تعیین تغییرات گسترهٔ جنگل‌های شمال کشور بین سال‌های ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده +ETM (مطالعه موردی در جنگل‌های بابل)

امید رفیعیان، علی اصغر درویش صفت و منوچهر نمیرانیان[۱]

چکیده

هدف از این پژوهش تعیین تغییرات گسترهٔ جنگل‌های شمال کشور از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۰ به صورت کمّی است. این پـژوهش در سـطحی معادل یک برگ نقشه ۱:۲۵۰۰۰ (حدود ۱۵۰۰۰ هکتار) در جنگل‌های منطقه بابل انجام گردید. نقشه جنگل مربوط به سال ۷۳ از نقشه رقومی ۱:۲۵۰۰۰ جنگل‌های شمال استخراج شد. برای تهیه نقشه جنگل در آخر دوره، تصویر سنجنده +ETM ماهواره لندست ۷ مربوط به تاریخ ۸ مرداد ۱۳۸۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در بررسی کیفیت تصویر از نظر رادیومتری و هندسی، خطای راه‌راه‌شدگی در باندهای ۲، ۴، ۵ به میزان کمتر از 1DN± مشاهده شد که به دلیل جزیی بودن، از تصحیح آنجا صرف نظر شد. خطای جابه‌جایی دسته‌هـای شـانزده‌تـایی خطوط اسکن و خطای خطوط اسکن تکراری نیز در تصویر مشاهده گردید. تصحیح هندسی تصویر به روش اُرتو و با استفاده از اطلاعات مداری و مدل رقومی ارتفاع به طور دقیق انجام شد. سپس تصویر ماهواره‌ای با روش‌هایی نظیر نسبت‌گیری طیفی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و تسلدکپ مورد پردازش و بارزسازی قرار گرفت. باند پانکروماتیک نیز به روش‌های تبدیل فضای رنگ و پاسخ طیفی، با باندهای چندطیفی ادغام شد. یک نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای در ۳٪ سطح منطقه به روش میدانی و با استفاده از GPS تهیه شد. طبقه‌بندی تصویر به صورت تلفیقی (رقومی- چشمی) صورت گرفت. به این ترتیب که ابتدا یک طبقه‌بندی نظارت شده با طبقه‌بندی‌کننده حداکثر تشابه بـا اسـتفاده از باندهای اصلی و پردازش‌شده انجام شد. سپس نقشه‌ای که بیشترین صحت را در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی داشت (صحت کلی ۹۴/۵۶ و ضریب کاپا ۰/۸۹)، انتخاب و ساختار آن از رستر به بُردار تبدیل گردید. این نقشه پس از قرارگیری روی ترکیب‌های رنگـی مختلـف از جمله تصاویر ادغام شده با باند پانکروماتیک و نیز برخی از اطلاعات کمکی، مورد تفسیر، بازبینی و ویرایش قرار گرفـت. نقـشه حاصـل، دارای صحت کلی ۹۶/۳۹٪ و ضریب کاپا ۰/۹۲۷ بود. نقشه جنگل حاصل از داده‌های ماهواره‌ای با نقشه جنگل سال ۷۳ مقایسه و مشخص شد که در این دوره به میزان ۴۱۷ هکتار به مناطق جنگلی افزوده (عموماً قطعات جنگل‌کاری شده) و ۱۱۶۸ هکتار از سطوح جنگـل اولیـه کاسته شده است. به این ترتیب در مجموع ۷۵۱ هکتار (معادل ۸/۲٪ سطح اولیه جنگل) از مساحت جنگل کاسته شده است. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان بیان داشت که با تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای جدید می‌توان نقشه‌های دقیق جنگل تهیه کرده و از مقایـسه ایـن نقشه‌ها با نقشه‌های جنگل موجود مربوط به سال ۷۳، تغییرات را در تمامی سطح جنگل‌های شمال کشور تعیین نمود.

واژه‌های کلیدی: نقشه جنگل، تعیین تغییرات، سنجش از دور، لندست ۷، طبقه‌بندی تصویر، نقشه واقعیت زمینی

۱. به ترتیب دانشجوی کارشناس ارشد و دانشیاران جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.23.7]

مقدمه

اهمیت جنگل‌های شمال کشور از نظر تجاری و زیست محیطی ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات کمّی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در دوره‌های زمانی کوتاه مدت تعیین گردد. مسأله کاهش سطح جنگل‌های شمال در سال‌های اخیر مورد بحث بوده و انتقادهای زیادی را متوجه دست اندرکاران عرصهٔ منابع طبیعی کشور نموده است. بر اساس آمار منتشر شده از سوی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، سطح جنگل‌های شمال در فاصله سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۳۴، ۴/۷٪ و در فاصله سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۴۶، ۷/۱٪ کاهش داشته است (۶). از آنجا که ده سال از تهیهٔ آخرین نقشه‌های جنگل‌های شمال می‌گذرد، نیاز به داشتن نقشه‌های بهنگام و تعیین میزان و موقعیت وقوع تغییرات گسترهٔ این جنگل‌ها احساس می‌شود.

متداول‌ترین روش تهیه نقشه جنگل، عکس‌برداری هوایی، تصحیح و تفسیر آن است. این روش در سطوح وسیع، بسیار پرهزینه بوده و مستلزم صرف زمان زیادی می‌باشد. بنابراین با توجه به تغییرپذیری و پویایی منابع طبیعی و نیز وجود تغییرات ناشی از تعرض‌های زیادی که به این عرصه‌ها به ویژه در مناطق جنگلی شمال کشور می‌شود، باید به دنبال روش‌هایی بود که در مدت زمان اندک با صرف هزینه‌های معقول بتوان نقشه‌هایی با دقت مناسب تهیه نمود. در این راستا با توجه به نتایج پژوهش‌های گذشته در زمینهٔ قابلیت بالای تصاویر TM (Thematic Mapper) برای تهیه نقشه جنگل (۳، ۷ و ۱۷)، در این پژوهش از تصاویر سنجنده ETM+(Enhanced Thematic Mapper plus) به دلیل دارا بودن باند پانکروماتیک با اندازه تفکیک ۱۵ متر که امکان ادغام این باند با باندهای چند طیفی را فراهم می‌کند، استفاده شد (۵).

