فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰

۱۶۱-۱۷۶

اولویت‌بندی لکه‌های حفاظتی در منطقه‌های ساحلی زیر حوضه کل – مهران استان هرمزگان با استفاده از ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری

آزاده وزیری نهاد[۱]، سید علی جوزی[۲]*، رخشاد حجازی[۲]، محمدرضا شکری[۳] و سعید ملماسی[۲]

[۱] گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۳] گروه اکولوژی و حفاظت دریا، دانشکده علوم و فن‌آوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۴/۱۰

وزیری نهاد، آ.، س.ع. جوزی، ر. حجازی، م.ر. شکری، و س. ملماسی. ۱۴۰۰. اولویت‌بندی لکه‌های حفاظتی در منطقه‌های ساحلی زیر حوضه کل – مهران استان هرمزگان با استفاده از ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری. فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۱): ۱۶۱-۱۷۶.

سابقه و هدف: یکی از روش‌های انتخاب نواحی حفاظتی، استفاده از ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری مانند نرم‌افزار مارگسان است. هدف اصلی این مطالعه اولویت‌بندی و انتخاب منطقه‌های مناسب حفاظت در منطقه ساحلی حوضه کل - مهران استان هرمزگان در قالب سناریوهای مختلف به‌وسیله نرم‌افزار مارگسان و مقایسه منطقه‌های منتخب حفاظتی این نرم‌افزار با منطقه‌های تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط زیست است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق برای اولویت‌بندی لکه‌های حفاظتی در منطقه‌های ساحلی با استفاده از ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری از پراکنش ۳۶ گونه گیاهی و جانوری به‌عنوان معیارهای حفاظتی استفاده شد. از این رو از سامانه اطلاعات جغرافیایی (نرم‌افزار ArcGIS۱۰.۳) به‌منظور تولید لایه‌های معیارهای انتخاب منطقه‌های حفاظتی و تهیه لایه یگان برنامه‌ریزی استفاده گردیده است سپس نقشهٔ پراکنش هر یک از این معیارها برای ورود به نرم‌افزار پشتیبانی تصمیم‌گیری مارگسان که متداول‌ترین نرم‌افزار برنامه‌ریزی حفاظت می‌باشد، به‌صورت لایه‌های بولین (صفر و یک) تهیه شده است. پس از تهیه ۵ فایل ورودی نرم‌افزار مارگسان (فایل یگان برنامه‌ریزی، فایل ویژگی‌های حفاظتی، فایل یگان برنامه‌ریزی در مقابل ویژگی حفاظتی، فایل طول مرز، فایل پارامترهای ورودی)، این نرم‌افزار در قالب سه سناریوی طراحی شده با هدف (۳۰،۵۰ و ۱۰۰) درصد هر معیار حفاظتی اجرا گردید و مناسب‌ترین لکه‌ها برای حفاظت معرفی شدند. سپس این لکه‌ها با منطقه‌های تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط زیست مقایسه گردید. در نهایت با مقایسه سه سناریو مطلوب‌ترین سناریو انتخاب گردید.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد سناریوی اول با هدف حفاظت۳۰ درصد از هر معیار، در برآورد هدف حفاظتی ۳۴ معیار موفق بوده است و در کل ۱۴/۷۳ درصد از منطقه‌های حفاظت شده موجود توسط سازمان حفاظت محیط زیست با منطقه‌های منتخب حفاظتی در سناریو اول همپوشانی دارد. در سناریو دوم، محدوده مورد مطالعه با هدف حفاظت ۵۰ درصد از هر معیار اولویت‌بندی شد و این سناریو در برآورد

* Corresponding Author: *Email Address*. a_jozi@IAU-TNB.AC.IR
http://dx.doi.org/10.52547/envs.33616.

هدف حفاظتی ۳۵ معیار موفق بوده و در کل ۲۶/۲۷ درصد از آن با منطقه‌های تحت حفاظت موجود سازمان حفاظت محیط زیست همپوشانی دارد. در سناریو سوم محدوده مورد مطالعه با هدف حفاظت ۱۰۰ درصد از هر معیار اولویت‌بندی شد و این سناریو در برآورد هدف حفاظتی ۳۰ معیار موفق بوده و در کل ۹۶/۷۵ درصد از آن با منطقه‌های تحت حفاظت موجود سازمان حفاظت محیط زیست همپوشانی دارد. در نهایت، مقایسه نتایج سناریوهای بیان شده نشان داد که در هر سه سناریو، منطقه‌های تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط زیست در محدوده مورد مطالعه از لحاظ دست‌یابی به هدف‌های مختلف، کارایی مناسبی ندارند و سناریو دوم نسبت به سایر سناریوها نتایج قابل قبول‌تری را ارائه می‌نماید و تنها در رسیدن به هدف حفاظتی ۱ معیار ناتوان است.

نتیجه گیری: در این تحقیق، سناریو ۲ (با هدف حفاظت۵۰ درصد از هر معیار حفاظتی) می‌تواند به‌عنوان کاراترین سناریو مطرح شود. پیشنهاد می‌شود از این سناریو به‌عنوان الگویی برای اصلاح مرزبندی منطقه‌های تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط زیست در منطقه ساحلی حوضه کل - مهران استان هرمزگان استفاده شود که در این حالت باید ۷۳/۸۷۳ درصد (معادل ۸۰۱۳۴۹ هکتار) به سطح منطقه‌های حفاظت شده فعلی اضافه گردد تا بتوان خلاءهای حفاظتی موجود را برطرف کرد.

واژه‌های کلیدی: منطقه ساحلی، لکه‌های حفاظتی، حوضه کل - مهران هرمزگان، انتخاب سیستماتیک منطقه‌های حفاظت شده

مقدمه

تعداد فعالیت‌های انسانی در محیط زیست ساحلی دریایی تا حدی افزایش یافته است که در بعضی بخش‌های کره زمین تقاضا برای این فضاها از مساحت دراختیار تجاوز کرده است. در کنار این موضوع، به‌دلیل هدف‌های مشترک، همه فعالیت‌ها با یکدیگر سازگار نیستند و بعضی شاید بر یکدیگر اثر سوء داشته باشند. برای پرداختن به مسئله فشار مفرط بر محیط زیست، راهبردهای کل‌نگر مانند مدیریت بر پایه اکوسیستم (EBM) در حال ایجاد هستند. برای کمک به اجرای طرح‌های EBM، برنامه‌ریزی فضای دریایی (MSP) به‌عنوان یک شیوه مفید پیشنهاد شده است. چند ابزار پشتیبانی تصمیم، مانند نرم‌افزار مارگسان برای کمک به برنامه‌ریزی فضایی خشکی و دریا به‌وجود آمدند. هدف اولیه این ابزارها انتخاب منطقه‌های اولویت‌دار با یک دیدگاه حفاظتی می‌باشد (Henriques *et al.*, 2017). منطقه‌های حفاظت شده بیشتر بر مبنای روش سیستماتیک انتخاب نشده‌اند و به‌طور عمده در مکان‌هایی قرار گرفته‌اند که نماینده تنوع‌زیستی منطقه مورد نظر نیستند (Esfandeh *et al.*, 2017)، یک راه برون‌رفت از این مشکل، طرح‌ریزی سیستماتیک منطقه-های تحت حفاظت است (Mehri *et al.*, 2012). به‌طور معمول در این طرح‌ریزی، به‌منظور شناسایی شبکه‌های حفاظتی که در برگیرنده هدف‌های حفاظتی باشند، از نرم‌افزارهای کامپیوتری مختلفی از جمله مارگسان استفاده می‌شود (Esfandeh *et al.*, 2017). نرم‌افزار مارگسان متداول‌ترین ابزار حفاظت در جهان است که می‌تواند به ارزیابی ذخیره‌گاه‌های موجود برای شناسایی خلاءهای حفاظت از تنوع‌زیستی کمک کند و با ترکیب بهترین اطلاعات به تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر صاحبان منافع کمک می‌کند (Game and Grantham, 2008). در سال‌های اخیر استفاده از نرم‌افزار مارگسان برای انتخاب سیستماتیک منطقه‌های حفاظت شده در منطقه‌های خشکی و دریایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. Javed *et al.* (2019) از داده‌های ردیابی ماهواره و ابزار برنامه‌ریزی اولویت‌بندی نرم‌افزار مارگسان برای شناسایی مهمترین مناطق برای حفاظت از فلامینگو در منطقه ساحلی ابوظبی پرداخته‌اند و نتایج نشان داد این نرم‌افزار بهترین راه حل را با مساحت واقع‌گرایانه‌تر که برای حفاظت مناسب است نشان داده است (Javed *et al.*, 2019).

