

کاربرد رگرسیون منطقی در شناسایی عوامل اقلیمی مؤثر بر پراکنش جغرافیایی جنگل‌های مانگرو (مطالعه نمونه: استان هرمزگان)

- هستی پطروسیان^۱، سهراب اشرفی^{۲*}، افشین دانه کار^۳، جهانگیر فقهی^۴
۱. کارشناس ارشد محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴. دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۱۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۱/۱۵)

چکیده

در سال‌های اخیر جنگل‌های مانگرو با ارزش بالای اقتصادی و محیط‌زیستی به دلیل فعالیت‌های انسانی در معرض آسیب قرار گرفته‌اند. حفاظت بیرونی یک روش مؤثر در راستای حفاظت این جنگل‌ها محسوب می‌شود که لازمه انجام آن، شناخت شرایط زیستگاهی حاکم بر این اجتماعات است. این مطالعه با هدف بررسی نقش عوامل اقلیمی بر پراکنش جنگل‌های مانگرو و مدل‌سازی از مناطق مستعد توسعه این جنگل‌ها با استفاده از روش رگرسیون منطقی در سواحل استان هرمزگان انجام شد. متغیرهای اقلیمی مؤثر در قالب نوسان دمای سالانه، متوسط دمای سالانه، حداقل مطلق دما، متوسط دمای سردترین ماه سال، متوسط بارش سالانه، حداقل بارش سالانه و نوع اقلیم انتخاب شدند. صحت مدل با روش ROC و Pseudo-R² به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۲۴ برآورد شد که تأییدکننده میزان بالای صحت مدل است. با بهره‌گیری از نقشه حاصل از اجرای مدل، متوسط دما و نوسان دمای سالانه توانایی پیش‌بینی حضور گونه *Avicennia marina* را تا ۸۵ دارند که تأییدی بر اهمیت این دو متغیر بر گستره جغرافیایی این اجتماعات است. از آنجا که احتمال حضور *A. marina* بر مبنای پارامترهای اقلیمی در هیچ منطقه‌ای صفر برآورد نشد، بنابراین، می‌توان احتمال داد نبود اجتماعات *A. marina* در بخش‌هایی از پهنه ساحلی به دلیل نامناسب بودن سایر پارامترهای محیط‌زیستی است. در ۶۷ درصد از عرصه ساحلی احتمال حضور *A. marina* بالا ارزیابی شد. در این مناطق مساعد روی دامنه نوسان دما سالانه بین ۲۵ تا ۲۶/۵ و دامنه متوسط دمای سالانه بین ۲۶/۷ تا ۲۷/۶ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. نوسان دما سالانه به‌منزله مهم‌ترین پارامتر اقلیمی مؤثر بر حضور اجتماعات *A. marina* در این مطالعه شناسایی شد.

کلیدواژه‌گان: پارامترهای آب و هوایی، حفاظت بیرونی، رگرسیون منطقی، *Avicennia marina*.

۱. مقدمه

جنگل‌های مانگرو با مساحت حدود ۱۳ میلیون هکتار در جهان، یکی از پرتولیدترین اکوسیستم‌ها در گستره زمین محسوب می‌شوند (Kirui *et al.*, 2011; Giri *et al.*, 2010). این جنگل‌ها را می‌توان در آب‌های ساحلی گرم حوالی خط استوا در قاره‌های آسیا، آمریکا، آفریقا و اقیانوسیه مشاهده کرد که سهم آسیا از مجموع وسعت آن‌ها حدود ۴۲ درصد است (Giri *et al.*, 2010). ایران در جنوب غربی آسیا یکی از غربی‌ترین گسترش‌گاه‌های این اجتماعات ساحلی در آسیا محسوب می‌شود که از دو گونه مانگرو در شرایط اقلیمی و دریایی ویژه برخوردار است. ۹۴ درصد از رویشگاه‌های مانگروی ایران در استان هرمزگان توزیع شده که بخش اعظم آن پوشیده از گونه حرا (A. marina) است (Danekar *et al.*, 2012). اما متأسفانه در سال‌های اخیر این جنگل‌ها به‌رغم اهمیت بالای اقتصادی و محیط‌زیستی، به‌سبب برخی فعالیت‌های انسانی و گاه سوانح طبیعی در معرض تهدیدات جدی قرار گرفته‌اند که این امر ضرورت مدیریت خردمندانه آن‌ها را بیش از پیش ساخته است.

امروزه طرفداران محیط‌زیست از شیوه‌های مدیریت چندگانه استقبال می‌کنند که در آن مناطق تحت حفاظت از برنامه حفاظت خارج از زیستگاه اصلی به‌عنوان پشتوانه برخوردار است. حفاظت بیرونی^۱ با هدف انتقال گونه به مکان مناسب برای حفظ و توسعه آن، از جمله این روش‌ها محسوب می‌شود. اما انتقال موفق یک گونه به‌منظور حفاظت بیرونی آن، مستلزم انجام ارزیابی جامع محیط‌زیستی است. با انجام ارزیابی از محیط‌زیست گونه می‌توان دلیل استقرار گونه در زیستگاه اصلی آن را یافت و برای انتخاب محل جدید از الگوی اکولوژیک به‌دست‌آمده استفاده و بدین طریق به موفقیت طرح انتقال تا حد زیادی اطمینان کرد (Zolfaghar, 2009).

