# شناسایی معیارهای موثر در مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی دریایی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش)

سیدحسن موسوی[1*]، افشین دانه‌کار[2]، محمدرضا شکری[3]، هادی پورباقر[4]، آرش جوانشیر[5]، حشمت‌الله اژدری[6]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، استان البرز، کرج، پست الکترونیکی: s.h.mousavi1363@gmail.com
۲- عضو هیأت علمی گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، استان البرز، کرج، پست الکترونیکی: a_danehkar@yahoo.com
۳- عضو هیأت علمی دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، استان تهران، تهران، پست الکترونیکی: shokri.mr@gmail.com
۴- عضو هیأت علمی گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، استان البرز، کرج، پست الکترونیکی: hpoorbagher@yahoo.com
۵- عضو هیأت علمی گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، استان البرز، کرج، پست الکترونیکی: arashjavanshir@hotmail.com
۶- عضو هیأت علمی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، استان هرمزگان، بندرعباس، پست الکترونیکی: h_azhdari@yahoo.com

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۸۹ * نویسنده مسوول تاریخ پذیرش: فروردین ۹۰

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۰، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

## چکیده

هدف از این مطالعه شناسایی و ارائه معیارها و شاخص‌های موثر در مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی دریایی در خلیج فارس به‌ویژه آبهای ساحلی جزیره کیش، به‌منظور حفاظت از آبسنگ‌های مرجانی است. این مطالعه با استفاده از روش پرسش‌نامه‌ای دلفی و تحلیل سلسله مراتبی انجام شد. در این بررسی پس از مرور ۵۳ مرجع مرتبط با موضوع، چهار معیار اصلی (محیط فیزیکی، زیست‌محیطی‌شناختی، پارامترهای مدیریتی و اقتصادی- اجتماعی) و ۳۲ زیرمعیار شناسایی شدند. این معیارها و زیرمعیارها از طریق پرسشنامه دلفی توسط ۹ کارشناس مرتبط با موضوع مورد قضاوت قرار گرفت و در نتیجه تعداد ۱۳ زیرمعیار از چهار معیار اصلی به‌عنوان زیرمعیارهای نهایی جهت مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی دریایی در آبهای ساحلی پیرامون جزیره کیش انتخاب شد. در گام بعد ۱۳ زیر معیار گزینش شده در قالب پرسش‌نامه شماره ۲ توسط کارشناسان مربوطه مورد مقایسه دو به دو قرار گرفت. نتایج حاصل از این پرسش‌نامه در نرم افزار Expert choice 11 برای به‌دست آوردن وزن نهایی و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارهای نهایی به‌کار برده شد. مطابق نتایج تحلیل سلسله مراتبی، وزن معیارهای اصلی (فیزیکی، زیستی، مدیریتی و اقتصادی ـ اجتماعی) به‌ترتیب برابر با ۰/۵۵۳، ۰/۲۸۷، ۰/۱۲۲ و ۰/۰۳۸ تعیین شد. همچنین وزن ۱۳ زیرمعیار نهایی (عمق آب، فاصله از زیستگاه طبیعی، دمای آب، شیب بستر، فاصله از کانون های آلودگی، حضور گونه‌های رقیب، کدورت آب، حضور لارو مرجان‌ها، شوری آب، جنس بستر، جریانان‌های دریایی، فاصله از مسیرهای کشتی‌رانی و صرفه‌ی اقتصادی استقرار زیستگاه) نیز به‌ترتیب برابر با ۰/۱۵۳، ۰/۱۵۱، ۰/۰۹۱، ۰/۰۸۳، ۰/۰۸۱، ۰/۰۷۷، ۰/۰۷۳، ۰/۰۵۸، ۰/۰۵۶، ۰/۰۵۱، ۰/۰۴۶، ۰/۰۴۲ و ۰/۰۳۸ تعیین شد. نتایج حاصل از این پژوهش



Archive of SID
www.SID.ir

نشان داد که محیط فیزیکی، مهمترین معیار و عمق آب مهمترین زیرمعیار برای مکان‌یابی استقرار زیستگاه‌های مصنوعی دریایی با هدف بازسازی و احیای آبسنگ‌های مرجانی در مناطق ساحلی جزیره کیش است.

کلمات کلیدی: *مکان‌یابی، معیار، تحلیل سلسله مراتبی، زیستگاه مصنوعی دریایی، آبسنگ‌های مرجانی، جزیره کیش، خلیج فارس*

## ۱. مقدمه

آبهای ساحلی جزیره کیش با دارا بودن ۲۱ گونه مرجان آبسنگ‌ساز، ۹ گونه مرجان نرم (Fatemi and Shokri, 2001)، دو گونه دلفین، دو گونه لاک پشت، ۳۴ گونه جلبک دریایی، ۲۰ گونه ماهی تجاری، ۴۶ گونه ماهی زینتی و آبزیان متنوعی چون اسفنج‌ها، شقایق‌ها، توتیای دریایی، خیار دریایی، ستاره دریایی و غیره (سازمان منطقه آزاد کیش، ۱۳۸۶) از جمله مناطق حساس بوم‌شناختی در خلیج فارس به‌شمار می‌رود. متاسفانه در خلال سال‌های گذشته بخش اعظمی از تنوع زیستی موجود در این منطقه به‌ویژه آبسنگ‌های مرجانی در اثر فعالیت‌های مخرب انسانی (صیادی، گرمایش زمین، غواصی و...) و طبیعی (تغذیه توسط ستاره دریایی، طوفان‌ها و...) از بین رفته است که نیازمند توجه و فعالیت‌های جدی‌تر در جهت بازسازی و احیا است (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹).

طی چند دهه گذشته استفاده از زیستگاه‌های (بستر) مصنوعی دریایی از جمله مهمترین روش‌های ترمیم و بازسازی بوم‌سامانه‌های مرجانی تخریب شده به‌شمار می‌رود (Saengpaiboon, 2003; Yeemin et al., 2006). شناسایی مکان مناسب استقرار زیستگاه‌های مصنوعی دریایی را به جرات می‌توان حساس‌ترین مرحله احداث زیستگاه‌های مصنوعی دریایی دانست که می‌تواند سرنوشت نهایی و موفقیت یا عدم موفقیت چنین پروژه‌هایی را تضمین نماید (Chang, 1985). احداث زیستگاه‌های مصنوعی در منطقه‌ی مناسب برای زیست آبسنگ‌های مرجانی، با افزایش شانس استقرار لاروها و قطعات جدا شده مرجانی روی این سازه‌ها، سرعت ترمیم و بازسازی بوم‌سامانه‌های تخریب شده را افزایش خواهد داد (Abelson, 2006). همچنین استقرار این زیستگاه‌ها افزایش تنوع آبزیان (با ایجاد غذا و پناه برای آبزیان)، افزایش زی‌توده منابع قابل استحصال، پراکنش زی‌توده، جلوگیری از آب‌شویی و فرسایش سواحل، بهبود شرایط اقتصادی بومیان محلی و افزایش فرصت تحقیقات علمی را در منطقه به‌دنبال خواهد داشت (Cripps and Aabel, 2002; Seaman, 2007).

