مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و شش، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۳ (۲۵-۱۳)

انتخاب مناطق حفاظتی با تنوع‌زیستی بالا از طریق نرم افزار مارکسان

(مطالعه موردی : منطقه ساحلی غرب استان هرمزگان)

آزاده وزیری نهاد [۱]

سید علی جوزی [۲*]

drjoziali94@gmail.com

رخشاد حجازی [۳]

محمد رضا شکری [۴]

سعید ملماسی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۵**

چکیده

زمینه و هدف: برای حفظ تنوع زیستگاه‌ها و جمعیت‌های حیات وحش چاره‌ای جز انتخاب مناسب مناطق حفاظتی که نماینده تنوع زیستی باشند وجود ندارد. یکی از روش‌های انتخاب مناطق حفاظتی با تنوع زیستی بالا، استفاده از نرم افزار مارکسان است. هدف اصلی این مطالعه تعیین لکه‌های مناسب حفاظتی با تنوع‌زیستی بالا از طریق نرم افزار مارکسان و شناسایی لکه‌های حفاظتی تحت فشار کانون‌های آلاینده در منطقه ساحلی غرب استان هرمزگان است.

روش بررسی: برای شناسایی لکه‌های مناسب حفاظتی با تنوع زیستی بالا از الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده نرم افزار مارکسان در قالب دو سناریو استفاده گردید و به این منظور ۳۶ معیار حفاظتی مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین پراکنش گونه‌های گیاهی و جانوری به‌عنوان معیارهای حفاظتی، پراکنش کانون‌های آلاینده و مناطق تحت حفاظت موجود از نرم افزار ArcGIS۱۰,۳ استفاده شده است. با تلفیق نتایج سناریو منتخب با نقشه منابع آلاینده، لکه‌های حفاظتی تحت‌فشار کانون های آلاینده شناسایی شدند.

یافته‌ها: نتایج اجرای نرم افزار مارکسان که در سال ۱۳۹۹ انجام شد، نشان داد که مناطق حفاظتی منتخب و مناطق تحت حفاظت موجود سازمان محیط زیست به لحاظ حفظ تنوع زیستی تطابق لازم را ندارند و برای حفاظت ۵۰ درصد هر یک از معیارهای حفاظتی (سناریوی

۱- دانشجوی دکتری تخصصی مدیریت محیط زیست، گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.

۲- استاد تمام، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.

۴- استادیار، گروه اکولوژی و حفاظت دریا، دانشکده علوم و فن‌آوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

دوم)، نیاز است ۸۰۱۳۴۹ هکتار به سطح مناطق حفاظت شده فعلی اضافه گردد و باید فشار صنایع را دربخش‌های شرقی و مرکزی زیر حوضه کاهش داد.

بحث و نتیجه‌گیری: در نهایت می‌توان نتیجه گرفت با توجه به این‌که سناریو دوم تمام معیارهای حفاظتی را به‌جز یک معیار پوشش داده است، این سناریو به لحاظ دستیابی به معیارهای حفاظتی می‌تواند به عنوان بهترین سناریو مطرح گردد و با تلفیق نتایج سناریو دوم با نقشه منابع آلاینده مشخص گردید لکه‌های حفاظتی در قسمت شرقی و مرکزی منطقه مورد مطالعه تحت‌فشار هستند. بنابراین توسعه مناطق حفاظت شده فعلی به سمت نواحی غربی منطقه توصیه می شود.

واژه‌های کلیدی: استان هرمزگان، منابع آلاینده، معیارهای حفاظتی، تنوع زیستی، نرم افزار مارکسان.

J. Env. Sci. Tech., Vol 26, No.1, April, 2024

Selection of conservation areas with high biodiversity by Marxan software (Case study: Coastal area at the west of Hormozgan Province)

Azadeh Vaziri Nahad [1]
Seyed Ali Jozi [2 *]
drjoziali94@gmail.com
Rokhshad Hejazi [3]
Mohammad Reza Shokri[4]
Saeid Malmasi[3]

Admission Date: October 27, 2021 Date Received: August 24, 2021

Abstract

Background and Objective: In order to preserve diversity of habitats and wildlife, it is inevitable to select the suitable conservation areas representing biodiversity. One of the ways to select conservation areas with high biodiversity is to use Marxan software. The aim of this study was to determine suitable conservation patches with high biodiversity by Marxan software and to identify conservation patches under the pressure of pollutant hotspots in the coastal area at the western part of Hormozgan Province.

Material and Methodology: In order to identify the conservation areas with high biodiversity, simulated annealing algorithm of Marxan software was used in two scenarios and for this purpose, 36 protection criteria were examined. ArcGIS 10.3 software was also employed to determine the distributions of plant and animal species, as conservation criteria, pollutant hotspots and the existing protected areas. The conservation patches under the pressure of pollutant hotspots were identified by integrating the results of the selected scenario into the map of pollutant sources.

Findings: Results of Marxan software which was done in 2020, revealed that the selected conservation areas and the existing areas protected by the Department of Environment were not compatible in terms of biodiversity conservation, nearly 801349 hectares was required to protect 50% of each conservation criterion (second scenario), and the pressure of industrial centers on the eastern and central parts of Kal-Mehran basin should be reduced.

Discussion and Conclusion: Since the second scenario covered all the conservation criteria, except for one criterion, it was considered as the best scenario for achieving the conservation goals. Integration of the results from the second scenario into the map of pollutant resources indicated that the conservation patches at the eastern and central parts of the study area were under pressure. Therefore, it was recommended to expand the current protected areas towards the western parts of the study area.

Keywords: Hormozgan Province, Pollutant resources, Conservation criteria, Biodiversity, Marxan software.

