

## پایش وضعیت بیابان‌زایی کویر حاج علی قلی (۱۹۸۷-۲۰۰۶)

سید حجت موسوی\* - دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان  
عباسعلی ولی - استادیار گروه بیابان‌زدایی، دانشگاه کاشان  
مسعود معیری - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان  
ابولفضل رنجبر - دانشیار گروه بیابان‌زدایی، دانشگاه کاشان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۷/۱۵      تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۱/۲۰

### چکیده

بیابان‌زایی یکی از خطرات زیست‌محیطی است که بخش عمده‌ای از جهان را تحت تأثیر خود قرار داده و مجامع علمی به‌طور گسترده‌ای در پی یافتن راه درمان برای آن هستند. پایش پویایی و علل بیابان‌زایی، برای ارائه‌ی دستورکارهای مهم برای راهبردهای کنترل بیابان‌زایی و برنامه‌ریزی منطقی استفاده از زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ضروری است. هدف از این پژوهش ارزیابی زمانی - مکانی بیابان‌زایی و پایش تغییرات آن در بازه بیست‌ساله (۱۹۸۷ - ۲۰۰۶) در حوضه کویر حاج علی قلی با استفاده از روش‌های دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. برای این امر، داده‌های ماهواره‌ای سنجنده TM لندست ۵ (۱۹۸۷/۶/۱۴) و سنجنده ETM<sup>+</sup> لندست ۷ (۲۰۰۶/۸/۲۹) از طریق روش‌های تحلیل مؤلفه مینا، تسلدکپ و شاخص‌های شوری، تفاضل تصویر، طبقه‌بندی، میانگین‌گیری هندسی و ارزیابی دقت، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ارزیابی دقت روش‌های پایش تغییرات نشان می‌دهد که روش تحلیل مؤلفه مینا با دقت کل ۹۱/۲۳ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۲+ و شاخص شوری (۱) با دقت کل ۸۰ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۴+، به ترتیب بیشترین و کمترین دقت را در تفکیک کلاس‌های تغییر دارند. نتایج شناسایی وضعیت بیابان‌زایی حاکی از این است که تغییرات گسترده‌ای در ویژگی‌های اکوزئومورفولوژی پهنه مطالعاتی رخ داده است، به گونه‌ای که ۷۴۸/۰۹۹ کیلومتر مربع از مساحت منطقه، تحت تأثیر تغییر کاربری و کاهش توان اکولوژیک و بیولوژیک قرار دارد. گسترش فضایی آنها بیشتر منطبق بر محدوده‌های اطراف پلایا، مخروطه‌افکنه‌های کال شور و چشمه‌علی و مناطق شمال و شمال غربی کویر است. در مجموع پهنه مطالعاتی در معرض بیابان‌زایی با ریسک بالا قرار دارد.

کلیدواژه‌ها: پایش تغییرات، بیابان‌زایی، کویر حاج علی قلی، دورسنجی.

مقدمه<sup>۱</sup>

مسائل زیست‌محیطی و اتلاف منابع طبیعی، از دسته علل ایجاد راهکارهای مدیریت ریسک و بحران محیط زیست هستند (مخدوم، ۱۳۷۸؛ موسوی و همکاران، ۱۳۹۱). روند روزافزون تخریب منابع در بسیاری از نقاط جهان، تهدیدی جدی برای بشریت است. بیابان‌زایی که یکی از مظاهر این تخریب است، اکثر کشورها را تحت تأثیر قرار داده و سومین چالش قرن بیست‌ویکم معرفی شده است (زهتاییان و رفیعی امام: ۱۳۸۲). حدود ۴۰ درصد از کره زمین را مناطق خشک و نیمه‌خشک در بر گرفته‌اند (Deichmann and Eklundh, 1991) که ۷۰ درصد این مناطق بر اساس مطالعات انجام شده یونپ در سال ۱۹۹۲، تحت تأثیر معضل بیابان‌زایی قرار دارند (Reynolds and Stafford Smith, 2002; Veron et al., 2006).

بیابان‌زایی به تخریب زمین و کاهش قابلیت‌های تولید معیشتی خاک در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب گفته می‌شود که این پدیده در نتیجه عوامل گوناگون، از جمله فعالیت‌های بشر و تغییرات اقلیمی رخ می‌دهد (UNEP, 1992; INCD, 1994; Qi et al., 2012: 37). به‌گفته دیگر، بیابان‌زایی کاهش توان بوم‌شناسی و زیست‌شناسی زمین بوده که هم به‌صورت طبیعی و هم مصنوعی رخ می‌دهد (اکبری و همکاران، ۱۳۹۰). این پدیده در کشور ایران که دارای پتانسیل بالای بیابان‌زایی است، از شدت فزاینده‌ای برخوردار است. بنابراین مقابله با آن از اهم برنامه‌های منطقه‌ای و ملی است. پایش تغییرات مناطقی که با معضل بیابان‌زایی روبه‌رو بوده در بازه‌های زمانی مختلف می‌تواند نخستین گام در راستای شناسایی این مسئله، مقابله با آن و مدل‌سازی‌های بعدی برای شناخت رفتار بیابان باشد. فرآیند شناخت تفاوت‌ها در وضعیت یک شیء یا پدیده با مشاهده آن در زمان‌های مختلف، پایش تغییرات<sup>۲</sup> نام دارد (Singh, 1989: 989). تشخیص به‌هنگام و دقیق تغییرات ویژگی‌های عوارض سطح زمین، پایه و اساس برای درک بهتر روابط بین پدیده‌های انسانی و طبیعی برای مدیریت بهتر و استفاده از منابع را فراهم می‌آورد. به‌طور کلی، پایش تغییرات، شامل استفاده از مجموعه داده‌های چند زمانه برای تجزیه و تحلیل کمی اثرهای موقتی یک پدیده است (Lu et al., 2004: 2366).

روش‌های متعددی برای پایش تغییرات محیطی به کار گرفته می‌شود که از مهم‌ترین آنها می‌توان به مشاهده و ارزیابی، قضاوت‌های کارشناسانه (Sonneveld, 2003) و استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی اشاره کرد (Wessels et al. 2004; Jabbar and Zhou, 2011: 1).

از آنجایی که رخداد بیابان‌زایی و پایش تغییرات آن در مقیاس‌های وسیع زمانی و مکانی روی می‌دهد، در نتیجه روش‌هایی چون سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، می‌توانند در راستای شناخت اولیه مناطق و ارزیابی تغییرات بیابان‌زایی، همچون ابزاری سودمند برای دستیابی به این مهم، مفید واقع شوند.

۱. این پژوهش برگرفته از پایان‌نامه دکترای رشته جغرافیای طبیعی گرایش ژئومورفولوژی است.

پژوهشگران بسیاری به بررسی پایش و روند تغییرات محیطی اکوسیستم‌ها و تخریب اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های سنجش از دور پرداخته‌اند. سوچاتا<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۰) داده‌های ماهواره‌ای MSS و TM لندست را برای پایش تخریب اراضی در منطقه اوتارپرادش<sup>۲</sup> هند به کار گرفتند و براساس تفسیر بصری از تصاویر چند زمانه‌ای منطقه، تخریب زمین را ناشی از ورود آب شور و به دنبال آن، شورشدن و قلیایی شدن اراضی بیان کردند. آمیسا آرتور<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده اسپات و تلفیق آنها با داده‌های بیوفیزیکی کیفیت خاک و داده‌های اجتماعی - اقتصادی، مانند شدت استفاده از زمین، تراکم جمعیت و تشدید کشاورزی، به مطالعه و ارزیابی وضعیت تخریب زمین در ساحل آفریقا پرداختند.

هابودان<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از شاخص‌های توصیف رفتار و پاسخ طیفی پدیده‌ها، الگوهای منطقه‌ای تخریب زمین در حوضه جوادالتین<sup>۵</sup> در جنوب شرقی اسپانیا را مورد مطالعه قرار داده و توزیع فضایی آنها را به شکل نقشه ترسیم کردند.

