



Forest Degradation using GIS and Logistic Regression (Case Study: Forests of Sardasht)

Saleh Arekhi^{a*}, Abdul Rahman Mahmoudian^b, Somia Emadaddian^c

^a Assistant Professor in Geography, Department of Geography and GIS, Human Sciences College, University of Golestan, Gorgan, Iran

^b MSc Student in Geography and Environmental Hazards, Department of Geography and GIS, Human Sciences College, University of Golestan, Gorgan, Iran

^c Assistant Professor in Geography, Department of Geography and GIS, Human Sciences College, University of Golestan, Gorgan, Iran

Received: 1 June 2021

Revised: 23 July 2021

Accepted: 10 August 2021

Abstract

Spatial-temporal pattern modeling of forest cover changes provides valuable information for better understanding the change process and determining the effective factors of areas under change. In this study, it was tried to identify the factors affecting the reduction and destruction of forests in western Iran using the capabilities of modern technologies including remote sensing, and then implementing in the form of a suitable computational model as a mathematical model based on the behavior of nature. In order to investigate the reduction of forest cover in Sardasht city of West Azarbaijan province, satellite images of MSS, ETM⁺ and OLI for the years of 1977, 2000 and 2018 were used. The above images were preprocessed, processed, and classified into two categories of forest and non-forest. The logistic regression method was used to study the relationship between forest cover reduction and physiographic and human factors. In order to obtain the lands suitability map, a logistic regression relationship was established between the forest cover reduction map from 1977 to 2000 and 2000 to 2018 and also factors affecting it. Finally, a simple spatial model was proposed that was able to predict the spatial distribution of forest degradation using logistic regression. The results showed that over the 41 years, about 33721 hectares of forests of Sardasht city have been damaged. According to the results, it was determined that from topographic variables, parameters of distance from the road and distance from the village had the most impact on the forest degradation rate.

Keywords: Remote Sensing, Modeling, Degradation of the Forest, West Azarbaijan

*. Corresponding author: Saleh Arekhi

E-mail: s.arekhi@gu.ac.ir

Tel: + 989113690648

How to cite this Article: Arekhi, S., Mahmoudian, A., emadodin, S. (2022). Forest degradation using GIS and Logistic Regression (Case study: Forests of Sardasht city). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(3), 73-97.

doi: 10.22067/geoeh.2021.70743.1070



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant with open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).





Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 10, Issue 4 - Number 40, Winter 2022

<https://geoeh.um.ac.ir>


 <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70743.1070> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰ صص ۹۲-۶۹

مقاله پژوهشی

پیش‌بینی خطر تخریب جنگل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل رگرسیون لجستیک

(مطالعه موردی: شهرستان سردشت)

 صالح آرخی^۱ - استادیار جغرافیا، گروه جغرافیا و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.
عبدالرحمان محمودیان - دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، گروه جغرافیا و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

سمیه عمادالدین - استادیار جغرافیا، گروه جغرافیا و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۱۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۵/۱ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۵/۱۹

چکیده

مدل‌سازی الگوی مکانی - زمانی در تغییرات پوشش جنگل اطلاعات ارزشمندی را جهت درک بهتر فرآیند تغییر، تعیین عوامل مؤثر مناطق در معرض تغییر فراهم می‌آورد. در این پژوهش سعی و تلاش ما بر آن بوده تا با استفاده از قابلیت‌ها و توانایی‌های فناوری‌های روز از جمله سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی عوامل مؤثر بر کاهش و تخریب جنگل‌های غرب ایران را شناسایی کرده و سپس در قالب الگوی محاسباتی مناسب به صورت یک مدل ریاضی بر گرفته از رفتار طبیعت پیاده‌سازی کنیم. در این پژوهش به منظور بررسی کاهش پوشش جنگلی شهرستان سردشت در استان آذربایجان غربی، از طریق تصاویر سنجنده MSS، ETM⁺ و OLI مربوط به سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۷ استفاده گردید. تصاویر ذکر شده مورد پیش‌پردازش و پردازش قرار گرفتند و به دو طبقه جنگل و غیرجنگل طبقه‌بندی شدند. برای بررسی ارتباط مکانی کاهش پوشش جنگل با عوامل فیزیوگرافی و انسانی از روش آماری رگرسیون لجستیک استفاده شد. برای به دست آوردن نقشه شایستگی تبدیل اراضی، رابطه رگرسیون

Email: s.arekhi@gu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۳۶۹۰۶۴۸

نحوه ارجاع به این مقاله:

آرخی، صالح؛ محمودیان، عبدالرحمان؛ عمادالدین، سمیه؛ ۱۴۰۰. پیش‌بینی خطر تخریب جنگل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: شهرستان سردشت). جغرافیا و مخاطرات محیطی.

<https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70743.1070>

صص ۹۲-۶۹. (۴)۱۰

لجستیک بین نقشه کاهش پوشش جنگلی سال‌های ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۹ و ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷ و همچنین عوامل مؤثر بر آن، برقرار شد. در نهایت، یک مدل مکانی ساده که توانایی پیش‌بینی پراکنش مکانی تخریب جنگل را با استفاده از رگرسیون لجستیک دارد، ارائه شد. نتایج نشان داد که در طول ۴۱ سال حدود ۳۳۷۲۱ هکتار از سطح جنگل‌های شهرستان سردشت کاسته شده است. با توجه به نتایج مشخص شد که از متغیرهای توپوگرافی، پارامترهای فاصله از جاده و فاصله از روستا بر میزان تخریب جنگل بیشترین تأثیر را داشته‌اند.

کلیدواژه‌ها: سنجش از دور، مدل‌سازی، تخریب جنگل، آذربایجان غربی.

۱- مقدمه

تخریب و نابودی زیستگاه یکی از مهم‌ترین دلایل انقراض بسیاری از گونه‌ها بوده است (سگن^۱ و همکاران، ۲۰۱۶)؛ بنابراین حفاظت از گونه‌ها مستلزم حفاظت از زیستگاه‌های آن‌هاست. اکوسیستم‌های جنگلی امروزه با تهدیدات بیشتری نسبت به سایر اکوسیستم‌ها مواجه‌اند به طوری که بررسی‌های FAO نشان دهنده کاهش سه درصدی مساحت جنگل‌های جهان در حدود ۲۰ ساله اخیر است (کینن^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). از طرف دیگر پاسخ اکوسیستم‌های جنگلی به تغییرات اقلیمی به گونه‌ای است که انجام اقدامات سازشی و حفاظتی را ضروری می‌سازد (والتر^۳ و همکاران، ۲۰۰۲). علاوه بر این، برخی از گونه‌های جنگلی نظیر انواع سنجاب گونه‌هایی به شدت وابسته و متکی به این اکوسیستم‌ها به عنوان زیستگاه هستند و هرگونه تغییر و تخریبی در این زیستگاه‌ها می‌تواند زمینه نابودی آن‌ها را فراهم آورد (کپرووسکی^۴ و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به موارد بالا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که امروزه حفاظت از جنگل‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی که زیستگاه وسیعی را نیز برای طیف گوناگونی از حیات وحش فراهم می‌آورد، بیش‌ازپیش احساس می‌شود. از ۱۴ میلیون هکتار مساحت کل جنگل‌های ایران، تقریباً ۴۱ درصد متعلق به جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس است (جزیره‌ای و ابراهیمی‌رستاقی، ۱۳۸۲). این جنگل‌ها وسیع‌ترین رویشگاه بلوط ایران و قدیمی‌ترین جنگل بلوط در جهان با قدمت ۵۵۰۰ ساله هستند که ۱۱ استان و حدود یک سوم جمعیت، بیش از نیمی از دام‌ها، حدود ۳۰ درصد از کل نزولات، ۴۰ درصد از آب‌های جاری و ۳۲ درصد از آب‌های سطحی کشور را به خود اختصاص داده است (ثاقب‌طالبی و همکاران، ۱۳۸۳).

1 Segan
2 Keenan
3 Walther
4 Koprowski

برای کشف و ارزیابی این تغییرات، استفاده از فنون و ابزارهای سنجش‌ازدور (RS^1) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS^2) با برخورداری از امکانات تحلیلی می‌توانند نقش بسزایی در تولید اطلاعات مکانی داشته باشند (سومن^۳ و همکاران، ۲۰۱۲؛ فوم‌فیلا^۴ و همکاران، ۲۰۱۷)؛ بنابراین، در سال‌های اخیر، به دلیل دسترسی آسان به تصاویر ماهواره‌ای و قابلیت‌های نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل‌سازی تغییرات پوشش گیاهی و پیش‌بینی تغییرات آن در آینده رایج شده است و به این منظور روش‌های متفاوتی چون تجزیه و تحلیل زنجیره مارکف، شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های آماری مثل رگرسیون لجستیک گسترش یافته است (اسلام^۵ و همکاران، ۲۰۱۸). مدل رگرسیون لجستیک از جمله مدل‌هایی است که در مطالعات بسیاری برای مدل‌سازی رشد شهری و تخریب جنگل به کار گرفته شده است. برای نمونه، اشنايدر و پانتیوس^۶ (۲۰۰۱) تغییرات کاربری زمین در آبخیز ایسوئیچ در ایالت ماساچوست را در بازه زمانی ۱۹۷۱-۱۹۹۱ مطالعه کرده‌اند و روش رگرسیون لجستیک را جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین به کار گرفته‌اند. آن‌ها متغیرهای فیزیکی و اجتماعی برای فرایند مدل‌سازی به کار گرفته‌اند و شرایط آینده اراضی را پیش‌بینی کردند. نتایج کاهش اراضی جنگلی و توسعه مناطق مسکونی جدید در منطقه مطالعاتی را طی زمان نشان داد. چنگ و ماسر^۷ (۲۰۰۳) روش رگرسیون لجستیک را برای مدل‌سازی الگوهای رشد شهری در شهر ووهان در چین به کار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان داد نزدیکی به جاده‌ها و مناطق مسکونی موجود، نقشی مهم در گسترش شهرها دارد. آن‌ها در این مطالعه بیان کردند که رشد شهرها نقشی مهم در کاهش اراضی کشاورزی دارد. همچنین، لین^۸ و همکاران (۲۰۰۷) تغییرات کاربری زمین را با روش رگرسیون لجستیک در یک حوضه آبخیز در شمال تایوان مدل‌سازی کردند. مقادیر ROC برای مدل‌سازی تغییرات هر یک از کاربری‌های کشاورزی، شهر، اراضی جنگلی و مرتعی به ترتیب، ۰/۷۳۶، ۰/۹۸۳، ۰/۸۸ و ۰/۷۵۷ به دست آمد. این مقادیر نشان داد مدل رگرسیون لجستیک توانایی مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین را در منطقه مطالعاتی دارد. میلینگتون^۹ و همکاران (۲۰۰۷) نیز در مطالعه‌ای فنون رگرسیونی را برای مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین در یک آبخیز مدیرانه‌ای به کار گرفتند. آن‌ها تصاویر ماهواره‌ای را جهت تهیه نقشه‌های کاربری زمین و روش مقایسه پس از طبقه‌بندی را برای آشکارسازی تغییرات و سپس، روش‌های رگرسیونی را برای مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین به کار گرفتند. نتایج نشان داد مدل