مطالعات زیادی در زمینه احداث زیستگاه‌های مصنوعی دریایی در نقاط مختلف دنیا انجام شده است که از این میان می‌توان به مکان‌یابی احداث زیستگاه‌های مصنوعی دریایی به‌منظور آبزی‌پروری در سواحل شمال شرقی اسکاتلند توسط رابرت رایت و همکاران در سال ۱۹۹۸، مکان‌یابی احداث زیستگاه‌های مصنوعی مرجانی توسط چن‌تی‌تسنگ و همکاران در سال ۲۰۰۱ در سواحل کشور تایوان، مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی مرجانی توسط روبین کنیش و همکاران در سال ۲۰۰۲ در هنگ کنگ، مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی مرجانی در سواحل آتن در سال ۲۰۰۸ توسط سازمان غیرانتفاعی محیط زیست بین‌الملل (IENPO)[1] و مکان‌یابی استقرار زیستگاه‌های مصنوعی دریایی برای گونه‌ی شاه‌میگو آمریکایی[2] در خلیج ماساچوست توسط باربر و همکاران در سال ۲۰۰۹ اشاره کرد. همچنین از جمله مهمترین مطالعات در خصوص استفاده از زیستگاه‌های مصنوعی دریایی در ایران می‌توان به مطالعه‌ی حسن رستمیان در سال ۱۳۷۵ تحت عنوان "ایجاد زیستگاه‌های مصنوعی در خلیج فارس" با همکاری موسسه تحقیقات شیلات خلیج فارس در سواحل استان بوشهر و با استفاده از تایرهای فرسوده، احداث زیستگاه مصنوعی دریایی با هدف بازسازی ذخایر ماهیان بسترزی و نزدیک بسترزی در سواحل استان‌های هرمزگان، بوشهر، خوزستان و بازسازی ذخایر شاه میگو در سواحل سیستان و بلوچستان توسط موسسه تحقیقات شیلات ایران طی سالهای ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۳ (اژدری و اژدری، ۱۳۸۵)، استقرار بیش از ۱۲۰۰ سازه‌ی مصنوعی در سواحل جنوب شرقی جزیره کیش در سال ۱۳۸۷ با هدف افزایش تنوع زیستی آبزیان و ایجاد و استقرار بسترهای مصنوعی (بلوک‌های سیمانی) در خلیج چابهار به‌منظور حفاظت از آبسنگ‌های مرجانی توسط شکری و همکاران در سال ۱۳۸۸ اشاره کرد.

در گذشته مکان‌یابی احداث زیستگاه‌های مصنوعی دریایی

[1] International Environmental Non-Profit Organization
[2] Homarus americanus



www.SID.ir

در ایران توسط روش‌های قدیمی و سنتی همچون روش آزمون و خطا صورت می‌گرفت. زیستگاه‌های مصنوعی که به این روش احداث می‌شدند، در اغلب اوقات در مکان‌های نامناسب قرار می‌گرفتند و از موفقیت و کارایی کمتری برخوردار بودند. به‌علاوه، این که این روش نیازمند صرف هزینه و زمان زیادی نیز بود. اما امروزه سعی می‌شود تا از ترکیبی از فناوری‌های نوین همچون سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)[1] ، سنجش از دور (RS)[2] ، روش‌هایی همچون تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[3] و ارزیابی چندمعیاره مکانی (SMCDA)[4] برای مکان‌یابی استقرار زیستگاه‌های مصنوعی دریایی استفاده شود. همچنین در ایران کمتر مطالعه‌ای را می‌توان یافت که معیارها و زیرمعیارهای موثر در مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی برای حفاظت از بوم‌سامانه‌های مرجانی را مورد توجه قرار داده باشد. از این رو در این مطالعه سعی شده است تا مهمترین معیارها و شاخص‌های مرتبط با مکان‌یابی استقرار زیستگاه‌های مصنوعی دریایی با توجه به آبسنگ‌های مرجانی خلیج فارس به‌ویژه جزیره کیش شناسایی و ارائه گردد.

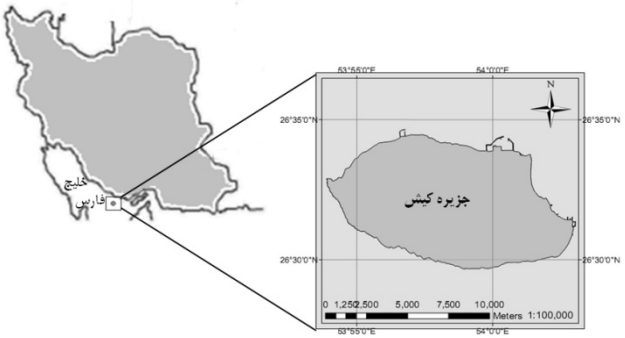
## ۲. مواد و روش کار

### ۲ـ۱. محدوده‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه در این پژوهش، آبهای ساحلی پیرامون جزیره کیش است. این محدوده در شمال خلیج فارس و در ۱۸ کیلومتری جنوب کرانه‌های بندر لنگه، در موقعیت جغرافیایی ۲۶ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی واقع است. شکل شماره ۱ موقعیت جزیره کیش در خلیج فارس را نشان می‌دهد.

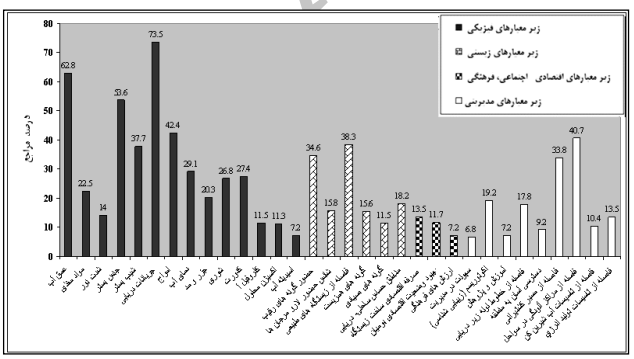
### ۲ـ۲. روش کار

در این مطالعه در نخستین گام ۵۳ پژوهش مرتبط با موضوع برای شناسایی و استخراج معیارها و زیر معیارهای مورد استفاده در مکان‌یابی و استقرار زیستگاه‌های مصنوعی دریایی مورد بررسی قرار گرفت (مطابق جدول شماره ۱). در گام بعدی با استفاده از روش دلفی اصلاح شده و نقطه نظرات ۹ کارشناس آشنا به بوم‌سامانه‌های مرجانی خلیج فارس و زیستگاه‌های مصنوعی دریایی با بیش از ۵ سال سابقه فعالیت، معیارها و زیرمعیارهای مناسب با توجه به بوم‌سامانه‌های خلیج فارس به‌ویژه بوم‌سامانه‌های مرجانی جزیره کیش غربال شد.