فیلو و شیمابوکورا<sup>۶</sup> (۲۰۰۲) سیر تکاملی مناطق تخریب‌شده ناشی از معادن طلا در ایالت رورایما<sup>۷</sup> برزیل را بر اساس روش‌های طبقه‌بندی تصاویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی از طریق داده‌های چند زمانه‌ای TM مورد پایش قرار داده و نتیجه را به شکل نقشه ترسیم کردند. ثیام (۲۰۰۳) روش اعمال شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده روی تصویر AVHRR و ترکیب آن با بارندگی، نوع خاک، مناطق تحت تأثیر انسان و بررسی داده‌های میدانی را به کار گرفت تا خطر تخریب اراضی در جنوب موریتانی را مورد مطالعه و ارزیابی قرار دهد.

کوپین<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۰۴) روش‌های شناسایی تغییرات اکوسیستم را با استفاده از داده‌های چندطیفی و چندزمانه ماهواره‌ای مورد مطالعه قرار داده و بیان کردند که برای پایش تغییرات اکوسیستم، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از کارایی بالایی برخوردار است.

جبار و ژو<sup>۹</sup> (۲۰۱۱) با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به پایش تغییرات اکو - محیطی استان بصره در جنوب عراق در بازه زمانی ۲۰۰۳-۱۹۹۰ پرداخته و فرآیندهای بیابان‌زایی، شوری، شهرنشینی، تخریب پوشش گیاهی و نابودی تالاب‌ها را عوامل تخریب اکو - محیطی منطقه شناسایی کردند.

یانلی<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM<sup>+</sup> و روش‌های دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، تغییرات محیطی بخش‌های شمالی استان شانآنکسی<sup>۱۱</sup> در کشور چین را مورد بررسی قرار داده و بیان

1. Sujatha
2. Uttar Pradesh
3. Amissah-Arthur
4. Haboudane
5. Guadalentín
6. Almeida-Filho and Shimabukuro
7. Roraima
8. Coppin
9. Jabbar and Zhou
10. Yanli
11. Shaanxi

داشتند که منطقه مطالعاتی با ۲۸/۴ درصد تغییرات محیطی شدید، ۳۴/۲ درصد تغییرات محیطی متوسط و ۳۷/۴ درصد تغییرات محیطی کم، در معرض تغییرات محیطی با ریسک بالا قرار دارد.

ال‌رواشده<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) برای مطالعات محیطی مناطق شرق اردن، به بررسی پایش تغییرات براساس شاخص پوشش گیاهی نرمال شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی ۲۰۰۴-۱۹۸۳ می‌پردازد. وی بیان می‌دارد که کارایی این روش در شناسایی تغییرات مناطق تخریب‌شده، به‌واسطه افزایش شوری در نتیجه مکش بی‌رویه آبهای زیرزمینی، مفید است.

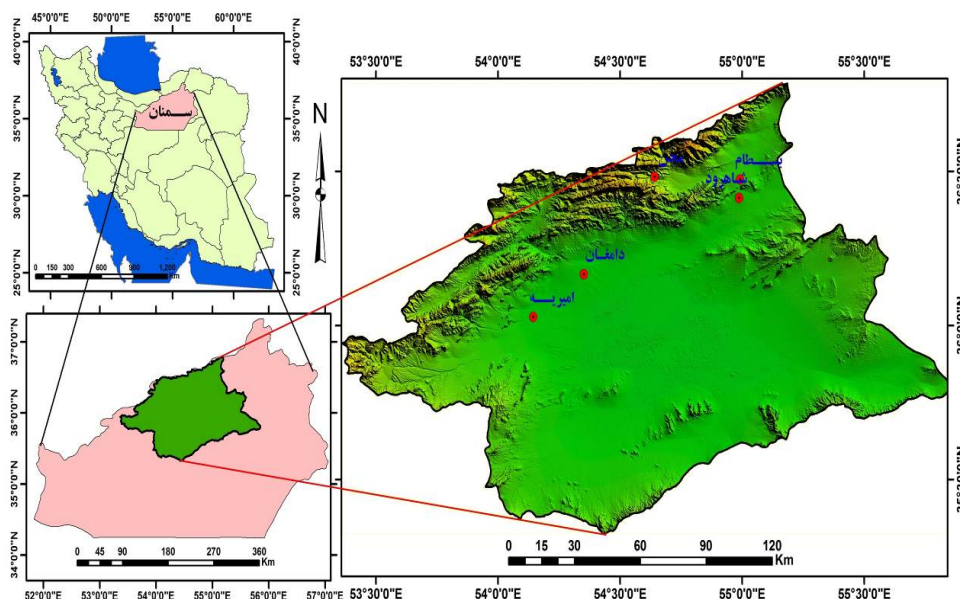
اکبری (۱۳۸۲) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM<sup>+</sup> سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۱، به ارزیابی و طبقه‌بندی بیابان‌زدایی در مناطق خشک شمال اصفهان پرداخته و به این نتیجه رسیدند که این منطقه ۳۵ درصد با بیابان‌زدایی طبیعی و ۶۵ درصد با بیابان‌زدایی انسانی روبه‌رو است. علوی‌پناه و همکاران (۱۳۸۳) وضعیت بیابان‌زدایی و تغییرات اراضی پلائیای دامغان را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه مورد بررسی قرار داده و روند بیابان‌زدایی این منطقه را روبه‌رشد (۴۱ درصد در سال‌های ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۸ و ۶۹ درصد در سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۰) بیان کرده‌اند.

آرخی و نیازی (۱۳۸۹) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به پایش تغییرات حوضه دره‌شهر استان ایلام در بازه زمانی ۱۹۸۸ و ۲۰۰۱ پرداخته و بیان داشتند که شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده بیشترین دقت و نسبت‌گیری باند قرمز، کمترین دقت را در پایش تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه دارد.

با توجه به بررسی‌های انجام شده، لزوم مطالعه پایش وضعیت بیابان‌زدایی حوضه کویر حاج علی قلی که در گروه مناطق متأثر از این معضل است، مشخص می‌شود. بنابراین هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق مبتلا به بیابان‌زدایی و پایش تغییرات آن در بازه زمانی بیست‌ساله (۲۰۰۶-۱۹۸۷) در حوضه کویر حاج علی قلی با استفاده از روش‌های دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. در نتیجه، فرضیه‌ها بیشتر بر شناخت اولیه و نوع تغییرات مناطقی متمرکز شده است که با مشکل کاهش توان بوم‌شناختی و زیست‌شناسی روبه‌رو هستند.

### محدوده منطقه مورد مطالعه

حوضه کویر حاج علی قلی با مساحتی برابر با ۱۸۰۷۰/۸۱۹ کیلومتر مربع کوچکترین آبخیز ایران است و در فرورفتگی بین ارتفاعات البرز با ارتفاع ۳۷۵۰ متر و هورست تروود - چاه شیرین با ارتفاع ۲۳۱۹ متر قرار گرفته است که آن را از کویر نمک جدا می‌کند (کرینسلی، ۱۳۸۱: ۷۲). موقعیت حوضه کویر حاج علی قلی در جنوب رشته‌کوه البرز و همجواری با دشت‌های خشک ایران مرکزی، دوری از مراکز رطوبتی، عدم نفوذ توده‌های باران‌زا، جهت و امتداد رشته‌کوه‌های مجاور و بادهای خشک محلی، این منطقه را در ردیف نواحی با اقلیم خشک قرار داده است. این منطقه از نظر سیاسی در استان سمنان واقع شده و در موقعیت جغرافیایی ۵۳° و ۱۵' تا ۵۶° طول شرقی و ۳۵° و ۱۵' تا ۳۷° عرض شمالی گسترده شده است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