Henriques *et al.* (2017) با استفاده از نرم‌افزار مارگسان به برنامه‌ریزی فضای دریایی در ساحل جنوبی پرتغال پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد، این نرم‌افزار می‌تواند برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی و توسعه منطقه‌های ساحلی با

هدف‌های غیر از مقاصد حفاظتی سودمند باشد.

Picone *et al.* (2017) ارزش منطقه حفاظت شده‌ای در دریای مدیترانه را تعیین کردند و با استفاده از نرم‌افزار مارگسان به شناسایی مناطق کلیدی برای حفاظت پرداختند و نتایج اهمیت ادغام حسابداری محیط با برنامه‌ریزی حفاظت را نشان داد. Haupt *et al.* (2017) از نرم‌افزار مارگسان برای طراحی شبکه‌ای از منطقه حفاظت شده دریایی برای ۶۷ گونه ماهی در ساحل آفریقای جنوبی استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که برای این‌که بتوان همه هدف‌های حفاظتی را تحقق بخشید، منطقه‌های گسترده‌تری مورد نیاز است. Li *et al.* (2017) با استفاده از این نرم‌افزار به ادغام اتصالات ارتباطات بین حوضه‌ای در برنامه‌ریزی حفاظت از آب‌های جاری در دشت جنوب چین پرداختند. نتایج گویای آن بود که سامانه حفاظتی موجود کمابیش ۲۰ درصد تالاب‌های آب شیرین را پوشش می‌دهد. Langhans *et al.* (2016) با استفاده از نرم‌افزار مارگسان، به احیاء زیستگاه تخم‌ریزی ۱۱ گونه ماهی در امتداد چند رودخانه در آلمان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ترکیب برنامه‌ریزی نظام‌مند رودخانه با قضاوت کارشناسی، بازده احیاء رودخانه را بیشتر می‌کند . Dominguez-Tejo *et al.* (2016) دوازده مطالعه موردی برنامه‌ریزی فضایی دریایی را مورد ارزیابی قرار دادند و ارزش‌های اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی را در تحلیل برنامه‌ریزی فضایی ادغام کردند و رویکردی متوازن بین نیازهای توسعه و محیط‌زیست ارائه کردند.

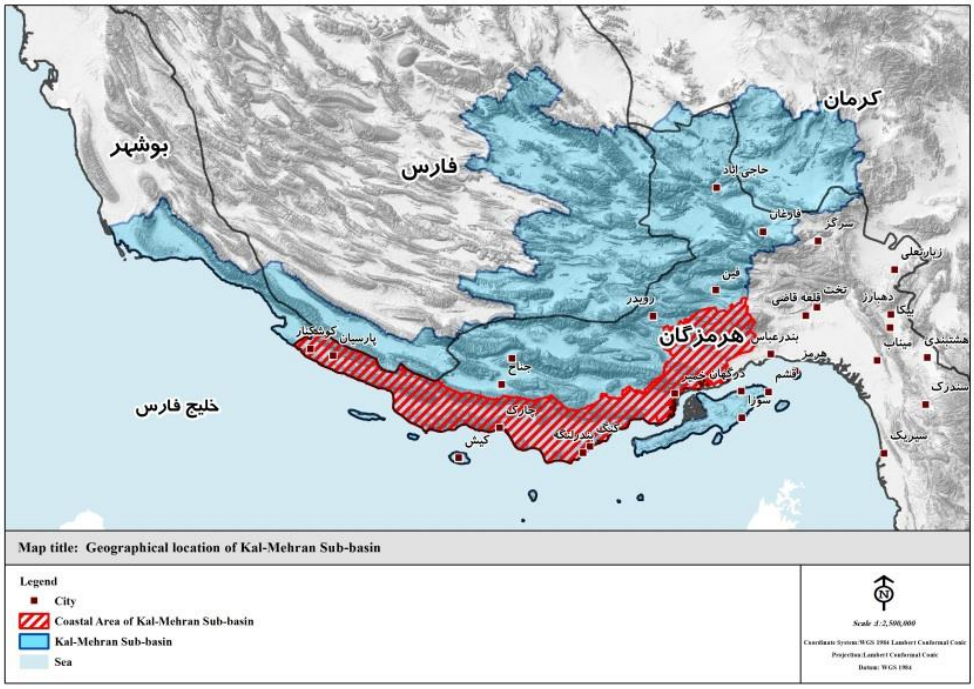
Prévost and Robert (2016) قدام‌های برنامه‌ریزی فضایی محلی در چهار قلمروی ساحلی تحت فشار بخش فرانسوی مدیـترانه را مورد بررسی قرار دادند و نتایج این تحقیق انواع متفاوت مدیریت فضا در نواحی ساحلی را در سطـح محلی پـیشنهاد می‌کند.

Lin *et al.* (2014) با استفاده از نرم‌افزار مارگسان به شناسایی منطقه‌های حفاظت شده برای حفاظت پرندگان براساس توزیع گونه‌ها در مزرعه‌های تایوان پرداختند و با استفاده از این شیوه توانستند نقشه‌های اولویت‌داری برای طراحی شبکه حفاظتی و نیز شناسایی منطقه‌های مدیریتی برای حفاظت به‌دست آورند. در ایران نیز Mehri *et al.* (2017) از نرم‌افزار مارگسان به‌منظور شناسایی منطقه‌های شاخص برای حفاظت از پرندگان در منطقه‌های جنگلی استان گلستان استفاده کردند و نتایج نشان داد که شیوه‌های حفاظت جدید برای مدیران با هدف‌های مختلف قابل استفاده‌اند.

Esfandeh *et al.* (2017) از الگوریتم بهینه‌سازی مذاب‌سازی شبیه‌سازی‌شده برای اولویت‌بندی مناسب‌ترین لکه‌ها برای حفاظت در استان البرز استفاده کردند. نتایج نشان داد که پارامترهایی همچون هدف‌های حفاظتی در فرآیند انتخاب منطقه‌های حفاظتی دخالت دارند. Mehri *et al.* (2014) به مقایسهٔ کارایی سه الگوریتم هوشمند رایانه‌ای نرم‌افزار مارگسان در انتخاب منطقه‌های مناسب حفاظت استان مازندران پرداختند و نتایج نشان داد که پارامترهای مختلفی از جمله مقیاس مطالعه در فرآیند انتخاب منطقه‌های حفاظتی دخیل‌اند. Mahini *et al.* (2014) به مقایسه عملکرد و کارایی دو روش شبیه‌سازی تبرید تدریجی و اختصاص چندهدفه زمین در قالب نرم‌افزار مارگسان در شمال شرقی حوضه گرگانرود استان گلستان پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که روش شبیه‌سازی تبرید تدریجی مناطق حفاظتی یکپارچه‌تری تولید نموده است. Esmaeili *et al.* (2014) رویکرد انسجام فضایی را در برنامه‌ریزی فضایی پایدار نواحی ساحلی استان مازندران مورد تحلیل قرار دادند. نتایج این تحقیق گویای آن است که سازمان فضایی منطقه‌ای نواحی ساحلی به‌صورت ناقص شکل گرفته‌اند. در این مطالعه به‌منظور حفاظت از تنوع زیستگاه‌ها و جمعیت حیات وحش با استفاده از الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی‌شده در نرم‌افزار مارگسان به انتخاب مناسب‌ترین لکه‌ها برای حفاظت پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در منطقه ساحلی حوضه آبریز کل - مهران، استان هرمزگان واقع در جنوب ایران انجام شده است. دو حوضه آبریز اصلی کل - مهران و بندرعباس - سدیج منشأ تشکیل رودخانه‌های اصلی در استان هرمزگان بوده است (Mafi Gholami, and Roayaei, 2017). حوضه آبریز رودخانه‌های کل و مهران با مساحت ۶۲۹۱۷ کیلومتر مربع بین مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه، تا ۵۷ درجه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است که جنوب کشور، منتهی به خلیج فارس می‌باشد و قسمت انتهایی ارتفاعات زاگرس را شامل می‌شود (Namdorost and Ghafouri, 2017)، که ۳۰۴۵۳ کیلومتر مربع از این حوضه در استان هرمزگان و ۱۰۸۶۸ کیلومتر مربع آن در منطقه ساحلی می‌باشد. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده زیرحوضه کل - مهران نشان داده شده است.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی محدوده زیرحوضه کل - مهران
Fig. 1- Geographical location of Kal-Mehran sub-basin

