





دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان  
دانشکده شیلات و محیط زیست

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته محیط زیست

**اولویت بندی مناطق مناسب حفاظت با استفاده از هوش مصنوعی  
(مطالعه موردی: استان مازندران)**

پژوهش و نگارش  
آزاده مهری

استادان راهنما  
دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی  
دکتر سید حامد میرکریمی

تابستان ۱۳۹۱



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان  
دانشکده شیلات و محیط زیست

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته محیط زیست

**اولویت بندی مناطق مناسب حفاظت با استفاده از هوش مصنوعی  
(مطالعه موردی: استان مازندران)**

پژوهش و نگارش  
آزاده مهری

استادان راهنما  
دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی  
دکتر سید حامد میرکریمی

استاد مشاور  
دکتر حمیدرضا رضایی

تابستان ۱۳۹۱

تقدیم به :

همه کسانی که بر آستان انسانیت سرفرودمی آورند و تمام مخلوقات را نشاندای از حضور اومی دانند و آنها را

با همه تفاوت با ایشان ارج می نهند.

## مَشْکُورِ قَدْرَدَانِ

خداوند ایچکس در پاسکزاری از توبه نیاتی نمی رسد مگر اینکه از احسان تو چیزی به او می رسد که شکری دیگر را بر او لازم می کند و در طاعت تو هر چند هم کسی بکوشد به جانی نمی رسد جز آنکه نسبت به آنچه شایسته فضل توست، مقصر خواهد بود. تو را شکری کنم بر رفتار نیکویت در حق من، و بر وفور نعمتت و افزودنی عطایات بر من و بر نعمتی که آن را بر من نازل فرمودی، راستی تو در حق من لطف بانی نموده ای که من از شکر و سپاس آنها عاجزم. حال که بخارش این پیمان نامه به پیمان رسیده است، بر خود لازم می دانم به پیروی از مولایم، که چه زیبا فرمود "هر کس ذره ای علم به من بیاموزد، مرانده خویش قرار داده است" از استادان عزیزم که در مراحل مختلف تحصیل مریاری نمودند پاسکزاری کنم.

از استاد راهبانی بزرگوارم جناب آقای دکتر عبدالرسول سلمان مایینی به خاطر زحمات و محبت های بی دریشان، صبر و تحملشان و راهبانی های ارزنده شان کمال مَشْکُورِ رادارم. بودن در کنار ایشان تجربه ای بود که هم تر از کسب دانش به من انسانیت آموخت. از استاد راهبانی گرامی ام جناب آقای دکتر سید حامد میکرببی که در طول انجام این پژوهش از بهنگری ایشان بهره برده ام و راهبانی های ارزنده ای را در جهت تدوین این پژوهش ارائه نمودند، صمیمانه مَشْکُورِ و قدردانی می نمایم. از زحمات بی دریغ استاد مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر حمید رضا رضایی که همواره بارونی گشاده پانگولی سوالاتم بوده اند و در جهت به ثمر رساندن این پژوهش از بچ تلاش و کوششی دریغ ننمودند، کمال مَشْکُورِ و قدردانی رادارم.

از داوران گرانقدر جناب آقای دکتر حسین وارسته و دکتر علی نجفی نژاد که زحمت بازخوانی این رساله را متقبل شدند و بار راهبانی های ارزنده شان در ارائه هر چه بهترین پژوهش کوشیدند، کمال مَشْکُورِ رادارم. از جناب آقای دکتر ایاس افزایاننده تحصیلات تکمیلی که مدیریت جلسه دفاع را بر عهده داشتند پاسکزارم. از جناب آقای دکتر سید محمود عقیلی و دکتر علیرضا میخائیلی و خانم دکتر مرجان محمدزاده که در طی دوران تحصیل افتخار نگردی ایشان را داشته ام پاسکزارم. از پدر و مادر عزیزم که بی شک آن چه بر خاک وجودم رویداده حاصل محبت های بی دریغ این عزیزان است پاسکزارم. از خواهران مهربانم، که با مهدی و برای ایشان مراتب این وادی یاری نموده اند، مَشْکُورِ می نمایم. برای تمام دوستان عزیزم که در طی سال های تحصیل همراه خاطر است شیرین ام بوده اند آرزوی بهترین ها رادارم.