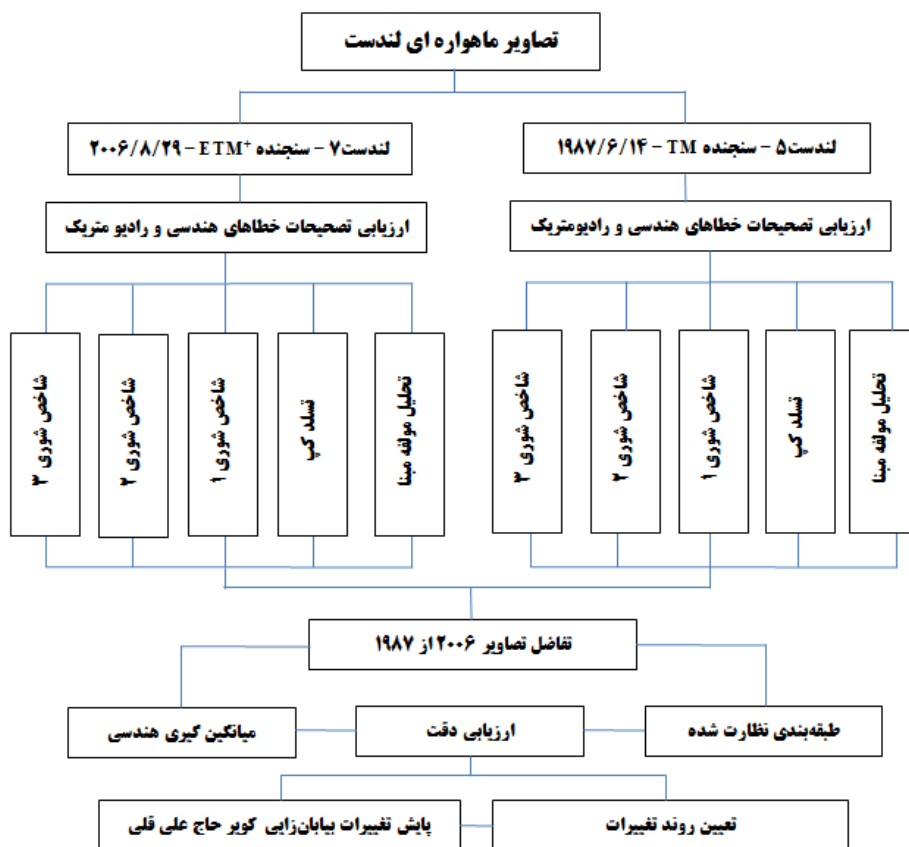
## مواد و روش‌ها

به‌طور کلی روش‌های پایش تغییرات به هفت گروه بخش‌بندی می‌شوند: جبری، تبدیل یا ترادیسسی، طبقه‌بندی، مدل‌های پیشرفته، سیستم اطلاعات جغرافیایی، تحلیل‌های بصری و دیگر دیدگاه‌ها (Lu et al., 2004: 2370). تفاضل تصویر، نسبت‌گیری تصویر، تفاضل شاخص پوشش گیاهی و تحلیل بُرداری تغییرات، رایج‌ترین روش‌های جبری پایش تغییرات هستند. در بخش ترادیسسی، روش‌های تحلیل مؤلفه مینا و تسلدکپ معمول‌ترین روش‌های تبدیلی هستند. در بخش طبقه‌بندی نیز تطبیق طبقه‌بندی، تحلیل تلفیقی زمانی - طیفی و شبکه‌های عصب مصنوعی متداول‌ترین روش‌ها هستند (Aldossary, 2012: 9). در این پژوهش برای پایش تغییرات بیابان‌زایی حوضه کویر حاج علی قلی، از روش‌های ترادیسسی، تبدیل تصویر، نسبت‌گیری، تحلیل مؤلفه مینا، تسلدکپ، تفاضل شاخص‌های شوری و طبقه‌بندی استفاده شده است.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش برای ارزیابی و پایش روند بیابان‌زایی کویر حاج علی قلی، شامل داده‌های ماهواره‌ای لندست ۵، سنجنده TM، مسیره‌های ۱۶۲ و ۱۶۳، ردیف ۳۷، مورخ ۱۹۸۷/۶/۱۴ و لندست ۷، سنجنده ETM<sup>+</sup> مسیره‌های ۱۶۲ و ۱۶۳، ردیف ۳۵، در تاریخ ۲۰۰۶/۸/۲۹، نقشه توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و مدل ارتفاعی رقومی ایران است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز، از نرم‌افزارهای ENVI 4.5، ERDAS 8.3 و Arc GIS 10 بهره گرفته شده است.

در ادامه روش انجام کار بیان می‌شود. ابتدا گستره مطالعاتی با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی ایران و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مورد شناسایی قرار گرفت و تعیین حدود شد. سپس تصاویر TM و ETM<sup>+</sup> منطقه در بازه زمانی بیست‌ساله (۱۹۸۷-۲۰۰۶) تهیه شد. گام نخست پیش‌پردازش تصاویر، شامل تصحیحات خطاهای هندسی و رادیومتریک، به‌دست سازمان‌های مربوطه انجام گرفت و با ارزیابی مجدد، مشخص شد که از دقت بسیار بالایی برخوردار

است. در بخش پردازش تصاویر، روش‌های تحلیل مؤلفه مینا، تسلدکپ و شاخص‌های شوری، ابتدا روی تصاویر سال ۱۹۸۷ و سپس روی تصاویر سال ۲۰۰۶ اعمال شد و نتایج حاصله نیز از طریق روش تفاضل تصویر (در این روش ارزش عددی هر پیکسل در تاریخ اول به صورت متناظر از تاریخ دوم تفریق می‌شود) به دست آمد. در مراحل بعد تصاویر منتج شده نیز از طریق روش طبقه‌بندی نظارت‌شده، مورد کلاس‌بندی قرار گرفت و روند تغییرات تعیین شد. برای تعیین حد آستانه تغییرات، از روش آماری انحراف معیار  $\pm 1$ ،  $\pm 1/5$ ،  $\pm 2$  و ... از میانگین، استفاده شده است. از آنجایی که هدف پایش تغییرات بیابان‌زایی است، دو کلاس عمده برای طبقه‌بندی در نظر گرفته شد. کلاس نخست، طبقه بدون تغییر است و مناطقی را شامل می‌شود که در بازه زمانی مورد مطالعه هیچ‌گونه تغییری، چه از نظر شوری و چه از نظر نوع کاربری از خود نشان نداده‌اند. کلاس نوع دوم، طبقه تغییرات افزایشی است که این تغییرات در نقشه‌های شوری، دربردارنده افزایش نمک سطحی خاک و در نقشه‌های تحلیل مؤلفه مینا و تسلدکپ، دربردارنده تغییرات کاربری در جهت تخریب زمین است. برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، مقدار ضرایب دقت کل، ضریب کاپا، دقت تولیدکننده و دقت کاربر نیز محاسبه و گزارش شد. در پایان، نقشه نهایی پایش مناطق بیابان‌زایی محدوده مطالعاتی با استفاده از میانگین‌گیری هندسی (به دست آوردن ریشه  $n$  تصاویر منتج از اعمال روش‌ها) محاسبه و گزارش شد. شکل شماره ۲، روند اجرای پژوهش را نمایش می‌دهد.