شاخص‌های اقلیمی از بارزترین ویژگی‌های محیط‌زیستی هر منطقه محسوب می‌شود که در مطالعات متعددی در ارتباط با پراکنش اجتماعات حرا

مورد توجه قرار گرفته است. Luo (2011) به‌منظور مقایسه ترکیب و ساختار گونه‌ها بین جنگل‌های مانگرو طبیعی و دست‌کاشت در خلیج شنژن^۲ در جنوب چین پژوهشی را انجام داد. در این مطالعه، میانگین دمای سالانه، حداقل و حداکثر دما و متوسط بارش سالانه به‌منزله شاخص‌های مهم آب و هوایی توسعه جنگل‌های مانگرو مورد توجه قرار گرفتند. Fromard و Rakotomavo در سال ۲۰۱۰ در دلتای رودخانه مانگوکی^۳ در ماداگاسکار با هدف تعیین تغییرات جنگل مانگرو تحت‌تأثیر فاکتورهای طبیعی و انسانی، نشان داد که نوع اقلیم و میانگین بارش از مهم‌ترین ویژگی‌های آب و هوایی رویشگاه‌های حراست. مطالعه فنولوژی حرا در زون‌های متمایز در خلیج گازی در کنیا توسط Wang' Ondu و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان داد که متوسط دما و بارش سالانه از عوامل مؤثر در گسترش جنگل‌های مانگرو است. مطالعه Robert و همکاران در سال ۲۰۱۰ با هدف تفسیر آناتومی چوب با کمک ساختار هیدرولیکی برای توضیح تفاوت در پراکنش حرا و چندل در جنگل‌های مانگرو شرق سواحل کنیا، نوع اقلیم و متوسط دمای سالانه را از فاکتورهای مهم در پراکنش جنگل‌های مانگرو معرفی کرد. پژوهش Zaldivar-Jiménez (2010) در جنگل‌های مانگروی جنوب شرق مکزیک با انگیزه معرفی مفاهیم ضروری برای استقرار مجدد این جنگل‌ها، نشان داد میانگین بارش سالانه یکی از مهم‌ترین عوامل در برنامه‌های احیا و استقرار مجدد جنگل‌های مانگروی آسیب‌دیده است. در کتاب توسعه جنگل‌های مانگرو (Safiari & Nasori, 2008) یکی از مهم‌ترین عوامل طبیعی مؤثر بر توسعه جنگل‌های حرا را نوع اقلیم عنوان کرد. در بررسی رویشگاه‌های حرای مصر توسط Hezagy و همکاران (2002) نوسان دمای سالانه و اقلیم از عوامل مهم آب و هوایی در گسترش جنگل‌های حرا معرفی شدند.

مسئله اجرای عملی مکان‌یابی و شناسایی مناسب‌ترین لکه‌ها برای کاشت حرا در سطح محلی براساس پارامترهای آب و هوایی معطوف به نقشه‌سازی شاخص‌ها و یافتن روابط ریاضی حاکم بر آن‌ها در

2. Shenzhen Bay
3. Mangoky

1. Ex situ Conservation

۱۳ ثانیه در گابریک (شهرستان جاسک) تا ۲۷ درجه و ۱۰ دقیقه و ۵۴ ثانیه در کولغان شهرستان بندرعباس و طول شرقی ۵۸ درجه و ۳۴ دقیقه و ۷ ثانیه در شهرستان جاسک تا ۵۵ درجه و ۲۲ دقیقه و ۶ ثانیه در شهرستان بندرلنگه به صورت لکه‌های پراکنده با وسعت‌های مختلف گسترش دارند. (Danekar et al., 2012). رویشگاه‌های طبیعی جنگل‌های مانگرو در سواحل این استان به جز رویشگاه سیریک تماماً از اجتماعات خالص، نامنظم و ناهم‌سال درختان حرا پوشیده شده است و تنها در رویشگاه سیریک درختان چنندل به صورت آمیخته با درختان حرا مشاهده می‌شود در جدول ۱ پراکنش و وسعت جنگل‌های طبیعی مانگرو و در شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعه شده در نوار ساحلی استان هرمزگان نشان داده شده است.

۲.۲. روش بررسی

در این مطالعه به منظور مقایسه شرایط آب و هوایی در مناطق حضور و عدم حضور اجتماعات حرا بر مبنای متغیرهای مستقل که حضور و یا عدم حضور گونه حرا به آن‌ها بستگی دارد، ۱۷ مطالعه مختلف در سطح جهان و ایران که به صورت مستقیم و غیرمستقیم به متغیرهای آب و هواشناختی مؤثر بر گسترش و توسعه جنگل‌های حرا اشاره داشتند، بررسی شدند. در جدول ۲ به مطالعات بررسی شده و متغیرهای آب و هواشناختی شناخته شده مؤثر بر گسترش جنگل‌های حرا اشاره شده است. برای تهیه نقشه رستری پیوسته از شاخص‌های شناسایی شده، آمار و اطلاعات مربوط به این شاخص‌ها از ایستگاه‌های هواشناسی ساحلی استان هرمزگان که در مجاورت رویشگاه‌های حرا قرار داشتند (جدول ۳ و شکل ۱) استخراج، و در محیط Arc 9.3 Gis با روش IDW^۱ تبدیل به نقشه سطحی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ و با اندازه سلول ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر شدند. نوع اقلیم نیز با استفاده از روش آمبرژه تعیین شد. نقشه حضور و عدم حضور اجتماعات حرا نیز به عنوان متغیر مستقل این مطالعه از سازمان بنادر و دریانوردی تهیه و ابتدا به فرم رستری تبدیل و در نهایت به نقشه بولی^۲ تبدیل شد (نقشه ۱).

