

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه کردستان  
دانشکده منابع طبیعی  
گروه جنگلداری

عنوان:

پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل  
با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و فازی

پژوهشگر:

شیدا رحیمی

استادان راهنما:

دکتر مهتاب پیرباوقار  
دکتر هدایت غضنفری

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته جنگلداری

اسفند ۱۳۹۲

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع

این پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه کردستان است.

تقدیم به

پدر و مادرم،  
که مویشان سفید شد، تا رویم سفید باشد

و تقدیم به

برادر و خواهران عزیزم

## تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش پروردگار یکتا که، سستی مان بخشید و درهای علم را بر ما گشود نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید. بدون شک جای گاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی‌شائبه ای او، بازبان قاصرو دست ناتوان، چیزی بنگارم.

از استادان فریخته و فرزانه؛ سرکار خانم دکتر مهتاب سپریا و قار و جناب آقای دکتر هدایت غصصتری که همواره راه‌نما و راه‌گشای اینجانب در انجام این تحقیق بوده‌اند و نگارنده را از راه‌نمایی‌های مفید و ارزشمندشان دریغ ننمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی نموده و سلامتی و توفیق روز افزون ایشان را آرزو می‌نمایم.

باتشکر و سپاس فراوان از:

اساتید محترم داور، آقایان دکتر کیومرث محمدی و دکتر احمد ولی پور، که زحمت داورسی این پایان نامه را تقبل فرمودند.

پنجمین از تمام دوستانی که با حمایت بی‌شائبه و هم‌جانبه توان پی‌موردن این مسیر را مهیا نموده‌اند به ویژه سرکار خانم، همسر و صاحبی، الهه قلاوند، مریم آزادبخت، جناب آقای ساسان وفایی و عبدالله نادری کمال تشکر و قدردانی را دارم.

## چکیده

آشکارسازی و بررسی تغییرات کاربری اراضی از جمله ابزارهای مدیریت منابع طبیعی و ارزیابی تغییرات اکوسیستم، به شمار می‌آید. تحقیق حاضر با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش سطح جنگل و پهنه بندی خطر کاهش گستره جنگل با تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی (تحلیل سلسله مراتبی و فازی) و سامانه اطلاعات جغرافیایی در جنگل‌های باغان شهرستان مریوان واقع در زاگرس شمالی با مساحت ۲۶۸۶/۰۵ هکتار صورت گرفت. به منظور تهیه نقشه تغییرات کاهش گستره جنگل طی سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست استفاده شد. سپس نمایه‌های مؤثر بر کاهش گستره جنگل از جمله فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از مناطق زراعتی و باغی، فاصله از جاده‌ها، فاصله از آبراهه‌ها، شیب، جهت و ارتفاع در این تحقیق در نظر گرفته شدند. با ترکیب نظرهای کارشناسان، انجام مقایسه‌های زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و همچنین استفاده از متغیرهای کلامی در روش فازی وزن نهایی هر کدام از نمایه‌ها استخراج شد. پس از تهیه نقشه‌های مربوط به هر یک از نمایه‌ها، با استفاده از تکنیک ترکیب خطی وزن‌دار وزن‌ها در هر نمایه تأثیر داده شد و نهایتاً در محیط جی‌آی‌اس روی هم‌گذاری شدند. بدین ترتیب نقشه نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع تخریب در پنج طبقه با خطر بسیار زیاد، خطر زیاد، خطر متوسط، خطر کم و خطر خیلی کم در دو روش تحلیل سلسله مراتبی و فازی تهیه و استخراج شد. نتایج ارزیابی صحت نشان داد که در روش تحلیل سلسله مراتبی ۸۱/۵۵ درصد و در اعداد قطعی شده، کمینه، میانه و بیشینه فازی به ترتیب ۸۰/۶۱، ۸۱/۰۱، ۸۰/۶۱ و ۷۹/۹۶ درصد از مناطقی که مورد تخریب قرار گرفته‌اند، در نقشه‌های پهنه‌بندی حاصله در مناطق با خطر بسیار زیاد و خطر زیاد قرار دارند. این میزان صحت، کارایی روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و فازی در پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل را مورد تأیید قرار می‌دهد.

## واژه‌های کلیدی:

خطر کاهش گستره جنگل، سامانه اطلاعات جغرافیایی، تحلیل سلسله مراتبی، فازی، ماهواره لندست

|    |       |   |
|----|-------|---|
| ۱  | ..... | مقدمه   |
| ۳  | ..... | اهداف تحقیق:                                  |
| ۴  | ..... | کلیات   |
| ۴  | ..... | اهمیت جنگل                                    |
| ۴  | ..... | سنجش از دور                                   |
| ۵  | ..... | ماهواره لندست                                 |
| ۶  | ..... | سامانه اطلاعات جغرافیایی                      |
| ۶  | ..... | سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره               |
| ۷  | ..... | فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)               |
| ۷  | ..... | الف) ساختن سلسله مراتبی تصمیم                 |
| ۷  | ..... | ب) تعیین اهمیت نسبی نمایه‌ها و زیر نمایه‌ها   |
| ۸  | ..... | ج) بررسی سازگاری سیستم                        |
| ۸  | ..... | نرم افزار Expert choice                       |
| ۹  | ..... | منطق فازی                                     |
| ۹  | ..... | متغیرهای زبانی                                |
| ۹  | ..... | مجموعه فازی                                   |
| ۱۰ | ..... | توابع عضویت                                   |
| ۱۰ | ..... | اعداد فازی مثلثی                              |
| ۱۲ | ..... | فصل اول (پیشینه و مرور منابع تحقیق)           |
| ۱۲ | ..... | ۱-۱ مطالعات انجام شده در داخل کشور            |
| ۱۷ | ..... | ۲-۱ مطالعات انجام شده در خارج از کشور         |
| ۲۳ | ..... | فصل دوم (مواد و روش‌ها)                       |
| ۲۳ | ..... | ۱-۲ مواد                                      |
| ۲۳ | ..... | ۱-۱-۲ منطقه مورد مطالعه                       |
| ۲۴ | ..... | ۱-۱-۲-۱ اطلاعات آب و هوایی و پوشش گیاهی منطقه |