1- Ph.D. Candidate in Environmental Management, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran.
2- Full Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran. *(*Corresponding Author*)
3- Assistant Professor, Department of Environmental Management, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran.
4-Assistant Professor, Department of Ecology and Marin Conservation, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

مقدمه

امروزه با توجه به آهنگ تند تخریب منابع طبیعی و نیاز غیر قابل اجتناب بشر برای بهره برداری از این منابع ، محدود کردن و مدیریت مصرف منابع و حفاظت یک اولویت بی چون و چراست. اگر چه در حالت ایده آل، کل یک کشور باید به شکل درجات مختلف حفاظتی باشد و سایر کاربری‌ها در متن حفاظت انجام شوند، اما به طور معمول این امکان وجود ندارد و ما نمی‌توانیم تمام مکان‌های در برگیرنده تنوع زیستی را حفظ کنیم. در نتیجه، ما مجبور به الویت‌بندی مکان‌ها هستیم. با توجه به این‌که تنوع زیستی نشان دهنده تنوع حیات است باید مکان های منتخب دارای اولویت بالای تنوع زیستی باشند(۱). اخیراً نرم افزار مارکسان به عنوان ابزاری قدرتمند در مدل‌سازی مناطق حفاظت شده و ارزیابی کارایی مدیریت این نواحی ارائه شده است. Studwell و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از نرم افزار مارکسان به شناسایی و اولویت‌بندی زیستگاه حیات‌وحش برای حفاظت ۶ گونه غیرمقیم در سواحل شمالی کالیفرنیا پرداختند و نهایتاً آبهای اطراف جزایر فارالون به عنوان مناطقی شناخته شدند که برای حفاظت پرندگان دریایی مناسب بودند (۲).

Tang و همکاران (۲۰۲۱) برای برنامه‌ریزی سیستماتیک منطقه حفاظتی هوهه (Houhe) در چین بر اساس اهداف حفاظتی مختلف و داده‌های توزیع هفت گونه از نرم‌افزار مارکسان استفاده کردند. نتایج نشان داد هدف حفاظتی ۶۰ درصد برای گونه‌های آسیب‌پذیر بیشترین اولویت را برای حفاظت دارا می باشد (۳).

Mazorو همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از نرم افزار مارکسان در قالب سناریوهای متعدد به ارزیابی مناطق حفاظت شده فعلی در خلیج مورتون در کوئینزلند استرالیا پرداختند و دریافتند که برنامه‌ریزی بر اساس شرایط کنونی به اندازه کافی اولویت‌های حفاظتی برای آینده را در بر نخواهد گرفت و مناطق حفاظت شده با اولویت خلیج مورتون به خوبی با مناطق حفاظت شده فعلی همسو نیستند (۴). Teschke و همکاران در سال ۲۰۲۱ تحقیقی را به منظور برنامه‌ریزی مناطق حفاظت شده ساحلی در دریای ودل در اقیانوس منجمد جنوب به انجام رسانده‌اند. آنها برای مکان‌یابی، طراحی و برنامه ریزی مناطق حفاظت شده ساحلی از نرم‌افزار مارکسان استفاده کردند. بر اساس خروجی‌های به‌دست آمده از مارکسان مرزهای پیشنهادی مناطق حفاظت شده ساحلی مشخص شد (۵). در تحقیقی دیگر Janßen و همکاران در سال ۲۰۱۹ چندین ابزرا پشتیبان تصمیم گیری مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور از ۲۵ کشور مختلف جهان نظرسنجی شد نتایج نشان داد ۶۲٪ از مارکسان برای برنامه‌ریزی مکانی مناطق حفاظت شده استفاده می‌کنند (۶). Rodríguez-Basalo و همکاران (۲۰۱۹) برنامه مدیریت جامع منطقه فراساحلی ال کاچوچو در اسپانیا را برای حفاظت زیستگاه اصلی ۶ گونه شاخص با استفاده از نرم افزار مارکسان بروزرسانی کردند (۷).

Appolloni و همکاران (۲۰۱۸) تحقیقی را در خلیج ناپل با هدف ارزیابی هزینه‌های مختلف حفاظتی در روند طراحی ذخیره‌گاه‌ها با استفاده از نرم افزار مارکسان انجام دادند. طبق نتایج مشخص شد مهمترین مناطقی که به منظور اطمینان از تکثیر کافی جانداران در زیستگاه باید محافظت شوند، در اطراف جزایر خلیج واقع شده اند (۸). در تحقیقی دیگر Bax و Francesconi در سال ۲۰۱۹، منطقه‌های حفاظتی آند را با استفاده از مارکسان اولویت‌بندی کردند. آنها وضعیت حفاظت منطقه را برای ۱۷۴۳ گونه مهره‌دار مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که ۷۲٪ از همه گونه‌ها و ۹۰٪ از گونه‌های مورد تهدید به میزان کافی تحت پوشش حفاظتی قرار ندارند (۹). Salinas-Rodríguez و همکاران در سال ۲۰۱۸ به شناسایی لکه‌های حفاظتی گونه‌های گیاهی مکزیک پرداختند. با فرض حفظ حداقل ۱۰٪ از توزیع جغرافیایی هر گونه، لکه‌های شناسایی شده تعداد مهمی از گونه‌های بالقوه تهدید شده را تحت پوشش قرار نمی‌دهد (۱۰). House و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از نرم افزار مارکسان کارایی شبکه‌های حفاظت دریایی موجود در ولز انگلستان را مورد ارزیابی قرار دادند. طبق نتایج افزایش حدود ۵٪ وسعت مناطق حفاظت شده، علاوه بر حفظ ۷۵٪ از مساحت شبکه فعلی، باعث ایجاد یک شبکه جدید می‌شود که در آن تمام اهداف حفاظتی مدنظر برآورده می گردد (۱۱).

