# مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه، شئ‌پایه و درخت تصمیم در تهیه نقشه تیپ‌های جنگل با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: جنگل آستارا)

**دکتر عباس علیمحمدی، استادیار سنجش از دور GIS دانشگاه شهیدبهشتی**
**دکتر علی‌اکبر متکان، استادیار سنجش از دور GIS دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی**
**دکتر پرویز ضیائیان، استادیار سنجش از دور GIS دانشگاه تربیت معلم**
**هومن طباطبایی، دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دورGIS دانشگاه شهیدبهشتی**

## چکیده

نقشه‌های قابل‌اعتماد از تیپ جنگل‌ها نقش مهمی در اتخاذتصمیمات بهینه برای مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی در نواحی وسیع ایفا می‌کنند. در سال‌های اخیر تهیه این نقشه‌ها از طریق طبقه‌بندی رقومی داده‌های سنجش از دور به عنوان جایگزینی مناسب موردتوجه قرار گرفته است. نتایج حاصله در این زمینه برحسب روش‌های طبقه‌بندی مورداستفاده، وضعیت پوشش جنگلی، شرایط منطقه موردمطالعه و داده‌های بکار گرفته شده متفاوت بوده است. هدف از این تحقیق، مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شئ‌پایه و درخت تصمیم برای تهیه نقشه تیپ‌های جنگل با استفاده از تصویر ماهواره‌ای SPOT5 در محدوده‌ای از جنگل آستارا واقع در شمال ایران است. اطلاعات زمینی با استفاده از ۱۵۳ پلات به صورت تصادفی درمساحت‌های یک هکتاری تهیه گردید. نوع تیپ در هر پلات بر اساس درصد فراوانی کل نوع گونه‌ها تعیین شد و شامل تیپ‌های انجیلی آمیخته، پهن برگ مخلوط، ممرز آمیخته، راش آمیخته و حفاظتی بود. برای تهیه نقشه این تیپ‌ها، در روش پیکسل‌پایه با استفاده از داده‌های طیفی و طبقه‌بندی‌کننده شبکه عصبی، صحت کلی ۵۲/۰۴ درصد و ضریب کاپای

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

۰/۳۹ حاصل شد و در روش طبقه‌بندی شئ‌پایه با روش نزدیکترین همسایه و توابع فازی، صحت کلی ۶۳/۳ درصد و ضریب کاپای ۰/۵۴ بدست آمد. به دلیل تشابه طیفی تیپ‌های آمیخته جنگل و تفکیک پذیری پائین آنها از یکدیگر در محدوده باندهای طیفی از اطلاعات بافت و داده‌های توپوگرافی موثر در پراکنش مکانی تیپ‌ها شامل ارتفاع، جهت، شیب و فاصله از شبکه آبراهه برای کلاسه‌بندی تیپ‌های آمیخته جنگل استفاده گردید. بکارگیری داده‌های کمکی در روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شئ‌پایه حاکی از مفید بودن مدل رقومی ارتفاع در مقایسه با سایر داده‌های کمکی در تفکیک تیپ‌ها داشت. استفاده از داده‌های مربوط به فاکتورهای محیطی بعنوان متغیرهای کمکی در کنار داده‌های طیفی در روش درخت تصمیم به صحت کلی ۷۶/۵ درصد و ضریب کاپای ۰/۷ در تفکیک تیپ‌های آمیخته جنگل منجرشد که نشان‌دهنده افزایش قابل ملاحظه صحت می‌باشد. مقایسه نتایج حاصل از روش‌های طبقه‌بندی بکار گرفته شده در این تحقیق بیانگر پتانسیل بالای روش شئ‌پایه در بکارگیری داده‌های طیفی برای کلاسه‌بندی تیپ‌های آمیخته جنگل در مقایسه با روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه بود. همچنین تیپ‌های آمیخته جنگل با استفاده از داده‌های کمکی در کنار داده‌های طیفی با روش درخت تصمیم بهتر از روش‌های پیکسل‌پایه و شئ‌پایه در محدوده مطالعه تفکیک شد.

**واژگان کلیدی:** پیکسل‌پایه ـ شئ‌پایه ـ درخت تصمیم ـ شبکه عصبی

## مقدمه

با توجه به روند کاهنده سطح جنگل‌های کشور و قرار گرفتن قسمت اعظمی از اراضی جنگلی منحصربفرد به لحاظ موقعیت، قدمت، تنوع زیستی و ساختار در مناطق کوهستانی و صعب العبور شمال کشور و اهمیت این جنگل‌ها از نظر حفظ منابع آب و خاک، لزوم تهیه نقشه‌هایی که بیانگر تفکیک پوشش‌های جنگلی از یکدیگر در این نواحی باشد جهت مدیریت بهینه آنها ضروری به نظر می‌رسد. تهیه نقشه واحدهای نسبتاً همگن به لحاظ گونه‌های درختی معین تحت عنوان