|    |   |
|----|---|
| ۲۴ | ۲-۱-۲ تصاویر ماهواره‌ای .....                   |
| ۲۴ | ۳-۱-۲ نقشه‌های توپوگرافی .....                  |
| ۲۵ | ۴-۱-۲ نرم افزارهای مورد استفاده .....           |
| ۲۵ | ۲-۲ روش تحقیق .....                             |
| ۲۵ | ۱-۲-۲ بررسی کیفیت و تصحیح هندسی تصاویر .....    |
| ۲۵ | ۲-۲-۲ بهبود و بارسازی تصاویر .....              |
| ۲۵ | ۱-۲-۲-۲ نسبت گیری‌های طیفی و تهیه شاخص‌ها ..... |
| ۲۶ | ۱-۱-۲-۲-۲ شاخص پوشش گیاهی نرمال شده .....       |
| ۲۶ | ۲-۱-۲-۲-۲ شاخص گیاهی تعدیل خاک .....            |
| ۲۷ | ۲-۲-۲-۲ تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) .....        |
| ۲۷ | ۳-۲-۲ طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای .....       |
| ۲۷ | ۱-۳-۲-۲ انتخاب نمونه‌های تعلیمی .....           |
| ۲۸ | ۱-۱-۳-۲-۲ بررسی کیفی تفکیک پذیری طبقات .....    |
| ۲۸ | ۲-۱-۳-۲-۲ بررسی کمی تفکیک پذیری طبقات .....     |
| ۲۸ | ۲-۳-۲-۲ انتخاب ترکیب‌های بانندی مناسب .....     |
| ۲۹ | ۳-۳-۲-۲ اعمال الگوریتم طبقه‌بندی .....          |
| ۲۹ | ۱-۳-۳-۲-۲ الگوریتم حداکثر احتمال .....          |
| ۲۹ | ۲-۳-۳-۲-۲ الگوریتم حداقل فاصله از میانگین ..... |
| ۲۹ | ۴-۲-۲ تهیه نقشه واقعیت زمینی .....              |
| ۳۰ | ۵-۲-۲ ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی .....         |
| ۳۰ | ۱-۵-۲-۲ صحت کلی .....                           |
| ۳۰ | ۲-۵-۲-۲ ضریب کاپا .....                         |
| ۳۱ | ۶-۲-۲ تعیین نمایه‌ها .....                      |
| ۳۱ | ۷-۲-۲ آماده سازی نقشه‌های نمایه‌ها .....        |
| ۳۱ | ۱-۷-۲-۲ مدل رقومی ارتفاع .....                  |
| ۳۱ | ۲-۷-۲-۲ نقشه شیب، جهت و ارتفاع .....            |
| ۳۲ | ۳-۷-۲-۲ نقشه فاصله از مناطق مسکونی .....        |
| ۳۲ | ۴-۷-۲-۲ نقشه فاصله از جاده‌ها .....             |



- ۳۲ ..... ۲-۲-۷-۵ نقشه فاصله از مناطق زراعتی و باغی
- ۳۲ ..... ۲-۲-۷-۶ نقشه فاصله از آبراهه‌ها
- ۳۳ ..... ۲-۲-۸ اولویت‌بندی و وزن‌دهی نمایه‌ها
- ۳۳ ..... ۲-۲-۸-۱ وزن‌دهی نمایه‌ها با روش تحلیل سلسله مراتبی
- ۳۳ ..... ۲-۲-۸-۲ وزن‌دهی به نمایه‌ها با روش فازی
- ۳۳ ..... ۲-۲-۸-۱-۲ استفاده از اعداد قطعی شده
- ۳۴ ..... ۲-۲-۸-۲-۲ استفاده از اعداد فازی مثلثی
- ۳۵ ..... ۲-۲-۹ استانداردسازی نمایه‌ها
- ۳۵ ..... ۲-۲-۱۰ تلفیق نقشه‌ها
- ۳۶ ..... ۲-۲-۱۱ پهنه‌بندی گستره‌های مستعد کاهش سطح جنگل
- ۳۷ ..... فصل سوم
- ۳۷ ..... ۳-۱ بررسی کیفیت و تصحیح هندسی تصاویر
- ۳۸ ..... ۳-۲ تهیه نقشه واقعیت زمینی
- ۳۸ ..... ۳-۳ پردازش تصاویر ماهواره‌ای
- ۳۸ ..... ۳-۳-۱ نتایج مربوط به تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA)
- ۳۹ ..... ۳-۳-۲ انتخاب ترکیب باندهای مناسب جهت طبقه‌بندی
- ۳۹ ..... ۳-۴ ارزیابی صحت طبقه‌بندی
- ۴۰ ..... ۳-۵ نقشه گستره جنگل سال ۱۳۹۰
- ۴۱ ..... ۳-۶ نقشه گستره جنگل سال ۱۳۶۸
- ۴۲ ..... ۳-۷ تهیه نقشه تغییرات گستره جنگل
- ۴۳ ..... ۳-۸ نقشه نمایه‌ها
- ۴۷ ..... ۳-۹ پراکنش سطوح جنگلی کاسته شده در رابطه با نمایه‌های مورد بررسی
- ۴۸ ..... ۳-۱۰ اولویت‌بندی و وزن‌دهی نمایه‌ها
- ۴۸ ..... ۳-۱۰-۱ وزن‌دهی نمایه‌ها با روش تحلیل سلسله مراتبی
- ۴۹ ..... ۳-۱۰-۲ وزن‌دهی نمایه‌ها به روش فازی
- ۴۹ ..... ۳-۱۰-۲-۱ استفاده از اعداد قطعی شده
- ۵۰ ..... ۳-۱۰-۲-۲ استفاده از اعداد فازی مثلثی
- ۵۱ ..... ۳-۱۱: پهنه بندی خطر کاهش گستره جنگل با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

