Kharazmi University

Spatial Analysis Environmental Hazards

**Online ISSN: 2588-5146**
**Homepage: https://khu.ac.ir**

# Modeling and forecasting the risk of forest degradation on the emitting amount of carbon dioxide gas using the REDD model (Case study: Cities of Chalus and Nowshahr)

**Saleh Arekhi [1]✉ | Habibollah Kour [2] | Somayeh Emadodin [3]**

1. Corresponding Author, Golestan University, Gorgan, Iran. E-mail: arekhi1348@yahoo.com
2. Golestan University, Gorgan, Iran. E-mail: h.kour@yahoo.com
3. Golestan University, Gorgan, Iran. E-mail: s.emadodin@gu.ac.ir

## Article Info

**Article type:**
Research Article

**Article history:**
Received 06 August 2024
Accepted 02 March 2025
Published online 09 September 2025

**Keywords**:
NDVI,
REDD Project,
Markov Chain,
Remote Sensing,
Kappa Coefficient,
Carbon Dioxide.

## ABSTRACT

**Objective**: Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) is a climate change mitigation strategy that is used to reduce the intensity of deforestation and greenhouse gas emissions in developing countries. In recent decades, severe land use changes have caused a significant reduction in the Hyrcanian forests located in Mazandaran province. To this end, the aim of this study is to investigate land use changes and predict them for the year 2052 using a Markov chain and the REDD project to reduce carbon dioxide emissions for the cities of Noshahr and Chalus.

**Methods**: Using images from the TM and ETM+ sensors of the Landsat satellite, a land use map was prepared in three time periods corresponding to the years 1990, 2001, and 2022. The maximum likelihood method was used to classify the images from the supervised classification. From the error matrix, the kappa coefficient in this assessment was obtained as 0.83 for 1990, 0.81 for 2001, and 0.92 for 2022.

**Results**: The results show that forest cover will decrease in 2052. In contrast, the area of rangeland, city, wasteland, agriculture and wetland will increase. Based on the goals of the REDD project, the amount of carbon dioxide emissions was calculated until 2052. If the REDD project is not implemented, a large area of forest cover will be destroyed in the region and more carbon dioxide will be emitted. The amount of carbon dioxide in the project implementation area in 2022 is 49681 tons and will reach 806732 tons by 2052. By implementing the REDD project in the region, this amount of gas can be increased to 402321 tons and the emission of 404411 tons of carbon dioxide into the upper atmosphere can be prevented.

**Conclusions**: Examining changes using satellite imagery can help managers and planners make more informed decisions.

**Cite this article:** Arekhi, S., Kour, H.A., & Emadodin, S. (2025). Modeling and forecasting the risk of forest degradation on the emitting amount of carbon dioxide gas using the REDD model (Case study: Cities of Chalus and Nowshahr). *Spatial Analysis Environmental Hazards*, 12 (46 & 795), 19-46. http//doi.org/10.61882/jsaeh.12.46.795.19

© The Author(s)
Publisher: Kharazmi University
DOI: https://doi.org/10.61882/jsaeh.12.46.795.19

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

# EXTENDED ABSTRACT

## *Introduction*

One of the functions of forest lands is to preserve the amount of stored carbon. With the implementation of REDD projects, activities such as the conversion of forest areas and areas into agricultural or residential land, arbitrary cutting of trees and any important factors that cause the degradation and change of use of forest lands in the project implementation area will be prevented. The success of REDD projects in protecting and maintaining forest cover can increase carbon sequestration in the regions and areas under the implementation of the project. In fact, REDD projects have been proposed with the aim of increasing carbon sequestration in areas with severe land use changes and deforestation activities) Atela et al., 2014) and has an irreplaceable role in regulating and protecting the atmosphere, water and soil, reducing the concentration of greenhouse gases and increasing and maintaining the stability of the climate (Weishou et al., 2011). The purpose of this study is to show and quantify the role of forests in reducing CO2 emissions. By summarizing the mentioned cases, we can raise these questions: How effective is the protection of Hyrkan forests in Mazandaran province in reducing CO2 emissions?

## *Methods*

The area investigated in this study is Nowshahr and Chalus cities. These cities are located around 50°55' to 51°27' east longitude and 36°9' to 36°41' north latitude. TM and ETM+ sensors of Landsat 5 and 7 were used to conduct the research. Landsat TM5 sensor image related to 1989/10/12, Landsat TM5 sensor image related to 2000/9/26 and Landsat ETM7+ sensor image related to 2021/10/19 (for all three images: Path and row No:165-34).

The main steps of the research include two main parts. The first part includes the modeling of land cover changes in the LCM environment, and the second part is the modeling of the REDD baseline based on the optional carbon standard method. Before any analysis and processing, the data were checked for geometric and radiometric errors. The data was downloaded at the L1T level, but in order to ensure no errors, by displaying each band as well as different color combinations on the computer screen and by enlarging different parts of these images, the all three times were checked for radiometric errors such as striping. To check the geometric condition of the images and ensure the suitability of the geometry of the images, the layers of roads and waterways were extracted from 1:25000 digital maps and placed on the satellite images. Maximum likelihood Supervised classification method was used to prepare land cover maps. The first step in performing a supervised classification is to define the areas that will be used as training samples for each class (Eastman, 2006).

Detecting land use changes is an essential tool for environmental analysis, planning and management. The land change modeler is a software for creating sustainable ecological development, which is designed and built to recognize the urgent and increasing problem of land changes and the analytical needs of preserving biodiversity, and is an auxiliary tool in the IDRISI Terrset software system. Accuracy estimation is very important for understanding the obtained results and using these results for decision making. The most common accuracy estimation parameters include total accuracy and kappa coefficient (Lu et al., 2004).

The REDD model in LCM to calculate the reduction of greenhouse gas emissions, which is the result of implementing a REDD project, includes the following steps, the approach of which is designed based on the Biocf methodology. The main stages of the research include two parts of modeling forest cover changes in the land change modeling environment and baseline modeling (Rajitha et al., 2010). REDD is based on the Voluntary Carbon Standard

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

(VCS) method. REDD baseline modeling is embedded in the land change modeling environment, and with its help, it is possible to investigate future greenhouse gas emission reduction scenarios with the land cover change modeler.

## *Results*

The results of the radiometric quality check and geometric control of the images showed that the images of every three years are of good quality and do not have any of the known radiometric errors. Also, the images with the layers of roads and waterways are completely spatially consistent and do not require geometric correction. Also, the classification of the images using the maximum likelihood classification showed that six land use classes include forest, range land, city, barren land, wetland and agriculture in the study area.

Based on the obtained results, the changes occurred in the period of 1989-2000, the forest class shows a decrease of -0.84% in area, and for range land, city, barren land, and agriculture class, respectively, 0.99, 38. 1, 0.03, 0.09 percent have increased their area. In the period of 2000-2021, about 3.7 percent decrease in the area of the forest cover was observed. Range land class 1%, city class 0.16%, barren land 0.04% and agriculture 0.73% have increased area. The results obtained for the accuracy test of land cover classification in 1989 show a total accuracy of 90% and a Kappa coefficient of 0.83. For the year 2000, the total accuracy and Kappa coefficient were 93% and 0.81, respectively. For the year 2021, the total accuracy was 93% and the kappa coefficient was estimated at 0.81.

The avoided amount of carbon dioxide will increase from 49,535 tons in 2021 to 482,213 tons in 2051 between the beginning of the forecast year and the last year, which shows a significant amount compared to before the implementation of the project. Because with this process, we will move towards reforestation and preservation of biological species and the implementation of the policies of the Kyoto agreement, and the path will be opened for a clean sustainable process. Figure 22, which shows the actual amount of carbon dioxide emissions under the implementation of the REDD scenario, based on the results, this amount will decrease in the project implementation area between 2021 and 2051. Figure 23, which shows the amount of degradation of the forest cover under the baseline scenario, every year the area of the forest cover in the area of project implementation and seepage will be reduced in case of non-implementation of the REDD project, which will be 1260, 990 and 2240 hectares of forest cover, respectively in 30 years with the project implementation area, seepage and the entire area will be destroyed under the baseline scenario. Figure 24 shows how much carbon emissions into the atmosphere will be prevented if the project is implemented. In the present study, between 2021 and 2051, about 2240 hectares of forest cover will be destroyed and 927438 tons of carbon dioxide will be released, which in if the REDD project is implemented, this amount of emission reaches 398,757 tons of carbon dioxide, which can prevent the emission of 529,681 tons of carbon dioxide.

## *Conclusion*

The current research has shown that in relation to the studied area, the implementation of REDD projects can help to reduce the emission of CO2 gas into the atmosphere and finally adjust the climate changes in the long term. Due to the severe trend of land use changes in Mazandaran province, in the near future we will witness the negative consequences of climate change if this trend continues. Also, Hyrcanian forests have conditions similar to the area studied in this research. Therefore, the implementation of REDD projects can show the contribution of Hyrcan forests as one of the world's valuable carbon reserves in reducing greenhouse gas emissions and adjusting climate changes. Also, through the implementation of

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

these projects, one can benefit from the financial benefits of reducing greenhouse gas emissions under the Clean Development Mechanism projects.

***Keywords:*** NDVI, REDD Project, Markov Chain, Remote Sensing, Kappa Coefficient, Carbon Dioxide.

### *Author Contributions*
All authors participated in data collection, preparation of the research report, and data analysis.

### *Data Availability Statement*
Data is available upon request from the authors.

### *Acknowledgements*
The respected referees are thanked for providing structural and scientific comments.

### *Ethical considerations*
The author has observed ethical principles in conducting and publishing this scientific research, and this is confirmed by them.

### *Funding*
This article has no sponsor.

### *Conflict of interest*
According to the author's declaration, this article has no conflict of interest.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]

[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

دانشگاه خوارزمی

**تحلیل فضایی مخاطرات محیطی**

*شاپا الکترونیکی:* ۲۵۸۸-۵۱۴۶

Homepage: https://khu.ac.ir

# مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر تخریب جنگل روی میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن با پروژه REDD (مطالعه موردی: شهرستان‌های چالوس و نوشهر)

صالح ارخی[۱]✉ | حبیب‌الله کر[۲] | سمیه عمادالدین[۳]

۱. نویسنده مسئول، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران. رایانامه: arekhi1348@yahoo.com

۲. دانشگاه گلستان، گرگان، ایران. رایانامه: h.kour@yahoo.com

۳. دانشگاه گلستان، گرگان، ایران. رایانامه: s.emadodin@gu.ac.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۳/۰۵/۱۶
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۱۲/۱۲
**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۴/۰۶/۱۸

**کلیدواژه‌ها:**
NDVI،
پروژه REDD،
زنجیره مارکوف،
سنجش از دور،
ضریب کاپا،
گاز دی‌اکسید کربن.

**چکیده**

**هدف:** کاهش انتشارات ناشی از جنگل‌زدایی و تخریب جنگل (REDD)، راهکاری برای تعدیل تغییرات اقلیمی است که به منظور کاهش شدت جنگل‌زدایی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای در حال توسعه به کار گرفته می‌شود. در چند دهه اخیر، تغییرات شدید کاربری اراضی سبب کاهش میزان چشمگیری از جنگلهای هیرکانی واقع در استان مازندران شده است. به این منظور هدف این مطالعه، بررسی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن برای سال ۱۴۳۰ با استفاده از زنجیره مارکوف و پروژه REDD برای کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن برای شهرستان‌های نوشهر و چالوس می‌باشد.

**روش پژوهش:** با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM و $ETM^{+}$ ماهواره‌ای لندست نقشه کاربری اراضی در سه دوره زمانی مربوط به سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۴۰۰ تهیه شده است. برای طبقه‌بندی تصاویر از طبقه‌بندی نظارت شده، روش حداکثر احتمال استفاده گردید. از ماتریس خطا، ضریب کاپا در این ارزیابی برای سال ۱۳۶۸ برابر با ۰/۸۳، سال ۱۳۷۹ برابر با ۰/۸۱ و برای سال ۱۴۰۰ برابر با ۰/۹۲ بدست آمد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان می‌دهد که پوشش جنگل در سال ۱۴۳۰ کاهش پیدا می‌کنند. در مقابل مساحت اراضی مرتع، شهر، زمین بایر، کشاورزی و تالاب روند افزایشی خواهند داشت. براساس اهداف پروژه REDD، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن تا سال ۱۴۳۰ محاسبه گردید. در صورت عدم اجرای پروژه REDD، در منطقه مساحت زیادی از پوشش جنگل تخریب و دی‌اکسیدکربن بیشتری انتشار می‌یابد. میزان دی‌اکسیدکربن در سال ۱۴۰۰ در منطقه اجرای پروژه، ۴۹۶۸۱ تن می‌باشد و تا سال ۱۴۳۰ به میزان ۸۰۶۷۳۲ تن خواهد رسید و با اجرای پروژه REDD در منطقه می‌توان این میزان گاز را به معادل ۴۰۲۳۲۱ تن رساند و از انتشار ۴۰۴۴۱۱ تن دی‌اکسیدکربن به جو فوقانی زمین جلوگیری نمود.

**نتیجه‌گیری:** بررسی تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان کمک کند، تا تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند.

**استناد:** ارخی، صالح؛ کر، حبیب‌الله؛ و عمادالدین، سمیه (۱۴۰۴). مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر تخریب جنگل روی میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن با پروژه REDD (مطالعه موردی: شهرستان‌های چالوس و نوشهر). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۴۶ و ۷۹۵)، ۱۹-۴۶.
https://doi.org/10.61882/jsaeh.12.46.795.19

ناشر: دانشگاه خوارزمی © نویسندگان CC BY NC



[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

## مقدمه

تغییر کاربری زمین از عوامل مهم در چرخه تغییرات آب و هوایی است و ارتباط بین این دو متقابل است (ابراهیم نیا[1] و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از کارکردهای اراضی جنگلی حفظ و نگهداری مقدار کربن ذخیره شده می‌باشد. با اجرای پروژه‌های REDD[2] از فعالیت‌هایی مانند تبدیل مناطق و محدوده‌های جنگلی به زمین‌های کشاورزی یا مسکونی، قطع بی‌رویه درختان و هرگونه عوامل مهمی که سبب تخریب و تغییر کاربری اراضی جنگلی در ناحیه اجرای پروژه شود، جلوگیری خواهد شد. موفقیت پروژه‌های REDD در حفاظت و نگهداری از پوشش جنگلی می‌تواند باعث افزایش ترسیب کربن در مناطق و محدوده‌های تحت اجرای پروژه گردد. در واقع پروژه‌های REDD با هدف افزایش ترسیب کربن در مناطقی با تغییرات شدید کاربری‌های اراضی و فعالیت‌های جنگل‌زدایی مطرح شده‌اند (آتلا[3] و همکاران، ۲۰۱۴). پوشش‌گیاهی از زیست بوم‌های اصلی زمین است و نقش غیرقابل جایگزینی در تنظیم و حفاظت از هواسپهر، آب و خاک، کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای و افزایش و حفظ ثبات آب و هوا دارد (ویشو[4] و همکاران، ۲۰۱۱). در نتیجه، هر گونه تغییر در پوشش گیاهی، تأثیر بزرگی بر محیط زیست طبیعی خواهد گذاشت. چندین دهه افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو کره زمین باعث شده است تا نگرانی‌هایی در ارتباط با افزایش دمای زمین و تبعات آن مانند بالا آمدن سطح دریاهای آزاد به وجود بیاید، به همین دلیل دانشمندان بر این باورند که بهترین روش، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو زمین است (کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد درباره تغییر اقلیم[5]، ۲۰۰۸).

REDD، محزکی برای کاهش شدت جنگل‌زدایی و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد و چارچوبی تعیین شده است که به واسطه آن کشورهای در حال توسعه با شناسایی میزان نرخ جنگل‌زدایی در زمان گذشته به پیش‌بینی روند تخریب جنگل در آینده پرداخته و می‌توانند اقدامات موثری را در زمینه کاهش نرخ جنگل‌زدایی و انتشار گازهای گلخانه‌ای طراحی کند و در نهایت از پاداش مالی به واسطه این اقدامات بهره‌مند شود (پارکر[6] و همکاران، ۲۰۰۹). REDD، یک فرصت منحصر بفرد برای دستیابی به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در مقیاس وسیع با هزینه‌های معقول می‌باشد (فلپس[7] و همکاران، ۲۰۱۲). در مراحل آغازین، ایجاد REDD، در راستای اقدام طرح بالی[8]، مصوبه‌ای در سیزدهمین دوره کنفرانس اعضای سران (Cop-13)[9] به کنوانسیون تغییرات اقلیمی سازمان ملل متحد[10] اعلام شد که بیان داشت: یک رویکرد جامع برای تعدیل تغییرات اقلیمی باید شامل اقدامات سیاسی و انگیزشی مثبت در ارتباط با کاهش انتشارات ناشی ناشی از جنگل‌زدایی و تخریب جنگل در کشورهای در حال توسعه باشد و نقش موثری در زمینه حفاظت، مدیریت پایدار جنگل‌ها و افزایش ذخایر کربن جنگل ها ایفا نمایید (کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد درباره تغییر اقلیم[11]، ۲۰۰۸). در همین رابطه، در چند سال اخیر، پروژه‌های REDD، با نام ظهور جهانی جنگل ها، به عنوان راهکاری برای تعدیل تغییرات اقلیمی در مقیاس‌های ملی، استانی و ناحیه‌ای توجهات جهانی بسیاری را به سوی خود جلب کرده‌اند.