برای تهیه و تنظیم آخرین آمار و اطلاعات مربوط به شناسایی گونه‌های گیاهی و جانوری مورد مطالعه، این تحقیق از مطالعات کتابخانه‌ای، نشریات و گزارش‌های معتبر سازمان بنادر و دریانوردی، اداره کل حفاظت محیط زیست استان هرمزگان استفاده شد. هدف این مطالعه، انتخاب منطقه‌های مناسب حفاظت در منطقه ساحلی حوضه کل - مهران استان هرمزگان در قالب سناریوهای مختلف با استفاده از نرم‌افزار مارگسان است و به‌منظور شناسایی خلاءهای حفاظتی و اصلاح و یا تکمیل نهایی لکه‌های مناسب حفاظت، به مقایسه منطقه‌های منتخب حفاظتی نرم‌افزار مارگسان با منطقه‌های تحت حفاظت موجود سازمان حفاظت محیط‌زیست پرداخته شده است. برای تعیین مناسب‌ترین لکه‌های حفاظتی در نرم‌افزار مارگسان نیاز به تعیین معیارهای حفاظتی می‌باشد. در این مطالعه معیارهای حفاظتی در کل ۳۶ معیار را در بر می‌گیرند که منطقه‌های مناسب پراکنش۶ گونهٔ پستاندار، ۶ گونه خزنده، ۱۰ گونه پرنده، ۱۴ گونه جنگلی و مرتعی از جمله آن‌ها است که در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- گونه‌های گیاهی و جانوری (۳۶ معیار حفاظتی)

Table 1. Types of animal and plant species (36 conservation criteria)

ردیف Row	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name
1	*Acacia tortilis*	آکاسیای چتری
2	*Acacia tortilis - Shrub*	آکاسیای چتری- بوته‌ای
3	*Acacia nilotica*	کرت
4	*Pistacia atlantica*	بنه
5	*Juniperus excelsa*	ارس
6	*Ziziphus spina-christii*	کنار
7	*Tamarix sp.*	گز
8	*Zygophyllum sp.*	قیچ
9	*Zygophyllum sp.- Shrub*	قیچ – بوته‌ای
10	*Amygdalus scoparia*	بادام کوهی
11	*Prosopis cineraria*	کهور
12	*Hammada salicornica*	ترات
13	*Convoloulus acanthocladus*	پیچک
14	*Avicennia marina*	حرا
15	*Phalacrocorax pygmeus*	باکلان کوچک
16	*Francolinus francolinus*	دراج
17	*Numenius tenuirostris*	گیلانشاه خاردار
18	*Chlamydotis undulata*	هوبره
19	*Neophron percnopterus*	کرکس کوچک
20	*Haliaeetus albicilla*	عقاب دریایی دم سفید
21	*Aquila clanga*	عقاب خالدار بزرگ
22	*Gelochelidon nilotica*	پرستوی دریایی نوک کاکائی
23	*Pelecanus onocrotalus*	پلیکان سفید
24	*Pyrrhocorax pyrrhocorax*	زاغ نوک سرخ
25	*Felis chaus*	گربه جنگلی
26	*Felis silvestris*	گربه وحشی
27	*Gazella bennettii*	جبیر
28	*Capra aegagrus*	کل و بز
29	*Caracal caracal*	کاراکال
30	*Panthera pardus saxicolor*	پلنگ ایرانی
31	*Cyrtopodion gastrophole*	گکوی انگشت خمیده ورنر
32	*Cyrtopodion agamuroides*	گکوی عنکبوتی نیکولسکی
33	*Tropiocolotes steudneri*	گکوی کوتوله استیودنر
34	*Caretta caretta*	لاک پشت سرخ
35	*Eretmochelys imbricata*	لاک پشت پوزه عقابی
36	*Chelonia mydas*	لاک پشت سبز

مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها براساس آخرین نتایج مطالعات ICZM هرمزگان از طریق به‌دست آوردن پهنه‌های با تمرکز بالای گونه‌ها صورت گرفته است. برای این منظور در ابتدا پوشش گونه‌های بیان شده در نظر گرفته شده، سپس با روی هم قراردادن لایه‌های مربوطه (لایه‌های پراکنش گونه‌های شاخص و تحت حفاظت جانوری و گیاهی)، به نقاطی که دارای بالاترین تراکم گونه است، دست یافته شد. برای تعیین پهنه‌بندی، با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10.3، ابتدا هر یک از پهنه‌های جانوری و گیاهی (که برمبنای مطالعات صورت گرفته از منابع

مطالعاتی و محلی پراکنش آن‌ها به‌دست آمده) به بخش-های کوچک تبدیل شد. بدین ترتیب کل محدوده به‌عنوان یک شبکه مد نظر قرار گرفته شد.

در ادامه پراکنش تمامی گونه‌های شاخص، مشخص گردید. سپس بین شبکه و گونه‌ها اشتراک گرفته شد. در نهایت با استفاده از GIS طبقه‌بندی و پهنه‌بندی پراکنش گونه‌ها صورت گرفت (Gholamreza Fahimi and Roayaei, 2017).

در ادامه نقشهٔ پراکنش هر یک از این معیارها برای ورود به نرم‌افزار مارگسان به‌صورت لایه‌های بولین (صفر و یک) در محدوده مورد مطالعه تهیه شد. نرم‌افزار مارگسان برای انجام محاسبات، نیاز به ۵ فایل ورودی دارد (Game and Grantham, 2008). اولین فایل، فایل یگان برنامه‌ریزی است. یگان برنامه‌ریزی در این مطالعه حوضه آبریز انتخاب شده است و منطقه مورد مطالعه به ۱۳۹۰ یگان برنامه‌ریزی مربع شکل تقسیم شده است. دومین فایل ویژگی حفاظتی است که شامل سناریوها و هدف‌های حفاظتی می‌باشد (Game and Grantham, 2008). مقدار این هدف‌ها بیشتر اختیاری بوده و در منابع مختلف از ۳۳ تا ۹۹ درصد تخمین زده شده است (Esfandeh *et al.*, 2017). در این تحقیق، هدف‌های حفاظتی ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد بررسی شده است. در این فایل همچنین جریمه عدم دست‌یابی به هدف‌ها یا SPF، تعیین می‌شود. این پارامتر ضریبی است که براساس آن، درصورتیکه هدف تعیین شده برای معیارها حاصل نشود، هزینه‌ای به تابع هدف اضافه می‌شود. میزان SPF باید متناسب با داده‌های مدل تعیین شود (Game and Grantham, 2008). سومین فایل، فایل یگان‌های برنامه‌ریزی در مقابل ویژگی-های حفاظتی است. در این مطالعه، مساحت هر تیپ پوشش گیاهی و مساحت زیستگاه هر گونه در هر یک از یگان‌ها باید مشخص شود. چهارمین فایل، فایل طول‌مرز است، که میزان تکه تکه شدگی شبکه حفاظتی پیشنهادی را نشان می‌دهد.