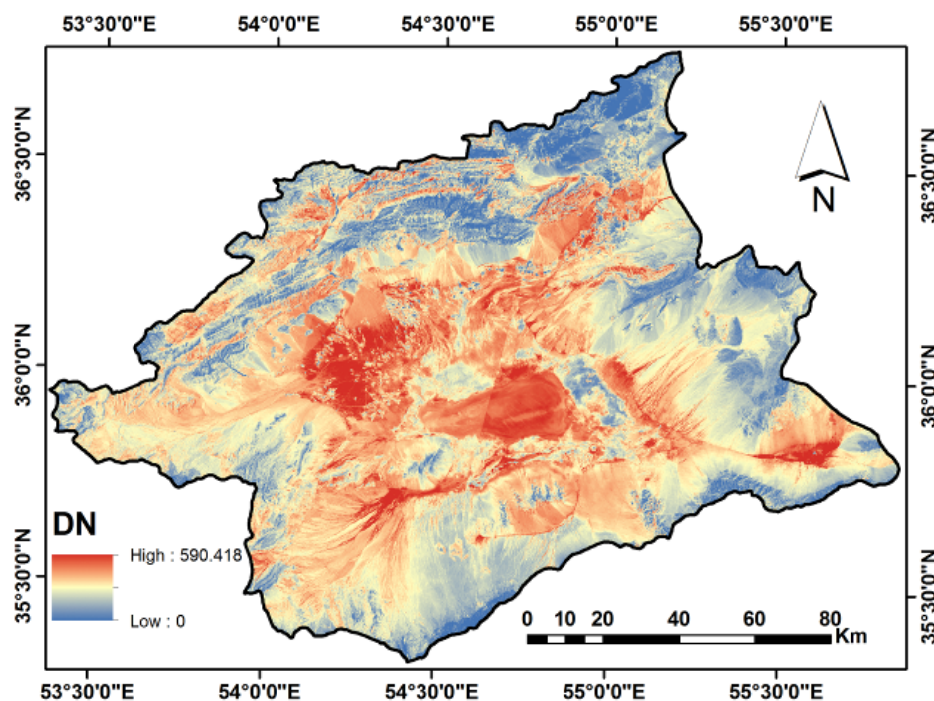


شکل ۲. روند اجرای انجام پژوهش

### یافته‌های پژوهش

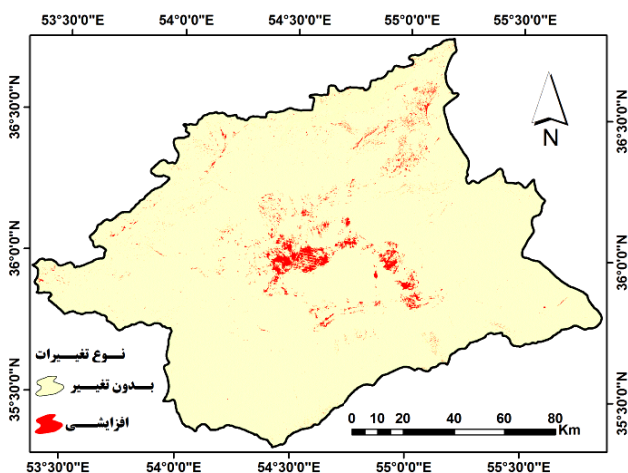
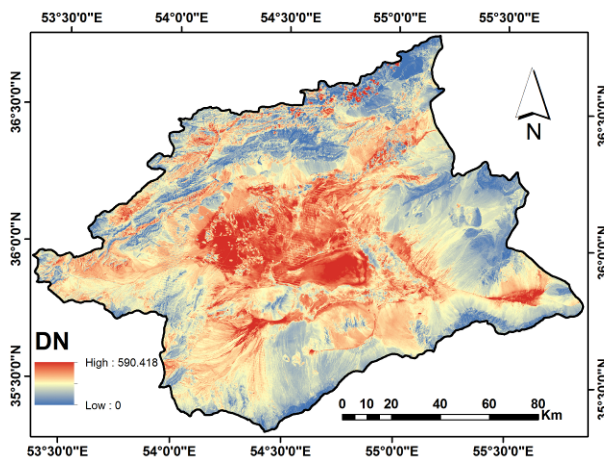
چهار مرحله اصلی برای پایش تغییرات منابع محیطی وجود دارد که عبارتند از: شناسایی تغییرات چنانچه روی داده باشد، طبقه‌بندی، محاسبه مقدار و تحلیل الگوی فضایی تغییرات (MacLeod and Congalton, 1998: 207). در این پژوهش برای پایش تغییرات بیابان‌زایی حوضه کویر حاج علی قلی از روش‌های تحلیل مؤلفه مینا، تسلدکپ و شاخص‌های شوری برای شناسایی تفاضل تصویر، طبقه‌بندی و ارزیابی دقت در ارائه نتایج و میانگین‌گیری هندسی برای ارائه نقشه نهایی بیابان‌زایی بهره گرفته شده است.

تحلیل مؤلفه مینا یکی از روش‌های آشکارسازی تصاویر ماهواره‌ای برای استخراج اطلاعات طیفی و از بین‌بردن داده‌های تکراری بازتابشی است. این روش همبستگی بین باندها را مشخص کرده و واریانس موجود بین داده‌های اولیه را به حداقل می‌رساند (رسولی، ۱۳۸۷). در واقع تحلیل مؤلفه مینا، یک روش آماری و ریاضی است که برای فشرده‌سازی داده‌ها و بهبود کیفیت بصری تصویر در مورد داده‌های چندزمانه‌ای با هدف کشف تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی به کار گرفته می‌شود (Anyamba and Eastman, 1996: 2533). نتایج حاصل از اعمال روش تحلیل مؤلفه مینا روی تصاویر پهنه مطالعاتی در شکل‌های شماره ۳ و ۴، نتیجه تفاضل دو نقشه و نوع تغییرات در شکل شماره ۵ و معیارهای ارزیابی دقت در جدول شماره ۱ ارائه شده است.



شکل ۳. نقشه تحلیل مؤلفه مینا تصویر سال ۱۹۸۷

شکل ۴. نقشه تحلیل مؤلفه مینا تصویر سال ۲۰۰۶



شکل ۵. نقشه تفاضلی تحلیل مؤلفه مینا

جدول ۱. ارزیابی دقت روش تحلیل مؤلفه مینا

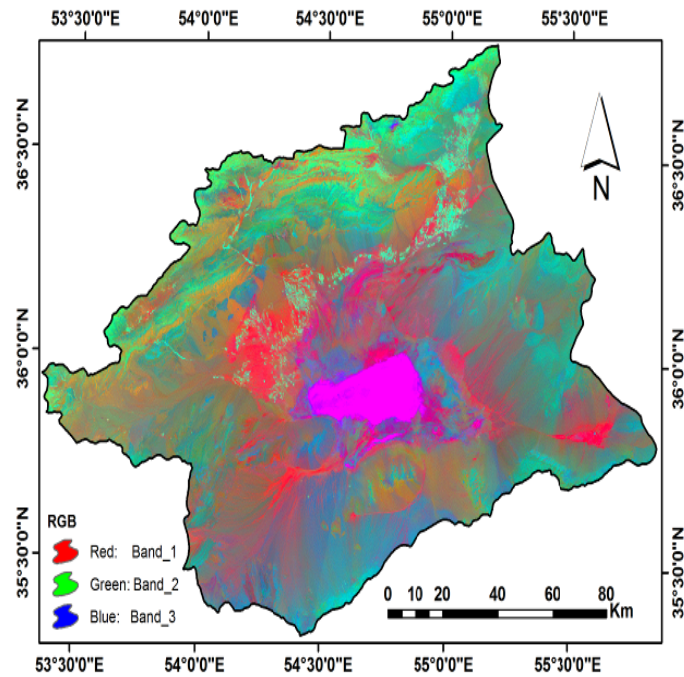
مقدار	معیار	
۹۱/۲۳٪	دقت کل	
۰/۹۲	ضریب کاپا	
۹۵٪	افزایشی	دقت تولیدکننده
۸۴٪	بدون تغییر	
۹۷٪	افزایشی	دقت کاربر
۹۲٪	بدون تغییر	

تابع تبدیل تسلدکپ<sup>۱</sup> یک نوع تبدیل خطی ساده است که مبانی آن شبیه روش تحلیل مؤلفه مینا است، با این تفاوت که تحلیل مؤلفه مینا به چشم‌انداز یا مکان وقوع تصویر وابسته است، اما تبدیل تسلدکپ مستقل از چشم‌انداز یا مکان وقوع تصویر است. این روش فراوانی داده‌های بین باندها را کاهش داده و بر اطلاعات مختلف در اجزای مشتق شده تأکید می‌کند. در تبدیل تسلدکپ پایش تغییرات بر اساس سه بخش روشنایی، سبزی‌نگی و رطوبت انجام می‌گیرد

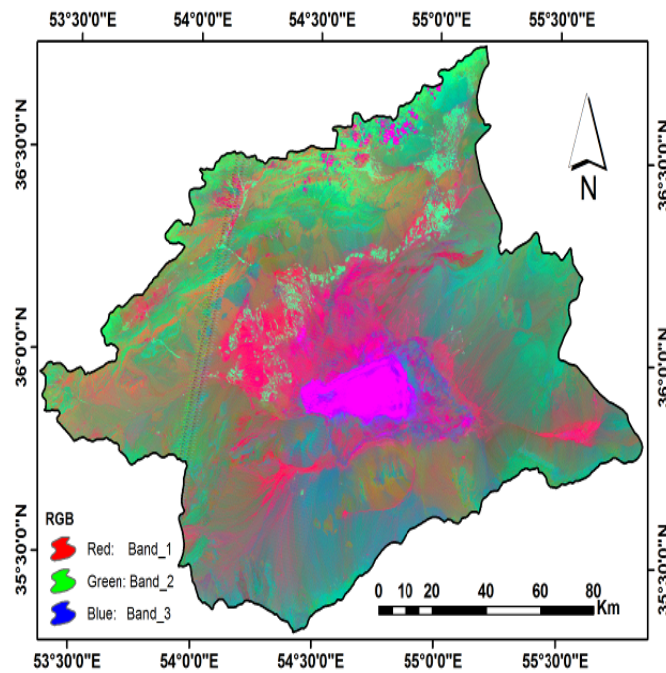
1. Tasselled cap (KT)



(Lu et al., 2004: 2374). نتایج حاصل از اعمال تابع تبدیل تسلدکپ روی تصاویر منطقه مطالعاتی در اشکال شماره ۶ و ۷، نتیجه تفاضل دو نقشه و نوع تغییرات آن در شکل شماره ۸ و معیارهای ارزیابی دقت در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود.

