کاربرد داده‌های رقومی سنجنده TM در تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز رودخانه بازفت

ندا زاهدی‌فرد[۱]، سید جمال‌الدین خواجه‌الدین[۲] و احمد جلالیان[۱]

چکیده

در حال حاضر با پیشرفت فن‌آوری، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به علت برداشت پوشش تکراری، یکپارچه بودن اطلاعات، تهیه اطلاعات در قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیس و امکان به‌کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها در دنیا با استقبال خاصی روبه‌رو شده است. هدف پژوهش حاضر عبارت است از: بررسی قابلیت داده‌های سنجنده TM، ماهواره لندست برای تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز بازفت (استان چهارمحال بختیاری). برای تهیه نقشه کاربری اراضی ،داده‌های شش باند TM ماهواره لندست ۵ به تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه سال ۱۳۷۷ مورد استفاده قرار گرفت. تصحیح هندسی با RMSE = ۱/۰۰۸ پیکسل حاصل آمد. روش‌های مختلف بارزسازی شکل (FCC، فیلترها وشاخص‌های گیاهی) استفاده شد و کاربری های مختلف زمینی مورد بررسی قرار گرفت.منطقه با استفاده از GPS، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ و اطلاعات جانبی دیگر مورد بازدید صحرایی قرار گرفت. واحدهای کاربری اراضی مختلف با ۶۲ کوادرت بررسی گردید و درصد تاج پوشش گیاهی تخمین زده شد. با استفاده از رگرسیون بین درصد تاج پوشش گیاهی و مقادیر شاخص‌های گیاهی NDVI، RVI، PVI، SAVI، DVI، $TSAVI_1$، NRVI، $MSAVI_2$ و اعمال تفکیک تاری بر آنها، نقشه‌های کاربری اراضی ایجاد گردید. بین شاخص‌های گیاهی و درصد تاج پوشش گیاهی، هم‌بستگی بالایی وجود داشته است. شاخص‌های NDVI، SAVI، NRVI، $TSAVI_1$ و $MSAVI_2$ضریب هم‌بستگی بالایی را با درصد تاج پوشش گیاهی داشته‌اند.

سه شاخص RVI،DVI،PVI ضرایب هم‌بستگی کمتری را نسبت به شاخص‌های فوق‌الذکر داشته‌اند. پس از اعمال طبقه‌بندی‌های نظارت شده، صحت نقشه تولیدی مورد ارزیابی قرار گرفت و نقشه نهایی کاربری اراضی به روش هیبرید تولید گردید. طبقه‌بندی نظارت شده با روش بیشترین شباهت، با کاپای کلی ۸۷ درصد، بهترین نتیجه را برای تهیه نقشه کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه داده است. بر اساس این پژوهش داده‌های رقومی TM قابلیت زیادی برای تهیه نقشه کاربری اراضی در منطقه مورد بررسی دارند. تفکیک بعضی کلاس‌های کاربری اراضی مانند جنگل با زیر اشکوب دیم ، گراس‌های یک‌ساله و اراضی آیش با داده‌های یک زمانه TM مقدور نشد. هم‌چنین داده‌های رقومی TM ، قابلیت جداسازی مناطق مسکونی روستایی پراکنده و جاده‌های خاکی منطقه مورد مطالعه را ندارند.

واژه‌های کلیدی: *کاربری اراضی ، TM، شاخص گیاهی، طبقه‌بندی نظارت شده*

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. دانشیار مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

مقدمه

از آنجایی‌که جمعیت انسانی به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه، روز به روز در حال افزایش است، بهره‌برداری غیر اصولی از منابع طبیعی ارزشمند، شناخت و مطالعه مستمر آنها ضروری می‌باشد. تغییرات کاربری اراضی(Land use) برای بررسی علل و عوامل آنها در یک دوره زمانی، می تواند مورد توجه برنامه‌ریزان و مدیران باشد. روش‌های سنتی برای بررسی تغییرات کاربری‌های اراضی و پوشش اراضی(Land cover) مانند نقشه‌برداری زمینی، عموماً وقت‌گیر و پرهزینه بوده و به مهارت‌های خاص نیاز دارد، ولی تقریباً در سه دهه گذشته اطلاعات زیادی درباره سطح زمین و پدیده‌های آن توسط سنجنده‌های فضایی و هوایی، تهیه شده است، که این خود مرهون توسعه علم سنجش از دور، در دهه‌های اخیر می باشد. در این میان، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با توجه به ویژگی‌هایی مانند دید وسیع، یکپارچه، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف انرژی الکترومغناطیس برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، پوشش تکراری و امکان به‌کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها موجب شده که در دنیا با استقبال خاصی روبه‌رو باشد. از جمله کاربرد تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای تهیه نقشه کاربری اراضی است (۹). در زمینه تعیین کاربری و پوشش اراضی بررسی‌های بسیاری توسط متخصصان سنجش از دور به عمل آمده است: متقی و همکاران (۱۳۷۹)، با استفاده از داده‌های رقومی TM(Thematic Mapper) نقشه کاربری اراضی منطقه جهان‌نما – گرگان را تهیه نموده است. اساس طبقه‌بندی وی طبقه‌بندی نظارت شده (Supervised Classification) با بیشترین شباهت (Maximum Liklihood) بوده است. سه کاربری مشخص جنگل، مرتع و اراضی زراعی مد نظر بوده که داده‌ها در مناطق مرتع و اراضی زراعی تداخل داشته‌اند، که علت کم تراکم بودن پوشش در این دو کاربری بوده است. شاخص کاپای کل این نقشه ۶۶ درصد برآورد شده است (۱۰).