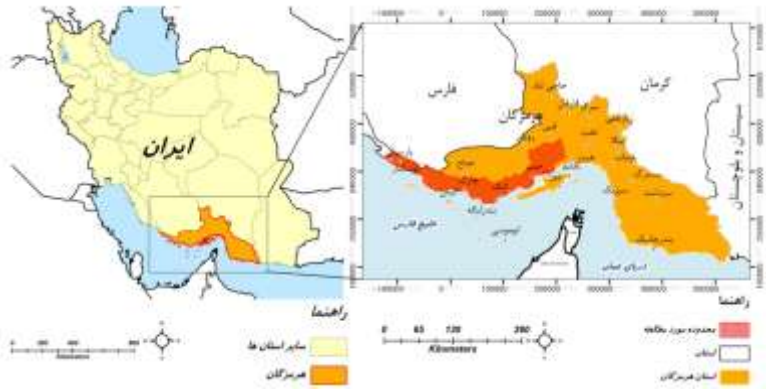
Tantipisanuh و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از مارکسان به بررسی خلا های تنوع‌زیستی در لکه حفاظتی هندو- برمه پرداختند. طبق یافته ها باید ۲۱٪ مساحت کل لکه‌ها به سیستم‌های مناطق حفاظت شده اضافه شوند تا به اهداف حفاظتی کامل‌تری بتوان دست یافت(۱۲). Tsang و همکاران (۲۰۱۹) بر اساس تحلیل‌های انجام شده توسط مارکسان سناریوهای حفاظتی برای ۵ جزیره از مجمع الجزایر هاوایی را اجرا کردند. نتایج نشان داد که در هنگام ایجاد اتصال بین زیستگاه‌های ساحلی و خشکی، مناطق شناسایی شده از ارزش حفاظت بالاتری برخوردار خواهند بود (۱۳). Luz Fernandes و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی با استفاده از مارکسان و ابزارهای ارزیابی اثرات تجمعی مدلی ارائه دادند که در آن نواحی با اولویت بالای حفاظتی در کشور پرتغال که کمتر تحت تاثیر مداخلات انسانی بودند، شناسایی شدند (۱۴). استان هرمزگان به دلیل داشتن مرزهای طولانی در هر دو ناحیه ساحلی خلیج فارس و دریای عمان دارای ویژگی‌های اقلیمی، زیستی، جغرافیایی و ارزش‌های اکولوژیکی متنوع و خاص می باشد (۱۵). این شرایط اکولوژیکی خاص سبب شده که این استان به لحاظ پتانسیل تولید طبیعی و تنوع پوشش گیاهی و جانوری حایز اهمیت باشد (۱۶، ۱۷) همچنین با توجه به اقلیم متنوع، تعدادی از بهترین زیستگاه‌ها و مناطق حفاظت شده ایران در این محدوده قرار دارند (۱۸). از طرفی عملکردهای بوم‌شناختی این مناطق سبب استقرار طیف وسیعی از کاربری‌های انسانی در این نواحی شده است و وجود تهدیدات و آلاینده‌های زیست‌محیطی به ویژه آلودگی‌های نفتی و آلودگی ناشی از فعالیت‌های توسعه در این منطقه، سبب گردیده بسیاری از زیستگاه‌های اصلی در معرض از دست دادن قابلیت اکولوژیک خود باشند (۱۹). هدف این تحقیق ایجاد یک سیستم مناسب جهت بررسی مجدد مناطق تحت حفاظت و شناسایی لکه‌های مناسب حفاظتی در راستای برطرف کردن خلا های حفاظتی و کاهش فشار ناشی از آلاینده‌ها در راستای حفظ تنوع زیستی می باشد.

از این رو در این مطالعه به منظور حفاظت از تنوع زیستگاه‌ها با استفاده از الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده در نرم افزار مارکسان به انتخاب مناسب ترین لکه‌ها برای حفاظت پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

استان هرمزگان از استان‌های ساحلی جنوب ایران می‌باشد که بین استان های فارس، کرمان و سیستان و بلوچستان قرار دارد. این پژوهش در سال ۱۳۹۹ در محدوده ساحلی حوضه آبریز کل- مهران، در غرب استان هرمزگان انجام شده است. موقعیت جغرافیایی این حوضه با مساحت ۶۲۹۱۷ کیلومتر مربع که حدود ۱۱۰۰۰ کیلومتر مربع آن در منطقه ساحلی واقع شده است، در مختصات ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه، تا ۵۷ درجه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (۱۵)، در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

Figure 1. Location of the study area

روش بررسی

برای تعیین لکه‌های حفاظتی با تنوع‌زیستی بالا با استفاده از نرم افزار مارکسان، ابتدا باید معیارهای حفاظتی تعیین گردند. در این پژوهش بر اساس اهداف حفاظتی، منابع و داده‌های در دسترس، از معیارهای پراکنش گونه‌های جنگلی و مرتعی، پرندگان، خزندگان و پستاندارن در قالب ۳۶ معیار استفاده شده است. پس از تولید نقشه پراکنش گونه‌های گیاهی و جانوری با استفاده از نرم افزار (ArcGIS 10.3)، نقشه هر یک از ۳۶ معیار به صورت لایه‌های جداگانه صفر و یک تهیه شد. در این نقشه‌ها صفر به منزله مناطق نامناسب و یک به منزله مناطق مناسب زیستگاه گونه است. برای انتخاب لکه‌های حفاظتی با تنوع‌زیستی بالا از الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده در قالب نرم افزار مارکسان استفاده شد. نرم افزار الگوریتم‌های مختلفی را برای انتخاب و چینش فضایی مناسب‌ترین لکه‌های حفاظتی استفاده می‌کند (۲۰). مزیت اصلی آن در استفاده از الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده است (۲۱ و ۲۲). این الگوریتم مناطق مختلف حفاظتی را بررسی می‌کند، به طوری‌که یک فضای چند بعدی به لحاظ اهداف تعیین شده، فراهم گردد و گزینه‌های مختلفی تولید می‌شود که با فضای چند بعدی تعیین شده کاملا مطابقت داشته باشد (۲۳).

