



## کمی سازی تأثیر انتشار کهور آمریکایی (*Prosopis juliflora*) بر پوشش گیاهی بومی در جنوب ایران

فاطمه ایزدی<sup>۱</sup>، عاطفه چمنی<sup>۲\*</sup>، رسول زمانی احمد محمودی<sup>۳</sup>

۱- گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی محیط زیست، مرکز تحقیقات پسماند و پساب، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۳- گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	<b>پیشینه و هدف:</b> یکی از مهم‌ترین گونه‌های گیاهی مهاجم ایران، درخت کهور آمریکایی ( <i>Prosopis juliflora</i> ) است که گستره بزرگی از جنوب و جنوب شرق ایران را تحت کنترل خود در آورده است. اثر این گونه به حدی است که کهور آمریکایی، گونه غالب و در مواردی تنها گونه درختی در بیشتر اکوسیستم‌های ساحلی جنوب ایران به‌شمار می‌آید. صرف نظر از تخلیه آب‌های زیر زمینی به عنوان تنها منبع آب شرب جوامع محلی و از بین بردن غذای دام، ساده‌سازی اکوسیستم به تنها یک گونه درختی، زنگ خطر جدی برای از دست روی تعادل آن و بروز اثرات جدی اقتصادی و اجتماعی است. با توجه به اهمیت مدیریت درختان کهور آمریکایی در جنوب ایران، این تحقیق به شناسایی گستره‌ی انتشار درختان کهور آمریکایی با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای پرداخته است.
تاریخچه مقاله:	<b>مواد و روش‌ها:</b> از میان ۴۵ گونه‌ی شناسایی شده از جنس <i>Proposis</i> ، تعداد کمی از آن‌ها مخصوصاً کهور آمریکایی به عنوان گونه‌های مهاجم شناخته می‌شوند. این گیاه در اروپا به عنوان تهدید کننده‌ترین گیاه مهاجم شناخته می‌شود. در فهرست قرمز اتحادیه بین‌المللی حفاظت از محیط زیست، از کهور آمریکایی به عنوان یکی از ۱۰۰ گونه‌ی مهاجم تهدید کننده دنیا نام برده شده است. در این مطالعه، منطقه‌ای به وسعت ۱۸۵۰ کیلومتر مربع در حد فاصل دو شهر سیریک تا جاسک کهنه مورد بررسی قرار گرفت. برای تهیه نقشه پوشش درختی منطقه، از پردازش سلول- مبنای تصاویر ماهواره لندست ۸ (سنجنده OLI) استفاده شد. واحدهای اراضی (نواحی با پوشش خاک و گیاه همکن) با بهره‌گیری از پردازش شی‌گرایی تصاویر ماهواره لندست ۸ تولید گردید. در آخر، طبقات غالبیت کهور آمریکایی نسبت به سایر درختان در هر واحد محاسبه و تغییرات تراکم تاج پوشش هر طبقه با استفاده از شاخص گیاهی سنجنده مودیس در یک دوره ۲۰ ساله مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.
کلمات کلیدی:	<b>نتایج:</b> بر اساس نتایج حاصل، ۱۳۴۱۷ هکتار از منطقه مورد مطالعه توسط انواع درختان پوشیده شده است. طبقه درختان کهور آمریکایی به عنوان دومین طبقه درختی وسیع (وسعت ۳۹۹۱ هکتار، ۲۹ درصد از کل پوشش درختی) با توزیعی ناهمگن و اغلب در نواحی با خاک‌های سبک و شور موجود در مسیر آبراه‌ها قرار گرفته‌اند. مناطقی با غالبیت شدید کهور (بیش از ۶۰ درصد)، معادل ۱۱ درصد وسعت منطقه دیده شد که بیشتر در قسمت‌های مرکزی منطقه قرار دارند.
گونه مهاجم کهور آمریکایی سنجش از دور	<b>بحث:</b> نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که نواحی به شدت اشغال شده توسط

درختان کهور آمریکایی بیشتر در امتداد رودخانه‌ها و مسیل‌های اصلی است که از ارتفاعات شرقی به سمت آب‌های تنگه هرمز امتداد یافته است. بدین ترتیب، نزدیکی به رودخانه‌ها و آبراهه‌ها را می‌توان به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در شیوع این درختان در نظر گرفت. در نواحی با غالبیت شدید درختان کهور آمریکایی، انتظار می‌رود تا زیست توده گیاهی افزایش چشمگیری داشته باشد. در این مطالعه، اعداد بالای NDVI در واحدهای طبقه ۴ نیز گویای این مطالب است. با این حال، نکته قابل توجه، نرخ افزایشی مقادیر متوسط این شاخص گیاهی در طول ۲۰ سال گذشته در واحدهای طبقه ۴ است که هم اکنون نیز با سرعت بالایی در حال افزایش و متوسط NDVI آن از سال ۲۰۱۷ میلادی از مقدار ۰/۵ عبور کرده است. این امر نشان‌دهنده‌ی روند رو به رشد گسترش کهور آمریکایی در منطقه و حتی در نواحی است که در طول دهه‌های پیش میزبان این گونه مهاجم بوده‌اند.

## مقدمه

اکوسیستم‌ها (Yang *et al.*, 2016) و در نهایت تغییر ساختار و ترکیب پوشش گیاهی محیط میزبان (Hu *et al.*, 2019)، عملکرد هرم غذایی و کل ساختار بیولوژیک اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهند. یکی از مهم‌ترین گونه‌های گیاهی مهاجم ایران، درخت کهور آمریکایی (*Prosopis juliflora*) است که گستره بزرگی از جنوب و جنوب شرق ایران را تحت کنترل خود در آورده است (Heshmati, 2019). اثر این گونه به حدی است که کهور آمریکایی، گونه غالب و در مواردی تنها گونه درختی در بیشتر اکوسیستم‌های ساحلی جنوب ایران بشمار می‌آید. صرف نظر از تخلیه آب‌های زیر زمینی به عنوان تنها منبع آب شرب جوامع محلی و از بین بردن غذای دام، ساده سازی اکوسیستم به تنها یک گونه درختی، زنگ خطر جدی برای از دست روی تعادل آن و بروز اثرات جدی اقتصادی و اجتماعی است (Heshmati, 2019). عدم حذف درختان کهور آمریکایی از یک اکوسیستم عموماً نه به دلیل تحمیل هزینه‌های اقتصادی بلکه به‌خاطر عدم وجود گونه‌های جایگزین و دشواری تثبیت مجدد گیاهان بومی است تا برخی از نقش‌های کلیدی اکوسیستم را بر عهده بگیرند (Argaw, 2015). از این رو، تمرکز بسیاری از تلاش‌ها بر جلوگیری از ازدیاد و گسترش آن‌ها بوده تا سلامت اکوسیستم از شرایطی که هم اکنون در آن قرار دارد با خطرات بیشتری مواجه نشود. در این راستا، حشمتی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از مدل پراکنش پیشینه بی‌نظمی و با استناد بر سناریوهای متفاوت اقلیمی نشان دادند که علاوه بر استان‌های جنوبی، احتمال پراکنش این گونه در زیستگاه‌های داخلی ایران نیز وجود دارد.