|    |   |
|----|---|
| ۵۲ | ۱۲-۳: پهنه بندی خطر کاهش گستره جنگل با استفاده از روش فازی .....        |
| ۵۶ | ۱۳-۳: مقایسه نقشه تغییرات کاهش گستره جنگل با نقشه‌های پتانسیل خطر ..... |
| ۵۷ | ۱۴-۳: ارزیابی صحت روش تحلیل سلسله مراتبی و فازی .....                   |
| ۵۸ | <b>فصل چهارم</b> .....  |
| ۵۸ | ۱-۴ بحث .....   |
| ۵۸ | ۱-۱-۴ روش‌های تشخیص تغییر کاربری .....                                  |
| ۶۰ | ۲-۱-۴ روش‌های تصمیم‌گیری .....  |
| ۶۳ | ۲-۴ نتیجه‌گیری کلی .....  |
| ۶۴ | پیشنهادها .....   |
| ۶۵ | منابع .....   |
| ۷۳ | پیوست .....   |

## فهرست جدول‌ها

| صفحه | عنوان  |
|------|--|
| ۵    | جدول ۱: مشخصات ماهواره لندست   |
| ۸    | جدول ۲: مقیاس مقایسه دوتایی  |
| ۲۴   | جدول ۱-۲: مشخصات تصاویر استفاده شده در تحقیق   |
| ۳۴   | جدول ۲-۲: طیف و اعداد فازی مثلثی   |
| ۳۸   | جدول ۱-۳: باندهای مصنوعی حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی                                  |
| ۳۹   | جدول ۲-۳: میزان تفکیک پذیری کمی در بهترین ترکیب‌های بانندی انتخاب شده                  |
| ۳۹   | جدول ۳-۳: نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال و حداقل فاصله          |
| ۴۲   | جدول ۳-۴: میزان تغییرات سطح جنگل در فاصله سال‌های ۱۳۹۰ - ۱۳۶۸                          |
| ۴۹   | جدول ۳-۵: تبدیل اعداد فازی مثلثی به اعداد قطعی   |
| ۵۰   | جدول ۳-۶: وزن‌دهی نمایه‌ها با استفاده از اعداد قطعی شده                                |
| ۵۰   | جدول ۳-۷: وزن‌دهی نمایه‌ها با استفاده از اعداد فازی مثلثی                              |
| ۵۱   | جدول ۳-۸: مساحت و درصد سطح منطقه نسبت به خطر کاهش گستره جنگل در روش تحلیل سلسله مراتبی |
| ۵۲   | جدول ۳-۹: مساحت و درصد سطح منطقه نسبت به خطر کاهش گستره جنگل در اعداد قطعی شده فازی    |
| ۵۳   | جدول ۳-۱۰: مساحت و درصد سطح منطقه نسبت به خطر کاهش گستره جنگل در کمینه اعداد فازی      |
| ۵۴   | جدول ۳-۱۱: مساحت و درصد سطح منطقه نسبت به خطر کاهش گستره جنگل در میانه فازی            |
| ۵۵   | جدول ۳-۱۲: مساحت و درصد سطح منطقه نسبت به خطر کاهش گستره جنگل در بیشینه فازی           |
| ۵۶   | جدول ۳-۱۳: مساحت و درصد سطح تخریب یافته در نقشه پتانسیل خطر حاصل از تحلیل سلسله مراتبی |
| ۵۶   | جدول ۳-۱۴: مساحت و درصد سطح تخریب یافته در نقشه پتانسیل خطر حاصل از روش فازی           |
| ۵۷   | جدول ۳-۱۵: درصد سطح تخریب یافته در نقشه پتانسیل خطر حاصل از تحلیل سلسله مراتبی و فازی  |