ابتدا الگوریتم با درجه حرارت بالا، وضعیت و هزینه اولیه F_0 آغاز می‌گردد. در ادامه به منظور تولید راه حل جدید، با یک تغییر، وضعیت جدید با هزینه F_1 ایجاد می‌شود. هرگاه $F_1<F_0$ وضعیت جدید مورد تایید قرار می‌گیرد. در صورتی‌که $F_1>F_0$ باشد از معیار متروپولیس P استفاده می‌گردد که در رابطه ۱ نشان داده شده است (۲۴).

$$P = \exp\ (F_0 - F_1)\ /T$$

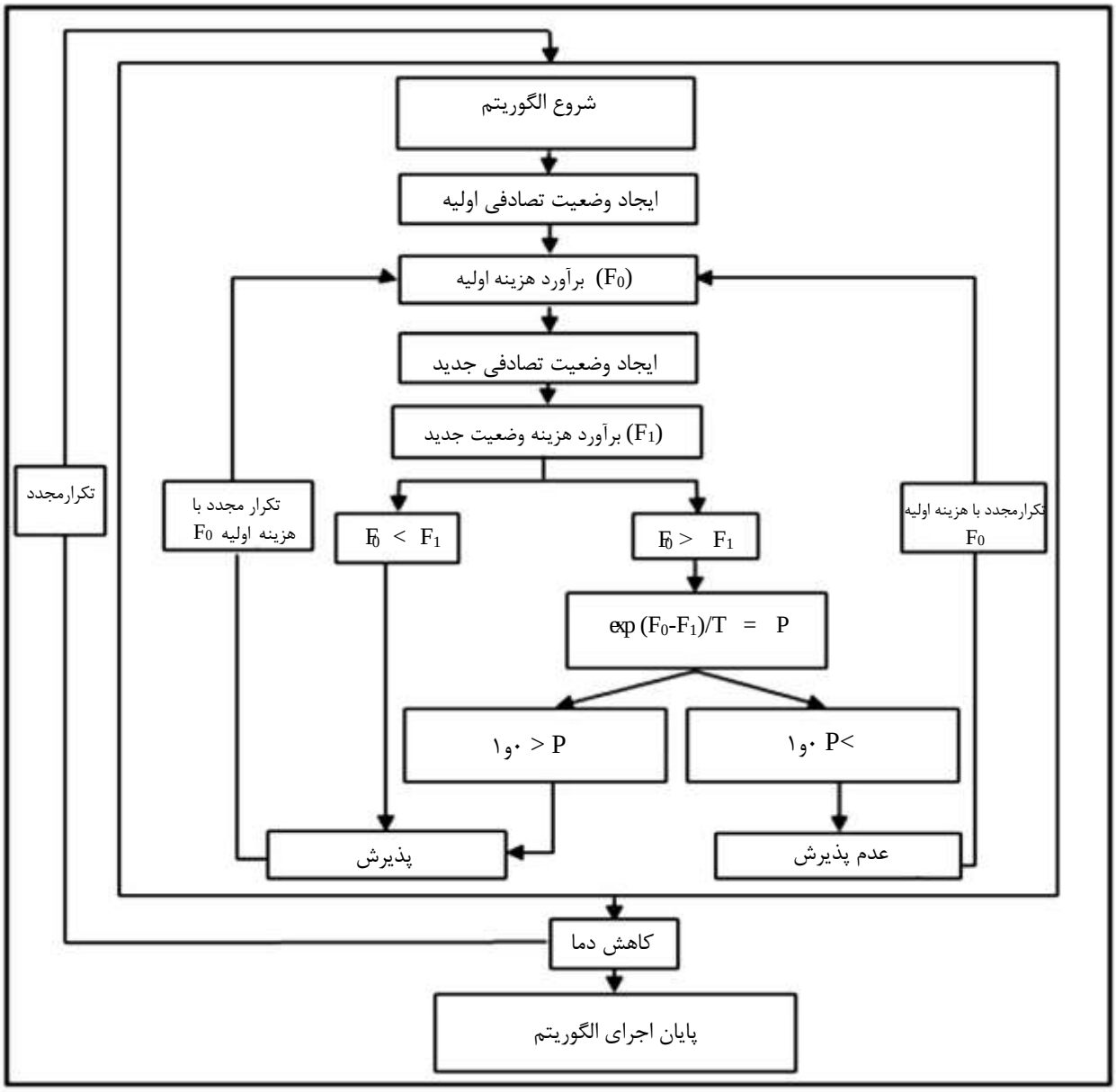
رابطه ۱- معیار متروپولیس (۲۴)

F_0 نشان‌دهنده تابع هزینه در وضعیت اولیه ، F_1 نشان‌دهنده تابع هزینه در وضعیت جدید و T پارامتر کنترل یا درجه حرارت می‌باشد. مقدار P با یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ برآورد می‌گردد. هرگاه مقدار P بیشتر از عدد تصادفی باشد وضعیت جدید و تابع هزینه F_1 مورد تایید قرار می‌گیرد و در غیر این صورت مردود می‌گردد. بعد از تکمیل تعداد تکرار تعریف شده برای ایجاد وضعیت جدید، درجه حرارت با توجه به نرخ کاهش دمای تعیین شده کاهش می‌یابد و الگوریتم وارد تکرار مجدد می‌شود. نرخ کاهش دما در رابطه (۲) نشان داده شده:

$$T_{i+1} = r \times T_i$$

رابطه (۲)- نرخ کاهش دما (۲۴)

(۲) نرخ کاهش دما یا ضریب سردسازی بوده و مقداری بین ۰ تا ۱ را در بر می‌گیرد. در صورتی‌که الگوریتم وارد تکرار مجدد شود دما کاهش می‌یابد، اما در تکرارهای مختلف ایجاد وضعیت جدید دما ثابت می‌ماند. در شرایطی که هیچ کدام از حالت‌های جدید در هر یک از تکرارها، توانایی کاهش تابع هزینه را نداشته باشد اجرای الگوریتم پایان می‌یابد. مراحل اجرای الگوریتم در شکل ۲ نشان داده شده است.

