DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2013.9070

فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران

جلد ۲۲ شماره ۱، صفحه ۱۷۴-۱۶۳، (۱۳۹۳)

شناسایی عوامل مؤثر بر توسعه جنگل‌های حرا با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی فازی (مطالعه نمونه: جنگل‌های حرای استان هرمزگان)

هستی پطروسیان[۱]، افشین دانه‌کار[۲*]، سجاد عالی محمودی‌سراب[۳]

۱- دانشجوی دکترای محیط‌زیست ، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. پست الکترونیک:danehkar@ut.ac.ir

۳- دانشجوی دکترای گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۵

چکیده

جنگل‌های حرا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سرمایه‌های ملی طبیعی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، همواره موردتوجه مردم محلی و برنامه‌ریزان بوده است، اما متأسفانه هیچ پژوهشی مبنی بر توسعه درست و اصولی آنها انجام نگرفته و اغلب تلاش‌ها برای توسعه این اکوسیستم‌ها، به شکست منجر شده است. این بررسی با هدف شناسایی مشخصه‌های مهم در یافتن مکان‌های مناسب برای توسعه این اجتماعات در سواحل استان هرمزگان به‌انجام رسید. به همین منظور در ابتدا ۲۵ تحقیق مختلف در سطح ایران و جهان، با هدف شناخت معیارهای مؤثر بر توسعه بررسی شد و ۳ معیار و ۹ زیرمعیار شناسایی شد. سپس معیارها و زیرمعیارهای شناسایی‌شده با روش دلفی غربال و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن‌دهی شدند. نتایج نشان داد که سه معیار اقلیم، ویژگی‌های آب دریا و ویژگی‌های فیزیکی زمین و هشت زیرمعیار بارش، دمای هوا، نوع اقلیم، موج، جزرومد، کیفیت آب و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی زمین برای گزینش مکان‌های مناسب به‌منظور استقرار رویشگاه‌های دست‌کاشت حرا دارای اهمیت هستند. معیار ویژگی‌های زمین به‌عنوان مهم‌ترین معیار و ویژگی‌های فیزیکی زمین و بارش به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین زیرمعیارها شناسایی شدند. ضریب سازگاری قضاوت‌ها در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، کمتر از ۰/۱ تعیین شد که نشان‌دهنده سازگاری در قضاوت‌ها بود.

واژه‌های کلیدی: معیار، مکان‌یابی، جنگل حرا، تحلیل سلسله مراتبی فازی، استان هرمزگان.

مقدمه

زون ساحلی پایه و اساس حیات دریایی را تشکیل می‌دهد و از بخش عظیمی از منابع زنده دریایی حمایت می‌کند. این زون، مکان پرستاری یا تغذیه را برای بسیاری از گونه‌های ساحلی و دریایی فراهم می‌کند و دارای بیشترین تنوع‌زیستی نسبت به بخش‌های دیگر دریایی است. بنابراین علاوه بر اینکه کل این اکوسیستم‌ها باید موردتوجه و مدیریت قرار گیرند، تمام بخش‌های ساختاری و فرایندهای اساسی آنها نیز، به‌خصوص در مناطق حیاتی باید حفاظت شود. جنگل‌های مانگرو در این میان، نمونه‌وار هستند و نیاز به توجه ویژه دارند. اهمیت اکولوژیک و اقتصادی جنگل‌های مانگرو بیش از میزان شناخته‌شده تاکنون است (Kathiresan & Bingham, 2001). این جنگل‌ها سیمای ویژه نواحی ساحلی مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری هستند و به نحو مؤثری بر محیط‌های استقرار خود تأثیرگذارند. سیستم ریشه‌ای آنها سبب پایداری رسوبات می‌شود و اجتماعات آنها انرژی امواج را کاهش می‌دهد و از طرف دیگر، زیستگاه و پناهگاه تعداد زیادی از موجودات زنده نیز به‌شمار

می‌روند. مانگروها دارای زی‌توده غنی می‌باشند که نسبت به بقیه جوامع گیاهی از دیدگاه‌های مختلف پربارتر است، بنابراین به‌عنوان منبع غذایی مهمی در محدوده استقرار خود محسوب می‌شوند. به‌علاوه این جنگل‌ها دارای کارکردهای بی‌شماری هستند که از جنبه‌های مختلف بر محدوده خود تأثیرگذارند (Safiari, 2002).

متأسفانه روند تخریب مرداب‌های مانگرو در برخی از مناطق گرمسیری به‌علت فعالیت‌های انسانی مانند گسترش سریع پرورش میگو برای صادرات افزایش یافته است که نگرانی زیست‌محیطی قابل‌توجهی را در میان مردم و دوست‌داران طبیعت ایجاد کرده است (Pillay, 2004) که این امر بر ضرورت مدیریت و حفاظت جنگل‌های مانگرو تأکید دارد. مدیریت جنگل‌های مانگرو، ناظر بر بهره‌برداری مناسب و پایدار از عرصه اکوسیستم، بازسازی و احیاء توده جنگلی، حفاظت و توسعه است (Yahaya & Ramu, 2003).

یکی از معمول‌ترین روش‌های حفاظتی از توده‌های طبیعی مانگرو، انتقال بخشی از جمعیت گونه از زیستگاه تهدیدشده به مکانی مناسب و جدید است (Kamali & Hashim, 2010) که لازمه موفقیت در آن، تشریح نیازهای اکولوژیک گونه هدف و شرایط حیاتی لازم برای بقای آن است تا بتوان در انتخاب محل جدید، از الگوی اکولوژیک به‌دست‌آمده پیروی و به موفقیت طرح انتقال اطمینان کرد (Zolfaghar, 2009). نتایج دو دهه تلاش برای احیای جنگل‌های مانگرو در فیلیپین با وجود هزینه‌های میلیون‌دلاری، به‌دلیل انتخاب غیراصولی مکان احیا و نامناسب بودن گونه، تنها میزان بقای۱۰ تا ۲۰ درصد اجتماعات مانگرو را به‌همراه داشته است (Primavera & Esteban, 2008; Samson & Rollon , 2008). به‌علاوه Marchand (۲۰۰۸) میزان موفقیت را در توسعه جنگل‌های مانگرو در بنگلادش، تایلند و ویتنام به‌ترتیب ۱/۵۲، صفر و ۴۰ درصد ارزیابی کرد و در ادامه علت اصلی شکست را به‌دلیل عدم توجه به دو عامل انتخاب مناسب گونه و مکان صحیح برای توسعه معرفی کرد.