لازم به توضیح است از داده‌ها و روش‌های گوناگون می‌توان برای بررسی و تعیین تغییرات، استفاده نمود. در صورت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه (Multi-temporal)، سه روش متداول عبارت از «مقایسه بعد از طبقه‌بندی»، «تفاضل تصاویر» و «تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی» می‌باشد (۹ و ۱۹). خوشبختانه نقشه جنگل‌های شمال با دقت بسیار خوبی بر اساس عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ در سال ۷۳ تهیه شده‌اند. بنابراین در این پژوهش تنها با تهیه نقشه جدید جنگل و مقایسه آن با نقشه موجود، می‌توان میزان و محل وقوع تغییرات را تعیین نمود.

به طور کلی هدف از این پژوهش، تعیین تغییرات به صورت کمّی و تهیه نقشه پراکنش مکانی آن است. نتایج این تحقیق می‌تواند مورد استفاده مدیران و برنامه‌ریزان عرصه منابع طبیعی واقع شود. هم‌چنین روش و نتایج این پژوهش می‌تواند راه‌گشای بررسی تغییرات در سطح کل جنگل‌های شمال باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از تصویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ به شمارهٔ گذر و ردیف ۳۵-۱۶۳ مربوط به تاریخ ۸ مرداد ۱۳۸۰ استفاده شد. این تصویر به فرمت Fast و به صورت Orbit-oriented در ۸ باند طیفی تهیه شد. از باند ۶ به دلیل اندازه تفکیک مکانی بالا (۶۰ متر) و عدم پرداختن به ویژگی‌های حرارتی پدیده‌ها در این بررسی، استفاده نشد.

هم‌چنین نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رقومی منطقه به شماره 6562IV SE (در دو حالت دوبعدی و سه‌بعدی) برای ایجاد مدل رقومی ارتفاع ((Digital Elevation Model) (DEM))، انتخاب نقاط کنترل زمینی (Ground Control Point) (GCP) برای انجام تصحیحات هندسی و هم‌چنین استفاده در عملیات میدانی استفاده شد. به منظور ارزیابی صحت نقشه تغییرات و یافتن منابع خطا، تعداد پنج قطعه عکس هوایی اُرتو شده منطقه (همان عکس‌هایی که نقشه جنگل سال ۷۳ بر اساس آنها تهیه شده است) مورد استفاده قرار گرفت.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.23.7]

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (معروف به بندپی شرقی) در ۲۵ کیلومتری جنوب شهرستان بابل در محدوده جغرافیایی ″۳۱ ′۳۷ °۵۲ تا ″۵۹ ′۴۴ °۵۲ طول شرقی و ″۰۱ ′۱۵ °۳۶ تا ″۲۳ ′۲۲ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱- الف). این منطقه، سطحی معادل یک برگ نقشه ۱:۲۵۰۰۰ (حدود ۱۵۰۰۰ هکتار) را می‌پوشاند و در محدوده ارتفاعی ۷۶۰-۶۰ متر قرار گرفته است. گونه‌های جنگلی اصلی این منطقه کوهستانی عبارت از: ممرز (*Carpinus betulus*)، لیلکی (*Gleditshia caspica*)، خرمندی (*Diospyrus lotus*) و انجیلی (*Parrotia persica*) می‌باشد.

از ویژگی‌های بارز این منطقه می‌توان به وجود تک خانوارها یا اجتماعات کوچک جنگل‌نشینان که به تعداد زیاد در سطح منطقه و در داخل اراضی جنگلی پراکنده‌اند، اشاره نمود. این مجموعه‌های کوچک مسکونی به صورت لکه‌هایی روشن در تصویر ماهواره‌ای، قابل رؤیت‌اند (شکل ۱- ب).

بررسی کیفیت تصاویر ماهواره‌ای

تصویر پس از بهبود تباین (Contrast enhancenment)، از نظر وجود خطاهایی مانند از کار افتادگی آشکارسازها، پیکسل‌های تکراری سطری و ستونی و نویز، روی صفحه نمایش رایانه، مورد کنترل قرار گرفت. خطای راه راه شدگی (Striping and Banding) در پنجره‌ای به ابعاد ۲۵۰×۴۰۰ پیکسل در منطقه نسبتاً همگنی از دریا از طریق محاسبهٔ میانگین بازتاب ثبت شده در هر سطر به صورت کمّی مطالعه شد (۱۴ و ۱۵).

تصحیح هندسی تصویر

به دلیل کوهستانی بودن منطقه و قرار گرفتن آن در حاشیه فریم (شکل ۱- الف) (که پدیده جابه‌جایی ناشی از پستی و بلندی (Relief displacement) در آن نواحی تشدید می‌شود) و هم‌چنین به منظور تأکید بر صحت بالای هندسی تصویر در این پژوهش (به دلیل مقایسه پیکسل به پیکسل با نقشه جنگل مربوط به سال ۷۳) این تصاویر به روش (Orthorectification) تصحیح هندسی شد (۴). به این منظور از مدل توتن (Toutin) استفاده شد (۲۰ و ۲۱). در این خصوص از داده‌های مداری (Ephemeris data)، ۲۴ نقطه کنترل زمینی و مدل رقومی ارتفاع منطقه استفاده شد. در نهایت تصاویر به صورت دو خطی (Bilinear resampling) و با ابعاد پیکسل ۱۵ متری (جهت ادغام با باند پانکروماتیک) و با خطای RMS ۲۵ متر، تصحیح هندسی شدند.