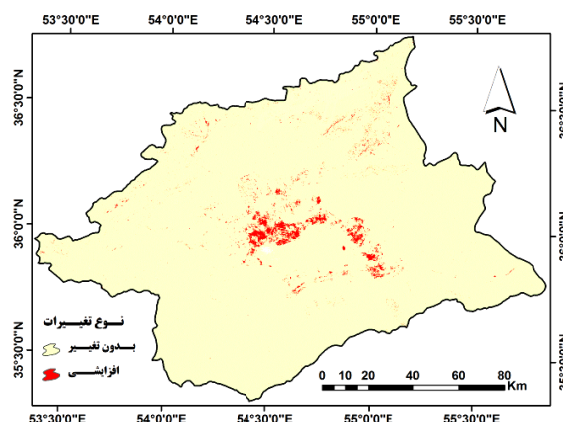


شکل ۶. نقشه تسلدکپ تصویر سال ۱۹۸۷



شکل ۷. نقشه تسلدکپ تصویر سال ۲۰۰۶

شکل ۸. نقشه تفاضلی تابع تسلدکپ



جدول ۲. ارزیابی دقت تابع تبدیل تسلدکپ

مقدار	معیار	
۰.۸۸/۳۴	دقت کل	
۰/۸۳	ضریب کاپا	
٪۹۷	افزایشی	دقت تولیدکننده
٪۹۰	بدون تغییر	
٪۹۹	افزایشی	دقت کاربر
٪۹۴	بدون تغییر	

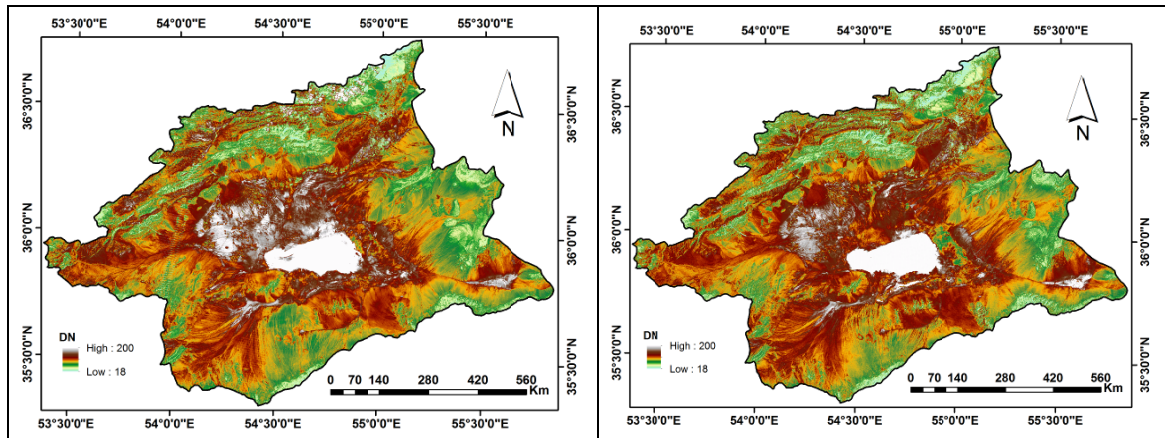
شورش‌دگی خاک یکی از فرآیندهای بیوژئوفیزیکی ناشی از بیابان‌زایی است و برعکس، افزایش شوری خاک می‌تواند یکی از دلایل کاهش توان بوم‌شناختی و زیست‌شناسی یک منطقه و به‌نوعی عامل تخریب اراضی و رخداد بیابان‌زایی باشد. از دلایل عمده افزایش شوری خاک، می‌توان به آبیاری با آب شور، بالاآمدگی سطح ایستابی آبهای شور، بهره‌برداری بیش از حد از آبهای زیرزمینی، افزایش تبخیر و تعرق، چرای بیش از حد و حذف پوشش گیاهی و تخریب مراتع، کاهش بارندگی، گسترش سازندهای نمکی و پیشروی کویر اشاره کرد (Shrestha and Farshad, 2009). این عوامل در اکثر موارد سبب افزایش خاصیت شوری و قلیایی خاک بیش از حد مجاز شده و درنهایت به افت پتانسیل و بیابانی‌شدن اراضی منجر می‌شوند. بنابراین با استفاده از ارزیابی شاخص شورش‌دگی خاک در دوره‌های زمانی مختلف، می‌توان به روند بیابان‌زایی یک منطقه پی برد (برای نمونه: زارع‌ارنانی و همکاران، ۱۳۹۰). در این پژوهش نیز از معیار پایش شوری خاک، به‌عنوان ملاکی برای تعیین روند بیابان‌زایی کویر حاج علی قلی استفاده شده است. برای محاسبه شاخص‌های شوری از روابط ۱ تا ۳ استفاده شده است. این روابط به‌منظور تعیین مقدار شوری خاک برای تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM<sup>+</sup> طراحی شده‌اند (Douaoui et al., 2006).

$$S1 = \sqrt{b2 \times b3} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$S2 = \sqrt{b2^2 + b3^2 + b4^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$S3 = \sqrt{b2^2 + b3^2} \quad \text{رابطه ۳}$$

نتایج حاصل از اعمال شاخص شوری نخست (رابطه ۱) را می‌توان در شکل‌های شماره ۹ و ۱۰ مشاهده کرد. همچنین نتیجه تفاضل دو نقشه و نوع تغییرات آن نیز در شکل شماره ۱۱ و معیارهای ارزیابی دقت در جدول شماره ۳ ارائه شده است.



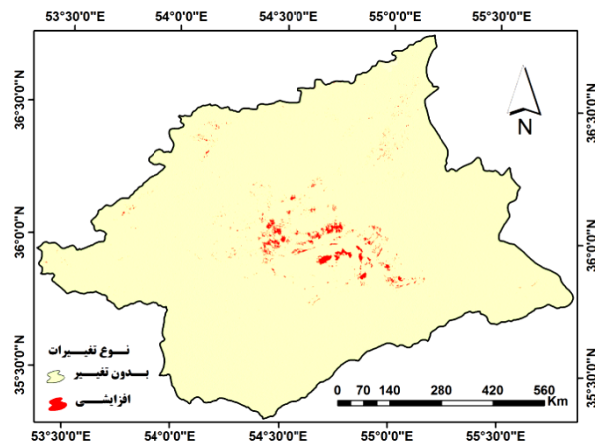
شکل ۱۰. نقشه شوری سال ۲۰۰۶ براساس رابطه ۱