گسترش و انتشار گونه‌های مهاجم یکی از مهم‌ترین تهدیدهای بوم‌شناختی و اجتماعی عصر جدید به‌شمار می‌آید (Tadros *et al.*, 2020). گونه‌های مهاجم، گروهی متنوع از موجودات از یک موجود تک سلولی تا گونه‌های بزرگ گیاهی و جانوری (Zengeya *et al.*, 2020) هستند که با ورود خود به زیستگاه‌های جدید و حصول موفقیت در رشد، بقا و تولیدمثل، به تهدیدی بالفعل برای سایر گونه‌های بومی و عملکرد اکوسیستم تبدیل می‌شوند (Biedrzycka *et al.*, 2020). از آنجایی که به دلیل تغییرات اقلیمی، بیشتر اکوسیستم‌های طبیعی به شدت ناپایدار شده‌اند، تغییر در پراکنش فعلی گونه‌های مختلف جانوری و گیاهی و در نتیجه توانایی گونه‌های مهاجم برای اشغال زیستگاه‌های جدید به شدت افزایش یافته است (Edrisi *et al.*, 2020; Eshete *et al.*, 2020). به‌طوری‌که در یک قرن گذشته، حدود ۶۰ درصد از انقراض گونه‌های مختلف جانوری و گیاهی به نوعی تحت تأثیر نفوذ گونه‌های مهاجم به زیستگاه‌های جدید بوده است (Bellard *et al.*, 2018). هم‌چنین، خسارت‌های اقتصادی - اجتماعی گونه‌های مهاجم بسیار زیاد است. طبق تخمین‌های صورت گرفته، سالانه مبلغی بالغ بر ۱/۴ تریلیون دلار (۵ درصد از کل اقتصاد جهان) برای مدیریت و کنترل گونه‌های مهاجم در سطح جهان هزینه می‌شود (Haile, 2008).

در بین انواع جانداران مهاجم، گونه‌های گیاهی از توان تخریبی بسیار بالایی برخوردار هستند. این گونه‌ها با تغییر و تخریب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (Liao & Boutton, 2008)، برهم زدن چرخه‌های نیتروژن و کربن

درخت مهاجم باعث محکم شدن خاک و تسهیل جریان رواناب می‌گردد (Pasiecznik et al., 2001). این گیاه جاذب پشه آنوفل (ناقل بیماری مالاریا) است و در اروپا به عنوان تهدید کننده‌ترین گیاه مهاجم شناخته می‌شود (Argaw, 2015). این گونه بومی آمریکای جنوبی، آمریکای مرکزی و حوزه کارائیب بوده و برای اولین بار در سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ میلادی برای مبارزه با بیابانزایی و تولید چوب به مناطق گرمسیری جهان مانند نواحی خلیج و عمانی جنوب ایران معرفی شد (Mwangi & Shallow, 2005). در فهرست قرمز اتحادیه بین‌المللی حفاظت از محیط زیست، از کهور آمریکایی به عنوان یکی از ۱۰۰ گونه‌ی مهاجم تهدید کننده دنیا نام برده شده است (Argaw, 2015).

#### منطقه مورد مطالعه

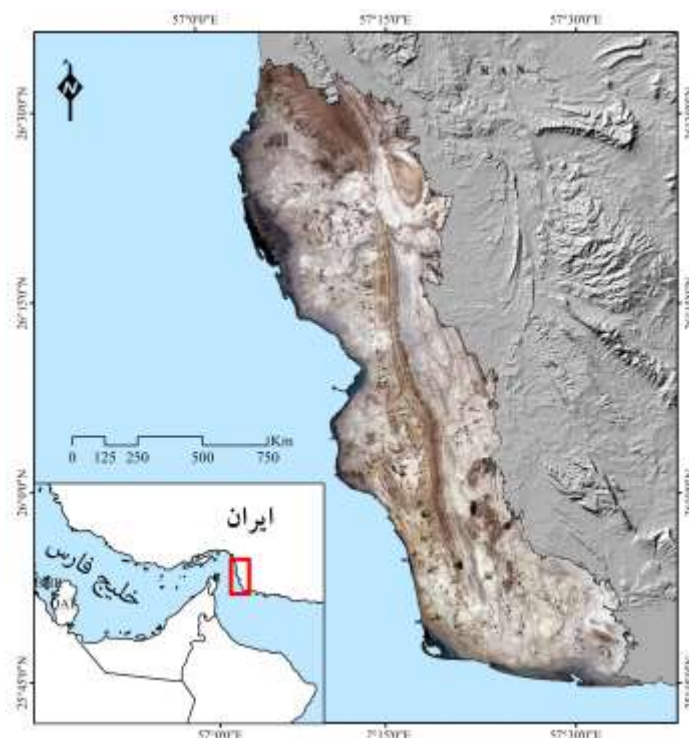
کهور آمریکایی بسیاری از اکوسیستم‌های ساحلی و نزدیک به ساحل ایران را به اشغال خود در آورده است، حال آن‌که غالبیت و میزان انتشار آن در نواحی مختلف، متفاوت است. در سواحل شمال شرقی تنگه هرمز (شکل ۱)، و در اراضی نزدیک به شهر جاسک، درختان کهور آمریکایی با تشکیل چندضلعی‌های خالص نواحی وسیعی را اشغال کرده‌اند. در برخی نواحی دیگر مانند اراضی شنی شرق شهر سیریک، درختان کهور آمریکایی به صورت پراکنده و با تاج پوشش‌های کوچک قابل مشاهده است. در این مطالعه، منطقه‌ای به وسعت ۱۸۵۰ کیلومتر مربع بین عرض ۲۵/۷۴ تا ۲۶/۶۶ درجه شمالی و طول ۵۷/۰۳ تا ۵۷/۵۸ درجه شرقی در حد فاصل دو شهر سیریک تا جاسک کهنه مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر درختان کهور آمریکایی، جنگل‌های حرا (*Avicennia marina*) و چندل (*Rhizophora mucronata*) محصور در مناطق جزر و مدی خور آذینی نیز در منطقه مورد مطالعه حضور دارند. گونه‌هایی از آکاسیا شامل *Acacia oerfota* و *A. nilotica* و همچنین کهور ایرانی (*P. cineraria*) از دیگر گونه‌های درختی و درختچه‌ای در منطقه هستند. اقلیم منطقه گرم و مرطوب با حداقل دمای ۲ درجه سانتی‌گراد در زمستان و حداکثر دمای ۵۱ درجه در تابستان است (Mokhtari et al., 2008).