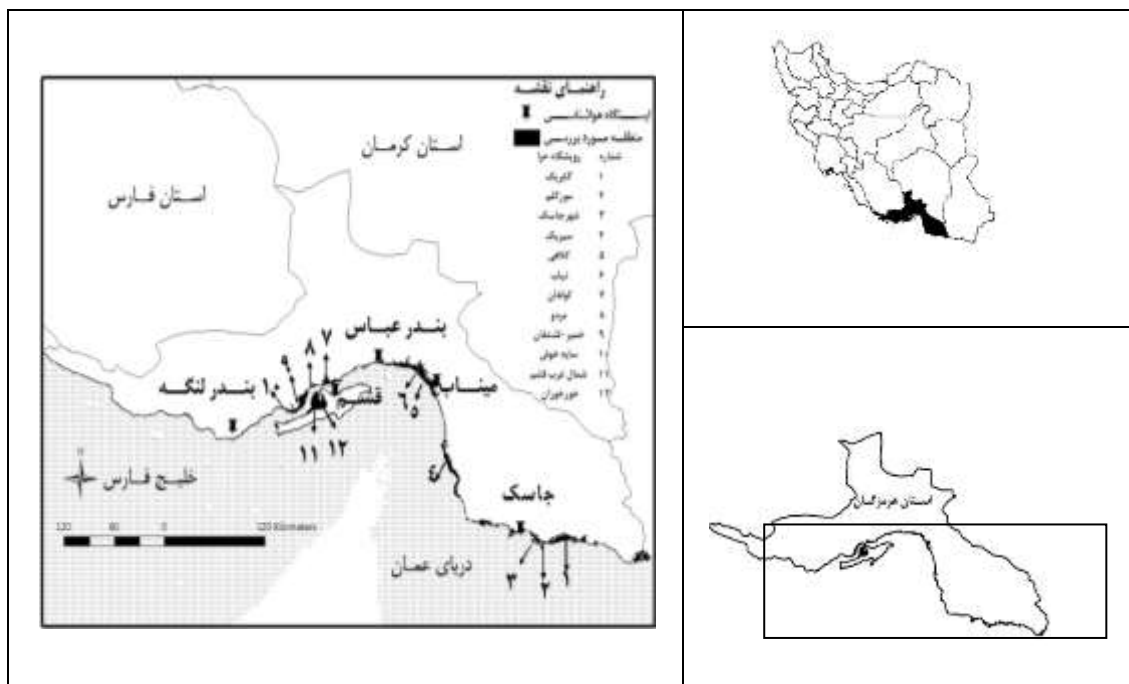
رویشگاه‌های حراست. به عبارت دیگر با ساخت الگویی مدون از شرایط آب و هوایی اجتماعات حرا در سواحل استان هرمزگان می‌توان مدلی از زیستگاه یا رویشگاه آن تهیه کرد و با استفاده از فناوری‌های نوینی که در علوم محیط‌زیستی کاربرد دارند به یافتن زیستگاه‌ها یا رویشگاه‌های بالقوه گونه مورد نظر پرداخت. مدل رگرسیون منطقی یکی از مدل‌های برآورد تجربی است که از فنون آماری برای مدل‌سازی ارتباط بین هدف (در اینجا مناطق مطلوب برای حفاظت بیرونی حرا) و نیروهای اثرگذار (در اینجا پارامترهای آب و هوایی) استفاده می‌کند و این توانایی را دارد که با سهولت نسبی متغیرهای بیشتری را به طور هم‌زمان مورد توجه قرار دهد و وارد فرایند مدل‌سازی کند (Kamyab et al., 2011). بر مبنای این مدل می‌توان ارتباط بین متغیرها و اهمیت نسبی آن‌ها را تعیین کرد و نقشه احتمال حضور حرا را استخراج کرد. این پژوهش با هدف تهیه نقشه مناطق مناسب توسعه جنگل‌های حرا بر مبنای پارامترهای اقلیمی، برآزش مدل رگرسیون منطقی در نشان دادن اهمیت هر یک از پارامترها و تعیین مهم‌ترین عامل اقلیمی مؤثر بر گسترش اجتماعات حرا، در پهنه ساحلی استان هرمزگان به انجام رسیده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. محدوده مطالعه شده

محدوده مطالعه شده در سواحل استان هرمزگان به طول ۱۹۴۹/۸۷ کیلومتر (با احتساب ساحل جزیره قشم) بین مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ۲۵ دقیقه و ۵۱ ثانیه تا ۲۷ درجه و ۱۸ دقیقه و ۵۵ ثانیه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۱ ثانیه تا ۵۹ درجه و ۱۴ دقیقه و ۲ ثانیه طول شرقی در پهنه‌ای به عرض گستره پهنه جزر و مدی (به طور متوسط ۵۰۰ متر) در سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان واقع است. رویشگاه‌های طبیعی مانگرو در سواحل این استان با وسعت ۱۰۰۲۵/۵۵ هکتار در ۷ شهرستان جاسک، سیریک، میناب، بندرعباس، خمیر، قشم و بندرلنگه در رویشگاه‌های مختلف توسعه یافته است. این جنگل‌ها در حد فاصل عرض شمالی ۲۵ درجه و ۳۴ دقیقه و