## چکیده

برای حفاظت از تنوع زیستگاه‌ها و جمعیت‌های حیات‌وحش باید به انتخاب مناطق معرف و نمونه از کل طبیعت پرداخت. هدف از انجام این پژوهش اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت در استان مازندران و انتخاب مناسب‌ترین لکه‌ها برای حفاظت است. به این منظور از معیارهای حفاظتی شامل ۲۶ تیپ پوشش جنگل، زیستگاه بالقوه ۸ گونه پستاندار و مناطق مهم پراکنش ۴ گروه پرنده استفاده شده است. مدل‌سازی زیستگاه بالقوه پستانداران توسط روش ارزیابی چند معیاره و مدل‌سازی مناطق مهم پراکنش پرنده‌گان با استفاده از روش Echelon Analysis صورت گرفت. برای اولویت‌بندی از الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده تحت نرم‌افزار Marxan استفاده شد. هدف حفاظت حداقل ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد هر معیار است. بررسی نتایج سناریوهای حفاظتی مختلف نشان داد شبکه مناطق تحت حفاظت موجود در استان مازندران از لحاظ دستیابی به اهداف حفاظتی پژوهش کارایی مناسبی ندارد. این مناطق تنها هدف حفاظتی هشت معیار حفاظتی را برآورد می‌کنند. در اغلب سناریوها هم-پوشانی شبکه‌های حفاظتی منتخب با مناطق تحت حفاظت موجود کمتر از ۲۵ درصد بوده است. نتایج نشان می‌دهند پارامترهای مختلفی از جمله اهداف حفاظتی تعیین شده، مقیاس مطالعه، الگوریتم‌های مختلف و میزان فشردگی لکه‌های حفاظتی منتخب در فرآیند اولویت‌بندی و انتخاب سیستماتیک مناطق تحت حفاظت دخیل هستند. در نتیجه، تعیین مقادیر مناسب برای این پارامترها جزء اساسی‌ترین مرحله‌ها در طرح‌ریزی‌های حفاظتی هستند. بررسی این پارامترها در پژوهش حاضر نشان داد الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده نتایج قابل قبولی را در تمام موارد ارائه می‌کند و کاربرد آن کمک زیادی به شناسایی بهترین لکه‌های حفاظتی می‌کند. بنابراین، استفاده از این روش برای اصلاح مرز مناطق تحت حفاظت موجود در استان در رابطه با پراکنش گونه‌های جانوری و گیاهی و معرفی مکان‌های جدید برای حفاظت گونه‌ها پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: انتخاب سیستماتیک مناطق تحت حفاظت، الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده، Marxan، بهینه‌سازی، استان مازندران.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: مقدمه و کلیات

|  |    |
|--|----|
| ۱-۱- مقدمه.....  | ۲  |
| ۱-۲- تعریف مسئله.....  | ۵  |
| ۱-۲-۱- طرح ریزی سیستماتیک مناطق تحت حفاظت.....                   | ۶  |
| ۱-۲-۲- روش های سیستماتیک طرح ریزی مناطق تحت حفاظت.....           | ۸  |
| ۱-۲-۲-۱- روش نظام ارزیابی و اولویت بندی حفاظت.....               | ۸  |
| ۱-۲-۲-۲- روش ارزیابی سریع تنوع زیستی.....                        | ۹  |
| ۱-۲-۲-۳- روش تحلیل خلاءهای حفاظتی.....                           | ۱۰ |
| ۱-۲-۲-۴- روش های هوشمند کامپیوتری یا هوش مصنوعی.....             | ۱۱ |
| ۱-۲-۲-۴-۱- الگوریتم های بهینه.....                               | ۱۲ |
| ۱-۲-۲-۴-۲- الگوریتم های اکتشافی.....                             | ۱۳ |
| ۱-۲-۲-۴-۳- الگوریتم حریم.....                                    | ۱۴ |
| ۱-۲-۲-۴-۴- الگوریتم نادر.....                                    | ۱۴ |
| ۱-۲-۲-۴-۵- الگوریتم مذاب سازی شبیه سازی شده.....                 | ۱۵ |
| ۱-۲-۲-۴-۳- مقایسه الگوریتم های بهینه و الگوریتم های اکتشافی..... | ۱۹ |
| ۱-۲-۳- معیارهای انتخاب مناطق تحت حفاظت.....                      | ۲۱ |
| ۱-۲-۴- هزینه های انتخاب مناطق تحت حفاظت.....                     | ۲۳ |
| ۱-۲-۵- اهداف کمی انتخاب مناطق تحت حفاظت.....                     | ۲۵ |
| ۱-۲-۶- مشارکت خدمات اکوسیستم در طرح ریزی مناطق تحت حفاظت.....    | ۲۶ |
| ۱-۳- سوال اصلی پژوهش.....  | ۲۷ |
| ۱-۴- فرضیه پژوهش.....  | ۲۷ |
| ۱-۵- اهداف پژوهش.....  | ۲۷ |
| ۱-۶- جمع بندی.....   | ۲۸ |

### فصل دوم: مرور منابع

## فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

|   |    |
|---|----|
| ۲-۱- مقدمه.....   | ۳۰ |
| ۲-۲- روش های سیستماتیک در ایران.....                      | ۳۰ |
| ۲-۳- کاربرد الگوریتم مذاب سازی شبیه سازی شده در جهان..... | ۳۱ |
| ۲-۴- جمع بندی.....  | ۳۸ |