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

تیپ جنگل از اصولی‌ترین راه‌های مدیریت بر جنگل‌ها است. تولید و بهنگام‌سازی نقشه تیپ‌های جنگل از طریق روش‌های متداول زمینی مستلزم صرف زمان و هزینه‌های زیاد به ویژه در سطوح وسیع، نواحی کوهستانی و صعب العبور است. در سال‌های اخیر تهیه این نقشه‌ها از طریق طبقه‌بندی رقومی داده‌های سنجش از دور با توجه به شرایط ساختاری جنگل‌ها بر روی زمین به عنوان جایگزینی مناسب مورد توجه قرار گرفته است و در این میان توسعه روش‌های طبقه‌بندی و قابلیت بالای آنها بر اهمیت بکارگیری آنها افزوده است. در سنجش از دور برای تفکیک پدیده‌های موضوعی و استخراج دقیق‌تر اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای روش‌های طبقه‌بندی مختلفی وجود دارد که با توجه به نوع روش مورداستفاده نتایج متفاوتی حاصل می‌شود(Tso & Mather., 2001). تهیه نقشه تیپ‌های جنگل از طریق طبقه‌بندی رقومی داده‌های سنجش از دور به روش‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی، وضعیت پوشش جنگل و شرایط رویشگاهی منطقه بستگی دارد (Hopkins et al.,1988). براساس نتایج تحقیقات گذشته، طبقه‌بندی تیپ‌های خالص جنگل ازطریق داده‌های طیفی به تنهایی به نتایج قابل‌قبولی منجر می‌شود (Walsh, 1980)، ولی در مورد تفکیک تیپ‌های آمیخته جنگل، اگر تنها بر اساس بازتاب‌های طیفی تاج پوشش گونه‌ها در باندهای طیفی صورت بگیرد به دلیل همپوشانی بالای طیفی گونه‌ها در بسیاری از موارد با نتایج قابل‌قبولی همراه نبوده و وضعیت پیچیده‌ایی به لحاظ جداسازی بر روی تصاویربوجودمی‌آید لذا بکارگیری داده‌های طیفی به تنهایی برای تفکیک تیپ‌های آمیخته کافی نمی‌باشد. در چنین مواردی استفاده از داده‌های غیر طیفی موثر بر توزیع و پراکنش گونه‌ها و تیپ‌ها به همراه داده‌های طیفی در فرآیند طبقه‌بندی می‌تواند مفید باشد (Brockhaus et al., 1992) زیرا گونه‌ها در مقابل عوامل مختلف محیطی و

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

رویشگاهی عکس العمل‌های متفاوتی را نشان می‌دهند و در محدوده‌ای از این داده‌ها دارای حالت اپتیمم هستند لذا برای افزایش صحت طبقه‌بندی و کاهش احتمال خطا باید از اطلاعات منابع دیگر مانند داده‌های توپوگرافی و سایر فاکتورهای محیطی در کنار داده‌های طیفی در فرآیند طبقه‌بندی استفاده نمود (Bolstad &Lillesand, 1992). رینوت و همکاران(۱۹۹۴) تیپ‌های جنگلی منطقه بورآل آلاسکا را در فصل بهار با تصویر SAR[1] به روش پیکسل‌پایه با طبقه‌بندی‌کننده[2] حداکثر تشابه[3] با دقتی معادل ۹۰ درصد و در فصل تابستان با تصویر SPOT2[4] با دقتی معادل ۸۳ درصد طبقه‌بندی کردند[۹]. ویلهاوک و همکاران(۲۰۰۰) با داده‌های اسپات و عکس‌های هوایی دو تیپ جنگلی راش، کلاس آب و یک کلاس غیرجنگل را با روش پیکسل‌پایه و طبقه‌بندی‌کننده حداکثر تشابه با دقت ۹۰/۹۵ درصد و با روش شئ‌پایه با دقت ۹۴/۴۷ درصد طبقه‌بندی کردند[۱۴]. شتایی(۱۳۸۲) تیپ‌های جنگل را در منطقه جنگلی آموزشی ـ پژوهشی خیرودکنار نوشهر با داده‌های ETM+[5] با روش پیکسل‌پایه و طبقه‌بندی‌کننده حداکثر تشابه با دقتی معادل دقت ۴۹/۶۸ درصد و با روش شئ‌پایه با دقت ۶۰/۸۷ درصد طبقه‌بندی نمود[۱]. ناصری(۱۳۸۲) تیپ‌های جنگل و مشخصه‌های کمی آنها در مناطق خشک و نیمه خشک را با تصویر ETM+ با روش پیکسل‌پایه و طبقه‌بندی‌کننده‌های حداکثر تشابه، حداقل فاصله از میانگین[6] و متوازی‌السطوح[7]

[1] Synthetic Aperture Radar
[2] Classifier
[3] Maximum Likelihood
[4] System Pour Observation de la Terre
[5] Enhanced Thematic Mapper Plus
[6] Minimum Distance to Mean
[7] Parallele Piped

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

طبقه‌بندی کرد و با طبقه‌بندی‌کننده حداقل فاصله از میانگین به بالاترین صحت کلی معادل ۶۶ درصد دست یافت[۲]. کوزاکا و همکاران (۲۰۰۵) تیپ‌های جنگلی منطقه کوهستانی نوریکورا واقع در کشور ژاپن را با تلفیق[1]تصاویر چند طیفی و پانکروماتیک سنجنده Quickbird با روش شئ‌پایه و طبقه‌بندی‌کننده نزدیکترین همسایه[2] با دقتی معادل ۷۳ درصد طبقه‌بندی کردند[۷]. تفکیک پدیده‌های موضوعی نظیر تیپ‌های جنگل از طریق روش‌های متداول طبقه‌بندی نظیر روش‌های آماری به دلیل انعطاف‌پذیری پائین و انواع پارامتریک آن مانند روش حداکثر احتمال به دلیل وابستگی به مدل توزیع آماری گوسی و عدم‌قابلیت در بکارگیری داده‌های منابع چندگانه با مقیاس‌ها و توزیعات آماری مختلف نمی‌تواند به نتایج مطلوب منجر شود (Paola & Showengerdt, 1995). در این تحقیق از روش‌های پیشرفته طبقه‌بندی با انعطاف‌پذیری بالا که امکان بکارگیری انواع مختلف داده‌ها را در تفکیک تیپ‌های جنگل دارند استفاده شده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

