**مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی**
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

# بررسی پایداری کشاورزی در دشت سیستان با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای

**زهرا احمدیوسفی[۱]، وحید راهداری*[۲]، رقیه کرمی[۳]، سعید محمدی[۲]**

*۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران*
*۲*- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران*
*۳- گروه پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، پژوهشگاه زابل، سیستان و بلوچستان، ایران*

**نوع مقاله:**
پژوهشی

**تاریخچه مقاله:**
دریافت:
۱۴۰۴/۰۴/۱۱
پذیرش:
۱۴۰۴/۰۷/۲۱

**کلمات کلیدی:**
پایداری
کشاورزی،
تالاب هامون،
رودخانه هیرمند،
دشت سیستان،
اراضی رها شده،
تصاویر ماهواره‌ای

## چکیده

**مقدمه:** دشت سیستان در جنوب شرق ایران، با اقلیم فراخشک، به‌شدت به منابع آبی محدود، به‌ویژه رودخانه هیرمند وابسته است. کشاورزی، اصلی‌ترین کاربری اراضی این منطقه بوده که در سال‌های اخیر تحت تأثیر کاهش ورودی آب، به‌شدت دچار ناپایداری شده است. این پژوهش با هدف شناسایی نواحی پایدار از نظر کاربری کشاورزی در بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۱ بر اساس تغییر مقدار آب ورودی به دشت سیستان، انجام شده است. با توجه به کاهش شدید منابع آب ورودی به منطقه سیستان، لزوم برنامه‌ریزی برای کشاورزی در پایدارترین مناطق برای دستیابی به کشاورزی پایدار و جلوگیری از خسارات محیط زیستی و خسارت به کشاورزان ضروری می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** مطالعه در محدوده دشت سیستان، در شمال استان سیستان و بلوچستان انجام شد. داده‌های مورد استفاده شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست در پنج دوره زمانی (۱۳۷۱، ۱۳۷۹، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱)، تصاویر گوگل‌ارث، داده‌های میدانی و مصاحبه با افراد محلی بود. سطح اراضی دارای آب در تالاب هامون و چاه‌نیمه‌های سیستان به عنوان مقدار آب ورودی به منطقه سیستان در نظر گرفته شد. نقشه کاربری و پوشش اراضی در دو مقیاس شامل منطقه سیستان به همراه تالاب هامون و محدوده اراضی کشاورزی با طبقه بندی نظارت شده تصاویر ماهواره‌ای در چهار طبقه شامل اراضی کشاورزی، اراضی رها شده، شوره‌زار و اراضی دارای آب با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده تهیه شد. صحت طبقه‌بندی با استفاده از ماتریس خطا و محاسبه ضریب کاپا و دقت کلی بررسی شد.

**نتایج:** یافته‌ها نشان داد در سال ۱۳۷۱ سطح اراضی دارای آب، بیش از ۲۸۰ هزار هکتار می‌باشد، اما این مقدار در سال ۱۳۷۹ به کمتر از ۳ هزار هکتار کاهش یافته که نشان دهنده کاهش ورودی آب رودخانه هیرمند است. همچنین در سال ۱۳۷۱، سطح اراضی کشاورزی در منطقه ۹۸۵۰۴ هکتار بوده و در سال ۱۳۷۹ و در مقایسه با سال ۱۳۷۱، به مقدار ۳۱۶۸۹ هکتار کاهش یافته است. در سال ۱۳۹۹، با ورود آب از رودخانه هیرمند سطحی معادل ۱۰۲۵۰۶ هکتار از منطقه به زیر آب بوده و همچنین ۱۰۵۹۴۸ هکتار توسط کشاورزان زیر کشت رفته است. اما در سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ با قطع کامل جریان آب رودخانه هیرمند، به ترتیب تنها ۴۵۵۵۲ و ۲۷۸۹۹ هکتار زیر کشت بوده است.

**بحث:** بررسی نقشه پوشش اراضی در مقیاس کلان مطالعه نشان می‌دهد در سال ۱۳۷۹، تالاب هامون خشک و سطح آب، ۲۷۸۸۰۰ هکتار کاهش پیدا کرده و اراضی بایر به بیش از ۳۹۴ هزار هکتار رسید که نشان‌دهنده پیامد مستقیم افت منابع آبی است. در سال ۱۳۷۹ و در مقیاس کلان، پوشش گیاهی از ۲۸۱ هزار به ۱۳۹ هزار



* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: vrahdari@uoz.ac.ir

هکتار کاهش داشته است. در سال ۱۳۷۱ محدوده اراضی کشاورزی بیشترین سطح زیر کشت معادل ۹۸۵۰۴ هکتار بوده است. در سال ۱۳۷۹ علی رغم اینکه کمترین سطح آب در دوره مطالعه برآورد شده بود، سطح اراضی کشاورزی در رتبه سوم معادل ۶۶۸۱۵ هکتار می‌باشد. نتایج مصاحبه میدانی و مرور منابع نشان داد، اکثر چاهک‌های منطقه دارای آب شیرین بوده‌اند. در سال ۱۳۹۹ با ورود مناسب آب به منطقه، کشاورزان مجدداً اقدام به کشت نموده و بیشترین کشت پس از سال ۱۳۷۱ در منطقه رخ داده است. با کاهش متوالی ورودی آب رودخانه هیرمند، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب سطح اراضی زیر کشت نیز کاهش پیدا کرده و کشاورزی تنها در نواحی مجاور چاه‌نیمه‌های سیستان که دارای چاهک‌های آب شیرین هستند، پایدار باقی مانده است. بررسی نقشه‌های تهیه شده از محدوده اراضی کشاورزی نشان داد، اراضی کشاورزی به‌خصوص در نواحی غرب سیستان بیشترین ناپایداری را در این دوره داشته و با کاهش آب، رها شده‌اند.

## مقدمه

پایداری سرزمین و کاربری‌های بارگذاری شده در آن به معنی استفاده از سرزمین با توجه به توان آن، می‌باشد به گونه‌ای که استفاده بدون آسیب به توان و به صورت بلند مدت، مقدور باشد (Novoa *et al.*, 2019). مفهوم پایداری در عصر حاضر آن‌چنان اهمیت پیدا کرده که هر مفهوم دیگری در حوزه محیط زیست و توسعه، بدون در نظر گرفتن آن غیر ممکن می‌باشد (Carrilho *et al.* 2024). موضوع پایداری بر اساس شرایط زمان، مکان و جوامع متفاوت می‌باشد و نمی‌توان یک مفهوم خاص را برای آن درنظر گرفت (Sadati & Awatifi, 2018). توسعه یک منطقه بدون در نظر گرفتن توان سرزمین برای انواع کاربری‌ها باعث تخریب منابع اکولوژیک و خسارت به منابع محیط زیستی و در نتیجه ناپایداری، می‌گردد (Rahdari *et al.*, 2020). کشاورزی یکی از مهمترین کاربری‌های ممکن در یک سرزمین می‌باشد که نقش بسیار مهمی در پایداری جمعیت در یک منطقه دارد (Rahdari *et al.*, 2020). توسعه کشاورزی بدون در نظر گرفتن توان سرزمین، ضمن تخریب اراضی، باعث آسیب به اراضی کشاورزی پایدار، پایین آوردن سطح مطلوبیت زمین برای کاربری کشاورزی و ناپایداری‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی می‌گردد (Sadati & Awatifi , 2018; Rahdari *et al.*, 2020). آب شیرین، یکی از منابع محدود اکولوژیک است که نقش مهمی در ایجاد پایداری در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی دارد (Qiao *et al.*, 2020, Hao *et al.*, 2021). بیشترین مقدار مصرف آب نیز در بخش کشاورزی تا حدود ۹۰ درصد از منابع موجود آب، برآورد شده است (Hekmatnia *et al.*, 2020; Naderyanfar *et al.*, 2021). از طرف دیگر خشکسالی که یکی از جنبه‌های اثر تغییرات اقلیم و فعالیت‌های نامتوازن انسان بدون درنظر گرفتن اثرات محیط زیستی توسعه می‌باشد، پایداری بسیاری از کاربری‌ها را در معرض تهدید جدی قرار داده است (Vargas-Cuentas *et al.*, 2017). در اثر خشکسالی ذخایر آب به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد و پیامدهای جدی بر بخش کشاورزی با کاهش آب در دسترس، وارد می‌کند (Rey *et al.*, 2017; Ruwanza *et al.*, 2022).