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۱: عدد فازی مثلثی  $\tilde{n}$  ..... ۱۰
- شکل ۲-۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان کردستان به همراه تصویر رنگی ۴۳۲ سنجنده TM ..... ۲۳
- شکل ۳-۱: انطباق لایه جاده و آبراهه‌های اصلی با ترکیب رنگی ۴۳۲ سنجنده TM ..... ۳۷
- شکل ۳-۲: نقشه واقعیت زمینی محدوده مورد مطالعه ..... ۳۸
- شکل ۳-۳: نقشه گستره جنگل سال ۱۳۹۰ ..... ۴۰
- شکل ۳-۴: نقشه گستره جنگل سال ۱۳۶۸ ..... ۴۱
- شکل ۳-۵: نقشه تغییرات گستره جنگل طی سال‌های ۱۳۹۰ - ۱۳۶۸ ..... ۴۲
- شکل ۳-۶: نقشه طبقه‌های شیب به درصد ..... ۴۳
- شکل ۳-۷: نقشه جهت‌های اصلی جغرافیایی ..... ۴۴
- شکل ۳-۹: نقشه فاصله از آبراهه‌های اصلی به متر ..... ۴۵
- شکل ۳-۱۰: نقشه فاصله از جاده‌ها به متر ..... ۴۵
- شکل ۳-۱۱: نقشه فاصله از مناطق مسکونی به متر ..... ۴۶
- شکل ۳-۱۲: نقشه فاصله از مناطق زراعتی و باغی به متر ..... ۴۶
- شکل ۳-۱۳: میزان کاهش سطح جنگل در ارتباط با شیب (الف)، ارتفاع (ب) و جهت‌های جغرافیایی (ج) ..... ۴۷
- شکل ۳-۱۴: میزان کاهش سطح جنگل در ارتباط با فاصله از جاده‌ها (الف)، مناطق مسکونی (ب)، فاصله از آبراهه‌ها (ج) و فاصله از مناطق زراعتی و باغی (د) ..... ۴۸
- شکل ۳-۱۵: نتیجه مقایسه زوجی نمایه‌های کاهش گستره جنگل ..... ۴۹
- شکل ۳-۱۶: نقشه پهنه بندی خطر کاهش گستره جنگل با روش تحلیل سلسله مراتبی ..... ۵۱
- شکل ۳-۱۷: نقشه پهنه بندی خطر کاهش گستره جنگل با روش اعداد قطعی شده فازی ..... ۵۲
- شکل ۳-۱۸: نقشه پهنه بندی خطر کاهش گستره جنگل با روش کمینه اعداد فازی مثلثی ..... ۵۳
- شکل ۳-۱۹: نقشه پهنه بندی خطر کاهش گستره جنگل با روش میانه اعداد فازی مثلثی ..... ۵۴
- شکل ۳-۲۰: نقشه پهنه بندی خطر کاهش گستره جنگل با روش بیشینه اعداد فازی مثلثی ..... ۵۵

## مقدمه

## مقدمه و کلیات

جنگل‌ها به عنوان یکی از منابع تجدید شونده، زیستگاهی برای جانداران و عاملی مهم در تهیه بسیاری از مایحتاج بشر محسوب می‌شوند. پوشش جنگلی نقش عمده‌ای را در چرخه‌های هیدرولوژیکی، سیستم‌های دمایی و همچنین چرخه‌های بیوشیمیایی موجود در جهان بازی می‌کند (ناصری و همکاران، ۱۳۸۳). قبل از استقرار انسان‌ها، اکوسیستم‌های طبیعی بیشترین وسعت را در طبیعت داشته‌اند که ورود تدریجی انسان‌ها منجر به قطع و پاکسازی جنگل‌ها شد و بعد از آن امرار معاش با کشاورزی و زراعت در مقیاس کوچک گسترش پیدا کرده و در نهایت با تغییرات شدید به مناطق شهری، اراضی تفریحی و حفاظت شده تبدیل شدند، به طوری که پوشش طبیعی بسیار کاهش پیدا کرد (فولی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵). جنگل‌ها حدود ۸۰۰۰ سال پیش ۵۰ درصد سطح زمین را در بر گرفته بودند ولی امروزه به ۳۰ درصد رسیده‌اند (بال<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱).

ایجاد و گسترش جنگل در ناحیه رویشی زاگرس به خاطر بارندگی‌های ناشی از استقرار سیستم مدیترانه‌ای و دریای سیاه بوده، که با در بر گرفتن نزدیک به ۹۰/۴۱ درصد معادل شش میلیون هکتار جنگل‌های کشور از ناحیه سردشت آذربایجان غربی تا فیروزآباد فارس امتداد دارد. یکی از معیارهای تعیین مرز این ناحیه گونه گیاهی غالب آن، بلوط ایرانی است. جنگل‌های بلوط زاگرس در تأمین بیش از ۴۰ درصد آب کشور نقش مؤثری دارند و دارای دو کارکرد مهم حفاظت آب و خاک هستند. این جنگل‌ها با توجه به زادآوری محدود و پایین، جزو جنگل‌های حفاظتی و حمایتی قرار می‌گیرند (بی‌نام، ۱۳۹۲).