### فصل سوم : مواد و روش ها

|   |    |
|---|----|
| ۳-۱- مقدمه.....                                       | ۴۰ |
| ۳-۲- منطقه مورد مطالعه.....                           | ۴۰ |
| ۳-۲-۱- موقعیت جغرافیایی استان مازندران.....           | ۴۰ |
| ۳-۲-۲- تقسیمات کشوری.....                             | ۴۱ |
| ۳-۲-۳- ناهمواری ها.....                               | ۴۱ |
| ۳-۲-۴- آب و هوا.....                                  | ۴۲ |
| ۳-۲-۵- پوشش جنگلی.....                                | ۴۴ |
| ۳-۲-۶- پوشش مرتعی.....                                | ۴۴ |
| ۳-۲-۷- زمین شناسی.....                                | ۴۵ |
| ۳-۲-۸- مناطق چهارگانه تحت حفاظت سازمان محیط زیست..... | ۴۵ |
| ۳-۲-۸-۱- پارک ملی کیاسر.....                          | ۴۶ |
| ۳-۲-۸-۲- پارک ملی پابند.....                          | ۴۶ |
| ۳-۲-۸-۳- اثر طبیعی ملی خشکه داران.....                | ۴۷ |
| ۳-۲-۸-۴- اثر طبیعی ملی علم کوه.....                   | ۴۷ |
| ۳-۲-۸-۵- اثر طبیعی ملی قله دماوند.....                | ۴۷ |
| ۳-۲-۸-۶- پناهگاه حیات وحش میانکاله.....               | ۴۸ |
| ۳-۲-۸-۷- پناهگاه حیات وحش دودانگه.....                | ۴۸ |
| ۳-۲-۸-۸- پناهگاه حیات وحش دشت ناز.....                | ۴۹ |
| ۳-۲-۸-۹- پناهگاه حیات وحش سمسکنده.....                | ۴۹ |



## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان  |
|------|--|
| ۵۰   | ۳-۲-۸-۱۰- پناهگاه حیات وحش فریدونکنار.....                                       |
| ۵۰   | ۳-۲-۸-۱۱- منطقه حفاظت شده البرز مرکزی.....                                       |
| ۵۱   | ۳-۲-۸-۱۲- منطقه حفاظت شده خیبوس.....   |
| ۵۱   | ۳-۲-۸-۱۳- منطقه حفاظت شده واز.....   |
| ۵۱   | ۳-۲-۸-۱۴- منطقه حفاظت شده اساس.....  |
| ۵۲   | ۳-۲-۸-۱۵- منطقه حفاظت شده بلس کوه.....   |
| ۵۲   | ۳-۲-۸-۱۶- منطقه حفاظت شده چهارباغ.....   |
| ۵۳   | ۳-۲-۸-۱۷- منطقه حفاظت شده هراز.....  |
| ۵۳   | ۳-۲-۸-۱۸- منطقه حفاظت شده هزار جریب.....   |
| ۵۴   | ۳-۲-۸-۱۹- منطقه حفاظت شده آبشار شیرگاه.....                                      |
| ۵۴   | ۳-۲-۸-۲۰- منطقه حفاظت شده بولا.....  |
| ۵۴   | ۳-۲-۸-۲۱- منطقه حفاظت شده شش رودبار.....   |
| ۵۵   | ۳-۳- تهیه پایگاه داده.....   |
| ۵۵   | ۳-۳-۱- لایه رقومی مرز منطقه مطالعاتی.....  |
| ۵۶   | ۳-۳-۲- مدل رقومی ارتفاع.....   |
| ۵۷   | ۳-۳-۳- نقشه شیب.....   |
| ۵۸   | ۳-۳-۴- نقشه جهت.....   |
| ۶۰   | ۳-۳-۵- نقشه تراکم پوشش گیاهی.....  |
| ۶۱   | ۳-۳-۶- نقشه کاربری اراضی.....  |
| ۶۲   | ۳-۳-۷- نقشه جاده‌های اصلی.....   |
| ۶۳   | ۳-۳-۸- نقشه تپ پوشش جنگل.....  |
| ۶۵   | ۳-۴- تهیه معیارهای انتخاب مناطق تحت حفاظت.....                                   |
| ۶۶   | ۳-۴-۱- مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه بالقوه پستانداران با روش ارزیابی چند معیاره..... |
| ۶۸   | ۳-۴-۱-۱- تهیه مدل‌های حرفی.....  |
| ۶۹   | ۳-۴-۱-۲- تهیه لایه‌های مورد نیاز.....  |

## فهرست مطالب

| صفحه    | عنوان  |
|---------|--|
| ۶۹..... | ۳-۱-۴- بررسی همبستگی لایه‌ها.                                    |
| ۶۹..... | ۳-۴-۱- شناسایی و توسعه معیارها.                                  |
| ۷۱..... | ۳-۴-۱-۵- وزن‌دهی فاکتورها.                                       |
| ۷۲..... | ۳-۴-۱-۶- ادغام معیارها.  |
| ۷۳..... | ۳-۴-۱-۷- انتخاب لکه‌های زیستگاهی مناسب.                          |
| ۷۴..... | ۳-۴-۲- مدل‌سازی مناطق مهم پراکنش پرندگان با روش Echelon Analysis |
| ۸۰..... | ۳-۴-۳- آماده‌سازی لایه‌های تیپ‌های پوشش جنگل.                    |
| ۸۰..... | ۳-۵- نقشه یگان‌های برنامه‌ریزی.                                  |
| ۸۱..... | ۳-۶- نقشه مناطق تحت حفاظت موجود.                                 |
| ۸۲..... | ۳-۷- اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت.                              |
| ۸۳..... | ۳-۷-۱- تهیه فایل‌های ورودی Marxan                                |
| ۸۳..... | ۳-۷-۱-۱- فایل یگان‌های برنامه‌ریزی.                              |
| ۸۵..... | ۳-۷-۱-۲- فایل ویژگی‌های حفاظتی.                                  |
| ۸۵..... | ۳-۷-۱-۳- فایل یگان‌های برنامه‌ریزی در مقابل ویژگی‌های حفاظتی.    |
| ۸۷..... | ۳-۷-۱-۴- فایل طول مرز.   |
| ۸۸..... | ۳-۷-۱-۵- فایل پارامترهای ورودی.                                  |
| ۸۸..... | ۳-۷-۱-۵-۱- تعداد تکرارها.  |
| ۸۸..... | ۳-۷-۱-۵-۲- فاکتور تعدیل‌کننده طول مرز.                           |
| ۸۹..... | ۳-۷-۱-۵-۳- هزینه آستانه.   |
| ۸۹..... | ۳-۷-۱-۵-۴- تعداد تکرار الگوریتم.                                 |
| ۹۰..... | ۳-۷-۱-۵-۵- نرخ کاهش دما، دمای اولیه و فاکتور سردسازی.            |
| ۹۰..... | ۳-۷-۱-۵-۶- الگوریتم‌ها و روش‌های بهینه‌سازی.                     |
| ۹۱..... | ۳-۷-۲- کالیبره کردن مدل.   |
| ۹۲..... | ۳-۷-۲-۱- جریمه عدم دستیابی به اهداف (SPF)                        |
| ۹۲..... | ۳-۷-۲-۲- تعداد تکرار   |