1 Remote Sensing

2 Geographic Information system

3 Sumon

4 Phompila

5 Islam

6 Schneider and Pontius

7 Cheng and Masser

8 Lin

9 Millington

رگرسیون لجستیک به خوبی قادر به تعیین تغییرات ایجاد شده در کاربری زمین است. از سایر مطالعات انجام شده در این زمینه در خارج از کشور می‌توان به بررسی تغییرات پوشش جنگلی بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ در جنگل‌های کشور لائوس با استفاده از رگرسیون لجستیک توسط فوم‌فیلا و همکاران (۲۰۱۷) اشاره نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که تخریب جنگل رابطه معنی‌داری با ارتفاع از سطح دریا، فاصله از جاده‌های اصلی و تغییر شیوه‌های کاشت دارد. در مطالعه‌ای دیگر سومن و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی عوامل مؤثر بر عامل تخریب جنگل در جنگل‌های منطقه مرکزی میانمار پرداختند. در این تحقیق نقشه تراکم تاج پوشش جنگل از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۶ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به دست آمد و با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک به مدل‌سازی مکانی تخریب جنگل با استفاده از عوامل محیطی، پرداخته شد. نتایج نشان داد ارتفاع و فاصله تا مناطق شهری، بهره‌برداری و فاصله تا روستا به شدت بر احتمال تخریب جنگل می‌افزاید. از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه نیز می‌توان به مطالعات ویو^۱ و همکاران (۲۰۱۴) در کشور ویتنام و مطالعه ماهینی و ترنر^۲ در حوضه آبخیز رودخانه بوروا (واقع در کشور استرالیا) اشاره نمود. آدهیکاری^۳ و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین منطقه کارناتکا در کشور هند پرداختند. بدین منظور از مدل رگرسیون لجستیک استفاده کردند. نتایج نشان داد که رابطه منفی بین تخریب جنگل و مناطق حفاظت شده جنگلی وجود دارد.

در داخل کشور پیرباوقار^۴ (۲۰۱۵) به مدل‌سازی تخریب جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک و GIS در جنگل‌های غرب گیلان پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که احتمال تخریب جنگل با متغیرهای شیب، فاصله از جاده و مناطق مسکونی رابطه معکوس دارد. نتایج ارزیابی نشان داد که مدل به دست آمده با ضریب ROC برابر ۰/۸۰۷ از تطبیق خوبی با واقعیت برخوردار است. استفاده ترکیبی از رگرسیون لجستیک و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نیز در مطالعه قجر^۵ و همکاران (۲۰۱۲) به منظور برآورد سهم صخره و سنگ در خاک‌برداری جاده‌های جنگلی در جنگل‌های آموزشی دانشگاه تربیت مدرس به انجام رسیده است. به این منظور، واحدهای زمین‌شناسی به وسیله فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارزش‌دهی به همراه عامل شیب وارد مدل مربوطه شدند. از بین توابع اتصال مورداستفاده در قدرت برآزش مدل، بهترین نتیجه مربوط به تابع اتصال Probit بود. مهدوی و همکارانشان (۱۳۹۷) به مدل‌سازی تخریب جنگل‌های زاگرس با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: جنگل‌های چرداول استان ایلام) پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که طی ۲۷ سال حدود ۱۰۳۳۲ هکتار از جنگل‌های شهرستان چرداول تخریب شده است؛ همچنین نتایج مدل‌سازی آن‌ها نشان داد که متغیر جهت دامنه با دارا بودن

1 Vu

2 Mahiny and Turner

3 Adhikari

4 Pir Bavaghar

5 Ghajar

بیشترین ضریب تأثیر (۰/۷۲۶۷) شاید مهم‌ترین عامل بیوفیزیکی تأثیرگذار بر تخریب جنگل در منطقه مورد مطالعه بوده است. پس‌از آن، به ترتیب متغیرهای شیب و ارتفاع از سطح دریا در تخریب احتمالی جنگل تأثیر داشته است. شادمانی و همکاران (۱۳۹۹) به مدل‌سازی درجات تخریب جنگل‌های حوضه ماسال استان گیلان با استفاده از رگرسیون لجستیک پرداختند. نتایج مدل نشان داد که مدل ساخته شده با تابع اتصال Probit از قابلیت مناسبی در مدل‌سازی درجات تخریب برخوردار است. همچنین نتایج نشان داد که ۲۰۷۶۰ هکتار از جنگل‌های حوضه مورد مطالعه با درجات بسیار کم تا متوسط با تخریب مواجه شده‌اند.

در این پژوهش سعی و تلاش ما بر آن بوده تا با استفاده از قابلیت‌ها و توانایی‌های فناوری‌های روز از جمله سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی عوامل مؤثر بر کاهش و تخریب جنگل‌های غرب ایران را شناسایی کرده و سپس در قالب الگوی محاسباتی مناسب به صورت یک مدل ریاضی بر گرفته از رفتار طبیعت پیاده‌سازی کنیم. در نهایت به شمای کلی و نزدیک به واقعیت از فرآیند تغییر در جنگل دست یابیم به طوری که بتوان از آن به‌عنوان راهنما برای انتخاب بهترین راه‌حل و ارائه راهکارهای مناسب جهت حفظ و حراست از جنگل استفاده کرد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های سنجش‌ازدور شامل تصاویر MSS^۱ (سال ۱۳۵۶/۴/۳۱)، ETM^۲ (۱۳۷۹/۵/۱۱۲) و OLI^۳ (۱۳۹۷/۵/۱۷) از سایت Earth explorer و نیز نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ منطقه تهیه شده توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح استفاده شد. زمان انتخاب تصاویر، فصل اوج رشد گیاهان است.

۲-۲- منطقه مورد مطالعه

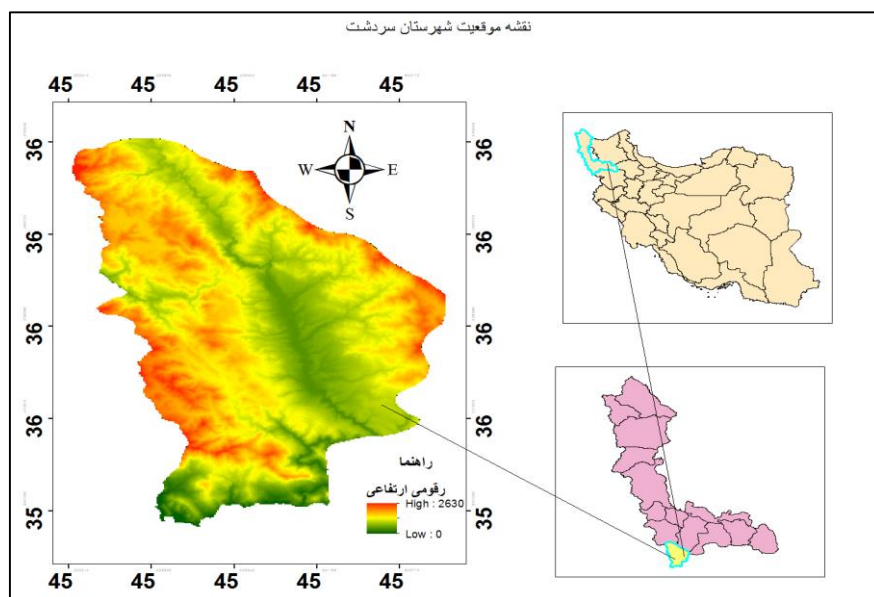
منطقه مورد مطالعه در جنگل‌های زاگرس شمالی و در استان آذربایجان غربی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه با موقعیت جغرافیایی ۳۶°۹' عرض شمالی و ۴۵°۲۸' طول شرقی شهرستان سردشت است که جنگل‌های آن بین ۶۰ تا ۸۰ هزار هکتار تخمین زده می‌شود. شکل ۱، موقعیت منطقه را نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه در سیستم شبکه مسطح UTM^۴ در زون ۳۸ شمالی واقع شده است.