مطالعات نشان می‌دهند فضای بازی که هم اکنون در جنگل‌های زاگرس مشاهده می‌شود، تنها ناشی از خشکی و عوامل طبیعی نیست. بلکه فشارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی وارده به این جنگل‌ها طی سالیان متمادی، در ایجاد این وضعیت مؤثر بوده است. زندگی ساکنین بخش جنگلی

---

۱: Foley

۲: Ball

زاگرس به میزان قابل توجهی به جنگل و عرصه آن وابسته است، به طوری که قریب به اتفاق مردم مایحتاج اقتصادی زندگی خود را به صورت مستقیم (چوب ساختمانی و هیزمی) و غیر مستقیم (تعریف دام و غیره) از طریق جنگل و عرصه آن تأمین می‌نمایند؛ همین وابستگی است که میزان و نوع بهره‌برداری از جنگل را در قسمت‌های مختلف زاگرس تحت تأثیر قرار می‌دهد (غضنفری، ۱۳۸۲). موارد یاد شده می‌تواند پایداری این جنگل‌ها را به‌واسطه تغییرات خصوصیات خاک و چرخه‌ی عناصر غذایی، تحت تأثیر قرار دهند (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰).

با گذشت زمان، نیروهای انسانی روز به روز در حال افزایش و منابع در دسترس او در حال کاهش است و انسان برای برآوردن نیازهایشان اقدام به بهره‌برداری هر چه بیشتر از این منابع طبیعی می‌کند (نوری و همکاران، ۱۳۸۹). میزان پوشش جنگل‌ها در طول زمان چه توسط عوامل طبیعی و چه توسط خود انسان دست‌خوش تغییر و تحول می‌شود که اطلاعات مربوط به این تغییرات، اساسی‌ترین منبع برای طراحان و تصمیم‌گیرندگان مدیریت منابع زمینی خواهد بود (رنجبر و مسگری، ۱۳۸۱). مشخص کردن صحیح و به‌موقع تغییرات در پدیده‌هایی که در سطح زمین رخ می‌دهد؛ پایه و اساس درک رابطه بین کارکردهای انسان و رخدادهای طبیعی و استفاده از منابع طبیعی می‌باشد.

در مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست، تهیه‌ی نقشه تغییرات پوشش / کاربری اراضی، ارزیابی توان و استعداد اراضی و آمایش سرزمین، عملی ضروری به‌شمار رفته و به عنوان یک منبع مهم اطلاعاتی برای اتخاذ سیاست‌های اصولی در جهت تدوین برنامه‌های توسعه به‌کار می‌رود (شتایی و عبدی، ۱۳۸۶). با توجه به تغییرات وسیع کاربری‌ها و تخریب جنگل در سال‌های اخیر تهیه نقشه گستره جنگل، پهنه‌بندی و بررسی روند تغییرات آن در دوره‌های زمانی مشخص ضروری است. در واقع پهنه‌بندی به منظور به نقشه درآوردن تخریب و تغییرات موجود و برآورد پتانسل عوامل تأثیرگذار انجام می‌گیرد. همچنین تهیه نقشه پهنه‌بندی این امکان را فراهم می‌سازد که مناطق آسیب‌پذیر شناسایی و در برنامه‌های محیطی مد نظر قرار گیرند (نادری، ۱۳۹۰).

با توجه به اهمیت جنگل‌های زاگرس مطالعات پیرامون آن‌ها بسیار ضروری است تا با برنامه‌ریزی‌های دقیق و اجرای آن‌ها بتوان اقدامات صحیحی برای جلوگیری از تخریب هر چه بیش‌تر از یک طرف و حفظ و احیای آن‌ها از طرف دیگر به عمل آورد. لازمه برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری دقیق در عرصه‌های منابع طبیعی، در اختیار داشتن اطلاعات صحیح می‌باشد و پویایی منابع طبیعی ایجاب می‌کند که اطلاعات مورد نیاز برنامه‌ریزان کشور به‌هنگام باشد. تحقق این امر از طریق سنتی یعنی جمع‌آوری اطلاعات به روش کار زمینی و یا حتی از طریق عکس‌های هوایی که در سطوح وسیع مستلزم صرف زمان و هزینه زیاد است، امری بسیار دشوار می‌باشد و چه بسا که در فاصله زمانی تهیه

عکس و انتشار نقشه، سطح جنگل‌ها دوباره دچار تغییر شود. در مقابل، سنجش از دور و پردازش تصاویر ماهواره‌ای به دلیل ویژگی‌های خاص خود می‌تواند به عنوان ابزاری نیرومند در راستای این روند مورد توجه قرار گیرند (درویش‌صفت، ۱۳۷۷). در دهه‌های اخیر داده‌های سنجش از دور به طور وسیعی برای فراهم کردن اطلاعات کاربری پوشش زمین مانند کاهش سطح جنگل‌ها و باتلاق‌ها، نرخ شهری شدن و شدت فعالیت‌های کشاورزی و سایر تغییرات انسان ساخت مورد استفاده قرار گرفته‌اند (الرابابا و الحمد<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶).

تئوری‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره MCDM<sup>۲</sup> ابزار مؤثری را برای برخورد با مسائل تحقیق که شامل بیش از یک هدف‌اند فراهم می‌کنند، بنابراین در جهت بهینه‌سازی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده از ابزاری تحلیلگر که بتواند حجم انبوهی از داده‌های فضایی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد ضروری می‌باشد (اصغرپور، ۱۳۸۸). سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری که به - راحتی می‌تواند با حجم انبوهی از داده کار کرده و آن‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، بستری مناسب به منظور تلفیق با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به نظر می‌رسد.