هدف پروژه‌های REDD، افزایش ترسیب کربن در مناطقی با تغییرات شدید کاربری اراضی و فعالیت‌های جنگل‌زدایی می‌باشد (آتلا[12] و همکاران، ۲۰۱۴، ایستمن[13]، ۲۰۱۲a) و موفقیت این پروژه ها در حفاظت از جنگل‌ها می‌تواند سبب افزایش

---

1 - Ebrahimnia
2 - Reducing emissions from deforestation and forest degradation
3 - Atela
4 - Weishou
5 - UNFCCC
6 - Parker
7 - Phelps
8 - Bali Action Plane
9 - Conference of the Parties
10 - United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
11 - UNFCCC
12 - Atela
13 - Eastman

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

پذیری[۱] ترسیب کربن در مناطق تحت اجرای پروژه شود. در واقع در راستای اجرای پروژه‌های REDD، از هر گونه عوامل مهم تخریب پوشش جنگل در ناحیه اجرای پروژه جلوگیری خواهد شد (آلبرز و رابینسون[۲]، ۲۰۱۳). علاوه بر این، پروژه‌های REDD، ابعاد اجتماعی- اقتصادی و حفاظت از تنوع زیستی منطقه را نیز تحت تایر قرار می‌دهند و به دنبال بهبود عملکرد آنها می‌باشد (بلوم[۳] و همکاران، ۲۰۱۰؛ مایلز و کاپو[۴]، ۲۰۰۸). تا امروز، بسیاری از کشورهای متاثر از تغییرات شدید کاربری اراضی و جنگل‌زدایی به عضویت برنامه همکاری ملل متحد[۵] در زمینه پروژه‌های REDD در امده‌اند (کاملارچیک و اسمیت هال[۶]، ۲۰۱۴). در واقع، پروژه‌های REDD به عنوان یکی از مکانیسم‌های پاک با هدف احیای جنگل‌ها مطرح می‌باشند. با استفاده از روش‌شناسی مطالعه حاضر، می‌تواند سند طراحی پروژه‌هایی را که به منظور حفاظت و احیای جنگل‌ها در راستای اهداف مکانسیم توسعه پاک[۷] ارایه شده است را تکمیل نمود و در راستای تعدیل تغییرات اقلیمی، میزان کاهش انتشار را مورد بررسی قرار داد.

هدف مطالعه حاضر نشان دادن و همچنین کمّی نمودن نقش جنگل‌ها در کاهش انتشار گاز $CO_2$ است. با جمع‌بندی موارد اشاره شده می‌توان این سوالات را مطرح نمود که حفاظت از جنگل‌های هیرکانی در استان مازندران تا چه اندازه در کاهش انتشار $CO_2$ موثر است؟

## پیشینه پژوهش

### ۱. پیشینه تجربی

امروزه، برای شناسایی و پیش‌بینی روند تغییرات جنگل‌زدایی و تخریب جنگل از مدل‌های تغییر کاربری اراضی از قبیل مدل‌ساز تغییر سرزمین[۸] (LCM)، GEOMOD، DINAMICA، GEO و CA-MARKOV استفاده می‌شود که تفاوت آنها در روش مدل‌سازی تجربی پتانسیل انتقال[۹] می‌باشد (ایستمن[۱۰] و همکاران، ۲۰۰۵؛ ماس[۱۱] و همکاران، ۲۰۱۴) و مدل LCM بعنوان رویکرد اصلی برای پروژه‌های REDD استفاده می‌شود (کیم[۱۲]، ۲۰۱۰). در این بین مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون[۱۳] چند لایه از الگوریتم غیرپارامتریک برای برقراری ارتباط پیچیده بین متغیرها و خروجی‌ها استفاده می‌کند و حتی قادر به شبیه‌سازی روابط غیرخطی می‌باشد (بی شوپ[۱۴]، ۱۹۹۵). در همین راستا در مطالعات اخیر، از این مدل به منظور مدل‌سازی تغییر کاربری اراضی استفاده شده است (کیم[۱۵]، ۲۰۱۰؛ اکرت[۱۶] و همکاران، ۲۰۱۱؛ سنگرمانو[۱۷] و همکاران، ۲۰۱۲؛ ماس[۱۸] و همکاران، ۲۰۱۴).

تاکنون بسیاری از کشورهای در حال توسعه شامل اندونزی، فلیپین، هند، گینه‌نو، پرو، کامبوج، تانزانیا، زامبیا، کنگو، بولیوی، پاناما و پاراگوئه به پروژه REDD پیوسته و آنرا به اجرا درآورده‌اند (راکاتاما[۱۹] و همکاران، ۲۰۲۰؛ جی و رنجان[۱]، ۲۰۱۹؛ باس[۲] و

1 - Additionality
2 - Albers & Robinson
3 - Blom
4 - Miles & Kapos
5 - The United Nations Collabroative Programme
6 - Kamelarczyk & Smith-Hall
7 - Clean Development Mechanism (CDM)
8 - Land Change Modeler (LCM)
9 - Empirical Modeling of Transition Potential
10 - Eastman
11 - Mas
12 - Kim
13 - Multi-Layer Perceptron Neural Network
14 - Bishop
15 - Kim
16 - Eckert
17 - Sangermano
18 - Mas
19 - Rakatama

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

همکاران، ۲۰۱۹؛ ماسارلا[3] و همکاران، ۲۰۱۸؛ گوادالوپ[4] و همکاران، ۲۰۱۸؛ شنگ[5] و همکاران، ۲۰۱۶). مطالعات مختلفی با تاکید بر تعدیل تغییرات اقلیمی و نشان دادن پیامدهای مثبت اجرای پروژه‌های REDD صورت گرفته است. در پژوهشی، تغییرات پوشش جنگل در منطقه کالیمنتون شرقی اندونزی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد تا سال ۲۰۱۳ با تخریب ۲۰ درصد جنگل‌های موجود به میزان ۳۰۵ میلیون تن $Co_2$ به اتمسفر انتشار خواهد یافت (ابراهیم نیا[6] و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی روند جنگل‌زدایی در استان اودر مینچی کشور کامبوج نشان داد که در صورت اجرای پروژه‌های REDD طی سالهای ۲۰۳۸-۲۰۰۸ از انتشار ۸۵۹۲۵۰۱/۷ تن $Co_2$ جلوگیری خواهد شد (تای[7] و همکاران، ۲۰۱۱). ایکرت[8] و همکاران (۲۰۱۱)، به بررسی میزان کربن از دست رفته جنگل‌های کم ارتفاع مناطق ماداگاسکار با استفاده از مدل LCM پرداختند و با پیش‌بینی تغییرات برای سال ۲۰۲۰ پیشنهاد اجرای پروژه‌های REDD را در این مناطق ارائه کردند. ایرمادی‌نهیب و سوارنو (۲۰۱۷)، در مطالعه مدل‌سازی جنگل‌زدایی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در ناحیه موروالی اوتارا، استان سولاوسی مرکزی، اندونزی به مساحت جنگلی حدود ۴/۲۵۸ میلیون هکتار بوده است، جنگل‌زدایی در استان سولاوسی برای دوره ۲۰۰۰-۲۰۰۹ به ۴۳۲/۱۱ هکتار معادل ۱۰/۱۵ درصد رسیده است و میزان کربن آزاد شده به اتمسفر حدود ۴۳ درصد بوده است. این مطالعه با هدف محاسبه میزان جنگل‌زدایی و شبیه‌سازی انتشار کربن در ناحیه موروالی اوتارا با استفاده از پروژه REDD انجام شده است (ایرمادی و یاتین[9]، ۲۰۱). پارسامهر و غلامعلی فرد (۱۳۹۵)، در پژوهشی تحت عنوان معرفی کاربردی مدل‌سازی پروژه‌های REDD راهکاری برای کاهش پیامدهای تغییر اقلیم، به این نتایج دست یافتند که طی بازه زمانی ۱۳۶۳-۱۳۹۳، حدود ۳۴۱۳ هکتار پوشش جنگل تخریب شده‌است. ارزیابی صحت، بیانگر صحت مناسب مدل با مقدار ROC برابر با ۰/۹۷۵ می‌باشد. در نهایت، نتایج مدل‌سازی خط مبنا پروژه REDD نشان داد که ۸۲۷۵۹۱ تن کربن طی ۳۰ سال آینده در اتمسفر کشور منتشر خواهد شد که اجرای پروژه REDD می‌تواند از انتشار ۴۹۱۶۹۷/۹۱ کربن جلوگیری کند. یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که با استفاده از روش‌شناسی به کاربرده شده می‌توان میزان تغییرات کاربری اراضی، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز تاثیر اجرای پروژه‌های REDD در کاهش انتشار را محاسبه و پیش‌بینی نمود (پارسامهر و غلامعلی‌فرد، ۱۳۹۵). پارسامهر و همکاران (۱۳۹۸)، در مقاله‌ای تحت عنوان رویه یادگیری بر مبنای نمونه وزنی تشابه برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال پوشش و کاربرد آن در سند طراحی پروژه REDD به این نتیجه رسیدند که به ترتیب طی سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۷۹ و ۱۳۷۹-۱۳۹۳ حدود ۴۰۰۸ و ۳۶۳۵ هکتار اراضی جنگلی در استان مازندران تخریب شده است. نتایج اعتبارسنجی مشخص کرد که میزان مشخصه عملکرد نسبی برابر با ۰/۹۵۵، عدد شایستگی ۲۶ درصد و نسبت موفقیت به هشدار خطا ۸۲ درصد بیانگر صحت بالای مدل می‌باشد. در نهایت نتایج اجرای پروژه REDD نشان داد بر اساس سناریو خط مبنا با اجرای پروژه از انتشار ۹۱/۴۹ درصد پیشگیری و جلوگیری کرد (پارسامهر و همکاران، ۱۳۹۸). درویشی و همکاران (۱۴۰۱)، در مقاله خود به پیش‌بینی تغییرات پوشش‌گیاهی و روند انتشار دی‌اکسیدکربن بر اساس سناریوی پروژه REED به این نتایج دست پیدا کردند که در سال ۱۴۲۵ طبقات پوشش اراضی فاقد پوشش مساحتی در حدود ۸ درصد، طبقه پوشش مرتعی ۴۰/۸ درصد و طبقه پوشش جنگلی مساحتی حدود ۵۱/۱ درصد خواهد داشت. همچنین بین سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۲۵ در صورت اجرا کردن پروژه REDD میزان انتشار کربن به ۴۰۵۵۲ تن می‌رسد یعنی حدود ۴۲ درصد کربن به جو فوقانی جلوگیری نمود. در چهار دهه گذشته تغییر کاربری اراضی در ایران با سرعت فزاینده به

1 - Ji & Ranjan
2 - Bos
3 - Massarella
4 - Guadalupe
5 - Sheng
6 - Ebrahimnia
7 - Ty
8 - Eckert
9 - Irmadi and Yatin

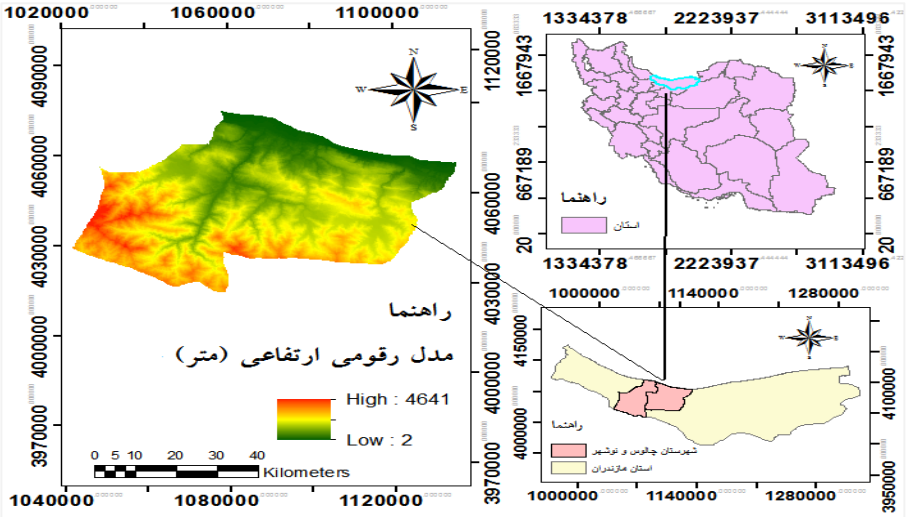
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

وقوع پیوسته است و باعث تشدید روند تخریب منابع محیطی گردیده است (ارخی[1]، ۲۰۱۱) که، جنگل‌های هیرکانی در شمال ایران نیز از این امر مستثنی نبوده‌اند. جنگل‌های هیرکانی بعنوان یکی از مهم‌ترین ذخایر ژنتیکی بیوسفر زمین و با قدمتی بیش از یک میلیون سال جزء جنگل‌های طبیعی و کهن عرصه‌های جهانی محسوب می‌شوند (کیا دلیری[2] و همکاران، ۲۰۱۱). جنگل‌های مذکور با مساحت حدود ۱/۲ میلیون هکتار (زاهدی و ضرغام، ۲۰۱۴)سهم عمده‌ای را در ترسیب کربن اتمسفری بر عهده دارند. با نگاهی به مطالعات انجام شده، نقص مطالعه جامعی در ارتباط با نقش حفاظت از اکوسیستم‌های جنگلی در کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن به عنوان یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای احساس می‌شود.

## روش شناسی پژوهش

### ۱. قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی در این مطالعه، شهرستان نوشهر و چالوس می‌باشد. این شهرستان‌ها در حدود ۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه طول جغرافیایی شرقی و ۳۶ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی قرار گرفته‌اند. شهرستان چالوس از شمال به دریای خزر، از جنوب به شهرستان کرج و از غرب به شهرستان‌های عباس‌آباد و کلاردشت و از شرق به شهرستان نوشهر متصل می‌باشد. این شهرستان دارای دو بخش مرکزی و مرزن‌آباد، چهار دهستان و سه شهر تابعه چالوس، مرزن‌آباد و هچی‌رود است و مساحت آن حدود ۱۶۸۴/۱۴۹ کیلومتر مربع می‌باشد. شهرستان نوشهر در سمت شرقی شهرستان چالوس واقع شده است. این شهرستان از شمال به دریای‌خزر، از جنوب به شهرستان نور و چالوس، از شرق به شهرستان نور و از غرب به شهرستان چالوس محدود می‌گردد. این شهرستان دارای دو بخش مرکزی و کجور، شش دهستان و سه شهر تابعه نوشهر، پول (نوشهر) و کجور است و مساحت آن حدود ۱۵۹۷/۸۸۵ کیلومترمربع می‌باشد (شکل ۱). در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست در ۳ دوره زمانی استفاده شد که به ترتیب برای بازه زمانی ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۴۰۰ استفاده شد.




**شکل ۱. نقشه محدوده مکانی نوشهر و چالوس**

### ۲. داده‌ها و روش کار

برای انجام پژوهش از سنجنده‌های TM و $ETM^+$ لندست ۵ و۷ استفاده شد. تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ مربوط به تاریخ ۱۳۶۸/۷/۲۰، تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ مربوط به تاریخ ۱۳۷۹/۷/۵ و تصویر سنجنده $ETM^+$ ماهواره لندست ۷ مربوط به تاریخ ۱۴۰۰/۷/۲۷ (هر سه تصویر به شماره گذر و ردیف ۳۴–۱۶۵). داده‌های ماهواره‌ای به فرمت GeoTIFF در

[1] - Arekhi
[2] - Kia-Daliri

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

هفت باند طیفی تهیه شدند که از باند ۶ به دلیل قدرت تفکیک مکانی بالا (۶۰ متر) و عدم پرداختن به ویژگی‌های حرارتی پدیده‌ها در این تحقیق، استفاده نشد. با این توضیح که ابتدا، تصاویر مورد نیاز از سازمان زمین‌شناسی آمریکا در خواست و در سطح تصحیحات L1T از سایت مربوط دریافت شد. مشخصات تصاویر استفاده شده در جدول شماره ۱ آمده است. ۱۵ برگ نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از سازمان نقشه‌برداری کشور دریافت شد. مبنای تهیه این نقشه‌ها، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۸۳ و تصاویر ماهواره لندست در سال ۱۴۰۰ بوده است. از نقشه‌های مذکور به منظور کنترل هندسی تصاویر ماهواره‌ای، تهیه مدل رقومی زمین، استخراج لایه راه‌ها و نیز به عنوان راهنما در کارهای میدانی استفاده شد. به علاوه نقشه‌های پوشش گیاهی ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جنگلها و مراتع تهیه شده در سال ۱۳۷۶، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سال ۱۳۷۶، نظر کارشناسان و داده‌های حاصل از بازدید میدانی به عنوان اطلاعات جانبی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی هر چه دقیق‌تر بکار گرفته شد (http://www.ncc.org.ir). در ضمن، از نرم‌افزارهای ENVI 5.3، IDRISI Terrset و $ArcGIS_{10.4}$ برای پردازش داده‌ها، بارزسازی، مدل‌سازی و خروجی گرفتن و از روش حداکثر احتمال[1] برای طبقه‌بندی کاربری‌ها و مدل LCM برای پیش‌بینی تغییرات استفاده شده است.