Naveen و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای بیان کردند، خشکسالی با کاهش عملکرد محصولات کشاورزی، باعث کاهش درآمد و سرمایه، بیکاری، سوء تغذیه و آسیب پذیر شدن جامعه این روستاها دارد. Howitt و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه تحلیل اقتصادی اثرات خشکسالی بر کشاورزی کالیفرنیا نشان دادند که در مناطق دارای ذخایرآبی زیرزمینی محدود، اثرات خشکسالی بیشتر و تعیین مناطق با امکان کشاورزی پایدار ضروری می‌باشد. برای دست یافتن به توسعه پایدار، ارزیابی پایداری کاربری‌ها با استفاده از روش‌های مختلف در مناطق متفاوتی انجام شده است. یافته‌های Parhizkari و همکاران (۲۰۱۷) با موضوع ارزیابی پایداری کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود نشان داد که کاهش بارش به عنوان تغییر اقلیم باعث پایین آمدن سطح منابع آبی و پایین آمدن مجموع سطح زیر کشت محصولات آبی و همچنین کاهش سود ناخالص کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود شده است. Moradi و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به مطالعه تغییرات کاربری اراضی شهرستان‌های رابر و ارزوئیه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست پرداختند. آن‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تغییرات کاربری‌های مختلف را در طول بازه زمانی ۱۵ سال بررسی کردند و مناطقی که در طول این سال‌ها در هر کاربری پایدار بودند را مشخص کردند.

جدا از ارزیابی توان سرزمین بر اساس معیارهای اکولوژیک، بررسی سابقه کاربری اراضی در طول زمان، یکی دیگر از روش‌های ارزیابی توان سرزمین می‌باشد که در این مورد، کاربری‌هایی که در طول

زمان تغییر پیدا نکرده‌اند به عنوان کاربری‌های پایدار تعیین می‌گردند (Khalifeh *et al.*, 2018). Rahdari و همکاران (۲۰۲۰) پس از ارزیابی توان اراضی کشاورزی در ناحیه فریدن ایران، بیان کردند اراضی کشاورزی که در طول زمان فاقد تغییر بودند، منطبق با نقشه قابلیت اراضی تهیه شده به روش ارزیابی چند معیاره بوده و این نواحی در مناطق با بیشترین توان برای کشاورزی در نقشه قابلیت اراضی قرار گرفته‌اند. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به دلیل برداشت طیف‌های مختلف امواج الکترومغناطیس، برداشت دوره‌ای تصویر، در دسترس بودن و دید وسیع در بررسی وضعیت سطح زمین، کاربرد دارد (Rahdari *et al.*, 2018; Rayegani *et al.*, 2020). تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی در طول زمان، یکی از کاربردهای داده‌های ماهواره‌ای می‌باشد که در بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی و در نتیجه ارزیابی توان برای کاربری، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Rayegani *et al.*, 2020; Dahmardeh *et al.*, 2023). Kermani و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای اقدام به بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در منطقه حفاظت شده توران کرده و دقت نقشه‌های تهیه شده از وضعیت پوشش گیاهی را قابل قبول ارزیابی نمودند. با استفاده از نقشه‌های مختلف تهیه شده از سطح زمین، امکان بررسی تغییرات به منظور مدیریت درخور اراضی فراهم می‌گردد که به روش مقایسه پس از طبقه بندی شناخته شده است. Rayegani (۲۰۰۸) به منظور بررسی تغییرات جنگلهای حرا در قشم در با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای اقدام به تهیه نقشه جنگل‌های حرا نمود و سپس به روش مقایسه پس از طبقه بندی تغییرات رخ داده در این جنگل‌ها بررسی نمودند.

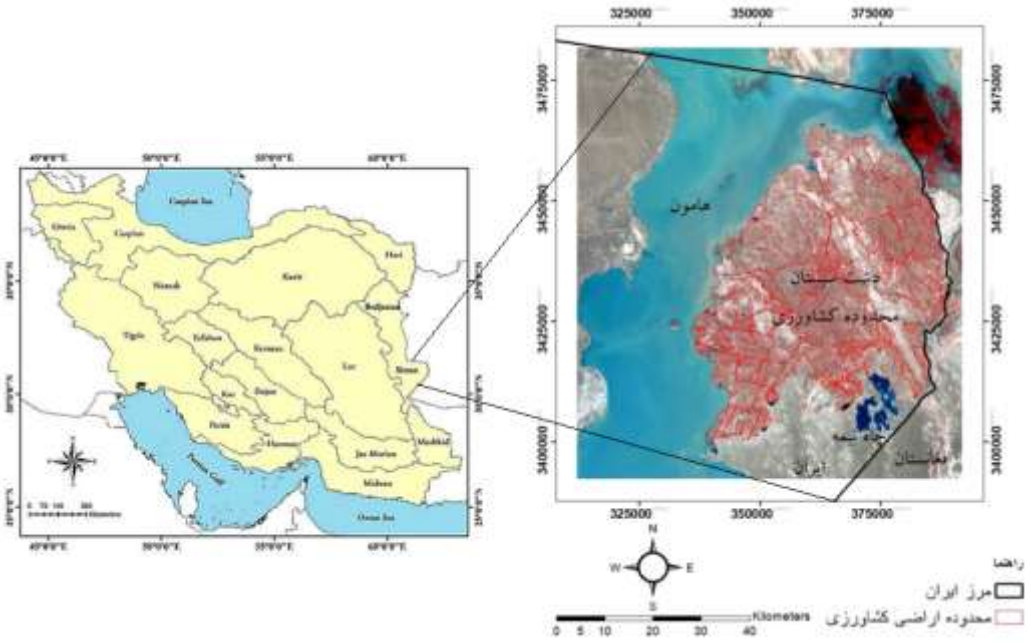
ایران جز مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد و از طرفی به دلیل خشکسالی‌های پیاپی بحران آب در آن به یک مسئله جدی تبدیل شده است (Piri, 2019). منطقه سیستان در جنوب شرق ایران در یک ناحیه فوق خشک قرار گرفته که رودخانه هیرمند مهمترین منبع تأمین آب برای مصارف مختلف آن می‌باشد و به دلیل تغییرات در بالادست رودخانه هیرمند در طی سه دهه گذشته با بحران شدید آب روبرو شده است (Maleki *et al.* 2021). این مسله، باعث آسیب به کشاورزی منطقه، زیان اقتصادی ناشی از تخریب اراضی، و محدود شدن کشاورزی در مناطق با بیشترین توان کشاورزی شده است (Janbozorgi *et al.*, 2021). بنابراین به منظور مدیریت اقتصاد دشت سیستان که وابسته به کشاورزی است، تعیین اراضی پایدار کشاورزی می‌تواند برای حمایت از مردم و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت مدیریتی حائز اهمیت باشد. Solaymani و همکاران (۱۳۹۹) اقدام به بررسی میدانی تأثیر سیاست‌های آبی افغانستان بر منطقه سیستان نمودند. نتایج پژوهش نشان داد که افغانستان تنها منبع تأمین کننده آبی سیستان است. به دلیل وابستگی مستقیم و غیرمستقیم مردم به رودخانه هیرمند در اثر حجم کم آورد رودخانه، زندگی و درآمد مردم تحت تأثیر قرار گرفته است.

هدف از انجام پژوهش حاضر تعیین نواحی با کاربری کشاورزی در طی زمان می‌باشد که با وجود دوره‌های خشکسالی، همچنان رها نشده و به کاربری‌های دیگر تبدیل نشده‌اند. فرض اساسی در این پژوهش پایدارتر بودن اراضی در نواحی است که نزدیک تر به ذخیره گاه آب و انهار داخلی به دلیل دارا بودن چاهک‌های آب شیرین می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

**محدوده مطالعه:** این مطالعه در منطقه سیستان در محدوده جغرافیایی بین ۳۰ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه عرض جغرافیایی و ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه طول جغرافیایی در جنوب شرقی ایران و در شمالی‌ترین قسمت استان سیستان و بلوچستان، انجام شد (شکل ۱). کشاورزی و دامداری مهم‌ترین منبع درآمد در منطقه سیستان، است و گندم و محصولات جالیزی، مهمترین کشت این سرزمین می‌باشد و فصل کشت از مهر تا اواسط خرداد است. اقلیم منطقه به روش دومارتون، فرا خشک بوده و متوسط بارندگی سالیانه آن کمتر از ۵۰ میلی‌متر و متوسط دما در آن ۲۲ درجه سانتیگراد می‌باشد (Maleki *et al.*, 2019). رودخانه هیرمند مهم‌ترین منبع تأمین کننده آب برای مصارف مختلف این منطقه می‌باشد که در شرایط نرمال، جریان این رودخانه از زمستان شروع شده و تا انتهای بهار ادامه پیدا می‌کند. تالاب هامون، توسط رودخانه هیرمند آبگیری می‌شود (Rahdari *et al.*, 2011). ذخیره‌گاه‌های آبی چاه‌نیمه سیستان گودال‌های طبیعی می‌باشند که آب رودخانه هیرمند در آن‌ها برای مصارف شرب و در صورت کافی بودن، برای کشاورزی ذخیره می‌گردد (Amiri *et al.*, 2014). پس از سال ۱۳۷۸ و با ایجاد سازه‌های آبی و افزایش مصارف آب در بالادست رودخانه هیرمند، ورودی آب به منطقه سیستان کاهش پیدا کرده به گونه‌ای که در برخی سال‌ها، آب به این منطقه وارد نشده است (Maleki *et al.*, 2021). همچنین در برخی از نواحی منطقه سیستان و به‌خصوص در مناطق شرقی نزدیک به منابع

آب چاه‌نیمه و انهار، چاهک‌های سطحی آب تأمین کننده
آب بخش کشاورزی می‌باشند (Piri, 2019).