جنگل‌های مانگروی ایران ازنظر طبقه‌بندی‌های بین‌المللی در قلمرو پالئوتروپیکال (Paleotropical kingdom) یا گرمسیری قدیم و در زیرپهنه هند و مالزی (Indo – Malesian subkingdom) قرار دارد که به‌صورت نوار باریکی در سواحل دریای عمان و خلیج‌فارس در امتداد جنگل‌های هند و پاکستان توسعه یافته است و به‌صورت جوامع بزرگ و کوچک جدا از یکدیگر دیده می‌شود (Safiari, 2002). این جنگل‌ها در نوار ساحلی سه استان بوشهر، هرمزگان و سیستان‌وبلوچستان توزیع شده‌اند که حدود ۹۴ درصد آنها در کرانه ساحلی استان هرمزگان استقرار دارند. در این عرصه، جنگل‌های مانگروی سواحل استان هرمزگان، بیشترین وسعت این اجتماعات را نه تنها در کشور، بلکه در کل حوضه خلیج‌فارس و آب‌های منطقه راپمی(Regional Organization for Protection Marine Environment: ROPME) دارا است. بخش اعظم این اجتماعات، از گونه حرا (*Avicennia marina*) که یکی از مهم‌ترین گونه‌های مانگرو حقیقی یا اصلی (True mangrove) است، پوشیده شده است (Danehkar *et al.*, 2012).

اجتماعات حرا در ایران به‌دلایل مختلف انسانی همانند تغییر کاربری اراضی منطقه ساحلی (مانند رویشگاه بیدخود در خلیج نای‌بند)، توسعه استخرهای پرورش میگو (پیرامون رویشگاه‌های تیاب، سایه‌خوش و خلیج گواتر)، توسعه بند و تردد شناورهای سنتی صیادی و تجاری (مانند خمیر، قشم و سیریک)، احداث جاده و زهکشی نامناسب آب‌ها، آلودگی‌های نفتی (مانند خلیج نای‌بند)، حضور گونه موش سیاه (مانند رویشگاه قشم)، برداشت علوفه یا سرشاخه‌خواری توسط چهارپایان (مانند رویشگاه‌های قشم و خمیر) و گاهی توسعه راه‌ها (مانند رویشگاه بساتین در خلیج نای‌بند) در معرض تهدید و کاهش سطح و تراکم قرار گرفته‌اند (Zahed *et al.*, 2010; Danehkar *et al.*, 2012) که این واقعیت تأکیدی بر ضرورت حفاظت این جنگل‌ها است.

این تحقیق با هدف شناخت معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در انتخاب درست و اصولی مناطق مناسب برای کاشت

مجدد گونه حرا در سواحل استان هرمزگان و اولویت‌بندی و وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر انجام گرفت. Danehkar و Jalali (۲۰۰۵) در تحقیقی، ساختار جنگل‌های حرا در حوضه قشم و خمیر را تعیین کردند. Hajarian (۲۰۰۵) به بررسی تغییرات کمی جنگل‌های مانگرو منطقه قشم با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در یک دوره ۴۰ ساله پرداخت. Taghizadeh و همکاران (۲۰۰۹) نیز به بررسی پراکنش و آمیختگی جنگل‌های مانگرو در حوضه سیریک پرداختند. Safiari و Nasori (۲۰۰۹) نیز تحقیق‌های جامعی در مورد توسعه جنگل‌های مانگرو در یک دوره ۱۰ ساله به‌عمل آوردند و عامل‌های مؤثر بر توسعه و مکان‌یابی این جنگل‌ها را به‌صورت محلی معرفی کردند.