1. Inverse Distance Weighted
2. Boolean



شکل ۱. منطقه مطالعه شده و رویشگاه های حرا در نوار ساحلی استان هرمزگان

جدول ۱. پراکنش و وسعت جنگل های طبیعی مانگرویی استان هرمزگان (Danehkar et al., 2012)

ردیف	شهرستان	رویشگاه اصلی	وسعت جنگل (هکتار)
۱		گابریک	۲۰۹/۵۹
۲	جاسک	سورگلم	۵۹۶/۶۹
۳		شهر جاسک	۵۴/۶۲
۴	سیریک	سیریک	۶۵۸/۵۶
۵	میناب	کلاهی	۵۷۳/۴۷
۶		تیاب	۵۴۲/۷۵
۷	بندرعباس	کولغان	۶۶۱/۹۷
۸		مردو	۳۱۳/۰۱
۹	خمیر	خمیر- لشتگان	۱۶۰۴/۶۳
۱۰	بندرلنگه	سایه خوش	۸۲/۳۳
۱۱	قشم	خورخوران	۵۵۲۴/۸۹
۱۲		شمال غرب قشم	۲۱۰۹/۳۷
	جمع کل		۱۰۰۲۵/۵۵

پیکسل) هر یک از نقشه ها به صورت تصادفی نمونه گیری انجام شد.

سپس ارزش هر یک از شاخص ها در واحدهای نمونه گیری (هر یک از پیکسل ها) استخراج و در نرم افزار آماری Minitab 16 ثبت شد. به منظور

شایان ذکر است برای اینکه نقشه ها قابلیت روی هم گذاری داشته باشند از قالب نقشه پهنه ساحلی استان هرمزگان به عنوان مرجع برای هم اندازه کردن لایه ها استفاده شد. پس از ساخت نقشه رستری از هر یک از متغیرهای مستقل و متغیر وابسته، از ۵ درصد (۴۶۰۰

بنابراین، برای بررسی رابطه آن با متغیرهای مستقل از رگرسیون لجستیک دوتایی استفاده شد (Zare Chahoki, 2010). به همین منظور در نقاطی که از نقشه متغیرهای مستقل نمونه‌گیری تصادفی انجام شده بود اطلاعات متغیر وابسته به صورت صفر (عدم حضور) و یک (حضور) در نرم‌افزار ثبت شد.

جلوگیری از وجود هم‌خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل شناسایی شده (جدول ۲) ضمن بررسی نرمال بودن، میزان همبستگی بین آن‌ها سنجیده شد و متغیرهایی که همبستگی بیش از ۰/۷۵ با سایر متغیرها داشتند، حذف شدند (Marianne et al., 2012). با توجه به اینکه متغیر وابسته (حضور و عدم حضور اجتماعات حرا) از نوع اسمی دو سطحی است

جدول ۲. منابع بررسی شده در شناسایی معیارها و زیرمعیارهای اکولوژیک توسعه مکانی جنگل‌های مانگرو

منبع	شاخص	زیر معیار	معیار
(Mukhtar & Hannan, 2011); (Luo et al., 2011); (Wang' Ondu et al., 2010); (Rakotomavo et al., 2010); (Zaldivar-Jiménez, 2010); (Chauhani et al., 2008); (He et al., 2007); (Kao, 2004)	متوسط بارش سالانه	بارش	
(Mukhtar & Hannan, 2011); (Safiari & Nasori, 2008); (Capo et al., 2006); (Safa et al., 2006); (Saifullah et al., 2004)	حداقل بارش سالانه		
(Erfani et al., 2008); (Morrisey et al., 2007)	متوسط حداقل دمای سردترین ماه		اقلیم
(Luo et al., 2011); (Robert et al., 2010); (Wang' Ondu et al., 2010); (Gilman et al., 2008); (Erfani et al., 2008); (He et al., 2007); (Kao, 2004)	متوسط دما سالانه	دمای هوا	
(Luo et al., 2011); (Gilman et al., 2008); (Morrisey et al., 2007); (Safa et al., 2006)	حداقل مطلق دما		
(Morrisey et al., 2007); (Hegazy et al., 2002)	نوسان دمای سالانه		اقلیم
(Safiari & Nasori, 2008); (Alongi, 2008)	نوع اقلیم		

جدول ۳. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی بررسی شده

نام ایستگاه	ارتفاع ایستگاه از آب‌های آزاد (متر)	دوره آماری اطلاعات	دوره زمانی اطلاعات	مختصات جغرافیایی
جاسک	۵	۲۱ سال	۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵	۲۵°۳۸' N ۵۷° ۴۶' E
میناب	۲۷	۲۱ سال	۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵	۲۷° ۰۷' N ۵۷° ۰۶' E
بندرعباس	۱۰	۲۲ سال	۱۹۸۴ تا ۲۰۰۵	۲۷°۱۳' N ۵۶° ۲۲' E
قشم	۶	۱۰ ساله	۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵	۲۶°۵۵' N ۵۵° ۵۵' E
بندرلنگه	۱۲	۲۲ سال	۱۹۸۴ تا ۲۰۰۵	۲۶°۳۲' N ۵۴° ۵۰' E

نزدیک‌تر باشد، صحت مدل بالاتر است (Stevenson, 2008). کاربردهای شاخص Pseudo-R² در ارزیابی مدل‌های اکولوژیک توسط متخصصان زیادی تأیید شده است. شاخص Pseudo-R² بر مبنای قاعده نسبت احتمال، نیکویی برازش در رگرسیون لجستیک را آزمون می‌کند و میزان قابل قبول آن برای تأیید رضامندی مدل در محدوده Pseudo-R² ۰/۲ تا ۰/۴ است (Kamyab et al., 2012).