**شکل ۱- منطقه مطالعه در جنوب شرق ایران**

**داده‌های مورد استفاده:** برای دستیابی به اهداف پژوهش حاضر، تصاویر ماهواره‌ای بر اساس دوره‌های مختلف آبگیری تالاب هامون و مرور منابع (Rahdari *et al.*, 2011; Maleki *et al.* 2019; Mir *et al.*, 2021 & 2022) انتخاب شدند. بنابراین از سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای لندست برای سال‌های ۱۳۷۱ و (سنجنده TM) و سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ (سنجنده OLI)، نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰ منطقه، تصاویر گوگل ارث، مصاحبه با کارشناسان و خبرگان، مرز منطقه سیستان و بخشی از تالاب هامون، استفاده شد. بررسی‌های میدانی در اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۱ انجام شد و موقعیت اراضی کشاورزی و اراضی رها شده بایر، مشخص گردید.

**تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی:** به منظور تعیین طبقات پوشش اراضی با توجه به نقشه‌های توپوگرافی، مطالعات میدانی و مطالعات گذشته (Rahdari *et al.*, 2011; Mir *et al.*, 2021; Latifi *et al.*, 2022). برای آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای به منظور پردازش، در ابتدا تصحیح اتمسفری به روش Flaash بر روی تصاویر انجام شد. تصاویر تصحیح شده در نرم‌افزار ARC-GIS با یکدیگر ادغام شدند.

با توجه به در دسترس نبودن اطلاعات مربوط به مقدار آب ورودی وردخانه هیرمند به دشت سیستان این مطالعه در دو مقیاس یکی مقیاس کلان برای بررسی مقدار آب ورودی و سایر پوشش‌ها در سطح منطقه سیستان و بخشی از تالاب هامون و دیگری مربوط به محدوده اراضی کشاورزی برای بررسی پایداری کشاورزی در در برابر تغییرات آب رودخان هیرمند در دشت سیستان انجام شد. ابتدا، مرز منطقه در مقیاس کلان شامل نواحی از تالاب هامون و همچنین دشت سیستان انتخاب و بر روی تصاویر ماهواره‌ای اعمال گردید. لذا به منظور بررسی میزان آب ورودی به منطقه، تصاویر ماهواره‌ای هر سال با استفاده از نمونه‌های تهیه شده برای پوشش اراضی سطح زمین، به روش بیشترین شباهت (Maxlike) طبقه‌بندی و نقشه‌های طبقات پوشش اراضی در چهار طبقه شامل آب، پوشش گیاهی، اراضی بایر و شوره‌زار تهیه شد. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی با استفاده از روش اندازه‌گیری قطر اصلی تاج پوشش گیاه و با استفاده از پلات انجام شد. سطح پلات با استفاده از روش حداقل مساحت مؤثر ۳ در ۵ متر تعیین گردید. با توجه به نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری‌های میدانی، مناطق با تراکم تاج پوشش گیاهی بیشتر از ۲۰ درصد به عنوان مرتع و کمتر از آن به عنوان اراضی بایر، درنظر گرفته شدند

(Rahdari *et al.*, 2011). برای تهیه محدوده اراضی با سابقه کشت، با استفاده از تصاویر گوگل ارث، نظر ساکنین منطقه و بررسی نقشه توپوگرافی، مرز کلی مناطق با سابقه کشاورزی با مشاهده آثار کشاورزی مانند وجود ناحیه‌بندی در زمین، در محیط گوگل ارث، تهیه گردید. مرز تهیه شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای هر سال اعمال و بدون در نظر گرفتن زیر کشت بودن یا نبودن، این مناطق از تصویر اصلی جدا شدند. بررسی تصاویر رنگی کاذب ماهواره‌ای مربوط به مناطق برش داده شده نشان داد علاوه بر اراضی کشاورزی زیر کشت، سایر پوشش و کاربری اراضی‌ها مانند اراضی کشاورزی رها شده یا بایر و اراضی شور نیز وجود دارد. مراتع محدودی که در این نواحی قرار داشتند یا در اراضی کشاورزی رها شده توسعه یافته بودند، نیز در دو طبقه آخر درنظر گرفته شدند. نقشه کاربری و پوشش اراضی محدوده اراضی کشاورزی تفکیک شده با اعمال طبقه‌بندی نظارت شده مانند مرحله قبل، تهیه شد. در نهایت نقشه کاربری و پوشش اراضی محدوده اراضی با سابقه کشاورزی، در سه طبقه اراضی کشاورزی رها شده یا بایر و اراضی شور، تهیه گردید. برای بررسی دقت نقشه‌های تهیه شده از نمونه‌های برداشت شده از منطقه که در طبقه‌بندی مورد استفاده قرا نگرفته بودند استفاده شد. به این ترتیب، با مقایسه واقعیت منطقه و نقشه تهیه شده ماتریس خطا برای تصاویر در هر دو مقیاس تهیه و صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه گردید. تحلیل تغییرات پس از تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی در منطقه مطالعه صورت گرفت. جدول ۱ اطلاعات مربوط به تصاویر ماهواره‌ای مربوط به اردیبهشت ماه، استفاده شده را نشان می‌دهد.

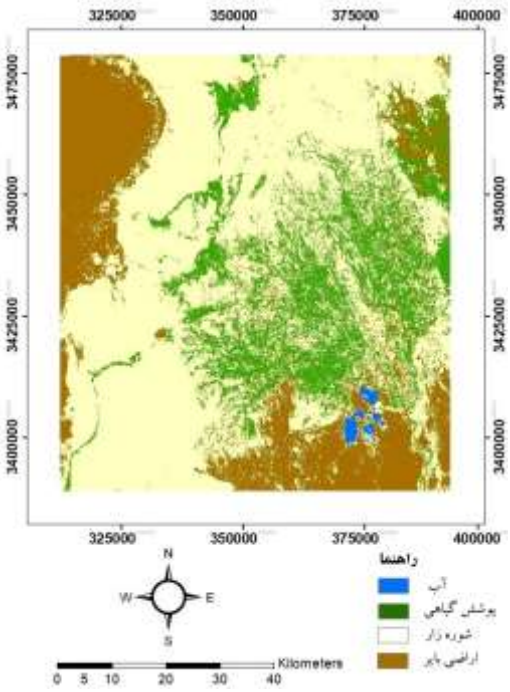
**جدول ۱- اطلاعات تصاویر مورد استفاده**

| سال | نوع سنجنده | قدرت تفکیک مکانی (متر) |
|---|---|---|
| ۱۳۷۱ | TM | ۳۰ |
| ۱۳۷۹ | TM | ۳۰ |
| ۱۳۹۹ | OLI | ۳۰ |
| ۱۴۰۰ | OLI | ۳۰ |
| ۱۴۰۱ | OLI | ۳۰ |