شکل ۱ـ موقعیت جزیره کیش در خلیج فارس

درجه اهمیت معیارها و زیر معیارهای شناسایی شده از هر یک از کارشناسان درخواست شد و هر پرسش شونده یکی از ۵ درجه اهمیت (بی‌اهمیت با ضریب ۱، کم اهمیت با ضریب ۳، با اهمیت با ضریب ۵، اهمیت زیاد با ضریب ۷ و اهمیت خیلی زیاد با ضریب ۹) را که هر یک معرف ضریب وزنی مخصوص به‌خود بود را برگزید. در نهایت با استفاده از روابط ریاضی ۱ تا ۵ درصد اهمیت و درجه اهمیت هر یک از معیارهای اصلی و زیر معیارهای آنها تعیین گردید. 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 صورت گرفت (شکل شماره ۲).




شکل ۲ـ میزان فراوانی هر یک از زیر معیارها در منابع مختلف

[1] Geographical Information System
[2] Remote Sensing
[3] Analytical Hierarchy Process (AHP)
[4] Spatial Multi-Criteria Decision Analysis (SMCDA)



Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱ـ مراجع مورد مطالعه و معیارهای مورد استفاده توسط هر یک به منظور استقرار زیستگاه‌های مصنوعی دریایی

| ردیف | معیارهای مورد استفاده | منبع مورد مطالعه |
|---|---|---|
| ۱ | عمق آب، شکل بستر، جریان‌های دریایی، جنس رسوبات بستر | اسکندری، ۱۳۸۱ |
| ۲ | عمق آب ، شکل بستر، جنس رسوبات بستر | بهزادی، ۱۳۸۲ |
| ۳ | گونه رقیب، عمق آب، شکل بستر، جنس رسوبات بستر | اژدری و اژدری، ۱۳۸۵ |
| ۴ | عمق آب، شکل بستر، جنس رسوبات بستر | بهزادی و همکاران، ۱۳۸۶ |
| ۵ | عمق آب، فاصله از بوم‌سامانه مرجانی، فاصله از کانون های آلاینده، شکل بستر، جنس رسوبات بستر | شکری و همکاران، ۱۳۸۸ |
| ۶ | جریان‌های دریایی، شکل بستر، امواج، جزر و مد | Nakamura, 1982 |
| ۷ | فاصله از زیستگاه طبیعی، جنس بستر، شکل بستر، جریان‌های دریایی، کدورت، فاصله از مراکز آلودگی، ... | Chang, 1985 |
| ۸ | گونه رقیب، گونه صید، بهبود وضعیت اقتصادی بومیان، اکوتوریسم، آموزش و پژوهش، فاصله از مراکز آلودگی، ... | Nakamura, 1985 |
| ۹ | جریان‌های دریایی، جنس رسوبات بستر، عمق آب، امواج، اکوتوریسم | Ditton and Burke, 1985 |
| ۱۰ | دمای آب، شوری، کدورت، کلروفیل آ، اکسیژن محلول، سهولت در مدیریت، ارزش های فرهنگی، صرفه اقتصادی، ... | Matthews, 1986 |
| ۱۱ | فاصله از زیستگاه طبیعی، جریان‌های دریایی، آموزش و پژوهش، فاصله از مسیر حمل و نقل کشتی‌ها، کدورت، ... | Berrios and Timber, 1989 |
| ۱۲ | جریان‌های دریایی، جنس رسوبات بستر، عمق آب | Bin Latun and Bin Abdullah 1990 |
| ۱۳ | عمق آب، جنس بستر، جریان‌های دریایی، فاصله از سکو های نفتی و خطوط لوله زیر دریایی، فاصله از مراکز آلودگی،... | Munro and Balagos, 1995 |
| ۱۴ | فاصله از زیستگاه طبیعی، مناطق حساس ساحلی – دریایی، امواج، جزر و مد، جنس بستر | Heaps, 1995 |
| ۱۵ | گونه صید، گونه همزیست، عمق آب | Done , 1995 |
| ۱۶ | عمق آب، جریان‌های دریایی، شکل بستر، فاصله از مسیر حمل و نقل کشتی ها، فاصله از تاسیسات آب شیرین کن، .... | Ray et al., 1996 |
| ۱۷ | گونه رقیب، عمق آب، فاصله از سکو های نفتی و خطوط لوله زیر دریایی | Heaps et al., 1996 |
| ۱۸ | فاصله از زیستگاه طبیعی، مناطق حساس ساحلی – دریایی، عمق آب، شکل بستر، فاصله از مراکز آلودگی، .... | Chou, 1997 |
| ۱۹ | گونه رقیب، حضور لارو مرجان، گونه همزیست، گونه صید، مواد مغذی، عمق آب، شدت نور، دمای آب، شوری، .... | Birkeland, 1997a |
| ۲۰ | مواد مغذی، عمق آب، جنس بستر، جریان‌های دریایی، فاصله از مسیر حمل و نقل کشتی‌ها | Wright et al., 1998 |
| ۲۱ | مواد مغذی، عمق آب، شدت نور، جنس بستر، جریان‌های دریایی، امواج، جزر و مد | ARTCAGSMFC, 1998 |
| ۲۲ | عمق آب، جنس بستر، جریان‌های دریایی، فاصله از مراکز آلودگی ، فاصله از سکوهای نفتی و خطوط لوله زیر دریایی،.... | ERM, 1999 |
| ۲۳ | مناطق حساس ساحلی– دریایی، جریان‌های دریایی، فاصله از مسیر حمل و نقل کشتی ها، فاصله از مراکز آلودگی،.... | OSPAR, 1999 |
| ۲۴ | مناطق حساس ساحلی – دریایی، شکل بستر، جریان‌های دریایی، امواج، دمای آب، شوری، صرفه اقتصادی | Woods, 1999 |
| ۲۵ | فاصله از زیستگاه طبیعی، جریان‌های دریایی، کیفیت آب، جنس بستر، شکل بستر | Armono, 1999 |
| ۲۶ | گونه رقیب، فاصله از زیستگاه طبیعی، مواد مغذی، امواج، شکل بستر، جنس بستر | A.F.C.D, 2000 |
| ۲۷ | عمق آب، شدت نور، شکل بستر، جریان‌های دریایی، امواج، دمای آب، جزر و مد، شوری، کدورت، اسیدیته آب، .... | Seaman, 2000 |
| ۲۸ | فاصله از زیستگاه طبیعی، عمق آب، جنس بستر، جریان‌های دریایی، اکوتوریسم، فاصله از مسیر حمل و نقل کشتی‌ها.... | CRCNUIC, 2001 |
| ۲۹ | گونه رقیب، حضور لارو مرجان، شکل بستر | Petersen and Tollrian, 2001 |
| ۳۰ | فاصله از زیستگاه طبیعی، عمق آب، شکل بستر، فاصله از مراکز آلودگی، جنس بستر، جریان‌های دریایی، .... | Tseng et al, 2001 |
| ۳۱ | فاصله از زیستگاه طبیعی، کدورت ، جنس بستر، جریان‌های دریایی، امواج، دمای آب، شوری، عمق آب | Baine, 2001 |
| ۳۲ | حضور لارو مرجان، فاصله از زیستگاه طبیعی، عمق آب، جریان‌های دریایی، دمای آب، کدورت، اکوتوریسم، .... | Spieler et al., 2001 |
| ۳۳ | گونه رقیب، گونه صید، جنس بستر، جریان‌های دریایی، شوری،کدورت، بهبود وضعیت اقتصادی بومیان، .... | Kenish et al, 2002 |
| ۳۴ | فاصله از مراکز آلودگی، فاصله از مسیر حمل و نقل کشتی‌ها، شکل بستر، عمق آب، کدورت، .... | Green and Ray, 2002 |
| ۳۵ | گونه رقیب،گونه صید، گونه همزیست، ارزش های فرهنگی، اکوتوریسم، آموزش و پژوهش، فاصله از مراکز آلودگی،... | Roberts et al, 2003 |
| ۳۶ | مناطق حساس ساحلی– دریایی، عمق آب، شوری، صرفه اقتصادی، جریان‌های دریایی، .... | ARPB, 2003 |
| ۳۷ | گونه همزیست، مواد مغذی، جنس بستر، کدورت، دمای آب، جزر و مد، شوری، جریان‌های دریایی | Lukens and Selberg, 2004 |
| ۳۸ | حضور لارو مرجان، جنس بستر، جریان‌های دریایی، فاصله از مسیر حمل و نقل کشتی‌ها | Pradal and Millet, 2005 |
| ۳۹ | عمق آب، کلروفیل آ، شکل بستر، جریان‌های دریایی، دمای آب، جنس بستر | Leverette, 2005 |
| ۴۰ | گونه رقیب، عمق آب، جنس بستر، جزر و مد، امواج، جریان‌های دریایی | U.S. EPA, 2006 |
| ۴۱ | حضور لارو مرجان، فاصله از زیستگاه‌های طبیعی | Abelson, 2006 |
| ۴۲ | جنس بستر، مناطق حساس ساحلی – دریایی، عمق آب، فاصله از زیستگاه طبیعی | Kaiser, 2006 |
| ۴۳ | عمق آب، جنس بستر، شوری، امواج، دمای آب، جریان‌های دریایی | Rousseau, 2006 |
| ۴۴ | شکل بستر، جنس بستر، عمق آب | Thomas, 2006 |
| ۴۵ | عمق آب، جنس بستر، جریان‌های دریایی، فاصله از مسیر حمل و نقل کشتی ها، فاصله از سکوهای نفتی، .... | U.S.D.C, 2007 |
| ۴۶ | گونه رقیب، مناطق حساس ساحلی– دریایی، عمق آب، جنس بستر، فاصله از مسیر حمل و نقل کشتی‌ها، .... | NSWDPI, 2008 |
| ۴۷ | جریان‌های دریایی، امواج، جزر و مد، شکل بستر | Perkol-Finkel et al., 2008 |
| ۴۸ | عمق آب، کدورت، دمای آب، جنس رسوبات بستر | IENPO, 2008 |
| ۴۹ | جریان‌های دریایی، دمای آب، شوری، اکسیژن محلول، کلروفیل آ | Tittensor et al., 2009 |
| ۵۰ | مواد مغذی، جنس بستر، امواج، کدورت، فاصله از تاسیسات تولید انرژی، فاصله از تاسیسات آب شیرین کن، ... | Embankment, 2009 |
| ۵۱ | عمق آب، دمای آب، شوری، کدورت، جریان‌های دریایی | Dawson et al., 2009 |
| ۵۲ | گونه رقیب، شکل بستر، جریان‌های دریایی | Guinan et al., 2009 |
| ۵۳ | فاصله از زیستگاه طبیعی، عمق آب، جنس بستر، شکل بستر، جریان‌های دریایی، فاصله از مسیر حمل و نقل کشتی‌ها، ... | Barber etal., 2009 |