به منظور تعیین صحت مدل مطابق بررسی‌های Kamyab و همکاران (2012)، Omid و همکاران (2010) و Heumann (2012) از شاخص‌های ROC و Pseudo-R² استفاده شد. از شاخص ROC در پژوهش‌های متعددی برای بررسی کارایی مدل‌ها استفاده شده است. این شاخص از روی منحنی محاسبه می‌شود و میزان آن بین ۰/۵ تا ۱ تغییر می‌کند که هر چه میزان به دست آمده به یک

۳. نتایج

میزان همبستگی آن متغیر با متغیرهای دیگر است (Kamyab et al., 2012). با توجه به اینکه متغیر نوسان دما همبستگی بیشتری با متغیرهای حداقل مطلق دما، متوسط حداقل دمای سردترین ماه سال، حداقل بارش و متوسط بارش سالانه دارد، در نتیجه این متغیر به جای استفاده هم‌زمان از همه متغیرهای فوق در مدل استفاده شد.

از آنجا که متغیر نوع اقلیم در تمام منطقه ساحلی استان هرمزگان مشابه است، بنابراین، به‌عنوان متغیر بی‌تأثیر بر حضور و عدم حضور شناخته شده و از محاسبات خارج شده است و با توجه به اینکه متغیر نوسان دما همبستگی بیشتری با متغیرهای حداقل مطلق دما، متوسط حداقل دمای سردترین ماه سال، حداقل بارش و متوسط بارش سالانه دارد، در نتیجه این متغیر به جای استفاده هم‌زمان از همه متغیرهای فوق در مدل استفاده شد.

براساس نتایج بررسی مطالعات مختلف، متغیرهای مستقل مؤثر بر پراکنش جنگل‌های مانگرو در سه دسته کلی بارش (در غالب دو شاخص متوسط بارش سالانه و حداقل بارش سالانه)، دمای هوا (در غالب ۴ شاخص متوسط دمای سالانه، حداقل دمای سالانه، متوسط حداقل دمای سردترین ماه سال و نوسان دمای سالانه) و نوع اقلیم قابل طبقه‌بندی است.

۱.۳. بررسی همبستگی

نتایج بررسی همبستگی بین متغیرهای شناسایی شده مطابق جدول ۴ نشان داد که همبستگی قوی‌ای میان پنج متغیر ۱. نوسان دما، ۲. حداقل مطلق دما، ۳. متوسط دمای سردترین ماه سال، ۴. حداقل بارش سالانه و ۵. متوسط بارش سالانه وجود دارد. تصمیم‌گیری در مورد انتخاب یکی از دو متغیر براساس

جدول ۴. میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل شناسایی شده

متغیر	متوسط سالانه دما	نوسان دما	حداقل مطلق دما	متوسط حداقل دمای سردترین ماه سال	متوسط بارش سالانه	حداقل بارش
متوسط سالانه دما	۱					
نوسان دما	-۰/۰۷	۱				
حداقل مطلق دما	-۰/۴	-۰/۸۱**	۱			
متوسط حداقل دمای سردترین ماه سال	۰/۳	-۰/۹**	۰/۷**	۱		
متوسط بارش سالانه	۰/۴	۰/۸۲**	-۰/۹**	-۰/۷**	۱	
حداقل بارش سالانه	-۰/۶**	۰/۸۱**	-۰/۳	-۰/۹**	۰/۳	۱

** : Correlation is significant at the 0.01 level

مورد قبول تأییدکننده مدل‌سازی است. معادله رگرسیونی حاصل از مدل مطابق رابطه ۱ است.

رابطه (۱)

$$Y : \text{Exp} (23 / 58 + 1 / 1 FT + 0 / 25 AT) / 1 + \text{Exp} (23 / 58 + 1 / 1 FT + 0 / 25 AT)$$

در این رابطه، Y: احتمال حضور اجتماعات حرا؛ AT: متوسط دمای سالانه و FT: نوسان دما است. مدل

۲.۳. نتایج مدل رگرسیون

از متغیرهای مستقل غیرهمبسته برای اجرای مدل استفاده شد. دو متغیر مستقل استفاده‌شده (نوسان دمای سالانه و متوسط سالانه دما) به همراه متغیر وابسته حضور و عدم حضور حرا در مدل رگرسیون منطقی استفاده شد. میزان صحت مدل با توجه به شاخص‌های ROC و Pseudo-R² به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۲۴ به دست آمد که به دلیل قراردادن در محدوده