علوی‌پناه و همکاران (۱۳۷۸)، برای تهیه نقشه کاربری اراضی از منطقه کوهستانی موک استان فارس از داده‌های رقومی ماهواره لندست TM و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System) استفاده کردند. باندهای ۳، ۴، ۵ و ۷ سنجنده TM با روش طبقه‌بندی نظارت شده با بیشترین شباهت در تولید نقشه مورد استفاده بوده است، که کاربری اراضی این منطقه کوهستانی را به‌صورت ۹ کلاس زیر طبقه‌بندی کردند: ۱- زراعت آبی ۲- مرتع ۳- اراضی شخم خورده ۴- شالیزار ۵- جنگل ۶- باغات ۷- تاکستان ۸- زراعت دیم ۹- اراضی زراعی برداشت شده. به‌دلیل پایین بودن دقت طبقه‌بندی برای اراضی مسکونی و رودخانه از دیگر لایه‌های اطلاعاتی از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تفکیک این دو کلاس استفاده شده و میزان دقت کلی نقشه ایجاد شده ۹۴/۷ درصد بوده است (۸) الکساندر و همکاران (۲۰۰۰)، برای تهیه نقشه پوشش گیاهی در دو سال مختلف و استفاده آنها به عنوان ورودی GIS از داده‌های ماهواره‌ای MSS و TM در دو سال مختلف ۱۹۷۹ و ۱۹۸۹ میلادی استفاده کردند. منطقه مورد مطالعه حوزه سیران در جنوب شرقی هیمالیا در پاکستان بوده است. در این بررسی پوشش گیاهی به طبقات زیر تقسیم شده است: اراضی زراعی از جنگل تفکیک شده که اراضی زراعی شامل خاک لخت هم بوده است، جنگل ناهمگونی زیادی داشته که روی بازتاب اثر زیادی گذاشته بنابراین به سه دسته کمتر از ۲۵، ۲۵ تا ۵۰ و بیشتر از ۵۰ درصد پوشش تاجی تقسیم شده است، ولی تشخیص نواحی جنگل‌های کم تراکم، مرتع مشجر و مرتع از یکدیگر مشکل بوده که به علت بازتاب‌های مشابه بوده است. بنابراین این سه تیپ در یک گروه طبقه‌بندی شدند. باندهای ۲ تا ۵ و ۷ TM با روش طبقه‌بندی نظارت شده با بیشترین شباهت برای این بررسی استفاده گردیده که خطای کلی این طبقه بندی برای داده‌های TM ۷۶/۳ درصد و برای MSS ۸۲/۹ درصد بوده است. با توجه به نتایج فوق، تفکیک کاربری و پوشش اراضی با داده‌های رقومی TM تا حدی امکان پذیر بوده و برای بعضی کلاس‌های کاربری و پوشش اراضی دچار مشکل شده است (۱۳).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

مواد و روش‌ها

هدف از این پژوهش بررسی قابلیت داده‌های رقومی سنجنده TM، ماهواره لندست و مقایسه دقت شاخص‌های گیاهی رایج در تفکیک تاج پوشش گیاهی برای تهیه نقشه کاربری اراضی در حوضه آبخیز بازفت می‌باشد. در بخش‌های زیر به‌صورت خلاصه، مراحل و روش انجام پژوهش توضیح داده شده است.

