



مدلسازی زیستگاه ملخ کوهاندار تاغ با استفاده از شاخص‌های بیوفیزیکی استخراج شده از

تصاویر لندست ۸

سیروس هاشمی دره بادامی^{۱*}، بهرام جمعه‌زاده^۱، علی درویشی بلورانی^۲، عبدالحسین خاکیان^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران

۲. استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه تهران

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۹ فروردین ۱۳۹۴

پذیرش: ۹ شهریور ۱۳۹۴

دسترسی اینترنتی: ۱۰ فروردین ۱۳۹۵

واژه‌های کلیدی:

ملخ مهاجر

شاخص‌های بیوفیزیکی

لندست ۸

آنالیز مؤلفه‌های اصلی

چکیده

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای یک راه ساده و ارزان در شناسایی زیستگاه و پایش آفت‌ها از جمله ملخ مهاجر است. استفاده از فناوری سنجش از دور به گونه‌ای رشد نموده است که سیاست‌های کنترل ملخ از روش‌های درمانی به روش پیشگیرانه تغییر رویه داده‌اند. از آنجایی که مدیریت کارآمد هجوم آفت‌های حشره‌ای بر پایه دانش کامل از زیست‌شناسی و بوم‌شناسی آن استوار است، این تحقیق با هدف ارزیابی استفاده از شاخص‌های بیوفیزیکی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای، به منظور شناسایی و نظارت بر زیستگاه ملخ انجام شده است. بدین منظور از شاخص‌های بیوفیزیکی (شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص‌های رطوبت موجود در گیاه، شاخص خشکی زمین و دمای سطح زمین) استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI/TIRS)، همزمان با داده‌های دیده‌بانی زمینی استفاده شد. سپس اطلاعات شاخص‌ها با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی، در یک تصویر خلاصه شد. در نهایت با استفاده از داده‌های میدانی به دست آمده از دیده‌بانی و روش آستانه‌گذاری، نقشه پهنه‌بندی زیستگاه اولیه ملخ با ریسک بالا، ریسک متوسط و ریسک پایین تهیه شد. صحت مکانی نتایج به دست آمده با استفاده از داده‌های ملخ مشاهده شده به عنوان داده‌های مرجع، ارزیابی شد و صحت کلی ۷۴٪ و ضریب کاپای ۶۲٪ برای زیستگاه اولیه با ریسک بالا، صحت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپای ۷۱٪ برای زیستگاه اولیه با ریسک بالا و متوسط و صحت کلی ۹۴٪ و ضریب کاپای ۸۸٪ برای هر سه زیستگاه به دست آمد.

*siroushashemi62@gmail.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

از نخستین روزهایی که کشاورزی رونق گرفت، ملخ‌ها به عنوان یک آفت برای محصولات کشاورزی بوده‌اند. در مرحله‌ای از زیست ملخ که فاز تنهایی نامیده می‌شود مشخصه آن تراکم کم جمعیتی، رنگ استتار، کم بودن تعاملات اجتماعی و رفتار بی‌تحرک است. در مرحله تراکم بالا، ملخ به فاز اجتماعی توسعه می‌یابد که اغلب با پوره کاملاً سیاه و نارنجی بوده که در دسته‌های منسجم حرکت می‌کنند (۲۹ و ۳۶). ملخ مهاجر (Locust) و ملخ‌های غیر مهاجر (Grasshopper) جزء ضروری بیومس‌های علفزارهای گرمسیری و معتدل به ویژه در مناطق خشک جهان هستند (۱۱ و ۲۰). در تراکم متوسط جمعیت، آن‌ها برای اکوسیستم مرتع، با تحریک رشد گیاه، تسهیل در چرخه تغذیه و ایفای نقش حیاتی در شبکه‌های مواد غذایی، مفید هستند (۶ و ۲۳). با این حال، اغلب آن‌ها ویرانگر تولیدات سرتاسر قاره‌ها و یک تهدید بزرگ برای کشاورزی می‌باشند. اهمیت اقتصادی هجوم ملخ صرفاً محدود به خسارت مستقیم به محصول یا مرتع نیست، بلکه در طول شیوع، یک تلاش فوق‌العاده و پرهزینه برای کنترل این آفات اعمال می‌شود. اگر چه پیشرفت‌های خاصی به تازگی برای پیشگیری از شیوع حملات ملخ‌ها صورت گرفته است، اما استراتژی‌های کنترل ملخ در حال حاضر هنوز هم اساساً درمانی هستند (۳۸ و ۳۹) و یک نگرانی رو به رشد در مورد اثرات زیست‌محیطی برنامه‌های کنترل ملخ وجود دارد (۳۰). ویژگی دیگری که باعث می‌شود ملخ‌ها بسیار خطرناک و آفات فرامرزی محسوب شوند، ظرفیت آن‌ها برای مهاجرت مسافت‌های طولانی به ویژه در دوره بلوغ جنسی است. با وجود دهه‌ها تحقیقات فشرده بنیادی و کاربردی، توانایی برای پیش‌بینی پویایی فضایی-زمانی جمعیت ملخ کافی نیست و نتیجه آن افزایش قابل توجهی در اندازه جمعیت ملخ است. دلیل اصلی این است که مناطق تجمع اولیه ملخ، در سرزمین‌های پهناور و با جمعیت غیر متراکم وجود دارند و همیشه یک تهدید وجود دارد که از نقاطی ممکن است یک جمعیت ملخ غیر قابل تشخیص، تولید شده و منجر به شیوع در مقیاس بزرگ شود. در نتیجه از

روش‌های درمانی توسط حشره‌کش‌ها، به حد زیادی برای به حداقل رساندن تلفات محصول ناشی از شیوع ملخ، استفاده می‌شود. علاوه بر این، شیوع تولید ملخ‌ها در فواصل نامنظم باعث می‌شود که پایداری زیرساخت‌های مدیریت بسیار چالش برانگیز باشد (۲۵). پس از آنکه داده‌های ماهواره‌ای رصد زمین برای اهداف غیرنظامی در دسترس قرار گرفت، سنجش از دور به یک امیدواری برای مدیران و پیش‌بینی کنندگان در سراسر جهان تبدیل شده است. در واقع بیش از سه دهه گذشته تصاویر ماهواره‌ای به طور فزاینده‌ای برای نظارت بر جمعیت ملخ‌ها به کار برده شده است. پس از انجام مطالعات انجام شده توسط پیگلی (۳۱) و هیلکما و اسنیدجرز (۱۲)، سنجش از دور برای شناسایی کردن و تهیه نقشه پوشش گیاهی در حال ظهور در بیابان، برای کمک به نظارت و پیش‌بینی ملخ بیابان و ملخ طاعون استرالیا مورد استفاده قرار گرفته است (۳، ۱۰، ۲۱، ۲۷، ۳۲ و ۳۳). سنجش از دور بطور فزاینده‌ای در مناطق در معرض ریسک شیوع ملخ، برای برآورد زمان و محل مطلوب وقایع اقلیمی (مانند بارش و رواناب) که به طور معمول قبل از ایجاد جمعیت انفرادی و متعاقباً تشکیل اجتماعات ملخ به وقوع می‌پیوندد، استفاده شده است (۵). سنجش از دور همچنین تخمین مداوم از ابرهای باران‌زا و شرایط زیست‌محیطی مانند توسعه پوشش گیاهی، که هر دو از عوامل مهم در استفاده برای نظارت بر پیش‌بینی و توسعه زیست‌گاه ملخ هستند را فراهم می‌کند (۱۵). شناسایی مناطق با پوشش گیاهی سبز در حال ظهور، کمک می‌کند که تصمیم‌گیری سریع در مورد انجام مداخلات کنترل در برابر جماعت اولیه ملخ صورت گیرد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، تیم مدیریت ملخ می‌تواند سایت‌های خاص با ریسک بالای اجتماعات ملخ را هدف قرار دهند (۲۶). شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) در توصیف مناطق مستعد پرورش ملخ که به طور غیر مستقیم با افزایش ناگهانی ملخ‌های منطقه‌ای در غرب آفریقا ارتباط داشت، توسط هیلکما و اسنیدجرز (۱۲) مورد استفاده قرار گرفت. در منطقه دریای سرخ، داده‌های NDVI به دست آمده از تصاویر NOAA/AVHRR با قدرت تفکیک