مواد و روش‌ها

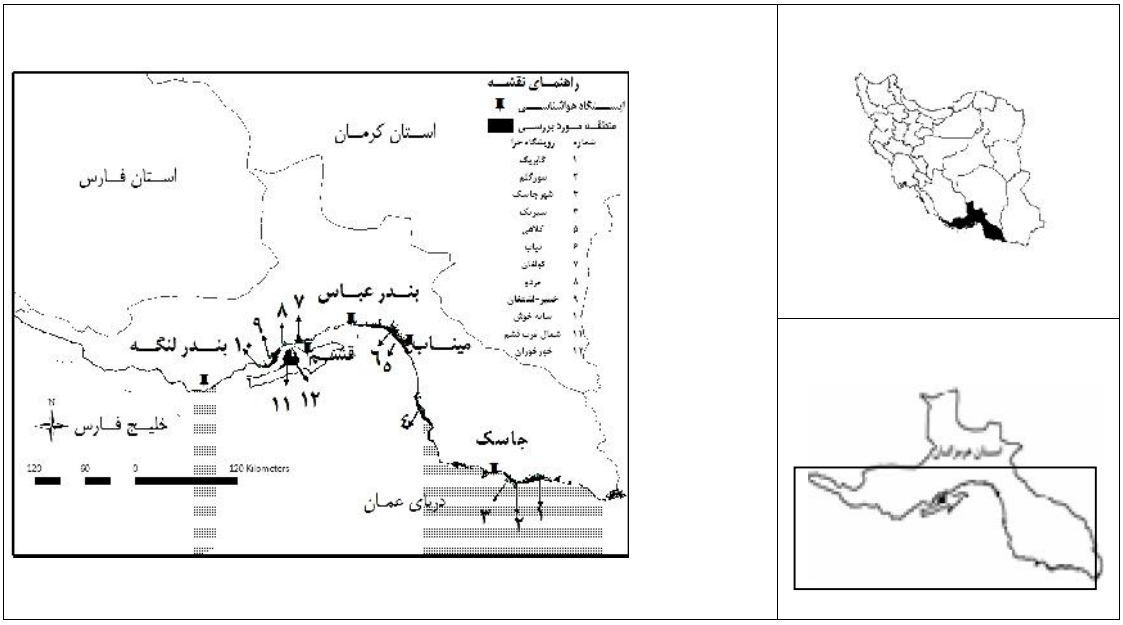
مشخصات منطقه موردمطالعه

محدوده موردمطالعه در سواحل استان هرمزگان به طول ۱۹۴۹/۸۷ کیلومتر (بدون احتساب سواحل جزایر) 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 به‌عرض پهنه جزرومدی (به‌طور متوسط ۵۰۰ متر) در سواحل شمالی خلیج‌فارس و دریای عمان واقع شده است. رویشگاه طبیعی مانگرو در استان هرمزگان در حدفاصل عرض شمالی ″۱۳ ′۳۴ °۲۵ در گابریک (شهرستان جاسک) تا ″۵۴ ′۱۰ °۲۷ در کولغان شهرستان بندرعباس و طول شرقی ″۷ ′۳۴ °۵۸ در شهرستان جاسک تا ″۶ ′۲۲ °۵۵ در شهرستان بندرلنگه با وسعت ۱۰۰۲۵/۵۵ هکتار گسترش یافته است. این جنگل‌ها به‌طورعمده از اجتماعات خالص، نامنظم و ناهمسال درختان حرا پوشیده شده است، به‌جز رویشگاه سیریک که در آن حرا آمیخته با چندل است (Danehkar *et al.*, 2012). در شکل ۱، موقعیت منطقه موردمطالعه در نوار ساحلی استان هرمزگان نشان داده شده است.

روش پژوهش

در ابتدا برای دست‌یابی به معیارها و زیرمعیارهای مناسب برای گزینش مکان‌های مناسب توسعه جنگل‌های حرا، معیارهای مختلفی که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم به‌عنوان عاملی مؤثر بر حضور اجتماعات حرا از سوی مراجع مختلف داخلی وخارجی مورد استفاده قرار گرفته بود، از طریق مرور منابع جمع‌آوری شدند. معیارها از ۲۵ منبع (۲۲ منبع خارجی و سه منبع داخلی) استخراج شدند.

این مراجع عبارتند از: معیارهای Mukhtar و Hannan (Mukhtar & Hannan, 2012)؛ معیارهای Luo و همکاران (Luo *et al.*, 2011)؛ معیارهای Said و Ehsan (Said & Ehsan, 2010)؛ معیارهای Rakotomavo و Fromard (Rakotomavo & Fromard, 2010)؛ معیارهای Zaldivar-Jiménez (Zaldivar-Jiménez, 2010)؛ معیارهای مورداستفاده در پاکستان (Nazim *et al.*, 2010)؛ معیارهای Kamali و Hashim (Kamali & Hashim, 2010)؛ معیارهای Wang'ondu و همکاران (Wang'ondu *et al.*, 2010)؛ معیارهای Erfani و همکاران (Erfani *et al.*, 2010)؛ معیارهای Robert و همکاران (Robert *et al.*, 2009)؛ معیارهای Safiari و Nasori (Safiari & Nasori, 2009)؛ معیارهای Bhalla و همکاران (Bhalla *et al.*, 2008)؛ معیارهای Chauhani و همکاران (Chauhani *et al.*,2008) معیارهای Safa و همکاران (Safa *et al.*, 2006)؛ معیارهای Berger و همکاران (Berger *et al.*, 2008)؛ معیارهای Ali و همکاران (Ali *et al.*, 2008)؛ معیارهای Ahmed و همکاران (Ahmed *et al.*, 2007)؛ معیارهای Gilman و Ellison (Gilman & Ellison, 2007)؛ معیارهای He و همکاران (He *et al.*, 2007)؛ معیارهای Morrisey و همکاران (Morrisey *et al.*, 2007)؛ معیارهای Saifullah و همکاران (Saifullah *et al.*, 2004)؛ معیارهای Kao و همکاران (Kao *et al.*, 2004)؛ معیارهای Gab-Alla و همکاران (Gab-Alla *et al.*, 2003)؛ معیارهای Joshi و Ghose (Ghose & Joshi, 2003)؛ معیارهای Hegazy و همکاران (Hegazy *et al.*, 2002).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و رویشگاه‌های حرا در نوار ساحلی استان هرمزگان

در گام بعدی با استفاده از روش دلفی بسته و نقطه‌نظر ۱۵ کارشناس آشنا به جنگل‌های حرای استان هرمزگان، با سابقه فعالیت در منطقه، معیارها و زیرمعیارهای مناسب با توجه به ویژگی‌های بوم‌شناختی جنگل‌های حرا در استان هرمزگان غربال شدند. درجه اهمیت معیارها و زیرمعیارهای شناسایی‌شده از هر یک از کارشناسان پرسیده شد و هر کارشناس یکی از پنج درجه اهمیت (بی‌اهمیت با ضریب یک، کم‌اهمیت با ضریب سه، بااهمیت با ضریب پنج، اهمیت زیاد با ضریب هفت و اهمیت خیلی‌زیاد با ضریب نه) را که هر یک معرف ضریب وزنی مخصوص به‌خود بود، برگزید. درنهایت با استفاده از روابط ریاضی ۱ تا ۶، درصد اهمیت و درجه اهمیت هر یک از معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آنها تعیین شد. سپس با استفاده از نمودار اهمیت معیار (درجه اهمیت معیار در محور عمودی و درصد اهمیت معیار در محور افقی)، غربال‌سازی نهایی معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آنها هر یک به‌صورت جداگانه انجام گرفت (Kabiri Hendi, 2011). قابل‌ذکر است که شرط اصلی برای گزینش معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آنها، دارا بودن حداقل نصف ارزش عددی هر بردار عمودی و افقی است. در این روابط بکار رفته (روابط ۱ تا ۶)، x_i وزن اولیه، n تعداد افرادی که به هر درجه اهمیت رای داده‌اند (امتیاز)، N تعداد پرسش‌شوندگان و W حداکثر وزن تعدیل‌شده است (Kabiri Hendi, 2011; Petrosian, 2013).

$$\text{ضریب وزن تعدیل‌شده} = \frac{W}{\sum x_i} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

$$\text{وزن تعدیل‌شده}(y_i) = \frac{W}{\sum x_i} \times x_i \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

$$\text{امتیاز وزن‌دار}(z_i) = y_i \times n \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

$$\text{حداکثر امتیاز قابل حصول } A = N \times W \qquad \text{(رابطه ۴)}$$

$$\text{درصد اهمیت معیار} = \frac{\sum z_i}{A} \times 100 \qquad \text{(رابطه ۵)}$$

$$\text{درجه اهمیت معیار} = \frac{\sum (x_i \times n)}{N} \qquad \text{(رابطه ۶)}$$