کمبود مطالعات و تحقیقات از یک سو و وابستگی معیشتی جنگل‌نشینان به‌ویژه در زاگرس شمالی منجر به ایجاد نظام بهره‌برداری سنتی از جنگل‌ها شده و از سوی دیگر مدیریت و برنامه‌ریزی این جنگل‌ها را با مشکلات فراوانی همراه کرده است. لذا علم و آگاهی مدیران، کارشناسان و حامیان جنگل از کم و کیف تغییر و تحولات رخ داده به جهت سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکل موجود ضرورتی انکارناپذیر خواهد بود. با انجام این پژوهش عوامل مؤثر بر وقوع کاهش گستره جنگل‌شناسایی و روند تغییرات جنگل‌های منطقه مورد مطالعه در دوره زمانی ۲۲ ساله مشخص شد و همچنین نقاط دارای پتانسیل خطر کاهش گستره جنگل با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و فازی اولویت‌بندی شد و کارایی روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و فازی در پهنه-بندی خطر مورد ارزیابی قرار گرفت.

#### اهداف تحقیق:

- ❖ بررسی روند تغییرات جنگل‌های منطقه مورد مطالعه در دوره زمانی ۲۲ ساله.
- ❖ پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و فازی.
- ❖ مقایسه دو روش تحلیل سلسله مراتبی و فازی در پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل.

<sup>۱</sup>: Alrababah & Alhamad

<sup>۲</sup>: Multi-Criteria Decision-Making

## کلیات

### اهمیت جنگل

امروزه اعتقاد بر این است که از دست دادن جنگل فقط از دست دادن درخت و چوب نیست. بلکه از بین رفتن تنوع حیات که پایه و اساس زندگی بشر را تشکیل می‌دهد، نیز می‌باشد، زیرا تنوع زیستی پایه توسعه برای محصولات غذایی، دارویی، کشاورزی و ژنتیک می‌باشد. بیشترین کاهش سطح جنگل‌ها و انقراض گونه‌های گیاهی در کشورهای در حال توسعه روی می‌دهد که عمده نابودی شامل: تغییرات اقلیمی، قطع یکسره برای کشاورزی، بهره‌برداری نادرست برای تهیه چوب، سوخت، بیماری‌ها، آتش‌سوزی و چرای دام است. امروزه سهم سرانه مردم جهان از جنگل ۰/۵۶ هکتار و برای مردم ایران تنها ۰/۱۷ هکتار است (رستمی، ۱۳۸۲).

### سنجش از دور

به طور کلی از زمان‌های گذشته تاکنون روش‌های مختلفی برای جمع‌آوری داده‌های مبتنی بر مکان وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مشاهدات نجومی، فتوگرامی، نقشه‌برداری و سنجش از دور اشاره نمود.

سنجش از دور، علم، هنر و فن کسب اطلاعات درباره یک شیء، ناحیه یا پدیده از راه تحلیل داده‌هایی است که به وسیله ابزارهایی که در تماس مستقیم با شیء، ناحیه و یا پدیده مورد مطالعه نیستند، به دست می‌آید (علوی پناه، ۱۳۸۵). به عبارت دیگر عمل بازیابی، شناسایی و تشخیص عوارض و اشیاء واقع در فاصله دور که با استفاده از تصاویر و ابزار شناسایی انجام می‌گیرد، سنجش از دور نامیده می‌شود (زبیری و مجد، ۱۳۸۵).

سنجش از دور ما را به خوبی در جایگاهی فراتر از محدودیت‌های توانایی انسان قرار می‌دهد و جمع‌آوری اطلاعات در مورد مناطقی را فراهم می‌سازد که انسان به دلیل خطرناک بودن، هزینه زیاد و بعد مسافت نمی‌تواند به طور مستقیم آن‌ها را شناسایی کند. داده‌های سنجش از دور شامل انواع مختلفی نظیر عکس‌های هوایی، تصاویر رقومی، ماهواره‌ای و راداری است. برتری‌های مهم سنجش از دور در مقایسه با دیگر روش‌های جمع‌آوری داده، به استفاده از آن در بسیاری از زمینه‌ها منجر شده است. سنجش از دور یک دید کلی از مناطق را ارائه می‌دهد که تشخیص الگوها و روابطی را که در روی زمین نمایان نیستند، فراهم می‌سازد (درویش صفت و همکاران، ۱۳۹۱). در این تحقیق سنجش از دور برای ثبت و نمایان کردن اطلاعاتی به کار گرفته شده که در زمان خود اندازه‌گیری نشده و امروزه برایمان نمایان نیستند.



## ماهواره لندست

نخستین ماهواره مشاهده‌گر زمین، لندست ۱ که در ابتدا ERTS-1 نام داشت در جولای ۱۹۷۲ توسط سازمان ناسای آمریکا به فضا پرتاب شد. دومین ماهواره مشابه (لندست ۲) در ژانویه ۱۹۷۵ در مدار جای گرفت و لندست‌های ۳، ۴ و ۵ به ترتیب در سال‌های ۱۹۷۸، ۱۹۸۲ و ۱۹۸۴ پرتاب شدند، ولی ششمین آن‌ها در گام پرتاب به فضا از بین رفت. پرتاب یکی دیگر از ماهواره‌های سری لندست به نام لندست ۷ در آوریل ۱۹۹۹ رخ داد. ماهواره لندست ۸ نیز در اوایل سال ۲۰۱۳ به فضا پرتاب شد (بی نام، ۲۰۱۳).