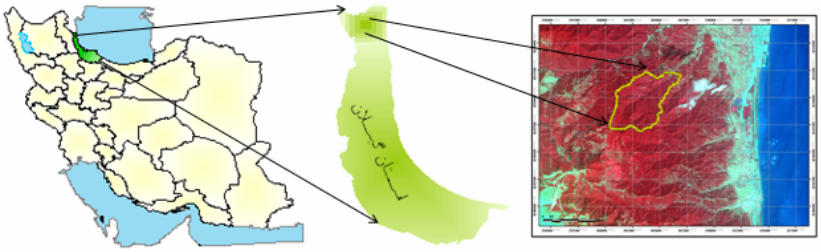
محدوده جنگلی مورد مطالعه در سری ۴ حوضه آستاراچای در شهرستان آستارا، استان گیلان به مساحت ۲۱۱۸ هکتار بین نصف النهارهای "۵۱ '۴۲ °۴۸ و "۲۶ '۴۷ °۴۸ طول شرقی و مدارهای "۵۷ '۲۰ °۳۸ و "۵۰ '۲۳ °۳۸ عرض شمالی واقع شده است. موقعیت محدوده مطالعه در شهرستان، استان و کشور در شکل ۱ نشان داده شده است. تغییرات ارتفاعی در این محدوده بین ۵۰ تا ۱۲۰۰ متر

[1] Fusion
[2] Nearest Neightbor

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

بالاتر از سطح دریا و شیب دامنه‌ها عمدتاً متوسط و بین ۳۰ تا ۶۰ درصد، همچنین جهات دامنه غالباً به صورت شمال شرقی، شمال غربی، شمالی و شرقی می‌باشد. جنگل محدوده موردمطالعه به طور طبیعی دانه‌زاد با ساختاری ناهمسال نامنظم و گونه‌های پهن‌برگ است. اطلاعات زمینی از طریق نمونه‌برداری تصادفی منظم در قطعات نمونه یک هکتاری تهیه گردید و تعیین نوع تیپ در هر قطعه نمونه براساس درصد فراوانی کل گونه‌ها با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتیمتر صورت گرفت که شامل تیپ‌های انجیلی آمیخته، پهن برگ مخلوط، ممرز آمیخته، راش آمیخته و تیپ حفاظتی بود.

**شکل۱:موقعیت منطقه موردمطالعه به ترتیب در ایران، استان گیلان، شهرستان آستارا**



## داده‌ها

در این تحقیق از تصویر ماهواره اسپات ۵ مربوط به تاریخ بیست و سوم ماه آگوست ۲۰۰۶ میلادی با چهار باند طیفی با قدرت تفکیک ۱۰ متر و از نقشه توپوگرافی درمقیاس ۱:۵۰۰۰۰ برای تهیه مدل رقومی ارتفاع[1] و نقشه‌های طبقات

[1] Digital Elevation Model (DEM)

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

ارتفاعی، جهات دامنه، طبقات شیب و شبکه آبراهه استفاده گردید. داده‌های غیر طیفی به صورت باندهای منطقی[۱] و تعیین پیش احتمال[۲] وقوع تیپ‌ها و تصاویر میزان وقوع مکانی تیپ‌ها در فرآیند طبقه‌بندی بکار گرفته شدند. داده مکانی بافت ـ همگنی یا گشتاور اختلاف معکوس[۳](IDM) که از طریق ماتریس وقوع توأم سطوح خاکستری[۴] با استفاده از تابع توزیع مرتبه دوم آماری در پنجره‌هایی به ابعاد ۷×۷ استخراج گردید و همچنین مولفه اول(Pc1) حاصل از آنالیز مولفه‌های اصلی[۵] به دلیل واریانس بالا و میزان بالای اطلاعات انتقال یافته به این مولفه در فرآیند طبقه‌بندی مورداستفاده قرار گرفتند. تصویر IRS[۶] اورتورکتیفای شده محدوده موردمطالعه که از سازمان نقشه برداری تهیه شده بود برای تصحیح اثر توپوگرافی بر هندسه تصویر، جابجایی ناشی از آن و بازتاب‌های ثبت‌شده استفاده-گردید. به منظوربارزسازی بهترپوشش جنگل وکاهش تفاوت‌های انعکاسی ناشی از اثرات نامطلوب توپوگرافی از شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده[۷] نیز استفاده شد.

$$NDVI=\frac{NIR-R}{NIR+R}$$

$$IDM=\sum_{i}\sum_{j}\frac{P_{(i,j)}}{1+(i-j)^2}$$

[1] Logical Bands
[2] Prior Probability
[3] Inverse Difference Moment
[4] Grey level Co-occurrence Matrix(GLCM)
[5] Principal Component Analysis
[6] Indian Remote Sensing Satellite
[7] Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

## طبقه‌بندی پیکسل‌پایه

در روش پیکسل‌پایه از طبقه‌بندی‌کننده شبکه عصبی پرسپترون سه لایه به عنوان یک روش غیرپارامتریک پیشرفته به صورت نظارت‌شده برای کلاسه‌بندی پیکسل‌های تصویر بر اساس رفتار طیفی مشابه استفاده شد. در لایه ورودی ابتدا از باندهای طیفی، پس از تعیین نمونه‌های آموزشی معرف هر کلاس و پارامترهای تأثیرگذار در عملکرد شبکه برای تفکیک تیپ‌های جنگل استفاده گردید. در مرحله بعد به منظور افزایش تفکیک پذیری تیپ‌ها از یکدیگر و بررسی میزان تأثیر داده‌های کمکی در کلاسه‌بندی از NDVI، Pc1، پارامتر بافت، مدل رقومی ارتفاع، جهت و شیب به همراه باندهای طیفی استفاده شد. تعداد نرون‌ها در لایه ورودی در هر مرحله بر اساس داده‌های مورداستفاده و در لایه خروجی با توجه به تعداد کلاس‌ها در محدوده مورد مطالعه تعیین شد.