برای تعیین وزن معیارها و زیرمعیارهای نهایی، از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری چندمعیاره است. این روش توسط توماس ال ساعتی در دهه ۱۹۷۰ پیشنهاد شد. این روش مانند آنچه در مغز انسان انجام می‌شود، به تجزیه و تحلیل مسائل می‌پردازد و تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد تا تأثیرات متقابل و همزمان بسیاری از وضعیت‌های پیچیده و نامعین را تعیین کنند. این فرایند، تصمیم‌گیرندگان را یاری می‌کند تا اولویت‌ها را براساس اهداف، دانش و تجربه خود تنظیم کنند. روش تصمیم‌گیری سلسله مراتبی به‌دلیل امکانات و ویژگی‌های متعدد، یکی از پرکاربردترین روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM) است. یکی از نقاط ضعف در روش تحلیل سلسله مراتبی، استفاده از مفاهیم مطلق عددی در بیان تصمیم‌گیری‌های انسانی است، به‌طوری‌که نمی‌توان از واژه‌ای مانند تقریباً در بیان کمی استفاده کرد و این موضوع عدم اطمینان موجود در قضاوت‌های ترجیحی و عدم اطمینان اولویت‌بندی آلترناتیوها را افزایش می‌دهد. مطالعات زیادی از جنبه‌های مختلف انجام شده است که درنهایت منجر به ارائه روش AHP فازی شد. AHP فازی، برای اجتناب از این مشکلات عملکردی توسعه یافت تا مسائل سلسله مراتبی دارای ابهام را حل کند. در این روش، ابتدا معیارها و زیرمعیارهای نهایی در ماتریس‌های جداگانه (معیارهای اصلی و زیرمعیارهای مربوط به هر یک از معیارها) در قالب پرسش‌نامه به‌منظور مقایسه دوبه‌دو گزینه‌ها در اختیار کارشناسان قرار داده شد و براساس جواب‌هایی که تصمیم‌گیرندگان به سئوالات دادند، مقادیر مثلثی فازی، جایگزین عبارات زبانی مبهم شد (جدول ۱). برای نرمال‌کردن اعداد فازی در ماتریس مقایسه زوجی معیارها، از روش میانگین هندسی استفاده شد. با فرض اینکه هر عنصر ماتریس با عدد فازی (a,b,c) نشان داده شود، اعداد فازی نرمال‌شده هر معیار با استفاده از روابط ۷ و ۸ محاسبه شد (Cebeci, 2009; Alias *et al*., 2009).

$$a_i = (\prod_{j=1}^{n} a_{ij})^{1/n} \qquad \text{(رابطه ۷)}$$

$$a = \sum_{i=1}^{n} a_i \qquad \text{(رابطه ۸)}$$

در روابط مذکور، برای کلیه مقادیر i=1,2,…n، به‌طریق مشابه b_i ,b ,c_i و c، برای اعداد دیگر فازی به‌دست می‌آیند. درنهایت مقدار عددی نرمال‌شده معیار و یا زیرمعیار i یعنی $«_i(z)$ برابر است با (رابطه ۹):

$$«_i(z) = \left(\frac{a_i}{c}, \frac{b_i}{b}, \frac{c_i}{a}\right) \qquad \text{(رابطه ۹)}$$

در این رابطه، برای کلیه مقادیر i=1,2,…n ، a_i میانگین هندسی عنصر اول اعداد فازی مربوط به مقایسه معیار i به دیگر معیارها (j=1,2,…n) و a_{ij} عنصر اول عدد فازی مربوط به مقایسه معیار i به معیار j است. بقیه عنصرها به‌صورت مشابه تعیین می‌شوند. پس از تشکیل ماتریس

نرمال‌شده، گام دوم یعنی تبدیل اعداد فازی به غیرفازی انجام می‌شود. همچنین نظرات کارشناسان مختلف در ارزیابی گروهی نیز باید به یک نظر واحد تبدیل شود. برای این‌منظور در این تحقیق از روش مرکز جرم به‌دلیل کارایی بالای آن از رابطه ۱۰ استفاده شد:

$$z_i^* = \frac{\sum_{k=1}^{k} \int (\mu_i(z).zdz)_k}{\sum_{k=1}^{k} \int (\mu(z)dz)_k} \qquad \text{(رابطه ۱۰)}$$

در این رابطه برای کلیه مقادیر i=1,2,…n ، z_i^* میانگین وزنی و k تعداد کارشناسان است. درنهایت وزن کلی jامین گزینه مربوط به معیار iام، از رابطه ۱۱ بدست آمد.

$$ow_j = \sum_{i=1}^{n} z_i^* \times w_{ij} \qquad \text{(رابطه ۱۱)}$$

که در آن n تعداد معیارها، w_{ij} وزن نرمال‌شده گزینه j نسبت به معیار i و ow_j وزن کلی گزینه jام است (Cebeci, 2009; Alias *et al*., 2009; Chatterjee et al., 2010).

جدول ۱- اعداد فازی متناظر با ارجحیت‌ها در مقایسه زوجی (Alias *et al*., 2009)

عبارت زبانی برای بیان ارجحیت‌ها	عدد فازی مثلثی (a,b,c)
ارجحیت یا اهمیت کامل و مطلق	(۷/۹،۴،۲/۲)
ارجحیت یا اهمیت خیلی قوی تر	(۵/۷،۳،۲/۲)
ارجحیت یا اهمیت قوی تر	(۳/۵،۲،۲/۲)
ارجحیت یا اهمیت کم	(۲/۳،۱،۳/۲)
ارجحیت یا اهمیت برابر	(۱،۱،۱)

آزمون سازگاری برای ماتریس‌های مذکور انجام شد تا تعیین شود که تا چه اندازه می‌توان به اولویت‌های حاصل از ماتریس‌های زوجی اعتماد کرد. نسبت سازگاری (CR) توسط عددی به‌نام نرخ سازگاری (CI) مشخص می‌شود. برای تعیین نرخ سازگاری برای هر جدول (ماتریس)، ابتدا آن جدول نرمالایز و سپس از آن میانگین سطری گرفته می‌شود. آنگاه میانگین سطری فوق، در اعداد موجود در ماتریس مذکور به‌صورت ستونی ضرب و جمع سطری می‌شود. سپس حاصل‌جمع سطری بر بردار به‌دست آمده از میانگین سطری تقسیم و از خارج قسمت آن، میانگین گرفته می‌شود. عدد به‌دست‌آمده که آن را $^{a}\max$ گویند، برای محاسبه CI طبق رابطه ۱۲ استفاده می‌شود:

$$CI = {}^{a}\max - n \,/\, n-1 \qquad \text{(رابطه ۱۲)}$$

در این رابطه، n تعداد سطرها یا ستون‌های ماتریس است. در مرحله بعد، برای محاسبه نسبت سازگاری (CR) مقدار عددی نرخ سازگاری (CI) بر عدد RI (جدول ۲) تقسیم می‌شود (رابطه ۱۳).