پردازش و بارزسازی تصویر

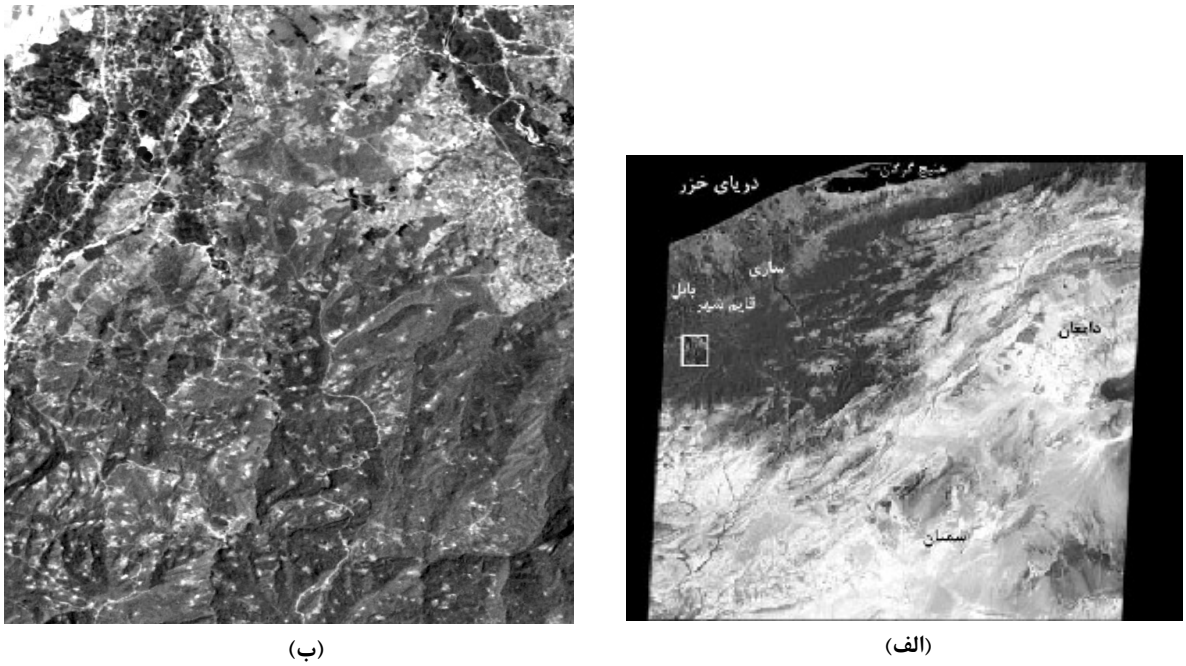
به منظور استخراج هر چه کامل‌تر اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای از روش‌های مناسب تبدیل و بارزسازی تصویر نظیر ترکیب‌های رنگی مختلف، نسبت گیری طیفی (NDVI) (Normalized Differenced Vegetation Index), (VI) (Vegetation Index) (۱۰)، تبدیل تسلدکپ (Tasseled Cap Transformation) (۱۱ و ۱۸)، تبدیل مؤلفه‌های اصلی (PCT) (Principle Component Transformation) (۱۶ و ۲۳) و ادغام داده‌ها استفاده شد. در فرایند ادغام داده‌ها از روش‌های تبدیل فضای رنگ (Colour space transformation) و روش مبتنی بر پاسخ طیفی (Spectral response) جهت ادغام باندهای چندطیفی با باند پانکروماتیک استفاده شد (۲).

طبقه‌بندی تصویر و تهیه نقشه جنگل

به منظور تفکیک جنگل از سایر پدیده‌ها، طبقه‌بندی تصویر به روش تلفیقی (رقومی- چشمی) انجام شد. در این روش ابتدا نمونه‌های تعلیمی (Training area) به عنوان الگوی مشخصات طیفی طبقات بر اساس کار میدانی انتخاب شدند. به دلیل تنوع بازتاب پدیده‌های غیر جنگل، علاوه بر جنگل، پدیده‌های آب، باغ، شالیزار و مناطق انسان ساخت به عنوان طبقات موضوعی در نظر گرفته شد. از آنجایی که به هنگام تفسیر عکس‌های هوایی سال ۷۳ و تهیه نقشهٔ جنگل، اراضی جنگلی با تراکم بیش از ۱۰٪ به عنوان جنگل تعیین شده بود (۶)، نمونه‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.23.7]



(ب) (الف)

شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در فریم لندست۷ به شماره ردیف و گذر ۳۵-۱۶۳ مربوط به تاریخ ۸ مرداد ۱۳۸۰ (الف)، وضعیت جنگل‌های منطقه در تصویر ماهواره‌ای (ب)