مشخصات منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز بازفت از شمال غربی و غرب به استان چهارمحال و بختیاری و شرق به استان خوزستان محدود است. منطقه مورد مطالعه بین ´۳۴ و °۴۹ تا ۳۲ و °۵۰ طول شرقی و ´۲۷ و °۳۱ تا ´۳۹ و °۳۲ عرض شمالی واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه (حوضه آبخیز بازفت) به ۲۱۷۵۳۰ هکتار بالغ می‌گردد (۳). بررسی مساحت واحدهای فیزیوگرافی نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه عمدتاً کوهستانی بوده و مساحت کوه‌ها وتپه‌ها حدود ۹۶ درصد منطقه را تشکیل می‌دهد. بیشترین سطح حوضه در کلاس شیب ۴۰ تا ۷۰ درصد، با سطحی معادل ۹۶۹۲۸ هکتار می‌باشد. کمترین سطح حوضه را کلاس شیب ۰ تا ۲ درصد با سطحی معادل۷۵۶ هکتار را شامل می‌شود. حداکثر ارتفاع حوضه ۲۲۲۱ متر در ارتفاعات زردکوه بختیاری و حداقل ۹۰۰ متر در نقطه خروجی حوضه است (۵). متوسط بارش حوضه آبخیز بازفت ۸۰۰ میلی‌متر برآورد گردیده است. در ارتفاعات بالاتر از ۱۲۰۰ متر تا ۳۵۰۰ متری در ماه‌های مختلف سال، طول دوره برف‌گیری در منطقه، تابعی از ارتفاعات است. هرچه ارتفاع بالاتر رود، زمان شروع دوره برف‌گیری زودتر و خاتمه آن دیرتر خواهد بود (۲).

مشخصات داده‌های رقومی مورد استفاده

تصاویری که برای بررسی منطقه استفاده شد، داده‌های رقومی شش باند سنجنده TM از ماهواره لندست ۵ بود، که در تاریخ ۵ می ۱۹۹۸ میلادی برداشت شده است. این تصاویر از جدیدترین اطلاعات ماهواره‌ای در دسترس داخل کشور در زمان تحقیق بوده است. تفکیک مکانی این تصاویر ۲۵ متر است. لازم به توضیح است که شکل رقومی مورد استفاده، قسمتی (۱۶۷۳۹۰ هکتار) از کل مساحت حوضه (۲۱۷۵۳۰ هکتار) را شامل می‌باشد.

مرحله پیش پردازش

تصحیح هندسی با نقشه‌های بهنگام منطقه به شرح زیر انجام گرفت. قبل از تصحیح هندسی، شکلی مناسب که با بهترین تباین و تبارز باشد، ایجاد شد. نخست آنالیز PCA بر آنها اعمال گردید، سپس سه خروجی اولی PCA برای ایجاد شکل رنگ کاذب انتخاب شدند. پس از تهیه ترکیب رنگ کاذب و فیلتر وضوح بخش لبه‌ها بر روی PCA1، نقاط و عوارض مشخص استخراج گردید. با کمک نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰ : ۱، تعداد ۲۸ نقطه کنترل زمینی انتخاب گردید، که این نقاط قله‌ها، صخره‌ها و در نقشه‌های جدید جاده‌ها را شامل شد. مراحل تصحیح هندسی شکل با روش نزدیک‌ترین همسایه صورت گرفت. نخست RMSE برای ۲۸ نقطه کنترل محاسبه شد و در نهایت با ۲۰ نقطه کنترل زمینی، معادله خطی با RMSE برابر ۱/۰۰۸ پیکسل عمل تصحیح هندسی انجام شد.

بارزسازی تصاویر

در مرحله بارزسازی شکل، به منظور افزایش وضوح تصاویر و نمایان‌تر نمودن پدیده‌های موجود از روش‌های زیر استفاده شد:

الف) ایجاد تصاویر ترکیب رنگ کاذب FCC، برای افزایش مغایرت و وضوح تصاویر ایجاد شده از سه روش:۱- کشش خطی (Linear stretch) ۲- کشش با متعادل سازی نمودار (Histogram equalization) ۳- کشش خطی با اشباع (Linear stretch with saturation) نمودار فراوانی ارزش‌های طیفی استفاده گردید. تصاویر ترکیب رنگ کاذب ایجاد شده و مناسب شامل موارد زیر می‌باشد: (۳،۲و۴)، (۴،۳و۵)، (۴،۳و۷)، (۴،۱و۵)، (۳،۲و۷)، (۴،۳و۷)، (۵،۳و۷) و (۴،۵ و۷) که به ترتیب از چپ به راست به قرمز، سبز و آبی ارسال می‌گردد.