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad \text{(رابطه ۱۳)}$$

جدول ۲- مقادیر **RI** برای محاسبه نرخ ناسازگاری (**Ghodsipour, 2010**)

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸	۱/۵۶	۱/۵۷	۱/۵۹

هرگاه CR کمتر از ۰/۱ باشد، جامعیت جدول قابل‌قبول است، اما اگر CR بیشتر از ۰/۱ باشد، باید مقایسه‌ها را دوباره انجام داد (Mirghafari, *et al.*, 2009; Ghodsipour, 2010).

نتایج

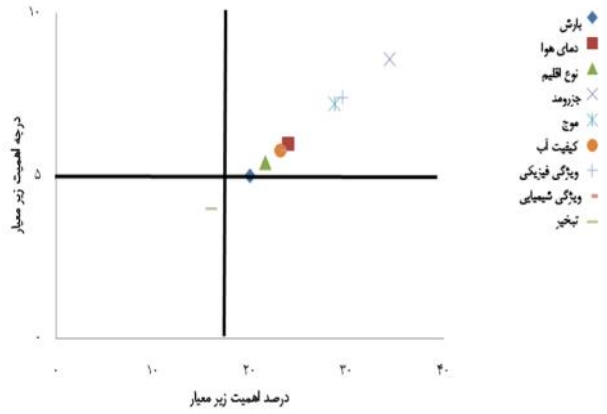
نتایج حاصل از این تحقیق، به‌تفکیک در هر یک از مراحل شناسایی، غربال‌سازی و وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها در سطح رویشگاه‌های مانگرو پهنه ساحلی استان هرمزگان ارائه می‌شود.

شناسایی معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آنها

در این پژوهش از مجموع ۲۶ تحقیقی که بررسی شد، درنهایت سه معیار اصلی (معیار اقلیم، معیار آب دریا و معیار ویژگی‌های زمین) و نه زیرمعیار (بارش، دمای هوا، تبخیر، نوع اقلیم، موج، جزرومد، کیفیت آب و ویژگی‌های فیزیکی و ویژگی‌های شیمیایی زمین) شناسایی شد.

اولویت‌بندی معیارها و غربال‌سازی زیرمعیارها

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پاسخ کارشناسان با روش دلفی نشان داد که اولویت معیارهای اصلی به‌ترتیب معیار ویژگی‌های زمین (۳۴/۴ درصد اهمیت)، معیار آب دریا (۲۶/۴ درصد اهمیت) و معیار اقلیم (۲۱/۶ درصد اهمیت) است. غربال‌سازی زیرمعیارها با استفاده از نمودار اهمیت زیرمعیار (درجه اهمیت زیرمعیار در محور عمودی و درصد اهمیت زیرمعیار در محور افقی) انجام گرفت (شکل ۲). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، هشت زیرمعیار بارش، دمای هوا، نوع اقلیم، موج، جزرومد، کیفیت آب و ویژگی‌های فیزیکی و ویژگی‌های شیمیایی زمین برای گزینش مکان‌های مناسب برای استقرار رویشگاه‌های دست‌کاشت حرا در سواحل استان هرمزگان موردپذیرش قرار گرفت که در شکل ۳ نشان داده شده است.



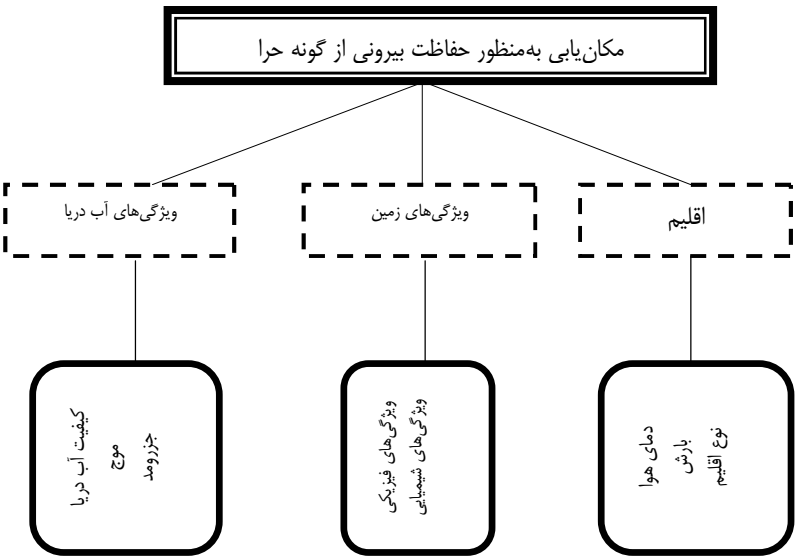
شکل ۲- گزینش زیرمعیارهای مکان‌یابی استقرار رویشگاه‌های مصنوعی حرا در استان هرمزگان

وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارهای انتخابی

جدول ۳ وزن اولیه و نهایی حاصل از روش FAHP را برای هر یک از سه معیار اصلی و زیرمعیارهای آنها و رابطه ۱۴ روابط حاکم بر آنها را نشان می‌دهد. این ضریب وزنی، بیان‌کننده اندازه اهمیت هر یک از معیارها و زیرمعیارها در فرایند مکان‌یابی است. نسبت سازگاری ماتریس‌های مربوط

به معیارهای اصلی (اقلیم، ویژگی‌های آب دریا و ویژگی‌های زمین) و زیرمعیارهای مربوط به هر یک از معیارهای اقلیم، ویژگی‌های آب دریا و ویژگی‌های زمین به‌ترتیب برابر با ۰/۰۲، ۰/۰۶، ۰/۰۷ و ۰/۰۰ محاسبه شد که بیان‌گر مطلوبیت سازگاری همه قضاوت‌ها است.

$$MR= 0.38\ PC+ 0.19TI+ 0.17\ CC+ 0.12\ WA+ 0.056\ TE+ 0.019\ WQ+ 0.04\ CL+ 0.011\ PR$$ (رابطه ۱۴)