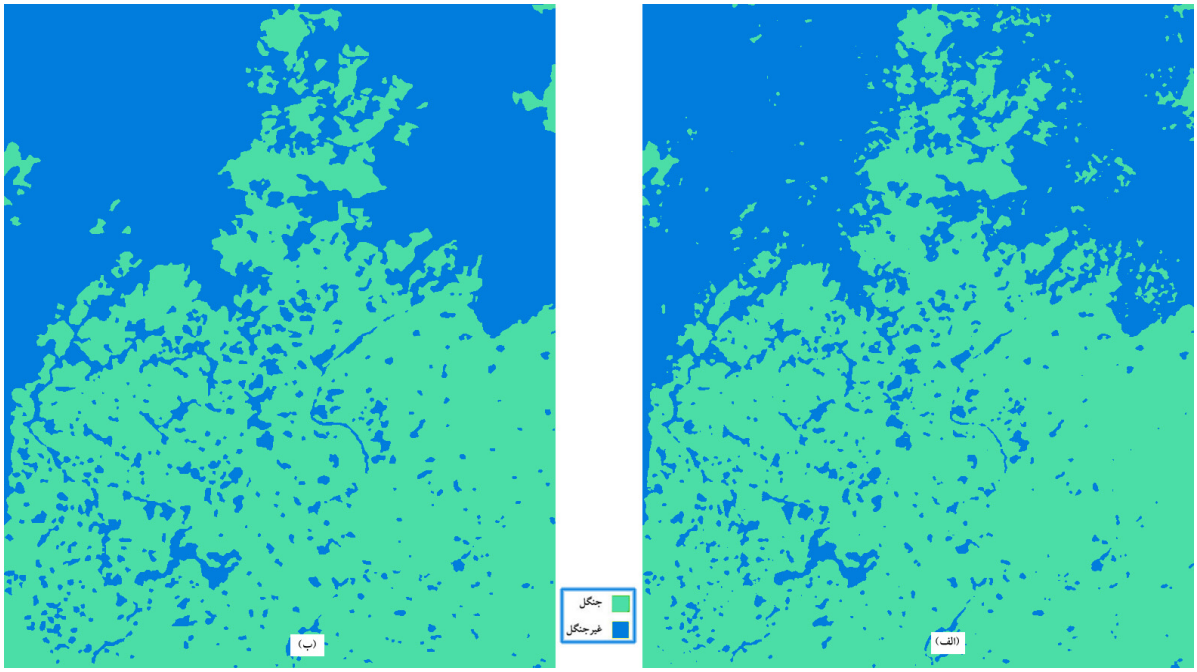
تعلیمی جنگل نیز در چنین مناطقی انتخاب گردید. برای ارزیابی کمّی تفکیک‌پذیری طبقات، از شاخص تبدیل‌شده دایورجنس (Transformed Divergence Index) و فاصله باتاچاریا (Bhattacharyya distance) استفاده گردید (۲۲). ابتدا یک طبقه‌بندی نظارت شده به کمک مجموعه باندهای اصلی و پردازش شده با طبقه‌بندی‌کننده حداکثر تشابه (Maximum Likelihood Classifier) انجام شد (۱ و ۱۷). در نقشه حاصل، چهار طبقه اخیر یکپارچه شده و به عنوان طبقه غیرجنگل منظور گردید (شکل۲- الف). با توجه به صحت بالای نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی رقومی، صحیح‌ترین نقشه انتخاب شده و ساختار آن از رستر به بُردار تبدیل گردید. سپس مرز جنگل در این نقشه بر اساس تصاویر رنگی ادغام‌شده با باند پانکروماتیک، تصاویر رنگی ادغام شده با مدل رقومی ارتفاع (که یک دید سه بعدی از منطقه را به دست می‌دهد) و نیز نقشه‌های شیب و جهت و ... و اطلاعات حاصل از عملیات میدانی مورد ویرایش قرار گرفت (شکل ۲- ب). به این ترتیب علاوه بر بهره‌گیری از قابلیت‌های تفسیر رقومی، از امتیازات تفسیر چشمی نیز برای افزایش صحت نقشه جنگل استفاده شد (۵ و ۱۳).

برآورد صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصویر

نقشه حاصل از طبقه‌بندی در مقایسه با یک نقشهٔ واقعی جنگل که در سال ۸۱ به روش میدانی و با استفاده از GPS (Global Positioning System) در سطحی معادل ۳٪ منطقه تهیه شده بود (۵ و ۸)، ارزیابی شد. این نقشه واقعی جنگل به صورت قطعات نمونهٔ مربعی به ابعاد ۳۶۰×۳۶۰ متر در قالب یک شبکه منظم با ابعاد ۱۸۰۰×۲۴۰۰ متر تهیه شد. به این ترتیب که مرزهای جنگل در داخل این قطعات نمونه با GPS برداشت شد و در مرحلهٔ ارزیابی صحت، نقشه جنگل حاصل از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در محل این قطعات نمونه پیکسل به پیکسل با نقشه واقعی جنگل مقایسه شد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.23.7]



شکل۲. نقشه جنگل حاصل از طبقه بندی نظارت شده(الف)، نقشه جنگل حاصل از طبقه بندی تلفیقی(ب)

استخراج نقشهٔ جنگل مربوط به سال ۱۳۷۳

نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ جدید جنگل‌های شمال کشور براساس عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۷۳ تهیه شده و در حال حاضر دقیق‌ترین نقشه‌های گسترهٔ جنگل محسوب می‌شوند. در این پژوهش از نقشه توپوگرافی شماره 6562IV SE استفاده گردید. لایه‌های مربوط به جنگل از نقشه استخراج شده و ساختار آن از بُردار به رستر (با ابعاد سلول ۱۵ متر) تبدیل شد.

تهیه نقشه تغییرات

به منظور ایجاد نقشه‌ای که نشان‌دهندهٔ موقعیت تغییرات گسترهٔ جنگل در این دورهٔ زمانی باشد، ابتدا هر دو نقشه به صورت تصویر صفر و یک (Boolean Image) تبدیل شدند (صفر نشان‌دهندهٔ مناطق غیر جنگلی و یک برای جنگل منظور شد) (شکل ۳ – الف و ب). سپس در محیط GIS (Geographic Information System) نقشه آخر دوره پیکسل به پیکسل از نقشه اول دوره کم شد. نتیجه آن نقشه‌ای با ارزش‌های ۱، صفر و ۱- بود. ارزش ۱ نشان‌دهندهٔ سطوح جنگلی اضافه شده، ارزش ۱- نشان‌دهنده سطوح جنگلی کاسته‌شده و ارزش صفر، بیانگر مناطقی بود که در طول دوره تغییر نکرده‌اند (شکل ۳- ج).