**جدول ۱. مشخصات تصاویر استفاده شده در تحقیق**

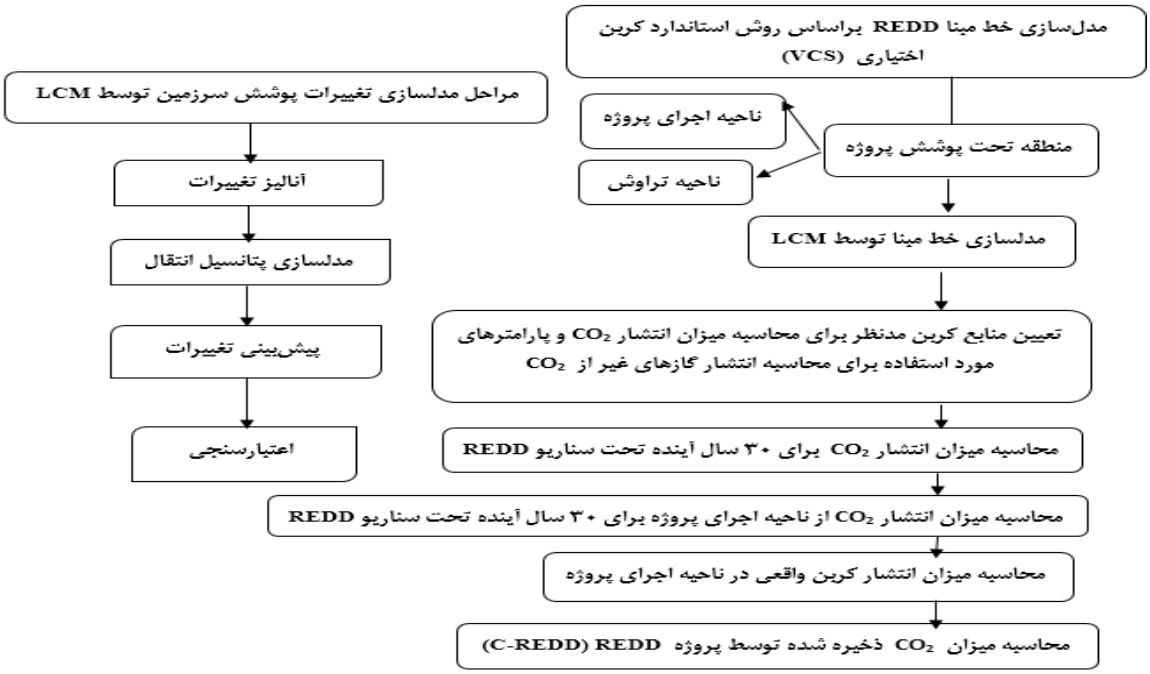
| سنجنده | ردیف | گذر | تاریخ | مبنا | سطح تصحیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| TM | ۳۴ | ۱۶۵ | ۱۳۶۸/۷/۲۰ | WGS84 | *L1T |
| TM | ۳۴ | ۱۶۵ | ۱۳۷۹/۷/۵ | WGS84 | L1T |
| ETM+ | ۳۴ | ۱۶۵ | ۱۴۰۰/۷/۲۷ | WGS84 | L1T |

* این سطح از تصحیحات شامل تصحیح رادیومتری در سطح سیستماتیک، تصحیح هندسی با استفاده از نقاط کنترل زمینی و همچنین خطای جابجایی ناشی از توپوگرافی منطقه می‌شود.

مراحل اصلی تحقیق شامل دو بخش اصلی می‌باشد که در شکل ۲ نشان داده شده است. بخش اول شامل مدل‌سازی تغییرات پوشش زمین در محیط LCM می‌باشد و بخش دوم، مدل‌سازی خط مبنا[2] REDD بر اساس روش استاندارد کربن اختیاری[3] می‌باشد.

[1] - Maximum Likelihood
[2] - Baseline
[3] - Voluntary carbon standard (VCS) method

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]




**شکل ۲. مراحل اصلی تحقیق (پدرونی تی[1] و همکاران، ۲۰۰۹؛ طاهری و همکاران، ۲۰۱۴)**

## ۲-۱. بخش اول: مراحل مدل‌سازی تغییرات پوشش زمین در محیط LCM

### ۲-۱-۱. بررسی کیفیت تصاویر

قبل از هر گونه تجزیه و تحلیل و پردازش، داده‌ها از نظر وجود خطای هندسی و رادیومتری بررسی شد. داده‌ها در سطح L1T در یافت شد، اما به منظور اطمینان از عدم خطا، با نمایش تک‌تک باندها و همچنین ترکیب‌های رنگی مختلف بر روی صفحه نمایش رایانه و با بزرگ‌نمایی قسمت‌های مختلف این تصاویر، داده‌های هر سه زمان از لحاظ خطاهای رادیومتری مانند راه‌راه شدگی بررسی شد. برای بررسی وضعیت هندسی تصاویر و اطمینان از مناسب بودن هندسه تصاویر، لایه‌های برداری جاده‌ها و آبراهه‌ها از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ استخراج و بر روی تصاویر ماهواره‌ای قرار داده شد.

### ۲-۱-۲. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

از آنجا که تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد ولی نمایش داده‌های حاصل از اسکنرها در تک باندها با استفاده از گام خاکستری[2] است، تصویر رنگی کاذب[3] هر تاریخ با استفاده از ترکیب باندهای ۲۳۴ به ترتیب با رنگ‌های مادون قرمز، قرمز و سبز تولید شد (خوی و موریاما[4]، ۲۰۱۰). این تصاویر به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند. از روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی استفاده شد. اولین گام در انجام دادن یک طبقه‌بندی نظارت شده، تعریف مناطقی است که به مثابه نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می‌شوند (ایستمن[5]، ۲۰۰۶). برای این مرحله با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی کاذب و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده سازمان نقشه‌برداری کشور نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس تعریف شدند (رفیعی[6] و همکاران، ۲۰۰۹). شش کلاس کاربری

---

[1] - Pedroni t
[2] - Gray level
[3] - False color
[4] - Khoi & Murayama
[5] - Eastman
[6] - Rafiee

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

اراضی در منطقه تعریف شدند: جنگل، مرتع، بایر، شهر، کشاورزی و تالاب. سپس نمونه‌های تعلیمی به شیوه رقومی کردن روی صفحه رایانه رقومی شدند. در مرحله دوم، نمونه‌های تعلیمی تفکیک شدند و مرحله سوم طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است (ایستمن[1]، ۲۰۰۶). که از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال استفاده شد (شولز[2] و همکاران، ۲۰۱۰). در نهایت برای حذف قطعات کوچک و ساده‌سازی تصاویر حاصل از طبقه‌بندی‌ها از فیلتر مد[3] استفاده شد.

### ۲-۱-۳. آشکارسازی تغییرات با استفاده از LCM

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی ابزاری ضروری برای تجزیه و تحلیل‌های محیط زیست، برنامه‌ریزی و مدیریت است. مدل‌ساز تغییر زمین[4]، نرم‌افزاری برای ایجاد توسعه پایدار بوم‌شناختی است که برای تشخیص مسئله مبرم و رو به افزایش تغییرات سرزمین و نیازهای تحلیلی حفظ تنوع زیستی طراحی و ساخته شده است و به صورت ابزار جانبی درون سامانه نرم‌افزاری IDRISI Terrset وجود داشته، همچنین به صورت افزونه برای نرم‌افزار $ArcGIS_{10.4}$ نیز در دسترس است. مدل‌ساز تغییر زمین، ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و مدل‌سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی پرداخت. مدل‌سازی در ۴ مرحله صورت می گیرد (شکل شماره ۲): ۱) بررسی تغییرات؛ ۲) مدل‌سازی نیروی انتقال؛ ۳) مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی؛ ۴) ارزیابی صحت مدل‌سازی.

در ضمن نرم‌افزار استفاده شده در تحقیق حاضر IDRISI Terrset است. در این تحقیق، نقشه‌های پوشش اراضی تولید شده سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۷۹ به عنوان ورودی مدل LCM برای تحلیل تغییرات منطقه و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۰۰ انتخاب شدند. مدل LCM به دو نقشه پوشش سرزمین متعلق به زمان‌های گوناگون به عنوان ورودی نیاز دارد (کیم[5]، ۲۰۱۰). در این تحقیق، کاهش‌ها و افزایش‌ها در هر کاربری و از هر کاربری به کاربری دیگر در طبقات گوناگون پوشش اراضی به صورت نقشه با قسمت آنالیز تغییرات مدل ارزیابی شد (واکلاویک و روگان[6]، ۲۰۰۹).

### ۲-۱-۴. مدل سازی نیروی انتقال

در مرحله مدل‌سازی، نیروی انتقال از یک کاربری(مثل جنگل) به کاربری دیگر(نظیر اراضی بایر یا کشاورزی) با توجه به متغیرهای توضیحی مثلا" (شیب، نزدیکی به جاده)، مدل می‌شود. به این معنی که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر پتانسیل دارد. خروجی این قسمت، نقشه پتانسل نیرو برای هرتغییر (مثلا" از کاربری جنگل به اراضی بایر یا کشاورزی) خواهد بود. برای انتخاب زیر مدل‌هایی که بالاترین صحت را داشته باشند، ضروری است که مدل چندین مرتبه با سناریوهای مختلف اجراء شود.

### ۲-۱-۵. انتخاب متغیرها

متغیرهای استفاده شده در مدل عبارتند از: ۱) شیب؛ ۲) فاصله از رودخانه؛ ۳) فاصله از جاده؛ ۴) فاصله از نقاط روستایی؛ ۵) فاصله از شهر؛ و ۶) کاربری اراضی

برای تعیین همبستگی بین متغیرهای مستقل و میزان تغییر (متغیر وابسته) از ضریب همبستگی کرامر استفاده شد. متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر در اغلب مطالعات مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شوند. به عنوان مثال، نزدیکی به جاده و شهر و حاشیه جنگل/غیرجنگل در جنوب کامرون متغیرهای مهمی در مدل‌سازی تغییرات جنگل گزارش شده‌اند (مرتن و لامبین[7]، ۱۹۹۷). ارتفاع و نزدیکی به جاده نیز عوامل مهمی در تغییرات جنگل در زمین‌های کم ارتفاع سوماترا تشخیص داده

---

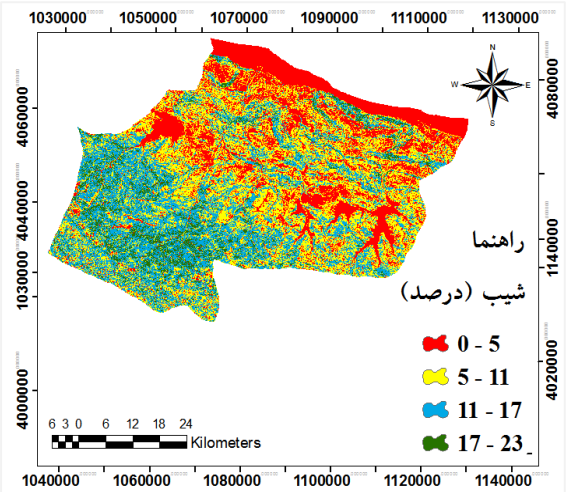
[1] - Eastman
[2] - Schulz
[3] - Mode
[4] - Land Change Modeller
[5] - Kim
[6] - Vaclavik & Rogan
[7] - Merten & Lambin

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

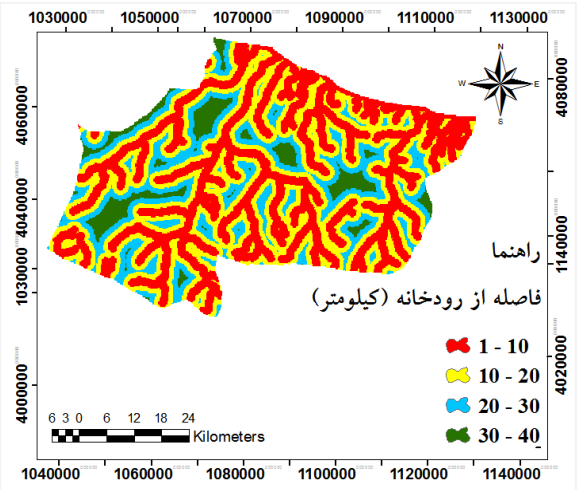
شدند (لینکی[1] و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین در مطالعه سچالز و همکاران (۲۰۱۰)، شیب و نزدیکی به جاده‌های اصلی تاثیر معنی‌داری را در تغییرات پوشش گیاهی نشان دادند (شولز[2] و همکاران، ۲۰۱۰).

در این تحقیق طبقات ارتفاعی و شیب، به عنوان عوامل طبیعی موثر در تغییرات و فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از روستا و شهر و فاصله از کاربری اراضی به عنوان نقش عوامل انسانی در وقوع تغییرات مدنظر قرار گرفت. از عوامل مهم در تخریب عرصه‌های منابع طبیعی، گسترش نامتعارف و ناهمگون حریم جاده است (نکوئی‌مهر و همکاران، ۱۳۸۵)؛ همچنین وجود جاده به مثابه عامل تسهیل دسترسی انسان به عرصه جنگلی و گسترش فعالیت مخرب می‌تواند مطرح باشد؛ به همین دلیل، فاصله از جاده از معیارهای مهم در بررسی تغییرات پوشش در منطقه می‌باشد و در جنگل‌های البرز نیز به نظر می‌رسد تاثیر مشابهی داشته باشد (پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹). مشاهدات گویای آن است با افزایش فاصله از روستا و شهر، احتمال تغییر گستره جنگلی منطقه مورد مطالعه کاهش می یابد و دلیل آن کاهش دسترسی به عرصه جنگلی می باشد. دلیل دیگر تخریب بیشتر در حاشیه روستاها و شهرها، فرسایش کناری است که سبب تخریب پوشش جنگل می‌شود و شاهد آن، حجم قابل توجهی از تنه درختان در حاشیه جنگل می باشد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

در این راستا نقشه عوامل فوق با استفاده از نرم‌افزار $ArcGIS_{10.4}$ و IDRISI Terrset در محیط GIS تهیه شده و جهت تجزیه و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. از نقشه توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ برای تهیه مدل رقومی ارتفاع منطقه استفاده شد. لایه شیب با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع فوق تولید شد (شکل ۳). برای تهیه هر یک از نقشه‌های مشخصه‌های انسانی از جمله فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از روستا و شهر و فاصله از کاربری اراضی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده، استفاده شد و این نقشه‌ها به ساختار رستری تبدیل شدند تا برای استفاده در تجزیه و تحلیل‌های مکانی مناسب باشند. لازم به یادآوری است که با استفاده از توابع فاصله‌ای[3] لایه‌های فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از روستا و شهر و خطوط ارتفاعی .....تهیه و به طبقات معین طبقه‌بندی گردیدند (شکل‌های ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸). لازم به یادآوری است که سیستم تصویر تمام نقشه‌های تولید شده UTM_38_WGS84 می‌باشد.



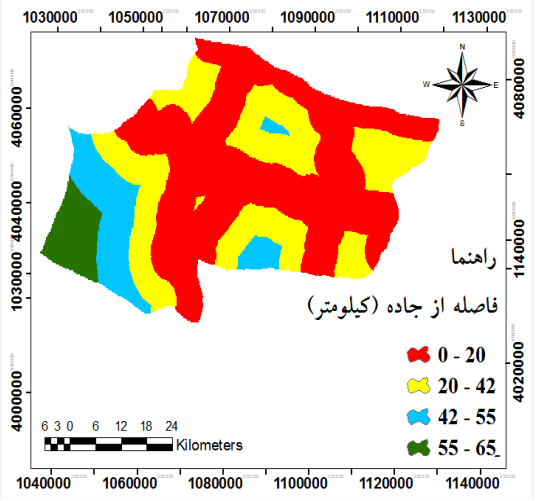

شکل ۳. شیب شهرستان‌های نوشهر و چالوس



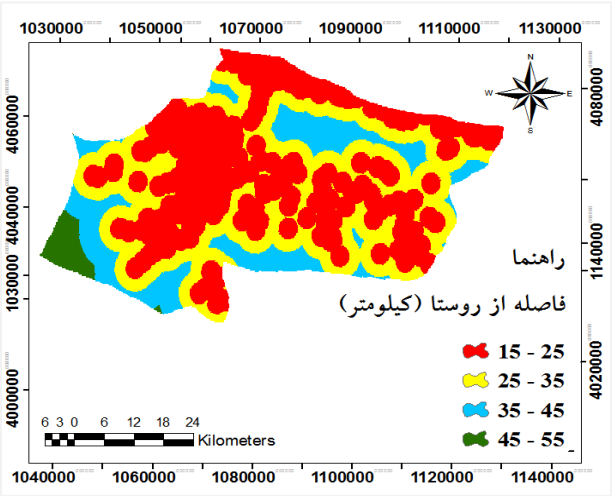

شکل ۴. فاصله از رودخانه شهرستان‌های نوشهر و چالوس

[1] - Linkie
[2] - Schulz
[3] - Distance

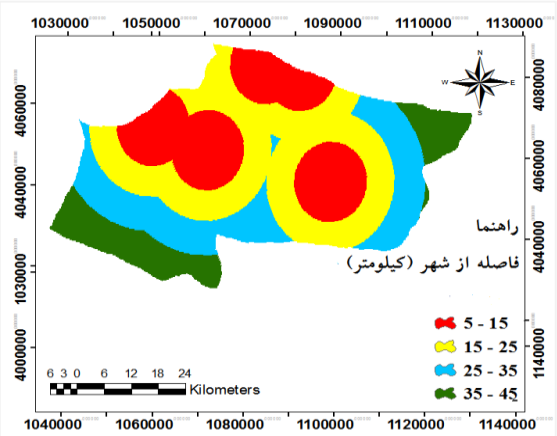
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]



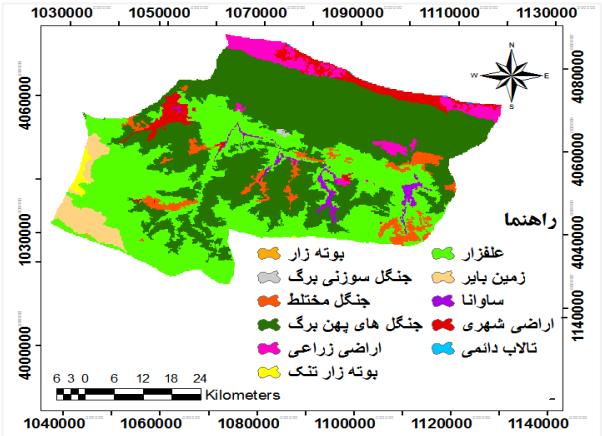

شکل ۵. فاصله از جاده شهرستان‌های نوشهر و چالوس




شکل ۶. فاصله از روستا شهرستان‌های نوشهر و چالوس




شکل ۷. فاصله از شهر شهرستان‌های نوشهر و چالوس




شکل ۸. کاربری اراضی شهرستان‌های نوشهر و چالوس

### ۲-۱-۶. پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین

احتمال انتقال محاسبه شده از هر کاربری به کاربری دیگر با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه شد. در مدل مارکوف حالت سیستم در زمان ۲ می‌تواند بر اساس حالت سیستم در زمان ۱ پیش‌بینی شود و در نتیجه آن ماتریس احتمالات انتقال به مثابه پایه مدل‌سازی پیش‌بینی تغییرکاربری سرزمین ارائه شود (ایستمن[1]، ۲۰۰۶). در این مطالعه، مدل‌سازی برای سال ۱۴۰۰ با استفاد از مدل پیش‌بینی سخت و دوره واسنجی ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۹ اجراء شد (شکل ۲) (ایستمن[2]، ۲۰۰۶؛ خوی و موراياما[3]، ۲۰۱۰). در پایان برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۳۰ از نقشه‌های ۱۳۶۸ و ۱۴۰۰ استفاده گردید.