یک روش مناسب در تعیین میزان BLM روش بیان شده توسط (Steward and Possingham, 2005) است. در این روش، بهترین BLM مقداری است که بهترین تعادل را بین محیط و مساحت شبکه حفاظتی منتخب برقرار می‌نماید (Game and Grantham, 2008). در این مطالعه مقادیر مختلفی از BLM در نظر گرفته شده است. آخرین فایل، فایل پارامتر ورودی است که در این فایل تعداد تکرارها و تعداد تکرار الگوریتم باید مشخص شود. تعداد تکرارها، تعیین کننده تعداد دفعه‌های اجرای فرآیند است. در هر تکرار یک راه‌حل جدید تولید می‌شود و در هر راه حل تعدادی از یگان‌ها به‌عنوان لکه‌های حفاظت‌شده معرفی می‌شوند. تعداد تکرارهای پایین‌تر از ۱۰۰، نتایج مناسبی برای تصمیم‌گیری ارائه نمی‌کند. تعداد تکرار الگوریتم در پیدا کردن راه حل بهینه مؤثر است و میزان ۱۰.۰۰۰.۰۰۰ نتایج مناسب‌تری برای تصمیم‌گیری بیان می‌کند (Game and Grantham, 2008). در فایل پارامتر ورودی همچنین می‌توان یک هزینه آستانه برای انتخاب منطقه تعیین کرد. این پارامتر سبب می‌شود هزینه کلی مجموعه از یک میزان مشخص فراتر نرود (Game and Grantham, 2008). نرم‌افزار مارگسان الگوریتم‌های مختلفی را شامل می‌شود، اما یکی از پرکاربردترین آن‌ها الگوریتم مذاب‌سازی شبیه-سازی‌شده است (Game and Grantham, 2008)، که در این مطالعه نیز از آن استفاده شده است. با اجرای نرم‌افزار، الگوریتم بیان شده براساس یک تابع هدف، اقدام به شناسایی بهترین منطقه‌ها برای دست‌یابی به هدف‌های حفاظتی می‌کند. در هر تکرار، یک یگان برنامه‌ریزی به‌طور تصادفی انتخاب می‌شود. این یگان ممکن است از قبل در مجموعه تحت حفاظت وجود داشته باشد یا به مجموعه اضافه شود. تابع هدف در نرم‌افزار مارگسان به‌صورت رابطه (۱) است (Game and Grantham,2008)

$$(t)\text{ جریمه هزینه آستانه} + \text{جریمه} \times SPF \sum_{Con\,Value} + \text{مرز} \sum_{PUs} BLM + \text{هزینه} \sum_{PUs}$$

رابطه ۱- تابع هدف نرم‌افزار مارگسان (Game and

(Grantham, 2008

۱-مجموعه هزینه‌های تعریف شده برای هریک از یگان‌های برنامه‌ریزی،

۲-هزینه تکه‌تکه‌شدگی لکه‌های انتخاب شده، به‌صورت طول مرز مؤثر بین یگان‌های برنامه‌ریزی،

۳-جریمه عدم دست‌یابی به هدف‌های حفاظتی،

۴-جریمه افزایش هزینه کل به بالاتر از حد آستانه مطلوب هدف کلی تابع، انتخاب حداقل مساحت ممکن از شبکه منطقه‌های تحت حفاظت است به‌گونه‌ای که تمام هدف های حفاظتی در آن قابل دست‌یابی باشند. دو فایل خروجی اصلی، فایل راه حل جمعی و فایل راه حل بهینه هستند. فایل راه حل جمعی فراوانی انتخاب هر یک از یگان‌ها را در کل تکرارها نشان می‌دهد. نقشه حاصل از آن، نقشه اولویت‌بندی منطقه را بیان می‌کند. فایل راه حل بهینه از بین همه تکرارها، بهترین راه حل را انتخاب می‌کند. نقشه حاصل از این فایل، نقشه مناسب‌ترین لکه‌ها برای حفاظت در منطقه را نشان می‌دهد (Game and Grantham, 2008). نرم‌افزار مارگسان در ۳ سناریو اجرا گردید، در سناریو اول ابتدا به‌منظور تعیینSPF، این پارامتر کالیبره می‌گردد سپس به‌منظور تعیین BLM مناسب، نرم‌افزار مارگسان با BLM های مختلف اجرا خواهد شد. در نهایت نرم‌افزار مارگسان با هدف ۳۰ درصد، ۱۰۰ تکرار اجرای مدل، ۱۰.۰۰۰.۰۰۰ تکرار اجرای الگوریتم در هر تکرار مدل اجرا گردید. در سناریو دوم، نرم‌افزار مارگسان با هدف در بر گرفتن ۵۰ درصد هر معیار حفاظتی با SPF=۴۰، BLM =۷۰، ۱۰۰ تکرار اجرای مدل، ۱۰.۰۰۰.۰۰۰ تکرار اجرای الگوریتم در هر تکرار اجرا گردید. در سناریو سوم نرم‌افزار مارگسان با هدف در بر گرفتن ۱۰۰ درصد هر معیار حفاظتی با SPF=۴۰، BLM =۷۰ اجرا گردید. در انتها با تلفیق لایه خروجی از محیط GIS و نقشه‌های خروجی نرم‌افزار مارگسان و تهیه نقشه نهایی می‌توان خلاءهای موجود را شناسایی کرد. در شکل (۲)، مرحله‌های مختلف روش کار نشان داده شده است

نتایج و بحث

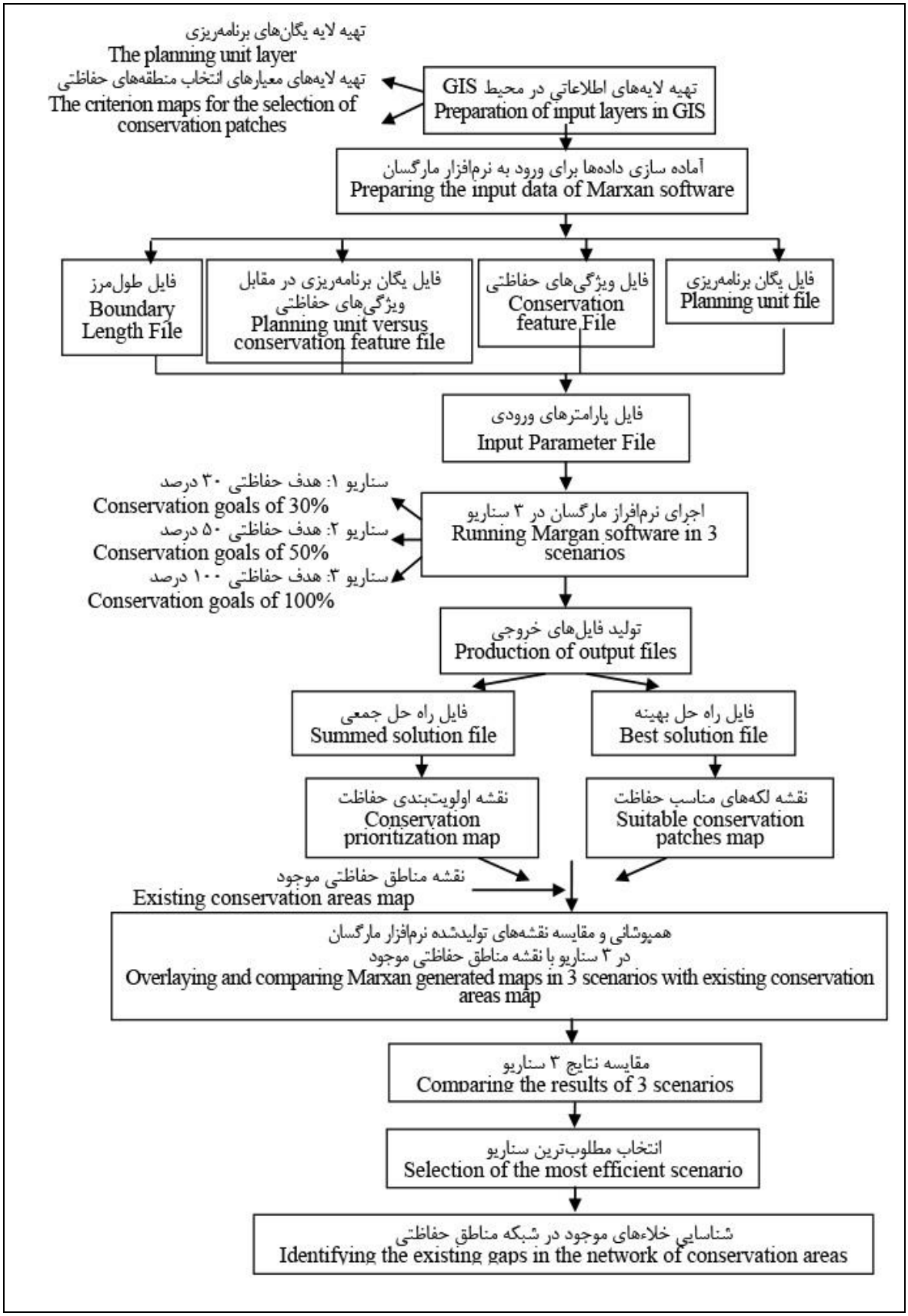
در سناریو اول به‌منظور ارزیابی منطقه‌های تحت حفاظت سازمان محیط زیست، نرم‌افزار مارگسان با هدف حفاظت ۳۰ درصد هر معیار حفاظتی اجرا شده است. قبل از اجرای نرم‌افزار، ابتدا برای تعیین SPF و BLM مناسب، مدل کالیبره شده است. به‌منظور تعیینSPF، مدل برای SPF های مختلف اجرا شد. نتایج در جدول (۲) نشان داده شده است