شکل ۹. نقشه شوری سال ۱۹۸۷ براساس رابطه ۱

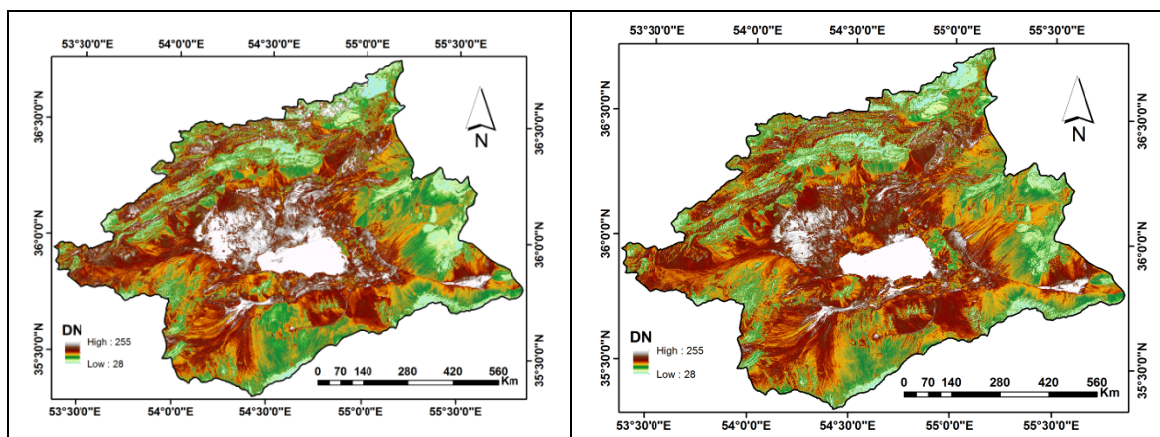
جدول ۳. ارزیابی دقت شاخص شوری (۱)

مقدار	معیار	
٪۸۰	دقت کل	
۰/۷۴	ضریب کاپا	
٪۸۱	افزایشی	دقت تولیدکننده
٪۷۰	بدون تغییر	
٪۷۷	افزایشی	دقت کاربر
٪۶۵	بدون تغییر	

شکل ۱۱. نقشه تفاضلی شوری خاک براساس رابطه ۱

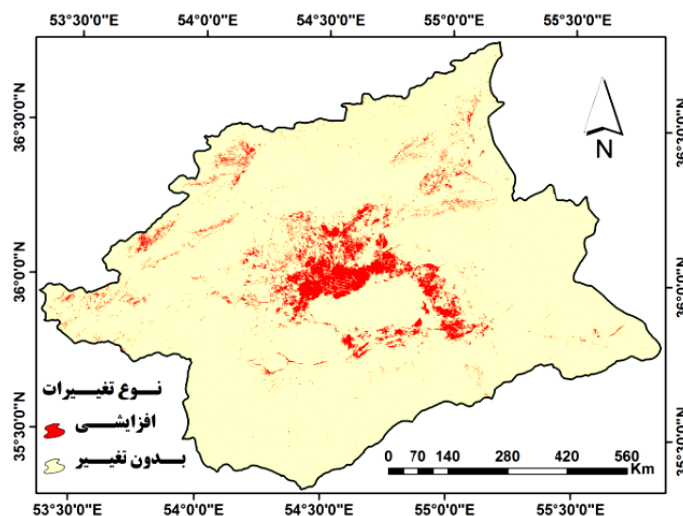


نتایج حاصل از اعمال شاخص شوری دوم (رابطه ۲) را می‌توان در شکل‌های شماره ۱۲ و ۱۳ مشاهده کرد. همچنین نتیجه تفاضل دو نقشه و نوع تغییرات آن نیز در شکل شماره ۱۴ و معیارهای ارزیابی دقت در جدول شماره ۴ ارائه شده است.



شکل ۱۳. نقشه شوری سال ۲۰۰۶ براساس رابطه (۲)

شکل ۱۲. نقشه شوری سال ۱۹۸۷ براساس رابطه (۲)

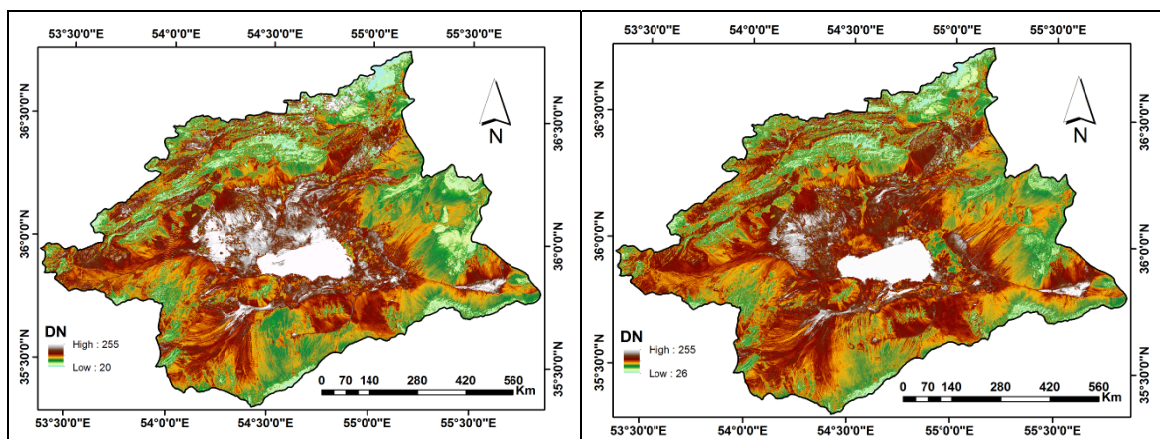


شکل ۱۴. نقشه تفاضلی شوری خاک براساس رابطه (۲)

جدول ۴. ارزیابی دقت شاخص شوری (۲)

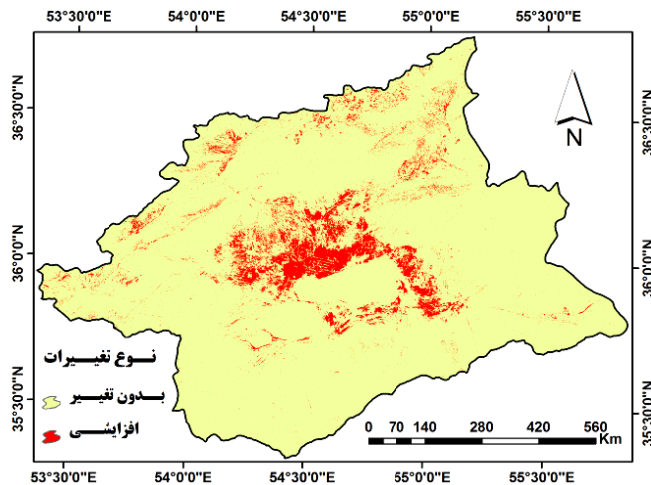
مقدار	معیار
۰.۸۴/۶۲	دقت کل
۰.۷۹	ضری کاپا
۰.۹۵	دقت تولیدکننده
۰.۸۵	افزایشی
۰.۸۳	بدون تغییر
۰.۷۵	دقت کاربر
	افزایشی
	بدون تغییر

نتایج حاصل از اعمال شاخص شوری سوم (رابطه ۳) را می‌توان در شکل‌های شماره ۱۵ و ۱۶ مشاهده کرد. همچنین نتیجه تفاضل دو نقشه و نوع تغییرات آن نیز در شکل شماره ۱۷ و معیارهای ارزیابی دقت در جدول شماره ۵ ارائه شده است.



شکل ۱۶. نقشه شوری سال ۲۰۰۶ براساس رابطه (۳)

شکل ۱۵. نقشه شوری سال ۱۹۸۷ براساس رابطه (۳)

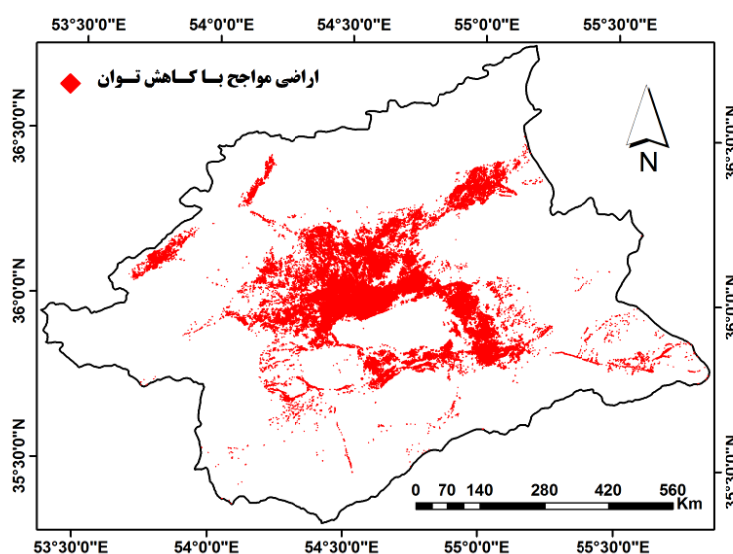


شکل ۱۷. نقشه تفاضلی شوری خاک براساس رابطه (۳)