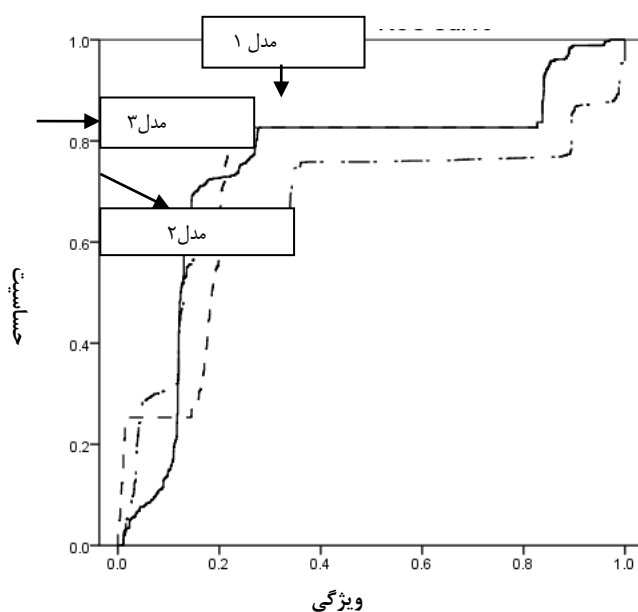
مستقل باقی‌مانده اجرا شد. مزیت این کار در حساسیت‌سنجی متغیر و کشف میزان اثر متغیر در مدل نهایی است. در مطالعه حاضر پس از هر بار اجرای مدل رگرسیون لجستیک میزان استخراج شد.

نتایج این بررسی نشان داد در صورت حذف نوسان دما (مدل ۲) میزان ROC به ۰/۶۷ و در صورت حذف متوسط سالانه دما (مدل ۳) به ۰/۷۴ تغییر می‌کند. در شکل ۲ منحنی ROC برای این سه مدل نشان داده شده است. مدل ۱ در این نمودار حاصل حضور هم‌زمان هر دو پارامتر نوسان دما و متوسط سالانه دما است.

در سواحل استان هرمزگان اجرا شد. نقشه خروجی شامل یک نقشه پیوسته از ارزش‌ها بین بازه ۱۲ تا ۸۵ درصد است که هر چه به ۸۵ درصد نزدیک‌تر باشد مطلوبیت برای حضور حرا در منطقه افزایش می‌یابد. در نتیجه طبقاتی با شماره بالاتر مطلوبیت بیشتری دارد.

۳.۳. نتایج حساسیت‌سنجی مدل

پس از مدل‌سازی با دو متغیر نوسان دما و متوسط دمای سالانه به منظور تشخیص مهم‌ترین متغیر، مدل به تعداد متغیرهای مستقل (۲ مرتبه) به مرحله اجرا درآمد با این تفاوت که این بار در هر مرحله اجرای مدل، یکی از دو متغیر مستقل حذف و مدل با متغیر



شکل ۲. مقایسه منحنی‌های ROC سه مدل

Hezagy و همکاران (2002) در مصر و Morrisey و همکاران (2007) که به نوسان دما به‌منزله شاخصی مهم در پراکنش حرا اشاره داشتند، مطابقت دارد. متوسط دمای سالانه نیز که به‌عنوان دومین عامل مهم در پراکنش جنگل‌های A. marina استان هرمزگان شناخته شد در مطالعات Erfani و همکاران (2010)؛ Wang' ondu و همکاران (2010)؛ kao و همکاران (2004)؛ He و همکاران (2007) و Robert و همکاران (2010) به‌عنوان شاخصی مهم مورد توجه قرار گرفته بود.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

روش مدل‌سازی رگرسیون منطقی برای شناسایی و درک بهتر از نقش متغیرهای آب و هوایی بر پراکنش اجتماعات A. marina و برای یافتن مهم‌ترین متغیر و مناسب‌ترین مکان بر مبنای پارامترهای اقلیمی برای حفاظت بیرونی آینده جنگل‌های حرا استفاده شد. این بررسی نشان داد مطابق شکل ۲ نوسان دما مهم‌ترین عامل در پراکنش جنگل‌های حرای استان هرمزگان محسوب می‌شود. نتیجه حاصل با نتیجه مطالعه

اگر در این مدت به بستر مناسب برای استقرار نرسد از بین می‌رود. بنابراین، می‌توان احتمال داد به‌دلیل دوری عرصه مناسب از اجتماعات طبیعی *A. marina* بذر به عرصه نرسیده است و این مکان بالقوه می‌تواند محل مناسبی برای توسعه و کاشت دستی درختان *A. marina* باشد.