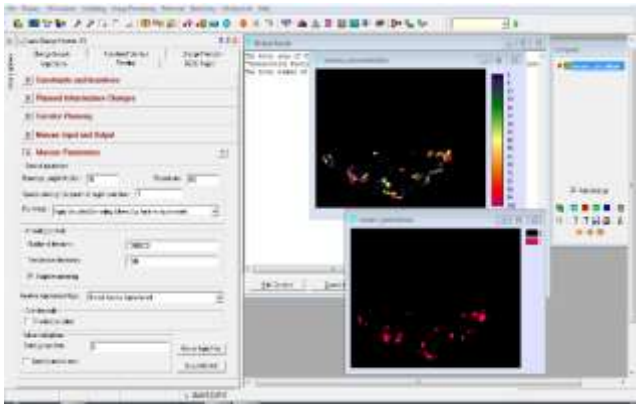


شکل۲- مراحل اجرای الگوریتم (۲۴)

Figure 2. Steps of implementing the algorithm

برای انجام محاسبات در نرم افزار مارکسان نیاز به به آماده سازی حداقل سه فایل ورودی یگان برنامه‌ریزی، اهداف حفاظتی و طول مرز می‌باشد (۲۲). فایل یگان برنامه‌ریزی شامل اطلاعاتی در مورد خود یگان‌ها مانند شماره یگان، موقعیت و وضعیت یگان است که در این تحقیق حوضه آبریز کل- مهران به عنوان یگان برنامه‌ریزی انتخاب شده است. منظور از اهداف حفاظتی حداقل مقداری از هر معیار است که باید مورد حفاظت قرار بگیرد. که در این مطالعه اهداف حفاظتی۳۰ و ۵۰ درصد در قالب دو سناریو اجرا شده و نتایج آن مورد بررسی قرار گرفته است. فایل طول مرز میزان تراکم شبکه حفاظتی را بیان می‌کند همچنین تنظیم کننده میزان تکه تکه شدگی لکه‌های انتخاب شده برای حفاظت است، از این رو مناطق فشرده‌تر از لحاظ بوم شناختی بیش‌تر قابل قبول هستند (۲۱). در طرح‌ریزی مناطق تحت‌حفاظت، یک لکه حفاظتی بزرگتر بهتر از چند لکه کوچک با همان اندازه است، این موضوع در نرم افزار توسط فایل طول مرز کنترل می‌شود (۲۲). با اجرای نرم‌افزار، الگوریتم ذکر شده شروع به پیدا کردن

راه‌حل بهینه در میان راه‌حل‌های ممکن می‌کند و نقشه مناسب‌ترین لکه‌ها برای حفاظت در منطقه ارائه می‌گردد، نمایی از محیط و فایل‌های خروجی نرم افزار در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل۳- نمایی از فایل‌های خروجی نرم افزار مارکسان

Figure 3. View the output files of Marx software

اجرای نرم‌افزار مارکسان در قالب ۲ سناریو به شرح زیر می باشد:

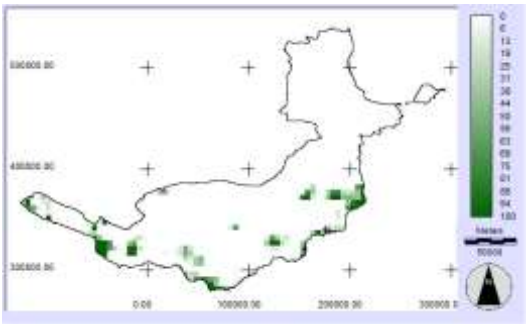
سناریو اول: در این سناریو، نرم‌افزار مارکسان با استفاده از الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده با هدف حفاظتی ۳۰ درصد هر معیار اجرا گردید.

سناریو دوم: در این سناریو، نرم‌افزار مارکسان با هدف در بر گرفتن ۵۰ درصد هر معیار حفاظتی اجرا گردید.

پس از مقایسه نتایج دو سناریو به لحاظ دستیابی به اهداف حفاظتی، بهینه ترین سناریو انتخاب گردید و در انتها با تلفیق و همپوشانی لایه‌های خروجی از محیط GIS (نقشه‌های مناطق تحت حفاظت موجود، کانون‌های آلاینده) و نقشه خروجی نرم افزار مارکسان (نقشه مناسب‌ترین لکه‌ها برای حفاظت سناریوی منتخب) و تهیه نقشه نهایی می‌توان ضمن شناسایی خلا های موجود، لکه‌های حفاظتی که تحت فشار کانون‌های آلاینده هستند، نیز شناسایی گردد.

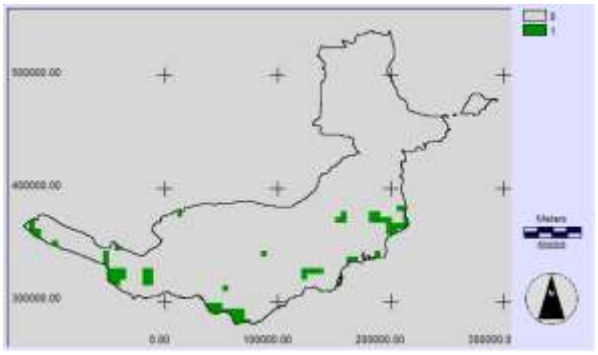
یافته ها

در سناریوی اول انتخاب و اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظتی با هدف حفاظت ۳۰ درصد هر یک از معیارها از طریق الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده در قالب نرم افزار مارکسان اجرا شده است. نتایج نشان داد، این سناریو، ۲ معیار حفاظتی (مناطق مهم پراکنش گونه های کل و بز و بادام کوهی) را پوشش نداده است و در این سناریو ۱۶۷۲ کیلومتر مربع (حدود۵/۵ درصد) از سطح کل حوضه آبریز مورد حفاظت قرار می‌گیرد. نتایج سناریو اول در شکل‌های ۴ و ۵ ارائه شده است.