جدول ۵. ارزیابی دقت شاخص شوری (۳)

مقدار	معیار	
۰.۸۳/۵۷	دقت کل	
۰/۷۵	ضریب کاپا	
۰/۹۸	افزایشی	دقت تولیدکننده
۰/۸۱	بدون تغییر	
۰/۸۹	افزایشی	دقت کاربر
۰/۷۸	بدون تغییر	

برای تعیین نقشه نهایی مناطقی که دارای کاهش توان بوم‌شناختی و زیست‌محیطی هستند، یا به‌نوعی بیابان‌زایی و تخریب اراضی در آنها رخ داده است، از نقشه تفاضلی تحلیل مؤلفه مینا (شکل ۵)، نقشه تفاضلی تبدیل تسلدکپ (شکل ۸) و نقشه‌های تفاضلی شاخص‌های شوری (اشکال ۱۱، ۱۴ و ۱۷) به‌روش هندسی (اخذ ریشه  $n$  م) میانگین‌گیری شد که نتایج حاصل از آن در شکل شماره ۱۸ مشاهده می‌شود. نقشه مزبور نشان‌دهنده مناطقی از حوضه کویر حاج علی قلی است که بر اساس توابع اجرایی در آنها افزایش شوری و تغییر کاربری رخ داده است. این پژوهش معیارهای فوق را ملاک افت پتانسیل در نظر گرفته است که به ارائه نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه منجر شده است.



شکل ۱۸. نقشه نهایی بیابان‌زایی حوضه آبی کویر حاج علی قلی

## بحث و نتیجه‌گیری

مناطق بیابانی یکی از اجزای تشکیل‌دهنده اکوسیستم کشورهای حاره‌ای و جنب‌حاره‌ای هستند. این مناطق همواره مورد توجه دانشمندان بوده و اکثر پژوهشگران در پی یافتن روش‌های نوین برای مطالعه این نواحی هستند. محدود شدن کشور ایران در حصارهای کوهستانی مرتفع و قرار گرفتن در نوار بیابانی دنیای قدیم، سبب شده است که پدیده خشکی و معضل بیابان‌زایی، به‌عنوان ویژگی بارز، دوسوم مساحت آن را دربرگیرد (احمدی، ۱۳۸۷)، بنابراین با توجه به حساسیت این محیط‌ها، شناسایی و ارزیابی آنها در مجامع علمی و کاربردی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. در این بین روش‌هایی چون سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و داده‌های تصویر ماهواره‌ای، به‌دلیل چهاربُعدی بودن، می‌توانند در زمینه مطالعات نوین معضل بیابان‌زایی، شامل پایش تغییرات بیابان‌زایی در طول زمان، تعیین روند آتی و مدل‌سازی آن، ابزاری سودمند باشند. همچنین پیشرفت روزافزون توانایی‌های طیفی، مکانی، زمانی و رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای و ابزارهای دورسنجی، قابلیت‌های عملکرد این روش‌ها را در انجام چنین مطالعاتی بیش از پیش افزایش می‌دهد. در این پژوهش برای پایش تغییرات بیابان‌زایی حوضه کویر حاج علی قلی، از روش‌های تحلیل مؤلفه مینا، تسلدکپ و شاخص‌های شوری برای شناسایی تفاضل تصویر، طبقه‌بندی و ارزیابی دقت برای ارائه نتایج و میانگین‌گیری

هندسی برای کسب نقشه نهایی بیابان‌زایی بهره گرفته شده است. ارزیابی دقت روش‌های پایش تغییرات، نشان می‌دهد که روش تحلیل مؤلفه مینا با دقت کل ۹۱/۲۳ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۲ بیشترین دقت و شاخص شوری (۱) با دقت کل ۸۰ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۴، کمترین دقت را در تفکیک کلاس‌های تغییر دارند.

نتایج شناسایی وضعیت بیابان‌زایی حاکی از این موضوع است که تغییرات گسترده‌ای در ویژگی‌های اکوتومورفولوژی، به‌ویژه گسترش بیابان، تخریب اراضی و کاهش توان بوم‌شناختی و زیست‌محیطی محدوده کویر حاج علی قلی در بازه زمانی بیست‌ساله (۱۹۸۷ - ۲۰۰۶) رخ داده است، به‌گونه‌ای که چندین کانون تغییر کاربری و افت پتانسیل در محدوده مطالعاتی مشاهده می‌شود. گسترش فضایی آنها بیشتر منطبق بر محدوده‌های اطراف پلایا، مخروط‌افکنه‌های کال‌شور و چشمه‌علی و مناطق شمال و شمال غربی کویر است. علت کاهش توان و تخریب اراضی محدوده‌های اطراف پلایا را می‌توان مواردی چون افزایش شوری برشمرده که این نیز، خود می‌تواند ناشی از گسترش محدوده پلایا در نتیجه افزایش نمک، افزایش دما و تبخیر و تعرق، کاهش بارندگی، تداوم خشکسالی‌های اخیر، افزایش برداشت از آبهای اطراف پلایا، آبیاری زمین با آب شور، افزایش فعالیت‌های فرسایش بادی، حرکت تپه‌های ماسه‌ای و غیره باشد (برای نمونه: فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۱؛ جعفری و همکاران، ۱۳۸۱؛ عباسی و درویش، ۱۳۸۳؛ زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۷ و...)، اما مخروط‌افکنه‌های کال‌شور و چشمه‌علی و بخش‌های شمال و شمال غربی کویر، محل استقرار کانون‌های جمعیتی شاهرود، مهمان‌دوست، دامغان و سایر مراکز سکونت‌منطقه هستند. علت کاهش توان زیست‌محیطی و بوم‌شناختی این مناطق را ناشی از تغییرات کاربری اراضی، گسترش شهرنشینی، تخریب مراتع، فعالیت‌های کشاورزی و دامداری ناپایدار، افزایش فرسایش‌پذیری خاک، چرای بی‌رویه و سایر خسارات محیطی دانست که به‌دست عوامل انسانی انجام می‌شود. مناطق فوق‌الذکر محدوده‌ای به وسعت ۷۴۸/۰۹۹ کیلومتر مربع از حوضه کویر حاج علی قلی را پوشش می‌دهند که از آن به‌عنوان کانون‌های بحرانی بیابان‌زایی می‌توان یاد کرد. این مناطق در صورت بی‌توجهی، در آینده‌ای نزدیک به یک معضل ملی - منطقه‌ای تبدیل شده و عواقب ناگوار آن گریبان‌گیر تمامی مراکز انسانی، علمی و اقتصادی نیز خواهد شد. در مجموع نتایج حاصل از این پژوهش نمایانگر مناطقی از حوضه کویر حاج علی قلی است که دارای معضل بیابان‌زایی هستند. بنابراین شناسایی آنها برای سایر پژوهش‌های علمی مشابه، می‌تواند یک زیرساخت مطالعاتی و مرز علمی محسوب شده و همچنین برای مدل‌سازی‌های بعدی در راستای کنترل بیابان‌زایی منطقه مفید و مثمر واقع شود.

## منابع

آرخی، ص.؛ نیازی، ی. (۱۳۸۹). مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی - پوشش گیاهی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی حوزه دره شهر - استان ایلام)، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال اول، شماره ۱، صص. ۶۱ - ۷۱.

احمدی، ح. (۱۳۸۷). ژئومورفولوژی کاربردی (بیابان - فرسایش بادی)، جلد دوم، چاپ سوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

اکبری، م. (۱۳۸۲). ارزیابی و طبقه‌بندی بیابان‌زدایی با تکنیک RS و GIS در منطقه خشک شمال اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، اساتید راهنما: سید جمال‌الدین خواجه‌الدین، مصطفی کریمیان اقبال، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی.

اکبری، م.؛ رعنائی، ا.؛ بدیعی نامقی، س. ح. (۱۳۹۰). ارزیابی حساسیت پارامترهای ورودی در وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: جنوب شهرستان نیشابور)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۲، صص. ۳۹۸-۴۱۰.