پیشنهاد می‌شود جدا از ویژگی‌های اقلیمی سایر پارامترهای محیط‌زیستی مؤثر بر حضور گونه *A. marina* مانند پارامترهای زمین‌شناسی و دریایی نیز در مطالعات جداگانه‌ای بررسی شود چرا که مسلماً اجتماعات *A. marina* تحت تأثیر تمام فاکتورهای محیط‌زیستی اطرافشان مانند ویژگی‌های دریایی (کیفیت آب و برخی پدیده‌های دریایی) و زمین‌ریخت‌شناسی (تیپ کرانه و ناهمواری‌های ساحلی) هستند (Petrosian et al., 2012) و ویژگی‌های اقلیمی تنها بخشی از آن است. وجود مناطقی که احتمال حضور *A. marina* در آن اندک، اما پوشیده از اجتماعات طبیعی *A. marina* است تأییدی بر اهمیت سایر پارامترها در حضور این گونه است. این بررسی نشان داد که برای هرگونه فعالیت توسعه‌ای جنگل‌های مانگرو در خطه جنوب کشور نمی‌توان نسبت به نقش و عملکرد فاکتورهای محیطی غفلت کرد و لازم است فعالیت‌های توسعه‌ای که در استان‌های ساحلی جنوب در خصوص تولید نهال و کاشت درختان *A. marina* انجام می‌شود و با صرف وقت و هزینه بالا نیز همراه است، با توجه به نقش مؤلفه‌های محیطی انجام شود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که پارامترهای آب و هوایی از عوامل مؤثر بر حضور جنگل‌های *A. marina* در سواحل استان هرمزگان است و نقشی مهم در یافتن مناطق مستعد توسعه این جنگل‌ها دارد اما لازم است در بررسی‌های جداگانه‌ای سایر معیارهای مؤثر نیز سنجش و ارزیابی شوند و با نتایج این بررسی جمع‌بندی شود. این کار می‌تواند در یافتن مناسب‌ترین نقاط برای توسعه اجتماعات *A. marina* هدایت‌گر باشد و احتمال خطا را در معرفی مناطق جدید به حداقل ممکن برساند.

همچنین از نقشه نهایی حاصل از اعمال مدل، استنباط می‌شود از آنجا که در هیچ قسمت از نوار ساحلی استان هرمزگان احتمال حضور *A. marina* صفر نیست، بنابراین، می‌توان احتمال داد، آب و هوای نوار ساحلی استان هرمزگان برای توسعه *A. marina* با محدودیت زیادی همراه نیست. البته قضاوت برای سنجش تک‌عامله و با اتکا به مؤلفه‌های آب و هوایی نیازمند بررسی و سنجش نقش انتزاعی و سپس اشتراکی سایر مؤلفه‌های محیطی در پراکنش رویشگاه‌های مانگروی کشور است. با وجود این، نتایج این مطالعه نشان داد می‌توان به نقشه مؤلفه‌های آب و هواشناختی در توزیع و پراکنش رویشگاه‌های مانگروی کشور توجه جدی کرد. لذا در فقدان تشخیص نقش سایر مؤلفه‌های مؤثر در پراکنش مانگروها، مانند پدیده‌های دریایی و ویژگی‌های زمین‌ریخت‌شناختی، می‌توان با تکیه بر شاخص‌های آب و هوایی، برای توسعه جنگل‌های *A. marina* در نوار ساحلی هرمزگان تصمیم‌گیری کرد.

در نقشه نهایی، احتمال حضور *A. marina* در ۶۷ درصد از کل نوار ساحلی استان هرمزگان از نظر پارامترهای آب و هوایی بالاست. در این محدوده متوسط دمای سالانه بین ۲۶/۷ تا ۲۷/۶ درجه سانتی‌گراد و نوسان دمای سالانه بین ۲۵ تا ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد است که نشان‌دهنده محدوده قابل تحمل برای گونه *A. marina* در پهنه ساحلی استان هرمزگان است. در نقشه نهایی مکان‌هایی وجود دارد که احتمال حضور اجتماعات طبیعی *A. marina* بالاست اما خالی از جنگل‌های *A. marina* است که می‌توان علت را در دو موضوع جست‌وجو کرد: نخست آنکه سایر پارامترهای زیست‌محیطی مانند جنس بستر شوری خاک ارتفاع امواج در منطقه برای حضور *A. marina* مساعد نبوده است. همچنین بذر *A. marina* قدرت و امکان رسیدن به این مناطق را به‌طور طبیعی نداشته است. شایان توجه است که بذر درختان *A. marina* تنها قادر است ۷۲ ساعت قوه نامیه خود را در وضعیت شناور بر روی آب حفظ کند (NSW, 2008) و