1 Multispectral Scanner

2 Enhanced Thematic Mapper

3 Operational Land Imager

4 Universal Transfer Mercator



شکل ۲- موقعیت شهرستان سردشت در کشور و استان آذربایجان غربی

۳-۲- روش تحقیق

۲-۳-۱ تصحیحات هندسی و رادیومتریک

جهت آماده‌سازی تصاویر، ابتدا تصحیحات هندسی و رادیومتریک بر روی تصاویر انجام گرفت. در ابتدا با استفاده از نقاط کنترل زمینی (۵۴ نقطه) از نقشه‌های توپوگرافی و استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) اقدام به تصحیح هندسی تصاویر گردید. خطاهای به‌دست‌آمده به ترتیب برای تصاویر اول، دوم و سوم برابر با ۰/۳۴، ۰/۱۷ و ۰/۵۱ پیکسل بود که بسیار مطلوب است. در مرحله بعد با کمک روش نمونه‌برداری مجدد^۱ به روش نزدیک‌ترین همسایه^۲ تصاویر در جهت شمال توجیه و گردانده شدند. تصحیح رادیومتریک زمانی انجام می‌گیرد که از تصاویر چند زمانه^۳ یعنی تصاویری که مربوط به فصول یا سال‌های مختلف و یا سنجنده‌های مختلف هستند، استفاده شود. دو نوع تصحیح رادیومتریک وجود دارد، تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی. روش تصحیح رادیومتریک مطلق نیازمند ورود داده‌های مربوط به خصوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده است. انجام این تصحیح در اغلب موارد و به‌خصوص برای داده‌های قدیمی کار بسیار سختی است (دندونکر^۴ و همکاران، ۲۰۰۶) در مقابل تصحیح رادیومتریک نسبی با هدف کاهش متغیرهای اتمسفریک و غیره مستطوره در میان تصاویر چندزمانه

1 Resampling

2 Nearest neighborhood

3 Multi Temporal images

4 Dendoncker

صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های تصحیح رادیومتریک نسبی، کاهش تیرگی پدیده^۱ است. در حالت ایده‌آل پدیده‌های تیره‌رنگ دارای تابش صفر در همه طول‌موج‌ها هستند. در این روش فرض می‌شود که در هر باند از تصویر می‌توان پیکسل‌هایی یافت که مقادیر آن‌ها صفر یا نزدیک به یک است (مثل آب). به این ترتیب اثر اتمسفری تابش انحرافی به صورت یک مقدار ثابت به پیکسل‌ها در هر باند اضافه می‌گردد. به همین دلیل جهت حذف خطای رادیومتریک بایستی ارزش پیکسل‌های هر باند از حداقل DN مربوط به هر باند کم شود. کاهش تیرگی پدیده یک روش ساده است که به‌طور گسترده در بسیاری از موارد به کار گرفته می‌شود (چاوز^۲، ۱۹۹۶). در این مطالعه از این روش جهت تصحیح رادیومتریک تصاویر موردنظر استفاده شده است که به راحتی در نرم‌افزار ENVI قابل اجرا است.

۲-۳-۲- انتخاب نمونه‌های تعلیمی

برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای سال‌های مربوطه از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شد. در این پژوهش نمونه‌های تعلیمی، به عنوان الگوی مشخصات طیفی طبقات، بر اساس کار میدانی انتخاب شدند. با توجه به هدف مطالعه در طبقه‌بندی (جنگل و غیرجنگل) نمونه‌های تعلیمی متناسب با پوشش هر کدام از کلاس‌ها، در منطقه به تعداد لازم و پراکنش متناسب در سطح منطقه انتخاب شده‌اند. انتخاب نمونه‌های تعلیمی با توجه به پوشش جنگلی مناسب منطقه و قابل تشخیص بودن آن از مناطق غیرجنگلی با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی کاذب و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس تعریف شدند. دو کلاس کاربری، به صورت جنگل و غیرجنگل در منطقه مشخص شد. سپس نمونه‌های تعلیمی به شیوه‌ی رقومی کردن روی صفحه تولید و تفکیک شدند.

برای انجام طبقه‌بندی تصاویر از سنجنده ام‌اس‌اس و ای‌تی‌ام‌پلاس و OLI مربوط به سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۷ از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده استفاده گردید. پس از انجام دادن طبقه‌بندی تصاویر هر سال با روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده، تصویر با صحت بالاتر (روش ماشین بردار پشتیبان) جهت انجام عملیات‌های بعدی انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. در روش طبقه‌بندی نظارت شده، محقق بر اساس واقعیت زمینی نمونه‌های تعلیمی را انتخاب و طبقه‌بندی را انجام می‌دهد.

1 Dark Object Subtraction

2 Chavez

۲-۳-۳- تهیه نقشه تغییرات و تخریب سطح جنگل مربوط به سال‌های مورد نظر

پس از طبقه‌بندی تصاویر و ارزیابی صحت نتایج، دقیق‌ترین نقشه‌های جنگل و غیرجنگل مربوط به سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۷۹، ۱۳۹۷ منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند (بر اساس مقایسه صحت روش‌های مختلف طبقه‌بندی). نقشه‌های مذکور به صورت دو دوره از ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۹ و ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷ در محیط GIS تقابل ۱ داده شدند. نقشه‌های حاصل از عملیات تقابل نقشه تغییرات پوشش جنگلی در دوره‌های ۱۳۵۶-۱۳۷۹ و ۱۳۷۹-۱۳۹۷ هستند که میزان و مکان تخریب پوشش جنگلی در دوره مورد نظر را نشان می‌دهند.

۲-۳-۴- تهیه نقشه‌های فاکتورهای مؤثر در تخریب جنگل

شناخت و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به عواملی که در وقوع تخریب جنگل نقش مؤثری دارند، اولین مرحله مطالعه مدل‌سازی تخریب جنگل است. در این پژوهش تعیین این عوامل از طریق بررسی نتایج تحقیقات گذشته در مناطق مشابه صورت گرفت. پس از بررسی‌های انجام شده در منطقه مورد مطالعه، این عوامل در تخریب جنگل‌های منطقه مهم‌تر و مؤثرتر شناخته شدند که شامل: ارتفاع، جهت شیب، فاصله تا آبراهه، شیب زمین، فاصله تا روستا، فاصله تا جاده می‌باشند. در این راستا نقشه عوامل فوق با استفاده از نرم‌افزارهای جی‌آی‌اس ۱۰،۴ و انوی ۵،۳ و ایدرسی سلوا تهیه شده و جهت تجزیه و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

برای بررسی عوامل تأثیرگذار در تخریب جنگل‌های مورد مطالعه، نقشه‌های مشخصه‌های ارتفاع از سطح دریا، جهت شیب، فاصله تا آبراهه، شیب، فاصله تا روستاها و جاده‌ها می‌باشند که در محیط GIS تهیه شدند. با توجه به تعداد و پراکندگی خاص مناطق مسکونی و جاده‌ها و آبراهه‌های موجود در سطح منطقه، تعداد ۱۰ حریم، ۲۰۰ متری از مناطق مسکونی و ۱۰ حریم ۲۰۰ متری از جاده‌ها و ۱۰ حریم ۱۰۰ متری از آبراهه‌ها ایجاد شدند.

۲-۳-۵- تجزیه و تحلیل داده‌ها با رگرسیون لجستیک

کاربرد رگرسیون لجستیک تعیین احتمال وقوع هر یک از سطوح متغیر کیفی دو حالت بر اساس متغیرهای مستقل است و شرایط استفاده از آن به گونه‌ای است که متغیر وابسته حتماً یک متغیر دو حالتی است. رگرسیون لجستیک روش آماری متعلق به گروه مدل‌های آماری خطی تعمیم یافته است که با استفاده از متغیرهای مستقل، احتمال وقوع یک حادثه را مورد پیش‌بینی قرار می‌دهد. نکته مهم و اصلی در رگرسیون لجستیک این است که متغیر وابسته یک متغیر دو حالتی است، یعنی اینکه می‌تواند فقط عدد صفر به معنی عدم وقوع و یک به معنی وقوع رویداد باشد. در مورد تهیه نقشه حساسیت یا احتمال تخریب جنگل، هدف رگرسیون لجستیک یافتن بهترین مدل برای تشریح روابط میان حضور و یا عدم حضور متغیر وابسته (تخریب جنگل) و مجموعه گروه‌هایی از متغیر مستقل است. رگرسیون

لجستیک از روش برآورد حداکثر احتمال^۱ (MLE) برای پیدا کردن بهترین مجموعه پارامترهایی که مدل را بهتر برازش می‌کنند، استفاده می‌کند. خروجی مدل، ضریب‌های بین ۰ و ۱ خواهد داشت که از طریق تئوری فازی به احتمالات بالاتر از ۰/۵ ارزش ۱ (تخریب) و کمتر از ۰/۵ ارزش صفر (بدون تخریب) می‌دهد و نقشه بولین تخریب را تولید می‌کند. رگرسیون با این فرض بکار می‌رود که احتمال یک بودن متغیر وابسته از منحنی لگاریتمی پیروی می‌کند و مقدار آن توسط رابطه (۱) تخمین زده می‌شود (ایستمن^۲، ۲۰۱۲):

$$P(y = 1|X) = \frac{\exp(\Sigma BX)}{1 + \exp(\Sigma BX)} \quad (1)$$

P احتمال یک بودن متغیر وابسته، X متغیر مستقل، B پارامترهای برآورده شده و Y همان متغیر وابسته است که در اینجا تخریب جنگل مد نظر است.

به منظور خطی سازی رابطه بالا، تغییر لگاریتمی روی آن صورت می‌گیرد و به صورت رابطه ۲ حاصل می‌شود.

$$\text{Loge } (P/(1+P)) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + \text{error term} \quad (2)$$

این تغییر لگاریتمی سبب می‌شود احتمال پیش‌بینی شده در دامنه ۰ تا ۱ پیوسته باشد و خروجی مدل به صورت یک نقشه پیش‌بینی مکانی احتمال تخریب ارائه شود.

مدل به دست آمده با استفاده از درصدی از نقاط برگرفته شده از نقشه اولیه تخریب به روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک یا تصادفی طبقه‌بندی شده به صورت ارائه آماره‌های ROC و Pseudo-R2 (مشخصه نسبی اجرایی) ارزیابی می‌شود. Pseudo-R2 برابر ۰/۲ به عنوان برازش مناسب در نظر گرفته می‌شود. ROC آماره مناسبی برای ارزیابی اعتبار مدل است و می‌توان از آن برای مقایسه تصویر مدل‌سازی شده با تصویر واقعی تخریب استفاده کرد. ارزش ۱ نشان دهنده توافق مکانی کامل و ارزش ۰/۵ نشان دهنده توافق کم مدل با واقعیت است (کلارک^۳ و همکاران، ۱۹۸۶).