همانگونه که از نتایج مشخص است SPF=۴۰ نتایج قابل قبولی را بیان کرده است. درSPFهای کمتر، در برخی تکرارها تعدادی از معیارها به هدف نرسیده‌اند. به‌منظور تعیین بهترین BLM، BLM های مختلف بررسی و مساحت و محیط آن‌ها محاسبه گردید که نتیجه آن در جـــدول (۳) نشان داده شده است. سپس نمودار محیط در برابر مساحت برای BLM های مختلف در Excel ترسیم شد. این نمودار در شکل(۳) نشان داده شده است..

جدول ۲- نتایج اجرای مدل با SPF های مختلف

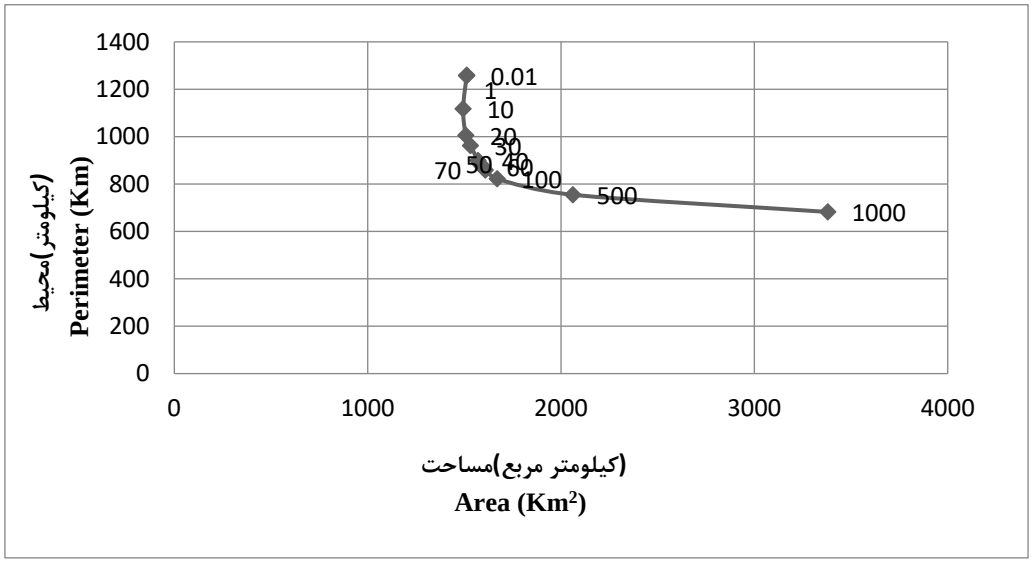
Table 2. Model implementation results with different SPFs

هزینه نهایی بر مبنای مساحت (هکتار) Final cost by area (hectare)	هزینه نهایی بر مبنای مساحت (سلول) Final cost by area (cell)	تعداد معیارهای نرسیده به هدف Number of criteria failed to fulfill the goal	BLM	SPF
112892.07	1190948	17	0	1
149523.79	1577392	2	0	10
148596.82	1567613	3	0	20
150688.40	1589678	0	30	
152708.13	1610985	2	0	30
154281.39	1627582	0	30	
150073.96	1583196	0	0	40
153641.83	1620835	0	30	



شکل ۲- مرحله‌های روش کار

Fig. 2- Research procedures



شکل۳- رابطه بین طول مرز و مساحت شبکه حفاظتی منتخب در BLM های مختلف

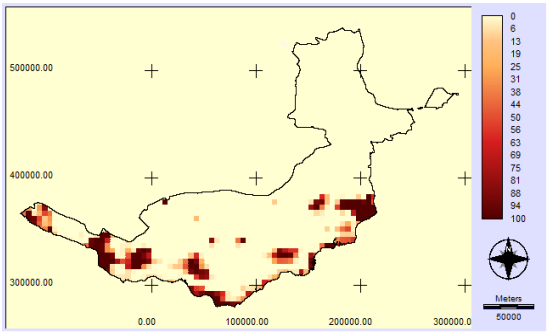
Fig. 3- Relationship between the boundary length and area of the selected protective net in different BLMs

جدول ۳- ویژگی‌های شبکه منطقه‌های تحت حفاظت انتخاب شده

Table 3. Specifications of the selected protective net

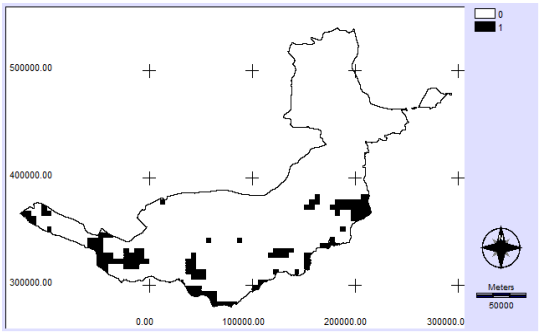
درصد پوشش حوضه کل - مهران Coverage percent of Kal-Mehran basin	محیط (کیلومتر) Perimeter (km)	مساحت (کیلومتر مربع) Area (km²)	BLM
4.99	1262.10	1521.56	۰
4.99	1256.70	1512.15	0.01
4.96	1259.40	1512.62	1
4.90	1117.55	1493.67	10
4.95	1005.28	1507.59	20
5.03	962.21	1531.93	30
5.15	899.57	1570.30	40
5.17	887.41	1577.42	50
5.28	858.99	1608.83	60
5.23	874.24	1594.59	70
5.48	822.09	1670.00	100
6.76	754.78	2061.42	500
11.09	682.21	3379.96	1000

همان‌گونه که مشخص است، نسبت محیط به مساحت در BLM های۵۰، ۶۰، ۷۰ نسبت به سایر مقادیر دارای وضعیت بهتری است. در نهایت بنا به روش بیان شده توسط استوارت و پاسینگهام، BLM = ۷۰ به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب شد. سناریو اول نشان داد در بهترین حالت برای رسیدن به هدف حفاظتی ۳۰ درصد، ۵/۴۸ درصد سطح کل حوضه آبریز مورد حفاظت قرار می‌گیرد و مساحت منطقه‌های مناسب نهایی حفاظت برابر با ۱۷۶۳۷۴۲ سلول (معادل ۱۶۷۱/۸۸کیلومتر مربع) می‌باشد. همچنین این سناریو در رسیدن به هدف حفاظتی ۲ معیار شامل: منطقه‌های مهم پراکنش یک گونه پستاندار به نام کل و بز از خانواده گاوسانان و منطقه‌های مهم پراکنش یک گونه جنگلی به نام بادام کوهی ناتوان است. در سناریوی دوم انتخاب لکه‌های مناسب حفاظت با توجه به هدف حفاظت ۵۰ درصد هر یک از معیارهای حفاظتی، مورد بررسی قرار گرفته است. نرم‌افزار مارگسان با هدف حفاظت ۵۰ درصد هر معیار حفاظتی اجرا شده است. نتایج حاصل از سناریو دوم در شکل‌های (۴) و (۵) و (۶) نشان داده شده است.