Tadros و همکاران (۲۰۲۰) نیز با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در کشور اردن نشان دادند که تراکم پوشش گیاهی به‌واسطه انتشار درختان کهور آمریکایی در یک دوره زمانی کوتاه ۲۰ درصد افزایش یافته است؛ حال آن‌که ذخایر آب سطحی در مقطع زمانی مورد مطالعه در حدود ۶ تا ۳ درصد کاهش داشته است. Rembold و همکاران، (۲۰۱۵) با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در سومالی نشان دادند که این گونه ابتدا در خاک‌های عمیق با دسترسی راحت به منابع آب استقرار می‌یابد و پس از آن برای انتقال بذر به سایر نواحی خشک و علفزارها اقدام می‌کند. همچنین آن‌ها نشان دادند که استفاده مستمر از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند مسیرهای مهم پراکنش آبی این گونه مهاجم را به خوبی به تصویر بکشد. با توجه به اهمیت مدیریت درختان کهور آمریکایی در جنوب ایران، این تحقیق به شناسایی گستره‌ی انتشار درختان کهور آمریکایی با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای پرداخته است. همچنین از تحلیل شی‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد تا درصد غالبیت این درختان در واحدهای همگن زمین تعیین گردید. در آخر، با تحلیل تغییرات ۲۰ ساله داده‌های NDVI سنجنده مودیس (ماهواره TERRA)، تغییرات این شاخص گیاهی هر واحد و نسبت به درصد غالبیت درختان کهور آمریکایی مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### گونه مورد مطالعه

از میان ۴۵ گونه‌ی شناسایی شده از جنس *Proposis*، تعداد کمی از آن‌ها مانند *P. glandulosa*، *P. velutina*، *P. pallida* و مخصوصاً کهور آمریکایی (*P. juliflora*) (شکل ۱) به عنوان گونه‌های مهاجم شناخته می‌شوند (Felker et al., 2005). کهور آمریکایی درختی همیشه سبز با ارتفاع ۳ تا ۱۵ متر است که گاهی به صورت درختچه‌ای نیز رشد می‌کند. ریشه‌های درخت کهور آمریکایی می‌تواند تا ۸۰ متر به صورت عمودی و ۳۰ متر به صورت افقی رشد کند و باعث می‌شود تا اولاً سایر گیاهان در رقابت برای رسیدن به آب‌های زیرسطحی ناکام مانده و خشک شوند و ثانیاً، رشد موزائیکی ریشه‌های این



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در تنگه هرمز به همراه تاج پوشش و برگ درخت کهور آمریکایی

### روش مطالعه

برای تهیه نقشه پوشش درختی منطقه، از پردازش سلول- مبنای تصاویر ماهواره لندست ۸ (سنجنده OLI) استفاده شد. واحدهای اراضی (نواحی با پوشش خاک و گیاه ممکن) با بهره‌گیری از پردازش شی‌گرای تصاویر ماهواره لندست ۸ تولید گردید. در آخر، طبقات غالبیت کهور آمریکایی نسبت به سایر درختان در هر واحد محاسبه و تغییرات تراکم تاج پوشش هر طبقه با استفاده از شاخص گیاهی سنجنده مودیس در یک دوره ۲۰ ساله مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

### تهیه نقشه پوشش زمین

به منظور دستیابی به اهداف این تحقیق، یک تصویر موزائیک شده با اعمال فیلتر میانه بر روی تصاویر برداشت شده بین ماه‌های ژانویه تا دسامبر ۲۰۲۰ میلادی در سامانه فضای ابری گوگل ارث انجین (Gorelick *et al.*, 2017) تولید و اخذ گردید. از آنجایی که تصاویر آرشیوی این منبع دارای تصحیحات اتمسفری هستند (بازتاب بالای اتمسفر سطح Tier-1)، تصویر مورد نظر به طور مستقیم برای پردازش مورد استفاده قرار گرفت. نقاط مرجع در ۵ طبقه شامل نواحی بوته‌ای (عموماً شامل گیاهان شورپسند در نواحی Supratidal)، پوشش کهور آمریکایی، مانگرو، باغات نخل و سایر درختان با

استفاده از پیمایش‌های میدانی جمع آوری شد. در جمع‌آوری این نقاط تنها از نواحی استفاده شد که تولید جوامع خالص یکپارچه با وسعت بیش از ۸ هزار متر مربع را داده‌اند. تنها ۲۰ درصد نقاط جمع‌آوری شده برای آموزش و ۸۰ درصد باقی‌مانده برای ارزیابی صحت نقشه طبقه‌بندی شده مورد استفاده قرار گرفت. در آخر، با استفاده از روش طبقه‌بندی سلول- مبنای ماشین بردار پشتیبان (SVM)، نقشه پوشش گیاهی منطقه تولید و با محاسبه دو آماره مستخرج از ماتریس خطا، ضریب کاپا و صحت کلی، مورد ارزیابی قرار گرفت.

### تعیین غالبیت کهور در واحدهای همگن طیفی

به عنوان اولین گام در تعیین غالبیت کهور آمریکایی، از تحلیل شی‌گرا استفاده شد تا تصویر ماهواره‌ای اخذ شده به واحدهای همگن طیفی که معرف واحدهایی با تشابه خصوصیات خاک و گیاه هستند تفکیک شود. برای انجام این مهم، از ابزار تحلیلی Multi-Resolution Segmentation در نرم‌افزار eCognition استفاده شد (Hossain & Chen, 2019). برای اجرای این ابزار، مقادیر مقیاس، فشردگی و شکل واحدها با انجام آزمون و خطا به ترتیب برابر با ۵۰، ۰/۵ و ۰/۳ قرار داده شد. سپس در هر واحد تفکیک شده، درصد پوشش درختان کهور آمریکایی به کل درختان با تقسیم وسعت کهور به وسعت کل درختان

شاخص NDVI بین واحدهای مختلف غالبیت کهور آمریکایی مورد بررسی قرار گیرد.