REFERENCES

- Alongi, D. M. 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76: 1-13.
- Capo, S., A. Sottolichio, I. Brenon, P. Castaing and L. Ferry. 2006. Morphology, hydrography and sediment dynamics in a mangrove estuary: The Konkoure Estuary, Guinea. *Marine Geology*, 230: 199-215
- Chauhani, R., A.L. Ramanathan and T.K. Adhya. 2008. Assessment of methane and nitrous oxide flux from mangroves along Eastern coast of India. *Geofluids*, 8: 321-332
- Daneh kar, A., B.A. Mahmoodi, M. Sabaee, T. Ghadirian, Z. Asadolahi, N. Sharifi and H. Petrosian. 2012. Nationality document for stable management of mangrove forest of Iran. Forest, Range and Watershed Management Organization of Iran, Paidari Tabyat Co., 624 p.
- Erfani, M., G.R. Nouri, A. Danehkar, M.R. Marvi Mohajer and B.A. Mahmoudi. 2010. Vegetative parameters of mangrove forest on the Govater bay in southeast of Iran. *J Tax Biosystem*, 1 (1): 33-46.
- Giri, C., E. Ochieng, L.L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek and N. Duke. 2010. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20: 154-1594.
- Gilman, E.L., J. Ellison, N.C. Duke, C. Field. 2008. Threats to mangroves from climate change and adaptation options: a review. *Aquatic Botany* 89, 237-250.
- He, B., T. Lai, H. Fan, W. Wang and H. Zheng. 2007. Comparison of flooding-tolerance in four mangrove species in a diurnal tidal zone in the Beibu gulf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74:254-262
- Hegazy, A.K., A.A. Ali, F.G. Khadr and E.M. Azab. 2002. Site-dependent variation in populations of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh in Southern Sinai, Egypt.
- Available at: [[http://faculty.ksu.edu.sa/AkramAli/Documents/Research papers/akk16.pdf](http://faculty.ksu.edu.sa/AkramAli/Documents/Research%20papers/akk16.pdf)]
- Heumann, B.W. 2011. An Object-based classification of mangroves using a hybrid decision tree support vector machine approach. *Remote Sensing*, 3: 2440-2460.
- Kamyab, H.R., A. Salman Mahiny, S.M. Hossini, M. Gholamalifard. 2010. A Knowledge-based approach to urban growth modeling in Gorgan city using logistic regression. *Journal of Environmental Studies*, 36(2):89-96.
- Kao, W.Y., C.N. Shih and T.T. Tsai. 2004. Sensitivity to chilling temperatures and distribution differ in the mangrove species *Kandelia candel* and *Avicennia marina*. *Tree Physiology*, 24: 859- 864.
- Kirui, K.B., J.G. Kairo, J. Bosire, K.M. Viergever, S. Rudra, M. Huxham, R.A. Briers. 2012. Mapping of mangrove forest land cover change along the Kenya coastline using landsat imagery. *Ocean and Coastal mangement*, 54:1-6
- Luo, Zh., O. J. Sun and H. Xu. 2011. A comparison of species composition and stand structure between planted and natural mangrove forests in Shenzhen bay, south China. *Jornal of Plant Ecology*, 3 (3): 165-174.
- Marianne D. R., F. Bontadina, V. Braunsch, S. Ashrafi and R. Arlettaz. 2012. The challenge posed by newly discovered cryptic species: disentangling the environmental niches of long-eared bats. *Diversity and Distributions*, 18:1107-1119.
- Morrisey, D., Beard, C., Morrison, M., Craggs, R., and M. Lowe. 2007. *The New Zealand Mangrove: Review of the Current State of Knowledge*. Auckland Regional Council by National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd (NIWA). 162 p.
- Mukhtar, Irum & A. Hannan. 2011. Constrains on mangrove forests and conservation projects in Pakistan. *Journal of Coastal Conservation*, 16:51-62
- NSW:New South Wales. 2008. *Saltwater Wetlands Rehabilitation Manual*. Department of Environment and Climate Change Press. 228 p.
- Omidi, M., M. Kaboli, M. Karami, A. Salman Mahiny, and B. Hassanzade Kiabi. 2010. Analyzing and modeling spatial distribution of leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in Kolahghazi national park, Isfahan province of Iran. *Journal of Environmental Sciences and Technology*, 1:137-148.
- Petrosian, H., A. Danehkar, S. Ashrafi and J. Feghhi. 2012. Use of Delphi method for classification of suitable site selection criteria for development of mangrove forest (*Avicennia marina* forest). In: *Proceeding of the First*

- International Congress on Khalij Fars, Gheshm, Iran, 23-24 May, 2012.
22. Rakotomavo, A. and F. Fromard. 2010. Dynamics of mangrove forests in the Mangoky river delta, Madagascar, under the Influence of natural and human factors. *Forest Ecology and Management*, 259: 1161–1169.
23. Robert, E.M.R., N. Koedam, H. Beeckman and N. Schmitz. 2010. A safe hydraulic architecture as wood anatomical explanation for the difference in distribution of the mangroves *Avicennia* and *Rhizophora*. *Functional Ecology*, 23: 649–657.
24. Saifullah, S., S. Gul, and F. Rasool. 2004. Anomalous aerial roots in grey mangroves of an arid. *Pakistan Journal of Botany*, 36(2): 463–466.
25. Safa, H., A. Danekar and E. Kamrani. 2006. Study on the Mangrove Forest Structure at the Koolaghan, Tiyab and Kolahi Regions in the Strait of Hormoz (North Part of Persian Gulf). *Environmental Sciences*, 11:1-10.
26. Safiari, S. and M. Nasori. 2008. Development mangrove forest. *Forest Range and Watershed Management Organization of Iran*. 498p
27. Wang'ondy, V.W., J.G. Kairo, J.I. Kinyamario, F.B. Mwaura, J.O. Bosire, F. Dahdouh-Guebas and N. Koedam. 2010. Phenology of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. in a Disjunctly-zoned mangrove stand in Kenya. *Western Indian Ocean*, 9(2):135-144.
28. Zare Chahoki, M.A. 2010. Data Analysis in Natural Resources Research Using SPSS Software. *Jahad e Daneshgahi Press*. 310 pp.
29. Zaldívar-Jiménez, M.A., J.A. Herrera-Silveira, C. Teutli-Hernandez and A. Francisco. 2010. Conceptual framework for mangrove restoration in the yucatán peninsula. *Ecological Restoration* 28 (3): 333-342.
30. Zolfaghar, S. 2009. Site selection for ex-situ conservation of *Thuja orientalis* using spatial multi criteria evaluation. *University of Tehran, Faculty of Natural Resources, Department of Fisheries & Environmental Sciences, Karaj, Iran*. 156 p.