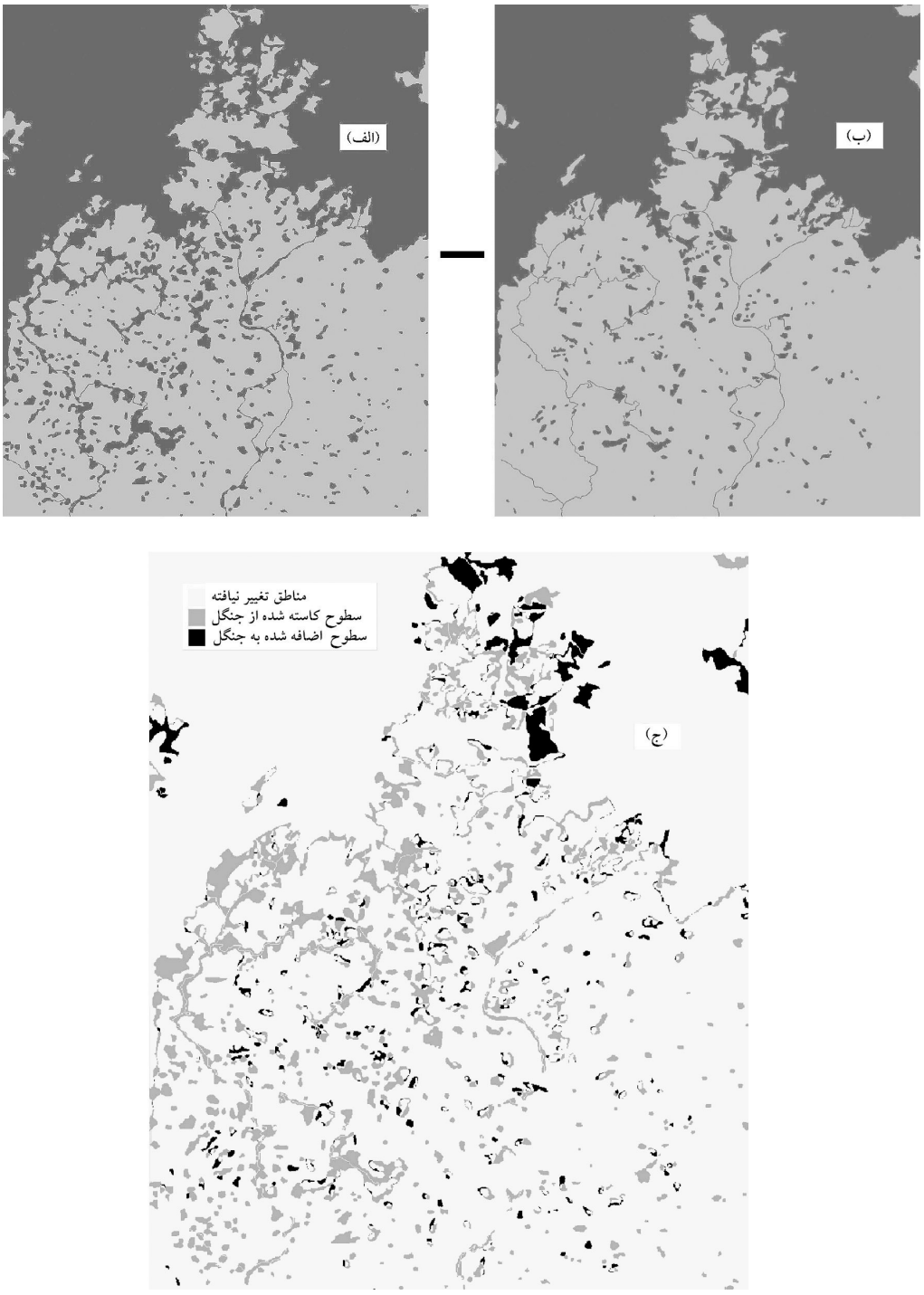
نتایج

بررسی کیفیت تصاویر ماهواره‌ای

در بررسی کیفیت تصویر از نظر وجود خطای هندسی، خطای جابه‌جایی دسته‌های شانزده‌تایی خطوط اسکن (به میزان خیلی جزیی) و هم‌چنین خطای خطوط اسکن تکراری مشاهده گردید. از آنجا که این خطوط به طور نامنظم در تصویر پراکنده و در طول خود دارای شکستگی‌هایی بودند (به میزان یک پیکسل به سمت بالا یا پایین). هم‌چنین به دلیل موقعیت مکانی متفاوت این خطوط در باندهای هشت‌گانه، حذف یا تصحیح آنها عملاً امکان پذیر نبود. بنابراین سعی شد تا با روش‌های مناسب تصحیح هندسی و نمونه‌گیری مجدد به صورت درون‌یابی دوخطی، این خطا تا حدی تعدیل گردد. بررسی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.23.7]



شکل ۳. نحوه تهیهٔ نقشهٔ تغییرات، نقشه جنگل حاصل از تفسیر تصویر ماهواره‌ای سال ۱۳۸۰ (الف)، نقشه جنگل مربوط به سال ۱۳۷۳ (استخراج شده از نقشه توپوگرافی) (ب)، نقشه تغییرات سطح جنگل که از تفریق دو نقشه مذکور به دست آمده است (ج).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.23.7]

کیفیت تصویر از نظر وجود خطای رادیومتری نشان دهنده خطای راه راه شدگی (کمتر از 1DN±) به ویژه در باندهای ۲ و ۴ و ۵ بود که به دلیل جزیی بودن آن از رفع این خطا صرف نظر شد (۱۵).