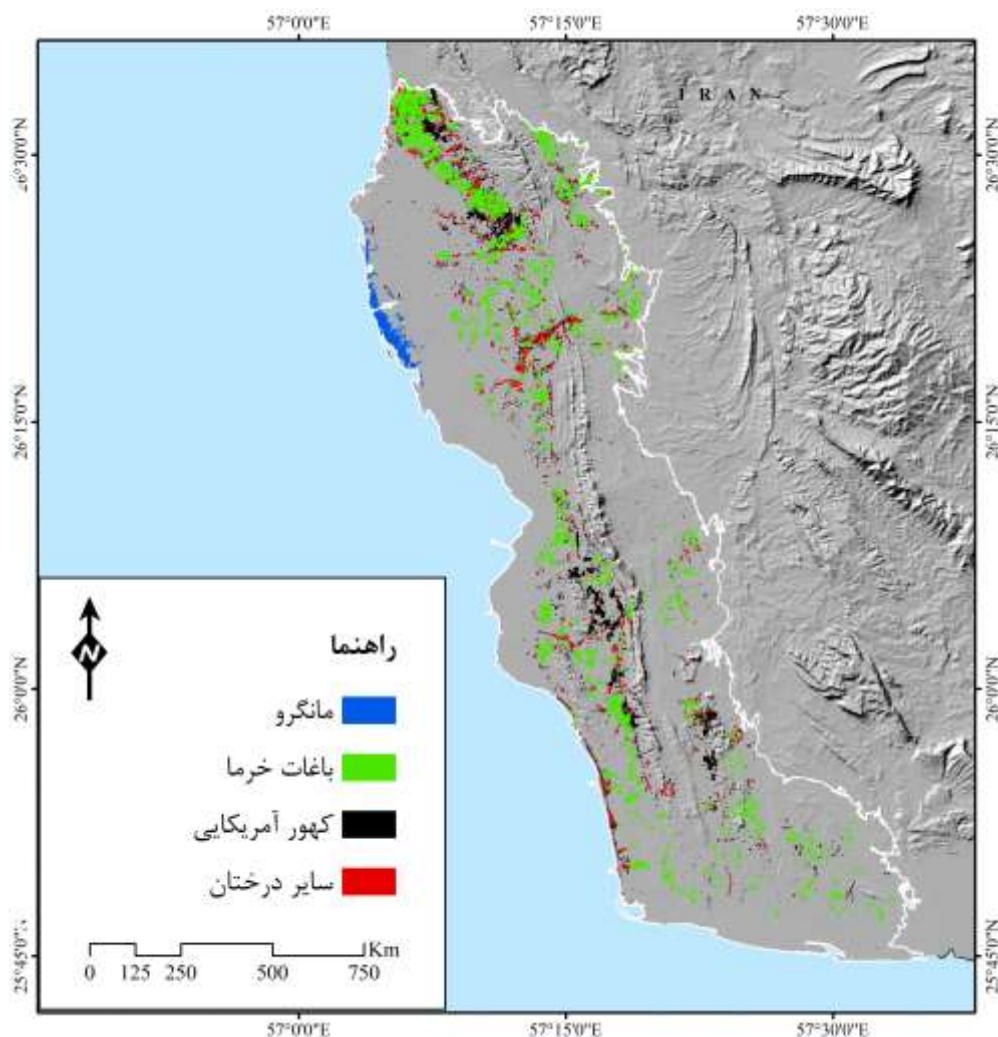
## نتایج

### نقشه کاربری/پوشش زمین

نقشه پوشش درختی حاصل از پردازش سلول مبنا تصویر ماهواره‌ای در شکل ۲ نشان داده شده است. نقشه تولید شده با ضریب کاپا و صحت کلی برابر با ۸۰/۶ و ۸۴/۷ از دقت قابل قبولی برای تحلیل و بررسی برخوردار است. بیشترین اختصاص ناصحیح نقاط مرجع زمینی، مربوط به درختان نخل و پوشش گیاهی بوته‌ای است که نشان از تشابه طیفی بالای این دو کلاس موضوعی و در نتیجه دشواری طبقه‌بندی آن‌ها دارد. بهترین تخصیص صحیح نیز به درختان مانگرو تعلق دارد به طوری که هیچ یک از این درختان، به اشتباه در کلاس دیگری طبقه‌بندی نشدند. بر اساس نتایج حاصل، ۱۳۴۱۷ هکتار از منطقه مورد مطالعه توسط انواع درختان پوشیده شده است. طبقه درختان مانگرو با وسعت ۱۰۰۷ هکتار (۱۲ درصد از کل پوشش درختی) تماماً به سواحل جزر و مدی خور آذینی محدود شده است. طبقه درختان نخل نیز با وسعت ۶۴۰۰ هکتار (۴۷ درصد از کل پوشش درختی) وسیع‌ترین پوشش درختی منطقه را تشکیل داده است. این طبقه، چنانچه در شکل ۲ نشان داده شده است، تشکیل چندضلعی‌های خالص با تراکم پوششی یکنواخت را داده‌اند. طبقه درختان کهور آمریکایی به عنوان دومین طبقه درختی وسیع (وسعت ۳۹۹۱ هکتار، ۲۹ درصد از کل پوشش درختی) با توزیعی ناهمگن و اغلب در نواحی با خاک‌های سبک و شور موجود در مسیر آبراهه‌ها قرار گرفته‌اند.

محاسبه و در چهار طبقه کمتر از ۵ درصد، بین ۵ تا ۳۰ درصد، ۳۰ تا ۶۰ درصد و بیشتر از ۶۰ درصد قرار گرفتند تا غالبیت درخت کهور آمریکایی در هر واحد تعیین گردد. برای پوشش‌های گیاهی، گونه غالب به گیاهی اطلاق می‌شود که بیش از ۳۰ درصد زیست توده یا تاج پوشش پوشش کل را به خود اختصاص داده باشد (طبقات ۳ و ۴) (Robinson *et al.*, 2018).

