سال ۱۳۹۸)

روند تغییرات این شاخص همبستگی بالایی ($R^2=0/65$) با تغییرات شاخص SAVI در عرصه پخش سیلاب دارد (شکل ۱۴).

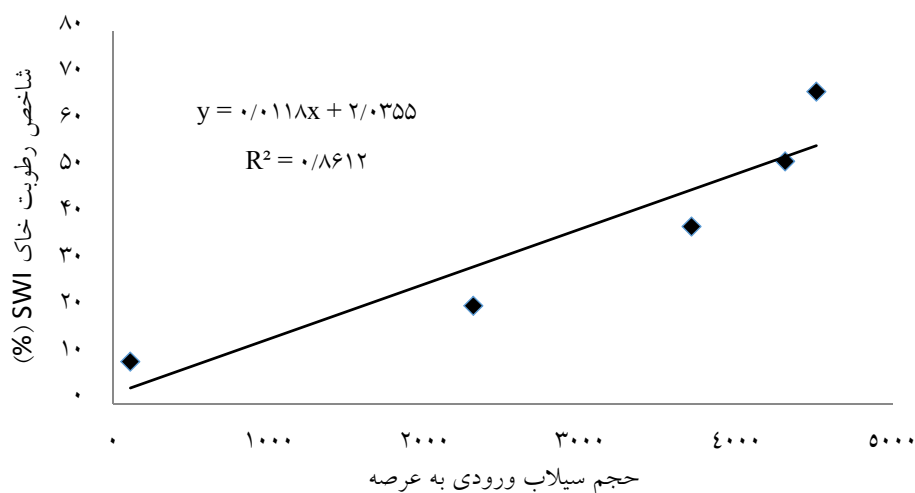
بررسی تغییرات شاخص رطوبت خاک SWI نیز بیانگر آن است که مقادیر این شاخص به ترتیب از ۰/۰۰۴ و ۰/۵۹۴ در سال ۱۳۸۱ به ۰/۰۵۸ و ۱ در سال ۱۳۹۸ افزایش یافته و



شکل ۱۴. نمودار همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده برحسب خاک SAVI و شاخص رطوبت خاک SWI

افزایش حجم سیلاب‌های ورودی به عرصه، درصد رطوبت خاک نیز افزایش قابل توجهی داشته است (شکل ۱۵). وضعیت پوشش گیاهی محل اجرای طرح در قبل و بعد از اجرای آن در شکل ۱۶ ارائه شده است.

با بررسی حجم سیلاب‌های ورودی به عرصه پخش سیلاب (متناظر با سال‌های مورد مطالعه)، نتایج نشان‌دهنده همبستگی بالا ($R^2 = 0/86$) بین درصد رطوبت خاک و حجم سیلاب‌ها است. به طوری که با اجرای طرح پخش سیلاب و



شکل ۱۵. نمودار رابطه همبستگی بین حجم سیلاب‌های ورودی و شاخص رطوبت خاک SWI



وضعیت پوشش گیاهی محل اجرای طرح بعد از پخش سیلاب



وضعیت پوشش گیاهی محل اجرای طرح قبل از پخش سیلاب

شکل ۱۶. وضعیت پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه قبل و بعد از طرح پخش سیلاب

اجرای پخش سیلاب مقادیر این شاخص نیز افزایش و این روند افزایشی با حجم سیلاب‌های ورودی به عرصه پخش سیلاب همبستگی بالایی دارد ($R^2 = 0/86$). به بیان دیگر پخش سیلاب رطوبت مورد نیاز برای جوانه‌زنی و رشد گیاه را فراهم نموده است. به طوری که همبستگی بالای ($R^2 = 0/65$) تغییرات شاخص پوشش گیاهی SAVI و شاخص رطوبت خاک SWI در طی بازه زمانی مورد مطالعه گویای این مهم با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر و کاهش نزولات آسمانی در منطقه است که باعث استقرار و احیاء پوشش گیاهی در عرصه مورد مطالعه شده است. این نتایج با مطالعات کوه‌بنانی و یزدانی (۲۱) و یوسف‌زاده و همکاران (۲۶) مبنی بر رابطه خطی و همبستگی معنی‌دار شاخص رطوبت خاک با شاخص پوشش گیاهی مطابقت دارد. در بررسی درصد پوشش گیاهی یافته‌ها نشان داد که مقدار t آماری اندازه‌گیری‌های قبل و بعد از اجرای پخش سیلاب برابر با $7/922-$ بوده است که از لحاظ آماری در سطح $0/01$ معنی‌دار بود. نتایج این پژوهش با یافته‌های بمانی میر جلیلی (۴) و بمانی میر جلیلی و همکاران (۵)، تیموری و عمرانی (۶) که اعلام کردند پخش سیلاب باعث ترسیب ذرات خاک و بهبود آن و افزایش درصد و تنوع پوشش گیاهی می‌گردد، همخوانی دارد. محدوده مورد پژوهش به دلیل شرایط سخت اکولوژیکی و محدودیت در رویش گیاه دارای $92/1$