شرط لازم برای گزینش معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آنها دارا بودن دست کم نصف ارزش عددی هر بردار عمودی و افقی است (مطابق شکل ۳).

(۱) $\text{ضریب وزن تعدیل شده} = \frac{9}{\sum x_i}$

(۲) $\text{وزن تعدیل شده}\,(y_i) = \frac{9}{\sum x_i} \times x_i$



Archive of SID

www.SID.ir

(۳) $(z_i) = y_i \times n$ امتیاز وزن‌دار

(۴) $\frac{\sum z_i}{A} = \frac{\sum z_i}{81} \times 100$ = درصد اهمیت معیار

(۵) $\frac{\sum (x_i \times n)}{N}$ = درجه اهمیت معیار

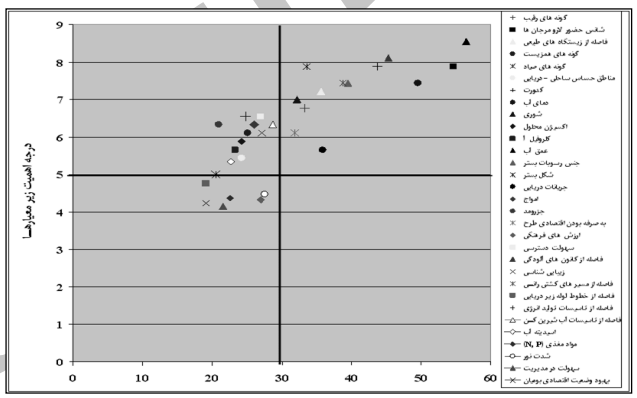
$x_i$: وزن اولیه

$N$: تعداد کل پرسش‌شوندگان

$n$: تعداد افرادی که به هر درجه اهمیت رای داده‌اند (امتیاز)

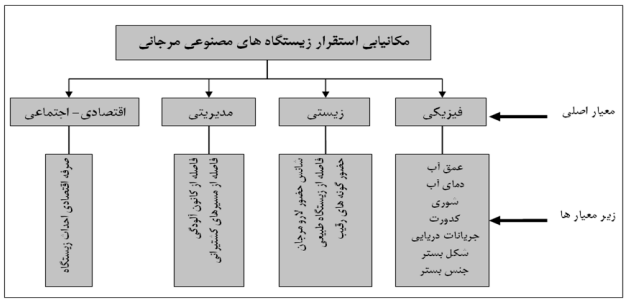
$A$: حداکثر امتیاز قابل حصول

برای تعیین وزن معیارها و زیرمعیارهای نهایی از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد.