### ۲-۱-۷. ارزیابی صحت طبقه‌بندی و پیش‌بینی مدل

برآورد صحت برای درک نتایج به دست آمده و به کار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری خیلی مهم هستند. معمول‌ترین پارامترهای برآورد دقت شامل، دقت کل[4] و ضریب کاپا[5] هستند (لو[6] و همکاران، ۲۰۰۴).

---

[1] - Eastman
[2] - Eastman
[3] - Khoi & Murayama
[4] - Overall accuracy
[5] - Kappa Coefficient
[6] - Lu

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

در این مطالعه جهت تعیین نقاط واقعیت زمینی از برداشت زمینی، نرم‌افزار گوگل ارث، عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ استفاده شده است. برای این منظور، صحت نقشه‌های تولید شده کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۴۰۰ با تفسیر تصاویر رنگی کاذب و مناطقی که طی زمان تغییر نکرده بودند، ارزیابی شدند و سپس ماتریس خطا، ضریب کاپا و دقت کل محاسبه شدند (یوان[1] و همکاران، ۲۰۰۵).

### ۲-۲. بخش دوم: مدل‌سازی خط مبنا REDD بر اساس روش استاندارد کربن اختیاری (VCS)

پروژه REDD در LCM جهت محاسبه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای که نتیجه پیاده‌سازی یک پروژه REDD شامل مراحل زیر می‌باشد که رویکرد آن براساس روش کار Biocf طراحی شده است. مراحل اصلی تحقیق شامل دو بخش مدل سازی تغییرات پوشش جنگل در محیط مدل‌ساز تغییر سرزمین و مدلسازی خط مبنا (راجیتا[2] و همکاران، ۲۰۱۰) می‌باشد. REDD براساس روش کربن استاندارد اختیاری (VCS) می‌باشد. مدلسازی خط مبنا REDD در محیط مدل‌سازی تغییر سرزمین تعبیه شده است و به کمک آن می‌توان با مدل‌ساز تغییر پوشش سرزمین به بررسی سناریوهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در آینده پرداخت.

#### ۲-۲-۱. مرحله اول: تعیین ناحیه‌ای اجرای پروژه و تراوش

در این روش کل منطقه تحت پوشش پروژه به دو بخش تقسیم می‌شود، ناحیه‌ای اجرای پروژه که حفاظت از جنگل‌ها در این ناحیه صورت خواهد گرفت و ناحیه تراوش که در این منطقه فعالیت‌های جنگل‌زدایی در جریان می‌باشد. در مناطقی که پروژه اجرا می‌شود، هدف مقابله با عوامل تخریب جنگل و انتقال آن‌ها به ناحیه تراوش می‌باشد که بتوان با گذر زمان از فعالیت‌های جنگل‌زدایی جلوگیری نمود.

#### ۲-۲-۲. مرحله دوم: تعیین خط مبنا برای منطقه تحت پوشش پروژه براساس مدل‌سازی تغییر پوشش سرزمین با استفاده از مدل‌ساز تغییر سرزمین

در این مرحله برای ناحیه اجرای پروژه و ناحیه تراوش یک خط مبنا با استفاده از دوره واسنجی ۱۳۶۸-۱۴۰۰ و به کمک شبکه عصبی و به روش MLP ایجاد شد. خط مبنا به معنی کاهش میزان مساحت پوشش جنگلی در ناحیه اجرای پروژه و تراوش در شرایط عدم حفاظت از منطقه برای بازه زمانی ۳۰ ساله می‌باشد. این میزان کاهش مساحت پوشش جنگل برای هر بازه زمانی ۵ ساله هم ارایه می‌شود.

#### ۲-۲-۳. مرحله سوم: منابع کربن مدنظر برای محاسبه میزان انتشار $co_2$ در مناطق جنگلی تحت پوشش پروژه‌های REDD

همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، شش منبع کربن برای محاسبه میزان انتشار $co_2$ از مناطق جنگلی و غیرجنگلی در نظر گرفته می‌شود که به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات هر ۶ منبع کربن در پروژه‌های مختلف از برخی از داده‌های کربن استفاده می‌شود که در این مطالعه از نقشه جهانی ذخایر کربن اکوسیستم‌های خشکی تهیه شده از سازمان UNEP-WCMC که شامل میزان کربن روی زمین، زیرزمین و کربن آلی خاک می‌باشد، استفاده شد (کاپوس[3] و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه حاضر، مجموع کربن بالای زمین، زیرزمین و کربن آلی خاک برای مناطق جنگلی، ۲۰۴/۲۸ تن در هکتار و برای مناطق غیرجنگلی ۱۰۲/۱۴ تن در هکتار بر اساس نقشه جهانی می‌باشد.

#### ۲-۲-۴. مرحله چهارم: پارامترهای مورد استفاده برای محاسبه انتشار گازهای غیر از $co_2$ به دلیل آتش‌سوزی پوشش جنگل

در پروژه‌های REDD علاوه بر محاسبه انتشار گازهای غیر از $co_2$ مانند متان و نیتروژن منواکسید به دلیل آتش‌سوزی پوشش جنگلی و هدر رفت منابع کربن محاسبه می‌گردد. البته میزان انتشار گازهای غیر از $co_2$ در ارتباط با پروژه‌های REDD کمتر

[1] - Yuan
[2] - Rajitha
[3] - Kapos

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

مورد توجه قرار می‌گیرد و انتخاب آن‌ها به دلیل عدم وجود داده‌های مناسب و مطالعات محدود اختیاری است. در همین راستا در مطالعه حاضر از این مورد صرف نظر شده است (پدرونی[1] و همکاران، ۲۰۰۸).

### ۲-۲-۵. مرحله پنجم: محاسبه میزان انتشار $co_2$ برای ۳۰ سال آینده در ناحیه اجرای پروژه و تراوش در بازه‌های زمانی ۵ ساله

در تحقیق حاضر با در نظرگرفتن میزان کاهش مساحت جنگل‌ها و همچنین میزان دی‌اکسیدکربن برای مناطقی با پوشش جنگلی و غیرجنگلی، میزان انتشار $CO_2$ با استفاده از روابط (۱) و (۲) برای ۳۰ سال آینده در ناحیه پروژه و تراوش محاسبه می‌گردد (پدرونی[2] و همکاران، ۲۰۰۸).

$$\left\{(ha)\ \text{میزان تخریب شده پوشش جنگلی}\right\} \times \left\{\left(\frac{ton}{ha}\right)\ \text{متوسط میزان تراکم کربن پوشش جنگلی}\right\} = \left\{(tCo2e)\ \text{میزان گاز کربن دی اکسید انتشار یافته از مناطق جنگلی}\right\}$$

$$(ha) \times \frac{ton}{ha} = tCo2e1 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$\left\{(ha)\ \text{میزان مساحت اضافه شده به پوشش غیر جنگلی}\right\} \times \left\{\left(\frac{ton}{ha}\right)\ \text{متوسط میزان تراکم کربن پوشش غیر جنگلی}\right\} = \left\{(tCo2e)\ \text{کربن ترسیب شده در مناطق غیر جنگلی}\right\} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در نهایت میزان کل $CO_2$ انتشار یافته از منطقه، تحت سناریو خط مبنا برای نواحی پروژه و تراوش تا ۳۰ سال آینده برای هر بازه زمانی ۵ ساله محاسبه شد.

$$\left\{(tCo2e)\ \text{کربن ترسیب شده در مناطق غیر جنگلی}\right\} \times \left\{(tCo2e)\ \text{میزان گاز کربن دی اکسید انتشار یافته از مناطق جنگلی}\right\} = \left\{(tCo2e)\ \text{کل گاز کربن دی اکسید انتشار یافته از منطقه}\right\} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

### ۲-۲-۶. مرحله ششم: میزان انتشار $co_2$ از ناحیه پروژه بر اساس نرخ تراوش، تحت سناریو پروژه REDD برای ۳۰ سال آینده

با استفاده از رابطه (۴) میزان نرخ تراوش‌های متفاوت محاسبه گردید. در واقع این میزان انتشار به دلیل فعالیت‌های تراوش در ناحیه اجرای پروژه می‌باشد و بررسی می‌گردد که در صورت جابه‌جایی عوامل تخریب از ناحیه پروژه به تراوش چه میزان از تأثیر این عوامل کاسته می‌شود.

$$\left\{(tCo2e)\ \text{میزان کل گاز کربن دی اکسید انتشار یافته از منطقه}\right\} \times \left\{\text{نرخ تراوش}\right\} = \left\{(tCo2e)\ \text{میزان انتشار } co2 \text{ بواسطه‌ی جا به جایی فعالیت‌ها جنگل‌زدایی در ناحیه اجرای پروژه}\right\} \quad \text{رابطه ۴}$$

### ۲-۲-۷. مرحله هفتم: تعیین نرخ موفقیت پروژه در هر بازه زمانی ۵ ساله و محاسبه میزان انتشار واقعی در ناحیه پروژه

اگر در صورت حفاظت از ناحیه پروژه بتوان از میزان انتشار $co_2$ به دلیل فعالیت‌های تراوش جلوگیری نمود، این امر نشان دهنده میزان موفقیت پروژه در زمینه کاهش انتشار $co_2$ به دلیل فعالیت‌های تراوش می‌باشد که براین اساس برای هر بازه زمانی ۵ ساله نرخ موفقیت پروژه تعیین می‌شود که هرچه این میزان بالاتر باشد نشان دهنده بازدهی پروژه در ارتباط با کاهش انتشار $co_2$ خواهد بود؛ با استفاده از نرخ موفقیت، کاهش انتشار $co_2$ یا به اصطلاح کربن واقعی در ناحیه پروژه برای هر بازه زمانی ۵ ساله از رابطه (۵) و (۶) محاسبه گردید. در مطالعه حاضر، نرخ تراوش و موفقیت پروژه برگرفته از اجرای پروژه REDD در پارک ملی منتادیا کشور ماداگاسکار می‌باشد(ایستمن[3]، ۲۰۱۲b) (جدول ۲).

[1] - Pedroni
[2] - Pedroni
[3] - Eastman

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

$$\{\text{میزان کل گاز کربن دی اکسید انتشار یافته از منطقه } (tCo2e)\} \times \{\text{نرخ تراوش}\} = \{\text{میزان کربن واقعی که از انتشار آن جلوگیری شده } (tCo2e)\}$$ رابطه ۵

$$\{\text{میزان کربن واقعی که از انتشار آن جلوگیری شده } (tCo2e)\} - \{\text{میزان کل گاز کربن دی اکسید انتشار یافته از منطقه } (tCo2e)\} = \{\text{میزان کربن واقعی انتشار یافته تحت اجرای پروژه } (C, Actual)\}$$ رابطه ۶

**جدول ۲. نرخ تراوش و موفقیت پروژه**

| بازه زمانی | نرخ تراوش (درصد) | نرخ موفقیت (درصد) | میزان بازدهی (درصد) |
|---|---|---|---|
| ۱۴۰۰–۱۴۰۵ | ۲۰ | ۶۶ | ۴۶ |
| ۱۴۱۰–۱۴۰۵ | ۲۰ | ۸۰ | ۶۰ |
| ۱۴۱۰–۱۴۱۵ | ۱۰ | ۹۰ | ۸۰ |
| ۱۴۲۰–۱۴۱۵ | ۱۰ | ۹۰ | ۸۰ |
| ۱۴۲۵–۱۴۲۰ | ۱۰ | ۹۰ | ۸۰ |
| ۱۴۲۵–۱۴۳۰ | ۱۰ | ۹۰ | ۸۰ |

### ۲–۲–۸. مرحله هشتم: محاسبه میزان $CO_2$ انتشاریافته تحت اجرای پروژه REDD

نتایج حاصل از روابط بالا نشان دهنده میزان کربن است که در صورت اجرای REDD انتشار می‌یابد؛ در ادامه از رابطه (۷) میزان انتشار $CO_2$ در صورت اجرای پروژه نسبت به خط مبنا مقایسه خواهد شد و میزان افزایش‌پذیری کربن به دست می‌آید. در نهایت تمام نتایج حاصل از مدل‌سازی خط مبنا REDD و روابط ذکر شده تحت فایلی با عنوان سند طراحی پروژه (PDD)[1] ارائه می‌شود. سند طراحی پروژه، اثر کربن مناطق پروژه، تراوش و کل منطقه را برای دوره‌های مخصوص در طول اجرای پروژه ارزیابی می‌کند.

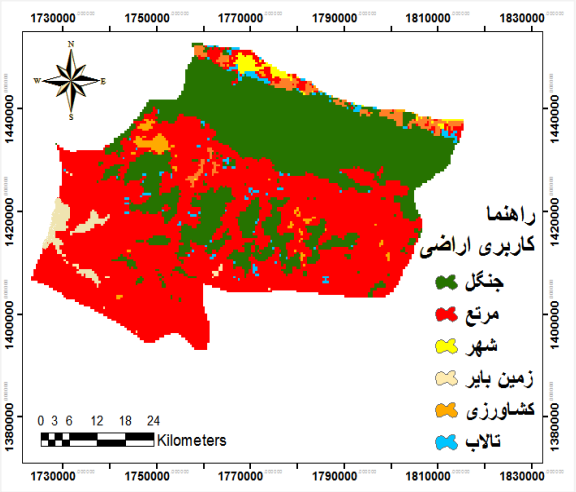
$$\{\text{میزان کل گاز کربن دی اکسید انتشار یافته از ناحیه پروژه } (\mathrm{C, Baseline})\} - \{\text{میزان کربن واقعی انتشار یافته تحت اجرای پروژه } (C, Actual)\} = \{\text{میزان انتشار } co2 \text{ بواسطه جا به جایی فعالیت‌های جنگل‌زدایی در ناحیه اجرای پروژه } (C, Leakage)(tCo2e)\} - \{\text{میزان گاز کربن اکسید جلوگیری شده از انتشار آن تحت اجرای پروژه } (\mathrm{C, REDD})\}$$ رابطه ۷

## یافته‌های پژوهش

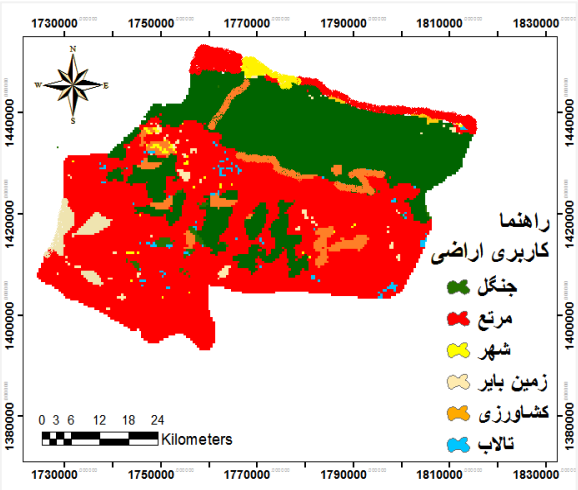
نتایج بررسی کیفیت رادیومتری و کنترل هندسی تصاویر نشان داد که تصاویر هر سه سال از کیفیت مطلوب برخوردارند و هیچ کدام از خطاهای شناخته شده رادیومتری را ندارند. همچنین تصاویر با لایه‌های برداری جاده‌ها و آبراهه‌ها کاملا" همخوانی مکانی دارند و به تصحیح هندسی مجدد نیاز ندارند. همچنین، طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از طبقه‌بندی حداکثر احتمال نشان داد که شش طبقه کاربری اراضی شامل جنگل، مرتع، شهر، زمین بایر، تالاب و کشاورزی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد (اشکال ۹، ۱۰ و ۱۱).