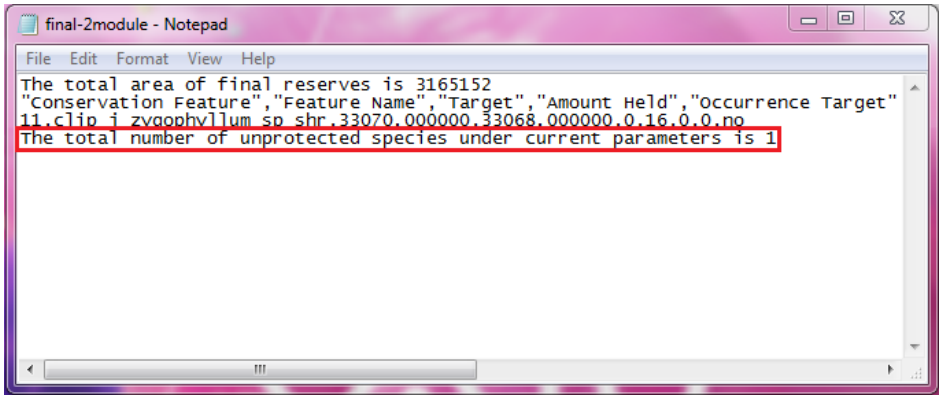
شکل ۴- اولویت‌بندی منطقه‌های مناسب حفاظت در سناریو دوم

Fig. 4- Prioritization of the areas suitable for conservation in the second scenario



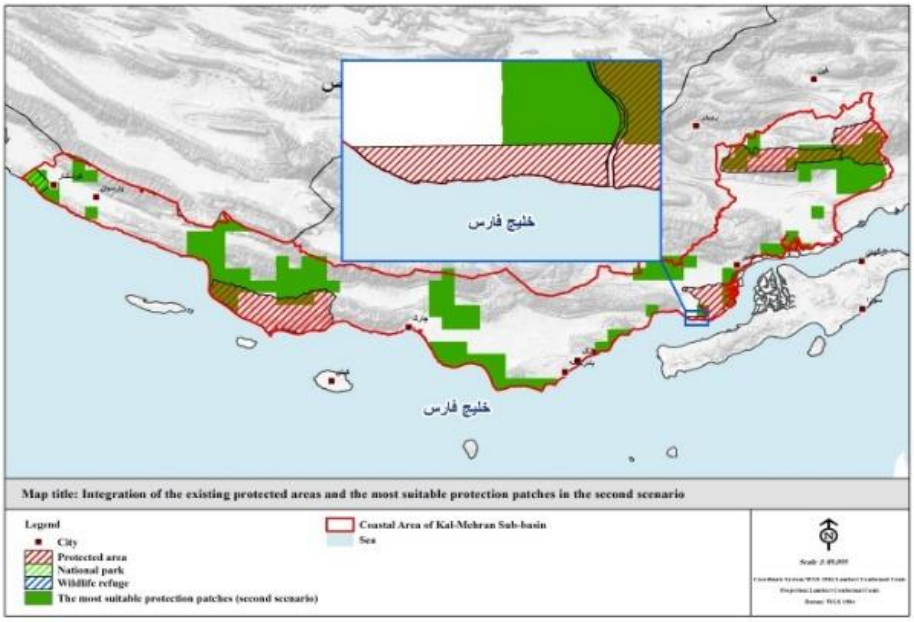
شکل ۵- پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت در سناریو دوم

Fig. 5- Dispersion of suitable protection patches in the second scenario



شکل ۶- نتایج اجرای نرم‌افزار مارگسان در سناریو دوم

Fig. 6- Results of Marxan software implementation in the second scenario



شکل ۷- تلفیق منطقه‌های تحت حفاظت موجود و مناسب‌ترین لکه‌های حفاظتی در سناریو دوم

Fig. 7- Integration of the existing protected areas and the most suitable protection patches in the second scenario

در شکل(۴)، ارزش‌ها نشان دهنده تعداد دفعات انتخاب یگان در کل ۱۰۰ تکرار است و با افزایش آن اولویت یگان برای حفاظت افزایش می‌یابد و عدد ۱ در شکل (۵)، لکه‌های مناسب حفاظتی را نشان می‌دهد.

نتیجه نهایی همپوشانی نقشه پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با نقشه منطقه‌های تحت حفاظت موجود در شکل (۷) نشان داده شده است

سناریو دوم نشان داد برای رسیدن به هدف حفاظتی ۵۰ درصد، ۹/۸ درصد سطح کل حوضه آبریز مورد حفاظت قرار می‌گیرد و مساحت منطقه‌های مناسب نهایی حفاظت برابر با ۳۱۶۵۱۵۲ سلول (معادل ۳۰۰۰/۳۰ کیلومتر مربع) می‌باشد. همچنین این تنها در رسیدن به هدف حفاظتی ۱ معیار شامل: منطقه‌های مهم پراکنش یک گونه جنگلی به نام قیچ - بوته‌ای ناتوان است. سناریو سوم نشان داد برای رسیدن به هدف حفاظتی ۱۰۰ درصد، ۳۹/۷ درصد سطح کل حوضه آبریز کل - مهران واقع در استان هرمزگان مورد حفاظت قرار می‌گیرد و مساحت منطقه‌های مناسب نهایی حفاظت برابر با ۱۲۷۶۷۶۶۰سلول (معادل ۱۲۱۰۲/۶۹ کیلومتر مربع) می‌باشد. همچنین این سناریو در رسیدن به هدف حفاظتی ۶ معیار شامل: منطقه‌های مهم پراکنش دو گونه پستاندار از خانواده گربه‌سانان به نام‌های پلنگ ایرانی و گربه وحشی و ۴ گونه جنگلی به نام‌های قیچ، کنار ، کهور و آکاسیای چتری ناتوان هستند.

نتیجه‌گیری

پس از بررسی نتایج و مقایسه نقشه‌های حاصل از نرم‌افزار مارگسان با نقشه پراکنش منطقه‌های تحت حفاظت سازمان محیط زیست در سناریو اول مشخص شد، نیاز است ۸۵/۲۷ درصد (معادل ۹۲۶۷۵۰ هکتار) به سطح منطقه-های حفاظت شده فعلی اضافه گردد. با توجه به نتایج و مقایسه نقشه‌های حاصل از نرم‌افزار مارگسان با نقشه پراکنش منطقه‌های تحت حفاظت سازمان محیط زیست در سناریوی دوم مشخص شد در کل ۲۶/۲۷ درصد از منطقه‌های حفاظت شده موجود توسط سازمان محیط زیست با منطقه‌های منتخب حفاظتی در محدوده ساحلی همپوشانی دارد و نیاز است ۷۳/۷۳ درصد (معادل ۸۰۱۳۴۹ هکتار) به سطح منطقه‌های حفاظت شده فعلی اضافه گردد. مساحت و درصد همپوشانی منطقه‌های حفاظت شده موجود با منطقه‌های مناسب حفاظت در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول ۴- مساحت و درصد همپوشانی منطقه‌های حفاظت شده موجود با منطقه‌های مناسب حفاظت در سناریو دوم

Table 4. Area and percentage of the overlapping regions of the current protected areas with suitable protected areas in the second scenario