## فهرست مطالب

| عنوان  | صفحه |
|--|------|
| ۳-۷-۲-۳- فاکتور تعدیل کننده طول مرز (BLM).....                                       | ۹۲   |
| ۳-۷-۳- سناریوهای اجرای Marxan.....   | ۹۳   |
| ۳-۷-۳-۱- سناریو اول: ارزیابی کارایی مناطق تحت حفاظت موجود.....                       | ۹۳   |
| ۳-۷-۳-۲- سناریو دوم: انتخاب مناطق حفاظتی جدید با شرط وجود مناطق تحت حفاظت موجود..... | ۹۴   |
| ۳-۷-۳-۳- سناریو سوم: انتخاب مناطق تحت حفاظت جدید بدون محدودیت.....                   | ۹۴   |
| ۳-۷-۳-۴- سناریو چهارم: بررسی تاثیر اهداف حفاظتی مختلف بر نتایج.....                  | ۹۵   |
| ۳-۷-۳-۵- سناریو پنجم: بررسی تاثیر الگوریتم‌های مختلف بر نتایج.....                   | ۹۵   |
| ۳-۷-۳-۶- سناریو ششم: بررسی تاثیر مقیاس‌های مکانی مختلف بر نتایج.....                 | ۹۵   |
| ۳-۷-۴- اجرای Marxan.....   | ۹۶   |
| ۳-۷-۵- تفسیر نتایج و فایل‌های خروجی.....   | ۹۸   |
| ۳-۸- جمع‌بندی.....   | ۹۸   |

### فصل چهارم: نتایج

|  |     |
|--|-----|
| ۴-۱- مقدمه.....  | ۱۰۴ |
| ۴-۲- مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه بالقوه پستانداران.....                                     | ۱۰۴ |
| ۴-۳- مدل‌سازی مناطق مهم پراکنش پرندگان.....  | ۱۱۷ |
| ۴-۴- آماده‌سازی لایه‌های تیپ‌های پوشش جنگل.....  | ۱۲۴ |
| ۴-۵- کالیبره کردن مدل.....   | ۱۲۵ |
| ۴-۶- اولویت‌بندی و انتخاب مناطق تحت حفاظت جدید.....                                      | ۱۲۷ |
| ۴-۶-۱- نتایج سناریو اول: ارزیابی کارایی مناطق تحت حفاظت موجود.....                       | ۱۲۷ |
| ۴-۶-۲- نتایج سناریو دوم: انتخاب مناطق حفاظتی جدید با شرط وجود مناطق تحت حفاظت موجود..... | ۱۲۸ |
| ۴-۶-۳- نتایج سناریو سوم: انتخاب مناطق تحت حفاظت جدید بدون محدودیت.....                   | ۱۳۱ |
| ۴-۶-۴- نتایج سناریو چهارم: بررسی تاثیر اهداف حفاظتی مختلف بر نتایج.....                  | ۱۳۴ |
| ۴-۶-۵- نتایج سناریو پنجم: بررسی تاثیر الگوریتم‌های مختلف بر نتایج.....                   | ۱۴۰ |
| ۴-۶-۶- نتایج سناریو ششم: بررسی تاثیر مقیاس‌های مکانی مختلف بر نتایج.....                 | ۱۴۵ |