برای بررسی پویایی و تغییرات زمانی پوشش گیاهی در هر واحد همگن و هم‌چنین مقایسه تغییرات بین واحدهایی با غالبیت متفاوت، از شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی (NDVI) تولید شده توسط سنجنده مودیس ماهواره ترا استفاده شد. این داده که با نام MOD13Q1 شناخته می‌شود، هر ۱۶ روز برای هر ناحیه از زمین تهیه و با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر به صورت رایگان در اختیار قرار می‌گیرد (Testa *et al.*, 2018). در این تحقیق، برای هر سال مورد مطالعه از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ میلادی یک نقشه میانگین NDVI تهیه گردید. به عبارت دیگر، همه نقشه‌های NDVI تولید شده در هر سال دریافت و یک نقشه متوسط به عنوان معیاری از پوشش گیاهی آن سال مورد استفاده قرار گرفت. سپس در هر واحد، متوسط مقدار NDVI هر سال محاسبه گردید. متوسط NDVI معیاری از تراکم پوشش گیاهی (زیست توده) در یک منطقه است، به طوری که هر چه عدد این شاخص در یک واحد بیشتر باشد (حداکثر ۱)، آن واحد از تراکم پوششی بالاتری برخوردار است. از آنجایی که تغییرات تاج پوشش درختان نخل به طور کامل تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی است و هم‌چنین درختان حرا و چندل در شرایط محیطی متفاوت و عاری از رقابت با سایر گونه‌های مورد مطالعه حضور دارند، این دو کلاس از تحلیل‌های این بخش حذف گردید. در گام آخر، به دلیل توزیع غیرنرمال مقادیر شاخص NDVI، از تحلیل آماری غیرپارامتریک من-ویتنی استفاده شد تا تفاوت تغییرات

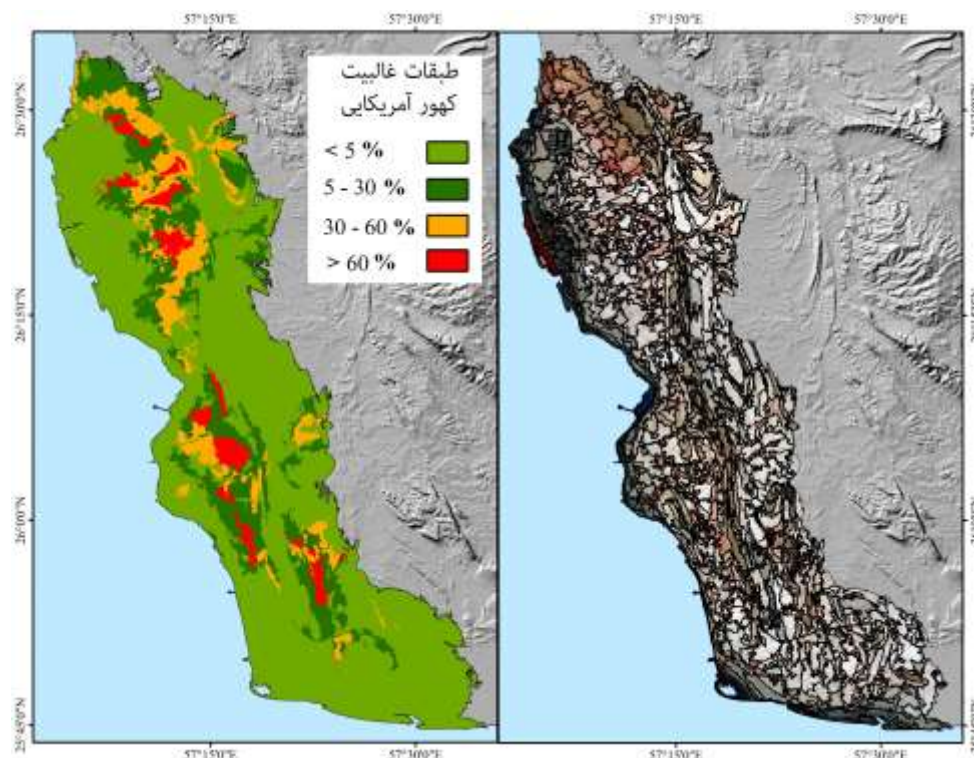


شکل ۲- نقشه طبقات پوشش درختی تولید شده از تصویر ماهواره لندست ۸

### تهیه واحدهای طیفی و غالبیت درختان کهور آمریکایی

با استفاده از تحلیل شی گرا تصویر ماهواره‌ای، منطقه مورد مطالعه به ۶۶۱ واحد همگن طبقه‌بندی شد. کوچکترین و بزرگترین واحد تفکیک شده به ترتیب وسعتی برابر با ۲/۱ و ۸۲۱/۲ هکتار داشتند. متوسط اندازه واحدها نیز برابر با ۲۴۳ هکتار (انحراف معیار ۲۳۱) تعیین گردید. در شکل ۳، غالبیت درختان کهور آمریکایی در هر واحد همگن نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل، غالبیت کهور آمریکایی در ۵۵ واحد (برابر با ۲۳ درصد از وسعت

منطقه) در محدوده بین ۵ تا ۳۰ درصد بود. مناطقی با غالبیت شدید این درخت (بیش از ۶۰ درصد) در ۲۱ واحد، معادل ۱۱ درصد وسعت منطقه دیده شد که بیشتر در قسمت‌های مرکزی منطقه قرار دارند. به طور کلی، نواحی تحت سیطره درختان کهور در سه ناحیه مجزا در شمال و مرکز منطقه و در طول آبراهه‌های اصلی منتهی به دریا قرار گرفته‌اند. همچنین نواحی با غالبیت متوسط کهور (به‌خصوص کلاس بین ۳۰ تا ۶۰ درصد) عموماً در حاشیه واحدهای با غالبیت شدید قرار دارند که نشان از تمایل درختان کهور برای شیوع حاشیه‌ای است.