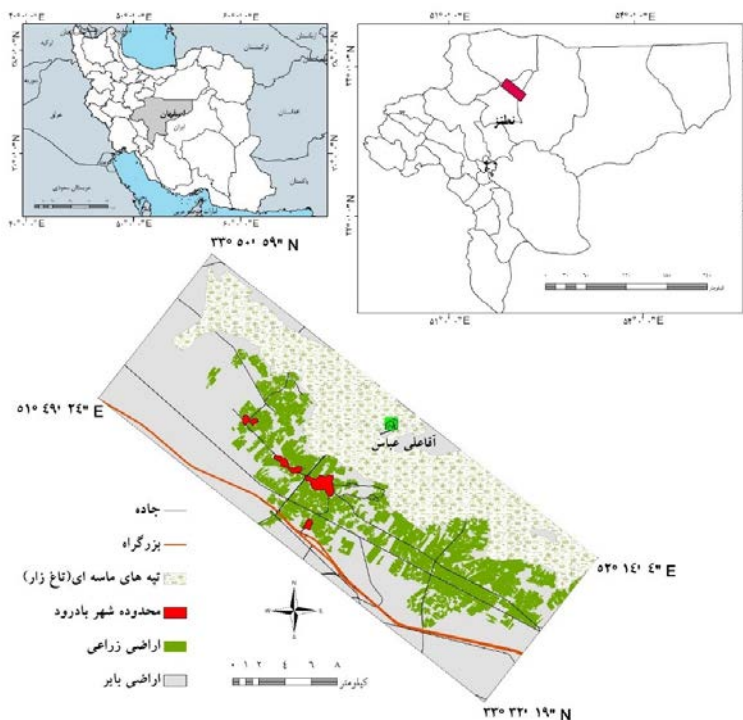
پوشش گیاهی NDVI و یا استفاده از طبقه‌بندی تصاویر برای استخراج پوشش‌های مختلف زمین برای شناسایی و نظارت بر زیستگاه ملخ استفاده شده است. در این تحقیق از همه شاخص‌های بیوفیزیکی سطح زمین (شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص‌های رطوبت پوشش گیاهی، دمای سطح زمین و شاخص‌های خشکی زمین) استخراج شده از تصاویر ماهواره لندست ۸ سنجنده تصویربرداری عملیاتی زمین (OLI) و سنجنده مادون قرمز حرارتی (TIRS) برای شناسایی زیستگاه ملخ بیابان، در منطقه بادرود از توابع شهرستان نطنز در استان اصفهان استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه محدوده شهری بادرود از توابع شهرستان نطنز با مختصات جغرافیایی $52^{\circ} 02'$ طول شرقی و $33^{\circ} 41'$ عرض شمالی در استان اصفهان است (شکل ۱).

مکانی $7/6$ کیلومتر برای ارتباط دادن مقدار پوشش گیاهی با سال‌های مطلوب و نامطلوب از نظر رشد ملخ، توسط دیسپلند و همکاران (۴) مورد استفاده قرار گرفت. با این حال تریتالوس و چک (۴۱) استدلال کردند که داده‌های NDVI در سطح پوشش جهانی (قدرت تفکیک مکانی $4-8$ کیلومتر)، یک پیش‌بینی خوب از حضور ملخ بیابان نمی‌باشند. استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی 250 متر MODIS، اجازه ارزیابی میزان توسعه پوشش گیاهی در بیابان بعد از وقوع بارندگی، و در نتیجه مرحله زاد و ولد ملخ را می‌دهد. همچنین می‌تواند به تعیین چگونگی توزیع پوشش گیاهی محلی و در نهایت تراکم مطلوب ملخ بیابان و تجمع آن‌ها کمک کند (۱۵). لاجینینسکی و سیوانپیلای (۲۲)، سیوانپیلای و همکاران (۳۷) و تیان و همکاران (۴۰) با توجه به نقشه‌برداری از مناطق بالقوه مطلوب برای زیستگاه ملخ، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا (ماهواره لندست سنجنده‌های TM و ETM^+) به تجزیه و تحلیل زیستگاه ملخ پرداختند، که نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از تصاویر لندست منجر به تعیین مکانی زیستگاه ملخ بیابان می‌شود. در بسیاری از این مطالعات، از شاخص



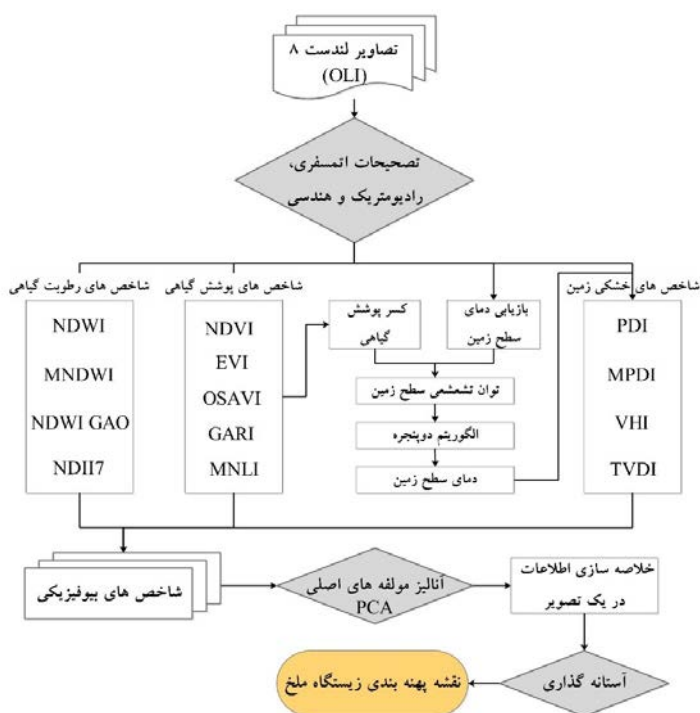
شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه

ماهوراهای در شناسایی زیستگاه ملخ مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا تصحیحات هندسی، رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر انجام شد و سپس شاخص‌های بیوفیزیکی سطح زمین از قبیل: شاخص‌های پوشش گیاهی، رطوبت موجود در گیاه، دمای سطح زمین، خشکی و رطوبت خاک و سلامت پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای استخراج شدند. اطلاعات شاخص‌های به دست آمده با استفاده از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی در یک تصویر خلاصه‌سازی شد. در نهایت با استفاده از روش آستانه‌گذاری و میانگین و انحراف معیار تصویر نهایی و همچنین میانگین و انحراف معیار مکان‌هایی که ملخ در آن مشاهده شده است، نقشه نهایی زیستگاه ملخ و ریسک حضور ملخ در منطقه تهیه گردید. مراحل انجام این تحقیق در شکل ۲ آورده شده است.

