

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

هستی پطروسیان<sup>۱</sup>، افشین دانه‌کار<sup>۲\*</sup>، سجاد عالی محمودی سراب<sup>۳</sup>

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

۲\* - نویسنده مسئول، دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. پست الکترونیک: [danehkar@ut.ac.ir](mailto:danehkar@ut.ac.ir)

۳- دانشجوی دکترای گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی 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 مورد توجه 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 شناسایی شده 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

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

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 مورد توجه و مدیریت قرار گیرند، تمام بخش‌های ساختاری و فرایندهای اساسی آنها نیز، به‌خصوص در مناطق حیاتی باید حفاظت

بین‌المللی در قلمرو پالتوتروپیکال (Paleotropical kingdom) یا گرمسیری قدیم و در زیرپهنه هند و مالزی (Indo - Malesian subkingdom) قرار دارد که به صورت نوار باریکی در سواحل دریای عمان و خلیج فارس در امتداد جنگل‌های هند و پاکستان توسعه یافته است و به صورت جوامع بزرگ و کوچک جدا از یکدیگر دیده می‌شود (Safiari, 2002). این جنگل‌ها در نوار ساحلی سه استان بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان 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 خلیج فارس 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 (Danekar et al., 2012).

اجتماعات حرا در ایران به دلایل 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; Danekar 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

می‌روند. مانگروها دارای زی توده غنی می‌باشند که نسبت به بقیه جوامع گیاهی از دیدگاه‌های مختلف پربارتر است، بنابراین به عنوان منبع غذایی مهمی در محدوده استقرار خود محسوب می‌شوند. به علاوه 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 به علت فعالیت‌های انسانی مانند گسترش سریع پرورش میگو برای صادرات افزایش یافته است که نگرانی زیست‌محیطی قابل توجهی 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 به دست آمده پیروی و به موفقیت طرح انتقال اطمینان کرد (Zolfaghar, 2009). نتایج دو دهه تلاش برای احیای جنگل‌های مانگرو در فیلیپین با وجود هزینه‌های میلیون‌دلاری، به دلیل انتخاب غیراصولی مکان احیا و نامناسب بودن گونه، تنها میزان بقای ۱۰ تا ۲۰ درصد اجتماعات مانگرو را به همراه داشته است (Primavera & Esteban, 2008; Samson & Rollon, 2008). به علاوه Marchand (۲۰۰۸) میزان موفقیت را در توسعه جنگل‌های مانگرو در بنگلادش، تایلند و ویتنام به ترتیب ۱/۵۲، صفر و ۴۰ درصد ارزیابی کرد و در ادامه علت اصلی شکست را به دلیل عدم توجه به دو عامل انتخاب مناسب گونه و مکان صحیح برای توسعه معرفی کرد.

جنگل‌های مانگروی ایران از نظر طبقه‌بندی‌های

## روش پژوهش

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

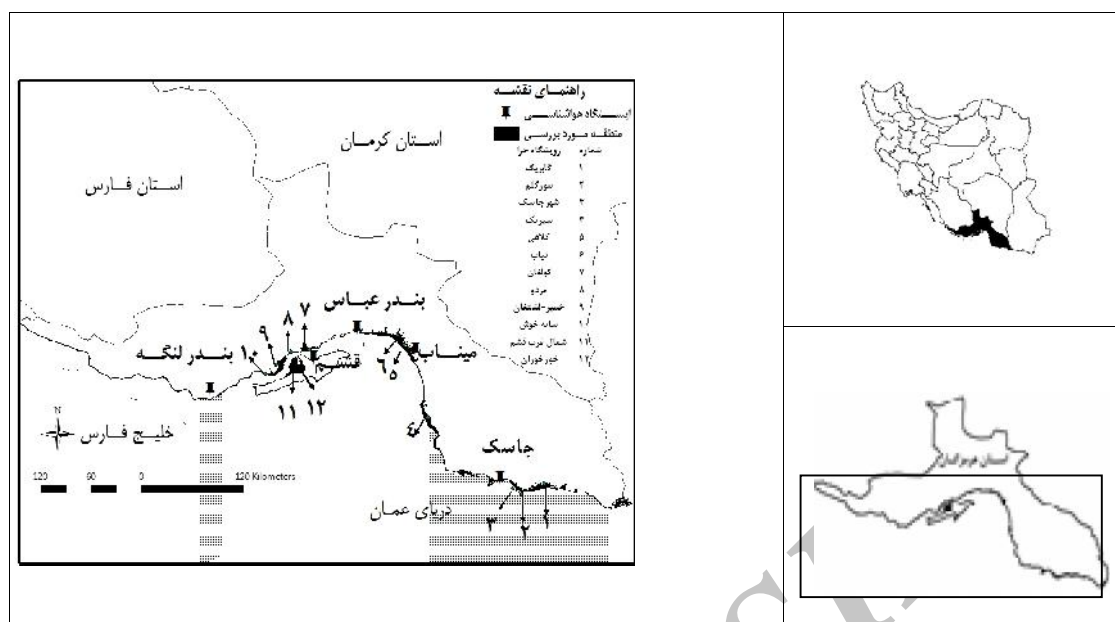
این مراجع عبارتند از: معیارهای Mukhtar و Hannan (Mukhtar & Hannan, 2012)؛ معیارهای Luo و همکاران (Luo *et al.*, 2011)؛ معیارهای Said و Ehsan (Said & Ehsan, 2010)؛ معیارهای Fromard و Rakotomavo (Rakotomavo & Fromard, 2010)؛ معیارهای Zaldivar-Jiménez (Zaldivar-Jiménez, 2010)؛ معیارهای مورد استفاده در پاکستان (Nazim *et al.*, 2010)؛ معیارهای Kamali و Hashim (Kamali & Hashim, 2010)؛ معیارهای Wang'ondou و همکاران (Wang'ondou *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).