از ابزارهایی که می‌تواند مورد استفاده برنامه‌ریزان در جهت کنترل روند تغییرات پوشش جنگلی، قرار گیرد مدل‌ها هستند. برای برآورد پراکنش کاهش پوشش جنگلی شهرستان سردشت و تعیین عوامل مؤثر بر آن از روش آماری رگرسیون لجستیک استفاده شد. رگرسیون لجستیک نسبت به سایر روش‌های آماری چند متغیره دارای مزایایی است. این مدل علاوه بر اینکه تابع، ارتباط مناسبی را با مدل رگرسیون خطی معمولی برقرار می‌کند، متغیرها در این روش می‌توانند هم شامل متغیرهای پیوسته و هم متغیرهای گسسته و یا هرگونه ترکیبی از این دو نوع متغیر می‌باشند. همچنین این مدل نسبت به دیگر روش‌های آماری چند متغیره به فرضیات کمتری نیاز دارد (لی و سامپته^۴، ۲۰۰۶).

1 Maximum Likelihood Estimation

2 Eastman

3 Clark

4 Lee

۳- نتایج و بحث

برای آگاهی از وجود یا عدم وجود خطاهای هندسی در تصاویر، از خطوط رقومی شده مربوط به آبراهه‌ها و جاده‌های موجود در منطقه کمک گرفته شد و خطای هندسی مشاهده نشد. همچنین به منظور کنترل دقت هندسی تصاویر خطوط رقومی مربوط به جاده‌ها از نقشه‌های رقومی مربوط به توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ بر روی تصاویر تطابق یافته انداخته شد و تطبیق مسیر راه‌ها در روی تصویر با خطوط وکتوری ۱ مورد مقایسه قرار گرفت و دقت تطابق خوب ارزیابی گردید.

نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی در جدول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. نتایج طبقه‌بندی نظارت شده در شهرستان سردشت از نظر صحت طبقه‌بندی با استفاده از ضرایب صحت کلی و ضریب کاپا، مورد مقایسه و آنالیز آماری قرار گرفت، به طوری که تصاویر سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۷ به ترتیب دارای صحت کلی ۹۹/۸۷، ۹۹/۸۸ و ۹۹/۵۸ درصد است. با توجه به مقادیر بالای ۹۹ درصد صحت کلی، می‌توان از این نقشه‌ها برای تهیه نقشه تخریب استفاده کرد. برای ارزیابی صحت تصویر سال ۱۳۵۶، بخشی از منطقه که در هر سه دوره تغییر نکرده، انتخاب شده و ارزیابی دقت صورت گرفته است.

جدول ۱- نتایج ارزیابی روش طبقه‌بندی نظارت شده تصویر MSS سال ۱۳۵۶ با روش ماشین بردار پشتیبان

روش طبقه‌بندی	کاربری	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	خطای کمسیون	خطای امیسیون	ضریب کاپا	صحت کلی
ماشین بردار پشتیبان	جنگل	۹۹/۸۰	۹۹/۹۸	۰/۰۲	۰/۲۰		
پشتیبان	غیر جنگل	۹۹/۹۸	۹۹/۷۹	۰/۲۱	۰/۰۲	۰/۹۹۷۷	۹۹/۸۸

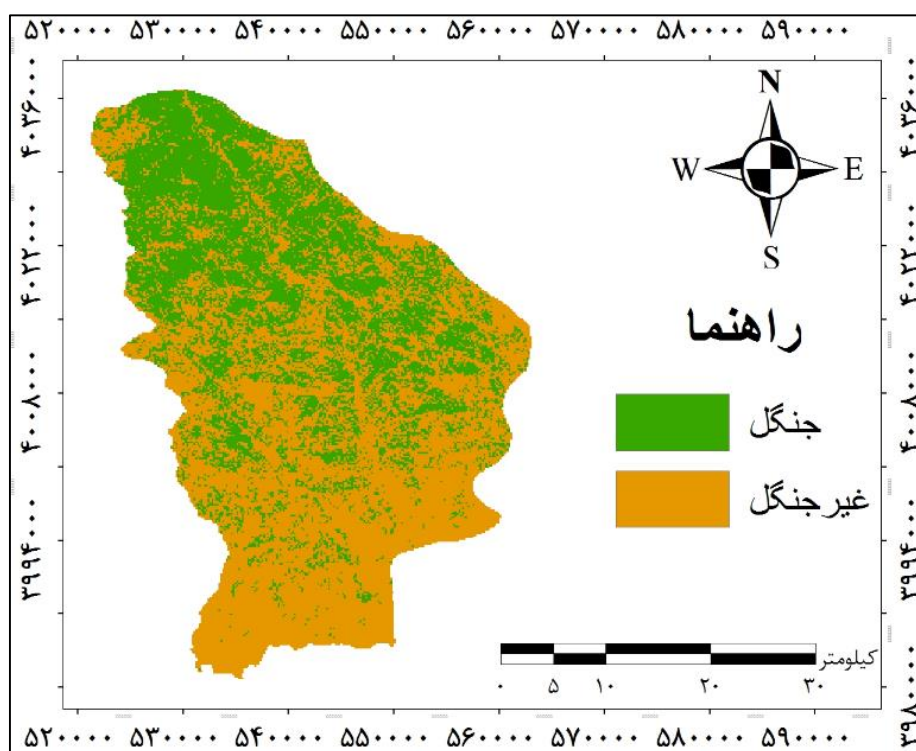
جدول ۲- نتایج ارزیابی روش طبقه‌بندی نظارت شده تصویر ETM+ سال ۱۳۷۹ با روش ماشین بردار پشتیبان

روش طبقه‌بندی	کاربری	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	خطای کمسیون	خطای امیسیون	ضریب کاپا	صحت کلی
ماشین بردار پشتیبان	جنگل	۹۹/۶۷	۹۷/۳۳	۲/۶۷	۰/۳۳		
	غیر جنگل	۹۹/۵۷	۹۹/۹۵	۰/۰۵	۰/۴۳	۰/۹۸۲۵	۹۹/۵۸

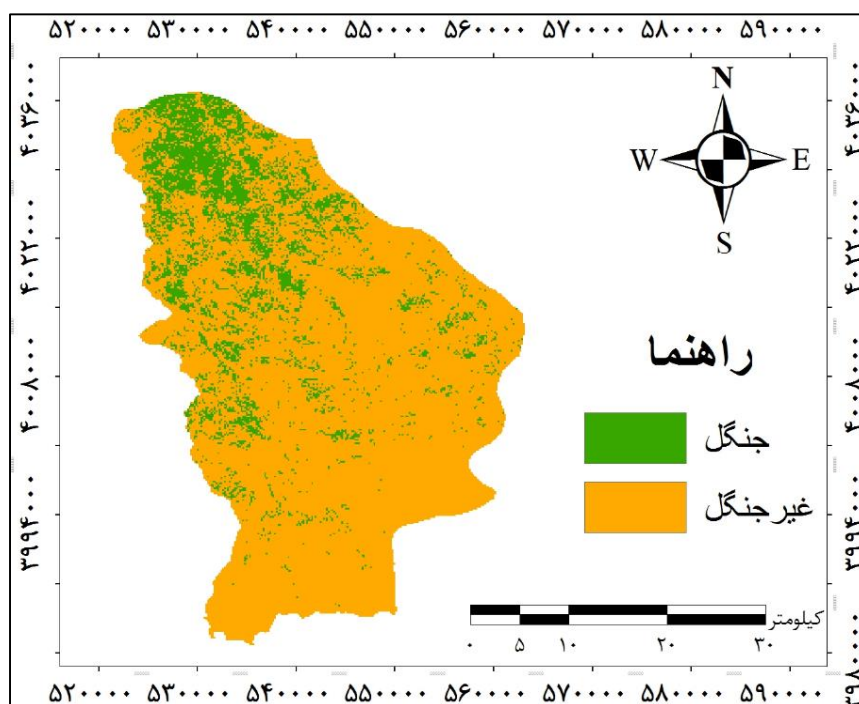
جدول ۳- نتایج ارزیابی روش طبقه‌بندی نظارت‌شده تصویر OLI سال ۱۳۹۷ با روش ماشین بردار پشتیبان

روش طبقه‌بندی	کاربری	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	خطای کمسیون	خطای امیسیون	ضریب کاپا	صحت کلی
ماشین بردار پشتیبان	جنگل غیر جنگل	۹۹/۶۷ ۹۹/۵۷	۹۷/۳۳ ۹۹/۹۵	۲/۶۷ ۰/۰۵	۰/۳۳ ۰/۴۳	۰/۹۸۲۵	۹۹/۵۸

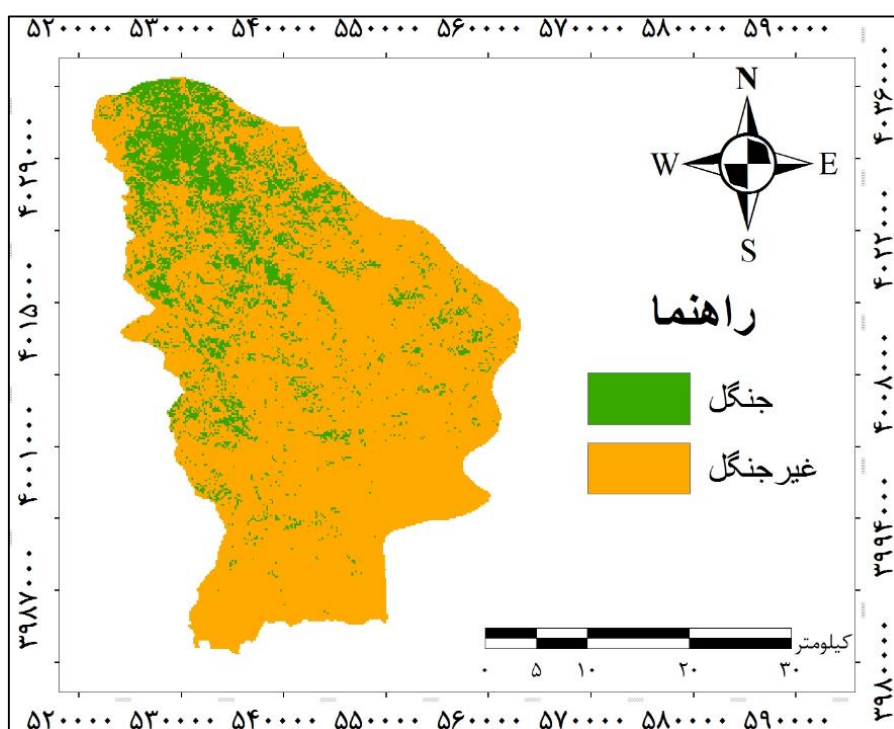
پس از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نقشه میزان و موقعیت پراکنش سطوح جنگلی در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۵۶ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ام‌اس‌اس و سال ۱۳۷۹ با استفاده از تصویر ای‌تی‌ام‌پلاس و سال ۱۳۹۷ با استفاده از تصاویر OLI تهیه گردید. با همپوشانی نتایج طبقه‌بندی‌های سه دوره، نقشه تغییرات اتفاق افتاده به دست آمد (اشکال ۲، ۳ و ۴).