## فهرست مطالب

| صفحه                              | عنوان  |
|-----------------------------------|--|
| ۱۴۸                               | ۴-۶-۷- تاثیر BLM های مختلف .....   |
| ۱۴۸                               | ۴-۶-۸- تحلیل غیرقابل جایگزین بودن .....                                      |
| ۱۴۹                               | ۴-۶-۹- بررسی کارایی معرف بودن معیارهای حفاظتی .....                          |
| ۱۵۰                               | ۴-۶-۱۰- بررسی نتایج با مناطق تحت حفاظت موجود .....                           |
| ۱۵۱                               | ۴-۷- جمع بندی .....  |
| <b>فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری</b> |  |
| ۱۵۴                               | ۵-۱- مقدمه .....   |
| ۱۵۴                               | ۵-۲- بررسی سناریوهای مختلف حفاظتی .....                                      |
| ۱۵۴                               | ۵-۲-۱- بررسی کارایی مناطق تحت حفاظت موجود و اولویت های حفاظتی در استان ..... |
| ۱۵۵                               | ۵-۲-۲- تاثیر BLM های مختلف بر نتایج .....                                    |
| ۱۵۶                               | ۵-۲-۳- بررسی تاثیر اهداف حفاظتی مختلف .....                                  |
| ۱۵۷                               | ۵-۲-۴- بررسی کارایی الگوریتم های مختلف .....                                 |
| ۱۵۸                               | ۵-۲-۵- بررسی تاثیر مقیاس های مکانی .....                                     |
| ۱۵۹                               | ۵-۲-۶- تحلیل غیرقابل جایگزین بودن .....                                      |
| ۱۶۰                               | ۵-۲-۷- بررسی کارایی معرف بودن معیارهای حفاظتی .....                          |
| ۱۶۱                               | ۵-۳- مقایسه فرضیات با یافته های پژوهش .....                                  |
| ۱۶۱                               | ۵-۴- مقایسه اهداف با یافته های پژوهش .....                                   |
| ۱۶۳                               | ۵-۵ جمع بندی .....   |
| ۱۶۳                               | ۵-۶- پیشنهادها .....   |
| ۱۶۳                               | ۵-۶-۱- پیشنهادهای اجرایی .....   |
| ۱۶۴                               | ۵-۶-۲- پیشنهادهای پژوهشی .....   |
| ۱۶۷                               | منابع .....  |
| ۱۷۹                               | ضمیمه الف .....  |

فهرست مطالب

| صفحه     | عنوان   |
|----------|---------|
| ۱۸۵..... | ضمیمه ب |
| ۱۹۹..... | ضمیمه پ |
| ۲۱۳..... | ضمیمه ت |

## فهرست شکل‌ها

| عنوان  | صفحه |
|--|------|
| شکل ۱-۱ نمودار جریانی مراحل اجرای الگوریتم مذاب سازی شبیه‌سازی شده                     | ۱۸   |
| شکل ۳-۱ موقعیت جغرافیایی استان مازندران در کشور ایران                                  | ۴۰   |
| شکل ۳-۲ تقسیمات کشوری استان مازندران در سال ۱۳۸۹                                       | ۴۱   |
| شکل ۳-۳ نمای سه بعدی از ناهمواری‌های استان مازندران                                    | ۴۲   |
| شکل ۳-۴ حداکثر و حداقل مطلق درجه حرارت در ایستگاه‌های سینوپتیک و سینوپتیک تکمیلی استان | ۴۳   |
| شکل ۳-۵ میزان بارندگی سالانه در ایستگاه‌های سینوپتیک و سینوپتیک تکمیلی استان           | ۴۳   |
| شکل ۳-۶ نقشه پراکنش مناطق تحت حفاظت سازمان محیط‌زیست در استان مازندران                 | ۴۵   |
| شکل ۳-۷ مرز منطقه مورد مطالعه  | ۵۶   |
| شکل ۳-۸ مدل رقومی ارتفاع استان مازندران  | ۵۶   |
| شکل ۳-۹ نقشه طبقه‌بندی شده ارتفاع در استان مازندران                                    | ۵۷   |
| شکل ۳-۱۰ نمودار فراوانی طبقات ارتفاع در استان مازندران                                 | ۵۷   |
| شکل ۳-۱۱ نقشه طبقه‌بندی شده شیب در استان مازندران                                      | ۵۸   |
| شکل ۳-۱۲ نمودار فراوانی طبقات شیب در استان مازندران                                    | ۵۸   |
| شکل ۳-۱۳ نقشه طبقه‌بندی شده جهت در استان مازندران                                      | ۵۹   |
| شکل ۳-۱۴ نمودار فراوانی طبقات جهت در استان مازندران                                    | ۶۰   |
| شکل ۳-۱۵ نقشه تراکم پوشش گیاهی استان مازندران  | ۶۱   |
| شکل ۳-۱۶ نقشه کاربری اراضی استان مازندران  | ۶۲   |
| شکل ۳-۱۷ نمودار فراوانی کاربری‌ها در استان مازندران                                    | ۶۲   |
| شکل ۳-۱۸ نقشه جاده‌های اصلی در استان مازندران  | ۶۳   |
| شکل ۳-۱۹ نقشه تیپ پوشش جنگل در استان مازندران  | ۶۴   |
| شکل ۳-۲۰ الگوی پراکنش نقاط حضور پرندگان در سطح استان مازندران                          | ۷۴   |
| شکل ۳-۲۱ نمایی فرضی از برش عرضی یک بعدی برای بیان نحوه تعیین ساختار Echelon            | ۷۶   |
| شکل ۳-۲۲ تعداد گونه‌های پرندگان در استان مازندران در شبکه سلولی ۲۵×۲۵ کیلومتر          | ۷۷   |
| شکل ۳-۲۳ درون‌یابی تعداد گونه‌های پرندگان در سطح استان مازندران                        | ۷۹   |
| شکل ۳-۲۴ یگان‌های برنامه‌ریزی مورد استفاده در سطح استان مازندران                       | ۸۱   |