تصحیح هندسی تصویر

تصویر تصحیح شده به روش اُرتو که خطای جابه‌جایی ناشی از پستی و بلندی نیز در آن تصحیح شده بود، با نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ مقایسه شد. انطباق خوب جاده‌ها و آبراهه‌ها با تصویر، نشان‌دهنده دقت بالای تطابق هندسی انجام شده بود (۴).

پردازش و بارزسازی تصویر

قبل از انجام طبقه‌بندی تصویر، از روش‌های مختلف تبدیل و بارزسازی برای آماده‌سازی تصویر جهت استخراج هر چه بهتر اطلاعات استفاده شد. نتایج ارزیابی صحت مجموعه باندهای استفاده شده در طبقه‌بندی (باندهای اصلی و تبدیل شده) نشان داد که عملیات تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و ادغام داده‌ها در تولید نقشه‌های صحیح‌تر، مؤثر بوده است.

طبقه‌بندی تصویر و صحت نقشه‌های حاصل

نقشه حاصل از طبقه‌بندی تلفیقی، دارای سطحی معادل ۸۳۰۵ هکتار جنگل بود. ارزیابی صحت این نقشه در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای نشانگر صحت کلی ۹۶/۳۹٪ و ضریب کاپا ۰/۹۲ بود (جدول ۱).

نقشه جنگل مربوط به سال ۱۳۷۳

بر اساس نقشه استخراج شده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، از مجموع ۱۴۹۱۳/۹ هکتار منطقهٔ مورد مطالعه، ۹۰۵۶ هکتار آن را عرصه‌های جنگلی تشکیل می‌داده است.

تغییرات سطح جنگل

بر اساس محاسبات انجام شده و نقشه تغییرات (شکل ۳- ج)، در این مدت به میزان ۴۱۷ هکتار به سطوح جنگلی اضافه شده ضمن این که ۱۱۶۸ هکتار از سطح مناطق جنگلی نیز کاسته شده است. بنابراین در مجموع ۷۵۱ هکتار (حدود ۸/۲٪ سطح جنگل اولیه) از عرصه‌های جنگلی این منطقه کاسته شده است.

نتیجه‌گیری

چنانچه قبلاً اشاره شد، متداول‌ترین روش تهیه نقشه جنگل، عکس‌برداری هوایی، تصحیح و تفسیر آن می باشد. از آنجا که این روش در سطوح وسیع بسیار پرهزینه و زمان‌بر است، از تصاویر سنجنده +ETM به این منظور استفاده و نقشه جنگل حاصل از تفسیر این تصاویر، با نقشه جنگل موجود مقایسه شد تا میزان و محل وقوع تغییرات سطح جنگل در این دوره مشخص شود. در این خصوص موارد زیر قابل بحث است:

وجود خطاهای هندسی و رادیومتری در تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در این پژوهش، بر لزوم بررسی کیفیت تصاویر ماهواره‌ای قبل از به‌کار بردن آنها در تجزیه و تحلیل‌ها تأکید می‌کند. این مطلب مورد تأکید دیگر پژوهشگران نیز می‌باشد (۱۲ و ۲۴).

انطباق خوب جاده‌ها و آبراهه‌های استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ با تصویر تصحیح شده، از یک سو کارآمدی روش اُرتو را به ویژه در مناطق کوهستانی و حاشیه فریم تأیید نمود و از سوی دیگر نشان داد که تصاویر +ETM به دلیل داشتن اطلاعات مداری دقیق و کیفیت هندسی مناسب در تصاویر استاندارد، به خوبی قابلیت تصحیح هندسی به صورت اُرتو را دارند (۴ و ۲۰).

صحت کلی ۹۶/۳۹٪ به‌دست آمده برای نقشه جنگل حاصل از تفسیر تلفیقی تصویر ماهواره‌ای نشان داد که تصاویر سنجنده +ETM از قابلیت لازم برای تهیه نقشه جنگل در مناطق کوهستانی برخوردارند (۳، ۵ و ۷). چنانچه قبلاً اشاره شد، جنگل‌های منطقهٔ مورد مطالعه به دلیل داشتن لکه‌های کوچک غیرجنگلی در درون خود، دارای حالت قطعه‌قطعه و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.23.7]

جدول ۱. جدول خطا مربوط به ارزیابی صحت نقشه حاصل از تفسیر تلفیقی تصویر منطقه مورد مطالعه در مقایسه با واقعیت زمینی نمونه‌ای

			واقعیت زمینی		
		صحت تولید کننده	جمع پیکسل‌ها در طبقه‌بندی	غیر جنگل	جنگل
طبقه بندی	جنگل	٪۹۶/۵۵	۵۶۷۳	۱۹۶	۵۴۷۷
	غیر جنگل	٪۹۶/۲۱	۴۶۹۵	۴۵۱۷	۱۷۸
	جمع پیکسل‌ها در واقعیت زمینی		۱۰۳۶۸	۴۷۱۳	۵۶۵۵
صحت کلی : ٪۹۶/۳۹	صحت کاربر			٪۹۵/۸۴	٪۹۶/۸۵
ضریب کاپا : ٪۹۲					

حفره‌ای است و این عدم یکپارچگی باعث مشکل‌تر شدن طبقه‌بندی آن (به دلیل وجود مرزهای بیشتر با پدیده‌های غیر جنگل) در تصاویر ماهواره‌ای می گردد. یکی از معیارهای بیان یکپارچگی، ضریب فشردگی یا نسبت محیط به مساحت پلی‌گُن‌های جنگل می‌باشد (۱۵). هر چه میزان این ضریب کمتر باشد، جنگل حالت یکپارچه‌تری خواهد داشت و طبعاً تفکیک آن از سایر پدیده‌ها در تصاویر ماهواره‌ای آسان‌تر بوده و با دقت بیشتری انجام خواهد شد. بنابراین با توجه به این که منطقه مورد مطالعه جزء مناطق تخریب یافته محسوب می‌شود، می‌توان گفت در مقایسه با مناطق دیگر جنگل‌های شمال که از یکپارچگی نسبی بیشتری برخوردارند، نقشه‌های جنگل صحیح‌تر و قابل اعتمادتری از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای قابل استخراج است.