منطقه‌های حفاظت شده موجود Existing protected areas	مساحت کل منطقه‌های حفاظت شده (km^2) Total area of the protected areas (km^2)	مساحت همپوشانی با سناریو دوم (km^2) Overlapped area with the second scenario (km^2)	درصد همپوشانی با سناریو دوم Overlapped percent with the second scenario
پارک ملی نایبند Nayband National Park	54.3	53.4	98.34
منطقه حفاظت شده حرا Hara Protected Area	185.6	58.8	31.68
منطقه حفاظت شده حرا خوران Hara Khoran Protected Area	6.6	0.1	1.51
منطقه حفاظت شده سراج Seraj Protected Area	608.8	166.8	27.39
منطقه حفاظت شده کوه کشار Kouh Keshar Protected Area	360.6	196.7	54.54
منطقه حفاظت شده گنو Geno Protected Area	278.6	152.0	54.55
سایر زمین‌ها Other lands	9374.2	2228.3	23.77
مجموع Total	10868.7	2856.0	26.27

پس از بررسی نتایج و مقایسه نقشه‌های حاصل از نرم‌افزار مارگسان با نقشه پراکنش منطقه‌های تحت حفاظت سازمان محیط زیست در سناریوی سوم مشخص شد، ۹۶/۷۵ درصد از منطقه‌های حفاظت شده موجود توسط سازمان حفاظت محیط زیست با منطقه‌های منتخب حفاظتی در محدوده ساحلی همپوشانی دارد. در انتها مطابق با جدول (۵)، نتایج نهایی سه سناریوی بیان شده مورد مقایسه قرار گرفته است. به‌طور کلی بررسی نتایج سه سناریوی مختلف حفاظتی نشان داد در هر سه سناریو منطقه‌های تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط زیست در محدوده مورد مطالعه از لحاظ دست‌یابی به هدف‌های مختلف، کارایی مناسبی ندارند و سناریو دوم نسبت به سایر سناریوها نتایج قابل قبول‌تری بیان نموده است و می‌تواند به‌عنوان کاراترین سناریو مطرح شود. همچنین نتایج نشان می‌دهند پارامترهای مختلفی از جمله هدف‌های حفاظتی و میزان فشردگی لکه‌های حفاظتی در انتخاب مناطق حفاظتی و اصلاح مرزبندی آن‌ها دخالت دارند بنابراین تعیین دقیق این پارامترها در دست‌یابی به هدف‌های بیان شده بسیار دارای اهمیت می‌باشد.

جدول ۵- مقایسه هدف حفاظتی ۳۰،۵۰ و ۱۰۰ درصد در نتایج
Table 5. Comparing the results of the 30, 50, and 100 % conservation goals

سناریو Scenario	تعداد معیارهای حفاظتی نرسیده به هدف Number of protection criteria failed to fulfill the goal	درصد پوشش حوضه آبریز کل - مهران واقع در استان هرمزگان Percent of covering Kal-Mehran basin in Hormozgan Province	در صد همپوشانی با منطقه‌های حفاظت شده توسط سازمان محیط زیست Percent of overlap with the DoE's protection areas
اول: تأثیر هدف حفاظتی ۳۰ درصد First: 30% conservation goal impact	2	5.48	14.73
دوم: تأثیر هدف حفاظتی ۵۰ درصد Second: 50% conservation goal impact	1	9.8	26.27
سوم: تأثیر هدف حفاظتی ۱۰۰ درصد Third: 100% conservation goal impact	6	39.7	96.75

در تحقیقی با عنوان " استفاده از شمارش داده و ردیابی فلامینگو در شناسایی منطقه‌های حفاظت شده در منطقه ساحلی ابوظبی" از نرم‌افزار مارگسان برای شناسایی بهترین راه حل برای حفاظت از فلامینگو و بسیاری از گونه‌های دیگر زیستگاه‌های دریایی در یکی از منطقه‌های مهم اقتصادی در منطقه ساحلی ابوظبی پرداخته‌اند و نتایج نشان داد این نرم‌افزار چهار راه حل مختلف برای چهار اندازه واحد برنامه‌ریزی متفاوت تولید کرده و در نهایت بهترین راه حل، راه حل ۱۵ هکتاری با کمترین مساحت بود که از بیشتر عناصر اصلی تنوع‌زیستی حفاظت می‌کند. در تحقیق حاضر نیز از نرم‌افزار مارگسان برای شناسایی منطقه‌های منتخب حفاظتی براساس هدف‌های حفاظتی استفاده شده است و به نتایج مشابهی دست یافته شده است از جمله اینکه نرم‌افزار مارگسان با استفاده از گزینه BLM کمترین مساحت و متراکم‌ترین لکه‌ها را برای حفاظت انتخاب می‌کند به‌طوریکه همه هدف‌های حفاظتی را برآورده سازد.

Mehri *et al.* (2017) در تحقیقی با عنوان "آمیختن هزینه-های ناحیه بندی و اقتصادی - اجتماعی در برنامه‌ریزی برای حفاظت از پرندگان" از نرم‌افزار مارگسان به‌منظور شناسایی منطقه‌های شاخص برای حفاظت از پرندگان در عین حداقل کردن هزینه اقتصادی بخش جنگل‌داری و حل تعارضات با فعالیت‌های تفریحی در منطقه‌های جنگلی استان گلستان استفاده کردند و نتایج نشان داد که لحاظ کردن هزینه‌های اقتصادی- اجتماعی از اثرهای احتمالی بربخش‌های جنگل‌داری و تفریحی بدون تغییر در مساحت، کم می‌کند. در تحقیق حاضر نیز از این نرم‌افزار به‌منظور شناسایی

منطقه‌های شاخص برای حفاظت استفاده شده است با این تفاوت که هزینـه‌های اقتصادی- اجتماعی لحاظ نشده است. بنابراین نتایج این دو تحقیق با یکدیگر از برخی جهات هم‌خوانی دارند. Esfandeh *et al.* (2017) در تحقیقی با عنوان "استفاده از الگویتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده برای اولویت‌بندی سیستماتیک منطقه‌های حفاظت شده در استان البرز ایران" با استفاده از هشت معیار حفاظتی در قالب ۵ سناریو حفاظتی به اولویت‌بندی مناسب‌ترین لکه‌ها برای حفاظت پرداخته شده است. نتایج نشان داد که منطقه حفاظت شده موجود از لحاظ دست‌یابی به هدف‌های حفاظتی کارایی مناسبی را ندارد ولی در تحقیق حاضر از ۳۶ معیار حفاظتی، الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده در قالب نرم‌افزار مارگسان و ۳ سناریو استفاده شده است که در برآورد هدف حفاظتی ۳۵ معیار موفق بوده و تنها در رسیدن به هدف حفاظتی ۱ معیار ناتوان است. از این رو نتایج این دو تحقیق با یکدیگر هم‌سو هستند.

پیشنهادات

۱-پیشنهاد می‌شود از نتایج سناریو ۲ در شناسایی و برطرف کردن خلاءهای حفاظتی موجود در منطقه ساحلی زیرحوضه کل - مهران استان هرمزگان استفاده گردد و برای تکمیل این خلاءها منطقه‌های جدید حفاظتی معرفی گردد.

۲-از سناریو ۲ (تأثیر هدف حفاظتی ۵۰ درصد) به‌عنوان الگویی برای اصلاح مرزبندی منطقه‌های تحت حفاظت موجود سازمان حفاظت محیط زیست در منطقه ساحلی حوضه کل - مهران استان هرمزگان استفاده شود.

۳-با توجه به نتایج سناریو ۲، ۷۳/۷۳ درصد (معادل ۸۰۱۳۴۹ هکتار) به سطح منطقه‌های حفاظت شده فعلی در منطقه ساحلی زیرحوضه کل – مهران استان هرمزگان اضافه گردد.

۴-در این پژوهش براساس داده‌های موجود، ۳۶ معیار به‌عنوان نماینده سایر معیارهای حفاظتی انتخاب شدند. پیشنهاد می‌شود از معیارهای بیشتری به‌منظور شناسایی دقیق‌تر منطقه‌های مناسب حفاظت که نماینده تنوع‌زیستی هستند، استفاده گردد.

پی نوشت ها

[1] Ecosystem Based Management
[2] Maritime Spatial Planning
[3] Marxan
[4] Planning Unit File
[5] Conservation Feature File
[6] Species Penalty Factor
[7] Planning Unit Versus Conservation Feature File
[8] Number of Iteration
[9] Simulated Annealing Algorithm
[10] Summed Solution
[11] Best Solution

منابع

advancing the ecosystem-based approach to coastal zone management: A review, Marine Policy .72, 115-130.