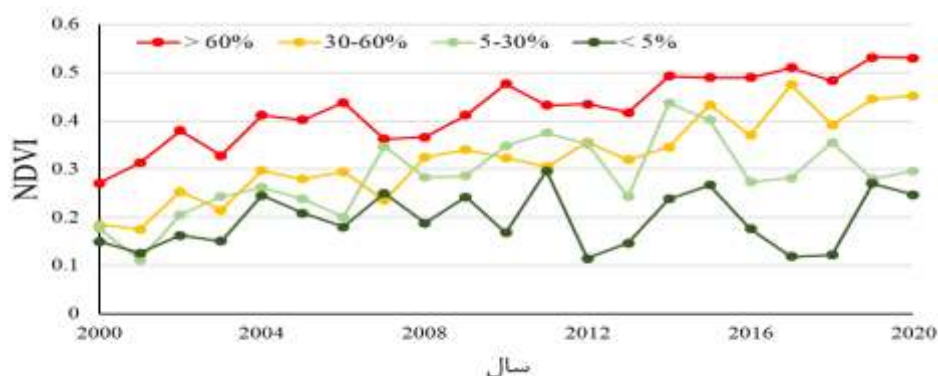


شکل ۳- نقشه واحدهای همگن اراضی حاصل از پردازش شی گرای تصاویر ماهواره لندست ۸ (چپ)؛ غالبیت کهور آمریکایی در واحدهای همگن طیفی (راست)

آهسته‌تری نسبت به طبقه ۴ داشته است (برابر با ۰/۰۱۴ واحد در سال). در طبقات ۱ و ۲ که کمترین نسبت حضور (غالبیت) کهور آمریکایی دیده می‌شود، شاخص NDVI تغییرات نوسانی را از خود نشان داد. حداکثر و حداقل مقدار NDVI در این طبقات برابر با ۰/۱۱ - ۰/۲۹ (در طبقه ۱) و ۰/۱۲ - ۰/۴۳ (در طبقه ۲) بود. مقایسه آماری انجام شده با استفاده از آزمون غیرپارامتریک من-ویتنی نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری در مقادیر متوسط NDVI بین طبقات غالبیت کهور وجود دارد (  $z = -3.12$ ,  $p = 0.018$ ,  $\text{sig} \leq 0.05$ , 2-tailed).

#### تغییرات زمانی شاخص‌های گیاهی

تغییرات سالانه متوسط NDVI در طول دو دهه گذشته در شکل ۴ نشان داده شده است. پوشش سبز باغات نخل تحت تاثیر فعالیت‌های انسان قرار دارد و مقدار بازتاب آن‌ها گویای شرایط طبیعی منطقه نیست و از نتایج این بخش از تحلیل حذف گردید. در طبقه ۴، افزایش محسوسی در روند تغییرات متوسط NDVI دیده می‌شود به طوری که مقدار متوسط این شاخص از ابتدای سال ۲۰۰۰ تا پایان دوره مطالعاتی به طور متوسط به میزان ۰/۲۶ واحد افزایش پیدا کرده است. متوسط مقادیر NDVI در طبقه ۳ نیز روندی افزایشی ولی با نرخ



شکل ۴- تغییرات متوسط NDVI در واحدهای اراضی با غالبیت متفاوت کهور آمریکایی

جدول ۱- نتایج آزمون نرمال بودن متغیرها با آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف

خصوصیت	کلاس غالبیت	نرمالیته (Kolmogorov Smirnov)	Test Statistics			
			Mann Whitney	Wilcoxon	Z	Sig.
NDVI	> ۳۰%	۰/۰۰	۴۸۳۶۳۷۶	۲۰۴۱۷۳۳	-۳/۱۲۳	۰/۰۱۸
	< ۳۰%	۰/۰۰				

محدودیتی ذاتی در استخراج پهنه‌های تحت اشغال کهور آمریکایی بوسیله سنجنده‌های با قدرت تفکیک مکانی مانند لندست است.

نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که نواحی به شدت اشغال شده توسط درختان کهور آمریکایی (طبقه ۴ با غالبیت بیش از ۶۰ درصد) بیشتر در امتداد رودخانه‌ها و مسیل‌های اصلی است که از ارتفاعات شرقی به سمت آب‌های تنگه هرمز امتداد یافته است. چنانچه فرض شود که نواحی با غالبیت بالا (طبقات ۳ و ۴) میزبان اولیه این درختان در منطقه مورد مطالعه بوده‌اند، نزدیکی به رودخانه‌ها و آبراهه‌ها را می‌توان به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در شیوع این درختان در نظر گرفت. همسو با این نتیجه، Meroni و همکاران (۲۰۱۷) نیز در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که درختان کهور در ابتدا نواحی مجاور راه آب‌ها و رودخانه‌ها که میزان آب بیشتری فراهم می‌کنند را اشغال می‌کنند. همچنین Aung & Koike (۲۰۱۵) نیز در مطالعه خود نشان دادند که درختان کهور تمایل بسیاری به رشد حاشیه‌ای دارند، به طوری که با تشکیل هسته اولیه در نواحی با آب سطحی بالا به تدریج به نواحی پیرامونی گسترش پیدا می‌کنند. در مطالعه حاضر نیز چنانچه در شکل ۳ نشان داده شده است، طبقه ۴ غالبیت کهور

## بحث

گسترش و انتشار درختان کهور آمریکایی یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط‌زیستی دو دهه گذشته در جنوب ایران بوده است. فرسایش خاک، از دست رفتن پوشش گیاهی بومی و تخلیه آب‌های زیر زمینی را می‌توان به عنوان مهم‌ترین تهدیدات این درختان در جنوب ایران قلمداد کرد. از این رو، کسب اطلاعات دقیق و به‌روز از مسیرهای گسترش و شیوع گونه‌های مهاجم، اولین گام تدوین راهبردهای کنترلی و مدیریتی این گونه را تشکیل می‌دهد (Joppa *et al.*, 2013). با توسعه سنجنش از دور ماهواره‌ای، ابزارهای مختلفی برای بررسی خصوصیات و پویایی پوشش گیاهی به‌خصوص مطالعه تغییرات و اثرات گیاهان مهاجم در ابعاد مختلف زمانی و مکانی در دسترس قرار گرفت (Kumar & Mutanga, 2017). در این مطالعه، فرضیات متعددی برای استخراج نواحی تحت سیطره‌ی کهور آمریکایی مد نظر قرار گرفت. به طور مثال، تک درختان کهور آمریکایی یا پلیگون‌هایی مخلوط با اندازه کمتر از ۱ هکتار در بخش سایر درختان طبقه‌بندی شد تا نواحی همگنی که نشان از استقرار موفق این درختان است، شناسایی شود. همسو با نتایج این تحقیق، Tadros و همکاران (۲۰۲۰) نیز در مطالعه‌ای مشابه نشان دادند که وجود پیکسل‌های مخلوط درختی،