شکل ۳- معیارها و زیرمعیارهای انتخاب‌شده برای مکان‌یابی رویشگاه دست‌کاشت حرا

جدول ۳- وزن اولیه و نهایی حاصل از روش FAHP

معیار	وزن معیار	زیرمعیارها	وزن اولیه زیرمعیارها	وزن نهایی زیرمعیارها	اولویت	حروف اختصاری
ویژگی‌های زمین	۰/۵۶	ویژگی‌های فیزیکی زمین	۰/۶۸	۰/۳۸	۱	PC
		ویژگی‌های شیمیایی زمین	۰/۳	۰/۷۱	۳	CC
ویژگی‌های آب دریا	۰/۳۴	جزرومد	۰/۵۸	۰/۱۹	۲	TI
		موج	۰/۳۶	۰/۱۲	۴	WA
		کیفیت آب دریا	۰/۰۵۸	۰/۰۱۹	۷	WQ
		دما	۰/۵۱	۰/۰۵۶	۵	TE
اقلیم	۰/۱۱	نوع اقلیم	۰/۳۸	۰/۰۴	۶	CL
		بارش	۰/۱	۰/۰۱۱	۸	PR

بحث

توسعه موفقیت‌آمیز رویشگاه‌های دست‌کاشت حرا نیازمند مکان‌یابی دقیق و اصولی و انتخاب بهترین روش و مکان برای اجرای برنامه‌های حفاظت بیرونی از این اجتماعات ارزشمند و نیازمند شناخت کامل معیارها و شاخص‌های مؤثر در حضور و بقای این اکوسیستم‌ها است

(Zolfaghar, 2009). تحقیق‌های مختلفی در دیگر نقاط دنیا در زمینه شرایط رویش این درختان انجام گرفته است که هر کدام تنها به برخی از ویژگی‌های رویشگاه توجه کرده‌اند. در میان مراجع موجود، بیشترین تنوع معیارهای اشاره‌شده به‌ترتیب به تحقیق‌های Gilman و Ellison (۲۰۰۷)، Safiari (۲۰۰۲) و Nazim و همکاران (۲۰۱۰) اختصاص داشت. در این پژوهش سعی شده است تا همه معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر گسترش اجتماعات حرا با توجه به شرایط محیط‌زیستی استان هرمزگان به‌عنوان وسیع‌ترین رویشگاه‌های این اجتماعات شناسایی و بومی‌سازی شوند. در این پژوهش درنهایت سه معیار اصلی و هشت زیرمعیار از میان ۲۶ زیرمعیار جمع‌آوری شده و به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه‌های مؤثر در فرایند مکان‌یابی رویشگاه‌های دست‌کاشت حرا در پهنه جزرومدی استان هرمزگان، با استفاده از روش دلفی (نظرسنجی از ۱۱ کارشناس) و تحلیل سلسله مراتبی فازی شناسایی و وزن‌دهی شدند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که معیار ویژگی‌های زمین، ویژگی‌های آب دریا و اقلیم به‌ترتیب با درجه وزنی برابر با ۰/۵۶، ۰/۳۴ و ۰/۱۱ در اولویت‌های اول تا سوم اهمیت قرار دارند.

توجه و شناخت زیرمعیارهای معرفی‌شده در این پژوهش، از اهمیت بسیار زیادی در موفقیت برنامه‌های توسعه رویشگاه‌های حرا برخوردار است. ویژگی‌های فیزیکی زمین با درجه وزنی ۰/۳۸ بیشترین اهمیت را نسبت به بقیه زیرمعیارها به‌دست آورده است. ویژگی‌های فیزیکی زمین از جنبه‌های مختلفی از قبیل بافت و دانه‌بندی رسوبات بستر (Safiari, 2002; Robert *et al.*, 2009)، میکروتوپوگرافی (Danehkar *et al.*, 2012) و شیب کرانه و پس‌کرانه که خود تعیین‌کننده جهت و سرعت جریان آب است (Kathiresan & Ajmal Khan, 2007)، در استقرار جنگل‌های حرا اهمیت بسیار زیادی دارد. توجه به دیگر زیرمعیارها نیز در توسعه رویشگاه‌های حرا از اهمیت زیادی برخوردار است. این زیرمعیارها به‌ترتیب اهمیت عبارتند از: زیرمعیار جزرومد با درجه وزنی ۰/۱۹ به‌دلیل واردکردن رسوبات، موادغذایی و آب تمیز و پاک و خارج کردن کربن آلی و ترکیبات سولفور از محیط‌زیست مانگروها و کاهش دادن مقدار شوری بستر (Kathiresan & Ajmal Khan, 2007)، ویژگی‌های شیمیایی زمین با درجه وزنی ۰/۱۷ به‌دلیل اهمیت آن در قابلیت دسترسی نهال‌ها به عناصر ضروری مانند فسفر (Joshi & Ghose, 2003) و جوانه‌زنی دانه‌ها (NSW, 2008)، موج با درجه وزنی ۰/۱۲ به‌دلیل تأمین و ایجاد زیستگاه پایدار برای استقرار بذرها (Kamali & Hashim, 2010)، دما با درجه وزنی ۰/۰۵۶ به‌دلیل حساسیت زیاد گونه حرا به کاهش دما (Morrisey *et al.*, 2010)، نوع اقلیم با درجه وزنی ۰/۰۴ به‌دلیل محدودبودن پراکنش اجتماعات حرا در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری (Homer, 2009)، کیفیت آب دریا با درجه وزنی ۰/۰۱۹ به‌دلیل اهمیت اسیدیته، شوری و دمای آب در فتوسنتز و تسریع رشد درختان حرا (Bhalla, 2008) و درنهایت زیرمعیار بارش با درجه وزنی ۰/۰۱۱ به‌دلیل فراهم‌کردن آب شیرین و شستشوی نمک اضافه از خاک (Kathiresan & Ajmal Khan, 2007). Zaldivar-Jiménez (۲۰۱۰) در بررسی خود در جنگل‌های مانگروی مکزیک، ویژگی‌های فیزیکی زمین، بارش، رژیم جزرومدی منطقه و کیفیت آب دریا، Berger و همکاران (۲۰۰۸) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی زمین و رژیم جزرومدی و Gilman و Ellison (۲۰۰۷) در تحقیق‌شان، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی زمین، جزرومد و امواج را از مهم‌ترین مشخصه‌های مؤثر در مکان‌یابی و استقرار مناسب رویشگاه‌های دست‌کاشت حرا معرفی کردند که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

در جمع‌بندی کلی می‌توان اذعان کرد که توجه به مشخصه‌های محیط‌زیستی مؤثر بر حضور و گسترش اجتماعات حرا در فرایند مکان‌یابی پهنه‌های مناسب برای جنگلکاری ضروریست، زیرا بدون توجه به‌این مشخصه‌ها، به نتایج مطلوب و قابل انتظاری دسترسی پیدا نخواهیم کرد و جنگلداری پایدار که ضامن توسعه‌پایدار است، محقق نخواهد شد.