قسمت شمال شرقی و شرقی محدوده شهری بادرود از تپه‌های ماسه‌ای پوشیده شده که از سال ۱۳۵۴ با بذرپاشی تبدیل به یک تاغزار شده است. قسمت جنوبی شهر که از آبرفت‌های کوه کرکس تشکیل شده، دشت حاصلخیزی است و دارای خاک رس و ماسه نرم و مستعد برای کشاورزی و دارای منابع آب زیرزمینی نسبتاً خوب است. کاشت تاغ در تپه‌های ماسه‌ای حضور ملخ کوهان‌دار تاغ را برای این منطقه به ارمغان آورده است.

مراحل انجام تحقیق

در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI/TIRS) و داده‌های دیده‌بانی زمینی پایش ملخ، زیستگاه ملخ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و پتانسیل تصاویر



شکل ۲. مراحل انجام تحقیق

۱۳۹۲ تا اواسط فروردین سال ۱۳۹۳ بود. از این رو از سه تصویر لندست ۸ در تاریخ‌های ۱۱ و ۲۷ مارس و ۱۲ آوریل ۲۰۱۴ به منظور استخراج داده‌های بیوفیزیکی استفاده شد.

داده‌های مورد استفاده و پیش‌پردازش‌ها

داده‌های دیده‌بانی زمینی از تجمع ملخ‌ها از سازمان منابع طبیعی شهرستان نطنز تهیه شد که مربوط به اواسط اسفند

در این رابطه؛ L_{λ} رادیانس طیفی در بالای اتمسفر در سنجنده، $[W/ (m^2 sr \mu m)]$ ، ML فاکتور تبدیل ضربی، Q_{CAL} مقادیر پیکسل محصول استاندارد کوانتیزه شده و کالیبره شده (DN) و AL ضریب تبدیل جمعی می‌باشد. مقادیر ضریب‌های ضربی و جمعی تابش در بالای اتمسفر برای باندهای مختلف سنجنده OLI/TIRS در جدول ۱ ارائه شده است.

تصویر ۱۱ مارس با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه ثبت هندسی (Registry) شد و سپس سایر تصاویر نسبت به آن تصحیح هندسی (Rectify) شدند. پس از تصحیحات هندسی، رادیانس طیفی برای سنجنده (OLI/TIRS) از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$L_{\lambda} = ML \times Q_{CAL} + AL \quad [1]$$

جدول ۱. مقادیر ضریب‌های ضربی و جمعی برای باندهای مختلف سنجنده OLI/TIRS

ضریب	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶	باند ۷	باند ۸	باند ۹	باند ۱۰	باند ۱۱
ML	۰/۰۱۲۹	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۰۲	۰/۰۶۳	۰/۰۱۵۶	۰/۰۵۲۶	۰/۰۱۱۶	۰/۰۲۴۵	۰/۰۳۳۴	۰/۰۳۳۴
AL	-۶۴/۵	-۶۶	-۶۰/۸	-۵۱/۳	-۳۱/۴	-۷/۸	-۲/۶۳	-۵۸/۱	-۱۲/۲	۰/۱	۰/۱

K_2 برای باندهای ۱۰ و ۱۱ لندست ۸ به ترتیب ۱۳۲۱/۰۸، ۱۲۰۱/۱۴، ۷۷۷/۸۹ و ۴۸۰/۸۹ می‌باشند.

مرحله بعد به دست آوردن بازتاب و دمای درخشندگی در بالای اتمسفر (TOA) در سطح سنجنده است. بازتاب برای سنجنده (OLI) از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$\rho_{\lambda}' = M\rho \times Q_{CAL} + A\rho \quad [2]$$

استخراج شاخص‌های بیوفیزیکی سطح زمین شاخص‌های پوشش گیاهی

در بیشتر شاخص‌های گیاهی از رابطه معکوس بین انعکاس در ناحیه مادون قرمز نزدیک و ناحیه قرمز مربوط به گیاهان سبز سالم استفاده می‌شود. شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص پوشش گیاهی بهبود یافته (EVI)، شاخص پوشش گیاهی بهبود یافته کننده خاک (OSAVI)، شاخص پوشش گیاهی مقاوم در برابر اثر اتمسفر (GARI) و شاخص غیر خطی بهبود یافته (MNLI). شاخص NDVI سلامت پوشش گیاهی سبز را اندازه‌گیری می‌کند، همچنین روشی برای تخمین اولیه از محصولات (تولیدات) انواع زیست‌توده است (۲۴). همچنین پایش الگوی فنولوژی سطوح گیاهان و بررسی طول فصل رشد و دوره خشکسالی را فراهم می‌کند (۱۳). با این حال، در شرایط متراکم پوشش گیاهی که شاخص سطح برگ بالا باشد، اشباع می‌شود و همچنین اثر خاک زمینه را نیز تعدیل نمی‌کند. شاخص EVI برای مناطق با زیست‌توده بالا و بهبود نظارت بر

در این رابطه؛ ρ_{λ}' بازتاب سیاره‌ای، $M\rho$ فاکتور تبدیل ضربی (۰/۰۰۰۰۰۲)، Q_{CAL} مقادیر پیکسل محصول استاندارد کوانتیزه شده و کالیبره شده (DN) و $A\rho$ ضریب تبدیل جمعی (۰/۱) می‌باشد. برای تبدیل بازتاب در بالای اتمسفر به بازتاب سطح زمین و حذف اثر اتمسفر از روش تفریق جسم سیاه (Dark Object Subtraction) پیشنهادی استفاده شد (۲). دمای درخشندگی با استفاده از ضرایب کالیبراسیون سنجنده از رابطه ۳ تعیین گردید.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad [3]$$

در این رابطه؛ T دمای درخشندگی در سطح سنسور بر حسب کلونین (K)، L_{λ} تابش طیفی در بالای اتمسفر در سنجنده $[W/ (m^2 sr \mu m)]$ ، K_2 ضریب کالیبراسیون بر حسب کلونین، K_1 ضریب کالیبراسیون بر حسب $[W/ (m^2 sr \mu m)]$ ضرایب K_1 و

بیشتری نسبت به طیف گسترده‌ای از غلظت کلروفیل و حساسیت کمتری نسبت به اثرات جوی نسبت به NDVI دارد (۹). شاخص MNDWI، بهبود یافته شاخص غیرخطی (NLI) است که شامل ضرایب تعدیل شاخص (SAVI) برای کاهش اثر پس‌زمینه خاک است. در جدول ۲ نحوه محاسبه شاخص‌های پوشش‌های گیاهی ذکر شده، آورده شده است.