[1] - Project Design Document (PDD)

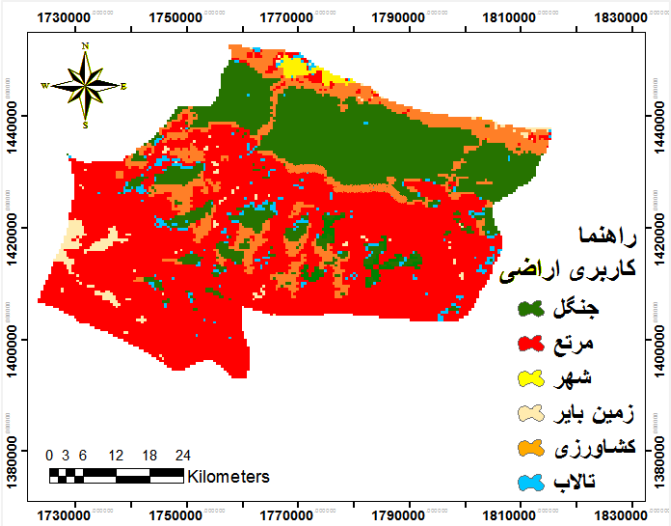
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]




شکل ۹. نقشه پوشش اراضی سال ۱۳۶۸




شکل ۱۰. نقشه پوشش اراضی سال ۱۳۹۰




شکل۱۱. نقشه پوشش اراضی سال ۱۴۰۰

جدول ۳. مساحت و درصد طبقات مختلف پوشش اراضی بر حسب هکتار در سال‌های مورد مطالعه

| سال/کلاس | جنگل | | مرتع | | شهر | | زمین بایر | | کشاورزی | | تالاب | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | مساحت | درصد | مساحت | درصد | مساحت | درصد | مساحت | درصد | مساحت | درصد | مساحت | درصد |
| ۱۳۶۸ | ۱۱۹۹۵۳ | ۳۶/۵۴ | ۱۳۸۱۴۰ | ۴۲/۰۱ | ۲۸۱۲۰ | ۸/۵۷ | ۲۱۷۴ | ۰/۷۰ | ۳۹۷۱۱ | ۱۲/۱ | ۱۰۵ | ۰/۰۳۰ |
| ۱۳۷۹ | ۱۱۷۱۶۲ | ۳۵/۷۰ | ۱۴۰۸۴۱ | ۴۳ | ۳۲۶۸۱ | ۹/۹۵ | ۲۳۹۹ | ۰/۷۳ | ۴۰۰۱۴ | ۱۲/۱۹ | ۱۰۶ | ۰/۰۳۰ |
| ۱۴۰۰ | ۱۰۵۰۴۸ | ۳۲ | ۱۴۴۳۵۶ | ۴۴ | ۳۳۲۰۶ | ۱۰/۱۱ | ۴۱۷۶ | ۰/۷۷ | ۴۲۴۱۷ | ۱۲/۹۲ | ۱۱۰ | ۰/۰۳۰ |

در جدول ۳ مساحت و درصد مساحت طبقات پوشش اراضی و در جدول ۴ تغییرات طبقات پوشش اراضی آورده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده از بررسی پوشش اراضی در سال ۱۳۶۸ مساحت کلاس اراضی جنگل، مرتع، شهر، زمین بایر، کشاورزی و تالاب به ترتیب ۱۱۹۹۵۳ هکتار معادل ۳۶/۵۴درصد، ۱۳۸۱۴۰ هکتار معادل ۴۲/۰۱ درصد، ۲۸۱۲۰ هکتار معادل ۸/۵۷ درصد، ۲۱۷۴ هکتار معادل ۰/۷۰ درصد، ۳۹۷۱۱ هکتار معادل ۱۲/۱درصد، ۱۰۵ هکتار معادل ۰/۰۳۰ درصد بوده است. در سال ۱۳۷۹ مساحت کلاس پوشش اراضی جنگل ۱۱۷۱۶۲ هکتار معادل ۳۵/۷۰ درصد، مرتع ۱۴۰۸۴۱ هکتار معادل ۴۳ درصد، شهر۳۲۶۸۱ هکتار معادل ۹/۹۵ درصد، زمین بایر ۲۱۷۴ هکتار معادل ۰/۷۳ درصد، کشاورزی ۴۰۰۱۴ هکتار معادل ۱۲/۱۹ درصد و تالاب ۱۰۶ هکتار معادل ۰/۰۳۰ درصد بوده است. در نهایت در سال ۱۴۰۰ طبقه جنگل مساحتی در حدود ۱۰۵۰۴۸ هکتار معادل ۳۲ درصد، طبقه مرتع مساحتی حدود ۱۴۴۳۵۶ هکتار معادل ۴۴ درصد، طبقه شهر مساحتی حدود ۳۳۲۰۶ هکتار معادل

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

۱۰/۱۱درصد، طبقه زمین بایر ۴۱۷۶ هکتار معادل ۰/۷۷ درصد، طبقه کشاورزی ۴۲۴۱۷ هکتار معادل ۱۲/۹۲ درصد و طبقه تالاب با مساحت ۱۱۰ هکتار معادل ۰/۰۳۰ درصد بوده است.

**جدول ۴. تغییرات طبقات پوشش اراضی بر حسب درصد**

| سال/کلاس | جنگل | مرتع | شهر | زمین بایر | کشاورزی | تالاب |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۶۸-۱۳۷۹ | -۰/۸۴ | ۰/۹۹ | ۱/۳۳۸ | ۰/۰۳ | ۰/۰۹ | ۰ |
| ۱۳۷۹-۱۴۰۰ | -۳/۷ | ۱ | ۰/۱۶ | ۰/۰۴ | ۰/۷۳ | ۰ |

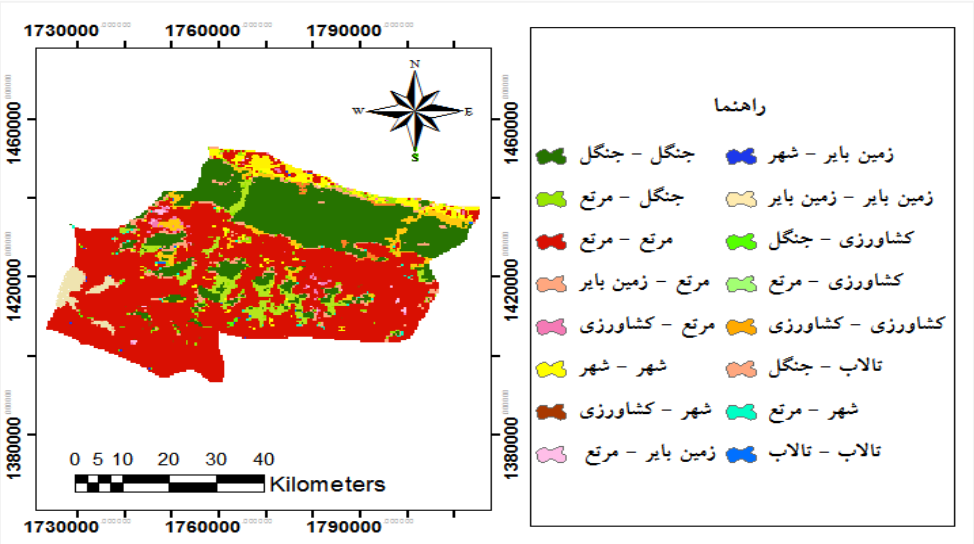
بررسی تغییرات پوشش گیاهی در بازه زمانی تحقیق نیز انجام شد که نتایج آن در جدول ۴ نشان داده است. بر اساس نتایج به دست آمده، تغییرات رخ داده در بازه زمانی ۱۳۶۸ – ۱۳۷۹، طبقه جنگل ۰/۸۴- درصد کاهش مساحت را نشان می‌دهد و برای کلاس مرتع، شهر، زمین بایر و کشاورزی به ترتیب ۰/۹۹، ۱/۳۸، ۰/۰۳، ۰/۰۹ درصد افزایش مساحت داشته‌اند. در بازه زمانی ۱۳۷۹- ۱۴۰۰ نیز حدود ۳/۷- درصد کاهش مساحت در طبقه جنگل مشاهده شد. طبقه مرتع ۱ درصد، طبقه شهر ۰/۱۶ درصد، زمین بایر ۰/۰۴ درصد و کشاورزی ۰/۷۳ درصد روند افزایش مساحت دارا بوده‌اند.

## ۱. ارزیابی صحت طبقه‌بندی‌ها

نتایج بدست آمده برای آزمون صحت طبقه‌بندی پوشش اراضی سال ۱۳۶۸ نشان دهنده دقت کل ۹۰ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۳ می‌باشد. برای سال ۱۳۷۹ دقت کل و ضریب کاپا به ترتیب ۹۳ درصد و ۰/۸۱ بدست آمد. برای سال ۱۴۰۰، دقت کل ۹۳ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۱ برآورد شد.

## ۲. آشکارسازی تغییرات

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در بازه زمانی بین سالهای ۱۳۶۸ و ۱۳۷۹ در شکل ۱۲ و جدول ۵ آورده شده است. بر اساس نتایج آمده از کل مساحت طبقه جنگل در حدود ۶۹۴۲۰ هکتار بدون تغییر باقی مانده است و ۴۱۳۹۴ هکتار از طبقه جنگل به مرتع تبدیل شده است. از کل مساحت طبقه مرتع، ۴۲۳۶۶ هکتار به طبقه جنگل و ۲۱۸۲، ۱۹۷۵ و ۱۹۱۴ هکتار به ترتیب به طبقه بایر، کشاورزی و تالاب تبدیل شده‌اند.




**شکل ۱۲. آشکارسازی تغییرات بازه زمانی ۱۳۶۸- ۱۳۷۹**

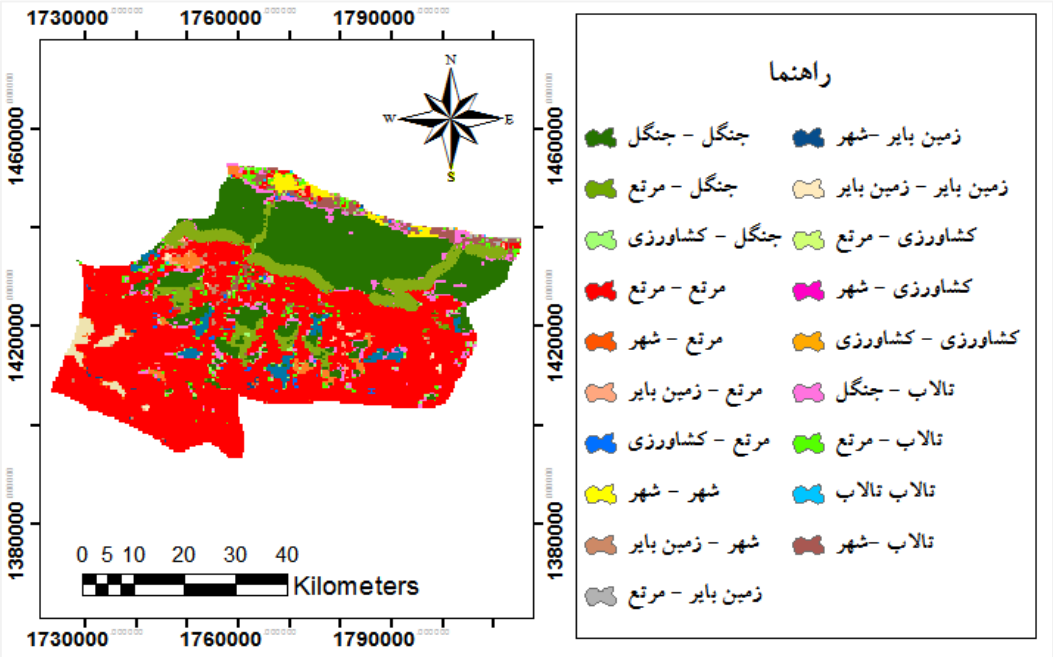
**جدول ۵. تغییرات رخ داده برای هر کدام از طبقات پوشش اراضی در بازه زمانی ۱۳۶۸-۱۳۹۰ بر حسب هکتار**

| ۱۳۶۸ - ۱۳۷۹ | جنگل | مرتع | شهر | زمین بایر | کشاورزی | تالاب | مجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جنگل | ۶۹۴۲۰ | ۴۱۳۹۴ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۱۰۸۱۵ |
| مرتع | ۴۲۳۶۶ | ۹۱۰۳۱ | ۰ | ۲۱۸۲ | ۱۹۷۵ | ۱۹۱۴ | ۱۶۹۴۶۸ |

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

| ۱۳۶۸ - ۱۳۷۹ | جنگل | مرتع | شهر | زمین بایر | کشاورزی | تالاب | مجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شهر | ۰ | ۳۰۱ | ۵۱۳۸ | ۰ | ۹۳۷۱ | ۰ | ۱۴۸۱۰ |
| زمین بایر | ۰ | ۴۹۳ | ۱۴۱۱ | ۱۱۸۴۸ | ۰ | ۰ | ۱۳۷۵۲ |
| کشاورزی | ۳۸۰۰ | ۴۲۰۲ | ۰ | ۰ | ۵۴۰۰ | ۰ | ۱۳۴۰۲ |
| تالاب | ۵۴۴۳ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴۹۳ | ۵۹۵۶ |

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در بازه زمانی بین سالهای ۱۳۷۹ و ۱۴۰۰ در شکل ۱۳ و جدول ۶ آورده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از مجموع کل مساحت جنگل، ۹۸۷۳ هکتار به طبقه مرتع تبدیل شده است. در رابطه با طبقه پوششی مرتع ۱۳۰۲۰۷ هکتار بدون تغییر، ۳۳۳ هکتار به شهر، ۷۶۴۷ هکتار به اراضی بایر و ۷۸۶۳ هکتار به کشاورزی تبدیل شده است.




**شکل ۱۳. آشکارسازی بازه زمانی ۱۳۹۰ – ۱۴۰۰**

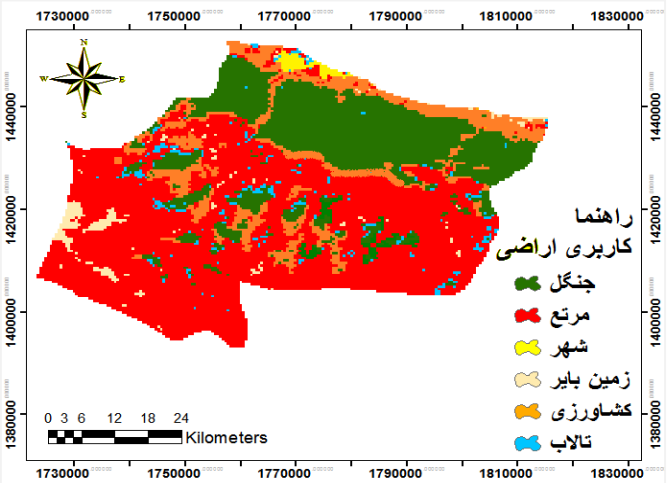
**جدول ۶. تغییرات رخ داده برای هر کدام از طبقات پوشش اراضی در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۴۰۰ بر حسب هکتار**

| ۱۳۷ - ۱۴۰۰ | جنگل | مرتع | شهر | زمین بایر | کشاورزی | تالاب | مجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جنگل | ۹۹۰۷۸ | ۹۸۷۳ | ۰ | ۰ | ۱۲۰۸ | ۰ | ۱۱۰۱۵۹ |
| مرتع | ۰ | ۱۳۰۲۰۷ | ۳۳۳ | ۷۶۴۷ | ۷۸۶۳ | ۰ | ۱۴۶۰۵۰ |
| شهر | ۰ | ۰ | ۱۱۱۲۲ | ۱۰۷۸ | ۰ | ۰ | ۱۲۲۰۰ |
| زمین بایر | ۰ | ۱۳۴۰ | ۲۲۲۹ | ۱۱۰۵۲ | ۰ | ۰ | ۱۴۶۲۱ |
| کشاورزی | ۰ | ۵۲۳ | ۲۱۰ | ۳۴۵ | ۱۶۱۶۸ | ۰ | ۱۷۲۴۶ |
| تالاب | ۱۲۴۵۰ | ۱۱۰۵۴ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴۴۱۶ | ۲۷۹۲۰ |

### ۳. تعیین اعتبار و ارزیابی الگوسازی مدل زنجیره مارکوف

در این روش، نقشه واقعی و نقشه پیش‌بینی شده با یکدیگر از نظر تعداد سلول ها برای هر کلاس و همچنین موقعیت مکانی سلول‌ها در دو تصویر مقایسه می شوند و شاخص کاپا در فاصله ۱-۰ برای تفسیر نتایج استفاده می گردد. نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی برای سال ۱۴۰۰ در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]




**شکل ۱۴. نقشه پیش‌بینی پوشش اراضی برای سال ۱۴۰۰**

باتوجه به شکل فوق، این نتایج برای سال ۱۴۰۰ استنباط می‌گردد که توافق بین نقشه واقعی و پیش‌بینی شده برابر ۰/۹۱ است.

## ۴. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا سال ۱۴۳۰

چنانچه تغییرات آینده را معادل تغییرات فعلی در نظر بگیریم، جدول ۱۰ ماتریس احتمال به دست آمده از نقشه‌های سال‌های ۱۳۶۸–۱۴۰۰ با بهره‌گیری از LCM و MLP برای پیش‌بینی تغییرات ۳۰ سال آینده (۱۴۳۰) را نشان می‌دهد. در این مدل پیش‌بینی طبقات پوشش در سال ۱۴۳۰ را با فرض ثابت ماندن فرآیندهای تغییر پوشش اراضی در طی ۳۰ سال بعد (بازه ۱۴۰۰ تا ۱۴۳۰) انجام داده است.

**جدول ۷. ماتریس احتمال انتقال محاسبه شده برای سال ۱۴۳۰**

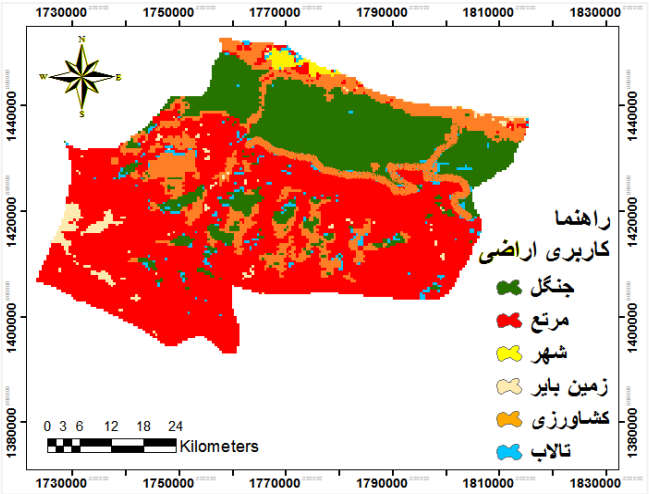
| ۱۳۶۸ - ۱۴۰۰ | جنگل | اراضی مرتعی | شهر | زمین بایر | کشاورزی | تالاب |
|---|---|---|---|---|---|---|
| جنگل | ۰/۸۱ | ۰/۱۸ | ۰ | ۰ | ۰/۰۶۹ | ۰ |
| مرتعی | ۰/۱۶ | ۰/۷۹ | ۰/۰۵۸ | ۰ | ۰/۳۶ | ۰ |
| شهر | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۸۱ | ۰ | ۰ | ۰ |
| زمین بایر | ۰/۰۳۰ | ۰/۱۲ | ۰/۰۵ | ۰/۵۱ | ۰ | ۰ |
| کشاورزی | ۰/۰۶۹ | ۰/۴۸ | ۰/۰۰۱ | ۰ | ۰/۵۴ | ۰ |
| تالاب | ۰ | ۰/۰۶۸ | ۰/۱۱ | ۰ | ۰/۰۶۲ | ۰/۸۱ |

همانطوری که در جدول ۷ نشان داده می‌شود با احتمال ۰/۸۱ پیکسل‌های مربوط به طبقه پوشش جنگل در سال ۱۴۰۰، در سال ۱۴۳۰ نیز جنگل باقی بماند و ۰/۱۸ احتمال دارد به اراضی مرتعی تبدیل شوند. همچنین احتمال می‌رود، طبقه مرتع ۰/۷۹ و طبقه شهر ۰/۸۱ بدون تغییر باقی بمانند. احتمال می رود که ۰/۱۶ از طبقه پوشش مرتع در سال ۱۴۰۰، به طبق پوشش جنگل در سال ۱۴۳۰ تبدیل شود. از طبقه اراضی مرتعی در سال ۱۴۰۰، به طبقه اراضی جنگل تبدیل شود و ۰/۵۱ پیکسل‌ها نشان می‌دهند که اراضی زمین بایر در سال ۱۴۰۰، در سال ۱۴۳۰ هم بدون پوشش باقی بمانند. همچنین پیش‌بینی می‌شود اراضی انسان ساخت افزایش پیدا کنند.