جدول ۱: مشخصات ماهواره لندست

| ماهواره       | سنجنده | شماره باندها   | محدوده باندها (میکرومتر)      | تفکیک زمینی (متر) | عرض برداشت (کیلومتر) |
|---------------|--------|--|-------------------------------|-------------------|----------------------|
| لندست ۳، ۲، ۱ | MSS    | ۱  | ۰/۶ - ۰/۵ سبز                 | ۸۰                | ۱۸۵                  |
|               |        | ۲  | ۰/۷ - ۰/۶ قرمز                | ۸۰                | ۱۸۵                  |
|               |        | ۳  | ۰/۸ - ۰/۷ مادون قرمز نزدیک    | ۸۰                | ۱۸۵                  |
|               |        | ۴  | ۱/۱ - ۰/۸                     | ۸۰                | ۱۸۵                  |
|               |        | ۵  | ۱۲/۶ - ۱۰/۴ مادون قرمز حرارتی | ۲۴۰               | فقط در لندست ۳       |
| لندست ۵، ۴    | TM     | ۱  | ۰/۵۲ - ۰/۴۵ آبی               | ۳۰                | ۱۸۵                  |
|               |        | ۲  | ۰/۶۰ - ۰/۵۲ سبز               | ۳۰                | ۱۸۵                  |
|               |        | ۳  | ۰/۶۹ - ۰/۶۳ قرمز              | ۳۰                | ۱۸۵                  |
|               |        | ۴  | ۰/۹۰ - ۰/۷۶ مادون قرمز نزدیک  | ۳۰                | ۱۸۵                  |
|               |        | ۵  | ۱/۷۵ - ۱/۵۵ مادون قرمز میانی  | ۳۰                | ۱۸۵                  |
|               |        | ۶  | ۱۲/۵ - ۱۰/۴ مادون قرمز حرارتی | ۱۲۰               | ۱۸۵                  |
|               |        | ۷  | ۲/۳۵ - ۲/۰۸ مادون قرمز میانی  | ۳۰                | ۱۸۵                  |
| لندست ۷       | ETM+   | همانند TM ولی با یک باندها اضافی Pan (سبز تا مادون قرمز نزدیک) و اندازه تفکیک ۱۵ متر، ضمناً اندازه تفکیک باندها حرارتی معادل ۶۰ است. |                               |                   |                      |

## سامانه اطلاعات جغرافیایی

سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)<sup>۱</sup> یک سیستم رایانه‌ای برای مدیریت و تجزیه و تحلیل داده‌ها - های مکانی بوده که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره و تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی را دارد (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۰). اطلاعات حاصل از پردازش داده‌ها ممکن است به صورت نقشه، جدولی از داده‌ها و یا فرمت‌هایی از اسامی یا آدرس باشند و کارکردن با این حجم زیاد داده‌ها با روش‌های معمولی و غیر کامپیوتری بسیار مشکل و وقت‌گیر و در بعضی موارد حتی غیر ممکن است. هنگامی که همین داده‌ها وارد یک سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌شوند، می‌توان به راحتی انواع پردازش‌ها و تجزیه و تحلیل‌ها را با صرفه‌جویی در هزینه و زمان انجام داد (علوی‌پناه، ۱۳۸۵). ایجاد و به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی منجر به بروز تغییرات و جهش‌های عظیمی در بسیاری از زمینه‌ها نظیر محیط زیست، آمایش سرزمین و جنگلداری شده است (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۰).

## سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره رویکرد سیستمی حاکم است و از روش‌های پیچیده ریاضی استفاده می‌کنند و نظرهای افراد صاحب نظر بسیار اهمیت دارد. در واقع ابزار تصمیم‌گیری هستند که برای مسایل پیچیده‌ی چند معیاری به‌کار گرفته شده و مسائل را از لحاظ کمی و کیفی مورد ارزیابی قرار می‌دهند (مالچسفسکی، ۱۳۸۵). با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان با در نظر گرفتن معیارهای متفاوت برای تصمیم‌گیری که گاه با یکدیگر در تعارض هستند، به طریقی عقلانی تصمیم‌سازی کرد. تصمیم‌گیری چند معیاره به دو دسته تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM)<sup>۲</sup> و تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM)<sup>۳</sup> تقسیم می‌شود. مدل‌ها و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین  $m$  گزینه موجود به‌کار می‌روند. در تصمیم‌گیری چند شاخصه معمولاً داده‌های مربوط به گزینه‌ها از منظر شاخص‌های مختلف در یک ماتریس نمایش داده می‌شود. یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای طرح‌های زیست محیطی، کاربری اراضی، مدیریت بخش کشاورزی، منابع طبیعی و منابع آبی تصمیم‌گیری چند معیاری می‌باشد (چن<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۹).