شکل ۴- الویت‌بندی مناطق حفاظتی مناسب در سناریو ۱

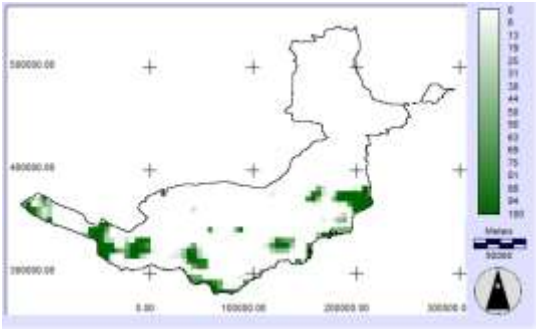
Figure 4. Prioritization of the suitable conservation areas in the first scenario



شکل ۵- انتخاب مناطق حفاظتی مناسب در سناریو ۱

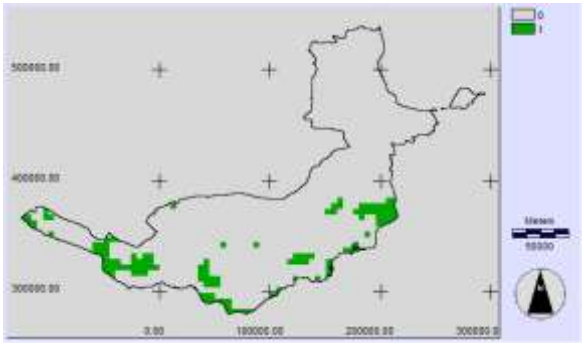
Figure 5. Selection of the suitable conservation areas in the first scenario

در سناریوی دوم انتخاب و اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظتی با هدف حفاظت ۵۰ درصد هر یک از معیارها از طریق نرم افزار مارکسان اجرا شده است. نتایج نشان داد سناریو دوم تنها ۱ معیار حفاظتی (مناطق مهم پراکنش گونه قیچ - بوته ای) را پوشش نداده است. در این سناریو ۳۰۰۰ کیلومتر مربع (حدود ۱۰ درصد) از سطح کل حوضه آبریز مورد حفاظت قرار می‌گیرد. نتایج سناریو دوم در شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده است.



شکل ۶- الویت‌بندی مناطق حفاظتی مناسب در سناریو ۲

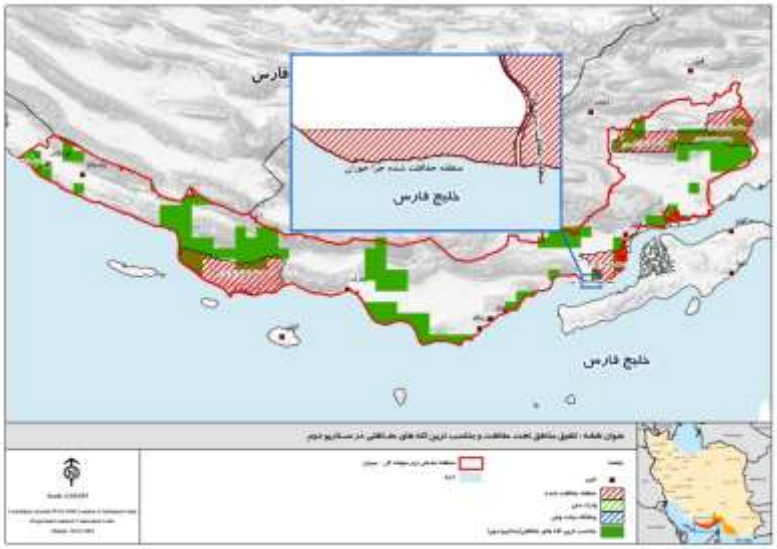
Figure 6. Prioritization of the suitable conservation areas in the second scenario



شکل ۷- انتخاب مناطق حفاظتی مناسب در سناریو۲

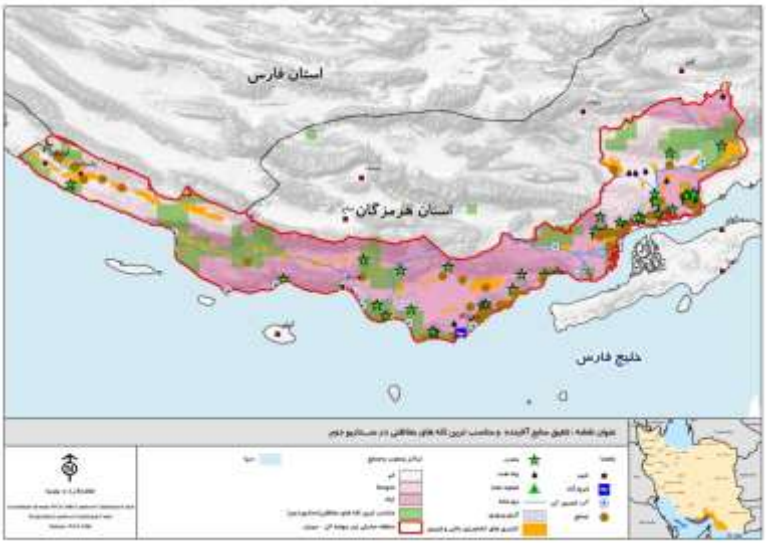
Figure 7. Selection of the suitable conservation areas in the second scenario

مقایسه نتایج ۲ سناریو نشان داد که سناریوی دوم با توجه به این که تنها یک معیار حفاظتی را پوشش نداده، نسبت به سناریوی اول ارجحیت دارد، از این رو همپوشانی نقشه پراکنش لکه‌های مناسب حفاظتی این سناریو با نقشه‌های مناطق تحت حفاظت موجود سازمان حفاظت محیط‌زیست و کانون‌های آلاینده در منطقه ساحلی محدوده مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج حاصل از آن در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است.