شکل ۲- نقشه گستره جنگل سال ۱۳۵۶ حاصل از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان



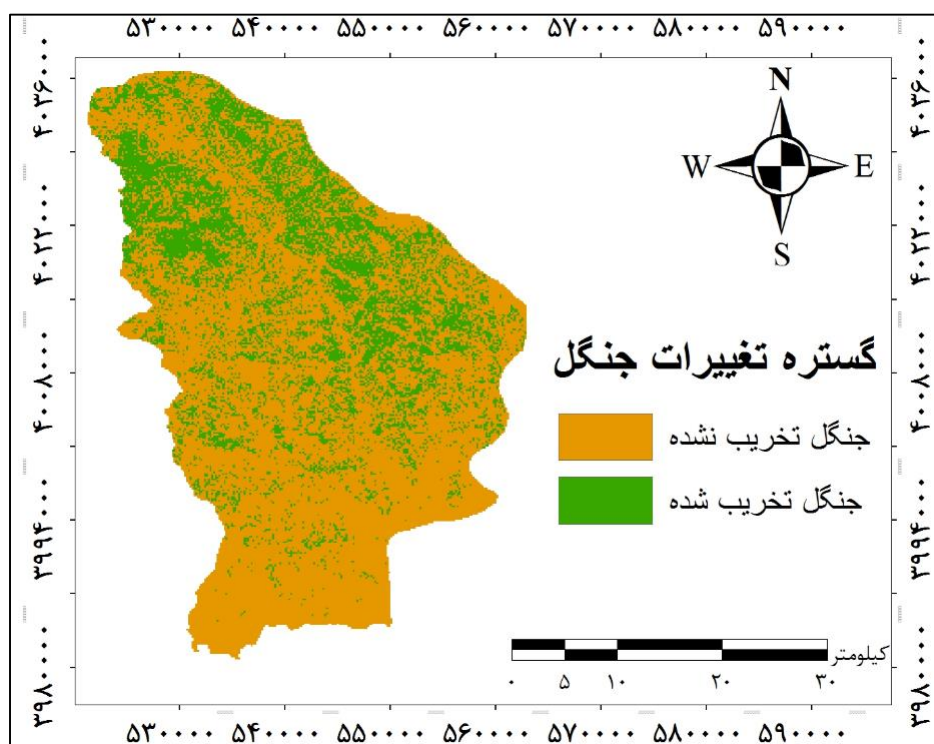
شکل ۳- نقشه گستره جنگل سال ۱۳۷۹ حاصل از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان



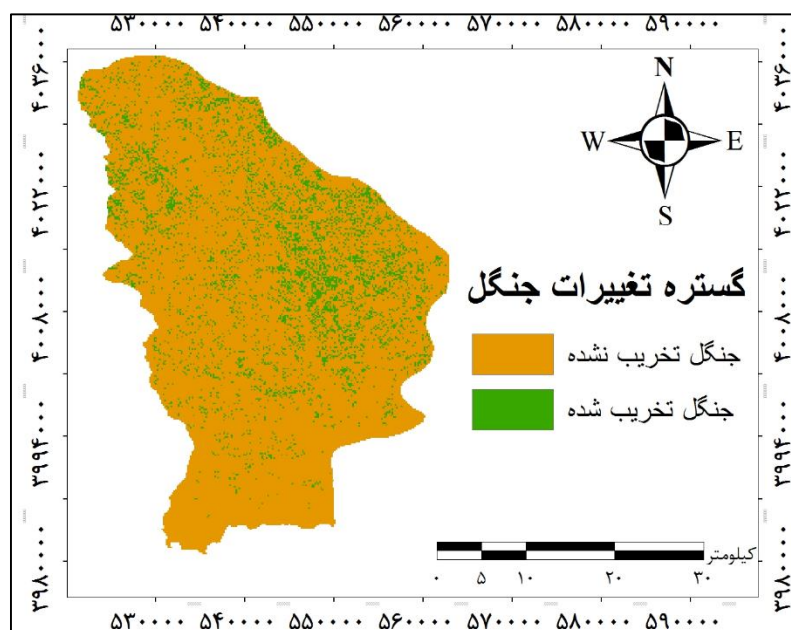
شکل ۴- نقشه گستره جنگل سال ۱۳۹۷ حاصل از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان

۳-۱- تعیین میزان و موقعیت کاهش پوشش جنگلی

از طریق روی هم‌گذاری^۱ نقشه جنگل و غیرجنگل سال‌های ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۹ و ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷ نقشه‌های تغییرات جنگل مربوطه تهیه و میزان و موقعیت تغییرات جنگل و غیرجنگل منطقه به دست آمد (شکل ۵ و ۶). نتایج حاصل از مقایسه دو نقشه حاصل از طبقه‌بندی مربوط به ابتدا و انتهای دوره زمانی مورد نظر نشان داد که در طی این مدت ۴۱ ساله ۳۳۷۲۱ هکتار از سطح مناطق جنگلی کاسته شده است. در مجموع در طی این دوره در منطقه مورد مطالعه ۲۴/۷۲ درصد سطح اولیه جنگل کاسته شده است (جدول ۴ و ۵).



شکل ۵- نقشه گستره تغییرات جنگل حاصل از رویهم‌گذاری سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۹



شکل ۶- نقشه گستره تغییرات جنگل حاصل از رویهم گذاری سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷

جدول ۴- میزان تغییرات مساحت پوشش جنگلی در دوره ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۹

طبقات کاربری	مساحت سال ۱۳۵۶ (هکتار)	مساحت سال ۱۳۷۹ (هکتار)	میزان تغییر سطح (هکتار)	درصد تغییرات نسبت به مساحت کل
جنگل	۵۳۵۷۴/۳۷	۲۱۲۱۹/۷۵	-۳۲۳۵۴/۶۲	-۲۳/۷۲
غیر جنگل	۸۲۸۰۰/۶۵	۱۱۵۱۵۵/۲۷	+۳۲۳۵۴/۶۲	+۲۳/۷۲
جمع کل	۱۳۶۳۷۵/۰۲	۱۳۶۳۷۵/۰۲	-	-

جدول ۵- میزان تغییرات مساحت پوشش جنگلی در دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷

طبقات کاربری	مساحت سال ۱۳۷۹ (هکتار)	مساحت سال ۱۳۹۷ (هکتار)	میزان تغییر سطح (هکتار)	درصد تغییرات نسبت به مساحت کل
جنگل	۲۱۲۱۹/۷۵	۱۹۸۵۳/۳۷	-۱۳۶۶/۳۸	-۱/۰۰
غیر جنگل	۱۱۵۱۵۵/۲۷	۱۱۶۵۲۱/۶۵	+۱۳۶۶/۳۸	+۱/۰۰
جمع کل	۱۳۶۳۷۵/۰۲	۱۳۶۳۷۵/۰۲	-	-

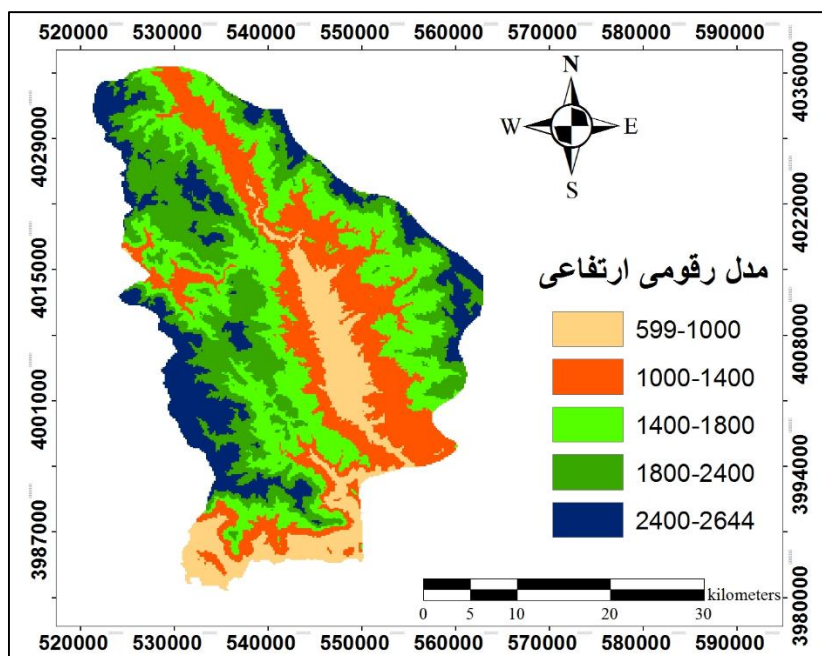
۳-۲- تهیه نقشه‌های عوامل مؤثر بر تخریب جنگل‌های شهرستان سردشت

از مهم‌ترین عوامل مؤثر در روند تخریب جنگل عوامل طبیعی و انسانی است (مسگری، ۱۳۸۱). در این تحقیق، نقشه شیب، جهت جغرافیایی، طبقات ارتفاعی به‌عنوان عوامل طبیعی مؤثر در تغییرات و فاصله از مناطق مسکونی،

جاده‌ها، و فاصله از آبراهه‌ها به‌عنوان نقش عوامل انسانی در وقوع تغییرات مدنظر قرار گرفت. ماتیو^۱ و همکاران (۲۰۰۴)، گرونبرگ (۲۰۰۰) و میریام و تیلور^۲ (۲۰۱۰)، جاده‌سازی را به‌عنوان عامل اصلی تخریب جنگل در مناطق مورد مطالعه خود معرفی کردند.