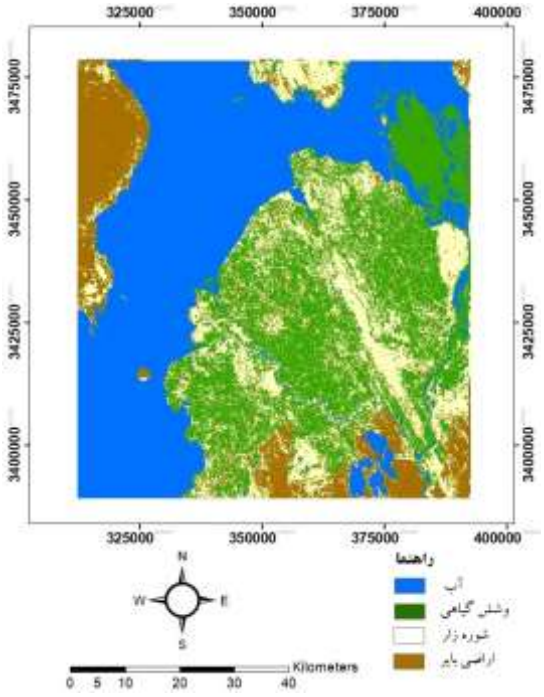
# نتایج

## تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی

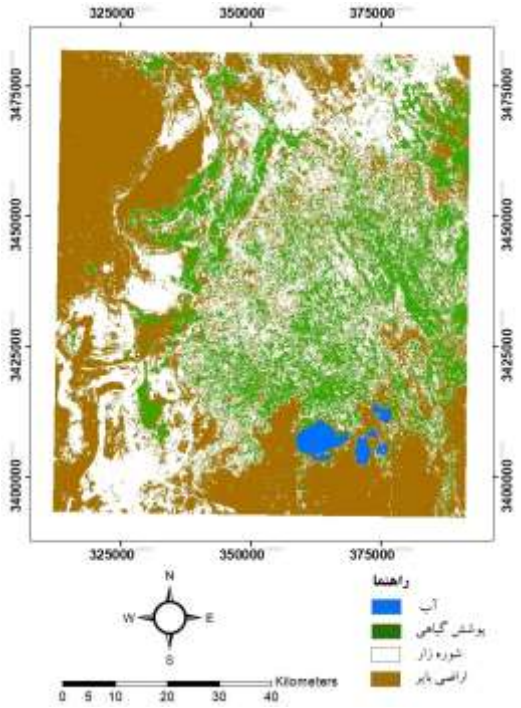
پس از انجام پیش‌پردازهای لازم و پردازش تصاویر ماهواره‌ای، نقشه کاربری و پوشش اراضی در دو سطح کلان و نیز در محدوده مناطق با سابقه کشاورزی، تهیه شد. شکل ۲ الف تا ث، نقشه کاربری و پوشش اراضی در مقیاس وسیع‌تر را نشان می‌دهد.



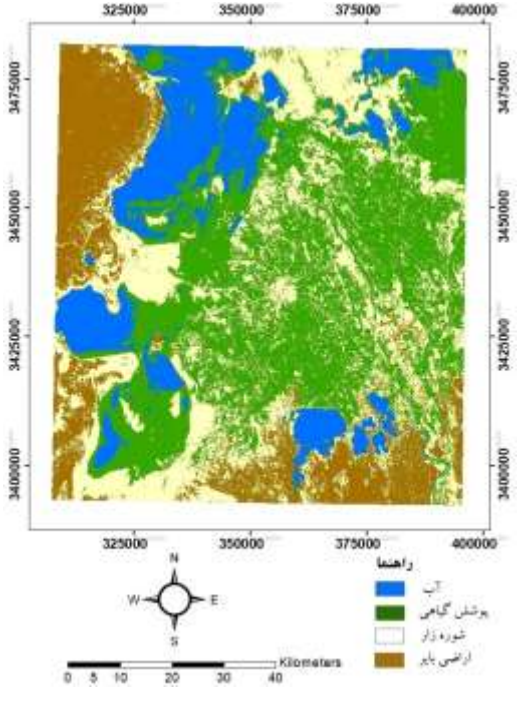

**شکل ۲-ب- پوشش اراضی در سال ۱۳۷۹**



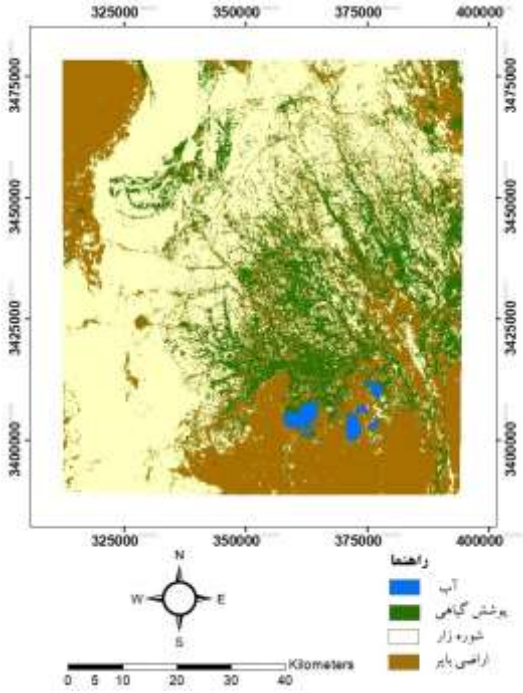

**شکل ۲-الف- پوشش اراضی در سال ۱۳۷۱**




**شکل ۲-ت- پوشش اراضی در سال ۱۴۰۰**



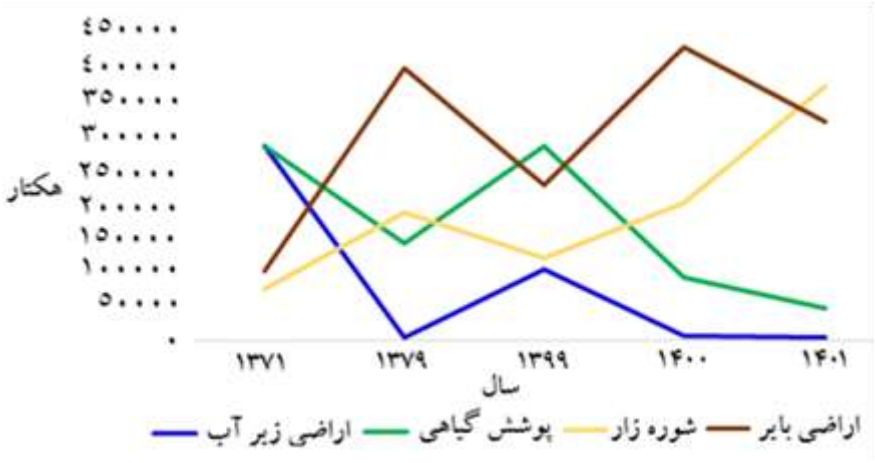

**شکل ۲-پ- نقشه پوشش اراضی در سال ۱۳۹۹**



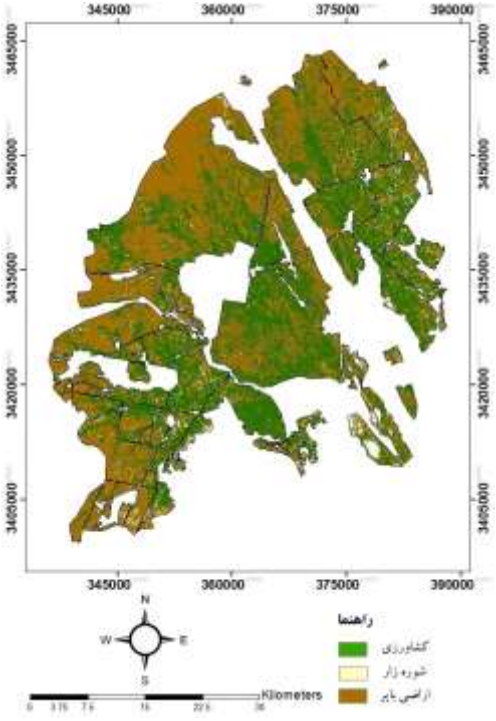

**شکل ۲-ث- پوشش اراضی در سال ۱۴۰۱**

**شکل ۲ الف تا ث- نقشه پوشش اراضی در مقیاس وسیع مطالعه**

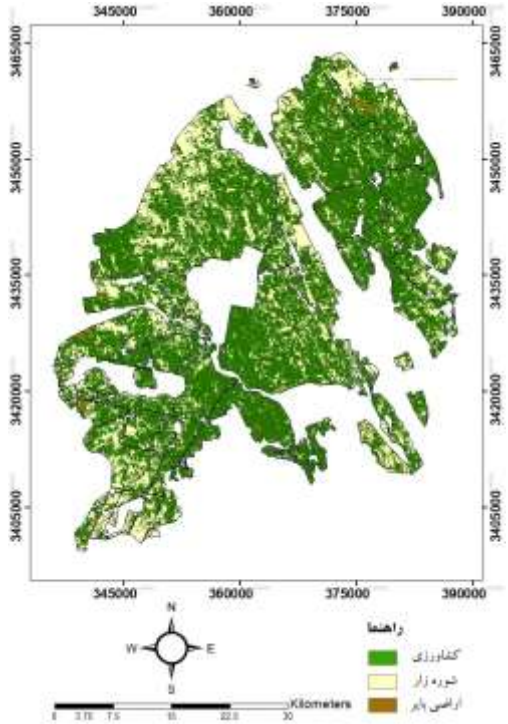
بررسی شکل ۲- الف، در سال ۱۳۷۱ مربوط به میزان آبگیری تالاب هامون در محدوده مطالعه، نشان می‌دهد در این سال، ورودی آب به منطقه سیستان به صورت معمول بوده و محدودیت منابع آب وجود نداشته است. سایر سال‌ها، شکل‌های ۲ ب الی ۲ ث، نیز از سطوح مختلف آبگیری و وضعیت پوشش‌های اراضی سطح زمین برخوردار بوده‌اند. شکل ۳، مساحت هر یک از طبقات پوشش اراضی در مقیاس وسیع تر را نشان می‌دهد. شکل‌های ۴ الف-ث، نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی در محدوده با سابقه کشاورزی در بین سال‌های ۱۳۷۱ الی ۱۴۰۱ را نشان می‌دهد.