Esfandeh, S., Kaboli, M. and Eslami, L., 2017. Using Simulated Annealing Optimization Algorithm for Systematic Prioritization of the Protected Areas in Alborz Province, Iran. Scientific and research Journal of Animal Environment. 1, 105-122.

Esmaeili T., Kiani, H. and Janbaz Ghobadi, G., 2014, Planning for Sustainable Development of Coastal Areas Using Spatial Coherence Approach, Case Study: Noor and Mahmoudabad, Second Congress of

Gholamreza Fahimi, F. and Roayaei, M., 2017. Coastal area wildlife. Ports and Maritime Organization Research Report. IRAN.

Mafi Gholami, D. and Roayaei, M., 2017. Environmental contaminants and threats of the coastal area. Ports and Maritime Organization Research Report. IRAN.

Namdorost, J. and Ghafouri, M.R., 2017. Water resources and hydrology of coastal area. Ports and Maritime Organization Research Report. IRAN.

Dominguez-Tejo, E., Metternicht, G., Johnston, E. and Hedge, L., 2016. Marine spatial planning

Structure, Architecture, and Urban Development, 16th-18th December, Tabriz, Iran. P. 1-11.

Game, E. and Grantham, H., 2008, Marxan User Manual for Marxan version 1.8.10, Pacific Marine Analysis and Research Association. Vancouver, British Columbia, Canada.

Haupt, P.W., Lombard, A., Goodman, P. and Harris, J., 2017, Accounting for spatiotemporal dynamics in conservation planning for coastal fish in KwaZulu-Natal, South Africa, Biological Conservation. 209, 289-303.

Henriques, N.S., Monteiro, P., Bentes, L., Oliveira, F., Afonso, C.M.L. and Goncalves, J.M.S., 2017, Marxan as a zoning tool for development and economic purposed areas - Aquaculture Management Areas (AMAs), Ocean and Coastal Management. 141, 90-97.

Javed, S., ELAIQamy, H., Bashir Khan, Sh., Ahmed, Sh., Salem Al Dhaheri, Sh., Al Hammadi, A. and Al Hammadi, E., 2019, Using greater flamingo tracking and count data in delineating marine protected areas in the coastal zone of Abu Dhabi, United Arab Emirates: Conservation planning in an economically important area, Global Ecology and Conservation, 17, 1-16.

Langhans, S.D., Gessner, J., Hermoso, V. and Wolter, C., 2016, Coupling systematic planning and expert judgment enhances the efficiency of river restoration, Science of the Total Environment. 560, 266-273.

Li, X., Shi, J., Song, X., Ma, T., Man, Y. and Cui, B., 2017, Integrating within-catchment and interbasin connectivity in riverine and nonriverine freshwater conservation planning in the North China Plain, Journal of Environmental Management. 204, 1-11.

Lin, Y.P., Huang, C.W., Ding, T.S., Wang,Y.C., , Hsiao, W.T., Crossman, N.D., Lengyel, S., Lin, W.C. and Schmeller , D.S., 2014, Conservation planning to zone protected areas under optimal landscape management for bird conservation, Environmental Modeling & Software. 60, 121-133.

Mahini, A.S., Asadolahi, Z., Saeed Sabaee, M., Kamyab, H.R. and Nasirahmadi, K., 2014, Comparison of Gradual Simulated Annealing and Multi-Objective Land Allocation Methods in the Selection of Optimal Land Uses. Journal of Applied Ecology. 9, 1-12.

Mehri, A., Mahini A.S., Mirkarimi, S.H. and Rezaee, H.R., 2012, Prioritization of Suitable Protection Zones Using the Simulated Annealing Algorithm. Environment and Development Journal. 6, 67-80.

Mehri, A., Mahini, A.S., Mirkarimi, S.H. and Rezaee, H.R., 2014, Comparing the Performance of Three Intelligent Computer Algorithms in the Selection of Suitable Conservation Areas (Case Study: Mazandaran Province). Journal of Environmental Studies. 1, 1-16.

Mehri, A., Mahini, A.S. and Momeni Dehaghi, I., 2017, Incorporating zoning and socioeconomic costs in planning for bird conservation. Journal for Nature Conservation.1, 1-13.

Picone, F., Buonocore, E., Dagostaro, R., Donati, S., Chemello, R. and Franzese, P.P., 2017, Integrating natural capital assessment and marine spatial planning: A case study in the Mediterranean Sea, Ecological Modeling. 361:1-13.

Prevost, A. and Robert, S., 2016, Local spatial planning practices in four French Mediterranean coastal territories under pressure, Land Use Policy. 56, 68-80.

Environmental Sciences Vol.19 / No.1 / Spring 2021

161-176

Prioritization of conservation patches for the coastal areas of Kal-Mehran sub-basin in Hormozgan Province using a decision support tool

Azadeh Vaziri Nahad [1], Seyed Ali Jozi [2*], Rokhshad Hejazi [2], Mohammad Reza Shokri [3] and Saeid Malmasi [2]

[1] Department of Environmental Management, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[3] Department of Ecology and Marin Conservation, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
Iran

Received: 2020.04.14 Accepted: 2020.06.30

Vaziri Nahad, A., Jozi, S.A., Rokhshad, H., Shokri, M.R. and Malmasi, S., 2021. Prioritization of conservation patches for the coastal areas of Kal-Mehran sub-basin in Hormozgan Province using a decision support tool. Environmental Sciences. 19(1): 161-176.

Introduction: One of the ways to select conservation areas is to use decision support tools such as Marxan software. The main purpose of this study was to prioritize and select suitable conservation areas in the coastal area of Kal-Mehran sub-basin in Hormozgan Province under different scenarios by using Marxan software and compare the conservation areas selected by this software with those introduced by the Department of Environment (DoE).

Material and methods: In this study, the dispersion of 36 types of animal and plant species was used as conservation criteria to prioritize the conservation patches in the coastal areas using the decision support tool. Geographic Information System (ArcGIS v.10.3) was used to generate the criterion layers and provide the planning unit layer. Then, the dispersion map of each of these criteria was prepared as Boolean layers (zero and one) for entering into Marxan. After preparing the 5 input files of Marxan (planning unit file, conservation feature file, planning unit versus conservation feature file, boundary length file, and input parameters file), the software was run in the form of three scenarios designed with the goal of protecting 30, 50, and 100% of each criterion and the most suitable patches were introduced for conservation. These patches were then compared

* Corresponding Author: *Email Address.* a_jozi@IAU-TNB.AC.IR
http://dx.doi.org/10.52547/envs.33616

with the areas protected by the DoE. Finally, the most suitable scenario was selected by comparing all three scenarios.

Results and discussion: The results showed that the first scenario with the goal of protecting 30% of each criterion was successful in fulfilling the conservation goal of all 34 criteria and in total, 14.73% of the existing areas protected by DoE overlapped with those conservation areas selected by the first scenario. In the second scenario, the study area was prioritized to protect 50% of each criterion. This scenario was successful in fulfilling the conservation goal of 35 criteria and in total, 26.27% of the selected areas overlapped with the existing protected areas of the DoE. In the third scenario, the study area was prioritized to protect 100% of each criterion. This scenario was successful in fulfilling the conservation goal of 30 criteria, and 96.75% of the selected areas overlapped with the existing protected areas of the DoE. Finally, by comparing the results of the mentioned scenarios, it was found that in all three scenarios, the areas under the DoE's protection in the study area did not perform well in terms of achieving different goals. The second scenario yielded more acceptable results than the other scenarios and was only incapable of achieving the conservation goal of just one criterion.

Conclusion: In this study, the second scenario (with the aim of protecting 50% of each protection criterion) was the most effective one. It is suggested that this scenario can be used as a model to modify the boundaries of DoE's protected areas in the coastal area of Kal-Mehran sub-basin, in which case 87.373% (801349 ha) should be added to the current protected areas to remove the existing protective gaps.

Keywords: Coastal areas, Conservation patches, Hormozgan Province, Kal-Mehran basin, Systematic selection of protected areas.