شکل۸- همپوشانی لکه‌های حفاظتی منتخب با مناطق حفاظت شده موجود در سناریو دوم

Figure 8. Overlaying the existing conservation patches and the selected conservation areas in the second scenario



شکل۹- همپوشانی لکه‌های حفاظتی منتخب با منابع آلاینده در سناریو دوم

Figure 9. Overlaying the polluting centers and the selected conservation patches detected in the second scenario

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از تلفیق الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده در قالب نرم افزار مارکسان و سامانه اطلاعات جغرافیایی اقدام به شناسایی و چینش فضایی مناطق مناسب حفاظتی در قالب دو سناریو در محدوده مورد مطالعه گردید و تقابل بین لکه‌های حفاظتی شناسایی شده و منابع آلاینده موجود در سناریوی منتخب بررسی شد. بررسی نتایج دو سناریوی حفاظتی ذکر شده نشان داد سناریوی دوم با توجه به این که در مجموع ۳۵ معیار از ۳۶ معیار حفاظتی را تحت پوشش قرار داده است نسبت به سناریوی اول از عملکرد بهتری برخوردار است. همچنین نتایج حاکی از این است که با توجه به این‌که سناریوی دوم در این تحقیق به عنوان سناریوی منتخب منطقه ساحلی شناسایی شده است لذا بر اساس نتایج این سناریو برای از بین بردن خلا های حفاظتی، حدود ۷۴ درصد باید به مناطق حفاظتی موجود سازمان حفاظت محیط زیست اضافه گردد تا تخصیص بهینه فضا بین فعالیت‌های مختلف صورت گیرد. مقایسه درصد

همپوشانی لکه‌های حفاظتی منتخب و مناطق حفاظتی موجود
در هر دو سناریو در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه درصد همپوشانی لکه‌های حفاظتی منتخب و مناطق حفاظتی موجود در هر دو سناریو

Table 1. Comparison of the overlap percentage of selected protection areas and current protection areas in both scenarios

سناریو	میزان حفاظت حوضه مورد مطالعه (درصد)	میزان همپوشانی با مناطق حفاظت شده فعلی (درصد)	میزان افزایش مناطق حفاظتی موجود (درصد، مساحت)
حفاظت ۳۰ درصد هر معیار	۵/۵	۱۴/۷	۸۵/۳ درصد ۹۲۶۷۵۰ هکتار
حفاظت ۵۰ درصد هر معیار	۱۰	۲۶/۳	۷۳/۷ درصد ۸۰۱۳۴۹ هکتار

بررسی و تحلیل نتایج نشان داد که در بخش ساحلی زیر حوضه آبریز کل- مهران، بخش قابل توجهی از مراکز آلاینده نقطه‌ای و پهنه‌ای گوناگون مانند معادن، چاه‌های نفت، آبزی‌پروری، صنایع، آب شیرین‌کن‌ها، تصفیه خانه‌ها قرار گرفته‌اند و همان‌طور که در شکل (۹) نشان داده شد، در بخش شرقی و مرکزی زیر حوضه کل- مهران، تراکم جمعیت و صنایع بیشتر از بخش غربی می‌باشد، این نشان‌دهنده این است که لکه‌های حفاظتی در قسمت شرقی و مرکزی زیر حوضه تحت‌فشار هستند و میان شبکه مناطق حفاظت شده و کانون‌های آلاینده تعارض وجود دارد. با توجه به این‌که بیشتر لکه‌هایی مناسب حفاظتی که توسط نرم افزار مارکسان شناسایی شده در قسمت شرقی و مرکزی زیر حوضه قرار دارند، باید فشار صنایع در قسمت‌های ذکر شده را کاهش داد و توسعه مناطق حفاظت شده فعلی به سمت نواحی غربی منطقه توصیه می گردد.

Studwell و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی به منظور شناسایی و اولویت‌بندی زیستگاه حفاظت ۶ گونه پرنده دریایی در اکوسیستم دریایی ساحلی شمال کالیفرنیا از تلفیق نرم افزار مارکسان و ارزیابی ریسک زیست محیطی استفاده کردند، ولی درپژوهش حاضر از ۳۶ گونه گیاهی و جانوری در قالب الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده نرم افزار مارکسان استفاده شده است و ارزیابی ریسک زیست محیطی در نظر گرفته نشده است (۲). Mazor و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی به اولویت‌بندی حفاظت از اکوسیستم‌های ساحلی خلیج مورتون در کوئینزلند استرالیا پرداختند و مشابه تحقیق حاضر به این نتیجه رسیدند که برنامه‌ریزی بر اساس شرایط کنونی به اندازه کافی اولویت‌های حفاظتی را در بر نخواهد گرفت (۴).

این دستاورد نیز همانند مطالعات Teschke و همکاران، ۲۰۲۱؛ Appolloni و همکاران، (۲۰۱۸)؛ Tantipisanuh و همکاران، (۲۰۱۶) (۵،۸،۱۲)؛ موید این موضوع می‌باشدکه برای اصلاح مرزهای پیشنهادی مناطق حفاظت شده ساحلی می‌توان از نرم‌افزار مارکسان استفاده کرد. با این تفاوت که در این تحقیق علاوه بر بررسی کفایت مناطق حفاظتی موجود در خصوص حفظ تنوع زیستی، برای اولین بار تقابل بین مناطق حفاظت شده منتخب و منابع آلاینده نیز بررسی گردیده است.

نتایج این تحقیق نشان داد الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده نرم افزار مارکسان روشی مناسب برای شناسایی و اولویت بندی مناطق حفاظتی می‌باشد، لذا پیشنهاد می‌شود از سایر الگوریتم‌های کامپیوتری مارکسان مانند الگوریتم‌های حریص، نادر و مقایسه نتایج آن‌ها با الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده استفاده گردد. با توجه به این که این پژوهش در منطقه ساحلی غرب استان صورت گرفته است انجام تحقیق در مقیاس‌های بزرگتر نظیر منطقه ساحلی زیر حوضه بندر عباس- سدیج در

قسمت شرق استان می تواند در تحقیقات آتی حائز اهمیت باشد. همچنین با در نظر گرفتن نتایج شکل ۹ (همپوشانی لکه‌های حفاظتی منتخب با منابع آلاینده در سناریو دوم) پیشنهاد می‌شود، استقرار واحدهای پایش تراکم آلاینده‌ها در بخش شرقی و مرکزی زیرحوضه صورت گیرد.