- Ghodsipour, H. 2010. Analystical Hierarchy Process (AHP). Amir Kabir University Press, 220p (In Persian).
- Gilman, E. and Ellison, J. 2007. Efficacy of alternative low-cost approaches to mangrove restoration, American Samoa. Estuaries and Coasts, 30(4): 641–651.
- Hajarian, M. 2005. Study on Quatify Changes of Mangrove Forests at Qeshm Area by Arial Photo & Satelite Data for 40 Years Period . M.Sc. thesis, Department of Forestry, University of Tehran, Karaj, Iran, 156p (In Persian).
- He, B., Lai, T., Fan, H., Wang, W. and Zheng, H. 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., Ali, A.A., Khadr, F.G. and Azab, E.M. 2002. Site-dependent variation in populations of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh in Southern Sinai, Egypt. Available from: http://faculty.ksu.edu.sa/AkramAli/Documents/Research papers/akk16.pdf
- Homer, L.E. 2009. Population Structure and Distance of Gene Flow in *Avicennia marina (Forsk.) Vierh* (*Avicenniaceae*) on a Local/Regional Scale in the Northern Rivers of New South Wales, Australia. Ph.D thesis, Environmental Science and Management Group, Southern Cross University, Queensland, Australia, 141p.
- Joshi, H. and Ghose, M. 2003. Forest structure and species distribution along soil salinity and pH gradient in mangrove swamps of the Sundarbans. Tropical Ecology, 44(2): 197-206.
- Kabiri Hendi, M. 2011. The Land Evaluatioin for Conservation of Natural Site with Spirtual Values M.Sc. Thesis, Department of Environmental Science, University of Tehran, Karaj, 121p (In Persian).
- Kamali, B. and Hashim, R. 2010. Mangrove restoration without planting. Ecological Engineering, 37(2): 387-391.
- Kao, W.Y., Shih, C.N. and Tsai, T.T. 2004. Sensitivity to chilling temperatures and distribution differ in the mangrove species Kandelia candel and *Avicennia marina*. Tree Physiology, 24(7): 859-864.
- Kathiresan, K. and Bingham, B.L. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. Advances in Marine Biology, 40: 84-254.
- Kathiresan, K. and Ajmal Khan, S. 2007. International Training Course on Biodiversity in Mangrove Ecosystem. Course Manual, Center of Advanced Study in Marine Biology, Annamalai University, 610p.
- Luo, Zh., Sun, O.J. and Xu, H. 2011. A comparison of species composition and stand structure between planted and natural mangrove forests in Shenzhen Bay, South China. Journal of Plant Ecology, 3(3): 165-174.
- Marchand, M. 2008. Mangrove Restoration in Vietnam. WRU / TUD, Final Report, 42 p.

References

- Ahmed, E. and Abdel-Hamid, Kh.A. 2007. Zonation pattern of *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* along the Red Sea Coast, Egypt. World Applied Sciences Journal, 2(4): 283-288.
- Ali, A., Alfarhan, A., Robinson, E. and Aldjain, I. 2008. Pattern of survival and mortality of mangrove populations grown at Al-Jubail Area (Saudi Arabia) of the Persian Gulf. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 3(3): 610-616.
- Alias M.A., Hashim, S.Z.M. and Samsudin, S. 2009. Using fuzzy analytic hierarchy process for southern Johor river ranking. International Journal of Advance Soft Computing Applications, 1(1): 62-76
- Berger, U., Rivera-Monroy, V.H., Doyle, T.W., Dahdouh-Guebas, F., Duke, N.C., Fontalvo-Herazo, M.L., Hildenbrandt, H., Koedam, N., Mehlig, U., Piou, C. and Twilley, R.R. 2008. Advances and limitations of individual-based models to analyze and predict dynamics of mangrove forests: A review. Aquatic Botany, 89(2): 260-274.
- Bhalla, R.S., Ram, S. and Srinivas, V. 2008. Studies on Vulnerability and Habitat Restoration Along the Coromandel Coast. Publication of UNDP/UNTRS & FERAL, India, 245p.
- Cebeci, U. 2009. Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard. Expert Systems with Applications, 36: 8900-8909.
- Chatterjee, D., Chowdhury, S. and Mukherjee, B. 2010. Study of fuzzy-AHP model to search the criterion in the evaluation of the best technical institutions: a case study. International Journal of Engineering Science and Technology, 2(7): 2499-2510.
- Chauhan, R., Ramanathan, A.L. and Adhya, T.K. 2008. Assessment of methane and nitrous oxide flux from mangroves along Eastern coast of India. Geofluids, 8(4): 321-332.
- Danehkar, A., Mahmoodi, B.A., Sabaee, M., Ghadirian, T., Asadolahi, Z., Sharifi, N. and Petrosian, H. 2012. Nationality Document for Stable Management of Mangrove Forest of Iran. Forests, Rangelands and Watershed Organization of Iran, Paidari Tabiyat Company, 624p (In Persian).
- Danehkar, A. and Jalali, S.Q. 2005. *Avicennia marina* forest structure using line plot method. Pajouhesh & Sazandegi, 67: 18-24 (In Persian).
- Erfani, M., Nouri, G.R., Danehkar, A., Marvi Mohajer, M.R. and Mahmoudi, B. 2010. Vegetative parameters of mangrove forest on the Govater bay in southeast of Iran. J Tax Biosystem, 1(1): 33-46.
- Gab-Alla, A., Khafagi, I., Salama, A. and Foud, M. 2003. Production of nursery-reared seedlings of the gray mangrove *Avicennia marina* under laboratory conditions. Egyptian Journal of Biology, 5: 55-61.