مجدد گونه حرا در سواحل استان هرمزگان و اولویت‌بندی و وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر انجام گرفت. Jalali و Danehkar (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 به عمل آوردند و عامل‌های مؤثر بر توسعه و مکان‌یابی این جنگل‌ها را به صورت محلی معرفی کردند.

## مواد و روش‌ها

## مشخصات منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه 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 به عرض پهنه جزرومدی (به طور متوسط ۵۰۰ متر) در سواحل شمالی خلیج فارس 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 به طور عمده از اجتماعات خالص، نامنظم و ناهمسال درختان حرا پوشیده شده است، به جز رویشگاه سیریک که در آن حرا آمیخته با چندل است (Danehkar *et al.*, 2012). در شکل ۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه در نوار ساحلی استان هرمزگان نشان داده شده است.



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

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 به صورت جداگانه انجام گرفت (Kabiri Hendi, 2011). قابل ذکر 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 تعدیل شده است (Kabiri Hendi, 2011; Petrosian, 2013).

$$\text{ضریب وزن تعدیل شده} = \frac{W}{\sum x_i}$$

$$\text{وزن تعدیل شده } (y_i) = \frac{W}{\sum x_i} \times x_i$$

$$\text{امتیاز وزن دار } (z_i) = y_i \times n$$

$$A = N \times W \text{ حداکثر امتیاز قابل حصول}$$

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 شناسایی شده 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 خیلی زیاد با ضریب نه) را که هر یک معرف ضریب وزنی مخصوص به خود بود، برگزید. در نهایت با استفاده از روابط ریاضی ۱ تا ۶، درصد اهمیت و درجه اهمیت هر یک از معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آنها

(رابطه ۱)

(رابطه ۲)

(رابطه ۳)

(رابطه ۴)

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

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

قضاوت‌های ترجیحی و عدم اطمینان اولویت‌بندی آلترناتیوها را افزایش می‌دهد. مطالعات زیادی از جنبه‌های مختلف انجام شده است که در نهایت 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 به منظور مقایسه دوجه‌دو گزینه‌ها در اختیار کارشناسان قرار داده شد و براساس جواب‌هایی که تصمیم‌گیرندگان به سؤالات 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).

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

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

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

برای تعیین وزن معیارها و زیرمعیارهای نهایی، از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده 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 به دلیل 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، به طوری که نمی‌توان از واژه‌ای مانند تقریباً در بیان کمی استفاده کرد و این موضوع عدم اطمینان موجود در

در روابط مذکور، برای کلیه مقادیر  $i=1,2,\dots,n$  به طریق مشابه  $b_i, c_i, b, c$ ، برای اعداد دیگر فازی به دست می‌آیند. در نهایت مقدار عددی نرمال‌شده معیار  $i$  یا زیرمعیار  $i$  یعنی  $\tilde{z}_i(z)$  برابر است با (رابطه ۹):

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

وزنی و  $k$  تعداد کارشناسان است. در نهایت وزن کلی ژامین گزینه مربوط به معیار  $i$ ام، از رابطه ۱۱ بدست آمد.

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

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

نرمال شده، 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 این منظور در این تحقیق از روش مرکز جرم به دلیل کارایی بالای آن از رابطه ۱۰ استفاده شد:

$$z_i^* = \frac{\sum_{k=1}^k \int (\sim_i(z) \cdot z dz)_k}{\sum_{k=1}^k \int (\sim(z) dz)_k} \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

در این رابطه برای کلیه مقادیر  $i=1,2,\dots,n$  میانگین

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)

به دست آمده که آن را  $\max$  گویند، برای محاسبه CI طبق رابطه ۱۲ استفاده می‌شود:

$$CI = \max \{ -n / n - 1 \} \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

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).