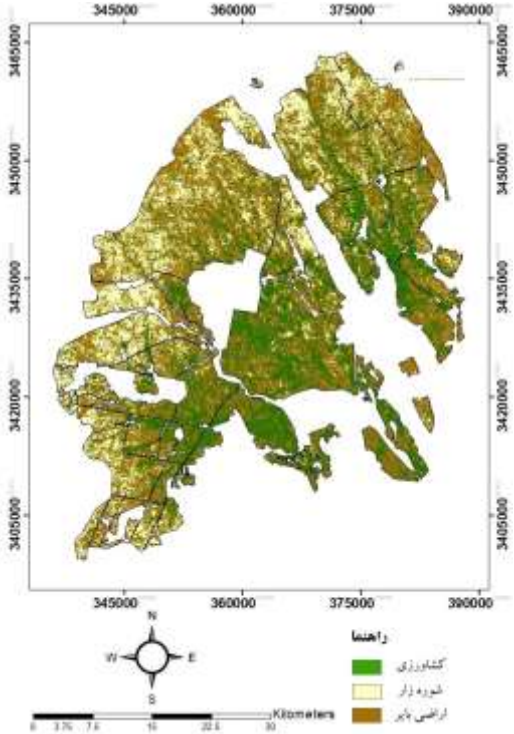

**شکل ۳- مساحت پوشش‌های مختلف اراضی در بین سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۴۰۱**



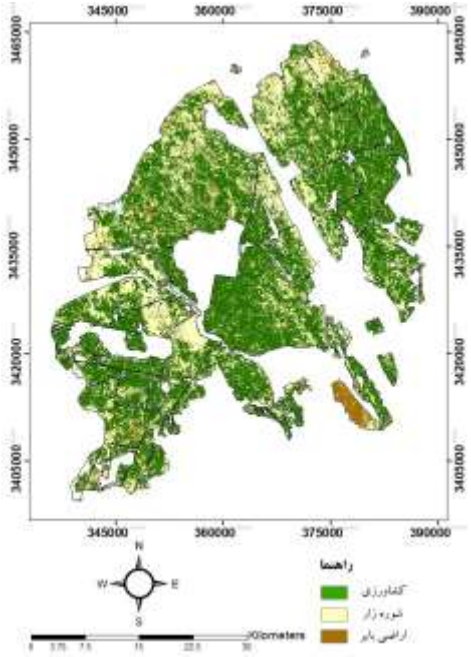

**شکل ۴-ب- کاربری و پوشش اراضی در سال ۱۳۷۹**



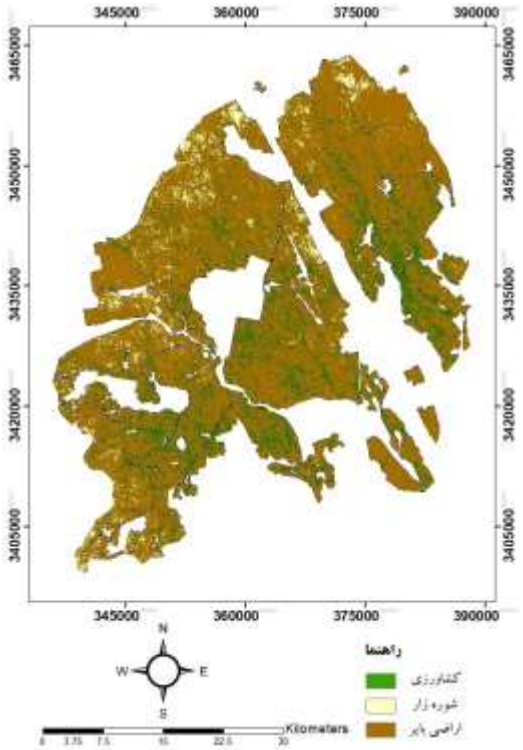

**شکل ۴-الف- کاربری و پوشش اراضی در سال ۱۳۷۱**




**شکل ۴-ت- کاربری و پوشش اراضی در سال ۱۴۰۰**




**شکل ۴-پ- کاربری و پوشش اراضی در سال ۱۳۹۹**

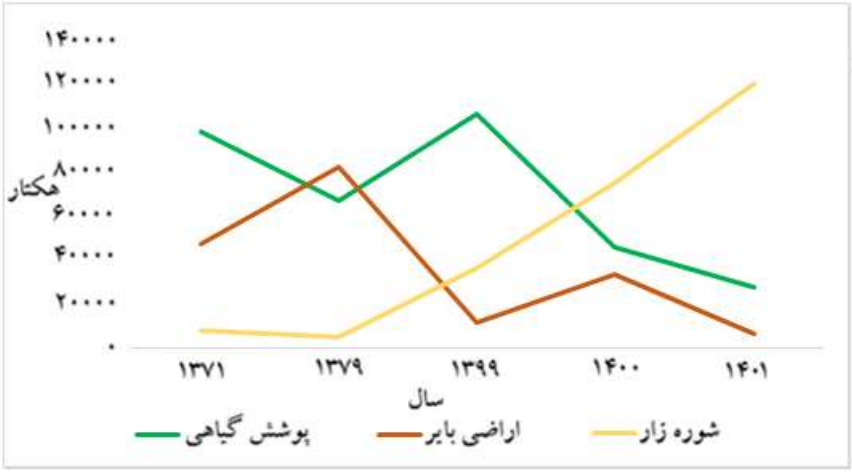



**شکل ۴-ث- کاربری و پوشش اراضی در سال ۱۴۰۱**

**شکل ۴- الف تا ث- نقشه کاربری و پوشش اراضی در محدوده اراضی با سابقه کشاورزی**

شکل ۵، مساحت طبقات کاربری و پوشش اراضی در محدوده اراضی با سابقه کشاورزی بر حسب هکتار را نشان می‌دهد. شکل ۵ مربوط به مساحت کاربری و پوشش اراضی درون محدوده با سابقه کاربری کشاورزی به وضوح کاهش سطح اراضی کشاورزی و تبدیل آنها به پوشش‌های اراضی دیگر را نشان می‌دهد. در سال ۱۳۷۱، بیشترین سطح اراضی کشاورزی برابر با ۹۸۵۰۴ هکتار ثبت شده است. اما در سال‌های بعد، روندی کاهشی پیوسته دیده می‌شود که با کاهش آب همزمان است. در سال ۱۴۰۱، سطح اراضی کشاورزی به کمترین مقدار خود یعنی ۲۷۸۹۹ هکتار رسیده است.

جدول ۲، ضریب کاپا و صحت کلی برای نقشه‌ها در هر دو مقیاس بر اساس ماتریس خطای محاسبه شده را نشان می‌دهد.




**شکل ۵- نمودار تغییرات مساحت کاربری‌های اراضی در سال‌های مورد مطالعه**

**جدول ۲- مقدار ضریب کاپا و صحت کلی برای نقشه‌های تهیه شده**

| | سال ۱۴۰۱ | | سال ۱۴۰۰ | | سال ۱۳۹۹ | | سال ۱۳۷۹ | | سال ۱۳۷۱ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | صحت کلی | کاپا | صحت کلی | کاپا | صحت کلی | کاپا | صحت کلی | کاپا | صحت کلی | کاپا |
| مقیاس کلان | ۸۸٪ | ۰/۸۴ | ۸۵٪ | ۰/۸۱ | ۹۱٪ | ۸۷٪ | ۸۴٪ | ۰/۸۱ | ۸۵٪ | ۰/۸۱ |
| محدوده اراضی کشاورزی | ۸۵٪ | ۰/۸۲ | ۸۳٪ | ۰/۸۰ | ۸۴٪ | ۰/۸۱ | ۸۷٪ | ۸۴ ۰/ | ۸۳٪ | ۰/۸۰ |

## بحث

برای دستیابی به اهداف، این مطالعه در دو سطح شامل یک سطح وسیع تر که هدف اصلی آن تهیه نقشه اراضی دارای آب به عنوان نمایه‌ای برای بررسی میزان آب ورودی به منطقه سیستان جهت استفاده برای کشاورزی، شامل اراضی آبدار، پوشش گیاهی، شوره‌زارها و اراضی بایر و در سطح کوچکتر که برای بررسی پایداری اراضی کشاورزی و تجزیه و تحلیل رابطه اراضی کشاورزی و منابع آبی در ۳ طبقه کاربری و پوشش اراضی شامل اراضی کشاورزی، اراضی بایر، اراضی شوره‌زار تهیه شد. جدول ۲، نشان می‌دهد تمامی نقشه‌های تهیه شده با صحت کلی بیش از ۸۰ درصد و ضریب کاپای بیشتر از ۰/۸ دارای دقت قابل قبول می‌باشند. Rahdari و همکاران (۲۰۱۸)، با محاسبه ضریب کاپا و صحت کلی مقادیر بیش از ۰/۸ و ۸۰ درصد را قابل قبول برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی بیان کرده‌اند. Rayegani و همکاران (۲۰۱۹) نیز با استفاده از سری تصاویر ماهواره لندست اقدام به تهیه نقشه مراتع، اراضی کشاورزی، پهنه‌های آبی و اراضی بایر کردند و با محاسبه دقت کلی بیش از ۸۵ درصد، آن‌را قابل قبول بیان نمودند.