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه تجزیه و تحلیل آماری تعداد بوته‌های موجود در دو مقطع زمانی مزبور در عرصه مورد بررسی نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری در سطح $0/01$ بین تعداد بوته‌های گیاهی در دو مقطع زمانی مورد بررسی وجود دارد. که به دنبال آن پوشش گیاهی به صورت چشمگیری در عرصه پخش سیلاب افزایش یافته است. نتایج پژوهش کینیت و همکاران (۳۱) نیز نشان داد که پخش سیلاب سبب افزایش تراکم پوشش گیاهی می‌گردد. افزایش بوته‌ها و تراکم پوشش گیاهی باعث افزایش تولید می‌شود. مقدار t مقایسه آماری میزان تولید علوفه در دو بازه زمانی قبل و بعد از اجرای عملیات پخش سیلاب برابر $3/470-$ است که اختلاف معنی‌داری در سطح $0/01$ بین آن‌ها وجود دارد. چنین یافته‌هایی با نتایج کار خلیج (۳۲) نیز مطابقت دارد. این اختلاف پوشش گیاهی به این دلیل است که با توجه به کمبود بارندگی در منطقه سیستان (حدود $40-30$ میلی‌متر در دهه اخیر)، نه تنها رطوبت لازم برای جوانه‌زنی و رشد و نمو گیاهان فراهم نمی‌شود، بلکه به دلیل تبخیر زیاد در منطقه و وجود خاک‌های با بافت سنگین و عدم وجود آب به‌منظور آبیاری مناسب، خاک منطقه شور و در حال خارج شدن از چرخه تولید هست. ولی با مقایسه شاخص رطوبت خاک SWI با استفاده از داده‌های سنسور از دور یافته‌ها نشان داد که بعد از

سیلاب در برخی از سالها به دریاچه هامون، باید اقدامات مناسب مکانیکی و کم هزینه به منظور نفوذ آب در خاک و افزایش رطوبت آن فراهم شود. زیرا افزایش دسترسی گیاهان به آب و رطوبت و همچنین خاک مناسب، رشد کمی و کیفی آنها را فراهم می نماید. از این رو، توسعه گیاهان مقاوم به شوری از جمله سالسولا علاوه بر اینکه علوفه در سالهای خشک تولید نموده و سبب حفاظت خاک می گردد، از توسعه بیابان و بروز فرسایش بادی در منطقه نیز ممانعت می نماید. بنابراین ایجاد فارو و انتقال آب به داخل آنها گزینه مناسب اقتصادی برای ایجاد پوشش گیاهی در نواحی شور همراه با فرسایش بادی محسوب می شود.

تقدیر و تشکر

در اینجا لازم می دانیم از کارکنان مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی سیستان که ما را در اجرای این پژوهش یاری نمودند تشکر و قدردانی نماییم.

منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی خوسفی، ز. م. خسروشاهی، م. نعیمی و س. زندی فر. ۱۳۹۸. ارزیابی و پایش تغییرات رطوبت تالاب میقان با استفاده از تکنیک دورسنجی و ارتباط آن با شاخص های خشک سالی هواشناسی. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی)، ۱۰(۲): ۱-۱۴.
۲. احمدی، ح. ۱۳۹۱. ژئومورفولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران. ۷۱۴ صفحه.
۳. امتحانی، م. ح. ۱۳۷۱. بررسی بیواکولوژیک جنگل گز دست کاشت چاه افضل (اردکان- یزد)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. دانشکده منابع طبیعی. ۱۳۰ صفحه.
۴. بمان میرجلیلی، ع. ۱۳۹۱. مطالعه تأثیر پخش سیلاب در تحولات کمی و کیفی پوشش گیاهی هرات یزد. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. مقایسه تغییرات پوشش گیاهی و خصوصیات خاک تحت تأثیر