قدردانی

بدین وسیله از کارشناسان محترم سازمان بنادر و دریانوردی و تمامی افرادی که در انجام این پژوهش مساعدت نموده اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Mehri, A., Mahini A.S., Mirkarimi, S.H. and Rezaee, H.R., 2014, Selecting of the most suitable network of protected areas Using an intelligent algorithm (Case Study: Mazandaran Province). Journal of natural environment, Vol. 67, pp. 222-207. (In Persian)
2. Studwell, A., Hines, E., Nur, N. and Jahncke, J., 2021. Using habitat risk assessment to assess disturbance from maritime activities to inform seabird conservation in a coastal marine ecosystem. Ocean and Coastal Management, Vol.199, pp.1-10.
3. Tang, J., Lu, H., Xue, Y., Li, G., Mao, Y., Deng, Ch. and Li, D., 2021.Data-driven planning adjustments of the functional zoning of Houhe National Nature Reserve. Journal of Global Ecology and Conservation, Vol. 29, pp.1-10.
4. Mazor, T., Runting, R.K., Saunders, M.I., Huang, D., Friess, D.A., Nguyen, N.T.H., Lowe, R.J., Gilmour, J.P., Todd, P.A. and Lovelock, C.E., 2021, Future-proofing conservation priorities for sea level rise in coastal urban ecosystems, Biological Conservation, Vol.260.
5. Teschke, K., Brtnike, P., Hain, S., Herata, H., Liebschner, A., Pehlke, H. and Brey, Th., 2021, Planning marine protected areas under the CCAMLR regime – The case of the Weddell Sea (Antarctica). Marine Policy, Vol. 124, PP.1-11.
6. Janßen, H. and Göke, C., Luttmann, A., 2019. Knowledge integration in Marine Spatial Planning: A practitioners' view on decision support tools with special focus on Marxan. Ocean & Coastal Management. Vol. 168, PP. 130-138.
7. Rodríguez-Basalo, A., Sánchez, F., Punzóna, A. and Gómez-Ballesterosb, M., 2019. Updating the master management plan for El Cachucho MPA (Cantabrian sea) using a spatial planning approach. Continental Shelf Research, Vol. 184, PP. 54-65.
8. 8. Appolloni, L., Sandulli, R., Vetrano, G. and Russo, G.F., 2018. Assessing the effects of habitat patches ensuring propagule supply and different costs inclusion in marine spatial planning through multivariate analyses. Journal of Environmental Management, Vol.214, pp. 45-55.
9. Bax, V. and Francesconi, W., 2019. Conservation gaps and priorities in the Tropical Andes biodiversity hotspot: Implications for the expansion of protected areas. Journal of Environmental Management. Vol. 232, pp. 387-396.
10. Salinas-R, M., Sajama, M., Guti´errez-Ortega, J.S., Ortega-Baes, P. and Estrada-Castillon, A.E., 2018. Identification of endemic vascular plant species hotspots and the effectiveness of the protected areas for their conservation in Sierra Madre Oriental, Mexico. Journal of Nature Conservation. Vol. 46, pp. 6-27.

11. House, Ch., Redmond, D. and Phillips, M.R., 2017. An assessment of the efficiency and ecological representativity of existing marine reserve networks in Wales, UK. Ocean & Coastal Management. Vol. 149, pp. 217-230.
12. Tantipisanuh, N., Savini, T., Cutter, P. and Gale, G.A., 2016. Biodiversity gap analysis of the protected area system of the Indo-Burma Hotspot and priorities for increasing biodiversity representation. Biological Conservation, Vol. 195, pp.203-213.
13. Tsang, Y.P., Tingley, R.W., Hsiao, J. and Infante, D.M., 2019. Identifying high value areas for conservation: Accounting for connections among terrestrial, freshwater, and marine habitats in a tropical island system. Journal of Nature Conservation, Vol. 50, pp.1-14.
14. Luz Fernandes, M.D., Quintela, A. and Alves, F.L., 2018. Identifying conservation priority areas to inform maritime spatial planning: A new approach. Science of Total Environment. Vol. 639, pp. 1088-1098.
15. PMOI, 2019a. Water resources and hydrology of coastal area, Hormozgan Province. Ports and Maritime Organization of Iran. pp.1-10. (In Persian)
16. PMOI, 2019b. Coastal area wildlife, Hormozgan Province. Ports and Maritime Organization of Iran. pp.5-20. (In Persian)
17. PMOI, 2019c. Vegetation of coastal area, Hormozgan Province. Ports and Maritime Organization of Iran. pp. 5-20. (In Persian)
18. PMOI, 2019d. Investigation of the controlled and susceptible areas in the coastal area of Hormozgan Province. Ports and Maritime Organization of Iran. pp.30-40. (In Persian)
19. PMOI, 2019e. Environmental contaminants and threats to coastal area, Hormozgan Province. Ports and Maritime Organization of Iran. pp.1-20. (In Persian)
20. Mehri, A.; Mahini, A.S.; Mirkarimi, S.H.; Rezaee, H.R., 2014. A performance comparison of three computer algorithms in the selection of best protected areas (Case study: Mazandaran province of Iran). Journal of Environmental Studies, 40(1), pp. 4-16. (In Persian)
21. Esfandeh, S.; Kaboli, M.; Eslami, L., 2017. Simulated annealing algorithm as a tool for systematic prioritization of protected area in Alborz province. Journal of Animal Environment. Vol. 9(1), pp.105-122. (In Persian)
22. 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.
23. Mehri, A.; Mahini A.S.; Mirkarimi, S.H.; Rezaee, H.R., 2012. Prioritization and selection of protected areas using simulated annealing algorithm. Environment and Development Journal. Vol. 3(6). pp. 68-80. (In Persian)
24. Aerts, J.C.J.H and Heuvelink, G.B.M.; 2003. Using simulated annealing for resource allocation, International Journal of Geographical Information Science, Vol.16, pp.571-587.