پوشش گیاهی از طریق بهبود سیگنال پس‌زمینه تاج پوشش گیاهی و کاهش اثرات جوی بهبود یافته است (۱۴). این شاخص بر اساس شاخص پوشش گیاهی (SAVI) است و از یک مقدار استاندارد ۰/۱۶ برای ضریب تعدیل تاج پس‌زمینه استفاده می‌کند (۳۴). این شاخص حساسیت بیشتری به پوشش گیاهی کم تراکم نشان می‌دهد. شاخص GARI حساسیت

جدول ۲. نحوه محاسبه شاخص‌های پوشش‌های گیاهی

شاخص پوشش گیاهی	توضیحات	رابطه
$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$	ρ_{NIR} = بازتاب باند مادون قرمز نزدیک	[۴]
$EVI = G \times \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(1 + \rho_{NIR} + C_1\rho_{RED} - C_2\rho_{BLUE})}$	ρ_{RED} = بازتاب باند قرمز ρ_{NIR} = بازتاب باند مادون قرمز نزدیک	[۵]
$OSAVI = \frac{(1 + L)(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + \rho_{RED} + 0.16)}$	ρ_{RED} = بازتاب باند قرمز ρ_{BLUE} = بازتاب باند قرمز	[۶]
$GARI = \frac{\rho_{NIR} - [\rho_{GREEN} - \gamma(\rho_{BLUE} - \rho_{RED})]}{\rho_{NIR} + [\rho_{GREEN} - \gamma(\rho_{BLUE} - \rho_{RED})]}$	$C_1=6, C_2=7/5, G=2/5$ $L=0/5$	[۷]
$MNDWI = \frac{(\rho_{NIR}^2 - \rho_{RED}) \times (1 + L)}{\rho_{NIR}^2 + \rho_{RED} + L}$	ρ_{GREEN} = بازتاب باند سبز $\gamma = 1/7$	[۸]

مادون قرمز استوار است. از جمله این شاخص‌ها، شاخص تفاضل نرمال شده آب (NDVI) (۲۸)، شاخص بهبود یافته تفاضل نرمال شده آب (MNDWI) (۴۲)، NDWIGAO (۷) و تفاضل نرمال شده مادون قرمز باند ۷ (NDII7) (۱۶) می‌باشد.

شاخص‌های رطوبت موجود در گیاه

شاخص‌های میزان رطوبت پوشش گیاهی برای به دست آوردن معیاری از مقدار آب موجود در شاخ و برگ گیاه طراحی شده‌اند (جدول ۳). این شاخص‌ها بر پایه بالا بودن بازتاب آب در محدوده سبز و پایین بودن آن در محدوده

جدول ۳. نحوه محاسبه شاخص‌های رطوبت موجود در گیاه

شاخص پوشش گیاهی	توضیحات	رابطه
$NDWI = \frac{\rho_{GREEN} - \rho_{NIR}}{\rho_{GREEN} + \rho_{NIR}}$	ρ_{NIR} = بازتاب باند مادون قرمز نزدیک	[۹]
$MNDWI = \frac{\rho_{GREEN} - \rho_{MIR}}{\rho_{GREEN} + \rho_{NIR}}$	ρ_{GREEN} = بازتاب باند سبز	[۱۰]
$NDWIGAO = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{MIR}}$	ρ_{MIR} = بازتاب باند مادون قرمز میانی	[۱۱]
$NDII7 = \frac{\rho_{GREEN} - \rho_{SWIR}}{\rho_{GREEN} + \rho_{SWIR}}$	ρ_{SWIR} = بازتاب باند قرمز دور	[۱۲]

محاسبه شد (رابطه ۱۵). برای محاسبه شاخص خشکی سطح زمین از شاخص‌های شاخص خشکی عمودی (PDI)، شاخص خشکی عمودی اصلاح شده (MPDI)، شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) و شاخص خشکی دما-پوشش گیاهی (TVDI) استفاده شد. شاخص PDI شاخصی است که مبتنی بر بازتاب در بخش‌های قرمز و مادون قرمز نزدیک طیف الکترومغناطیس می‌باشد. شاخص MPDI اصلاح شده شاخص PDI است و نسبت به آن ضریب همبستگی بالاتری (۰/۸۱) در مقابل (۰/۴۹) با شاخص‌های مشتق شده از فاکتورهای هیدرولوژیکی خاک از جمله رطوبت خاک در عمق‌های مختلف، ضریب پژمردگی و ظرفیت رطوبت مزرعه از خود نشان داده است (۸).

محاسبه دمای سطح زمین و شاخص‌های خشکی سطح زمین محاسبه دمای سطح زمین نیازمند دانش پیرامون توان تشعشعی سطح زمین (LSE) است. برای محاسبه توان تشعشعی سطح زمین از روش مونز و همکاران (۱۷) استفاده شد (رابطه ۱۳). در این روش، LSE با استفاده از اطلاعات باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و با توجه به کسر پوشش گیاهی پوشش (FVC)، به دست می‌آید. برای به دست آوردن کسر پوشش گیاهی، تصاویر NDVI به صورت خطی بین خط خاک خشک و پوشش گیاهی متراکم در رابطه ۱۴ قرار می‌گیرند. این عملیات خطی می‌تواند خطای رخ داده در عملیات کالیبراسیون و تصحیح اتمسفری را کاهش دهد (۱). پس از محاسبه توان تشعشعی، دمای سطح زمین (LST) از روش پنجره‌های مجزا (Split window) مونز و سوبرینو (۱۸)

جدول ۴. روابط مورد استفاده جهت محاسبه دمای سطح زمین و شاخص‌های خشکی سطح زمین

رابطه	توضیحات	شاخص دمای سطح زمین و شاخص‌های خشکی
[۱۳]		$LSE = \epsilon_s \times (1 - FVC) + \epsilon_v \times FVC$
[۱۴]	$\epsilon_s =$ توان تشعشعی خاک	$FVC = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2$
[۱۵]	$\epsilon_v =$ توان تشعشعی پوشش گیاهی متراکم	$T_s = T_i + c_1(T_i - T_j) + c_2(T_i - T_j)^2 + (c_3 + c_4 W)(1 - \epsilon)(c_5 + c_6 W)\Delta\epsilon$
[۱۶]	$T_i =$ دمای درختندگی باند ۱۰	$PDI = \frac{1}{\sqrt{M^2 + 1}}(\rho_{RED} + M \times \rho_{NIR})$
[۱۷]	$T_j =$ دمای درختندگی باند ۱۱	$MPDI = \frac{1}{(1 - f_v)}(PDI - f_v \times PDI_v)$
[۱۸]	$\Delta\epsilon =$ تفاضل توان تشعشعی در باند ۱۰ و ۱۱	$f_v = 1 - \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^{0.6175}$
[۱۹]	$M =$ شیب خط خاک	$VHI = w_1 \times VCI + w_2 \times TCI$
[۲۰]	$PDI_v =$ ارزش PDI در مناطق پوشش گیاهی	$VCI = 100 \times \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$
[۲۱]	$W_1 = 0/6, W_2 = 0/4$	$TCI = 100 \times \frac{TS - TS_{min}}{TS_{max} - TS_{min}}$
[۲۲]	$TCI =$ شاخص وضعیت پوشش گیاهی	$TVDI = \frac{TS - TS_{min}}{\alpha + bNDVI - TS_{min}}$
	$\Delta\epsilon =$ تفاضل توان تشعشعی در باند ۱۰ و ۱۱	
	$M =$ شیب خط خاک	
	$PDI_v =$ ارزش PDI در مناطق پوشش گیاهی	
	$W_1 = 0/6, W_2 = 0/4$	
	$VCI =$ شاخص وضعیت پوشش گیاهی	
	$TCI =$ شاخص وضعیت دمای سطح زمین	
	با توجه به رابطه پوشش گیاهی و دمای سطح زمین a و b	
	به دست می‌آید. TS/NDVI در لبه خشک نمودار	

می‌باشد که بر اساس پارامتریزه کردن تجربی رابطه بین دمای

شاخص TVDI یک شاخص ساده خشکی سطح زمین

اول این تحلیل بیشترین نسبت واریانس داده‌های اولیه و مؤلفه‌های بعدی به ترتیب بیشترین واریانس باقیمانده را محاسبه می‌کنند. در واقع مؤلفه اول دارای بیشترین واریانس است که عدم همبستگی داده‌ها را نشان می‌دهد. مقدار پیکسل جدید برای هر پیکسل با استفاده از رابطه ۲۳ محاسبه می‌شود.

$$\text{newDN}_{i,j,p} = \sum_{k=1}^n a_{kp} \text{DN}_{i,j,k} \quad [23]$$

در این رابطه؛ a_{kp} بردارهای ویژه، $\text{DN}_{i,j,k}$ ارزش DN در تصویر k برای پیکسل در ردیف i و ستون j و n تعداد تصاویر است.