درصد خاک لخت بود، ولی پس از اجرای عملیات پخش سیلاب، این مقدار به ۵۱/۸ درصد کاهش یافته است. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که مقدار t میانگین یافته های خاک لخت در بازه زمانی قبل و بعد از اجرای عملیات پخش سیلاب برابر ۱۱/۵۶۹ است، به طوری که از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۱ معنی دار است. تجزیه و تحلیل آماری میزان لاشبرگ دو بازه زمانی در محدوده مورد پژوهش نشان که مقدار t آنها برابر ۱۷/۹۰۵۴- است که از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی داری بین آنها وجود دارد. گیاه سالسولا (علف شور) که بخش عمده پوشش گیاهی عرصه را تشکیل می دهد، مقدار زیادی بیومس تولید می کند که تجزیه آنها نقش بسیار مهمی در چرخه عناصر غذایی گیاهان به ویژه نیتروژن دارد. یافته های این پژوهش با نتایج کار بورمن و همکاران (۲۸)، هندرسون و همکاران (۳۰) که اعلام کردند خصوصیات مواد شیمیایی لاشبرگ مانند کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم تأثیر زیادی بر روی پایداری و ثبات خاک ایفاء می نماید، همخوانی دارد. از همین روی، افزایش لاشبرگ و به دنبال آن بهبود خاک منطقه و افزایش نفوذپذیری و پس از آن اصلاح خاک از اثرات مهم پخش سیلاب در منطقه مورد مطالعه است که اثرات مثبتی بر روی رشد گیاهان داشته است. سالسولا (علف شور) یکی از گیاهانی است که بخش عمده ای از عرصه مورد مطالعه را پوشانده است. مکانسیم عمل در این گیاه به گونه ای است با ورود آب به عرصه از طریق پخش سیلاب شرایط مناسبی برای جوانه زدن بذور آن فراهم می شود. نهال های جوان با شرایط ایجاد شده استقرار یافته و پس از آن با کاهش رطوبت نیز رشد و نمو گیاه ادامه یافته است. بررسی ها نشان داد با وجود اینکه فقط سال اول انجام عملیات پخش سیلاب، سیلاب به صورت ثقلی وارد منطقه شد و همچنین در سال های بعد نیز از طریق پمپاژ در نهر اصلی و فاروها برای مدت ۳ بار آب به میزان کم وارد شد، شرایط مناسب اکولوژیکی برای رویش پوشش گیاهی و استقرار آنها در عرصه فراهم شد. بنابراین با توجه به اینکه گیاهان شورپسند قدرت سازگاری بالایی دارند، به آسانی در منطقه گسترش می یابند. از همین روی، با توجه به ورود