به منظور ارزیابی صحت نقشه تغییرات و یافتن منابع احتمالی خطا، پس از تهیه نقشه تغییرات، تعداد پنج قطعه عکس هوایی اُرتو شده منطقه (همان عکس‌هایی که نقشه جنگل سال ۷۳ بر اساس آن به دست آمده است) مورد استفاده قرار گرفتند. مقایسه عکس‌ها با نقشه‌های به‌دست آمده در این پژوهش، نتایج زیر را به دست داد:

مناطقی که نشان‌دهنده افزایش سطح جنگل بودند، اغلب در قسمت شمالی به صورت لکه‌های نسبتاً وسیع نمایان هستند. این لکه‌ها مناطق جنگل‌کاری شده در این دوره می‌باشد که در سال ۷۳ به دلیل تراکم و سن کم نهال‌ها، به عنوان جنگل قابل تشخیص نبودند. این مناطق اغلب در نواحی جلگه‌ای و کم شیب مجاور ادارات منابع طبیعی بابل‌کنار و بندپی شرقی که امکان کنترل و حفاظت از آنها وجود داشته است، واقع شده‌اند. سطوح کوچک پراکنده که نشان‌دهندهٔ افزایش سطح جنگل هستند، می‌تواند ناشی از اختلاف هندسه تصویر ماهواره‌ای و عکس هوایی بوده باشد و یا عرصه‌های خالی کوچکی نیز بودند که در عکس هوایی به عنوان غیرجنگل منظور شده و اکنون با بوته‌ها و درختچه‌ها پوشیده شده و در تصویر ماهواره‌ای تحت تأثیر بازتاب درختان اطراف، به عنوان پدیدهٔ غیرجنگل قابل تفکیک نبوده و جنگل به حساب آمده است (۵).

اغلب مناطق تخریب شده، در اطراف جاده‌ها و مناطق مسکونی و حاشیه تک‌خانوارهای جنگل‌نشین قرار گرفته‌اند. این مناطق در گذشته به صورت سطوح کوچک و یا دارای تراکم کمی بوده‌اند (مجموعه تک‌درختان). اما به مرور زمان با قطع تک‌درختان باقی‌مانده در محوطهٔ اطراف تک خانوارهای جنگلی و نیز برداشت درختان حاشیه جاده‌ها، عملاً در تصویر ماهواره‌ای به صورت لکه‌های سفید (بدون پوشش) نمایان شده‌اند. با مقایسه دقیق مرز جنگل در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ با عکس‌های هوایی اُرتو شده مربوط به آن، مشاهده شد که مناطقی در سال ۷۳ جنگل نبودند ولی به هر دلیل به عنوان جنگل منظور شده‌اند (خطای تفسیر). این گونه مناطق که سطوح‌شان کم نیست، موجب شده‌اند که در نقشه مربوط به سال ۷۳، مساحت جنگل بیش از مقدار واقعی خود نمایان شود

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.23.7]

و از سوی دیگر در فرایند بررسی تغییرات، چون عملاً در نقشهٔ آخر دوره غیر جنگل‌اند، بنابراین میزان تخریب در این دوره بیش از مقدار واقعی نشان داده شود.

به طور خلاصه خطاهای موجود در نقشه تغییرات می‌تواند ناشی از موارد زیر باشد:

- خطای هندسی باقی‌مانده در عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای که مورد تصحیح اُرتو قرار گرفته‌اند.
- خطای تفسیر عکس‌های هوایی و نقشه جنگل حاصل از آن: تفسیر عکس‌های سیاه و سفید ۱:۲۰۰۰۰ همواره دارای محدودیت‌هایی به‌ویژه در تفکیک مناطق جنگل‌کاری‌شده از باغ می‌باشد.
- خطای ناشی از تبدیل ساختار نقشه جنگل از بُردار به رستر.
- خطای تفسیر تصویر ماهواره‌ای که طبعاً بیشتر از خطای تفسیر در عکس هوایی خواهد بود. تصاویر +ETM علی‌رغم دارا بودن باندهای چندطیفی، به هیچ وجه از نظر اندازه تفکیک زمینی و نشان دادن جزییات، قابل مقایسه با عکس‌های هوایی نمی‌باشند. یادآوری این نکته ضروری است که نقشه جنگل سال ۷۳ در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده است. در حالی‌که تصاویر +ETM قابلیت تولید نقشه‌هایی حداکثر با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ را دارند (۱۴). بنابراین داده‌های ماهواره‌ای چندطیفی که اندازه تفکیک زمینی کوچک‌تری دارند (مانند داده‌های اسپات، ایکونوس و ...) و جزییات بیشتری ارائه می‌دهند، به تفکیک بهتر جنگل از سایر پدیده‌ها کمک می‌کنند.
- عدم رعایت دقیق تعریف جنگل (اراضی جنگلی با تراکم بیش از ۱۰٪)، به هنگام تفسیر عکس هوایی و تصویر ماهواره‌ای (۶).