## طبقه‌بندی شئ‌پایه

طبقه‌بندی شئ‌پایه در دو مرحله شامل قطعه‌بندی داده‌های تصویر به صورت پدیده‌های اولیه وطبقه‌بندی پدیده‌های ایجاد شده در دو سطح با روش نزدیکترین همسایه و توابع فازی انجام گرفت. ابتدا قطعه‌بندی با استفاده از باندهای طیفی به منظوراستخراج مجموعه‌ای از پیکسل‌های‌مشابه به صورت پدیده‌های نسبتاً همگن با اعمال وزن مناسب بر اساس میزان اهمیت باندها در تفکیک‌پذیری تیپ‌ها و تعیین پارامترهای رنگ، شکل، مقیاس(جدول ۱) در نرم افزار eCognition صورت گرفت. پس از قطعه‌بندی و تعیین تعداد کلاس‌های موجود در محدوده مطالعه، ابتدا با استفاده از روش نزدیکترین همسایه و تعیین نمونه های آموزشی مناسب تصویر به دو کلاس کلی جنگل و غیرجنگل و سپس با توابع فازی و تعریف

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

توصیفات و مشخصات برای هر کلاس درکلاس کلی جنگل و غیرجنگل به صورت سلسله‌مراتبی و نظارت شده طبقه‌بندی شدند. در مراحل بعدی داده‌های NDVI، Pc1، بافت، مدل رقومی ارتفاع، جهت و شیب به منظور تعیین میزان اهمیت آنها در تفکیک تیپ‌ها به همراه باندهای طیفی درفرآیند طبقه‌بندی بکار گرفته شدند.

**جدول۱: وزن‌های‌اعمال‌شده برای‌پارامترهای موثردرقطعه‌بندی‌به‌صورت سلسله‌مراتبی**

| سلسله مراتب | پارامتر مقیاس | فاکتور رنگ | فاکتور شکل | درجه فشردگی | درجه صافی |
|---|---|---|---|---|---|
| سطح ۱ | ۵ | ۰/۸ | ۰/۲ | ۰/۷ | ۰/۳ |
| سطح ۲ | ۱۵ | ۰/۸ | ۰/۲ | ۰/۷ | ۰/۳ |

## طبقه‌بندی درخت تصمیم

درخت تصمیم یک نوع طبقه‌بندی‌کننده نظارت شده سلسله‌مراتبی است که جزء روش‌های دانش‌پایه طبقه‌بندی به شمار می‌آید به عبارتی دیگر، پدیده‌های موضوعی در این روش با داشتن اطلاعات در مورد آنها از بالا به پائین با اتخاذ تصمیمات مناسب کلاسه بندی می‌شوند. در این تحقیق تیپ‌های آمیخته جنگل با تعیین بهترین آستانه برای آنها در ارتباط با داده‌های NDVI، Pc1 و با در نظر گرفتن میزان پیش احتمال وقوع تیپ‌ها و تعریف قواعد تصمیم‌گیری در زمینه میزان وقوع مکانی هر تیپ در طبقات مختلف داده‌های ارتفاع، جهت، شیب، فاصله از شبکه آبراهه به طور سلسله مراتبی تفکیک شدند. مهم‌ترین ویژگی روش درختی بکارگیری مشترک داده‌های منابع مختلف به صورت چندمرحله‌ای، به

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

منظور تصمیم‌گیری مناسب درباره کلاس نهایی پیکسل‌ها می‌باشد به طوری که هر تصمیمی، داده‌ها را در یکی از دو کلاس مورد نظر طبقه‌بندی می‌نماید.

## تعیین میزان احتمال وقوع تیپ‌ها در طبقات مختلف داده‌های غیرطیفی

در این تحقیق ارتباط بین گونه‌ها در هر پلات با مشخصه‌های ارتفاع، جهت، شیب، فاصله از شبکه آبراهه مشخص گردید سپس این ارتباط در کلیه پلات‌های برداشت شده بررسی و به صورت ماتریس نهایی برای هر تیپ استخراج گردید. پیش احتمالات برای هر کلاس از طریق بررسی ارتباط بین داده‌های غیر طیفی با تیپ‌ها به صورت تصاویر میزان وقوع اولیه هر تیپ در فرآیند طبقه‌بندی استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا نمودار درصد توزیع مکانی تیپ‌ها در طبقات مختلف داده‌های غیر طیفی با استفاده از ماتریس استخراج شده برای هر تیپ (جداول ۲ ، ۳ ، ۴ و ۵) ترسیم گردید که بیانگر مدل توزیع مکانی تیپ‌هاست (اشکال ۲ ، ۳ ، ۴ و ۵). تصاویر میزان احتمال وقوع تیپ‌ها در ارتباط با داده‌های غیر طیفی نیز براساس ماتریس توزیع مکانی تهیه گردید. در این حالت برای هر تیپ یک تصویر احتمال وقوع مکانی بر اساس درصد میزان پراکنش در طبقات مختلف داده‌های غیرطیفی ایجاد گردید. تصاویر تهیه شده نشانگر تفاوت میزان احتمال وقوع تیپ‌ها در هر یک از این داده‌ها است که با این کار علاوه بر آگاهی از میزان احتمال وقوع هر کلاس، برآوردی از توزیع مکانی تیپ‌ها در مشخصه‌های ذکر شده نیز بدست می‌آید. با استفاده از این اطلاعات یک مدل پیش‌بینی توزیع مکانی براساس تصاویر و ماتریس وقوع برای هر تیپ ایجاد گردید که در تفکیک دقیق‌تر تیپ‌ها از یکدیگر و طبقه‌بندی آنها در روش درخت تصمیم با تعیین

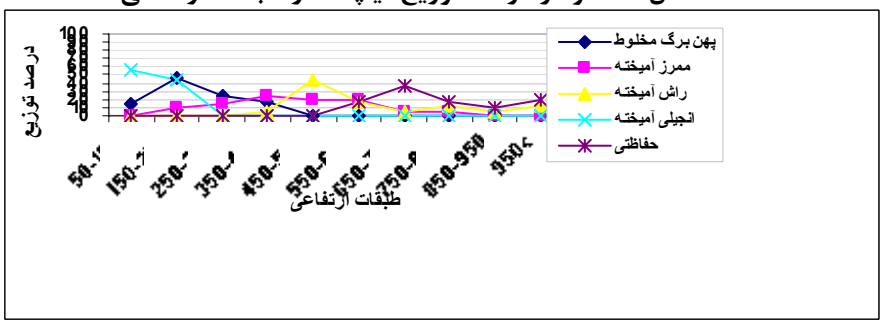
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

بهترین آستانه و تعریف قواعد تصمیم‌گیری در فرآیند محاسبه احتمال تعلق هر یک از پیکسل‌ها به کلاس‌های موردنظر استفاده گردید.