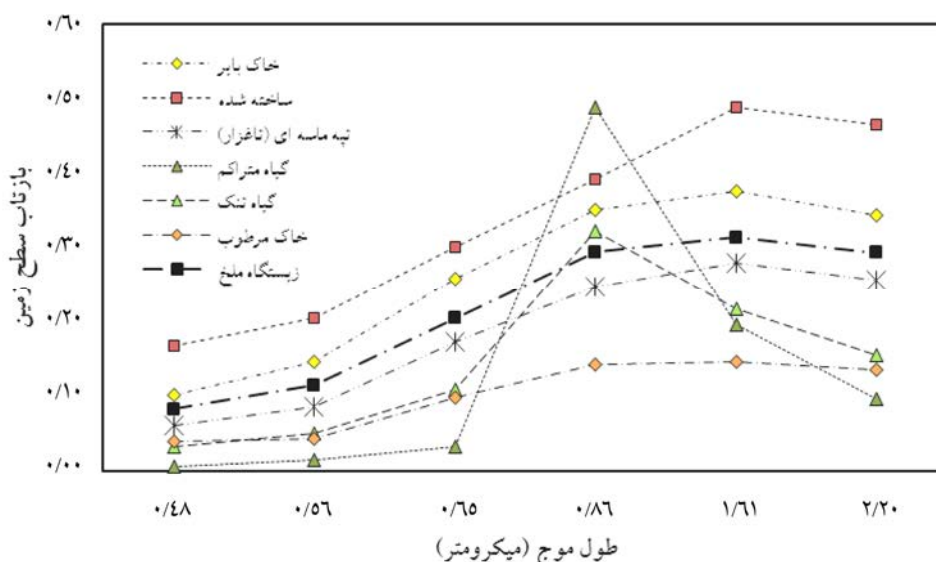
نتایج و بحث

نمودار طیفی هر یک از پوشش‌های زمین در منطقه مورد مطالعه در شکل ۳ آورده شده است. با توجه شکل ۳، میانگین نمودار طیفی از مکان‌هایی که تجمع ملخ مشاهده شده است، بیشترین شباهت را به طیف تپه‌های ماسه‌ای و تاغزار و خاک بایر دارد.

سطح (T_s) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) پیشنهاد شده است. این شاخص با رطوبت خاک مرتبط بوده و در مقایسه با تفاسیر موجود از فضای $TS/NDVI$ ، شاخص مفهومی و محاسباتی کارآمدی می‌باشد. این شاخص تنها مبتنی بر اطلاعات به دست آمده از داده ماهواره‌ای می‌باشد و بنابراین پتانسیل فراوانی برای برنامه‌های عملیاتی دارد (۳۵). شاخص VHI ، که به عنوان شاخص دما-پوشش گیاهی نیز نامیده می‌شود، مبتنی بر ترکیبی از شاخص‌های وضعیت پوشش گیاهی و شاخص وضعیت دما می‌باشد. شاخص VHI یک توصیف جایگزین برای سلامت پوشش گیاهی و یا به عبارت دیگر یک برآورد ترکیبی، از شرایط رطوبتی و حرارتی می‌باشد (۱۹).

آنالیز مؤلفه‌های اصلی

آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) یکی از روش‌های تبدیل خطی مجموعه داده‌های همبسته به مجموعه داده‌های غیر همبسته است و تفسیر مجموعه متغیرهای ناهمبسته که بیشتر اطلاعات داده‌های اولیه را دربر دارند، آسان‌تر می‌کند. مؤلفه



شکل ۳. نمودار طیفی پوشش‌های مختلف زمین در منطقه مورد مطالعه

پوشش زمین با استفاده از الگوریتم‌های متداول طبقه‌بندی

بنابراین، استخراج پوشش‌های زمین از طیف‌های هر

تحقیقاتی که شناسایی زیستگاه‌ها مورد نظر باشد استفاده از شاخص‌های بیوفیزیکی و بیوزیستی می‌تواند به شناسایی دقیق‌تر این زیستگاه‌ها کمک کند. آمار مربوط به هر شاخص در منطقه مورد مطالعه و در مناطقی که تجمع ملخ از طریق دیده‌بانی مشاهده شده‌اند در جدول ۵ آورده شده است.

کننده، یک راه مناسب برای ارزیابی و شناسایی زیستگاه ملخ نمی‌باشد. علاوه بر این، شباهت طیفی پوشش‌های زمین در مناطق خشک بیشتر از سایر مناطق است که این موجب بالا رفتن خطا در طبقه‌بندی و کاهش صحت نتایج می‌شود. استفاده از شاخص‌های سنجش از دوری زمانی استفاده می‌شود که استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای به صورت مستقیم امکان‌پذیر نباشد یا با خطای زیاد همراه باشد به خصوص در

جدول ۵. آمار شاخص‌ها در منطقه مورد مطالعه و در مناطق دیده‌بانی

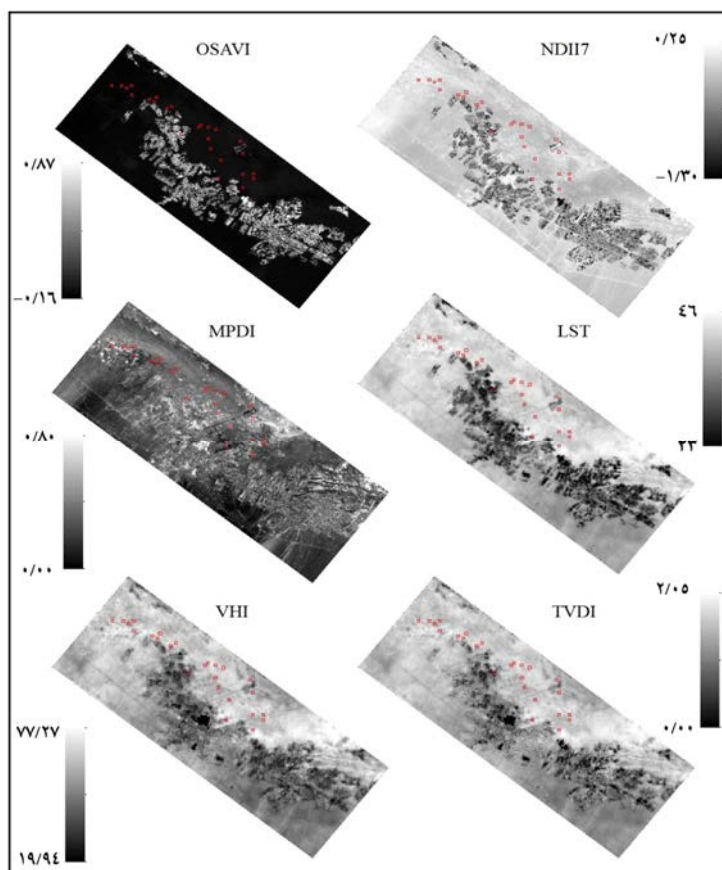
شاخص	آمار شاخص‌ها در منطقه مورد مطالعه			آمار شاخص‌ها در مناطق ملخ مشاهده شده		
	حداقل	میانگین	انحراف از معیار	حداقل	میانگین	انحراف از معیار
NDVI	-۰/۲۰	۰/۹۷	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۸۹	۰/۱۲
EVI	-۰/۰۹	۰/۸۲	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۶۶	۰/۰۸
OSAVI	-۰/۱۶	۰/۸۷	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۷۷	۰/۱۰
MNLI	-۰/۴۰	۰/۵۳	-۰/۱۹	-۰/۲۶	۰/۳۶	-۰/۲۱
GARI	-۰/۴۴	۰/۹۷	۰/۰۲	-۰/۱۰	۰/۸۳	-۰/۰۳
NDWI	-۱/۰۶	-۰/۱۰	-۰/۵۲	-۱/۰۰	-۰/۴۰	-۰/۴۸
MNDWI	-۱/۳۰	۰/۲۵	-۰/۵۳	-۱/۰۰	-۰/۳۵	-۰/۵۱
NDWIGAO	-۰/۳۴	۰/۶۴	۰/۰۰	-۰/۰۸	۰/۵۵	-۰/۰۳
NDII7	-۱/۳۰	۰/۲۵	-۰/۵۳	-۱/۰۰	-۰/۳۵	-۰/۵۱
PDI	۰/۰۰	۰/۸۱	۰/۳۰	۰/۲۳	۰/۴۴	۰/۰۴
MPDI	۰/۰۰	۰/۸۷	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۴۷	۰/۰۵
VHI	۱۸/۹۲	۷۷/۲۷	۵۶/۶۵	۲۹/۳۵	۷۴/۰۸	۴/۹۷
TVDI	۰/۰۰	۲/۰۷	۰/۹۲	۰/۲۳	۱/۶۵	۰/۱۳
LST	۲۳/۰۲	۴۶/۴۶	۳۹/۳۹	۲۵/۳۲	۴۴/۹۸	۳/۱۳