علاوه بر استفاده از مقادیر متوسط NDVI، مقادیر انحراف معیار نیز به عنوان پارامتری از تنوع می‌تواند در شناسایی و کمی‌سازی اثر کهور آمریکایی بر ترکیب (Composition) گیاهی در هر واحد نیز مورد استفاده قرار گیرد. چنانچه Wakie و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد، کهور آمریکایی پس از گذشت ۲۰ سال از اولین استقرار خود در یک زیستگاه، می‌تواند خود را به عنوان گونه غالب آن منطقه معرفی کند. از این رو، تلاش‌های سریع و همه‌جانبه برای کنترل انتشار این گونه در نواحی با غالبیت متوسط و هم‌چنین جلوگیری از نفوذ آن‌ها به زیستگاه‌های هم‌جوار لازم و ضروری است. از این رو، مطالعاتی که بر پایه استخراج و تفسیر شاخص‌های گیاهی چند زمانه هستند را می‌توان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای کمی در تدوین استراتژی‌های مدیریتی و حفاظت پوشش گیاهی جنوب ایران در نظر گرفت.

### منابع

1. **Aung, T. and Koike, F., 2015.** Identification of invasion status using a habitat invisibility assessment model: the case of *Prosopis* species in the dry zone of Myanmar. *Journal of Arid Environments*. 120. 87-94.
2. **Felker, P., 2005.** Mesquite flour: new life for an ancient staple. *Gastronomica*. 5 (2). 85-89.
3. **Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R., 2017.** Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 202. 18-27.
4. **Heshmati, I., Khorasani, N., Shams-Esfandabad, B. and Riazi, B., 2019.** Forthcoming risk of *Prosopis juliflora* global invasion triggered by climate change: implications for environmental monitoring and risk assessment. *Environmental monitoring and assessment*. 191 (2). 72.
5. **Hossain, M.D. and Chen, D., 2019.** Segmentation for Object-Based Image Analysis (OBIA): A review of algorithms and challenges from remote sensing perspective. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*. 150. 115-134.
6. **Hu, C.C., Lei, Y.B., Tan, Y.H., Sun, X.C., Xu, H., Liu, C.Q. and Liu, X.Y.,**

عموماً توسط نواحی با غالبیت ۳ و سپس ۲ محصور شده است.

در نواحی با غالبیت شدید درختان کهور آمریکایی، انتظار می‌رود تا زیست توده گیاهی افزایش چشمگیری داشته باشد (Tadros *et al.*, 2020). در این مطالعه، اعداد بالای NDVI در واحدهای طبقه ۴ نیز گویای این مطالب است. با این حال، نکته قابل توجه، نرخ افزایشی مقادیر متوسط این شاخص گیاهی در طول ۲۰ سال گذشته در واحدهای طبقه ۴ است که هم اکنون نیز با سرعت بالایی در حال افزایش و متوسط NDVI آن از سال ۲۰۱۷ میلادی از مقدار ۰/۵ عبور کرده است. این امر نشان‌دهنده روند رو به رشد گسترش کهور آمریکایی در منطقه و حتی در نواحی است که در طول دهه‌های پیش میزبان این گونه مهاجم بوده‌اند. این در حالی است که تراکم طبیعی پوشش گیاهی منطقه که در طبقات با غالبیت کم (طبقه ۱ و ۲) وجود دارد شکلی نوسانی داشته که با بروز فصل‌های پر آب و بدون آب، تغییرات تأخیری را از خود نشان می‌دهند.

به صورت طبیعی، تراکم تاج پوشش اکوسیستم‌های ساحلی ایران را می‌توان برابر با ۰/۳ در نظر گرفت و هر تغییری در این مقدار، به‌خصوص افزایش تدریجی و یکنواخت آن بدون پاسخ به دوره‌های خشکی را می‌توان به عنوان شاخصی از گسترش احتمالی کهور آمریکایی در نظر گرفت. این امر در واحدهایی که در همسایگی واحدهای طبقات ۴ قرار دارند به‌خوبی قابل مشاهده است. این نواحی که عموماً در طبقه ۳ و پس از آن در طبقه ۲ جای گرفته‌اند و به عنوان اهداف بعدی کهور آمریکایی برای اشغال زیستگاه به شمار می‌آیند. از این رو علاوه بر تمرکز بر این نواحی، استفاده از سنجش از دور می‌تواند در شناسایی هسته‌های احتمالی شیوع کهور آمریکایی نیز مورد استفاده قرار گیرد. اگرچه مطالعاتی از قبیل Ilukor و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که احتمال تشکیل کلونی‌های مجزای کهور آمریکایی در مناطقی که دسترسی کافی به منابع آبی وجود ندارد بسیار پایین است اما مشاهده نهال‌های جوان این گونه حتی در مناطق خشک با بافت بسیار سبک خاک جنوب ایران، زنگ خطری جدی برای از دست روی این اکوسیستم‌ها است.