۱: Geographic Information System

۲: Multiple attribute decision making

۳: Multiple Objective Decision Making

۴: Chen

## فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)<sup>۱</sup>

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری چند معیاره است که می‌تواند مسأله تصمیم را بر پایه یک ساختار سلسله مراتبی به خوبی شفاف نماید. همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی در مسأله و تعیین اهمیت نسبی هر یک با استفاده از ماتریس مقایسه و استفاده از مقیاس کلامی وجود دارد (علی اکبری و جمال لیوانی، ۱۳۹۰). این فرآیند طوری طراحی شده که با ذهن و طبیعت بشری مطابق و همراه می‌شود و مجموعه‌ای از قضاوت‌ها (تصمیم‌گیری‌ها) و ارزش‌گذاری‌های شخصی، به یک شیوه منطقی می‌باشد. همچنین ساختار و چهارچوبی را برای مشارکت گروهی در تصمیم‌گیری‌ها مهیا می‌کند. در واقع می‌توان گفت تحلیل سلسله مراتبی یک فرآیند تصمیم‌گیری است که به وسیله آن می‌توان تصمیمیاتی که وابسته به معیارهای مختلف و تصمیمات چند معیاره است را اتخاذ نمود. این روش برای اولین بار در دهه‌ی ۷۰ میلادی توسط ساعتی ابداع شد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بر اصول زیر استوار است.

### الف) ساختن سلسله مراتبی تصمیم

در این مرحله عواملی که در تصمیم‌گیری مهم می‌باشند در قالب یک درخت تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی بیان می‌شود. در واقع نمایش گرافیکی از مسأله است که در آن هدف، نمایه و زیرنمایه‌ها نشان داده می‌شوند.

### ب) تعیین اهمیت نسبی نمایه‌ها و زیر نمایه‌ها

پس از تشکیل ساختار سلسله مراتبی، عناصر موجود در هر سطح نسبت به عناصر مربوط به خود در سطح بالاتر به صورت دوتایی مقایسه شده، و وزن آن‌ها محاسبه می‌گردد، که این را وزن نسبی می‌گویند. با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه که وزن مطلق نامیده می‌شود، مشخص می‌گردد. وزن‌ها با استفاده از روش بردار ویژه تعیین می‌شوند که برای این منظور پرسش‌نامه‌ای تهیه می‌گردد. با توجه به ساختار سلسله مراتبی در سطوح مختلف اهمیت نسبی مشخصه‌ها توسط کارشناسان مربوطه مورد مقایسه دوتایی قرار می‌گیرد. مبنای مقایسه در این مرحله جدول ۹ کمیتی ساعتی می‌باشد (قدسی پور، ۱۳۸۵). کارشناسان برای مقایسه از قضاوت‌های شفاهی استفاده می‌کنند، به گونه‌ای که اگر عنصر A با عنصر B مقایسه شود هر تصمیم‌گیرنده بیان می‌کند که اهمیت عنصر A نسبت به عنصر B کدام یک از حالت‌های است که در جدول زیر آمده است (قدسی پور، ۱۳۸۱).

<sup>۱</sup>: Analytic hierarchy process

جدول ۲: مقیاس مقایسه دوتایی

| مقدار عددی | ترجیحات                           |
|------------|-----------------------------------|
| ۱          | اهمیت برابر                       |
| ۲          | اهمیت برابر تا متوسط              |
| ۳          | اهمیت متوسط                       |
| ۴          | اهمیت متوسط تا مهم                |
| ۵          | اهمیت مهم                         |
| ۶          | اهمیت مهم تا بسیار مهم            |
| ۷          | اهمیت بسیار مهم                   |
| ۸          | اهمیت بسیار مهم تا فوق العاده مهم |
| ۹          | اهمیت فوق العاده مهم              |

### ج) بررسی سازگاری سیستم

نرخ ناسازگاری<sup>۱</sup> شاخصی است که سازگاری مقایسه‌ها را نشان می‌دهد. این نرخ گویای درجه‌ی صحت و دقت ارزش‌گذاری‌ها در ماتریس مقایسات زوجی است، از آن‌جا که سازگاری و ناسازگاری در مسائل چند منظوره حائز اهمیت می‌باشد، وجود تکنیکی که بتواند نسبت به سازگاری و ناسازگاری هر تصمیم اظهار نظر کند، از اهمیت بالایی برخوردار بوده و این از مزایای مهم فرآیند سلسله مراتبی است. بنا به پیشنهاد ساعتی اگر ناسازگاری تصمیم بیشتر از ۰/۱ باشد، یعنی سازگاری در نظر متخصصان وجود ندارد و تصمیم‌گیرنده بهتر است در قضاوت‌های خود تجدید نظر کند. نرخ مذکور برابر و کمتر از ۰/۱ باشد، می‌توان ارزش‌گذاری‌ها و مقایسه‌ها را خوب و صحیح دانست (قدسی پور، ۱۳۸۵).

### نرم افزار Expert choice

نرم افزار EC جهت تحلیل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی طراحی شده است. این نرم افزار دارای توانایی‌های زیادی است به طوری که علاوه بر امکان طراحی نمودار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری و طراحی سوالات، تعیین ترجیحات و اولویت‌ها و محاسبه وزن نهایی، قابلیت تحلیل حساسیت تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات در پارامترهای مسئله را نیز داراست. از همه مهم‌تر آن‌که در بسیاری از موارد نمودارها و گراف‌های مناسب برای ارائه نتایج و عملکردها سود جست و ارتباط ساده‌ای را با کاربر ایجاد می‌کند. این نرم افزار مورد تأیید پروفیسور ساعتی، بنیان‌گذار فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است (قدسی پور، ۱۳۸۱).

<sup>۱</sup>: Inconsistency Rate