شایان ذکر است که منابع خطای یاد شده در مواردی برعکس هم عمل کرده و باعث سرشکن شدن خطا می‌گردد. در مواردی نیز برهم افزوده شده و خطای نقشه نهایی (نقشه تغییرات) دوچندان می‌شود. در ضمن از آنجایی که پوشش‌های گیاهی در فصول مختلف بازتاب‌های متفاوتی دارند، استفاده از تصاویر چندزمانه در این زمینه قابل توصیه است.

در نهایت یادآوری این نکته ضروری است که این پژوهش در یکی از بحرانی‌ترین و تخریب یافته‌ترین مناطق جنگل‌های شمال کشور انجام شده است که علی‌رغم برنامه‌ها و سیاست‌های حفاظتی و احیایی در دست اجرا، به دلیل وجود مسایل اقتصادی و اجتماعی، این جنگل‌ها در سال‌های اخیر به شدت مورد تعرض و تخریب واقع شده‌اند. بنابراین میزان تخریب در این منطقه را نمی‌توان به کل جنگل‌های شمال تعمیم داد. امید است که این میزان تخریب، حداکثر نرخ تخریب جنگل‌های شمال باشد. لازم به ذکر است که بر اساس آمار منتشر شده، نرخ تخریب در دوره ۴۶-۱۳۳۴ معادل ۴/۷٪ و در دوره ۷۳-۱۳۴۶ معادل ۷/۱۱٪ بوده است (۶).

منابع مورد استفاده

۱. انجمن سنجش از دور ژاپن، ۱۳۷۵. *مبانی سنجش از دور*. انتشارات مرکز سنجش از دور ایران، تهران.

۲. درویش صفت، ع.ا. ۱۳۸۱. ادغام داده‌های ماهواره‌ای. همایش ژئوماتیک ۸۱، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.

۳. رامتین‌نیا، ک. ۱۳۷۶. تهیه نقشه جنگل و تیپ‌بندی آن با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای به روش رقومی در جنگل خیرودکنار نوشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۴. رفیعیان، ا. ۱۳۸۱. بررسی روش‌های مختلف تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای. سمینار کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۵. رفیعیان، ا. ۱۳۸۲. بررسی تغییرات گستره جنگل‌های شمال کشور بین سال‌های ۸۰-۷۳ با استفاده از تصاویر سنجنده +ETM، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.23.7]

۶. سماک، م. و ع. منطقی. ۱۳۷۹. اعلام جدیدترین آمار از سطح جنگل‌ها ی شمال کشور به موجب عکس‌های هوایی سال ۱۳۷۳. همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعه پایدار، رامسر.

۷. شتایی جویباری، ش. ۱۳۷۵. تهیه نقشه جنگل به کمک تصاویر ماهواره‌ای به روش رقومی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۸. فلاح شمسی، س. ر. ۱۳۷۷. برآورد صحت نقشه‌های حاصل از داده‌های ماهواره‌ای به روش نمونه‌گیری. پایان نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۹. موزونی، ب. ۱۳۷۹. بررسی روند تغییرات در تالاب هشیلان طی چهل سال گذشته با استفاده از سنجش از دور. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

10. Brothers, G. L. and E. B. Fish. 1978. Image enhancement for vegetation pattern change analysis. Photogrammetric Eng. & Remote Sens. 44(5): 607-616.
11. Chavez. J. 1986. Processing techniques for digital sonar images from GLORIA. Photogrammetric Eng. & Remote Sens. 52:1133-1145.
12. Chavez, P. S. and A. Y. Kwarteng. 1989. Extracting spectral contrast in landsat thematic mapper image using selective principle component analysis. Photogrammetric Eng. & Remote Sens. 55(3): 339-348.
13. Francoismass, J. and I. Ramierz. 1996. Comparision of landuse classification obtained by visual interpretation and digital processing. ITC J. 3(4):278-282.
14. Frei, U. 1993. Compilation of cartographic and spaceborne remote sensing data for thematic / topographic mapping. Ph.D Thesis, University of Zurich, Germany.
15. Itten, K. L., P. Meyer, T. Kellenberger, R. Sandmeier and S. Sandmeier. 1993. Radiometric corrections of topographically induced effects on Landsat TM data in an alpine envirenment. J. Photogrammetric & Remote Sens. 48(4): 17-28.
16. Jansen, J. 1996. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. 2nd ed., Prentic & Hall pub., USA.
17. Kellenberger, T. W. 1996. Comparison of potential of IRS-1C, SPOT and Landsat-TM multispectral and panchromatic data for forest area classification in Northeastern Switzerland. Department of Geography, University of Zurich, Germany.
18. Liliesand, T. M. and R. W. Kiefer. 1997. Remote Sensing and Image Interpretation. 3rd ed., University of Wisconsin-Madison, USA.
19. Macleod, R. D. and R. G. Congalton. 1998. A quantitative comparision of change-detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data. Photogrammeteric Eng. & Remote Sens. 64(3):207-216.
20. PCI 6.2 User's Guide, 1997. Ontario, Canada.
21. PCI Geomatica 8.2 User's Guide, 2002. Ontario, Canada.
22. Pedley, M. I. and P. J. Curran. 1991. Per-field classification: An example using SPOT HRV imagery. Int. J. Remote Sens. 12(11): 2181-2192.
23. Richards, J. A. and J. Xiuping. 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis. 3rd ed., Springer pub., USA.
24. Story, M. and R.G. Congalton. 1986. Accuracy Assessment: A User's Perspective. Photogrammetric Eng. & Remote Sens. 52:397-399

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.23.7]