- آبیاری و زهکشی ایران، ۱۱(۲): ۱۵۱-۱۶۲.
۱۳. خوارزمی، ر.، ع. ا. عبداللہی، م. راہداری و م. ک. ورنوسفادرانی. ۱۳۹۵. پایش تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر روند تخریب زمین و بیابان‌زایی با استفاده از تصاویر ماهواره‌اندست (مطالعه موردی: شرق ایران، دریاچه هامون). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۷(۲۵): ۶۴-۷۵.
۱۴. راہداری، و.، س. ملکی، خ. افسری، ا. آبتین، ح. پیری و ا. فخریه. ۱۳۹۰. پایش تغییرات کاربری اراضی پناهگاه حیات‌وحش هامون طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی، نشریه سنجش‌ازدور و GIS ایران، ۳(۲): ۵۹-۷۰.
۱۵. فلاحتکار، س.، ر. صابرفر، و س. ح. کیا. ۱۳۹۷. تحلیل تغییرات شاخص پوشش گیاهی در سنجنده‌های ماهواره‌اندست (مطالعه موردی: ارس‌زارهای شرق پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت‌شده قرخود). فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۹(۱): ۷۱-۹۰.
۱۶. فاضل‌نیا، غ.، ا. کیانی، م. علی‌خسروی و م. بندانی. ۱۳۹۰. بررسی انطباق الگوی بومی توسعه کالبدی- فیزیکی روستای تمبکاء شهرستان زابل با جهت طوفان‌های شن و ماسه. فصلنامه مسکن و محیط روستا، ۳۰(۱۳۶): ۳-۱۶.
۱۷. قزلسفلو، ن.، س. خ. مهدوی و ح. س. علی. ۱۳۹۰. بررسی کیفیت لاشیرگ و اندام هوایی دو گونه *Artemisia sieberi* و *dendroides Salsola* (مطالعه موردی: منطقه تیل‌آباد- استان گلستان). اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۲(۱): ۵۵-۶۳.
۱۸. کمکی چوقی، ب.، ر. اسدی‌کیا، و ح. نیک‌نهاد قرماخر. ۱۳۹۸. برآورد درصد پوشش و زیتوده گیاهی با استفاده از شاخص‌های سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی - شهرستان کرج). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در علوم منابع طبیعی)، ۱۰(۱): ۱-۱۶.
۱۹. کاظمی‌نیا، ع. ر. ۱۳۹۶. کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در بررسی پوشش گیاهی. نشریه علمی - ترویجی مهندسی نقشه- برداری و اطلاعات مکانی، ۱۹(۱): ۷۵-۸۵.
۲۰. کشاورز، م. ر.، م. وظیفه‌دوست، ا. علیزاده و ع. اسدی. ۱۳۹۰. استخراج و روندیابی رطوبت خاک به کمک داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مادیس (مطالعه موردی: استان اصفهان). کاربری‌های پخش سیلاب، قرق و چرای دام. نشریه علوم آب‌و‌خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۱(۲): ۲۹-۴۳.
۵. بمان میرجلیلی، ع. م.، ا. طباطبایی زاده، م. ع. حکیم زاده و ن. مشهدی. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر پخش سیلاب بر خصوصیات خاک و درصد پوشش گیاهی (مطالعه موردی: ایستگاه پخش سیلاب میانکوه یزد). مدیریت بیابان، ۴(۷): ۲۶-۳۴.
۶. تیموری، م. و م. عمران‌ی. ۱۳۸۹. بررسی عملکرد پروژه‌های آبخیزداری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کلیدر)، مجموعه مقالات ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، نور، ۸ تا ۹ اردیبهشت‌ماه، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی- دانشگاه تربیت مدرس، ۱-۶.
۷. جلیلیان، ف.، ب. بهمنش، م. محمداسمعیلی و پ. غلامی. ۱۳۹۶. مقایسه تغییرات پوشش گیاهی و خصوصیات خاک تحت تأثیر کاربری‌های پخش سیلاب، قرق و چرای دام. نشریه علوم آب‌و‌خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۵(۲): ۲۹-۴۳.
۸. جهان‌تیغ، م. ۱۳۹۲. بررسی و شناخت ویژگی‌های فرسایش حاشیه رودخانه‌ها و مسیل‌های منطقه سیستان. گزارش نهایی طرح پژوهشی مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی سیستان. ۱۰۰ صفحه.
۹. جهان‌تیغ، م. ۱۳۹۵. بررسی رابطه خاک و پوشش گیاهی در سواحل رودخانه‌های مناطق خشک. نشریه حفاظت زیست بوم گیاهان، ۴(۹): ۱۸۱-۱۹۴.
۱۰. جوانشیر، ک.، د. دستمالچی و ع. عمارتی. ۱۳۷۶. بررسی اکولوژیک گونه‌های تاغ، پده و گز در بیابان‌های ایران. فصلنامه جنگل و مرتع، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ۳۶: ۱۸-۲۴.
۱۱. خانمحمدی، ف.، م. همایی و ع. ا. نوروزی. ۱۳۹۳. برآورد رطوبت خاک به کمک شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح خاک و شاخص نرمال شده رطوبت با استفاده از تصاویر مودیس. نشریه حفاظت منابع آب‌و‌خاک، ۴(۲): ۳۷-۴۵.
۱۲. خزاعی، س.، م. رائینی سرجاز، م. اسماعیلی ولی‌زاده و ر. خلیل‌قربانی. ۱۳۹۵. برآورد رطوبت سطحی خاک به کمک نمایه‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس (مطالعه موردی: گنبدکاووس). نشریه