شکل ۳ـ گزینش زیرمعیارهای نهایی مکان‌یابی استقرار زیستگاه‌های مصنوعی مرجانی در آبهای ساحلی جزیره کیش

در این روش در ابتدا معیارها و زیرمعیارهای نهایی طی چهار ماتریس جداگانه (معیارهای اصلی، زیرمعیارهای فیزیکی، زیرمعیارهای زیستی و زیر معیارهای مدیریتی) و در قالب پرسش‌نامه‌ای به‌منظور مقایسه دو به دو گزینه‌ها در اختیار کارشناسان قرار داده شد. در ادامه نظرات کارشناسان گردآوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در نهایت وزن اولیه هر یک از معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آنها و همچنین ضریب ناسازگاری[1] بر مبنای قضیه ارائه شده توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ (روش بردار ویژه)، با استفاده از نرم افزار Expert choice 11 محاسبه شد. به این ترتیب چنانچه مقدار نرخ ناسازگاری ماتریس‌ها کوچکتر از ۰/۱ باشد، در این صورت سازگاری سامانه قابل قبول است. در غیر این صورت باید در مواردی که ناسازگاری شدید است در قضاوت‌ها تجدید نظر نمود. سپس در آخرین مرحله، وزن نهایی هر یک از زیر معیارها با ضرب وزن اولیه هر یک از زیر معیارها در وزن اولیه معیار اصلی خود به‌دست آمد (شکل شماره ۴).




شکل۴ـ معیارها و زیرمعیارهای انتخاب شده جهت مکان‌یابی استقرار زیستگاه‌های مصنوعی مرجانی

## ۳. نتایج

نتایج حاصل از این پژوهش به‌تفکیک در هر یک از مراحل شناسایی، غربال‌سازی و وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها ارائه شده است.

### *۳ـ۱. شناسایی معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آنها*

در این پژوهش از مجموع ۵۳ پژوهشی که مورد بررسی قرار گرفت، در نهایت چهار معیار اصلی (معیارهای فیزیکی، زیستی، اقتصادی ـ اجتماعی، فرهنگی و مدیریتی) و ۳۲ زیرمعیار (۱۴ فیزیکی، ۶ زیستی، ۳ اقتصادی ـ اجتماعی فرهنگی و ۹ مدیریتی) شناسایی شد که در شکل شماره ۲ درصد میزان فراوانی هر یک از زیرمعیارها در مراجع مختلف نشان داده شده است.

### *۳ـ۲. اولویت‌بندی معیارهای اصلی و غربال‌سازی زیرمعیارهای آنها*

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پاسخ کارشناسان، اولویت معیارهای اصلی را به‌ترتیب معیار فیزیکی (۸۷/۱۱ درصد اهمیت و ۳/۱۱ درجه اهمیت)، معیار زیستی (۸۰/۵۵ درصد اهمیت و ۳/۲۲ درجه اهمیت)، معیار مدیریتی (۶۶/۵ درصد اهمیت و ۲/۰ درجه اهمیت) و معیار اقتصادی ـ اجتماعی، فرهنگی (۴۳/۵ درصد اهمیت و ۱/۶۶ درجه اهمیت) تعیین نمود.

[1] I.R= Inconsistency Ratio

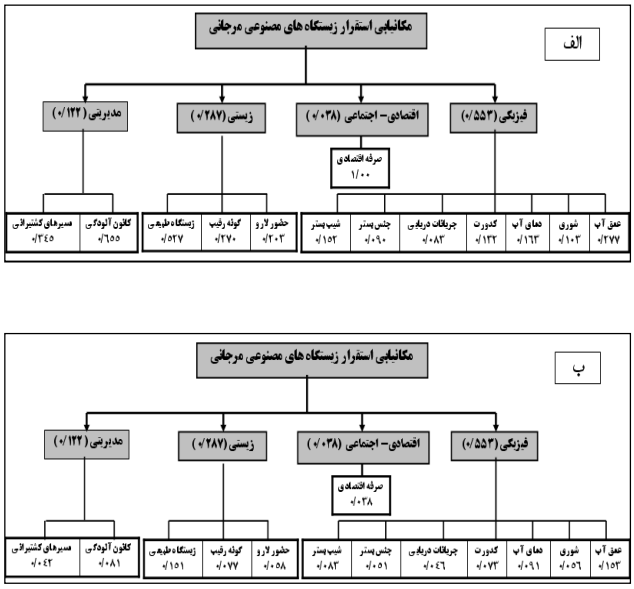


Archive of SID
www.SID.ir

غربال‌سازی زیرمعیارهای نهایی با استفاده از نمودار اهمیت معیار (درجه‌ی اهمیت معیار در محور عمودی و درصد اهمیت معیار در محور افقی) صورت گرفت (شکل شماره ۳). با توجه به نتایج به‌دست آمده، ۱۳ زیرمعیار برای گزینش مکان‌های مناسب جهت استقرار زیستگاه‌های مصنوعی دریایی در آبهای ساحلی جزیره کیش مورد پذیرش قرار گرفت که در شکل شماره ۴ نشان داده شده است.

### ۳ـ۳. وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارهای انتخابی

ضریب وزنی هر یک از معیارها و زیرمعیارها بیان کننده میزان اهمیت آن معیار در فرایند مکان‌یابی است. شکل شماره ۵ به‌ترتیب وزن اولیه و وزن نهایی حاصل از نرم افزار Expert choice 11 را برای هر یک از چهار معیار اصلی و زیرمعیارهای آنها نشان می‌دهد. ضریب ناسازگاری ماتریس‌های مربوط به معیارهای اصلی (فیزیکی، زیستی، مدیریتی و اقتصادی ـ اجتماعی)، زیر معیارهای فیزیکی، زیستی و مدیریتی به‌ترتیب برابر با ۰/۰۹، ۰/۰۷، ۰/۰۱ و ۰/۰۰ محاسبه گردید که بیان‌کننده‌ی سازگار بودن تمامی قضاوت‌ها است.




شکل ۵ـ الف) وزن اولیه هر یک از معیارهای اصلی و زیر معیارهای آنها و ب) وزن نهایی زیرمعیارها (وزن نهایی از ضرب وزن اولیه هر زیر معیار در وزن اولیه معیار اصلی همان زیرمعیار به‌دست می‌آید)

## ۴. بحث و نتیجه‌گیری

احداث موفقیت‌آمیز زیستگاه‌های مصنوعی دریایی نیازمند مکان‌یابی دقیق و اصولی (Tseng et al, 2001) و انتخاب بهترین روش و مکان اجرای برنامه‌های حفاظت از بوم‌سامانه‌های مرجانی تخریب شده نیازمند شناخت کامل معیارها[1] و پارامترهای موثر در پایداری این بوم‌سامانه‌ها است (Heaps et al., 1996; Yeemin et al., 2006). مطالعات مختلفی در سایر نقاط دنیا در زمینه مکان‌یابی و احداث زیستگاه‌های مصنوعی دریایی انجام شده است که در این مطالعات با توجه به شرایط زیست‌محیطی منطقه‌ی مورد مطالعه، از معیارها و زیرمعیارهای متعددی استفاده شده است. به‌علاوه، در این پژوهش سعی شده است تا این معیارها و زیرمعیارها با توجه به شرایط زیست محیطی خلیج فارس به‌ویژه آبهای ساحلی جزیره کیش بومی‌سازی گردد.