**جدول ۲: درصد توزیع تیپ‌ها در طبقات ارتفاعی**

| طبقات ارتفاعی(m) / تیپ‌ها | ۵۰-۱۵۰ | ۱۵۰-۲۵۰ | ۲۵۰-۳۵۰ | ۳۵۰-۴۵۰ | ۴۵۰-۵۵۰ | ۵۵۰-۶۵۰ | ۶۵۰-۷۵۰ | ۷۵۰-۸۵۰ | ۸۵۰-۹۵۰ | >۹۵۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ممرز آمیخته | ۰ | ۱۰ | ۱۵ | ۲۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۵ | ۵ | ۰ | ۰ |
| راش آمیخته | ۰ | ۰ | ۰ | ۵ | ۴۵ | ۱۷ | ۵ | ۱۱ | ۶ | ۱۱ |
| انجیلی آمیخته | ۵۷ | ۴۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| پهن‌برگ مخلوط | ۱۴ | ۴۶ | ۲۴ | ۱۶ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| حفاظتی | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۸ | ۳۶ | ۱۸ | ۹ | ۱۹ |

**شکل ۲ : نمودار درصد توزیع تیپ‌ها در طبقات ارتفاعی**

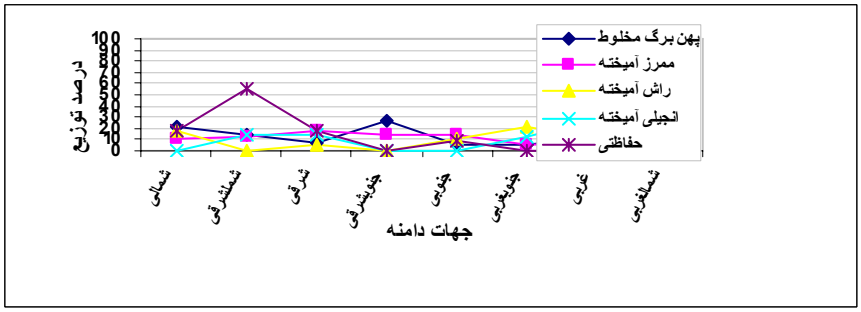



**جدول ۳ : درصد توزیع تیپ‌ها در طبقات جهات دامنه**

| طبقات جهات / تیپ‌ها | شمالی | شمالشرقی | شرقی | جنوبشرقی | جنوبی | جنوبغربی | غربی | شمالغربی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ممرز آمیخته | ۱۰ | ۱۳ | ۱۸ | ۱۴ | ۱۵ | ۶ | ۸ | ۱۶ |
| راش آمیخته | ۱۷ | ۰ | ۶ | ۰ | ۱۱ | ۲۲ | ۱۱ | ۳۳ |
| انجیلی آمیخته | ۰ | ۱۵ | ۱۴ | ۰ | ۰ | ۱۳ | ۲۸ | ۳۰ |
| پهن‌برگ مخلوط | ۲۲ | ۱۴ | ۸ | ۲۷ | ۵ | ۵ | ۱۳ | ۶ |
| حفاظتی | ۱۸ | ۵۵ | ۱۸ | ۰ | ۹ | ۰ | ۰ | ۰ |

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

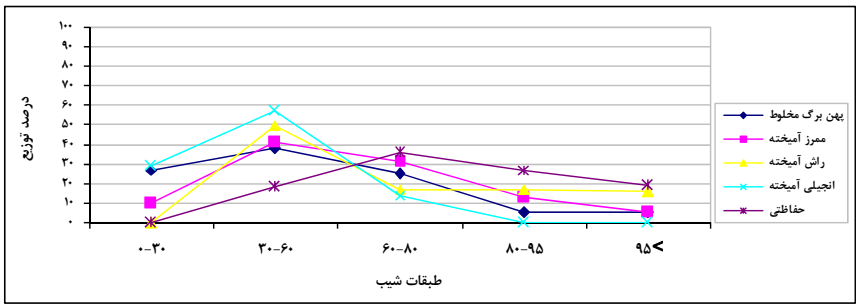
**شکل ۳ : نمودار درصد توزیع تیپ‌ها در جهات دامنه**




**جدول ۴: درصد توزیع تیپ‌ها در طبقات شیب**

| طبقات شیب(٪) / تیپ‌ها | ۰-۳۰ | ۳۰-۶۰ | ۶۰-۸۰ | ۸۰-۹۵ | >۹۵ |
|---|---|---|---|---|---|
| ممرز آمیخته | ۱۰ | ۴۱ | ۳۱ | ۱۳ | ۵ |
| راش آمیخته | ۰ | ۵۰ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۶ |
| انجیلی آمیخته | ۲۹ | ۵۷ | ۱۴ | ۰ | ۰ |
| پهن‌برگ مخلوط | ۲۷ | ۳۸ | ۲۵ | ۵ | ۵ |
| حفاظتی | ۰ | ۱۸ | ۳۶ | ۲۷ | ۱۹ |