در نهایت با استفاده از عملگر مارکوف و با لحاظ نقشه پوشش زمین سال ۱۴۰۰ به عنوان نقشه پایه و معرفی فایل مساحت انتقال حاصل از مرحه قبل اجرا و نقشه پوشش زمین برای سال ۱۴۳۰ پیش‌بینی شد که در شکل ۱۵ آورده شده است. مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف پوشش اراضی در سال ۱۴۳۰ در جدول ۸ نشان داده است. بر اساس نتایج بدست آمده، طبقه پوشش جنگلی مساحتی در حدود ۹۱۱۹۴ هکتار معادل ۲۷/۷۸، طبقهٔ پوشش مرتعی مساحتی در حدود ۱۴۹۱۶۷ هکتار معادل

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

۴۵/۴۴، اراضی انسان ساخت مساحتی در حدود ۳۴۲۱۶ معادل ۱۰/۴۲ و طبقهٔ کشاورزی مساحتی در حدود ۴۵۰۷۲ هکتار معادل ۱۳/۷۳ خواهند داشت.




**شکل ۱۵. نقشه پیش‌بینی شده پوشش اراضی برای سال ۱۴۳۰**

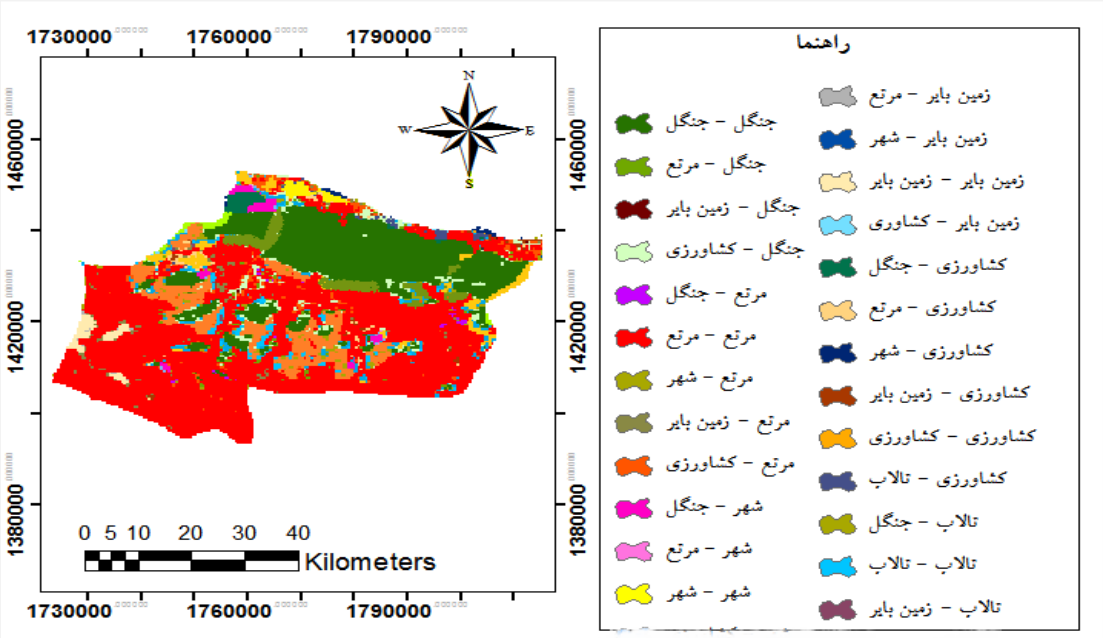
**جدول ۸: مساحت و درصد طبقات پوشش اراضی در سال ۱۴۳۰ برحسب هکتار**

| سال/کلاس | جنگل | | مرتع | | شهر | | زمین بایر | | کشاورزی | | تالاب | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | مساحت (هکتار) | درصد | مساحت (هکتار) | درصد | مساحت (هکتار) | درصد | مساحت (هکتار) | درصد | مساحت (هکتار) | درصد | مساحت (هکتار) | درصد |
| ۱۴۳۰ | ۹۱۱۹۴ | ۲۷/۷۸ | ۱۴۹۱۶۷ | ۴۵/۴۴ | ۳۴۲۱۶ | ۱۰/۴۲ | ۸۴۳۰ | ۲/۵۶ | ۴۵۰۷۲ | ۱۳/۷۳ | ۱۲۴ | ۰/۰۳ |

## ۵. آشکارسازی تغییرات بین سال ۱۴۰۰ و ۱۴۳۰

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در بازه زمانی مذکور در شکل ۱۶ و جدول ۹ آورده شده است. براساس نتایج به دست آمده از مقدار کل مساحت طبقه جنگل در حدود ۸۳۲۷۵ هکتار بدون تغییر باقی مانده و ۳۲۰۰ هکتار طبقه جنگل به پوشش مرتع، ۱۰۰ هکتار از اراضی زمین بایر، ۲۰۰۴۹ هکتار به کشارزی و ۵۱ هکتار به تالاب تبدیل خواهد شد. ۱۴۰۹۰۰ هکتار پوشش مرتع بدون تغییر باقی میماند ۸۷۵ هکتار به جنگل، ۱۲۵ هکتار شهر، ۴۷۵ هکتار کشاورزی، ۲۵۷ هکتار تالاب تبدیل می‌شود. ۳۵۹۵۰ هکتار از اراضی شهر بدون تغییر باقی می‌ماند و ۳۳۵۰ هکتار به جنگل، ۱۰۰ هکتار مرتع، ۴۵۰ هکتار به کشاورزی تبدیل می‌شود. ۵۹۲۵ هکتار زمین بایر تغییر نمی‌کند و حدود ۲۲۲۵ هکتار به جنگل، ۳۵۰۰ هکتار به مرتع، ۶۶۵ هکتار شهر و ۳۲۵ هکتار به کشاورزی تغییر اراضی می‌کنند. ۲۶۴۵۰ هکتار اراضی کشاورزی ثابت می‌ماند و ۳۲۷۵ هکتار به جنگل، ۲۲۲۵ هکتار به مرتع، ۱۲۲۵ هکتار شهر و ۹۲۵ هکتار به زمین بایر تبدیل میشوند. در طبقه تالاب ۱۷۷۵ هکتار بدون تغییر ۴۷۲۵ هکتار به جنگل، ۸۰۰ مرتع و ۸۲۵ هکتار به کشاورزی تبدیل خواهند شد.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]




**شکل ۱۶. آشکارسازی پدیده‌های سال ۱۴۳۰-۱۴۰۰**

**جدول ۹. تغییرات رخ داده برای هر کدام از طبقات پوشش اراضی در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۴۳۰ بر حسب هکتار**

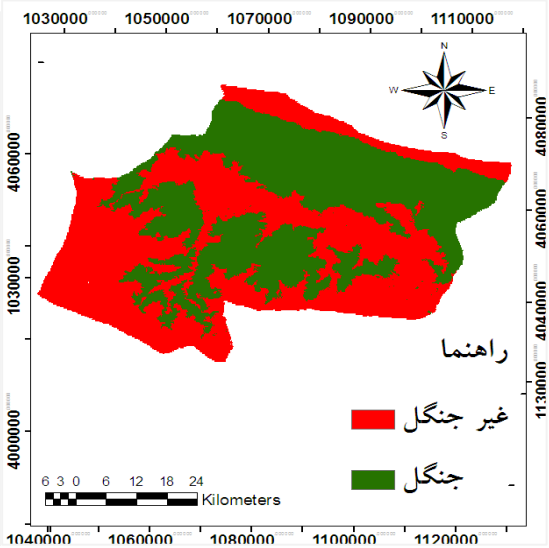
| ۱۴۳۰-۱۴۰۰ | جنگل | مرتع | شهر | زمین بایر | کشاورزی | تالاب | مجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جنگل | ۸۳۲۷۵ | ۳۲۰۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۲۰۰۴۹ | ۵۱ | ۱۰۶۶۷۵ |
| مرتعی | ۸۷۵ | ۱۴۰۹۰۰ | ۱۲۵ | ۰ | ۴۷۵ | ۲۵۷ | ۱۴۲۶۳۲ |
| شهر | ۳۳۵۰ | ۱۰۰ | ۳۵۹۵۰ | ۰ | ۴۵۰ | ۰ | ۳۹۸۵۰ |
| زمین بایر | ۲۲۲۵ | ۳۵۰۰ | ۶۶۵ | ۵۹۲۵ | ۳۲۵ | ۰ | ۱۲۶۴۰ |
| کشاورزی | ۳۲۷۵ | ۲۲۲۵ | ۱۲۲۵ | ۹۲۵ | ۲۶۴۵۰ | ۰ | ۳۹۱۰۰ |
| تالاب | ۴۷۲۵ | ۸۰۰ | ۰ | ۰ | ۸۲۵ | ۱۷۷۵ | ۸۳۲۵ |

## ۶. مدل‌سازی پروژه REDD

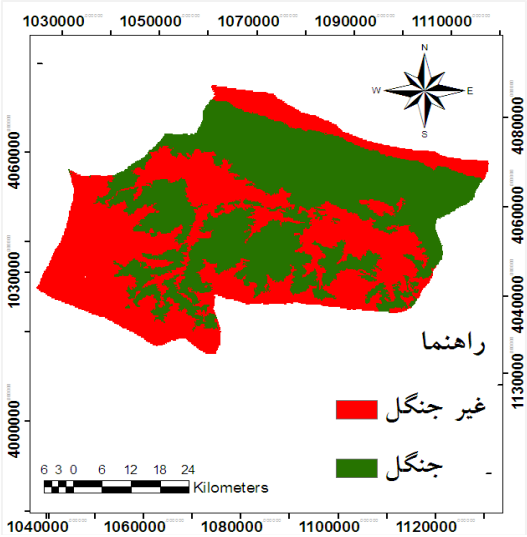
### مرحله ۱- تهیه نقشه پوشش اراضی

به منظور تهیه نقشه‌های پوشش جنگل (متشکل از دو طبقه مناطق پوشیده از جنگل و مناطق غیرجنگل) برای منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های پوشش اراضی سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۴۰۰ که در شکل ۹ و ۱۱ آورده شده بودند، استفاده شد. با این تفاوت که کلاس اراضی مرتع، بایر، کشارزی، تالاب و شهر با یکدیگر تلفیق شده و کلاس اراضی غیرجنگل تولید شد که در شکل ۱۷ و ۱۸ آورده شده‌اند.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]



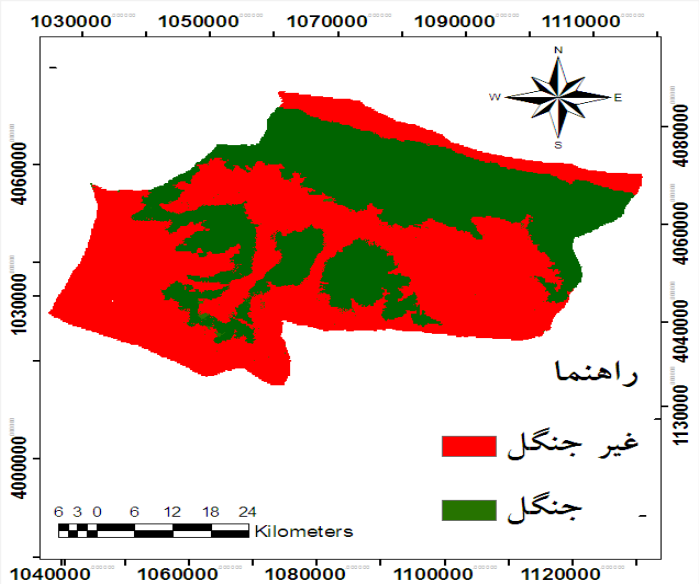

شکل ۱۷. نقشه پوشش جنگل ۱۳۶۸




شکل ۱۸. نقشه پوشش جنگل ۱۴۰۰

**مرحله ۲ – مدل سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش برای آینده**

در این مرحله با استفاده از مارکوف، احتمال تغییر هر کاربری به کاربری دیگر محاسبه شد. در مطالعه حاضر با استفاده از تغییرات اتفاق افتاده پوشش جنگل به غیرجنگل در بین سالهای ۱۳۶۸ و ۱۴۰۰ این امر صورت گرفته و تغییرات برای سال ۱۴۳۰ با استفاده از شبکه عصبی MLP در محیط مدل‌سازی تغییر سرزمین پیش‌بینی شد که در شکل ۱۹ آورده شده است.

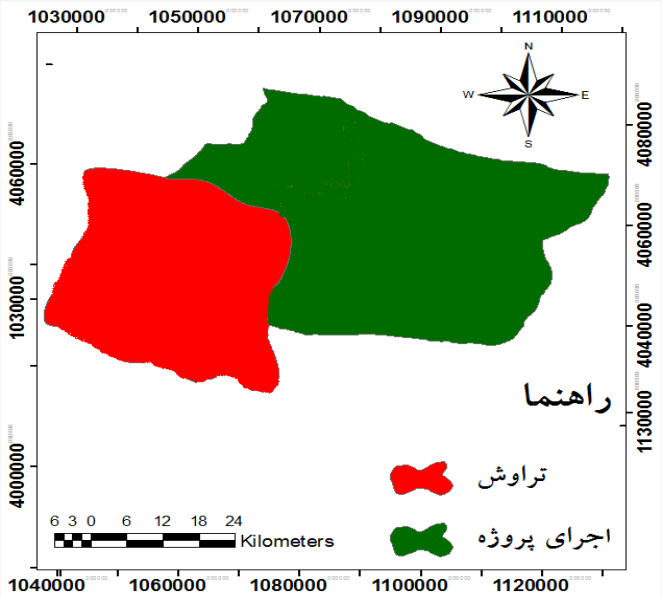



شکل ۱۹. نقشه پوشش اراضی سال ۱۴۳۰

## ۷. مدل‌سازی پتانسیل انتقال پوشش جنگل به پوشش غیرجنگل و پیش‌بینی تغییرات برای ۳۰ سال آینده در راستای اجرای پروژه REDD

با استفاده از دو نقشه پوشش جنگل سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۴۰۰ و به همراه ۶ متغیر مستقل و برای مدل‌سازی خط مبنا پروژه REDD باید مرزهای مکانی نواحی اجرای پروژه و تراوش تعیین شود که این نواحی برای منطقه مورد مطالعه در شکل ۲۰ نشان داده شده است. مساحت منطقه اجرای پروژه و تراوش به ترتیب ۳۴۶۵ و ۵۴۵۷ هکتار می‌باشد. در مطالعه حاضر، میزان کاهش مساحت پوشش جنگل در راستای مدل‌سازی خط مبنا پروژه REDD برای نواحی جنگل در راستای مدل‌سازی خط مبنا پروژه اجرای پروژه و تراوش محاسبه می‌شود و پس از اجرای پروژه REDD، نتایج کلی حاصل از اجرای پروژه ارایه شده است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]




**شکل ۲۰. مرزهای مکانی نواحی اجرای پروژه و تراوش درپروژه REDD**

## ۸. نتایج اجرای پروژه REDD در منطقه مورد مطالعه

در مطالعه حاضر مناطقی که به شدت تحت تأثیر جنگل‌زدایی قرار گرفته‌اند و عوامل توسعه و جنگل‌زدایی به طور آشکار در جریان می‌باشد به عنوان منطقه تراوش انتخاب شده است. بر طبق جدول شماره ۱۰ که میزان کاهش انتشار $CO_2$ بواسطه جابه جایی برخی فعالیت‌های جنگل‌زدایی در ناحیه اجرای مدل، تحت پروژه REDD را نمایان می‌کند، می‌توان چنین نتیجه گرفت که میانگین انتشار دی‌اکسیدکربن در منطقه اجرای مدل، به ترتیب در بازه زمانی ۵ ساله اول ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۵ شامل ۱۹۱۰۵۱/۸ تن بوده سپس این میانگین برای ۵ ساله دوم ۱۴۰۵ تا ۱۴۱۰ شامل ۵۱۷۵۸۰/۶ تن خواهد شد. همچنین این میانگین برای ۵ ساله سوم ۱۴۱۰ تا ۱۴۱۵ شامل ۷۱۳۴۷۳/۶ تن خواهد شد و در ادامه این میانگین برای ۵ ساله چهارم ۱۴۱۵ تا ۱۴۲۰ شامل ۹۲۲۶۹۹ تن بوده و برای ۵ سال بعدی ۱۴۲۰ تا ۱۴۲۵ شامل ۹۶۷۶۴۳/۸ تن بوده و در نهایت این میزان برای ۵ ساله ششم ۱۴۲۵ تا ۱۴۳۰ شامل ۸۶۲۵۷۴ تن خواهد شد، این نشان می‌دهد با اجرای پروژه REDD میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن کاهش پیدا می‌کند.