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

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 به نام 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 به صورت ستونی ضرب و جمع سطری می‌شود. سپس حاصل جمع سطری بر بردار به دست آمده از میانگین سطری تقسیم و از خارج قسمت آن، میانگین گرفته می‌شود. عدد

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

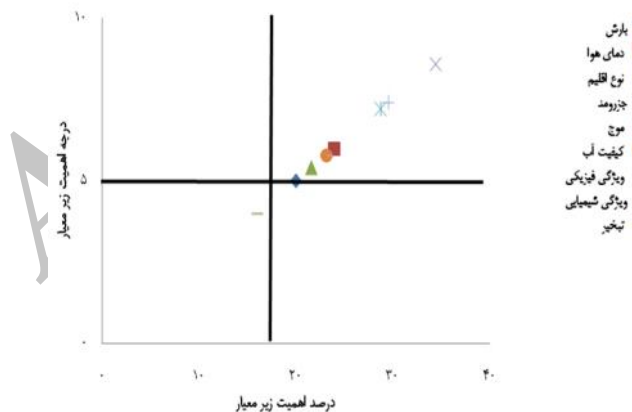
و ویژگی‌های شیمیایی زمین) شناسایی شد. اولویت‌بندی معیارها و غربال‌سازی زیرمعیارها نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پاسخ کارشناسان با روش دلفی نشان داد که اولویت معیارهای اصلی به ترتیب معیار ویژگی‌های زمین (۳۴/۴ درصد اهمیت)، معیار آب دریا (۲۶/۴ درصد اهمیت) و معیار اقلیم (۲۱/۶ درصد اهمیت) است. غربال‌سازی زیرمعیارها 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 به دست آمده، 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.

هرگاه CR کمتر از ۰/۱ باشد، جامعیت جدول قابل قبول 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، به تفکیک 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، در نهایت 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



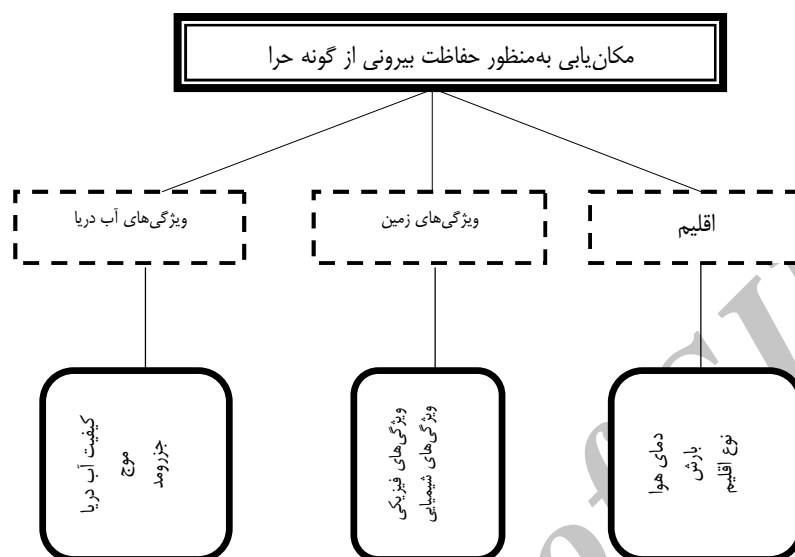
شکل ۲- گزینش زیرمعیارهای مکان‌یابی استقرار رویشگاه‌های مصنوعی حرا در استان هرمزگان

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

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

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

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



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	جزر و مد	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

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

توسعه موفقیت‌آمیز رویشگاه‌های دست‌کاشت حرا نیازمند مکان‌یابی دقیق و اصولی و انتخاب بهترین روش و