**شکل ۴ : نمودار درصد توزیع تیپ‌ها در طبقات شیب**

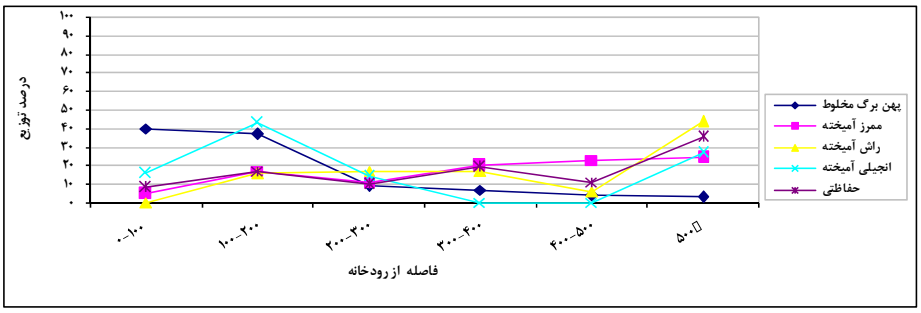



[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**جدول ۵ : درصد توزیع تیپ‌ها در فواصل مختلف از شبکه آبراهه**

| طبقات فاصله(m) / تیپ‌ها | ۰-۱۰۰ | ۱۰۰-۲۰۰ | ۲۰۰-۳۰۰ | ۳۰۰-۴۰۰ | ۴۰۰-۵۰۰ | >۵۰۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ممرز آمیخته | ۵ | ۱۷ | ۱۱ | ۲۰ | ۲۳ | ۲۴ |
| راش آمیخته | ۰ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۷ | ۶ | ۴۴ |
| انجیلی آمیخته | ۱۶ | ۴۳ | ۱۴ | ۰ | ۰ | ۲۷ |
| پهن‌برگ مخلوط | ۴۰ | ۳۷ | ۹ | ۷ | ۴ | ۳ |
| حفاظتی | ۸ | ۱۷ | ۱۰ | ۱۹ | ۱۱ | ۳۵ |

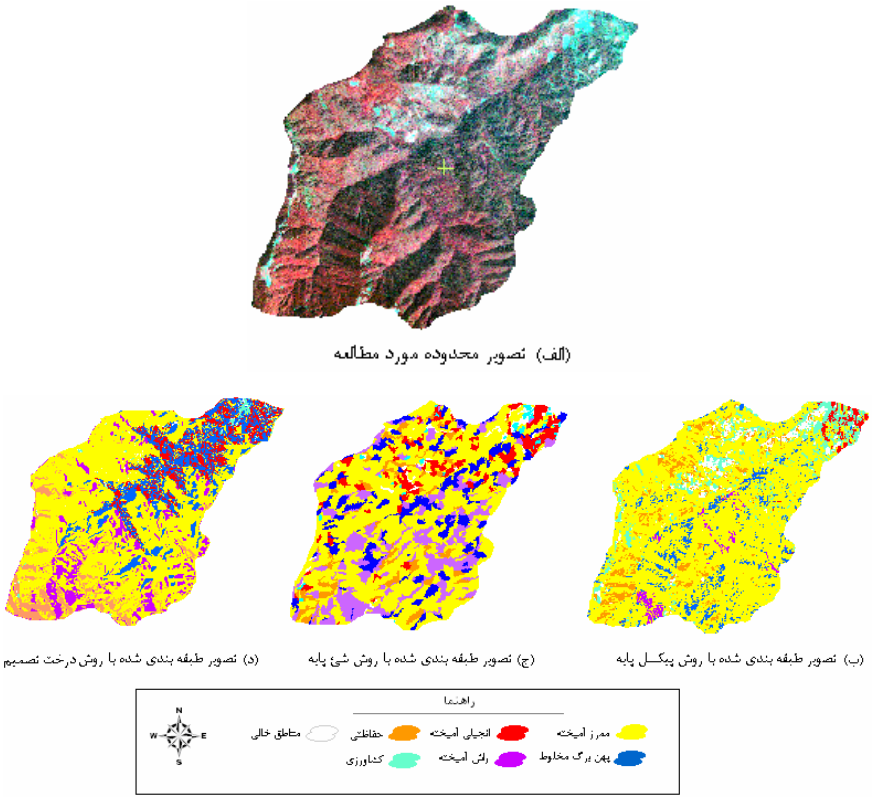
**شکل۵ : نمودار درصد توزیع تیپ‌ها در فواصل مختلف از شبکه آبراهه**




در شکل ۶ تصویر محدوده مورد مطالعه (الف)، تصاویر طبقه‌بندی شده به روش پیکسل‌پایه(ب)، روش شئ‌پایه (ج) و روش درخت تصمیم براساس داده‌های طیفی و غیرطیفی(د) نشان داده شده است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**شکل ۶ : تصاویر طبقه‌بندی شده محدوده مورد مطالعه با روش‌های پیکسل‌پایه، شئ‌پایه و درخت تصمیم براساس داده‌های طیفی و غیرطیفی**




## ارزیابی صحت روش‌های طبقه‌بندی

صحت تصاویرطبقه‌بندی شده در روش پیکسل‌پایه باانتخاب نمونه‌های آزمایشی براساس اطلاعات‌زمینی به صورت‌ماتریس خطا استخراج‌گردید.بکارگیری

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

داده‌های طیفی در روش پیکسل‌پایه منجر به صحت کلی ۵۲/۰۴ درصد و ضریب کاپای ۰/۳۹ شد. بررسی پارامترهای آماری ماتریس خطا و میزان تفکیک‌پذیری تیپ‌های آمیخته جنگل نشانگر قابلیت پائین داده‌های طیفی در کلاسه‌بندی این تیپ‌ها است. در روش شئ‌پایه به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی براساس داده‌های طیفی، نمونه‌های آزمایشی به صورت TTA MASK[1] بر روی تصویر اعمال گردید و صحت کلی ۶۳/۳ درصد و ضریب کاپای ۰/۵۴ به صورت ماتریس خطای طبقه‌بندی حاصل شد. به منظور بهبود نتایج طبقه‌بندی از داده‌های بافت، مدل رقومی ارتفاع، جهت و شیب به همراه داده‌های طیفی در هر دو روش پیکسل‌پایه و شئ‌پایه استفاده گردید. از میان داده‌های مورد استفاده، مدل رقومی ارتفاع باعث افزایش ۱۰/۵۳ درصدی صحت کلی و ۱۴/۶۲ درصدی ضریب کاپا و بافت باعث افزایش ۳/۶۲ درصدی صحت کلی و ۵/۶۳ درصدی ضریب کاپا در روش پیکسل‌پایه شدند. همچنین در روش شئ‌پایه مدل رقومی ارتفاع باعث افزایش ۵/۸ صحت کلی و ۸/۷ درصدی ضریب کاپا و بافت باعث افزایش ۲/۲ درصدی صحت کلی و ۴/۲ درصدی ضریب کاپا شدند. لازم به ذکر است که NDVI، Pc1 و داده‌های جهت در روش پیکسل‌پایه در تفکیک تیپ‌های جنگل موثر بودند ولی داده‌های شیب تأثیری در بهبود نتایج طبقه‌بندی پیکسل‌پایه نداشت. همچنین در روش شئ‌پایه NDVI و Pc1 باعث افزایش تفکیک‌پذیری تیپ‌ها از یکدیگر شدند ولی داده‌های جهت و شیب تأثیری در بهبود نتایج طبقه‌بندی نشان ندادند. صحت روش‌های پیکسل‌پایه و شئ‌پایه با استفاده از داده‌های طیفی به تنهایی و داده‌های طیفی به همراه مدل رقومی ارتفاع(DEM) و بافت براساس معیارهای صحت کلی و ضریب کاپا درجدول۶ نشان داده‌شده است.