به رطوبت بسیار بالا و دمای پایین نمی‌توانند زیستگاه مناسبی برای جمعیت ملخ‌ها باشد. مکان‌های تخم‌گذاری ملخ‌های ماده، ترجیحاً در خاک‌های شنی همراه با علف سبز و بوته برای رشد ملخ‌های نوزاد می‌باشد. رویداد کلیدی در زیست‌شناسی ملخ، تغییر از یک زندگی کم‌تحرک فاز انزوا به فاز اجتماعی است که در این مرحله از زیست در گروه‌های متراکم و منسجم زندگی می‌کنند، به طور فعال مهاجرت کرده و ممکن است محصولات و مراتع فراتر از مکان رشد خود را نابود کنند. این

با توجه به آمار، میانگین ارزش‌های شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص‌های رطوبت گیاهی در مناطقی که ملخ‌ها مشاهده شده‌اند از میانگین ارزش‌های کل منطقه مورد مطالعه کمتر است و میانگین شاخص‌های دمای سطح زمین و شاخص‌های خشکی سطح زمین در مناطق تجمع ملخ از میانگین کل منطقه بیشتر است. این موضوع به این دلیل است که ملخ‌ها برای رشد و رسیدن به بلوغ نیاز به رطوبت کافی همراه با دمای بالا دارند، بنابراین زمین‌های کشاورزی با توجه

نمی‌شود در این مرحله ملخ‌ها به حالت پرواز در می‌آیند و برای به دست آوردن غذا در دسته‌های متراکم به زمین‌های کشاورزی حمله می‌کنند. بنابراین تا قبل از اینکه ملخ‌ها به پرواز در بیایند باید مکان تجمع آن‌ها شناسایی شده و با آن‌ها مبارزه شود. بنابراین تا قبل از بلوغ ملخ، آن‌ها در خارج از زمین‌های کشاورزی، در تاغ‌زارها که دارای دما و رطوبت و تغذیه مناسب برای رشد در این سنین است، دیده می‌شوند (شکل ۴).

پدیده به عنوان فاز دگرگونی (دگرسازی) ملخ شناخته شده است که ملخ در این فاز نیازمند شرایط زیست‌محیطی مناسب است و برای تکمیل فرآیند و تبدیل از فاز انزوا به یک مرحله اجتماعی، چندین نسل متوالی طول می‌کشد. خروج پوره‌ها از تخم برای ملخ کوهان‌دار تاغ در اواخر اسفند ماه بوده که همزمان با شروع رشد مجدد گیاه میزبان در منطقه است. ملخ‌ها پس از ۱۰ روز به سن ۲ پورگی رسیده و پس از آن به سن ۳ پورگی رسیده که نیاز غذایی آن‌ها شدیداً افزایش می‌یابد. در سن ۴ و ۵ پورگی اثری از برگ بر روی تاغ‌ها دیده



شکل ۴. شاخص‌های بیوفیزیکی سطح زمین با نمایش مناطقی که ملخ از طریق دیده‌بانی زمینی مشاهده شده است

تحلیل آماری از مناطقی که ملخ مشاهده شده است در سه مؤلفه اول و همچنین بزرگی مقادیر ویژه نشان داد که مؤلفه اول با بیشترین بزرگی ارزش ویژه و کمترین انحراف معیار مناسب‌ترین تصویر برای مطالعه زیستگاه ملخ است.

شاخص‌های بیوفیزیکی به دست آمده در یک مجموعه داده تنظیم شدند و سپس با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی، اطلاعات شاخص‌ها در چند تصویر خلاصه‌سازی شد. با توجه به جدول ۶، بیشترین اطلاعات در سه مؤلفه اول با ارزش‌های ویژه به ترتیب، ۰/۷۲۵، ۰/۱۵۲ و ۰/۰۸۲ وجود دارد. تجزیه و

جدول ۶. آمار مؤلفه‌های اصلی در مناطقی که ملخ مشاهده شده است

مؤلفه‌های اصلی	آمار PC در مناطق ملخ مشاهده شده			
	مقادیر ویژه	حداقل	حداکثر	میانگین
PC1	۰/۷۲۵	۰/۲۴۰	۰/۳۰۶	۰/۲۷۹
PC2	۰/۱۵۲	۰/۰۵۴	۰/۱۷۷	۰/۰۳۵
PC3	۰/۰۸۲	-۰/۲۱۲	۰/۰۱۱	-۰/۰۸۱

در نهایت با استفاده از میانگین ارزش مناطقی که در آن ملخ مشاهده شده است و همچنین انحراف از معیار تصویر PC1، پهنه‌بندی زیستگاه ملخ انجام شد و نقشه زیستگاه ملخ به همراه ریسک حضور ملخ در منطقه با استفاده از رابطه‌های ۲۴، ۲۵ و ۲۶ تهیه گردید.