## فهرست شکل‌ها

| عنوان  | صفحه |
|--|------|
| شکل ۳-۲۵ مناطق تحت حفاظت موجود در استان مازندران.....  | ۸۱   |
| شکل ۳-۲۶ نمونه‌ای از فایل یگان‌های برنامه‌ریزی مورد استفاده در Marxan.....   | ۸۴   |
| شکل ۳-۲۷ نمونه‌ای از فایل ویژگی‌های حفاظتی مورد استفاده در Marxan.....   | ۸۶   |
| شکل ۳-۲۸ نمونه‌ای از فایل یگان‌های برنامه‌ریزی مقابل ویژگی‌های حفاظتی مورد استفاده در Marxan.....                          | ۸۶   |
| شکل ۳-۲۹ نمونه‌ای از فایل طول مرز مورد استفاده در Marxan.....  | ۸۷   |
| شکل ۳-۳۰ نمونه‌ای از فایل پارامترهای ورودی مورد استفاده در Marxan.....   | ۹۱   |
| شکل ۳-۳۱ رابطه طول مرز و مساحت شبکه حفاظتی منتخب.....  | ۹۳   |
| شکل ۳-۳۲ آبخیزهای فرعی در محدوده استان مازندران.....   | ۹۶   |
| شکل ۳-۳۳ نمودار جریانی فرآیند اولویت‌بندی و انتخاب مناطق مناسب حفاظت با استفاده از هوش مصنوعی.....                         | ۱۰۰  |
| شکل ۳-۳۴ نمودار جریانی فرآیند مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه بالقوه پستانداران با روش ارزیابی چندمعیاره.....                     | ۱۰۱  |
| شکل ۴-۱ پراکنش لکه‌های مهم از نظر زیستگاه بالقوه پلنگ ایرانی در استان مازندران.....  | ۱۱۳  |
| شکل ۴-۲ پراکنش لکه‌های مهم از نظر زیستگاه بالقوه سیاه‌گوش در استان مازندران.....   | ۱۱۴  |
| شکل ۴-۳ پراکنش لکه‌های مهم از نظر زیستگاه بالقوه خرس قهوه‌ای در استان مازندران.....  | ۱۱۴  |
| شکل ۴-۴ پراکنش لکه‌های مهم از نظر زیستگاه بالقوه شنگ در استان مازندران.....  | ۱۱۵  |
| شکل ۴-۵ پراکنش لکه‌های مهم از نظر زیستگاه بالقوه قوچ و میش در استان مازندران.....  | ۱۱۵  |
| شکل ۴-۶ پراکنش لکه‌های مهم از نظر زیستگاه بالقوه کل و بز در استان مازندران.....  | ۱۱۶  |
| شکل ۴-۷ پراکنش لکه‌های مهم از نظر زیستگاه بالقوه شوکا در استان مازندران.....   | ۱۱۶  |
| شکل ۴-۸ پراکنش لکه‌های مهم از نظر زیستگاه بالقوه مرال در استان مازندران.....   | ۱۱۷  |
| شکل ۴-۹ اولویت‌بندی استان مازندران از نظر تعداد گونه‌های پرنده‌ها به روش Echelon Analysis در شبکه سلولی ۲۵×۲۵ کیلومتر..... | ۱۱۸  |
| شکل ۴-۱۰ اولویت‌بندی استان مازندران از نظر تعداد گونه‌های پرنده‌ها به روش Echelon Analysis در شبکه سلولی ۱×۱ کیلومتر.....  | ۱۱۹  |