[1] Training & Test Area MASK

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**جدول ۶ : صحت بدست آمده در تفکیک تیپ‌های جنگل با روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شئ‌پایه**

| روش طبقه‌بندی / میزان صحت | پیکسل‌پایه | | | شئ‌پایه | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | داده‌های طیفی | داده‌های طیفی و بافت | داده‌های طیفی و DEM | داده‌های طیفی | داده‌های طیفی و بافت | داده‌های طیفی و DEM |
| صحت کلی(٪) | ۵۲/۰۴ | ۵۵/۶۶ | ۶۲/۵۷ | ۶۳/۳ | ۶۵/۵ | ۶۹/۱ |
| ضریب کاپا(٪) | ۳۸/۶۹ | ۴۴/۳۲ | ۵۳/۳۱ | ۵۳/۶ | ۵۷/۸ | ۶۲/۳ |

برای بالابردن دقت طبقه‌بندی سعی گردید تا در روش درخت تصمیم با تعیین آستانه مناسب برای کلاس‌ها در ارتباط با داده‌های NDVI و Pc1 و اعمال میزان پیش احتمال وقوع تیپ‌ها در طبقات مختلف ارتفاعی، جهت، شیب، فاصله از شبکه آبراهه و بهره‌گیری موثر از تأثیر این داده‌ها در پراکنش مکانی تیپ‌ها، تیپ‌های جنگل به صورت سلسله مراتبی طبقه‌بندی شوند. بررسی صحت نتایج این طبقه‌بندی بر اساس ماتریس خطا نشان دهنده صحت کلی ۷۶/۵ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۰ بود. در جدول ۷ صحت روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه، شئ‌پایه و درخت تصمیم در بهترین حالت استفاده از داده‌های طیفی و غیر طیفی برای تفکیک تیپ‌های جنگل نشان داده شده است.

**جدول ۷ : مقایسه صحت روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه، شئ‌پایه و درخت تصمیم در بهترین حالت بکارگیری داده‌های طیفی و غیرطیفی**

| روش طبقه‌بندی / میزان صحت | پیکسل‌پایه | شئ‌پایه | درخت تصمیم |
|---|---|---|---|
| صحت کلی(٪) | ۶۲/۵۷ | ۶۹/۱ | ۷۶/۵۳ |
| ضریب کاپا(٪) | ۵۳/۳۱ | ۶۲/۳ | ۷۰/۴۵ |

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

## بحث و نتیجه گیری

روش شئ‌پایه در کلاسه‌بندی تیپ‌های جنگل با استفاده از داده‌های طیفی از پتانسیل بیشتری در مقایسه با روش‌های پیکسل‌پایه برخوردار است. اما بررسی صحت نتایج بدست آمده نشانگر قابلیت پائین داده‌های طیفی در تفکیک تیپ‌های آمیخته جنگل در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. از دلایل پائین‌بودن صحت نقشه‌های حاصل ازبکارگیری داده‌های طیفی می‌توان به ساختارناخالص، ناهمسال و تراکم متفاوت گونه‌های مختلف در شرایط رویشگاهی متنوع محدوده مورد مطالعه اشاره نمود. زیرا حضور متفاوت گونه‌های مختلف و دامنه متغیر حضور آنها در تیپ‌ها، بر روی ارزش طیفی پیکسل‌های گونه‌ها و میزان بازتاب یک تیپ معین در نقاط مختلف تأثیر گذاشته و در نتیجه باعث تداخل بالای طیفی بین تیپ‌های مجاور و عدم‌تفکیک دقیق آنها از یکدیگر و ایجاد خطا در طبقه‌بندی پیکسل‌های متعلق به آنها می‌شود. بنابراین ضرورت بکارگیری داده‌های غیر طیفی موثر در پراکنش مکانی تیپ‌ها به همراه داده‌های طیفی در جنگل‌های ناخالص و آمیخته مشخص می‌گردد. از میان داده‌های غیر طیفی بکار گرفته شده در این تحقیق مدل رقومی ارتفاع تأثیر بیشتری در تفکیک تیپ‌های آمیخته جنگلی از یکدیگر داشته است به طوری که باعث افزایش صحت کلی و ضریب کاپای طبقه‌بندی شد. داده‌های غیرطیفی مورداستفاده درتفکیک تیپ‌های‌آمیخته جنگل در این تحقیق باعث افزایش بیشتری در صحت کلی و ضریب کاپای طبقه‌بندی به روش پیکسل‌پایه در مقایسه با روش شئ‌پایه شدند که این می‌تواند به دلیل کارآیی بالای شبکه عصبی در بکارگیری داده‌های منابع مختلف و استخراج اطلاعات از آنها در فرآیند طبقه‌بندی به روش پیکسل‌پایه باشد. در روش طبقه‌بندی درخت تصمیم لحاظ‌نمودن میزان احتمال‌وقوع تیپ‌ها در تصمیم‌گیری