۳-۲-۱- تهیه نقشه‌های مشخصه‌های اصلی فیزیوگرافی

بر اساس لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) (مدل رقومی ارتفاع ۳۰ متری از سایت <https://earthexplorer.usgs.gov>) منطقه که بیانگر تغییرات ارتفاع در منطقه است، حداقل ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه ۵۵۰ متر و حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۲۶۴۴ متر است (شکل ۷).

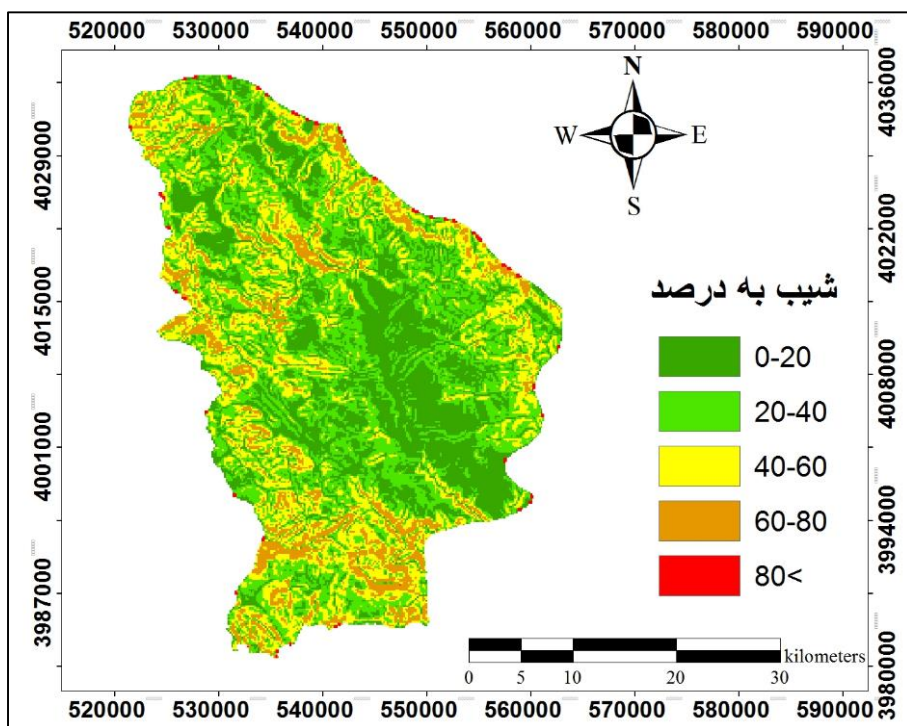


شکل ۷- نقشه طبقات ارتفاع از سطح دریا شهرستان سردشت

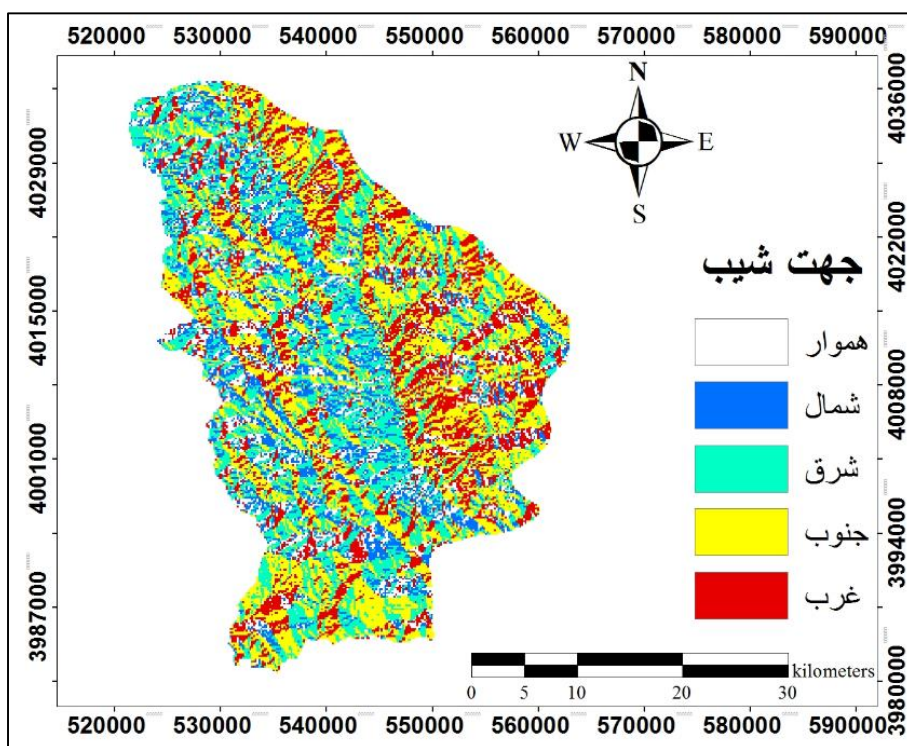
همچنین نقشه‌های شیب و جهت منطقه مورد مطالعه در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است که نشان می‌دهد اراضی منطقه را عوارضی با شیب کم (۰ تا ۴۰٪) تا زیاد (۶۰ تا ۸۰ درصد) تشکیل می‌دهد و جهت عمومی منطقه نیز شمالی و جنوبی است.

1 Matthew

2 Miriam and Taylor



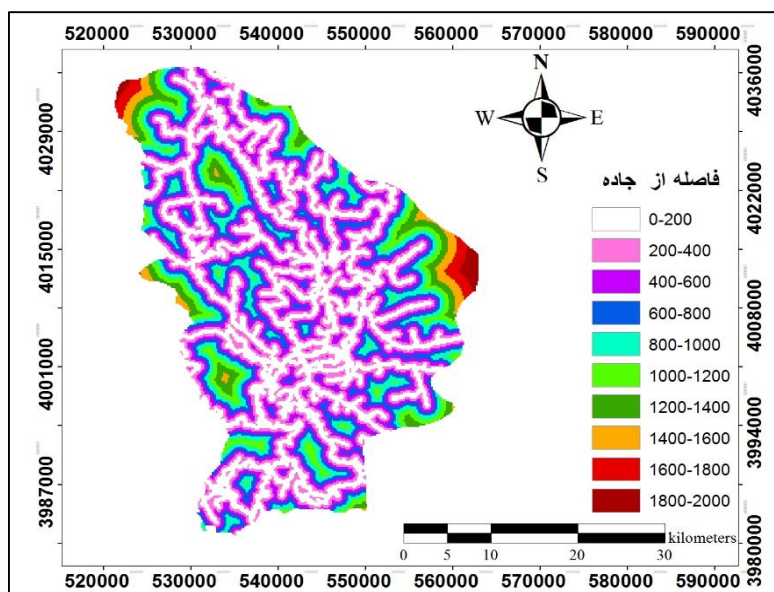
شکل ۸- نقشه طبقات درصد شیب در شهرستان سردشت



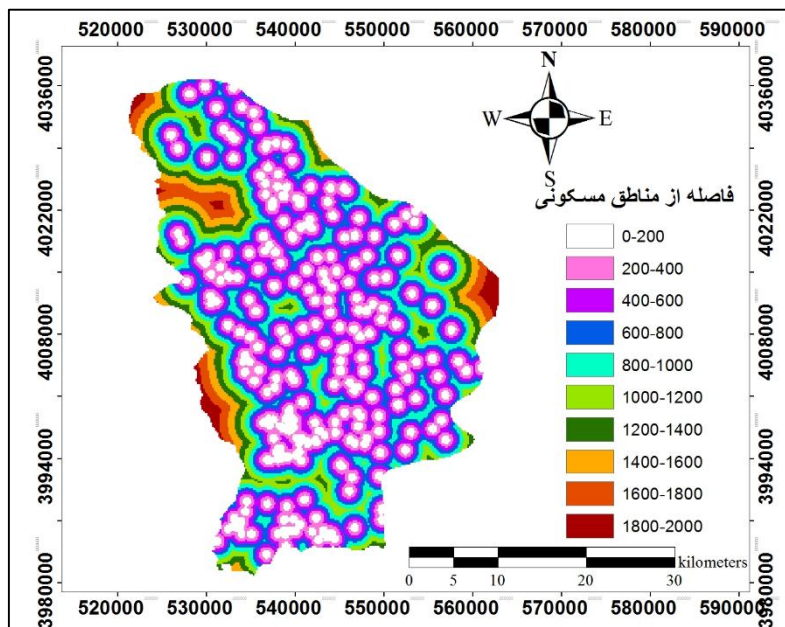
شکل ۹- نقشه طبقات جهت شیب در شهرستان سردشت

۳-۲-۲- تهیه نقشه فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز مسکونی و آبراهه‌ها

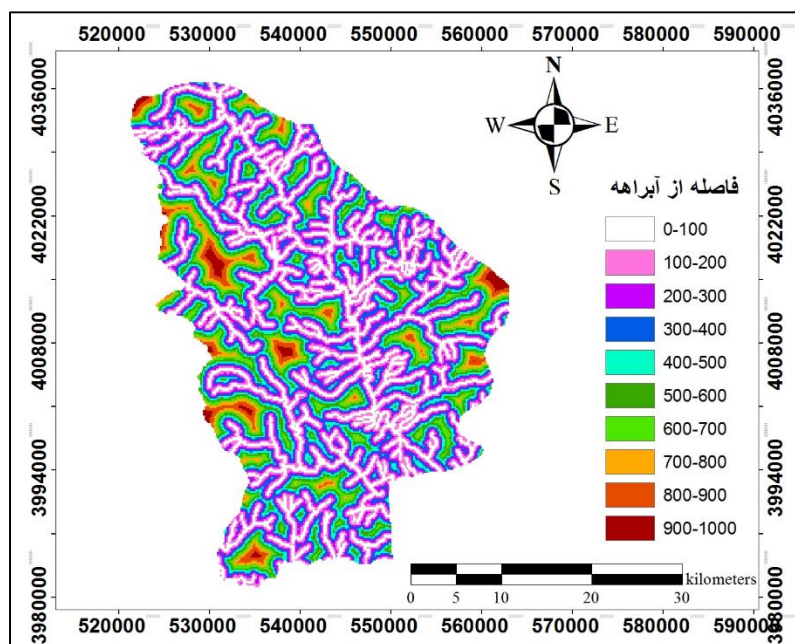
همچنین نقشه‌های مربوط به فاصله از جاده‌ها، فاصله از مناطق مسکونی و فاصله از آبراهه‌ها از مناطق تخریب در شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است؛ که با توجه به پراکنش زیاد (و همگن) عوارض موردبررسی در سطح منطقه مورد مطالعه، فاصله عوارض موردبررسی تا مناطق تخریب غالباً حداقل تا متوسط است.