رسوبات، مواد غذایی و آب تمیز و پاک و خارج کردن کربن آلی و ترکیبات سولفور از محیط زیست مانگروها و کاهش دادن مقدار شوری بستر (Kathiresan & Ajmal Khan, 2007)، ویژگی های شیمیایی زمین با درجه وزنی ۰/۱۷ به دلیل اهمیت آن در قابلیت دسترسی نهالها به عناصر ضروری مانند فسفر (Joshi & Ghose, 2003) و جوانه زنی دانه ها (NSW, 2008)، موج با درجه وزنی ۰/۱۲ به دلیل تأمین و ایجاد زیستگاه پایدار برای استقرار بذرها (Kamali & Hashim, 2010)، دما با درجه وزنی ۰/۰۵۶ به دلیل حساسیت زیاد گونه حرا به کاهش دما (Morrissey et al., 2010)، نوع اقلیم با درجه وزنی ۰/۰۴ به دلیل محدود بودن پراکنش اجتماعات حرا در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری (Homer, 2009)، کیفیت آب دریا با درجه وزنی ۰/۰۱۹ به دلیل اهمیت اسیدیته، شوری و دمای آب در فتوسنتز و تسریع رشد درختان حرا (Bhalla, 2008) و در نهایت زیرمعیار بارش با درجه وزنی ۰/۰۱۱ به دلیل فراهم کردن آب شیرین و شستشوی نمک اضافه از خاک (Kathiresan & Ajmal Khan, 2007). Zaldívar-Jiménez (2010) در بررسی خود در جنگل های مانگرو میکزیک، ویژگی های فیزیکی زمین، بارش، رژیم جزرومدی منطقه و کیفیت آب دریا، Berger و همکاران (2008) ویژگی های فیزیکی و شیمیایی زمین و رژیم جزرومدی و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی زمین، جزرومد و امواج را از مهم ترین مشخصه های مؤثر در مکان یابی و استقرار مناسب رویشگاه های دست کاشت حرا معرفی کردند که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

در جمع بندی کلی می توان ادعان کرد که توجه به مشخصه های محیط زیستی مؤثر بر حضور و گسترش اجتماعات حرا در فرایند مکان یابی پهنه های مناسب برای جنگلکاری ضروریست، زیرا بدون توجه به این مشخصه ها، به نتایج مطلوب و قابل انتظاری دسترسی پیدا نخواهیم کرد و جنگلداری پایدار که ضامن توسعه پایدار است، محقق نخواهد شد.

(Zolfaghar, 2009). تحقیق های مختلفی در دیگر نقاط دنیا در زمینه شرایط رویش این درختان انجام گرفته است که هر کدام تنها به برخی از ویژگی های رویشگاه توجه کرده اند. در میان مراجع موجود، بیشترین تنوع معیارهای اشاره شده به ترتیب به تحقیق های Gilman و Ellison (2007)، Safiari (2002) و Nazim و همکاران (2010) اختصاص داشت. در این پژوهش سعی شده است تا همه معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر گسترش اجتماعات حرا با توجه به شرایط محیط زیستی استان هرمزگان به عنوان وسیع ترین رویشگاه های این اجتماعات شناسایی و بومی سازی شوند. در این پژوهش در نهایت سه معیار اصلی و هشت زیرمعیار از میان ۲۶ زیرمعیار جمع آوری شده و به عنوان مهم ترین مشخصه های مؤثر در فرایند مکان یابی رویشگاه های دست کاشت حرا در پهنه جزرومدی استان هرمزگان، با استفاده از روش دلفی (نظرسنجی از ۱۱ کارشناس) و تحلیل سلسله مراتبی فازی شناسایی و وزن دهی شدند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که معیار ویژگی های زمین، ویژگی های آب دریا و اقلیم به ترتیب با درجه وزنی برابر با ۰/۵۶، ۰/۳۴ و ۰/۱۱ در اولویت های اول تا سوم اهمیت قرار دارند.

توجه و شناخت زیرمعیارهای معرفی شده در این پژوهش، از اهمیت بسیار زیادی در موفقیت برنامه های توسعه رویشگاه های حرا برخوردار است. ویژگی های فیزیکی زمین با درجه وزنی ۰/۳۸ بیشترین اهمیت را نسبت به بقیه زیرمعیارها به دست آورده است. ویژگی های فیزیکی زمین از جنبه های مختلفی از قبیل بافت و دانه بندی رسوبات بستر (Safiari, 2002; Robert et al., 2009)، میکروتوپوگرافی (Danekhar et al., 2012) و شیب کرانه و پس کرانه که خود تعیین کننده جهت و سرعت جریان آب است (Kathiresan & Ajmal Khan, 2007)، در استقرار جنگل های حرا اهمیت بسیار زیادی دارد. توجه به دیگر زیرمعیارها نیز در توسعه رویشگاه های حرا از اهمیت زیادی برخوردار است. این زیرمعیارها به ترتیب اهمیت عبارتند از: زیرمعیار جزرومد با درجه وزنی ۰/۱۹ به دلیل وارد کردن

- Ghodsipour, H. 2010. Analytical 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 Quantify 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* (Forsk.) 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 Evaluation in for Conservation of Natural Site with Spiritual 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.

- 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, Tiyaab and Kolahi regions in the strait of Hormoz (North Part of Persian Gulf). Environmental 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'ondou, 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 yucatan 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).
  - 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 Publishing, 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., Beekman, 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

## 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<sup>1</sup>, A. Danehkar<sup>2\*</sup> and S. Ali Mahmoudi Sarab<sup>3</sup>

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.