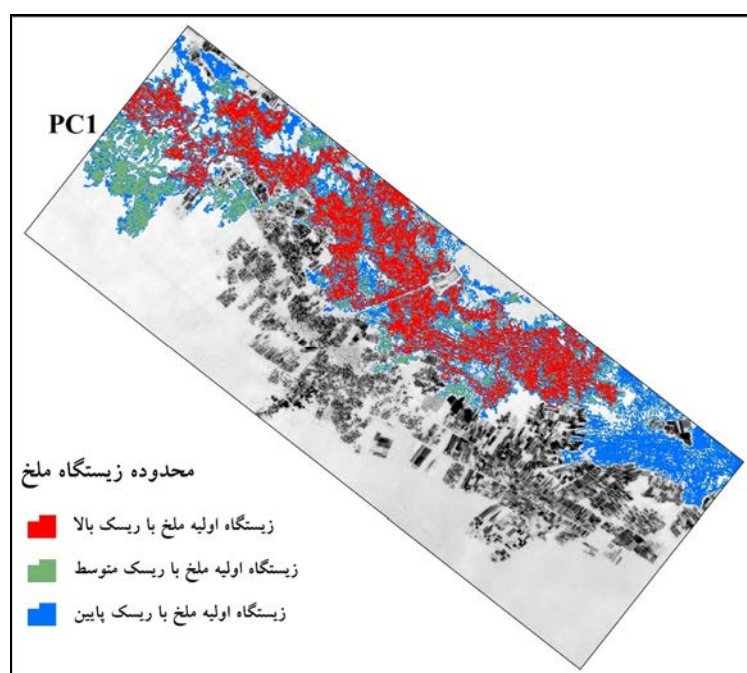
$$[24] \quad \mu \times (0.1 \times \text{std}) = \text{زیستگاه اولیه ملخ با ریسک بالا}$$

$$[25] \quad \mu \times (0.3 \times \text{std}) = \text{زیستگاه اولیه ملخ با ریسک متوسط}$$

$$[26] \quad \mu \times (0.5 \times \text{std}) = \text{زیستگاه اولیه ملخ با ریسک پایین}$$

در اینجا، μ میانگین ارزش مکان‌هایی است که ملخ مشاهده شده است و std انحراف از معیار تصویر PC1

می‌باشد. صحت مکانی نتایج به دست آمده با استفاده از داده‌های ملخ مشاهده شده به عنوان داده‌های مرجع، ارزیابی شد و صحت کلی ۷۴٪ و ضریب کاپای ۶۲٪ برای زیستگاه اولیه با ریسک بالا، صحت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپای ۷۱٪ برای زیستگاه اولیه با ریسک بالا و متوسط و صحت کلی ۹۴٪ و ضریب کاپای ۸۸٪ برای هر سه زیستگاه به دست آمد. شکل ۵، نقشه نهایی زیستگاه ملخ را نشان می‌دهد. بر اساس این پهنه‌بندی، تیم مدیریت ملخ می‌تواند پهنه‌های خاص با ریسک بالای اجتماعات ملخ را در اولویت ماموریت‌های دیده‌بانی قرار دهد و با این کار هزینه‌ها را کاهش داده و بازدهی ماموریت‌های دیده‌بانی را افزایش دهد.



شکل ۵. نقشه نهایی پهنه‌بندی زیستگاه ملخ

نتیجه گیری

کاربردهای داده‌های سنجش از دور و GIS، یک پیشرفت مهم در نظارت و پیش‌بینی ملخ بیابان را ارائه می‌دهد. علاوه بر این تصاویر ماهواره‌ای یک ارزیابی جالب از رطوبت خاک را امکان‌پذیر می‌سازد که یکی از عوامل کلیدی برای پیش‌بینی سایت‌های رشد ملخ است. در بسیاری از زمان‌ها ملخ‌ها به صورت تنها زندگی می‌کنند اما در برخی از زمان‌ها، با تغییر در محیط زیست آن‌ها ممکن است، تراکم و یا اجتماعی زیستن شروع شود. به عنوان یک قاعده کلی، تجمع ملخ و فاز تبدیل نهایی، توسط ناپیوستگی که می‌تواند نتیجه انواع حوادث هواشناسی باشد، صورت می‌گیرد. ملخ‌ها بطور قابل توجهی در چرخه زندگی خود، ترجیحات زیستگاه و سایر الزامات بوم‌شناختی متفاوت دارند و این مناسب است که مزایا و محدودیت‌های نظارت بر پایه ماهواره بر روی یک گونه خاص، در نظر گرفته شود.

منابع مورد استفاده

1. Amiri R, Weng Q, Alimohammadi A, Alavipanah SK. 2009. Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. *Remote Sensing of Environment*, 113(12): 2606-2617.
2. Chavez PS. 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, 24(3): 459-479.
3. Cressman K. 1996. Current methods of desert locust forecasting at FAO 1. *EPPO Bulletin*, 26(3- 4): 577-585.
4. Despland E, Rosenberg J, Simpson SJ. 2004. Landscape structure and locust swarming: a satellite's eye view. *Ecography*, 27(3): 381-391.
5. Dinku T, Ceccato P, Cressman K, Connor SJ. 2010. Evaluating detection skills of satellite rainfall estimates over desert locust recession regions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(6): 1322-1332.
6. Gangwere SK, Muralirangan M, Muralirangan M. 1997. The bionomics of grasshoppers,

در این تحقیق به منظور ارزیابی زیستگاه ملخ، از شاخص‌های بیوفیزیکی (شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص‌های رطوبت موجود در پوشش گیاهی، شاخص خشکی زمین و دمای سطح زمین) استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI/TIRS)، استفاده شد. سپس اطلاعات شاخص‌ها با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی، در یک تصویر خلاصه شد. در نهایت با استفاده از داده‌های میدانی به دست آمده از دیده‌بانی و آستانه‌گذاری، نقشه پهنه‌بندی زیستگاه اولیه ملخ با ریسک بالا، ریسک متوسط و ریسک پایین تهیه شد. صحت مکانی نتایج به دست آمده با استفاده از داده‌های ملخ مشاهده شده به عنوان داده‌های مرجع، ارزیابی شد و صحت کلی ۷۴٪ و ضریب کاپای ۶۲٪ برای زیستگاه اولیه با ریسک بالا، صحت کلی ۸۷٪ و ضریب کاپای ۷۱٪ برای زیستگاه اولیه با ریسک بالا و متوسط و صحت کلی ۹۴٪ و ضریب کاپای ۸۸٪ برای هر سه زیستگاه به دست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از شاخص‌های بیوفیزیکی مشتق شده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند یک راه ساده و ارزان برای نظارت بر زیستگاه ملخ باشد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند سیاست‌های کنترل ملخ را از رویکرد درمانی خارج کرده و به سمت رویکرد پیشگیرانه سوق دهد. از آنجا که مدیریت کارآمد از هر آفت بر پایه دانش کامل از زیست‌شناسی و بوم‌شناسی آن استوار است، شناسایی قابل اطمینان و به موقع از مناطقی که پس از بارش باران، پوشش گیاهی پدیدار می‌شود، هدف اصلی نظارت بر ملخ بیابان و کلید مدیریت پیشگیرانه آن به جای یک روش درمانی معمولی است. تحت حالت‌های پیشگیرانه، خدمات کنترل ملخ، فعالانه در جستجوی جمعیت اجتماعات اولیه ملخ و کنترل آن‌ها در یک مقیاس کوچک قبل از شروع پرواز مهاجرت است. بدیهی است محل این چنین مناطقی از طریق کار میدانی حاضر، کار فوق‌العاده مشکلی است چرا که بیشتر آن‌ها در مناطق وسیع و بدون جمعیت انسانی و با منابع آب کمیاب و تقریباً بدون جاده پراکنده‌اند. در نظر گرفتن همه این جوانب،