شکل ۱۰-نقشه طبقات فاصله از جاده‌ها در شهرستان سردشت



شکل ۱۱-نقشه طبقات فاصله از مناطق مسکونی در شهرستان سردشت



شکل ۱۲- نقشه طبقات فاصله از آبراهه‌ها در شهرستان سردشت

۳-۲-۳- ارزیابی صحت نقشه احتمال کاهش پوشش جنگلی

به منظور ارزیابی مدل تهیه شده، از شاخص ویژگی عملیات نسبی (ROC^1) و ضریب تشخیص کاذب^۲ استفاده شده است که به ترتیب برای دوره اول و دوم ۰/۸۱۲۴، ۰/۸۵۲۰، ۰/۲۲۸۲ و ۰/۲۸۵۹ است. به دلیل قرار داشتن در محدوده مورد قبول که برای شاخص ویژگی عملیات نسبی عددی بین ۰-۱ است که هرچه به ۱ نزدیک‌تر باشد، صحت مدل بیشتر می‌شود و برای ضریب تشخیص کاذب عددی بین ۰/۲-۰/۴ است که تأییدکننده قابلیت نسبتاً خوب مدل است.

جدول ۷- ارزیابی صحت مدل رگرسیون لجستیک با استفاده از شاخص‌های ROC و $Pseudo-R^2$

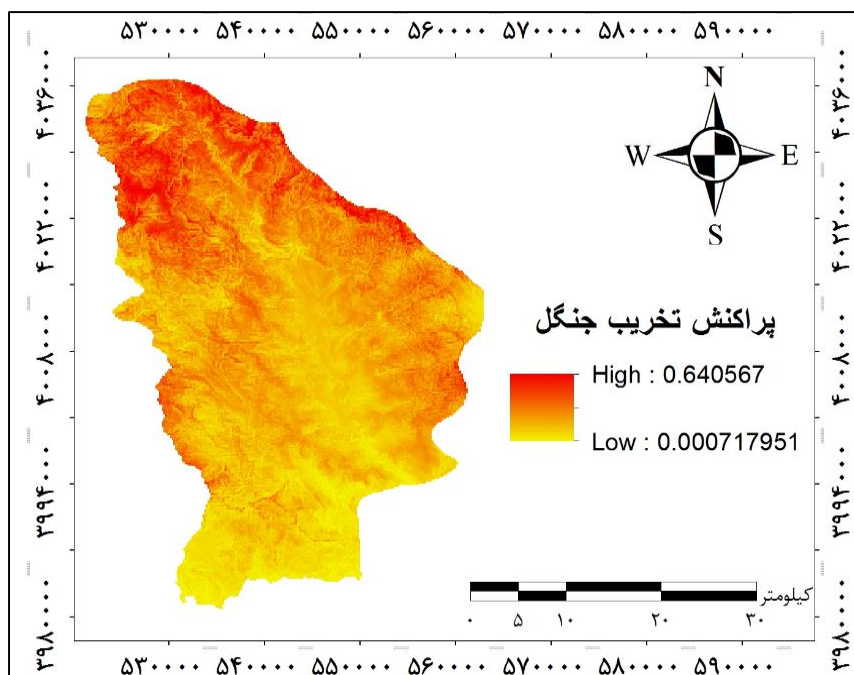
شاخص	دوره ۱۳۷۹-۱۳۵۶	دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۹
ROC	۰/۸۱۲۴	۰/۸۵۲۰
$Pseudo-R^2$	۰/۲۲۸۲	۰/۲۸۵۹

1 Receiver Operating Characteristic

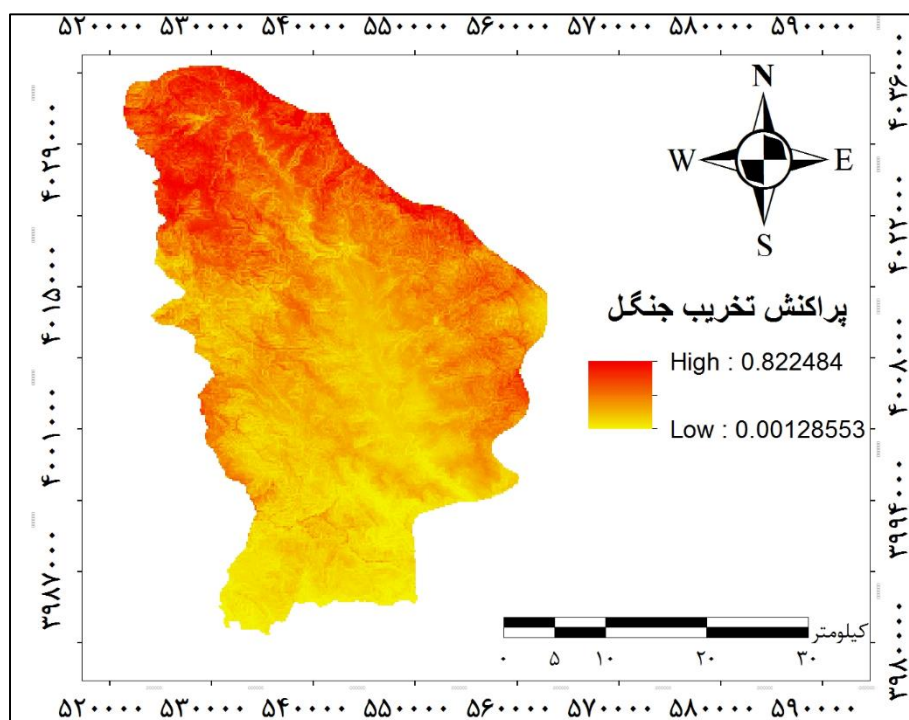
2 $Pseudo-R^2$

۳-۲-۴- مدل‌سازی رگرسیون لجستیکی کاهش پوشش جنگلی شهرستان سردشت

بعد از مشخص شدن میزان و موقعیت مناطق تغییرات پوشش جنگلی، از رگرسیون لجستیک برای تعیین ارتباط عوامل مؤثر بر تغییر پوشش جنگلی و مدل‌سازی آن استفاده شد. داده‌های رقومی ارتفاع از سطح دریا، شیب زمین، جهت شیب زمین، فاصله تا جاده، فاصله تا روستا و فاصله تا آبراهه به‌عنوان متغیرهای مستقل، در محیط جی‌آی‌اس ساخته شدند سپس رابطه رگرسیون لجستیک بین تغییر پوشش ایجاد شده بین سال‌های ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۹ و ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷ به‌عنوان متغیرهای وابسته با پارامترهای ذکر شده به‌صورت جداگانه برقرار گردید. بر اساس این معادله، نقشه برآورد پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های منطقه مورد مطالعه به دست آمد (شکل ۱۳ و ۱۴). در اینجا ضریب ۰ (صفر) به معنی این است که متغیر مورد نظر هیچ‌گونه اثری بر متغیر وابسته نداشته است و هرچه عدد به ۱ نزدیک‌تر باشد تأثیر آن متغیر بر متغیر وابسته بیشتر است.



شکل ۱۳- نقشه برآورد پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های منطقه مورد مطالعه سال (۱۳۵۶)



شکل ۱۴- نقشه برآورد پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های منطقه مورد مطالعه سال (۱۳۹۷)

جدول رگرسیون لجستیک نشان می‌دهد که در شهرستان سردشت به ترتیب جهت شیب، شیب زمین و ارتفاع از سطح دریا مؤثرترین عوامل در تخریب هستند (جدول ۶).

جدول ۶- نتایج مدل رگرسیون لجستیک دوره‌های مورد مطالعه

متغیر مستقل	دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۷	دوره ۱۳۹۷-۱۳۹۹
ضریب	ضریب	ضریب
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۲۰
جهت شیب	۰/۰۵۲۱	۰/۰۲۱۴
فاصله تا مناطق مسکونی	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۰۱
فاصله تا جاده	-۰/۰۰۰۳	-۰/۰۰۰۰۴
شیب زمین	-۰/۰۱۵۲	-۰/۰۱۹۴
فاصله تا آبراهه	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۰۱
ضریب معادله رگرسیون (عرض از مبدأ)	-۴/۴۴۶۵	-۴/۸۴۲۲

یا به صورت مدل برای دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷

$$\text{جهت شیب} \times ۰/۰۲۱۴ + \text{ارتفاع از سطح دریا} \times ۰/۰۰۲ - ۴/۸۴۲۲ = \text{مدل تخریب جنگل}$$

فاصله تا آبراهه $\times 0/00001$ - شیب زمین $\times 0/0194$ - فاصله تا جاده $\times 0/0004$ - فاصله تا مناطق مسکونی $\times 0/00001$ -

۴- نتیجه‌گیری

مدل‌سازی مکانی یک ابزار مناسب برای درک بهتر علت‌های تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمینی محسوب می‌شوند. این تحقیق با هدف پیش‌بینی پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های زاگرس و به‌منظور ردیابی عوامل مؤثر بر تخریب جنگل صورت گرفت.

در این پژوهش نقشه تغییرات پوشش جنگلی مربوط به دو دوره ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۹ و ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷ به‌عنوان متغیر وابسته و داده‌های رقومی ارتفاع، شیب زمین، جهت شیب زمین، فاصله تا جاده، فاصله تا روستاها و فاصله تا آبراهه به‌عنوان پارامترهای مؤثر در روند کاهش پوشش جنگلی به‌عنوان متغیرهای مستقل در برقراری رابطه رگرسیون لجستیک بکار گرفته شدند. خروجی رگرسیون لجستیک با شاخص Pseudo-R2 برای دوره ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۹ برابر با ۰/۲۲۸۲ و شاخص ROC برابر ۰/۸۱۲۴ و برای دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷ با شاخص Pseudo-R2 برابر با ۰/۲۸۵۹ و شاخص ROC برابر با ۰/۸۵۲۰ نشان‌دهنده برازش خوب مدل‌های به‌دست‌آمده با کاهش پوشش جنگلی واقعی و توانایی مناسب مدل در برآورد تغییرات جنگل در منطقه است، نتیجه حاصل شده با نتیجه برازش باقری و شتایی (۱۳۸۹) مطابقت دارد.