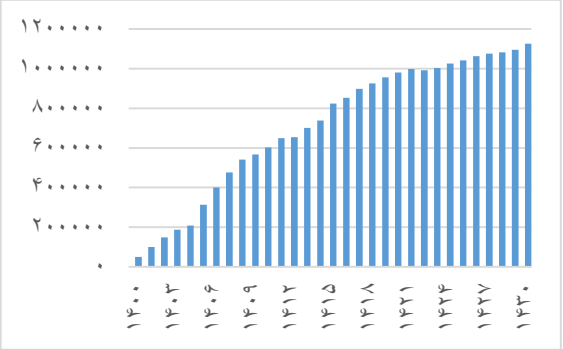
بر حسب جدول شماره ۱۰ میانگین کاهش انتشار $CO_2$ در ناحیه تراوش تحت سناریو پروژه REDD به ترتیب در بازه زمانی ۵ ساله اول ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۵ شامل ۸۸۸۰۶/۸ تن بوده سپس این میانگین برای ۵ ساله دوم ۱۴۰۵ تا ۱۴۱۰ شامل ۲۰۳۲۹۴ تن خواهد شد. همچنین این میانگین برای ۵ ساله سوم ۱۴۱۰ تا ۱۴۱۵ شامل ۲۷۱۵۱۹ تن خواهد شد و در ادامه این میانگین برای ۵ ساله چهارم ۱۴۱۵ تا ۱۴۲۰ شامل ۳۰۶۸۵۴/۴ تن بوده و برای ۵ سال بعدی ۱۴۲۰ تا ۱۴۲۵ شامل ۳۴۷۱۳۱/۲ تن بوده و در نهایت این میزان برای ۵ ساله ششم ۱۴۲۵ تا ۱۴۳۰ شامل ۳۸۸۸۳۴ تن خواهد شد. با توجه به شکل ۲۱ و ۲۲ مشاهده می‌گردد که در صورت تخریب پوشش جنگل در صورت عدم اجرای استراتژی REDD یک جهش با روند افزایشی در انتشار $CO_2$ به خود خواهد گرفت. همچین در صورت عدم اجرای سیاست‌های روش کار حاضر این روند در منطقه تراوش و کل منطقه به حجم قابل توجهی افزایش خواهد یافت.

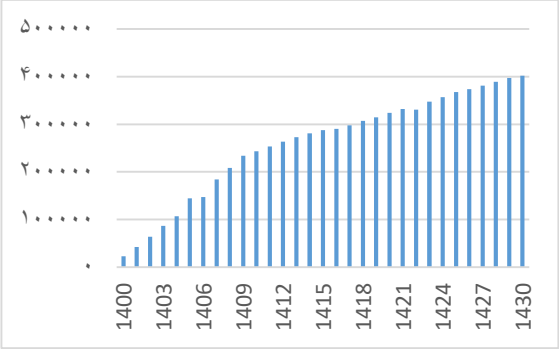
**جدول ۱۰. میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به واسطه جابه‌جایی برخی فعالیت‌های جنگل‌زدایی در منطقه**

| سال | میزان انتشار منطقه اجرایی پروژه | میزان انتشار در منطقه تراوش | سال | میزان انتشار منطقه اجرایی پروژه | میزان انتشار در منطقه تراوش | سال | میزان انتشار منطقه اجرایی پروژه | میزان انتشار در منطقه تراوش |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۴۰۰ | ۴۹۶۸۱ | ۲۲۵۰۱ | ۱۴۱۱ | ۶۴۹۱۳۱ | ۲۵۳۵۴۱ | ۱۴۲۲ | ۹۸۱۲۶۸ | ۳۳۰۵۶۱ |
| ۱۴۰۱ | ۹۹۴۸۰ | ۴۲۱۳۱ | ۱۴۱۲ | ۶۵۴۷۴۰ | ۲۶۳۱۳۱ | ۱۴۲۳ | ۹۹۳۸۵۱ | ۳۴۷۸۴۶ |

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

| سال | میزان انتشار منطقه اجرایی پروژه | میزان انتشار در منطقه تراوش | سال | میزان انتشار منطقه اجرایی پروژه | میزان انتشار در منطقه تراوش | سال | میزان انتشار منطقه اجرایی پروژه | میزان انتشار در منطقه تراوش |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۴۰۲ | ۱۴۸۰۷۲ | ۶۳۷۱۷ | ۱۴۱۳ | ۷۰۱۷۷۰ | ۲۷۲۵۲۱ | ۱۴۲۴ | ۹۸۶۵۵۲ | ۳۵۷۲۱۵ |
| ۱۴۰۳ | ۱۸۷۱۱۲ | ۸۶۷۱۷ | ۱۴۱۴ | ۷۳۷۶۹۰ | ۲۸۱۰۱۱ | ۱۴۲۵ | ۱۰۰۱۸۶۳ | ۳۶۷۸۳۶ |
| ۱۴۰۴ | ۲۰۷۳۸۱ | ۱۰۷۰۲۱ | ۱۴۱۵ | ۸۲۴۰۳۷ | ۲۸۷۳۹۱ | ۱۴۲۶ | ۱۰۲۳۵۳۲ | ۳۷۳۴۱۴ |
| ۱۴۰۵ | ۳۱۳۲۱۴ | ۱۴۴۴۴۸ | ۱۴۱۶ | ۸۵۲۳۰۵ | ۲۹۰۴۴۱ | ۱۴۲۷ | ۱۰۵۶۶۳۳ | ۳۸۱۴۱۲ |
| ۱۴۰۶ | ۴۰۰۳۱۸ | ۱۴۷۱۵۱ | ۱۴۱۷ | ۸۹۸۶۳۵ | ۲۹۷۷۴۰ | ۱۴۲۸ | ۱۰۷۲۲۵۲ | ۳۸۹۵۱۲ |
| ۱۴۰۷ | ۴۷۶۲۳۱ | ۱۸۳۸۴۴ | ۱۴۱۸ | ۹۲۶۱۲۳ | ۳۰۷۲۷۰ | ۱۴۲۹ | ۱۰۹۵۲۲۳ | ۳۹۷۵۱۱ |
| ۱۴۰۸ | ۵۴۱۲۶۱ | ۲۰۸۳۵۲ | ۱۴۱۹ | ۹۵۵۸۲۱ | ۳۱۴۷۰۰ | ۱۴۳۰ | ۱۱۲۶۷۳۲ | ۴۰۲۳۲۱ |
| ۱۴۰۹ | ۵۶۷۰۸۲ | ۲۳۴۰۶۳ | ۱۴۲۰ | ۹۸۰۶۱۱ | ۳۲۴۱۲۱ | | | |
| ۱۴۱۰ | ۶۰۳۰۱۱ | ۲۴۳۰۶۰ | ۱۴۲۱ | ۹۷۷۹۴۷ | ۳۳۲۱۹۸ | | | |



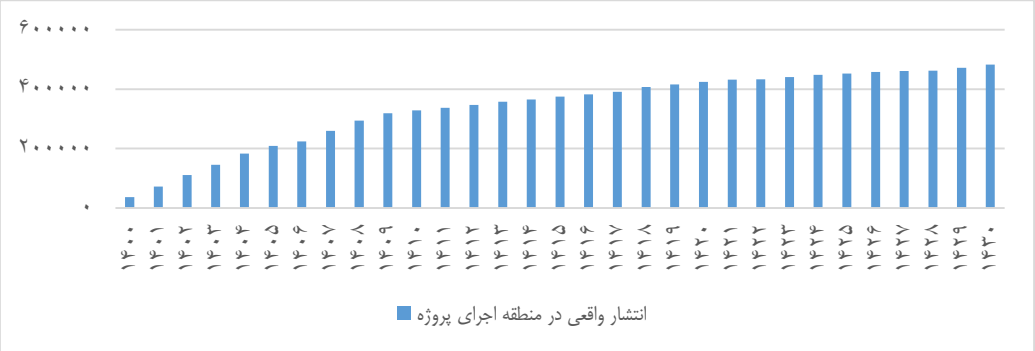

**شکل ۲۱. میزان انتشار دی اکسید کربن به واسطه جابه جایی در منطقه اجرای پروژه ؛ شکل ۲۲ . میزان انتشار دی‌اکسید کربن به واسطه جابه‌جایی در منطقه تراوش**

بر اساس جدول ۱۱، میزان جلوگیری شده دی‌اکسیدکربن در بین سال شروع پیش‌بینی تا سال آخر به ترتیب از ۴۹۵۳۵ تن در سال ۱۴۰۰ به ۴۸۲۲۱۳ تن در سال ۱۴۳۰ افزایش خواهد یافت که این میزان در مقایسه با قبل اجرای پروژه، مقدار قابل توجهی را نشان می‌دهد. زیرا با این روند به سمت احیای جنگل و حفظ گونه‌های زیستی و اجرای سیاست‌های پیمان کیوتو پیش خواهیم رفت و مسیر برای یک روند پایدار پاک، باز خواهد شد.

**جدول ۱۱. میزان دی‌اکسیدکربن (برحسب تن) جلوگیری شده به اتمسفر به صورت اجرای پروژه REDD**

| سال | میزان انتشار طی ۳۰ سال آینده | انتشار واقعی در منطقه اجرای پروژه | سال | میزان انتشار طی ۳۰ سال آینده | انتشار واقعی در منطقه اجرای پروژه | سال | میزان انتشار طی ۳۰ سال آینده | انتشار واقعی در منطقه اجرای پروژه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۴۰۰ | ۱۰۷۰۲۰ | ۴۹۵۳۵ | ۱۴۱۱ | ۱۴۵۷۴۴۲ | ۳۳۷۵۵۱ | ۱۴۲۲ | ۲۳۱۵۵۰۵ | ۴۳۲۹۴۷ |
| ۱۴۰۱ | ۲۱۶۰۶۲ | ۷۲۴۵۰ | ۱۴۱۲ | ۱۵۲۲۳۵۱ | ۳۴۷۰۴۱ | ۱۴۲۳ | ۲۴۷۱۱۷۹ | ۴۴۰۰۲۵ |
| ۱۴۰۲ | ۳۱۴۰۹۱ | ۱۱۰۲۸۱ | ۱۴۱۳ | ۱۵۴۶۳۴۱ | ۳۵۷۵۳۱ | ۱۴۲۴ | ۲۵۴۱۲۹۵ | ۴۴۸۰۲۵ |
| ۱۴۰۳ | ۴۲۱۱۱۱ | ۱۴۵۱۲۱ | ۱۴۱۴ | ۱۶۵۳۳۵۲ | ۳۶۵۰۵۱ | ۱۴۲۵ | ۲۶۱۱۱۷۲ | ۴۵۲۰۲۴ |
| ۱۴۰۴ | ۵۳۰۲۵۱ | ۱۸۲۵۴۱ | ۱۴۱۵ | ۱۷۳۱۵۵۰ | ۳۷۴۳۷۲ | ۱۴۲۶ | ۲۷۰۱۱۶۶ | ۴۵۸۰۳۰ |
| ۱۴۰۵ | ۶۲۷۷۹۱ | ۲۰۸۹۵۰ | ۱۴۱۶ | ۱۸۲۵۷۲۱ | ۳۸۱۸۰۰ | ۱۴۲۷ | ۲۸۱۲۱۱۲ | ۴۶۱۱۲۱ |
| ۱۴۰۶ | ۷۸۳۱۳۳ | ۲۲۴۱۵۸ | ۱۴۱۷ | ۱۹۹۹۴۶۲ | ۳۹۱۲۱۱ | ۱۴۲۸ | ۲۸۱۸۹۲۱ | ۴۶۲۱۳۲ |
| ۱۴۰۷ | ۹۰۹۶۶۳ | ۲۵۹۳۷۱ | ۱۴۱۸ | ۱۹۸۴۲۱۱ | ۴۰۷۰۱۰ | ۱۴۲۹ | ۲۹۲۱۱۸۲ | ۴۷۱۲۳۱ |
| ۱۴۰۸ | ۱۰۳۷۳۱۴ | ۲۹۴۲۷۱ | ۱۴۱۹ | ۲۱۵۱۳۲۲ | ۴۱۵۲۹۸ | ۱۴۳۰ | ۲۹۷۵۲۲۱ | ۴۸۲۲۱۳ |
| ۱۴۰۹ | ۱۱۶۷۷۵۴ | ۳۱۸۵۷۲ | ۱۴۲۰ | ۲۱۳۱۹۱۳ | ۴۲۴۳۶۷ | | | |
| ۱۴۱۰ | ۱۲۶۱۶۵۴ | ۳۲۸۲۶۱ | ۱۴۲۱ | ۲۲۱۴۸۷۱ | ۴۳۲۲۵۱ | | | |

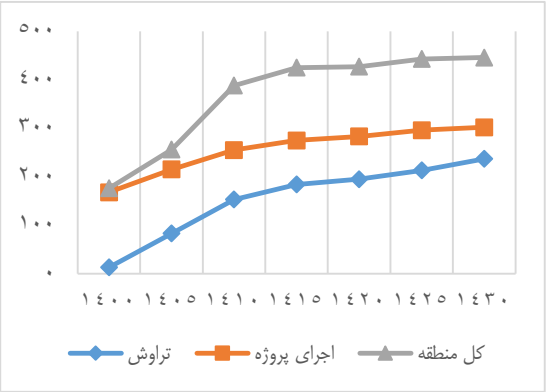
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

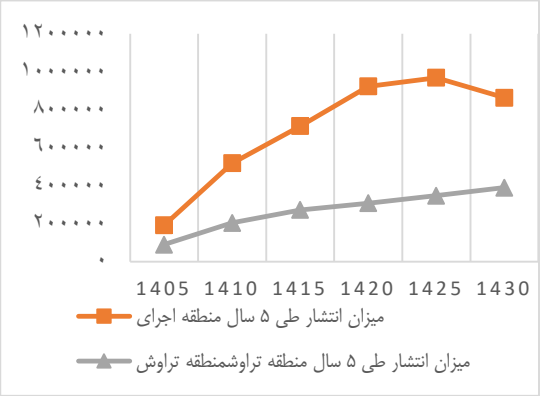



**شکل ۲۲. میزان انتشار دی‌اکسید کربن در منطقه اجرای پروژه REDD طی ۳۰ سال**

شکل ۲۳ بیانگر میزان تخریب مساحت پوشش جنگل در بازه‌های زمانی ۵ ساله تحت سناریو خط مبنا (عدم اجرای پروژه REDD) و اجرای پروژه می‌باشد. بیشترین میزان کاهش مساحت پوشش جنگل در ناحیه اجرای پروژه مربوط به ۵ سال اول (۳۹ هکتار در سال) و کمترین میزان تخریب مربوط به ۵ سال آخر (۶ هکتار در سال) می‌باشد. همچنین، بیشترین میزان تخریب در ناحیه تراوش مربوط به بازه زمانی ۵ ساله اول (۷۰ هکتار در سال) و کمترین میزان مربوط به ۵ ساله آخر (۲۴ هکتار در سال) می‌باشد. همچنین، شکل ۲۳ که میزان تخریب مساحت پوشش جنگل تحت سناریو خط مبنا را نشان می‌دهد، هر ساله مساحتی از پوشش جنگل در ناحیه اجرای پروژه و تراوش در صورت عدم اجرای پروژه REDD کاسته می‌شود که طی ۳۰ سال به ترتیب ۱۲۶۰، ۹۹۰ و ۲۲۴۰ هکتار پوشش جنگل در ناحیه اجرای پروژه، تراوش و کل منطقه تحت سناریو خط مبنا تخریب می‌گردد.

شکل ۲۴، نشان میدهد که در صورت اجرای پروژه از چه میزان انتشار کربن به اتمسفر جلوگیری می‌شود که در مطالعه حاضر، بین سالهای ۱۴۰۰ تا ۱۴۳۰ حدود ۲۲۴۰ هکتار پوشش جنگل تخریب میشود و ۹۲۷۴۳۸ تن دی‌اکسید کربن انتشار می بابد که در صورت اجرای پروژه REDD این میزان انتشار به ۳۹۸۷۵۷ تن دی اکسید کربن می‌رسد که می توان از انتشار ۵۲۹۶۸۱ تن دی اکسید کربن جلوگیری کرد.




**شکل ۲۳. نمودار میزان تخریب مساحت پوشش جنگل تحت سناریو خط مبنا (هکتار) ؛ شکل ۲۴. نمودار میزان انتشار $co_2$ براساس خط مبنا (بازه زمانی ۵ ساله)**

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه، تغییرات پوشش اراضی شهرستانهای نوشهر و نور بررسی شد، این مناطق در چندین دهه اخیر همواره در معرض عوامل مخرب انسانی قرار گرفته‌اند. تحقیق حاضر، نشان داده است که در ارتباط با منطقه مورد مطالعه، اجرای پروژه‌های REDD می‌تواند به کاهش انتشار گاز $Co_2$ به اتمسفر و در نهایت تعدیل تغییرات اقلیمی در بازه زمانی طولانی مدت کمک کند. در واقع، روش‌شناسی ارایه شده در تحقیق جنگلی در استان مازندران مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، با استفاده از روش کربن استاندارد اختیاری (VCS) می‌توان به محاسبه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخت. از سوی دیگر، با استفاده از

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

روش‌شناسی ذکر شده می‌توان به تکمیل بخش‌هایی از سند طراحی پروژه شامل طراحی سناریو خط مبنا، استفاده از روابط یا مدلهایی به منظور برآورد میزان کربن واقعی انتشار یافته طی اجرای پروژه و بررسی میزان کاهش انتشار کربن به واسطه جابه‌جایی فعالیتهای جنگل‌زدایی از ناحیه پروژه به تراوش پرداخت.