در این پژوهش در نهایت چهار معیار اصلی و ۱۳ زیرمعیار از میان ۳۲ زیرمعیار جمع آوری شده به‌عنوان مهمترین پارامترهای موثر در فرایند مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی دریایی در آبهای ساحلی جزیره کیش با استفاده از روش دلفی (نظرسنجی از ۹ کارشناس) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) شناسایی شدند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داده که معیار فیزیکی با کسب درصد اهمیتی برابر با ۸۷/۱۱ و درجه وزنی برابر با ۰/۵۳۳ مهمترین معیار و معیارهای زیستی، مدیریتی و اقتصادی ـ اجتماعی، فرهنگی به ترتیب با درصد اهمیتی برابر با ۸۰/۵۵، ۶۶/۵ و ۴۳/۵ و درجه وزنی برابر با ۰/۲۸۷، ۰/۱۲۲ و ۰/۰۳۸ در درجات بعدی اهمیت قرار دارند. مطالعات صورت گرفته توسط سایر محققان در نقاط مختلف دنیا نیز تائید کننده نتایج به‌دست آمده در این پژوهش است. برای مثال روبین کنیش و همکاران در سال ۲۰۰۲ در هنگ‌کنگ مهمترین معیارهای اصلی مورد استفاده در مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی دریایی را به‌ترتیب معیارهای بوم‌شناختی (فیزیکی و زیستی)، اقتصادی و اجتماعی و به صرفه بودن از نظر اقتصادی معرفی کردند. ژاکوئین بوتراگو و همکارانش در سال ۲۰۰۵ در کشور ونزئولا نیز مهمترین معیارهای اصلی مورد استفاده در فرایند مکان‌یابی را معیار لوجستیک، معیار زیستی، فیزیکی و اقتصادی و اجتماعی در نظر گرفتند. نیومن رادیارتا و همکارانش نیز در سال ۲۰۰۸ در خلیج فونکا در سواحل جنوب

[1] Criteria



www.SID.ir

غربی ژاپن اعتقاد داشتند که معیارهای زیستی و زیر ساخت‌های اجتماعی به‌ترتیب مهمترین معیارها در مکان‌یابی زیستگاه های مصنوعی دریایی به‌شمار می روند.

توجه و شناخت زیرمعیارهای معرفی شده در این پژوهش از اهمیت بسیار زیادی در موفقیت برنامه‌های احداث زیستگاه‌های مصنوعی دریایی در آبهای ساحلی جزیره کیش دارند. شناخت و درک فرایندهای فیزیکی در محیط دریا با توجه به اینکه روی فرایندهای زیستی و شیمیایی آب نیز تاثیرگذار هستند از اهمیت بالایی قبل از استقرار زیستگاه‌های مصنوعی دریایی برخوردار است (Done, 1995; Seaman, 2000). از مهمترین این فرایندها می‌توان عمق آب را نام برد که در این مطالعه بالاترین درصد اهمیت (۵۶/۴۵) و درجه وزنی (۰/۱۵۳) را نسبت به سایر زیرمعیارها دارا بود. توجه به عمق آب از جنبه‌های مختلفی از قبیل تغییر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب (دما، نفوذ نور، رسوب‌گذاری و غیره)، تغییر نوع گونه‌های آبزی با توجه به عمق (Done, 1995; Leverette, 2005)، استحکام و پایداری زیستگاه‌های مصنوعی مرجانی (OSPAR,1999;U.S.D.C,2007)، عدم ایجاد ممانعت برای حرکت شناورها (U.S. EPA, 2006)، در امان ماندن زیستگاه‌ها از نیروی تخریبی امواج (Seaman, 2000)، افـزایش هزینه‌هـای احداث زیستگاه با افزایش عمق آب (Kaiser, 2006) و کاهش مطلوبیت برای کاربرانی چون توریست‌ها، غواصان و ماهی‌گیران ورزشی با افزایش عمق (Thomas, 2006) از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. توجه به سایر زیرمعیارها نیز در احداث زیستگاه‌های مصنوعی مرجانی از اهمیت بالایی برخوردار است. این زیرمعیارها به‌ترتیب اهمیت عبارتند از: زیرمعیار میزان فاصله از زیستگاه‌های مرجانی به‌دلیل تامین مواد و انرژی زیستگاه‌های مصنوعی (Abelson, 2006)، زیرمعیار دمای آب به‌دلیل پایداری رابطه همزیستی آبسنگ‌های مرجانی با جلبک‌های زوزانتلا (Leverett, 2005)، زیرمعیار شیب بستر به‌دلیل پایداری سازه‌های مصنوعی (Barber et al., 2009)، زیرمعیار فاصله از کانون‌های آلاینده به‌دلیل حساسیت بالای بوم‌سامانه‌های مرجانی به آلودگی آب (OSPAR, 1999)، زیرمعیار فاصله از گونه‌های رقیب به دلیل کاهش رقابت بر سر اشغـال فضـا بـر روی سـازه‌هـا بـرای لارو مـرجـان‌هـا (Guinan et al., 2009)، زیرمعیار کدورت آب به‌دلیل مسدود شدن پولیپ مرجان‌ها و کاهش فتوسنتز در اثر کاهش نفوذ نور در آبهای با کدورت بالا (U.S.D.C, 2007)، زیرمعیار حضور لارو مرجان‌ها به‌دلیل افزایش نرخ استقرار لارو مرجان‌ها در مقایسه با سایر گونه‌های آبزی روی سازه‌های مصنوعی (Barber et al., 2009)، زیرمعیار شوری آب به‌دلیل املاح و مواد معدنی مختلف و تسریع فرایند تولید کربنات کلسیم توسط آبسنگ‌ها (Birkeland, 1997a)، زیرمعیار جنس بستر به‌دلیل تحمل وزن زیستگاه‌های مصنوعی و جلوگیری از فرو رفتن آنها در بستر (Chang, 1985)، زیرمعیار جریان‌های دریایی به‌دلیل انتقال آبهای حاوی مواد مغذی به زیستگاه مصنوعی ایجاد شده به‌دلیل ثابت بودن مرجان‌ها و خروج مواد زائد از این مناطق (Armono, 1999)، زیرمعیار فاصله از مسیرهای کشتی‌رانی به‌دلیل دوری از صدمات فیزیکی و آلاینده‌های ناشی از کشتی‌ها و شناورها (Barber et al., 2009) و در نهایت زیرمعیار صرفه اقتصادی ساخت زیستگاه مصنوعی تحت تاثیر اندازه مساحت زیستگاه، نوع مواد و مصالح مورد استفاده و میزان فاصله از سواحل (Kenish et al, 2002).