بر اساس شکل ۳، مربوط به سطح پوشش اراضی در مقیاس کلان منطقه، بین سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۹، یک روند کاهشی شدید در سطح آب قابل مشاهده است. در

سال ۱۳۷۱، سطح آب در منطقه بیش از ۲۸۰ هزار هکتار بوده است. در این سال، تمام پهنه تالاب هامون، دارای آب می‌باشد. اما این مقدار تا سال ۱۳۷۹ به حدود ۳ هزار هکتار که محدود به چاه‌نیمه‌ها می‌شود، کاهش یافته که بیانگر کاهش شدید منابع آبی در این سال است. Asgari (۱۴۰۲) به نقش کشور افغانستان در کاهش حق آبه دریافتی ایران از طریق رودخانه هیرمند و درنتیجه کاهش سطح آب در تالاب هامون و خشکسالی در منطقه سیستان، اشاره کرده است. در سال ۱۳۹۹ به آبگیری نسبتاً مطلوب تالاب هامون به گونه‌ای بوده است که سطح آب تا بیش از ۱۰۰ هزار هکتار افزایش یافته و نشان دهنده ورود مقادیر کافی آب به منطقه سیستان است. با این حال، این افزایش پایدار نبوده و در سال‌های بعدی، سال ۱۴۰۰ و به‌ویژه در ۱۴۰۱، به کمتر از ۵ هزار هکتار کاهش یافته است. Maleki و همکاران (۲۰۱۹) توسعه اراضی کشاورزی و ایجاد سازه‌های آبی در بالادست رودخانه هیرمند و در کشور افغانستان را باعث کاهش ورودی آب رودخانه هیرمند و کم شدن سطح آب تالاب هامون بیان نموده‌اند.

بررسی شکل‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهد که تغییرات آب با پوشش گیاهی دارای روند مشابهی می‌باشد. در سال ۱۳۹۹ که سطح آب به ۱۰۲۵۰۶ هکتار افزایش یافته، پوشش گیاهی نیز تا ۲۸۲ هزار هکتار افزایش پیدا کرده است. در سال ۱۴۰۰ با قطع آب، مقدار پوشش گیاهی تا ۹۱۲۴۹ هکتار کاهش یافته و با ادامه خشکی رودخانه هیرمند در سال ۱۴۰۱، پوشش گیاهی نیز به ۴۷ هزار هکتار کاهش پیدا کرده است. Mir و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای برای بررسی تغییرات اکوسیستمی تالاب هامون نیز بیان کرده‌اند که تغییرات سطح پوشش گیاهی در منطقه سیستان به مقدار ورودی آب رودخانه هیرمند رابطه مستقیم دارد.

بررسی شکل ۳، نشان می‌دهد، شوره‌زار و اراضی بایر دارای روندی معکوس با سطح آب می‌باشند که تبدیل سایر پوشش‌های اراضی مانند اراضی آبدار و پوشش گیاهی به شوره زارها و اراضی بایر، نشان دهنده تخریب اراضی می‌باشد و از طرف دیگر، در سال‌های با ورودی آب زیاد، مقدار اراضی شور و بایر، کاهش یافته و روند احیای اکوسیستم‌های وابسته به آب در منطقه رخ می‌دهد. Mir و همکاران (۱۴۰۰) نیز، تبدیل پوشش گیاهی و یا اراضی آبدار به اراضی بایر را در دشت سیستان نشان دهنده تخریب سرزمین بیان کرده‌اند. نتایج شکل‌های ۲ و ۳ یافته‌های Afsharinia و Panahi (۲۰۲۱) را که بیان نمودند افزایش شوری خاک، با خشکسالی دارای همبستگی معنی‌دار می‌باشد را تأیید می‌کند. همچنین، Norafar و همکاران (۲۰۲۳) بیان کرده‌اند با کاهش مقدار ورودی آب رودخانه هیرمند به منطقه سیستان، شوری خاک افزایش پیدا می‌کند و در طی دوره سال ۱۳۸۱ تا سال ۱۴۰۱، در سال ۱۴۰۱، مقدار شوری خاک را بیشتر برآورد کرده‌اند. Sadati و Awatifi (۲۰۱۸) نیز بیان کردند وسعت اراضی شور در سیستان در زمان ورود آب به منطقه کاهش پیدا می‌کند.

نقشه کاربری و پوشش اراضی در محدوده اراضی دارای سابقه کاربری کشاورزی برای بررسی پایداری کاربری کشاورزی در منطقه سیستان در سناریوهای مختلف ورود آب به منطقه سیستان بررسی شد. بررسی شکل‌های ۴ الف-ث و شکل ۵، نشان می‌دهد، همزمان، اراضی بایر و شوره‌زار که در این تحلیل معادل اراضی رها شده در نظر گرفته شده‌اند، روندی افزایشی داشته‌اند. مجموع آن‌ها از حدود ۵۵ هزار هکتار در سال ۱۳۷۱ به بیش از ۱۲۵ هزار هکتار در سال ۱۴۰۱ رسیده است. این تغییر بیانگر تبدیل تدریجی زمین‌های قابل کشت به اراضی رها شده شامل اراضی شور و بایر و غیرقابل بهره‌برداری می‌باشد که نشان دهنده ناپایدار بودن این نواحی است. Padiyab و همکاران (۲۰۱۱) شور شدن اراضی کشاورزی در اثر خشکسالی را یکی از مهمترین دلایل رها شدن این اراضی و کاهش کیفیت خاک برای کشاورزی بیان کرده‌اند.

مقایسه بین شکل ۳ و شکل ۵ نیز حاکی از آن است که هر زمان که سطح آب در شکل ۳ کاهش یافته، در شکل ۵ کاهش اراضی کشاورزی و افزایش زمین‌های بایر و شور مشاهده شده است. به گونه‌ای که در شرایطی که در سال ۱۳۷۹، سطح آب تا ۳ هزار هکتار کاهش یافته، در همان زمان، اراضی کشاورزی از حدود ۹۸ هزار به ۶۶۸۱۵ هکتار کاهش یافته و اراضی بایر افزایش قابل توجهی داشته‌اند. بررسی‌های میدانی و مصاحبه با کشاورزان و مرور منابع، Maleki و همکاران (۲۰۱۹) و Piri (۲۰۱۹) نشان داد در این سال به دلیل اینکه اولین سال بدون آب بوده، منابع آب زیرزمینی در اکثر مناطق سیستان دارای آب با کیفیت مناسب برای کشاورزی بوده‌اند و باعث پایداری نسبی

کشاورزی در منطقه سیستان شده است. در سال ۱۳۹۹ و با ورود آب کافی به منطقه سیستان، کشاورزان برای کشت بهاره اقدام نموده و بر اساس شکل ۴ پ و ۵، سطح اراضی کشاورزی افزایش یافته و تا ۱۰۵۹۴۸ هکتار افزایش یافته است. بررسی میدانی نشان داد در همین سال کشاورزان به امید ورود آب در زمستان ۱۳۹۹، اقدام به کشت نموده‌اند که به دلیل عدم ورود آب در زمستان ۱۳۹۹ و بهار سال ۱۴۰۰، خسارت قابل توجهی به کشاورزان وارد شده و به دنبال آن سطح اراضی کشاورزی در بهار ۱۴۰۱ نیز کاهش یافته است.