هدف مهم سیاست انرژی و زیست‌محیطی جهان استفاده از سناریوهای پروژه REDD است چرا که با اجرای این پروژه می‌تواند گامی مؤثر در کنترل هرچه بیشتر دی‌اکسید کربن به اتمسفر باشد. نتایج این پژوهش در خصوص کاهش انتشار گازهای گلخانه تحت اجرای پروژه (REDD) با نتایج تحقیقات براون و همکاران (۲۰۲۱) و گراهام و همکاران (۲۰۱۹)، مبنی بر جلوگیری از تخریب جنگل با تاکید بر پایداری زیست محیطی، گیلمور (۲۰۱۶) ، مبنی بر اثر کاربری زمین در کنترل انرژی زمین همخوانی نزدیکی داشته است. در همین راستا، نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات گاویو و همکاران (۲۰۱۳) درخصوص رابطهٔ بین فعالیت‌های جنگل‌زدایی با سیاست‌های انتشار کربن همخوانی داشته است. نتایج این تحقیق با نتایج پیرسون و همکاران (۲۰۱۷)، در مورد درک بهتر محیط زیست و استفاده از فرصت‌ها برای پرداختن به تغییرات آب و هوا، بهبود دانش در مورد انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تخریب جنگل‌ها همخوانی داشته است. یک نمونه مطالعه انجام شده در ایران بر مبنای برنامه REDD که در شهرستان‌های نور و نوشهر استان مازندران انجام شده است (غلامعلی‌فرد و پارسامهر، ۲۰۱۶) نشان داده که روند تخریب جنگل در یک بازه ۳۰ ساله باعث انتشار ۸۲۷۵۹۱/۵۰ تن دی‌اکسیدکربن خواهد شدکه با رقم برآوردی این مطالعه(۸۰۶۷۳۲ تن دی‌اکسیدکربن) همخوانی زیادی دارد. گرچه بخشی از اثرهای تبدیل کاربری جنگل به سایر کاربریها در استان مازندران توسط ترسیب کربن و کاربریهای جایگزین خنثی میشود، اما توان ترسیبی مراتع و زمینهای کشاورزی در مقایسه با نقش ترسیبی جنگل قابل مقایسه نیست و این نشانگر اهمیت بیشتر جنگل‌ها در ترسیب کربن می‌باشد. مهم‌ترین کاربرد نتایج این مطالعه را می‌توان در ایجاد برنامه‌های انگیزشی در حفاظت از منابع جنگلی دانست. همانگونه که نتایج مطالعه نشان داد، تخریب پوشش جنگلی باعث انتشار قابل ملاحظه گازهای گلخانه‌ای می‌شود. در صورت حفاظت از عرصه‌های جنگلی، بخش قابل توجهی از انتشار گازهای گلخانه‌ای کاسته خواهد شد. از قابلیتهای برنامه REDD امکان تعریف تفکیک مناطق جنگلی به دو منطقه پروژه و تراوش است (فوند، ۲۰۰۸). در حقیقت، این برنامه با بررسی تأثیر ایجاد مناطق حفاظتی به عنوان منطقه پروژه، همچنین مناطق بافر در اطراف منطقه پروژه با نام منطقه تراوش روی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای سبب ایجاد انگیزش‌های مثبتی برای مدیریت صحیح منابع جنگلی می‌شود.

با توجه به روند شدید تغییرات کاربری اراضی در استان مازندران، در آینده‌ای نزدیک شاهد پیامدهای منفی تغییرات اقلیمی با ادامه این روند خواهیم بود. همچنین، جنگلهای هیرکانی شرایطی مشابه با منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر را دارند. بنابراین، اجرای پروژه‌های REDD می‌تواند سهم جنگل‌های هیرکانی را به عنوان یکی از ذخایر ارزشمند کربن جهان، در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تعدیل تغییرات اقلیمی نمایان سازد. همچنین، به واسطه اجرای این پروژه‌ها می‌توان از مزایای مالی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت پروژه‌های مکانیسم توسعه پاک بهره‌مند شد. لازم به ذکر است که جنگل‌های هیرکانی ایران فاکتورهای لازم برای اجرای پروژه‌های REDD از قبیل مواجهه با تغییرات شدید کاربری اراضی، تهدید تنوع زیستی و ذخایر کربن بالا را دارا می‌باشند و با توجه به این قابلیت‌ها و نقش غیرقابل انکار جنگل‌ها در تعدیل تغییرات اقلیمی، می‌بایست به دنبال اجرای این پروژه‌ها به عنوان راهکاری برای بحران کاهش جنگل‌های هیرکانی و کاهش پیامدهای منفی تغییرات اقلیمی ناشی از جنگل‌زدایی باشیم.

## ملاحظات اخلاقی

نویسنده اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده و این موضوع مورد تأیید آنان است.

## مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در جمع‌آوری داده‌ها، تهیه گزارش پژوهش و تحلیل داده‌ها مشارکت داشتند.

## تعارض منافع

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]
[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

بنا بر اظهار نویسنده این مقاله تعارض منافع ندارد.

## حامی مالی

مقاله حاضر حامی مالی ندارد.

## سپاسگزاری

از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

## منابع

پارسامهر، کوشا؛ و غلامعلی‌فرد، مهدی (۱۳۹۵). معرفی کاربردی مدل‌سازی پروژه‌های REDD: راهکاری برای کاهش پیامدهای تغییر اقلیم، *پژوهش‌های محیط زیست*، ۱۳، ۱۸۹ – ۲۰۲.

پارسامهر، کوشا؛ غلامعلی‌فرد، مهدی؛ و کوچ، یحیی (۱۳۹۸). رویه یادگیری برمبنا نمونه وزنی تشابه برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال پوشش‌اراضی و کاربردی آن در سند طراحی پروژه (REDD)، *فناوری اطلاعات مکانی*، ۷ (۱۱). ۱۲۱–۱۴۴.

درویشی، یوسف؛ زارعی، میلاد؛ و سیارکاوردی، میرکیوان (۱۴۰۱). پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی و روند انتشار دی‌اکسیدکربن بر اساس سناریوی پروژه REDD، *نشریه محیط زیست*، ۷۵ (۱)، ۱۱۹–۱۳۵.

حسین‌زاده، محمدمهدی؛ درفشی، خه‌با؛ و میرباقری، بابک (۱۳۹۲). مدلسازی تغییرات گستره جنگل و بررسی عوامل مؤثر بر آن با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک در محیط GIS (بررسی موردی: حوضه‌های آبخیز واز و لاویج). *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۱ (۱)، ۸۶–۹۸.

نکوئی‌مهر، محمد؛ رافت‌نیا، نصرت‌الله؛ رئیسیان، روانبخش؛ جهانبازی، حسن؛ طالبی، محمود؛ و عبدالهی، دایار (۱۳۸۵). تاثیر جاده‌سازی بر تخریب جنگل‌های منطقه بازفت، *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۱۴(۳)، ۲۲۸–۲۴۳.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]

[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

## References


Albers, H.J, and Robinson, E.J.Z. (2013). Reducing emissions from deforestation and forest degradation. Encyclopedia of Energy, Natural Resource and Environmental Economics. 2: 78-85.

Arekhi, S. (2011). Modeling spatial pattern of deforestation using GIS and logistic regression: a case study of northern Ilam forests, Ilam province, Iran, *African Journal of Biotechnology*, 10, 16236-16249.

Atela, J. O., Quinn, C.H., and Minang, P.A. (2014). Are REDD projects pro-poor in their spatial targeting? Evidence from Kenya, Applied Geography. 52, 14-24.

Bishop, C. (1995). Neural networks for pattern recognition.Clarendon press/oxford University press. Oxford/New York.

Blom, B., Sunderland, T. and Murdiyarso, D. (2010). Getting REDD to work locally: lessons learned from integrated conservation and development projects, Environmental Science & Policy. 13 (2), 164-172.

Bos, A.B., De Sy, V., Duchelle, A.E., Herold, M., Martius, C., and Tsendbazar, N.E. (2019). Global data and tools for local forest cover loss and REDD+ performance assessment: Accuracy, uncertainty, complementarity and impact. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 80, 295-311.

Brown, D., Boyd, D.S., Brickell, K., Ives, C.D., Natarajan, N., and Parsons, L. (2021). Modern slavery, environmental degradation and climate change: Fisheries, field, forests and factories. *Environment and Planning E: Nature and Space*. 4(2), 191-207.

Eastman, J. R. (2012(a)). IDRISI Guid to GIS and Image processing. Accessed in IDRISI Selva 17.02. Worcester, MA: Clark University, 324p.

Eastman, J. R., Van Fossen, M. E., and Solarzano, L. A. (2005). Transition potential modeling for land cover change. In: Maguire, D., Goodchild, M., Batty, M. (Eds.), GIS, Spatial Analysis and Modeling. ESRI Press, Redlands, California.

Eastman, J.R. (2006). IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing. *Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.*

Eastman, J.R. (2012(b)). IDRISI Help System. Accessed in IDRISI Selva 17.02. *Worcester, MA: Clark University.*

Ebrahimnia, V., Rasouli, M., and Zandieh, S. (2009). Land Use Allocation Methods and Models. *Armanshahr Architecture & Urban Development*. 2(2), 9-22. (In Persian).

Eckert, S., Ratsimba, H.R., Rakotondrasoa, L.O., Rajoelison, L.G., and Ehrensperger. A. (2011). Deforestation and forest degradation monitoring and assessment of biomass and carbon stock of lowland rainforest in the Analanjirofo region Madagascar, *Forest Ecology and Management*. 262(11), 1996-2007.

Eckert, S., Ratsimba, H.R., Rakotondrasoa, L.O., Rajoelison, L.G., and Ehrensperger, A. (2011). Deforestation and forest degradation monitoring and assessment of biomass and carbon stock of lowland rainforest in the Analanjirofo region Madagascar, Forest Ecology and Management. 262 (11), 1996-2007.

Fund, B. (2008). *Methodology for estimating reductions of GHG emissions from mosaic deforestation*. REDNM-001, version, 1, Washington, DC, 69p.

Gaveau, D.L.A., Kshatriya, M., Sheil, D., Sloan, S., Molidena, E., and Wijaya, A. (2013). Reconciling Forest Conservation and Logging in Indonesian Borneo. *PLoS one*. 8(8), e69887.

Gilmour, D. (2016). Forty Years of Community-Based Forestry: A Review of its Extent and Effectiveness, *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, 176, 1-186.

Graham, V., Nurhidayah, L., and Astuti, R. (2019). Reducing emissions from tropical deforestation and forest degradation, *Encyclopedia of the World's Biomes*, 260-268.

Guadalupe, V., Sotta, E.D., Santos, V.F., Aguiar, L.J.G., Vieira, M., C.P., de Oliveira, and Siqueira, J.V.N. (2018). REDD$^{+}$ implementation in a high forest low deforestation area: Constraints on monitoring forest carbon emissions. *Land Use Policy*. 76,414-421.

Harris, N.L., Petrova, S., Stolle, F., and Brown, S. (2008). Identifying optimal areas for REDD intervention: East kaliman tan, Indonesia as case study, *Environmental Research Letters*, 1-11.

http://www.ncc.org.ir


[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]

[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

Irmadi, N., and Yatin. S. (2017). Modeling Deforestation and Green Houses Gas Emissions in Morowali Utara District, Central Sulawesi Province, Indonesia, *IOP Publishing*, 1088- 1755.

Ji, Y, and Ranjan, R. (2019). A global climate-economy model including the REDD option. *Journal of environmental management.* 247, 342-355.

Kamelarczyk, K.B.F, and Smith-Hall, C. (2014). REDD herring: epistemic community control of the production, circulation and application of deforestation knowledge in Zambia, Forest Policy and Economics. 46, 19-29.

Kapos, V., Ravilious, C., Campbell, A. B., Dickson, H., Gibbs, M., Hansen, I., Lysenko, L., Miles, J., Price, J.P.W., Scharlemann, and Trumper, K. (2008). Carbon and biodiversity, *UNEP-WCMC, Cambridge. UK.*

Khoi, D.D., and Murayama, Y. (2010). Forecasting areas vulnerable to forest conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam, *Journal of Remote Sensing*, 2, 1249-1272.

Kia-Daliri, H., Akhavan, R., and Anissi, I. (2011). Timber marking and its impact on forest stand (Case study: Shourab district of Golband region). *Iranian Journal of Forest*. 3, 49 -59. (In Persian)

Kim, O.S. (2010). An assessment of deforestation models for reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD), *Transactions in GIS*. 14(5), 631-654.

Linkie, M., Smith, R.J., and Leader-Williams, N. (2004). Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity and Conservation*. 13 (10), 1809-1818.

Lu, D., Mausel, P., Brondi´zio, E., and Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365–2407.

Mas, J. F., Kolb, M., Paegelow, M., Camacho Olmedo, M.T., and Houet, T. (2014). Inductive pattern-based land use/cover change models: a comparison of four software packages, Environmental Modelling & Software. 51, 94-111.

Massarella, K., Sallu, S.M., Ensor, J.E., and Marchant, R. (2018). REDD+, hype, hope and disappointment: The dynamics of expectations in conservation and development pilot projects. *World Development*, 109, 375-385.

Merten, B., and Lambin, E.F. (1997). Spatial modeling of tropical deforestation in southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes. *Applied Geography*, 17 (2), 143-162.

Miles, L., and Kapos, V. (2008). Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and forest degradation: global land-use implications, Science. 320 (5882), 1454-1455.

Parker, C., Mitchell, A., Trivedi, M., and Mardas, N. (2009). The Little REDD Book (2ed.), Global Canopy Programme, oxford.

Pearson, T.R.H., Brown, S., and Murray, L. (2017). Greenhouse gas emissions from tropical forest degradation: an underestimated source. *Carbon Balance Manage*, 12: 3.

Pedroni, L., Garcia, A., De jong, B., Schlamadinger, B., Steiniger, M., Brown, S., Pearson, T., Andrasko, K., and Scholz, S. (2008). BioCF RED Mosaic Methodology-Version1 of the BioCarbon Fund's proposed Methodology for Estimating Reductions of GHG Emissions from Mosaic Deforestation. Published date: 2009/10/14, http://wbcarbonfi nance.org/Router.cfm? Page= Doclib&CatalogID=49189, Visited date: 2014/8/2.on its thirteen session held in Bali, from 3 to 15 December 2007.

Pedroni, L., Garcia, A., De jong, B., Schlamadinger, B., Steiniger, M., Brown. S., Pearson, T., Andrasko, K., & Scholz. S. (2014). BioCF RED Mosaic Methodology-Version1 of the BioCarbon Fund's proposed Methodology for Estimating Reductions of GHG Emissions from Mosaic Deforestation", Published date: 2009/10/14, available: http://wbcarbonfi nance.org/Router.cfm? Page=Doclib&CatalogID=49189.

Phelps, J., Friess, D.A., and Webb. E.L. (2012). Win–win REDD+ approaches belie carbon–biodiversity trade offs, Biological Conservation.154, 53-60.

Pir Bavaghar, M., Ghazanfari, H., and Rahimi, S. (2019). Comparison of analytical hierarchy process and fuzzy method in deforestation risk zoning. ISPRS – in International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences., Tehran: ISPRS-archives. 851-856.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]

[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]

Rafiee, R., Salman Mahiny, A., and Khorasani, N. (2009). Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11, 431-438.

Rajitha, K., Mukherjee, C., Vinu Chandran, R., and Prakash Mohan, M. (2010). Landcover change dynamics and coastal aquaculture development: a case study in the East Godavari delta, Andhra Pradesh, India using multi-temporal satellite data ،*International Journal of Remote Sensing*, 30 ، (04) 6673 - 6667.

Rakatama, A., Iftekhar, M.S., and Pandit, R. (2020). Perceived benefits and costs of REDD+ projects under different forest management regimes in Indonesia. *Climate and Development*. 12(5): 481-493.

Sangermano, F., Toledano, J., and Eastman, J.R. (2012). Land cover change in the Bolivian Amazon and its implications for REDD+ and endemic biodiversity, Landscape ecology. 27 (4), 571-584

Schulz, J.J., Cayuela, C., Echeverria, J. Salas, and Rey Benayas, J.M. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008), *Applied Geography*, 30: 436-447.

Sheng, J., Han, X., Zhou, H., and Miao, Z. (2016). Effects of corruption on performance: Evidence from the UN-REDD Program. *Land Use Policy*. 59, 344-350.

Taheri, M., Gholamalifard, M., Riahi Bakhtiari, A., and Rahimoghli, S. (2014). Land cover changes modeling of Tabriz township using artificial neural network and markov chain, *Journal of Physical Geography Research Quarterly*, 45, 97-121.

Ty, S., Sasaki, N., Ahmad, A.H., and Zainal, A.Z. (2011). REDD development in Cambodia–potential carbon emission reductions in a REDD project, *Formath*. 10, 1-23.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2008. Report of the Conference of the Parties, on its thirteen session held in Bali, from 3 to 15 December 2007.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2008). Report of the Conference of the Parties, on its thirteen session held in Bali, from 3 to 15 December 2007.

Vaclavik, T., and Rogan, J. (2009). Identifying trends in land use/land cover changes in the context of postsocialist transformation in Central Europe: A case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. *GIScience & Remote Sensing*, 46 (1), 54–76.

Weishou, S., Di, J., Hui, Z., Yan Shouguang, Y., Li, H., and Naifeng, L. (2011). The Response Relation between Climate Change and NDVI over the Qinghai-Tibet plateau, World Academy of Science, Engineering and Technology, *International Science*, Inde59, 59(1), 7838 - 7666.

Yuan, F., Sawaya, K.E., Loeffelholz, B.C., and Bauer, M.E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, 98, 317-328.

Zahedi, Q., and Zargham, N. (2014). *Carbon sequestration in terrestrial ecosystems*. University of Tehran Press.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.2.1 ]

[ DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.19 ]