## فهرست شکل‌ها

| عنوان   | صفحه |
|---|------|
| شکل ۴-۱۱ اولویت بندی استان مازندران از نظر تعداد گونه پرندگان وابسته به آب به روش Echelon Analysis در شبکه سلولی ۱×۱ کیلومتر.....   | ۱۲۰  |
| شکل ۴-۱۲ اولویت بندی استان مازندران از نظر تعداد گونه شاهین سانان و جغدسانان به روش Echelon Analysis در شبکه سلولی ۱×۱ کیلومتر..... | ۱۲۰  |
| شکل ۴-۱۳ اولویت بندی استان مازندران از نظر تعداد گونه گنجشک سانان به روش Echelon Analysis در شبکه سلولی ۱×۱ کیلومتر.....            | ۱۲۱  |
| شکل ۴-۱۴ اولویت بندی استان مازندران از نظر تعداد گونه سایر پرندگان به روش Echelon Analysis در شبکه سلولی ۱×۱ کیلومتر.....           | ۱۲۱  |
| شکل ۴-۱۵ پراکنش لکه‌های مهم از نظر مناطق مهم پراکنش پرندگان وابسته به آب در استان مازندران.....                                     | ۱۲۲  |
| شکل ۴-۱۶ پراکنش لکه‌های مهم از نظر مناطق مهم پراکنش شاهین سانان و جغدسانان در استان مازندران.....                                   | ۱۲۳  |
| شکل ۴-۱۷ پراکنش لکه‌های مهم از نظر مناطق مهم پراکنش گنجشک سانان در استان مازندران.....  | ۱۲۳  |
| شکل ۴-۱۸ پراکنش لکه‌های مهم از نظر مناطق مهم پراکنش سایر پرندگان در استان مازندران.....   | ۱۲۴  |
| شکل ۴-۱۹ پراکنش تیپ ممرز در استان مازندران.....   | ۱۲۴  |
| شکل ۴-۲۰ نتایج اجرای Marxan در سناریو اول.....  | ۱۲۷  |
| شکل ۴-۲۱ رابطه بین طول مرز و مساحت شبکه حفاظتی منتخب در BLMهای مختلف در سناریو دوم.....   | ۱۲۸  |
| شکل ۴-۲۲ پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با $BLM=70$ در سناریو دوم.....  | ۱۳۰  |
| شکل ۴-۲۳ اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت با $BLM=70$ در سناریو دوم.....   | ۱۳۰  |
| شکل ۴-۲۴ رابطه بین طول مرز و مساحت شبکه حفاظتی منتخب در BLMهای مختلف در سناریو سوم.....   | ۱۳۱  |
| شکل ۴-۲۵ پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با $BLM=60$ در سناریو سوم.....  | ۱۳۳  |
| شکل ۴-۲۶ اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت با $BLM=60$ در سناریو سوم.....   | ۱۳۳  |
| شکل ۴-۲۷ رابطه بین طول مرز و مساحت شبکه حفاظتی منتخب در BLMهای مختلف در سناریو چهارم با هدف ۴۰ درصد.....                            | ۱۳۴  |
| شکل ۴-۲۸ رابطه بین طول مرز و مساحت شبکه حفاظتی منتخب در BLMهای مختلف در سناریو چهارم با هدف ۵۰ درصد.....                            | ۱۳۵  |



## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| شکل ۴- ۲۹ | رابطه بین طول مرز و مساحت شبکه حفاظتی منتخب در BLM‌های مختلف در سناریو چهارم با هدف ۶۰ درصد..... | ۱۳۵ |
| شکل ۴- ۳۰ | پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با $BLM=30$ در سناریو چهارم با هدف ۴۰ درصد.....                       | ۱۳۷ |
| شکل ۴- ۳۱ | اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت با $BLM=30$ در سناریو چهارم با هدف ۴۰ درصد.....                    | ۱۳۷ |
| شکل ۴- ۳۲ | پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با $BLM=30$ در سناریو چهارم با هدف ۵۰ درصد.....                       | ۱۳۸ |
| شکل ۴- ۳۳ | اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت با $BLM=30$ در سناریو چهارم با هدف ۵۰ درصد.....                    | ۱۳۸ |
| شکل ۴- ۳۴ | پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با $BLM=30$ در سناریو چهارم با هدف ۶۰ درصد.....                       | ۱۳۹ |
| شکل ۴- ۳۵ | اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت با $BLM=30$ در سناریو چهارم با هدف ۶۰ درصد.....                    | ۱۳۹ |
| شکل ۴- ۳۶ | مقادیر متفاوت محیط لکه‌های حفاظتی منتخب در اهداف حفاظتی مختلف.....                               | ۱۴۰ |
| شکل ۴- ۳۷ | مقادیر متفاوت مساحت لکه‌های حفاظتی منتخب در اهداف حفاظتی مختلف.....                              | ۱۴۰ |
| شکل ۴- ۳۸ | رابطه بین طول مرز و مساحت شبکه حفاظتی منتخب در الگوریتم‌های مختلف در سناریو پنجم.....            | ۱۴۰ |
| شکل ۴- ۳۹ | مقادیر متفاوت محیط لکه‌های حفاظتی منتخب در الگوریتم‌های مختلف.....                               | ۱۴۱ |
| شکل ۴- ۴۰ | مقادیر متفاوت مساحت لکه‌های حفاظتی منتخب در الگوریتم‌های مختلف.....                              | ۱۴۱ |
| شکل ۴- ۴۱ | پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با کاربرد الگوریتم حریص و $BLM=60$ در سناریو پنجم.....                | ۱۴۲ |
| شکل ۴- ۴۲ | اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت با کاربرد الگوریتم حریص و $BLM=60$ در سناریو پنجم.....             | ۱۴۲ |
| شکل ۴- ۴۳ | پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با کاربرد الگوریتم نادر بهینه و $BLM=60$ در سناریو پنجم.....          | ۱۴۳ |
| شکل ۴- ۴۴ | اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت با کاربرد الگوریتم نادر بهینه و $BLM=60$ در سناریو پنجم.....       | ۱۴۳ |
| شکل ۴- ۴۵ | پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با کاربرد الگوریتم نادر میانگین و $BLM=60$ در سناریو پنجم.....        | ۱۴۴ |
| شکل ۴- ۴۶ | اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت با کاربرد الگوریتم نادر میانگین و $BLM=60$ در سناریو پنجم.....     | ۱۴۴ |
| شکل ۴- ۴۷ | پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت در مقیاس آبخیزهای فرعی با $BLM=60$ در سناریو ششم.....                 | ۱۴۵ |
| شکل ۴- ۴۸ | اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظت در مقیاس آبخیزهای فرعی با $BLM=60$ در سناریو ششم.....              | ۱۴۵ |
| شکل ۴- ۴۹ | پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با کاربرد الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده در آبخیز شماره سه.....     | ۱۴۷ |
| شکل ۴- ۵۰ | پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با کاربرد الگوریتم حریص در آبخیز شماره سه.....                        | ۱۴۷ |