در سال ۱۴۰۱، با ادامه خشکی رودخانه هیرمند و با کاهش کیفیت آب چاهک‌ها بر اساس بازدیدهای بسیاری از اراضی کشاورزی رها شده و تبدیل به اراضی بایر شده‌اند. Bostani و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیان کردند خشکسالی و کاهش منابع آبی مهمترین دلیل رها سازی اراضی کشاورزی می‌باشد که کاهش سطح اراضی کشاورزی همزمان با کاهش منابع آب و نبود منابع آب زیرزمینی مناسب، در پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی بایر و شوره زار، باعث تخریب زمین و بخصوص تشدید پدیده فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار در منطقه می‌گردد.

بررسی شکل‌های ۴ الف تا ث، نشان می‌دهد اراضی کشاورزی که در غرب منطقه سیستان بوده‌اند به دلیل فاصله از منابع آبی چاه‌نیمه و عدم شارژ منابع آب زیر زمینی، دارای پایداری کمتری نسبت به اراضی در سمت شرق و نزدیک ذخیره‌گاه‌های آبی می‌باشند. Pahlavan-Rad و همکاران (۲۰۲۰) به مناسب بودن شرایط کشاورزی در مجاورت ذخیرهگاه‌های آبی چاه نیمه به علت نفوذپذیری بهتر خاک و کم بودن هدایت الکتریکی چاهک‌های آب، اشاره کرده‌اند.

این پژوهش نشان داد که پایداری اراضی کشاورزی در منطقه سیستان به شدت به میزان ورودی آب از رودخانه هیرمند وابسته است. بر اساس داده‌های تحلیل شده از بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۱، در سال ۱۳۷۱ با وجود جریان مناسب آب، بیشترین سطح اراضی زیر کشت (حدود ۱۰۶ هزار هکتار) ثبت شده و شرایط مناسبی برای کشاورزی فراهم بوده است. در این سال سطح اراضی شور و اراضی بایر (اراضی رها شده) در کمترین مقدار خود در دوره مطالعه برخوردار بوده است. با کاهش ورودی آب در سال ۱۳۷۹، سطح زیر کشت کاهش یافت و سطح اراضی رهاشده شامل اراضی بایر و شوره‌زار افزایش یافت که نشان‌دهنده کاهش پایداری کشاورزی است. افزایش نسبی آب در سال ۱۳۹۹ منجر به رشد مجدد اراضی کشاورزی شد، اما با این وجود، تخریب خاک و افزایش شوری باعث شد بخش قابل توجهی از اراضی همچنان به صورت رهاشده باقی بمانند. در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱، تداوم خشکسالی و قطع کامل جریان آب و کاهش سطح آب ذخیرهگاه‌های آبی چاه‌نیمه، سطح اراضی کشاورزی را به شدت کاهش داد و در این دو سال، در مقایسه با سال ۱۳۷۱، بیش از ۸۰ درصد اراضی به اراضی رهاشده تبدیل شدند که این موضوع گویای کاهش شدید پایداری کاربری کشاورزی در منطقه سیستان است. نتایج پژوهش حاضر و بررسی نقشه‌های تهیه شده، نشان می‌دهد با کاهش ورودی آب به منطقه سیستان، پایدارترین اراضی کشاورزی در سمت شرق و در نزدیکی منابع آب چاه‌نیمه که دارای منابع آب زیرزمینی شیرین‌تر می‌باشد وجود دارند.

## منابع


1. **Afsharinia, M. and Panahi, F., 2021.** Effect of climatic drought on surface soil salinity in Kashan Plain. Water and Soil Management and Modeling. 1(2), 36–46. (In Persian with English abstract).
2. **Amiri, F., Rahdari, V. and Maleki, S., 2014.** Multi-temporal Landsat images based eco-environmental change analysis in and around Chahnimeh reservoir, Balochestan (Iran). *Environmental Earth Sciences.*72, 801-809.
3. **Asgari, S., 2023.** Afghanistan's role in changing Helmand situation from hydropolitics level to geopolitics level. *Political Organizing of Space Quarterly*, *5*(3), 336–357. (In Persian with English abstract).
4. **Bostani, A., Najafpour, B. and Javani, K., 2016.** Analysis the Effects of Drought on rural Settlements Inastability in Drab villages Township. Regional planning. 21(6), 155–166. (In Persian with English abstract).
5. **Carrilho, J., Dgedge, G., dos Santos, P.M.P. and Trindade, J., 2024.** Sustainable land use: Policy implications of systematic land regularization in Mozambique. Land Use Policy, 138, 107046.

https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.107046

6. **Dahmaardeh, M., Shahriari, M., Maleki, S. and Rahdari, V., 2023.** Investigating Land Cover Changes Using Landscape Metrics on the Coasts of Chabahar. Environment and interdisciplinary development. 8(81), 62-77.
7. **Hekmatnia, M., Hosseini, S.M. and Safdari, M., 2020.** Water Resource Management of the Agricultural Sector in Sistan and Baluchestan Province: a Virtual Water Perspective. Irrigation and Water Engineering. 11(1), 137–149. (In Persian with English abstract).
8. **Hao, N., Sun, P., Yang, L., Qiu, Y., Chen, Y. and Zhao, W., 2021.** Optimal allocation of water resources and eco-compensation mechanism model for Tingjiang River. International Journal of Environmental Research and Public Health. 19(1), 149.
9. **Howitt, R., MacEwan, D., Medellín-Azuara, J., Lund, J. and Sumner, D., 2015.** Economic analysis of the 2015 drought for California agriculture. University of California, Davis.
10. **Janbozorgi, M., Zehtabian, G., Khosrouri, H. and Hanifehpour, M., 2021.** Investigation of dust challenges and strategies to deal with it in Sistan region. Zist sepehr. 14(1), 37–45.
11. **Kermani, F., Rayegani, B., Nezami, B., Goshtasb, H. and Khosravi, H., 2018.** Assessing the vegetation trends in arid and semi-arid regions (Case study: Touran Protected Area). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, *6*(17), 1–14. (In Persian with English abstract).
12. **Khalifeh, M., Alikhah Asl, M. and Rezvani, M., 2018.** Assessment of Land Capability for Agriculture and Rangeland Development Using Hierarchical Analysis Method (Case study: Gaz long - Lavar-e Saheli Watershed of Bushehr Province). Geographical Research. 33(1), 109-123
13. **Latifi, A., 2021.** Vegetation cover change in Sistan region. 5th International Congress on Agricultural and Environmental Development with Emphasis on the UN Development Program, Tehran.
14. **Maleki, S., Baghdadi, N. and Rahdari, V., 2021.** Humans in the upstream can exacerbate climate change impacts on water birds' habitat in the downstream. Scientific Reports. 20, 20203.
15. **Maleki, S., Soltani Koupaei, S., Soffianian, A., Saatchi, S., Pourmanafi, S. and Rahdari, V., 2019.** Human and climate effects on the Hamoun wetlands. American Meteorological Society. 11(3), 609–612.
16. **Moradi, A., Jafari, M., Arzani, H. and Ebrahimi, M., 2016.** Assessment of land use changes into dry land using satellite images and Geographical information system (GIS). RS and GIS for Natural Resources. 7(1), 89–100. (In Persian with English abstract).
17. **Mangeli Meydook, A., Afifi, M.E. and Vakhshoori, A., 2020.** Environmental sustainability assessment with emphasis on drought and water resources using multi-criteria artificial neural network technology (case study of Babak city). Physical geography. 12(48), 105–127. (In Persian with English abstract).
18. **Mir, M., Maleki, S. and Rahdari, V., 2021.** Application of Landscape Ecology in Spatio-Temporal Change Detection of Arid Regions, Case Study: Sistan Plain. Iranian Journal of Applied Ecology. 10 (2), 67-81. (In Persian with English abstract).
19. **Mir, M., Maleki, S. and Rahdari, V., 2022.** Ecosystem change detection in arid area in relation to stockholders, The case study: Hamoun wetland. Desert Ecosystem engineering. 11(34), 1–14. (In Persian with English abstract).
20. **Naderyanfar, M., Ghanbari, S. and Bazrafshan, J., 2021.** The Impact of the 46,000-Hectare Sistan Plain Irrigation Project on the Social Sustainability of Villages (Case Study: Rural Areas of Hamoon City). Community development (Rural-Urban). 13(2), 455–469. (In Persian with English abstract).
21. **Naveen, P. and Bantilan, K.C., 2014**. Vulnerability and policy relevance to drought in the semi-arid tropics of Asia – A retrospective analysis. Weather and Climate Extremes. 3, 54–61.
22. **Norafar, A., Gholami, H., Moradi, N., Rahdari, V. and Rezaei, M., 2023.** Investigating the Effects of Land Use Changes on Dust Storms in the Sistan Region Using Markov Chain Forecasting. Desert Management. 11(3), 1–16. (In Persian with English abstract).
23. **Novoa, V., Ahumada-Rudolph, R., Rojas, O., Munizaga, J., Sáez, K. and Arumí, J.L., 2019.** Sustainability assessment of the agricultural water footprint in the Cachapoal River basin, Chile. Ecological Indicators
24. **Padiyab, M., Feyzniya, S. and Ghasemi, Y., 2009.** Studying the impact of drought

on soil salinization in orchard and agricultural lands of Kakan area. National Conference on Water Crisis in Agriculture and Natural Resources, Tehran.