سایر محققان نیز از قبیل چانگ در سال ۱۹۸۵ در سواحل تایوان، به ترتیب پنج پارامتر عمق آب، جنس بستر دریا، میزان فاصله از مراکز آلودگی، جریانات دریایی و میزان فاصله از زیستگاه طبیعی و همچنین تسنگ و همکاران نیز در سال ۲۰۰۱ در مطالعه ای مشابه در تایوان به ترتیب پنج پارامتر عمق آب، توپوگرافی بستر، جنس بستر، میزان فاصله از سواحل و میزان دوری از بنادر ماهیگیری را در مکان‌یابی و موفقیت زیستگاه‌های مصنوعی دریایی با هدف احیای آبسنگ‌های مرجانی موثر دانستند. مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی دریایی توسط سازمان غیر انتفاعی محیط زیست بین الملل (IENPO) در سال ۲۰۰۸ در سواحل کشور یونان به‌منظور بازسازی بوم‌سامانه‌های مرجانی یکی دیگر از مطالعات صورت گرفته در این زمینه است که به‌ترتیب پارامترهای کیفیت آب (دما، شوری، کدورت، ...)، عمق آب، جنس بستر، جریانات دریایی و نرخ رسوب‌گذاری را مورد استفاده قرار داد. نتایج به‌دست آمده توسط سایر محققان تا حد زیادی با نتایج حاصله از این پژوهش مطابقت دارد.

در نهایت می‌توان این گونه جمع‌بندی کرد که محیط فیزیکی با درجه وزنی ۰/۵۵۳ مهمترین معیار و پارامتر عمق آب با درجه وزنی ۰/۱۵۳، مهمترین زیرمعیار در فرایند مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی دریایی با هدف بازسازی و احیای آبسنگ‌های مرجانی در آبهای ساحلی جزیره کیش هستند. سایر زیرمعیارها نیز پس از عمق آب به‌ترتیب درجه اهمیت شامل فاصله از زیستگاه طبیعی



Archive of SID

www.SID.ir

(۰/۱۵۱)، دمای آب (۰/۰۹۱)، شیب بستر (۰/۰۸۳)، فاصله از کانون‌های آلودگی (۰/۰۸۱)، حضور گونه‌های رقیب (۰/۰۷۷)، کدورت آب (۰/۰۷۳)، حضور لارو مرجان‌ها (۰/۰۵۸)، شوری آب (۰/۰۵۶)، جنس بستر (۰/۰۵۱)، جریان‌های دریایی (۰/۰۴۶)، فاصله از مسیرهای کشتی رانی (۰/۰۴۲) و صرفه اقتصادی استقرار زیستگاه (۰/۰۳۸) تعیین شد.

## ۵. تقدیر و تشکر

بدینوسیله نویسندگان این مقاله برخود لازم می‌دانند تا از اساتید و کارشناسان محترم آقایان دکتر دانه کار، دکتر شکری، دکتر رضایی، دکتر اژدری، دکتر اقتصادی، دکتر جوانشیر، دکتر پورباقر، دکتر امینی راد، دکتر مقصودلو و مهندس صمیمی که زحمت تکمیل پرسش‌نامه‌ها و پاسخ به سئوالات اینجانب را تقبل نمودند، تقدیر و تشکر نمایند. همچنین نویسندگان از آقای مهندس پیمان آق تومان عضو هیأت علمی بخش تحقیقات حفاظت سواحل پژوهشکده تحقیقات خاک و آبخیزداری به‌خاطر فراهم نمودن شرایط و امکانات انجام این تحقیق و مشاوره‌های ارزشمندشان کمال تشکر را دارند.

## منابع

اژدری، ح. و اژدری، ز. ۱۳۸۵. زیستگاه‌های مصنوعی دریایی و پیشرفت آن در ایران. چاپ اول. انتشارات موج سبز. تهران. ۹۶ ص.

دانه‌کار، ا. ۱۳۸۷. طرح ریزی پایدار سرزمین. سومین سلسله سخنرانی‌های فن‌آوری‌های نوین ساختمان: فن‌آوری‌های نوین و محیط زیست. دانشگاه تهران. پردیس هنرهای زیبا. قطب علمی فن آوری و معماری.

رستمیان، ح. ۱۳۷۵. ایجاد زیستگاه‌های مصنوعی در خلیج فارس (سواحل استان بوشهر). موسسه تحقیقات شیلات خلیج فارس.

رضائی، ح.؛ صمیمی، ک.؛ کبیری، ک.؛ غفاری، پ.؛ جلیلی، م.؛ هشترودی، م.؛ قوام مصطفوی، پ. و غواصی، م. ۱۳۸۹. گزارش فاز اول پروژه بررسی زیست بوم شناسی سواحل دریایی جزیره کیش با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). موسسه ملی اقیانوس شناسی، ۳۸ ص.

سازمان منطقه آزاد کیش. گزارش شرکت سازه‌پردازی ایران. ۱۳۸۶. طرح جامع مدیریت مدیریت سواحل و محیط زیست جزیره کیش.

Abelson, A. 2006. Artificial reefs vs coral transplantation as restoration tools for mitigating coral reef deterioration: Benefits, concerns, and proposed guidelines. Bulletin of marine science. 78(1): 151–159.

Agriculture, fisheries and conservation department. 2000. Artificial reef development in Outer long harbour and east tap Mun. Hong Kong.

Armono, H.D. 1999. Flow field around single and multiple hollow hemispherical artificial reefs.

Artificial reef project, Bahrain. 2003. Ministry of works and housing, Special projects department, Kingdom of Bahrain.

Artificial reef technical committee of the atlantic and Persian Gulf states marine fisheries commissions, 1998. Coastal artificial reef planning guide.

Baine, M. 2001. Artificial reefs: A review of their design, application, management and performance, Ocean & Coastal Management. 44: 241–259.

Barber, J.S.; Chosid, D.M.; Glenn, R.P. and Whitmore, K.A. 2009. A systematic model for artificial reef site selection. New Zealand Journal of marine and freshwater research. 43: 283–297.

Berrios, J.M. and Timber, J.H. 1989. Artificial reef research in Puerto Rico. In: ECOSET ’95, the International bulletin of marine science (Special Edition); 44(2).Center for Living Aquatic Resources Management. Manila. 45 pp.

Bin Latun, A.R. and Bin Abdullah, M.P. 1990. Artificial reef in Malaysia: A country review paper.

Birkeland, C. 1997a. Life and death of coral reefs. Chapman and Hall. New York. 536 pp.

Chang, K.H. 1985. Review of artificial reefs in Taiwan: emphasizing site selection and effectiveness. Bulletin of Marine Science. 37: 143–150.

Chou, L.M. 1997. Artificial reefs of Southeast Asia - do they enhance or degrade the marine communities on an artificial reef in Canary Islands. In: ECOSET ’95, the



Archive of SID
www.SID.ir

2009. Ecological niche modelling of the distribution of cold-water coral habitat using underwater remote sensing data.

Heaps, L.; Picken, G.B. and Ray, S. 1996. Site selection and environmental criteria – A case study. In Proceedings of the 1st conference of the european artificial reef research network. Ancona. Italy. 26–30.

Heaps, L. 1995. Feasibility study for the construction of a high profile artificial reef in the Moray Firth. Final Report. AURIS Environmental. Aberdeen.

International environmental non-profit organization. 2008. A step-by-step guide for grassroots efforts to Reef Rehabilitation. Athens. Georgia.

Kaiser, M.J. 2006. The Louisiana artificial reef program. Marine Policy. 30: 605–623.