ب) استفاده از فیلتر بارزسازی لبه‌ها برای انجام تصحیح هندسی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

ج) اعمال آنالیز PCA روی ۷ باند اصلی TM که هفت ترکیب خروجی ایجاد گردید. بیشترین اطلاعات در PCA_1 (اولین ترکیب)، جمع‌آوری شده و در نهایت از این ترکیبات برای ایجاد تصاویر رنگ کاذب زیر استفاده شد: (PCA_1،۴و۵)، (PCA_1،۴و۷) ، (PCA_1،۵و۷) ، (PCA_2،۴وPCA_1) ، (PCA_3، PCA_1 ،PCA_2).

د) از نسبت باند ۴ به ۳ برای نمایان‌تر شدن عوارض و پدیده‌های سطح زمین مانند پوشش گیاهی، اراضی بدون پوشش گیاهی، آب و برف استفاده شد.

۵- استفاده از شاخص‌های گیاهی مختلف NDVI، PVI، RVI، DVI، SAVI، NRVI، $MSAVI_2$ و $TSAVI_1$ که با دو باند ۴ و ۳ آنالیز می‌شوند. در شاخص SAVI از فاکتور ۰/۵ = L استفاده شد (جدول۱). در این جدول X فاکتور تنظیمی است که آثار بازتاب خاک را کمتر می‌کند و معادل ۰/۰۸ در نظر گرفته می‌شود.

جمع‌آوری داده‌های صحرایی

اساس جمع‌آوری داده‌های صحرایی، روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده(Stratified random sampling) بود. در مراجعه به صحرا، با توجه به کاربری‌های موجود و ناهمگونی درصد پوشش گیاهی، کاربریهای فعلی منطقه به شرح زیر طبقه‌بندی شده و نمونه‌برداری گردید.

۱- اراضی زراعی، ۲- مرتع (با پوشش گیاهی بیشتر از ۱۵ درصد)، ۳- جنگل با تاج پوشش ۱۵ تا ۲۵ درصد، ۴- جنگل با تاج پوشش ۲۵ تا ۵۰ درصد، ۵- جنگل با تاج پوشش بیشتر از ۵۰ درصد، ۶- جنگل با زیر اشکوب دیم، ۷- مرتع مشجر (مرتع با تاج پوشش بیشتر از ۱۵ درصد و تاج پوشش درختی کمتر از ۱۵ درصد)، ۸- اراضی سنگلاخی و رخنمون‌های سنگی، ۹- آب، ۱۰- اراضی سنگ‌ریزه‌دار (شامل بستر رودخانه)، ۱۱- مناطق مسکونی و جاده‌ها، ۱۲- اراضی با پوشش گیاهی پراکنده و بسیار ضعیف(کمتر از ۱۵ درصد)، ۱۳- خاک بدون پوشش ، ۱۴- برف و ۱۵- سایه، که دو نمونه آخر روی تصاویر ایجاد شده شناسایی و نمونه‌برداری شد. برای بررسی اثر جهت و مقدار شیب در بازتاب داده‌های رقومی، از یک نوع کاربری در جهات و مقادیر شیب مختلف، نمونه‌برداری شد. برای نمونه‌برداری جنگل‌ها و مراتع به ترتیب از کوادرات‌های۲۵۰۰ = (۵۰ × ۵۰) متر مربعی و۶۲۵=(۲۵ × ۲۵) مترمربعی استفاده شد که در هر منطقه ۱۰ کوادرات اجرا گردید (۶). در هر کوادرات، درصد تاج پوشش کل گونه‌ها و درصد سنگ و سنگ‌ریزه سطح خاک تخمین زده‌شد. سپس درصد تاج پوشش ۱۰ کوادرات میانگین‌گیری شد:

$$\bar{X} = \frac{\Sigma x_i}{n} \qquad [۱]$$

n = تعداد کوادرات‌ها در هر نقطه

x_i = در صد تاج پوشش در هر کوادرات

$\bar{X}$ = متوسط درصد تاج پوشش هر نقطه نمونه‌برداری شده است که مختصات آن با استفاده از دستگاه GPS (Global Positioning System) مدل Garmin تعیین گردید.

شیب منطقه با استفاده از شیب‌سنج، برای شیب با استفاده از قطب‌نما، ارتفاع با استفاده از ارتفاع‌سنج، در مرکز محل هر نقطه نمونه‌برداری یادداشت گردید. در تمام نقاط علاوه بر کاربری اراضی، عوارض مشاهده شده در سطح زمین مثل فرسایش ونوع آن، رنگ خاک زمینه و کاربری‌های اطراف، اطلاعات کشاورزی و افراد بومی در مورد محل‌های زراعت و آیش یادداشت گردید. تعداد ۱۱۲ نقطه روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مشخص شد که برای این مناطق همگن در روی نقشه پلی‌گون بسته و درصد پوشش گیاهی آن در محل تخمین زده شد. در ۶۲ نقطه از محل‌های نمونه‌برداری با بررسی پوشش گیاهی در کوادرات‌ها، درصد تاج پوشش نیز دقیقاً برآورد شد.