با توجه به ضرایب منفی متغیرهای فاصله از مناطق مسکونی و جاده‌ها می‌توان گفت با کمتر شدن فاصله نسبت به این عوامل، توسعه مناطق انسان‌ساخت، جاده‌سازی و افزایش جمعیت نقش مؤثرتری در تخریب جنگل‌های منطقه مورد مطالعه ایفا می‌کنند. ماتیو و همکاران (۲۰۰۴)، گرونبرگ (۲۰۰۰) و میریام و تیلور (۲۰۱۰)، جاده‌سازی را به‌عنوان عامل اصلی تخریب جنگل در مناطق مورد مطالعه خود معرفی کردند. یکی دیگر از عوامل مستقلی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت و در مدل به آن ضریب تعلق گرفت، فاکتور شیب است. در این بررسی در مدل به فاکتور شیب ضریب منفی تعلق گرفت، که نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار میان تغییرات شیب و تخریب جنگل است یعنی با افزایش شیب از میزان تخریب جنگل‌های منطقه کاسته می‌شود. به دلیل اینکه تخریب عمده جنگل‌های منطقه در اثر فعالیت‌های آگروفارستری اتفاق افتاده است و شیب‌های پائین برای کشاورزی مناسب می‌باشند و در نتیجه مناطق مذکور بیشتر مورد تخریب واقع شده‌اند. در ارتباط با تأثیر عامل ارتفاع از سطح دریا روی تخریب جنگل‌های منطقه مورد مطالعه نتایج نشان داد که در ارتفاعات پائین تخریب کمتر است که در خروجی رگرسیون لجستیک به آن ضریب مثبت تعلق گرفت؛ که نتیجه حاصله با نتایج تحقیقات پیراوقار (۱۳۸۳) و رفیعان (۱۳۸۵) که بیان کردند که در ارتفاعات بالا میزان تخریب جنگل بیشتر از ارتفاعات پائین است، هم‌خوانی دارد. در غرب به دلیل کوهستانی بودن در همه نقاط ارتفاعی بخصوص پایین‌بند پراکنده است و تفاوت ناچیز اختلاف ارتفاعی بین مراکز جمعیتی و

جنگل وجود دارد، در حالی که در شمال کشور با افزایش ارتفاع به طور چشم گیری روستاها و مراکز جمعیتی کاهش می یابد. ضریب جهت شیب نیز مثبت بوده و طبق بررسی صورت گرفته از منطقه مورد مطالعه، مشاهده شد که تراکم درختان جنگلی در جهت های شمالی بیشتر و وجود لکه های غیر جنگلی در این مناطق نیز به نسبت کمتر از سایر جهت ها است. جهت های شرقی به دلیل برخورداری از گرما و پوشش علفی بیشتر نسبت به جهت های شمالی در طول زمان بیشتر مورد تعرض قرار گرفته و جنگل های واقع در این مناطق بیشتر تخریب یافته اند.

با توجه به نتایج به دست آمده نرخ متوسط سالانه تخریب جنگل در شهرستان سردشت که مساحت کل آن ۱۳۶۳۷۵/۰۲ هکتار است، ۸۸۷/۳۹ هکتار در سال برای کل دوره زمانی ۴۱ ساله مورد مطالعه برآورد می شود. با توجه به میزان برآورد شده می توان گفت، به طور متوسط سالانه ۰/۶۵ درصد سطح اولیه جنگل در منطقه کاسته شده است، بنابراین میزان تخریب صورت گرفته در این منطقه بیشتر از متوسط جهانی (۰/۲ درصد) آن است. از جمله دلایل این کاهش ۳۳۷۲۱ هکتاری از طبقه جنگل در طی ۴۱ سال را می توان استفاده های نادرست، جاده سازی های زیاد به دلیل مناطق مرزی و جنگ های متعدد، استفاده نادرست تفریحی، تحولات جمعیت، گسترش شهری و کارهای عمرانی و اثرات ناشی از آن در شهرستان سردشت اشاره کرد.

کتابنامه

- باقری، رضا؛ شتایی، شعبان؛ ۱۳۸۹. مدل سازی کاهش گستره جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چهل چای استان گلستان). *مجله جنگل ایران*. ۲(۳): ۲۴۳-۲۵۲.
- پیرباوقار، مهتاب؛ ۱۳۸۳. بررسی تغییرات گستره جنگل در ارتباط با عوامل توپوگرافی و مناطق انسان ساخت (مطالعه موردی: جنگل های شرق استان گیلان). پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری. دانشگاه تهران. ۱۳۶ص.
- ثاقب طالبی، خسرو؛ ساجدی، تکتیم؛ یزدیان، فرشاد؛ ۱۳۸۳. نگاهی به جنگل های ایران. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع. ۵۶ ص.
- جزیره ای، محمدحسین؛ ابراهیمی رستاقی، مرتضی؛ ۱۳۸۲. جنگل شناسی زاگرس. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۶۰ صفحه
- رفعیان، امید؛ درویش صفت، علی اصغر؛ نمیرانیان، منوچهر؛ ۱۳۸۵. تعیین تغییرات گستره جنگل های شمال کشور بین سال های ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM⁺. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*. ۱۰(۳): ۲۷۷-۲۸۶.
- شادمانی، سعدالله؛ قدس خواه دریایی، مهرداد؛ قجر، اسماعیل؛ حیدری صفری کوچی، ابودر؛ ۱۳۹۹. مدل سازی درجات تخریب جنگل های حوضه ۱۲ ماسال استان گیلان با استفاده از رگرسیون لجستیک. *مجله محیط زیست طبیعی*. منابع طبیعی ایران. دوره ۷۳. شماره ۱. ۴۹-۱.
- مسگری، سعید؛ ۱۳۸۱. بررسی تغییرات سطوح جنگل ها با استفاده از GIS و سنسور از دور. تهران. طرح پژوهشی دانشکده فنی. دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

مهدوی، علی؛ رنگین، سمیه؛ مهدی‌زاده، حسین؛ میرزایی‌زاده، وحید؛ ۱۳۹۷. مدل‌سازی تخریب جنگل‌های زاگرس با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: جنگل‌های چرداول استان ایلام). *مجله جغرافیا و پایداری محیط*. ۸(۲۷): ۱-۱۳.

- Adhikari S, Fik T, Dwivedi P., 2017. Proximate causes of land use and land cover change in Bannerghatta national park: a spatial statistical model, pp 1-23
- Chavez PSJ., 1996. Image-Based Atmospheric Corrections -Revisited and Improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (PE&RS)*. 62: 1025-1036.
- Cheng J, Masser I., 2003. Urban growth pattern modeling: a case study of Wuhan city, PR China. *Landscape and urban planning*, 62, 199-217.
- Clark WAV, Peter LH., 1986. *Statistical Methods for Geographers*. 1st Edition. Chichester: Wiley.
- Dendoncker N, Patrick B, Mark R., 2006. A Statistical Method to Downscale Aggregated Land Use Data and Scenarios. *Journal of Land Use Science* 1(2-4): 63-82.
- Eastman JR., 2012. Idrisi Production, Clark Labs-Clark University IDRISI Selva Tutorial.
- Ghajar I, Najafi A, Torabi SA, Boston K., 2012. Rock share estimation in forest road excavation using the Ordinal Logistic Regression (OLR) and the Analytical Hierarchy Process (AHP). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 20(2): 313-323. (In Persian).
- Gruenberg WD, Curtin P, Shaw W., 2000. *Deforestation Risk for the Maya Biosphere Reserve, Guatemala*. School of Renewable Natural Resources, The University of Arizona, Tucson, Arizona, USA, 266 pp.
- Lee S, Sampath T., 2006. Landslide Susceptibility Mapping in the Damrei Romel Area, Cambodia Using Frequency Ratio and Logistic Regression Models. *Environmental Geology*, volume 50, pages 847-855.
- Lin YP, Hong, NM, Wu PJ, Verburg PH., 2007. Impacts of land use change scenarios on hydrology and land use patterns in the Wu-Tu watershed in northern Taiwan. *Landscape and Urban Planning*, 80, 111-126.
- Matthew L, Robert J, Smith RJ, Nigel LW., 2004. Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity and Conservation*, 13: 1809-1818.
- Millington J, Perry DA, George L, Romero-Calcerrada R., 2007. Regression techniques for examining land use/cover change: A case study of a Mediterranean landscape. *Ecosystems*, 10, 562-578.
- Miriam SW, Taylor VS., 2010. Modeling social and land-use/land-cover change data to assess drivers of smallholder deforestation in Belize. *Applied Geography* 30: 329-342.
- Phompila C, Lewis M, Ostendorf B, Clarke K., 2017. Forest cover changes in Lao tropical forests: physical and socio-economic factors are the most important drivers. *Land*, 6(23), 1-14.
- Pirbavaghar M., 2015. Deforestation modelling using logistic regression and GIS. *Journal of Forest Science*, 61(5), 193-199. (In Persian).
- Salman Mahiny A, Turner BJ., 2003. *Modeling past vegetation change through remote sensing and GIS: a comparison of neural networks and logistic regression methods*. School of Resources, Environment and Society, the Australian National University, Canberra 0200, Australia.
- Schneider LC, Pontius JRG., 2001. Modeling land-use change in the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 85, 83-94.
- Sumon N, Mizoue N, Zawhtum N, Kajisa T, Yoshida S., 2012. Factors affecting deforestation and forest degradation in selectively logged production forest: A case study in Myanmar. *Article in Forest Ecology and Management*, 267, 190-198.

Vu QM, Le QB, Frossard E, Vlek PLG., 2014. Socio-economic and biophysical determinants of land degradation in Vietnam: An integrated causal analysis at the national level. *Land Use Policy*, 36, 605-617.