- با استفاده از سنجش از دور. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۴(۴): ۷۷۸-۷۹۰.
۲۶. یوسفزاده، ا.، ب. زینالی، ک. خلیل ولیزاده و ا. صیادی. ۱۳۹۸. برآورد رطوبت خاک با استفاده از مدل جدید ذوزنقه‌ای مرئی برای حوزه سیمینه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸. مجله هیدرولوژی، ۱۸(۵): ۱۸۱-۲۰۵.
27. Adamchuk V, Perk R, Schepers J. 2003. Applications of remote sensing in site-specific management. University of Nebraska Cooperative, Tech Rep EC: 03-702.
28. Bormann F, Likens G, Melillo J. 1977. Nitrogen budget for an aggrading northern hardwood forest ecosystem. *Science*, 196(4293): 981-983.
29. Forouzeh MR, Sharafatmandrad M. 2012. The effect of water spreading system on the functionality of rangeland ecosystems. *Journal of Arid Land*, 4(3): 292-299.
30. Henderson G, Swank W, Waide J, Grier C. 1978. Nutrient budgets of Appalachian and Cascade region watersheds: a comparison. *Forest Science*, 24(3): 385-397.
31. Kenneth BJ, Stromberg JC, Lite SJ. 2005. Response of herbaceous riparian plants to rain and flooding on the San Pedro River, Arizona, USA. *Wetlands*, 25(1): 210-223.
32. Khalaj F. 2005. Flood utilization: An integrated approach towards sustainable rural development. Paper presented at the ICID 21st European regional conference, 15-19 May, Frankfurt, Germany, 1-8.
- نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۲(۵): ۲۰۹-۲۱۹.
۲۱. کوهبنانی، ح و م. ر. یزدانی. ۱۳۹۷. پهنه‌بندی رطوبت خاک سطحی با استفاده از تصاویر لندست ۸ (مطالعه موردی: حومه شهرستان). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۲۸: ۶۵-۷۷.
۲۲. کیانی سلمی، ا و ع. ابراهیمی. ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر توسعه شهری و تغییرات پوشش اراضی بر دمای سطح زمین در شهر شهرکرد. *نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی)*، ۹(۴): ۱۰۲-۱۱۸.
۲۳. محمدیاری، ف.، ح. ر. پورخباز، م. توکلی و ح. اقدر. ۱۳۹۳. تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). *اطلاعات جغرافیایی*، ۲۳(۹۲): ۴۵-۵۳.
۲۴. محمدیاری، ف.، م. م. میرسنجری و ا. زرندیان. ۱۳۹۷. پایش تغییرات پوشش گیاهی حوزه آبخیز کرج با استفاده از شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی و تحلیل گرادیان. *نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی)*، ۷(۴): ۵۵-۷۲.
۲۵. ناطقی، س.، ا. نوحه‌گر، ا. ه. احسانی و ا. بذرافشان. ۱۳۹۶. بررسی تغییرات پوشش گیاهی بر اساس شاخص‌های گیاهی



Study effect of flood productivity on vegetation changes using field work and Landsat satellite images (Case study: Shandak of Sistan region)

M. Jahantigh^{1*}, M. Jahantigh²

1. Assoc. Prof. Department of Soil Conservation and Water Management, Sistan Agriculture, Education and Extension Natural Resources Research Center, AREEO, Zabol, Iran
2. PhD Student of Watershed Management Department, Faculty of Rangeland & Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 August 2019

Accepted 24 November 2019

Available online 15 January 2020

Keywords:

Vegetation cover

Soil adjusted vegetation index (SAVI)

Soil water index (SWI)

Landsat

Sistan

ABSTRACT

The object of this research is evaluated of flood productivity on vegetation cover changes. For this purpose, 5 linear transects with a length of 50 m were installed before flooding in the year 2006. In each of these transects, two plots 3×3 were identified at a height of 50 m at the beginning and 1% in length, and within each of them a plot of 1×1 was laid out for uniform harvesting at equal distances, their coordinates using specific GPS and feature the percentages of canopy cover, forage production, bare soil percentage, density and litter before starting flood spreading in 2003 were estimated. In addition, the vegetation characteristic changes were measured in the same place after the flood propagation in the year 2019. Landsat satellite images for a period of 16 years (2003-2019) was also used to study vegetation changes before and after flood propagation. For this purpose, after applying pre-processing on the images, the vegetation index was adjusted according to the soil adjusted vegetation index (SAVI) and soil water index (SWI) over five different time periods. Field results showed that with the application of flood propagation application, the amount of forage production increased from 68 to kg/ha, the percentage of canopy cover increased from 5.9 to 31.4%, as well as the amount of litter from 2 to 16.8% and bare soil decreased from 92.1 to 51.8%. Statistical analysis of vegetation characteristics before and after flood propagation revealed a significant difference between these parameters ($p < 0.01$). In addition, the results showed significant changes in the SAVI and SWI indices over the period. The SAVI and SWI indices increased from 0.027 and 0.5 in the year 2003 to 0.49 and 1 in the year 2019, respectively, and the trend of changes in these indices showed high correlation ($R^2 = 0.65$) in flood propagation area. The results of this study showed that flooding productivity by providing soil moisture in the study area improved germination and plant growth conditions, which resulted in the establishment and improvement of vegetation cover in the floodplain.

* Corresponding author e-mail address: Mjahantigh2000@yahoo.com