17. **Testa, S., Soudani, K., Boschetti, L. and Mondino, E.B., 2018.** MODIS-derived EVI, NDVI and WDRVI time series to estimate phenological metrics in French deciduous forests. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 64. 132-144.
18. **Wakie, T.T., Laituri, M. and Evangelista, P.H., 2016.** Assessing the distribution and impacts of *Prosopis juliflora* through participatory approaches. *Applied Geography*. 66. 132-143.
19. **Yang, W., Yan, Y., Jiang, F., Leng, X., Cheng, X. and An, S., 2016.** Response of the soil microbial community composition and biomass to a short-term *Spartina alterniflora* invasion in a coastal wetland of eastern China. *Plant and Soil*. 408 (1). 443-456.
20. **Argaw, T., 2015.** Impacts of Utilizing Invasive *Prosopis juliflora* (SWARTZ) DC. On Rural Household Economy at Gewane District, Afar Regional State, North-Eastern Ethiopia. *Journal of Economics and Sustainable Development*. 6:81-98.
21. **Bellard, C., Jeschke, J.M., Leroy, B. and Mace, G.M., 2018.** Insights from modeling studies on how climate change affects invasive alien species geography. *Ecology and Evolution*. 8(11). 5688-700.
22. **Biedrzycka, A., Popiolek, M. and Zalewski, A., 2020.** Host-parasite interactions in non-native invasive species are dependent on the levels of standing genetic variation at the immune locus. *BMC evolutionary biology*. 20:1-13.
23. **Edrisi, S.A. El-Keblawy, A. and Abhilash, P.C., 2020.** Sustainability analysis of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC based restoration of degraded land in North India. *Land*. 9(2):59.
24. **Eshete, A., Treydte, A.C., Hailemariam, M., Solomon, N., Dejene, T. and Yilma, Z., 2020.** Variations in soil properties and native woody plant species abundance under *Prosopis juliflora* invasion in afar grazing lands, Ethiopia. *Ecological Processes*. 9(1):1-12.
25. **Haile, Z.M., 2008.** Invasion of *Prosopis juliflora* (SW.) DC and Rural Livelihoods the case of Afar Pastoralists at Middle Awash Area of Ethiopia.
26. **Mwangi, E. and Swallow, B., 2005.** Invasion of *Prosopis juliflora* and local livelihoods: Case study from the lake Baringo area of Kenya. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre.:1-68.
2019. Plant nitrogen and phosphorus utilization under invasive pressure in a montane ecosystem of tropical China. *Journal of ecology*. 107 (1). 372-386.
7. **Ilukor, J., Rettberg, S., Treydte, A. and Birner, R., 2016.** To eradicate or not to eradicate. Recommendations on *Prosopis juliflora* management in Afar, Ethiopia, from an interdisciplinary perspective. *Pastoralism*. 6 (1). 1-8.
8. **Joppa, L., Visconti, P., Jenkins, C. and Pimm, S., 2013.** Achieving the convention on biological diversity's goals for plant conservation. *Science*. 341 (6150). 1100-1103.
9. **Kumar, L. and Mutanga, O., 2017.** Remote sensing of above-ground biomass. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*.
10. **Liao, J. and Boutton, T., 2008.** Soil microbial biomass response to woody plant invasion of grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, 40 (5), 1207-1216.
11. **Meroni, M., Ng, W.T., Rembold, F., Leonardi, U., Atzberger, C., Gadain, H. and Shaiye, M., 2017.** Mapping *Prosopis juliflora* in west Somaliland with Landsat 8 satellite imagery and ground information. *Land Degradation Development*. 28 (2). 494-506.
12. **Mokhtari, M., Savari, A., Rezai, H., Kochanian, P. and Bitaab, A., 2008.** Population ecology of fiddler crab, *Uca lactea annulipes* (Decapoda: Ocypodidae) in Sirik mangrove estuary, Iran. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 76 (2) 273-281.
13. **Pasiecznik, N.M., Felker, P., Harris, P.J., Harsh, L., Cruz, G., Tewari, J., Cadoret, K. and Maldonado, L.J., 2001.** The *Prosopis juliflora*-*Prosopis pallida* complex: a monograph. HDRA Coventry.
14. **Rembold, F., Leonardi, U., Ng, W.T., Gadain, H., Meroni, M. and Atzberger, C., 2015.** Mapping areas invaded by *Prosopis juliflora* in Somaliland on Landsat 8 imagery. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVII*. International Society for Optics and Photonics.
15. **Robinson, L.W., Flintan, F.E., Kasyoka, S., Nganga, I., Otieno, K. and Sircely, J.A., 2018.** Participatory rangeland management toolkit for Kenya. ILRI.
16. **Tadros, M.J., Al-Assaf, A., Othman, Y.A., Makhamreh, Z. and Taifoure, H., 2020.** Evaluating the Effect of *Prosopis juliflora*, an Alien Invasive Species, on Land Cover Change Using Remote Sensing Approach. *Sustainability* 12 (15) 5887.



## Quantification of the Effects of the Invasion of Mesquite (*Prosopis Juliflora*) on Native Vegetation in Southern Iran

Fatemeh Izadi<sup>1</sup>, Atefeh Chamani<sup>2\*</sup>, Rasool Zamani-Ahmadm Mahmoodi<sup>3</sup>

1- Environmental sciences and Engineering Department, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

2\*- Environmental sciences and Engineering Department, Waste and Wastewater Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

3- Department of Environmental Engineering, Natural Resources and Geosciences Faculty, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

### Abstract

#### Original Article

Received:  
2022.09.15

Accepted:  
2022.10.14

#### Keywords:

Invasive  
Species,  
Mesquite,  
Remote Sensing

**Introduction:** One of the most important invasive plant species in Iran is the American mesquite tree (*Prosopis juliflora*) which has taken the control of a large area of south and southeast Iran. The invasive effect of this species is profound such that it is the dominant species in some areas and the only tree species in most coastal ecosystems of southern Iran. Regardless of draining underground water as the only source of drinking water for local communities and destroying livestock feed, simplifying the ecosystem to only one tree species is a serious alarm of losing the ecosystem balance and causing serious economic and social effects. Considering the importance of the management of American mesquite trees in the south of Iran, this research investigated the spread of American mesquite trees using satellite image processing.

**Materials and Methods:** Among the 45 identified species of the genus *Proposis*, few of them, especially the American mesquite, are known as invasive species. This plant is known as the most threatening invasive plant in Europe. In the red list of the International Union for Environmental Protection, American mesquite is mentioned as one of the world's 100 invasive species threatening. In this study, an area of 1850 km<sup>2</sup> between the two cities of Sirik and old Jask was investigated. Pixel-based processing of Landsat 8 satellite images (OLI sensor) was used to extract the tree cover map of the area. The land units (areas covered with similar soil and vegetation characteristics) were produced using the object-oriented processing of Landsat 8 satellite images. Finally, the dominance of American mesquite compared to other trees was calculated in each unit and their canopy density changes were investigated and analyzed using the MODIS vegetation index in a 20-year period.

**Results:** According to the results, 13417 ha of the study area is covered by various trees. The American mesquite tree class was the second largest tree

class (3991 ha, 29% of the total tree cover) with a heterogeneous distribution and is often located in areas with light and salty soils along the streams. Areas with a strong predominance of mesquite (more than 60%) accounted for 11% of the area which was mostly located in the central parts of the region.

**Discussion:** The results of the image classification showed that the American mesquite heavily occupied areas are mostly located along the main rivers and channels, extending from the eastern highlands towards the waters of the Strait of Hormuz. Thus, proximity to rivers and waterways can be considered as one of the most important environmental factors affecting the spread of these trees. In areas with a strong dominance of American mesquite trees, it was expected that the plant biomass will increase significantly as observed by their high NDVI values. However, the noteworthy point is the increasing rate of the average values of the NDVI index during the last 20 years in the most dominant units, which is now increasing at a high rate with an average NDVI exceeding 0.5 since 2017. This indicates the increasing spread of the American mesquite in the region and even in the areas that have hosted this invasive species for decades.

---