25. **Pahlavan-Rad, M.R., Dahmardeh, K., Hadizadeh, M., Keykha, G., Mohammadnia, N., Gangali, M., Keikha, M., Davatgar, N. and Brungard, C., 2020.** Prediction of soil water infiltration using multiple linear regression and random forest in a dry flood plain, eastern Iran. Catena, 194, 104715. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104715
26. **Parhizkari, A., Mahmoodi, A. and Shokat-Fadaee, M., 2017.** Economic Analysis of the Effects of Climate Change on Available Water Resources and Agricultural Products in the Watersheds of Shahrood. Agricultural Economics Research. 9(33), 33–50. (In Persian with English abstract).
27. **Piri, H., 2019.** Modeling and Monitoring Subsurface Water Quality Indicators of Sistan Plain using Geographic Information Systems. Water Environment and Engineering. 5(1), 15–23. (In Persian with English abstract).
28. **Qiao, N., Fang, L. and Mu, L., 2020.** Evaluating the impacts of water resources technology progress on development and economic growth over Northwest China. PLoS One, 15(3), e0229571.
29. **Rahdari, V., Maleki, S., Afsari, K., Abtin, E., Piri, H. and Fakhireh, A., 2011.** Hamoun wildlife refugetor change detection during 1987 to 2010 using remote sensing and GIS. Iranian journal of remote sensing and GIS. 3(2), 59-70.
30. **Rahdari, V., Soffianian, A., Pormanafi, S., Ghayoumi, H. and Mosadeghi, R., 2017.** A hierarchical approach of hybrid image classification for land use and land cover mapping. Geographica Pannonica. 22(1), 30-39.
31. **Rahdari, V., Soffianian, A., Pourmanafi, S., Ghayoumi, H., Maleki, S. and Pourmardan, V., 2020.** Multi-Criteria Evaluation for Land Rain- Fed Agriculture Capability (A Case Study: Plasjan Sub- Basin). Water and Soil Sciences, 23(4), 285–297. (In Persian with English abstract).
32. **Rayegani, B., 2019.** Investigating the threats of mangrove forests with the help of remotely sensed data. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, *6*(2), 53–68. In Persian with English abstract).
33. **Raygani, B., Goodarzi, F., Talebi, A., Talaeian Araghi, M. and Hashemi, H., 2020.** Assessment of the probable impacts of land use changes on water quality in Shadeghan Wetland using remotely sensed data. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, *7*(2), 33–48. In Persian with English abstract).
34. **Rayegani, B., Jahani, A., Satari Rad, A. and Shoghi, N., 2019.** Predicting land use changes for 2030 using remote sensing and Landsat multi-temporal images (Case study: Mashhad). *Journal Name*, 10(2), 249–269. In Persian with English abstract).
35. **Rey, D., Holman, I.P. and Knox, J.W., 2017.** Developing drought resilience in irrigated agriculture in the face of increasing water scarcity. Regional Environmental Change. 17, 1527–1540.
36. **Ruwanza, S., Thondhlana, G. and Falayi, M., 2022.** Drought impacts and responses among smallholder farmers in South Africa: A review. Land. 11(2), 159.
37. **Sadati, H. and Awatifi, F., 2018.** Factors influencing agricultural land-use change in villages of Hamedan County. Space Economy and Rural Development. 7(24), 211–226. (In Persian with English abstract).
38. **Sadat, S., Esmaeilnejad, L., Rezaei, H. and Mirkhani, R., 2024.** Monitoring soil Salinity of the Sistan plain using field data and remote sensing. Iranian Journal of Soil and Water Research. 55(8), 1–15. (In Persian with English abstract).
39. **Solaymani, M., Athari, S.A. and Miri, G., 2020.** Field study of the impact of Afghanistan's water policies on the Sistan region. Research political geography quarterly. 5(3), 89-109. (In Persian with English abstract).
40. **Vargas-Cuentas, N., Roman-Gonzalez, A. and Munoz, L.A., 2017.** Use of satellite images for drought studies: The Bolivian case. International Astronautical Congress (IAC), September, Adelaide, Australia.



2026, The Author(s). Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

**Environment & Interdisciplinary Development**
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

# Investigating Agricultural Land Use Stability in The Sistan Plain Using Multi Temporal Satellite Data

**Zahra AhmadYousefi[1], Vahid Rahdari[*2], Roghayeh Karami [3], Saeid Mohammadi[2]**

1- Master's graduate in Environment, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran
2*-Department of Environment, Faculty of Natural Resource, Unversity of Zabol, Zabol, Iran
3- Department of Natural Ecosystems, Hamoun International Wetland Institute, Research Institute of Zabol, Sistan and Baluchestan, Iran

**Original Article**

**Received:** 2025.07.02

**Accepted:** 2025.10.13

**Keywords:** Agricultural Stability, Hamoun Wetland, Hirmand River, Sistan Plain, Abandoned Lands, Satellite Imagery

## Abstract

**Introduction:** The Sistan Plain, located in southeastern Iran, has a hyper-arid climate and is highly dependent on limited water resources, especially the Himand River. Agriculture has historically been the dominant land use in this region, but in recent years it has experienced severe instability due to a sharp decline in water inflow. This research was conducted with the aim of identifying agriculturally sustainable areas in the Sistan Plain over the period from 1991 to 2021 based on changes in the volume of water entering the region. Considering the drastic reduction in water inflow into the Sistan region, planning for agriculture in the most sustainable areas is essential in order to achieve agricultural sustainability and prevent environmental degradation and financial losses for farmers.

**Materials and Methods:** This study was carried out in the Sistan Plain, located in the northern part of Sistan and Balouchestan Province. The data used in this research included Landsat satellite images from five time periods (1991, 2000, 2019, 2020, and 2021), Google Earth imagery, field data, and interviews with local residents. The area of water-covered lands in hamoun wetland and the Chahnimeh reservoirs of Sistan was considered as the amount of water entering the Sistan region. Land use and land cover maps were produced at two spatial scales: one covering the entire Sistan region including the hamoun wetland, and another focusing specifically on agricultural lands. These maps were generated using supervised classification of the satellite images into four categories: agricultural land, abandoned land, bare land, and water-covered land. The accuracy of the classifications was assessed using an error matrix and by calculating the Kappa coefficient and overall accuracy.

**Results:** The findings showed that in 1992 (1371 in the Iranian calendar), more than 280,000 hectares of land in the region were covered by water. However, this area decreased to less than 3,000 hectares in 2000 (1379), indicating a reduction in the inflow of the Helmand River. Similarly, in 1992, the cultivated agricultural land in the region amounted to 98,504 hectares, but by 2000 it had decreased by 31,689 hectares compared to 1992. In 2020 (1399), with the inflow of water from the Helmand River, an area of 102,506



* Corresponding Author's email: vrahdari@uoz.ac.ir

hectares was inundated, and 105,948 hectares were cultivated by farmers. However, in 2021 and 2022 (1400 and 1401), with the complete cutoff of the Helmand River's flow, only 45,552 and 27,899 hectares, respectively, were cultivated.

**Discussion:** An analysis of land cover maps at a broad scale showed that in 2000, the hamoun wetland had dried up, water-covered areas decreased by 278,800 hectares, and bare land increased to more than 394,000 hectares—clear indicators of the direct consequences of reduced water resources. In 2000, vegetation cover declined from 281,000 to 139,000 hectares on a broad scale. The extent of cultivated lands in 1991 was the highest during the study period, at 98,504 hectares. Despite 2000 being the year with the least water coverage during the study period, the extent of agricultural lands still ranked third, amounting to 66,815 hectares. Results from field interviews and literature reviews showed that most wells in the region contained fresh water. In 2019, following sufficient water inflow, farmers resumed cultivation, and the highest cropping activity since 1991 occurred. With the continued reduction in water from the Helmand River during 2020 and 2021, cultivated land area also declined, and agriculture remained sustainable only in areas near the Chahnimeh reservoirs, where fresh water wells are present. Analysis of maps showing agricultural lands revealed that farmlands—especially those located in western Sistan exhibited the greatest instability during this period and were abandoned as water availability declined.