- window coefficients for land surface temperature retrieval from low-resolution thermal infrared sensors. *Geoscience and Remote Sensing Letters (IEEE)*, 5(4): 806-809.
19. Karnieli A, Bayasgalan M, Bayarjargal Y, Agam N, Khudulmur S, Tucker C. 2006. Comments on the use of the vegetation health index over Mongolia. *International Journal of Remote Sensing*, 27(10): 2017-2024.
 20. Latchininsky A, Sword G, Sergeev M, Cigliano MM, Lecoq M. 2011. Locusts and grasshoppers: behavior, ecology, and biogeography. *Psyche: A Journal of Entomology*, Volume 2011, Article ID 578327: 1-4.
 21. Latchininsky AV, Sivanpillai R, Driese KL, Wilps H. 2007. Can early season Landsat images improve locust habitat monitoring in the Amudarya River Delta of Uzbekistan. *Journal of Orthoptera Research*, 16(2): 167-173.
 22. Latchininsky AV, Sivanpillai R. 2010. Locust habitat monitoring and risk assessment using remote sensing and GIS technologies. In: *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases*. Springer, pp 163-188.
 23. Latchininsky AV. 2010. Locusts. In: Breed M.D. and Moore J., (eds.) *Encyclopedia of Animal Behavior*, volume 2, pp. 288-297 Oxford: Academic Press.
 24. Lenney MP, Woodcock CE, Collins JB, Hamdi H. 1996. The status of agricultural lands in Egypt: the use of multitemporal NDVI features derived from Landsat TM. *Remote Sensing of Environment*, 56(1): 8-20.
 25. Lockwood JA, Showler AT, Latchininsky AV. 2001. Can we make locust and grasshopper management sustainable? *Journal of Orthoptera Research*, 10(2): 315-329.
 26. Magor J, Lecoq M, Hunter D. 2008. Preventive control and Desert Locust plagues. *Crop Protection*, 27(12): 1527-1533.
 27. McCulloch L, Hunter D. 1983. Identification and monitoring of Australian plague locust habitats from Landsat. *Remote Sensing of Environment*, 13(2): 95-102.
 28. McFeeters S. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7): 1425-1432.
 - katydid and their kin. CAB international, 529 pp.
 7. Gao BC. 1996. NDWI: A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3): 257-266.
 8. Ghulam A, Qin Q, Zhan Z. 2007. Designing of the perpendicular drought index. *Environmental Geology*, 52(6): 1045-1052.
 9. Gitelson AA, Kaufman YJ, Merzlyak MN. 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 58(3): 289-298.
 10. Hielkema J, Roffey J, Tucker C. 1986. Assessment of ecological conditions associated with the 1980/81 desert locust plague upsurge in West Africa using environmental satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 7(11): 1609-1622.
 11. Hielkema J. 1981. Desert locust habitat monitoring with satellite remote sensing. *ITC Journal (Netherlands)*, 4: 387-417.
 12. Hielkema JU, Snijders F. 1994. Operational use of environmental satellite remote sensing and satellite communications technology for global food security and locust control by FAO: The ARTEMIS and DIANA systems. *Acta Astronautica*, 32(9): 603-616.
 13. Huete A, Justice C, Liu H. 1994. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. *Remote Sensing of Environment*, 49(3): 224-234.
 14. Huete A, Justice C, Van Leeuwen W. 1999. MODIS vegetation index (MOD13). Algorithm theoretical basis document, 3:213-228.
 15. Huete A, Didan K, van Leeuwen, W, Miura T, Glenn E. 2011. MODIS vegetation indices. In *Land remote sensing and global environmental change* (pp. 579-602). Springer New York.
 16. Hunt ER, Rock BN. 1989. Detection of changes in leaf water content using near-and middle-infrared reflectances. *Remote Sensing of Environment* 30 (1):43-54.
 17. Jimenez-Munoz JC, Sobrino JA, Skokovic D, Mattar C, Cristobal J. 2014. Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data. *Geoscience and Remote Sensing Letters (IEEE)*, 11(10): 1840-1843.
 18. Jiménez-Muñoz J-C, Sobrino JA. 2008. Split-

- 55(2): 95-107.
35. Sandholt I, Rasmussen K, Andersen J. 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Environment*, 79(2): 213-224.
 36. Simpson SJ, Sword GA. 2008. Locusts. *Current Biology*, 18(9): R364-R366.
 37. Sivanpillai R, Latchininsky AV, Driese KL, Kambulin VE. 2006. Mapping locust habitats in River Ili Delta, Kazakhstan, using LANDSAT imagery. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117(2): 128-134.
 38. Steedman A. 1988. *Locust handbook* 2nd ed. Overseas Development. Natural Resource Institute, London. 180 pp.
 39. Symmons P. 2009. A critique of "Preventive control and desert locust plagues". *Crop Protection*, 28(10): 905-907.
 40. Tian H, Ji R, Xie B, Li X, Li D. 2008. Using multi-temporal Landsat ETM⁺ data to monitor the plague of oriental migratory locust. *International Journal of Remote Sensing*, 29(6): 1685-1692.
 41. Tratalos JA, Cheke RA. 2006. Can NDVI GAC imagery be used to monitor desert locust breeding areas? *Journal of Arid Environments*, 64(2): 342-356.
 42. Xu H. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14): 3025-3033.
 29. Mohammed L, Diongue A, Yang J-T, Bahia D-M, Michel L. 2015. Location and characterization of breeding Sites of solitary desert locust using satellite images Landsat 7 ETM⁺ and Terra MODIS. *Advances in Entomology*, 3(01): 6-15.
 30. Mullié W. 2006. Monitoring Desert Locust control in Africa: the QUEST approach. In: Proc. ANCAP/SETAC International Conference on Pesticide use in Developing Countries: Environmental Fate, Effects and Public Health Implications, Arusha, Tanzania. October 16-20, pp 83-84.
 31. Pedgley DE. 1974. ERTS surveys a 500 km² locust breeding site in Saudi Arabia. NASA Special Publication, 351 pp.
 32. Pekel JF, Ceccato P, Vancutsem C, Cressman K, Vanbogaert E, Defourny P. 2011. Development and application of multi-temporal colorimetric transformation to monitor vegetation in the desert locust habitat. *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (IEEE Journal)*, 4(2): 318-326.
 33. Renier C, Waldner F, Jacques DC, Babah Ebbe MA, Cressman K, Defourny P. 2015. A Dynamic Vegetation Senescence Indicator for Near-Real-Time Desert Locust Habitat Monitoring with MODIS. *Remote Sensing*, 7(6): 7545-7570.
 34. Rondeaux G, Steven M, Baret F. 1996. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*,



Modeling desert locust habitat using biophysical indices derived from LandSat 8 images

S. Hashemi Dareh Badami ^{1*}, B. Jomezade ¹, A. Darvishi Bolourani ², A.H. Khakian ³

1. MSc. Student of Remote Sensing and Geographic Information System, University of Tehran

2. Assis. Prof. College of Geography, University of Tehran

3. MSc. Student of Environment, University of Tehran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18 April 2015

Accepted 31 August 2015

Available online 29 March 2016

Keywords:

Locust

Biophysical indices

LandSat 8

Principal Component Analysis (PCA)

ABSTRACT

Using satellite images is a simple and inexpensive way to identify the habitats and monitor the migratory pests such as locusts. Using remote sensing technology for locust control policies has shifted from treatment methods to preventive ones. Considering the effective management of insect pest infestations based on thorough knowledge of biology and ecology, this study aimed to evaluate the use of biophysical indices derived from satellite images in order to identify and monitor the locust habitats. For this purpose, we used biophysical indicators (vegetation indices, vegetation, water content indices, drought index and land surface temperature) derived from Landsat 8 (OLI/TIRS) images coinciding with in-situ data monitoring. Then, the information of indices was summarized in one image using principal component analysis. Finally, the primary locust habitat zoning map with high risk, medium risk and low risk was developed using in-situ data obtained from the monitoring and thresholding methods. The spatial accuracy of results was evaluated by locust observed data as reference data; on the other hand, the overall accuracy and Kappa coefficient for high-risk habitat were given as 62% and 74%, respectively. For moderate-risk habitat, they were also obtained as 87% and 71%, respectively. For all of three habitats, they were estimated as 94% and 88%.

* Corresponding author e-mail address: siroushashemi62@gmail.com