Kennish, R.; Wilson, K.D.P.; Clarke, L.J. and Laister, S. 2002. Selecting sites for large-scale deployment of artificial reefs in Hong Kong: constraint mapping and prioritization techniques. ICES. Journal of marine science. 59: S164–S170.

Leverette, T. 2005. Predicting habitat for two species of deep-water coral on the Canadian Atlantic continental shelf and slope. In: Freiwald, A., Roberts, J.M. (Eds.). Cold-water corals and ecosystems. Springer-Verlag. Berlin. 467–479.

Lukens, R. and Selberg, C. 2004. Guidelines for marine artificial reef materials. Artificial reef subcommittees of the Atlantic and Persian Gulf States marine fisheries commissions.

Matthews, H. 1986. Artificial reef sites: Selection and evaluation. 50-54.

Munro, J.L. and Balagos. M.C. 1995. Artificial reefs in the Philippines. ICLARM Conf. Proc. 49, 56pp. of Mexico OCS Region. Kenner. LA. OCS StudyMMS 2003-073. 6-7.

Nakamura, M. 1982. The planning and design of artificial reefs and tsukiiso. Pages 49-66 in S.F. Vik, ed. International conference on ecological system enhancement technology for aquatic environments. Conference Proceedings, vol. 1 and 2, Tokyo. Japan. 330 –3.

Coastal resources centre national university of Ireland Cork. 2001. Artificial reefs feasibility study.

Cripps, S.J. and Aabel J.P. 2002. Environmental and socio-economic impact assessment of Ekoreef, a multiple platform rigs-to-reefs development, ICES Journal of Marine Science. 59: S300–S308.

Dawson, T.P.; Jarvie, F. and Reitsma, F. 2009. A habitat suitability model for predicting coral reef distributions in the Galápagos islands. Galapagos research. 66:20-26.

Ditton, R.B. and Burke, L.B. 1985. Artificial reef development for recreational fishing: A Planning Guide. Sport fishing institute artificial reef development center. Washington DC. 68pp.

Done, T.J. 1995. Ecological criteria for evaluating coral reefs and their implications for managers and researchers. Coral reefs, 14(4)November.

Embankment, A. 2009. Guidelines for the placement of artificial reefs, London convention and Protocol/UNEP. Published by the international maritime organization (IMO). London.

Environmental resources management Hong Kong Ltd. 1999. Artificial reef deployment study. Final report to agriculture and fisheries department of the Hong Kong government.

Fatemi, M.R. and Shokri, M.R. 2001. Iranian coral reefs status white particular reference to Kish island, Persian Gulf, Indian Ocean Regional Workshop. Muzambique. Nov. 26-28.

Green, D.R. and Ray, S.T. 2002. Using GIS for sitting artificial reefs – Data issues, problems and solutions: 'Real World' to 'Real World'. Journal of coastal conservation. 8:7-16.

Guinan, J.; Brown, C.; Margaret, F.J. and Grehan, A.J.



Archive of SID

www.SID.ir

coastal resources, editor. Proceedings of the workshop of coral reef rehabilitation. Bangkok. Thailand.

Seaman, W. 2000. Artificial reef evaluation: with application to natural marine habitats. Marine science series. ISBN 0-8493-9061-3.

Seaman, W. 2007. Artificial habitats and the restoration of degraded marine ecosystems and fisheries, Hydrobiologia, Springer Science+Business Media B.V.

Spieler, R.E.; Gilliam, D.S.; and Sherman, R.L. 2001. Artificial substrate and coral reef restoration: what do we need to know to know what we need. Bulletin of marine science. 69(2):1013–1030.

Thomas, M. Ash. 2006. Artificial reef management plan Tampa Bay/Hillsborough county. Florida. environmental protection commission of Hillsborough county.

Tittensor, D.P.; Baco, A.R. and Brewin, P.E. 2009. Predicting global habitat suitability for stony corals on seamounts. Journal of Biogeography (J. Biogeography). 36:1111–1128.

Tseng, C.; Chen, S.; Huang, C. and Liu, C. 2001. GIS-assisted site selection for artificial reefs. Fisheries Science 67: 1015–1022.

United States department of commerce. 2007. National artificial reef Plan (as Amended): Guidelines for siting, construction, development, and assessment of artificial reefs. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). National marine fisheries service. Washington D.C. 61 pp.

United states environmental protection agency. 2006. National guidance: Best management practices for preparing vessels intended to create artificial reefs used for fish habitat. Faculty of engineering and appiiea science mernoriai university of Newfoundland.

Woods, E.G. 1999. Artificial reef development plan for the state of Mississippi. Mississippi department of marine resources.

Wright, R.; Ray, S.; Green, D.R. and Wood, M. 1998. Japanese artificial reef technology. Aquabio. Inc. Bellair Bluffs, Florida. Tech. Rep. 604 pp.

Nakamura, M. 1985. Evolution of artificial reef concepts in Japan. Bulletin of marine science. 37(1): 271-278.

NSW department of primary industries (DPI). 2008. Pilot offshore artificial reefs. Preliminary Environmental Assessment.

Oslo and Paris Conventions. 1999. Guidelines on artificial reefs in relation to living marine resources.

Perkol-Finkel, S.; Zilman, G.; Sella, I.; Miloh, T. and Benayahu, Y. 2008. Floating and fixed artificial habitats: Spatial and temporal patterns of benthic communities in a coral reef environment. Estuarine. Coastal and Shelf Science. 77: 491-500

Petersen, D. and Tollrian, R. 2001. Methods to enhance sexual recruitment for restoration of damaged reefs. Bull. Mar. Sci. 69(2): 989-1000.

Pradal, M. A. and Millet, B. 2005. Hydrodynamics modeling applied to reaching optimal functioning of the largest French artificial reef site. Proceedings of the 14th biennial coastal zone conference New Orleans. Louisiana.

Ray, S.; Green, D.R.; Wood, M. and Wright, R. 1996. Establishing an environmental GIS for siting an artificial reef. Paper presented at a One-Day Seminar of the association for geographic information marine and coastal zone management GIS special interest Group. University Manchester. 12 pp.

Roberts, M. 2003. Ecological criteria for evaluating Candidate sites for marine reserves. Ecological applications. 13(1) Supplement. S199–S214 pp.

Rousseau, M. 2006. Massachusetts marine artificial reef plan. Massachusetts division of marine fisheries. Policy. Report PR – 1.

Saaty, T.L. 1980. The analytic hierarchy process. McGraw-Hill. Inc.

Saengpaiboon, P. 2003. Techniques and methods for coral reef rehabilitation. In: Department of marine and



Archive of SID

www.SID.ir

Yeemin, T.; Sutthacheep, M. and Pettongma, R. 2006. Coral reef restoration projects in Thailand. Ocean & Coastal Management. 49:562 – 575.

Development of a GIS of the Moray Firth. (Scotland, UK) and its application in environmental management (site selection for an 'artificial reef).

Archive of SID



www.SID.ir