## فهرست شکل‌ها

| عنوان   | صفحه |
|---|------|
| شکل ۴- ۵۱ پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با کاربرد الگوریتم نادر بهینه در آبخیز شماره سه.....                       | ۱۴۷  |
| شکل ۴- ۵۲ پراکنش لکه‌های مناسب حفاظت با کاربرد الگوریتم نادر میانگین در آبخیز شماره سه.....                     | ۱۴۷  |
| شکل ۴- ۵۳ مقادیر متفاوت محیط لکه‌های حفاظتی منتخب در BLM‌های مختلف.....   | ۱۴۸  |
| شکل ۴- ۵۴ مقادیر متفاوت مساحت لکه‌های حفاظتی منتخب در BLM‌های مختلف.....  | ۱۴۸  |
| شکل ۴- ۵۵ تحلیل غیر قابل جایگزینی در الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده.....                                      | ۱۴۹  |
| شکل ۴- ۵۶ تحلیل غیر قابل جایگزینی در الگوریتم حریم.....   | ۱۴۹  |
| شکل ۴- ۵۷ تحلیل غیر قابل جایگزینی در الگوریتم نادر بهینه.....   | ۱۴۹  |
| شکل ۴- ۵۸ تحلیل غیر قابل جایگزینی در الگوریتم نادر میانگین.....   | ۱۴۹  |
| شکل ۴- ۵۹ بررسی میزان معرف بودن معیارهای حفاظتی در سناریوهای مختلف انتخاب مناطق مناسب حفاظت.....                | ۱۵۰  |
| شکل ۴- ۶۰ مقایسه مناطق تحت حفاظت منتخب در سناریو سوم و $BLM=60$ با مناطق تحت حفاظت موجود در استان مازندران..... | ۱۵۰  |

## فهرست جدول‌ها

| عنوان   | صفحه |
|---|------|
| جدول ۳-۱ مشخصات تیپ‌های پوشش جنگل در استان مازندران.....  | ۶۴   |
| جدول ۳-۲ وضعیت طبقه‌بندی حفاظتی گونه‌ها.....  | ۶۶   |
| جدول ۳-۳ منابع مورد استفاده در تهیه مدل‌های حرفی.....   | ۶۸   |
| جدول ۳-۴ جدول AHP.....  | ۷۱   |
| جدول ۳-۵ مقیاس درجه‌بندی پیوسته استفاده شده در وزن‌دهی فاکتورها.....  | ۷۲   |
| جدول ۳-۶ وضعیت یگان‌های برنامه‌ریزی در فرآیند انتخاب شبکه مناطق تحت حفاظت.....  | ۸۴   |
| جدول ۴-۱ مدل‌های حرفی اولیه برای زیستگاه مناسب پستانداران .....   | ۱۰۴  |
| جدول ۴-۲ ماتریس همبستگی بین لایه‌های مورد استفاده در ارزیابی زیستگاه گونه‌ها .....                                      | ۱۰۶  |
| جدول ۴-۳ فاکتورها و توابع فازی آنها .....   | ۱۰۷  |
| جدول ۴-۴ محدودیت‌های مربوط به زیستگاه گونه‌ها .....   | ۱۱۱  |
| جدول ۴-۵ وزن‌های تعیین شده برای هر یک از فاکتورها .....   | ۱۱۲  |
| جدول ۴-۶ آستانه مطلوبیت و حداقل مساحت لکه تعیین شده برای هر گونه .....  | ۱۱۳  |
| جدول ۴-۷ ویژگی‌های Echelonها و طبقات تعیین شده در اولویت‌بندی پراکنش گونه‌های پرندگان در شبکه سلولی ۲۵×۲۵ کیلومتر ..... | ۱۱۸  |
| جدول ۴-۸ نتایج اجرای مدل با SPFهای متفاوت .....   | ۱۲۵  |
| جدول ۴-۹ نتایج اجرای مدل با تکرارهای متفاوت .....   | ۱۲۶  |
| جدول ۴-۱۰ مشخصات شبکه مناطق تحت حفاظت انتخاب شده در سناریو دوم .....  | ۱۲۹  |
| جدول ۴-۱۱ مشخصات شبکه مناطق تحت حفاظت انتخاب شده در سناریو سوم .....  | ۱۳۲  |
| جدول ۴-۱۲ مشخصات شبکه مناطق تحت حفاظت انتخاب شده در سناریو چهارم .....  | ۱۳۶  |
| جدول ۴-۱۳ مشخصات شبکه مناطق تحت حفاظت انتخاب شده در سناریو پنجم .....   | ۱۴۱  |
| جدول ۴-۱۴ مشخصات شبکه مناطق تحت حفاظت انتخاب شده در سناریو ششم .....  | ۱۴۶  |
| جدول ۴-۱۵ مشخصات شبکه مناطق تحت حفاظت انتخاب شده در آبخیز فرعی شماره سه .....   | ۱۴۶  |

# فصل اول

## مقدمه و کلیات