- Mirghafari, H.A., Meibodi Rajabi Pour, A. and Farid, D. 2009. Prioritization of candidate selection in Tehran Stock Exchange shares from the shareholders' point of view by using Fuzzy AHP. Journal of Development and Investment, 2(3): 111-130 (In Persian).
- Morrisey, D., Beard, C., Morrison, M., Craggs, R. and Lowe, M. 2007. The New Zealand Mangrove: Review of the Current State of Knowledge. Auckland Regional Council, National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd (NIWA), NIWA Client Report, 162p.
- Mukhtar, I. and Hannan, A. 2012. Constrains on mangrove forests and conservation projects in Pakistan. Journal of Coastal Conservation, 16: 51-62.
- Nazim, K., Ahmed, M., Uzair-khan, M., Khan, N., Wahab, M. and Faheem siddiqui, M. 2010. An assessment of the use of *Avicennia marina* Forsk Vierh, to reclaim water logged and saline agricultural land. Pakistan Journal of Botany, 42(4): 2423-2428.
- NSW (New South Wales), 2008. Saltwater Wetlands Rehabilitation Manual. Department of Environment and Climate Change Press, 228p.
- Petrosians, H. 2013. Introducing New Places for Ex-Situ Conservation of Mangroves in Hormozgan province. Ph.D. Thesis, Department of Fisheries & Environmental Sciences, University of Tehran, Karaj, Iran, 156p (In Persian).
- Pillay, T.V.R. 2004. Aquaculture and the environment. Blackwell Poblishing, 2: 31-38.
- Primavera, J.H. and Esteban, J.M.A. 2008. A review of mangrove rehabilitation in the philippines: Successes, failures and future prospects. Wetlands Ecology Management, 16(5): 345-358.
- Rakotomavo, A. and Fromard, F. 2010. Dynamics of mangrove forests in the Mangoky river delta, Madagascar, under the Influence of natural and human factors. Forest Ecology and Management, 259(6): 1161-1169.
- Robert, M.R.E., Koedam, N., Beeckman, H. and Schmitz, N. 2009. A safe hydraulic architecture as wood anatomical explanation for the difference in distribution of the mangroves *Avicennia* and *Rhizophora*. Functional Ecology, 23: 649-657.
- Said, W.M. and Ehsan, N.O.M. 2010. Morphological and molecular evidences among four heteroforms of *Avicennia marina* (Forssk) Vierh. Journal of American Science, 6(11): 843-856.
- Saifullah, S., Gul, S. and Rasool, F. 2004. Anomalous aerial roots in grey mangroves of an arid. Pakistan Journal of Botany, 36(2): 463-466.
- Safa, H., Danekar, A. and Kamrani, E. 2006. Study on the mangrove forest structure at the Koolaghan, Tiyab and Kolahi regions in the strait of Hormoz (North Part of Persian Gulf). Envromental Sciences, 11:1-10 (In Persian).
- Safiari, S. 2002. Mangrove Forest (Mangrove forest in the world). Publication of Forests, Rangelands and Watershed Organization of Iran, 286p (In Persian).
- Safiari, S. and Nasori, M. 2009. Development mangrove forest. Publication of Forests, Rangelands and Watershed Organization of Iran, 498p (In Persian).
- Samson, M.S. and Rollon, R.N. 2008. Growth performance of planted mangroves in the philippines: Revisiting Forest Management Strategies. Ambio, 37: 234-240.
- Taghizadeh, A., Danehkar, A., Kamrani, E. and Mahmoudi, B. 2009. Investigation on the structure and dispersion of mangrove forest community in Sirik site in Hormozgan province. Iranian Journal of Forest, 1(1): 25-34 (In Persian).
- Wang'ondu, V.W., Kairo, J.G., Kinyamario, J.A., Mwaura, F.B., Bosire, J.O., Dahdouh-Guebas, F. and Koedam, N. 2010. Phenology of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh in a disjunctly-zoned mangrove stand in Kenya. Western Indian Ocean Journal Marine Science, 9(2): 135-144.
- Yahaya, J.S. and Ramu, C. 2003. Coastal Resource Development in Malaysia: in there a Need for Sustainable Mangrove Forest Management. FEA working, 31p.
- Zahed, M.A., Ruhani, F. and Mohajeri, S. 2010. An over view of Iranian mangrove ecosystem, Northern Part of the Persian Gulf and Oman Sea. Acta Ecologica Sinica, 30 (4): 240-244.
- Zaldivar-Jiménez, M.A., Herrera-Silveira, J.A., Teutli-Hernandez, C. and Francisco, A. 2010. Conceptual framework for mangrove restoration in the yucatán peninsula. Ecological Restoration, 28(3): 333-342.
- Zolfaghar, S. 2009. Site selection for ex-situ conservation of *Thuja orientalis* using spatial multi criteria evaluation. M.Sc. thesis, Department of Fisheries & Environmental Sciences, University of Tehran, Karaj, Iran, 156p (In Persian).

Using a Fuzzy AHP approach to identify the affective parameters on development of Mangroves (A case study: *Avicennia marina* stands of Hormozgan Province)

H. Petrosian[1], A. Danehkar[2*] and S. Ali Mahmoudi Sarab[3]

1- Ph.D. Student, Department of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2*- Corresponding author, Associate Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: a_danehkar@yahoo.com

3- Ph.D. Student, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University,Gorgan, Iran.

Received: 05.11.2013 Accepted: 01.15.2014

Abstract

This survey aimed to identify a set of crucial parameters which contribute to form the suitable sites for developing mangroves in Hormozgan Province. Therefore, a systematic literature review on 25 studies in Iran and comparable regions was conducted to identify the potentially-influential factors. It led to the subsequent selection of 3 main criteria and 9 sub-criteria. These were examined across the study site by means of Delphi method. The entire criteria were also weighted by Fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP). The results indicate that the climate, the seawater properties and the physiographic properties (as main criteria) as well as the precipitation, the air temperature, the climate type, the sea waves, the tidewater quality and the physiochemical properties of land (as sub-criteria) play the most vital roles in the formation of optimal sites for *Avicennia marina* establishment. The physiographic property was the most crucial criterion, whereas the physical properties of land and precipitation were the most and least significant criteria, respectively. The results also returned a compatibility index of less than 0.1 in fuzzy hierarchical cluster analysis, which indicates the compatibility of judgments.

Key words: Main and sub criteria, siting, *Avicennia marina*, fuzzy hierarchical cluster analysis, Hormozgan province.