جعفری، م.؛ آذرینوند، ح.؛ زهتابیان، غ.ر.؛ جمشیدی، ع. (۱۳۸۱). بررسی نقش کیفیت آب آبیاری در بیابانی شدن اراضی کشاورزی حاشیه کویر دامغان، بیابان، جلد ۷، شماره ۲، صص. ۱۲۸-۱۲۱.

رسولی، ع. ا. (۱۳۸۷). مبانی سنجش از دور کاربردی با تاکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای، چاپ اول، تبریز: انتشارات دانشگاه تبریز.

زارع ارنانی، م.؛ حکیم‌زاده، م. ع.؛ گیوئی اشرف، ز.؛ ابراهیمی خوسفی، ز.؛ دستکیان، ک. (۱۳۹۰). روندیابی شوری خاک با استفاده از سنجش از دور به منظور ارزیابی بیابان‌زایی (مطالعه موردی: دشت مروست، استان یزد). مجموعه مقالات دومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران، ۲۳ و ۲۴ شهریورماه، تهران.

زهتابیان، غ.ر. و رفیعی امام، ع. (۱۳۸۲). ESAs روشی جدید برای ارزیابی و تهیه نقشه حساسیت مناطق به بیابان‌زایی، مجله بیابان، جلد ۸، شماره ۱، صص. ۱۲۶-۱۲۱.

زهتابیان، غ.ر.؛ احمدی، ح.؛ آزادنی، ف. (۱۳۸۷). بررسی معیارهای آب و خاک در بیابان‌زایی منطقه عین خوش دهلران (دشت ابوغویر)، مجله منابع طبیعی، شماره ۸۱، صص. ۱۶-۱۶۲.

عباسی، ح. ر.؛ درویش، م. (۱۳۸۳). نقش مؤلفه‌های شور شدن خاک و کیفیت آب در تشدید روند بیابان‌زایی حوضه آبخیز مند، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۱۵، صص. ۱۷۸-۱۶۳.

علوی‌پناه، س. ک.؛ احسانی، ا. ه. و امیدی، پ. (۱۳۸۳). بررسی بیابان‌زایی و تغییرات اراضی پلاهای دامغان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چند زمانه و چند طیفی، بیابان، جلد ۹، شماره ۱، صص. ۱۵۴-۱۴۳.

فیض‌نیا، س.؛ گویا، ع.؛ احمدی، ح.؛ آذرینوند، ح. (۱۳۸۰). بررسی عوامل بیابان‌زایی دشت حسین‌آباد میش مست قم جهت ارائه یک مدل منطقه‌ای، بیابان، جلد ۶، شماره ۲، صص. ۱۴-۱.

کرینسلی، د. (۱۳۸۱). کویرهای ایران و خصوصیات ژئومورفولوژیکی و پالئوکلیماتولوژی آن، مترجم: عباس پاشایی، چاپ اول، تهران: انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

مخدوم، م. (۱۳۷۸). شالوده آمایش سرزمین، چاپ سوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

موسوی، س. ح.؛ معیری، م.؛ سیف، ع.؛ ولی، ع. (۱۳۹۱). انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نیکا جهت تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از مدل AHP (مطالعه موردی: ریگ نجارآباد، شمالشرق طرود)، محیط‌شناسی، سال ۳۸، شماره ۶۱، صص. ۱۱۶-۱۰۵.



- Al Rawashdeh, S.B., 2012, **Assessment of Change Detection Method Based on Normalized Vegetation Index in Environmental Studies**, International Journal of Applied Science and Engineering, Vol. 10, No. 2, PP. 89 - 97.
- Aldossary, A., 2012, **Analysis of Urban Change Detection Techniques in Desert Cities Using Remote Sensing**, M.A. Thesis of Geography, GIS Program, Supervisors: Helen Cox, James Hayes and Regan Maas, California State University, Northridge.
- Almeida-Filho, R., Shimabukuro, Y.E., 2002, **Digital Processing of a Landsat-TM Time Series for Mapping and Monitoring Degraded Areas Caused by Independent Gold Miners, Roraima State, Brazilian Amazon**, Journal of Remote Sens. Environ, Vol. 79, PP. 42-50.
- Amissah-Arthur, A., Mougenot, B., Loireau, M., 2000, **Assessing Farmland Dynamics and Land Degradation on Sahelian Landscapes Using Remotely Sensed and Socioeconomic Data**, International Journal Geo Information Science, 14, PP. 583-599.
- Anyamba, A., and Eastman, J.R., 1996, **Interannual Variability of NDVI over Africa and Its Relation to El Nino/Southern Oscillation**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 17, No. 13, PP. 2533-2548.
- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., 2004, **Digital Change Detection Methods in Ecosystem Monitoring: A Review**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 25, No. 9, PP. 1565-1596.
- Douaoui, A.E.K., Nicolas, H., and Walteer, Ch., 2006, **Detecting Salinity Hazards within a Semi-arid Context by Means of Combining Soil and Remote Sensing Data**, Journal of Geoderma, No. 134, PP. 217-230.
- Haboudane, D., Bonn, F., Royer, A., Sommer, S., Mehl, W., 2002, **Land Degradation and Erosion Risk Mapping by Fusion of Spectrally Based Information and Digital Geomorphometric Attributes**, International Journal of Remote Sensing, No. 23, PP. 3795-3820.
- INCD, 1994, **Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification and Particular in Africa**, Final Negotiations Text of the Convention, Unites Nations, Geneva.
- Jabbar, M.T., Zhou, X., 2011, **Eco-environmental Change Detection by Using Remote Sensing and GIS Techniques: A Case Study Basrah Province, South Part of Iraq**, Journal of Environ Earth Science, DOI 10.1007/s12665-011-0964-5.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., and Moran, E., 2004, **Change Detection Techniques**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 25, No. 12, PP. 2365-2407.
- Macleod, R.D., and Congalton, R.G., 1998, **A Quantitative Comparison of Change Detection Algorithms for Monitoring Eelgrass from Remotely Sensed Data**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 64, No. 3, PP. 207-216.
- Qi, Y., Chang, Q., Jia, K., Liu, M., Liu, J., Chen, T., 2012, **Temporal-spatial Variability of Desertification in an Agro-pastoral Transitional Zone of Northern Shaanxi Province, China**, Journal of Catena, Vol. 88, No. 1, PP. 37-45.
- Reynolds, J.F., Stafford Smith, D.M., 2002, **Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?**, Geographical Review, Vol. 93, No. 3, PP. 413-415.

- Shrestha, D.P., and Farshad, A., 2009, **Mapping Salinity Hazard: An Integrated Application of Remote Sensing and Modeling-Based Techniques**, Remote Sensing of Soil Salinization: Impact on Land Management, Printed in United States American on Acid-Free Paper, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Singh, A., 1989, **Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 10, No. 6, PP. 989-1003.
- Sonneveld, B.D.J.S., 2003, **Formalizing Expert Judgments in Land Degradation Assessment: A Case Study for Ethiopia**, Journal of Land Degradation and Development, Vol. 14, PP. 347-361.
- Sujatha, G., Dwivedi, R.S., Sreenivas, K., Venkataratnam, L., 2000, **Mapping and Monitoring of Degraded Lands in Part of Jaunpur District of Uttar Pradesh Using Temporal Space Borne Multispectral Data**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 21, PP. 519-531.
- Thiam, A.K., 2003, **The Causes and Spatial Pattern of Land Degradation Risk in Southern Mauritania Using Multitemporal AVHRR-NDVI Imagery and Field Data**, Journal of Land Degradation and Development, Vol. 14, PP. 133-142.
- UNEP, 1992, **World Atlas of Desertification**, Edward Arnold, London.
- Veron, S.R., Paruelo, J.M., Oesterheld, M., 2006, **Assessing Desertification**, Journal of Arid Environments, Vol. 66, PP. 751-763.
- Wessels, K.J., Prince, S.D., Frost, P.E., Van Zyl, D., 2004, **Assessing the Effects of Human Induced Land Degradation in the Former Homelands of Northern South Africa with a 1 km AVHRR NDVI Time-series**, Journal of Remote Sensing and Environment, No. 91, PP. 47-67.
- Yanli, Y., Jabbar, M.T., Zhou, J.X., 2012, **Study of Environmental Change Detection Using Remote Sensing and GIS Application: A Case Study of Northern Shaanxi Province, China**, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 21, No. 3, PP. 783-790.