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

به صورت سلسله‌مراتبی موجب کلاسه‌بندی بهتر تیپ‌های آمیخته شد. در مناطقی که تیپ‌ها از نظر طیفی قابلیت تفکیک‌پذیری پائینی دارند می‌توان با بهره‌گیری از داده‌های کمکی در این روش آنها را با دقت بالاتری نسبت به دو روش پیکسل‌پایه و شئ‌پایه طبقه‌بندی نمود. بنابراین داده‌های کمکی موثر در پراکنش مکانی تیپ‌ها تأثیر بسزایی در تفکیک تیپ‌های جنگلی آمیخته در محدوده مورد مطالعه با توجه به شرایط ساختاری حاکم بر آن دارد. صحت نتایج بدست‌آمده در این تحقیق در مقایسه با صحت حاصل از تحقیق رینوت و همکاران با تصویر SAR با روش پیکسل‌پایه(۹۰٪) و با تصویر SPOT2 حدود (۸۳٪)، تحقیق ویلهاوک و همکاران با روش پیکسل‌پایه(۹۰/۹۵٪) و با روش شئ‌پایه(۹۴/۴۷٪)، نسبتاً پائین است که ناشی از ساختار ناخالص و ناهمسال جنگل محدوده مطالعه و تعداد بالای تیپ‌های مورد طبقه‌بندی است. همچنین در مقایسه با صحت بدست آمده از تحقیق شتایی با روش پیکسل‌پایه(۴۹/۶۸٪) و با روش شئ‌پایه(۶۰/۸۷٪)، تحقیق ناصری حدود(۶۶٪)، تحقیق کوزاکا و همکاران حدود(۷۳٪)، نسبتاً بالا می‌باشد که ناشی از بکارگیری طبقه‌بندی‌کننده‌های متفاوت در روش‌های طبقه‌بندی و استفاده موثر از داده‌های کمکی در فرآیند طبقه‌بندی درخت تصمیم است. ضمناً به منظور تفکیک دقیق‌تر تیپ‌های جنگلی آمیخته و دستیابی به نقشه‌هایی با صحت بالاتر، استفاده از تصاویر ابرطیفی نظیر Hyperion و تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالاترنظیر Ikonos و Quikbirdباروش طبقه‌بندی شئ‌پایه پیشنهاد می‌گردد. همچنین برای تفکیک پدیده‌های‌موضوعی که تشابه طیفی بالایی داشته و داده‌های غیرطیفی نقش موثری در تفکیک آنها از یکدیگر دارند بکارگیری روش‌های دانش پایه نظیر طبقه‌بندی‌کننده درخت تصمیم توصیه می‌گردد.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

## منابع

۱ـ شتایی، شعبان، ۱۳۸۲، بررسی امکان تهیه نقشه تیپ‌های جنگل با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای. رساله دکتری، دانشگاه تهران، ۱۵۵ ص.

۲ـ ناصری، فرزین، ۱۳۸۲، طبقه‌بندی تیپ‌های جنگلی و برآورد مشخصه‌های کمی آنها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جنگل‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک. رساله دکتری، دانشگاه تهران، ۱۵۵ ص.

3- Bolstad, P.V. & Lillesand, T.M. (1992). Improved Classification Of Forest Vegetation In Northern Wisconsin Through A Rule-Based Combination Of Soils, Terrain, And Landsat Thematic Mapper Data. Forest Scinece, 38(1): 5-20.

4-Brockhaus, J.A, Khorram, S., Bruck, R.I. & Campbell, M. V. (1992). A Comparsion Of Landsat TM And SPOT HRV Data For Use In The Development Of Forest Defoliation Models. International Journal of Remote Sensing, Vol.13: 3235_3240.

5- De Kok, R., Schneider, T., Baatz, M. & Ammer, U. (1999). Object-Based Image Analysis Of High Resolution Data In the Alpine Forest Area, Sensore and Mapping from Space. 27-30 September, Hanover.

6-Hopkins, P.F., Maclean, A.L. & Lillesand, T.M. (1988). Assessment Of Thematic Mapper Imagery For Forestry Application Under Lake State Conditions. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 54, No. 1: 61-68.

7- Kosaka, N., Akiyama, T., Tsai, B. & Kojima, T. (2005). Forest Type Classification Using Data Fusion Of Multispectral And Panchromatic High-Resolution Satellite Imageries. . IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2980-2983.

8- Paola, J. & Showengerdt, R. (1995). A Detailed Comparison Of Back-Propagation Neural Network And Maximum Likelihood Classifiers For Urban Land Use Classification. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33: 981-996.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

9- Rignot, E.J., Williams, C.L., Way, J. & Viereck, L.A. (1994). Mapping Of Forest Types In Alaskan Boreal Forests Using SAR Imagery. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 32, No. 5: 1051-1059.

10- Strahler, A.H., Logan, T.L. & Brayant, N.A. (1978). Improving Forest Classification From Landsat By Incorporating Topographic Information. Proceeding of the 12th International Conference on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, Michigan, 927_942.

11- Treitz, P. & Howarth, P. (2000). Integrating Spectral, Spatial, And Terrian Variables For Forest Ecosystem Classification. Photogrammetry & Remote Sensing ,Vol. 66, No. 3.

12- Tso, B. & Mather, P.M. (2001). Classification Methodes For Remotely Sensed Data. First Edition, Taylor & Francis.

13- Walsh, S.J., (1980). Coniferous Tree Species Mapping Using Landsat Data. Remote Sensing of Environment, Vol.9: 11-26.

14- Willhauck, G., Schneider, T., De Kok, R. & Ammer, U. (2000). Comparison Of Object-Oriented Classification Techniques And Standard Image Analysis For The Use Of Change Detection Between SPOT Multispectral Satellite Images And Aerial Photos. Proceedings of XIX ISPRS Congress, 16-22 July, Amesterdam.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]