آنالیز داده‌ها

الف) طبقه بندی نظارت نشده (خوشه بندی)

در این مرحله به منظور بررسی کلاس‌های طیفی کاربری‌های مختلف، از آنالیز خوشه‌بندی(Clustring) برای ترکیبات باندها استفاده گردید. بدین ترتیب دید کلی از بازتاب‌های گروه‌های کاربری اراضی به‌دست آمد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

جدول۱. فرمول‌های محاسبه شاخص‌های گیاهی مورد استفاده در پژوهش۱۰

نام شاخص گیاهی	رابطه
NDVI	$NDVI= (NIR^{۱} -R^{۲})/ (NIR + R)$
RVI	$RVI=NIR/R$
SAVI	$SAVI=\frac{(NIR - R)(1 + L)}{(NIR + R + L)}$
DVI	$DVI=NIR-R$
PVI	$PVI = \sqrt{(R_s - Rv)^2 + (NIRs - NIRv)^2}$
$TSAVI_1$	$TSAVI = \frac{a(NIR - aR - b)}{b(NIR + R) - ba + x(1 + a^2)}$
$MSAVI_2$	$MSAVI_2 = (112)(2(NIR + 1)) - \sqrt{((2NIR + 2)^2 - 8(NIR - R))}$

۱. بازتاب طول موج مادون قرمز (با علامت S متعلق به خاک، با علامت Vمتعلق به پوشش گیاهی و بدون علامت شامل همه عوارض)
۲. بازتاب طول موج قرمز (با علامت S متعلق به خاک، با علامت Vمتعلق به پوشش گیاهی و بدون علامت شامل همه عوارض)

ب) تفکیک تاری(Density Slicing)

در این مرحله شاخص‌های گیاهی NDVI، RVI، SAVI، DVI، PVI، NRVI $TSAVI_1$ و $MSAVI_2$ مورد بررسی قرار گرفت(۷). برای استفاده از شاخص SAVI از فاکتور L=۰/۵ که به‌طور معمول در مطالعات استفاده می‌شود، در این پژوهش نیز از L= ۰/۵ استفاده شد. مقادیر کمتر و بیشتر L مورد آزمون قرار گرفت ولی جواب آنالیز مناسبی به‌دست نیامد. برای استفاده از شاخص DVI و PVI، معادله زیر بر پایه باند ۴ متغیر غیر وابسته و باند۳ به‌عنوان متغیر وابسته برای نمونه‌های خاک بدون پوشش به‌دست آمد:

$Y = -۸ /۵۶۱۸۱۸ + ۱/۲۲۳۰۶۴x$

$a =- ۸/۵۶۱۸۱۸$

$b = ۱/ ۲۲۳۰۶۴$

$r^2 = ۰/۹۷۴۶$ [۲]

برای شاخص $TSAVI_1$ معادله زیر بر پایه باند ۳ متغیر غیر وابسته و باند ۴ به‌عنوان متغیر وابسته برای نمونه‌های خاک بدون پوشش به‌دست آمده:

$Y = ۱۱/۶۶۳۵۵۵ + ۰/۷۷۶۵۷۴x$

$a = ۱۱/۶۶۳۵۵۵$

$b = ۰/۷۷۶۵۷۴$

$r^2= ۰/۹۷۴۶$ [۳]

از ضرایب a و b حاصله شاخص‌های گیاهی فوق الذکر ایجاد گردید.

برای تهیه نقشه پوشش گیاهی از شاخص‌های مذکور، نخست رابطه هر شاخص گیاهی با در صد تاج پوشش گیاهی به‌دست‌آمد. به این صورت که، رقم پیکسل خروجی هر شاخص گیاهی در نقاط نمونه برداری با GPS از شکل استخراج گردید. سپس این ارقام و در صد تاج پوشش مربوطه به آن وارد نرم افزار اکسل شد. بین رقم پیکسل هر شاخص گیاهی به‌عنوان متغیر غیر وابسته و درصد پوشش گیاهی به‌عنوان متغیر وابسته رگرسیون خطی ایجاد گردید. در نهایت برای هر کدام از شاخص‌ها، معادلات رگرسیون همراه با ضرایب هم‌بستگی آنها با در صد تاج پوشش گیاهی محاسبه شد (جدول۳). با کمک معادلات رگرسیون به‌دست آمده، تفکیک تاری انجام گردید به این صورت که، با اعمال فرمول به‌دست آمده روی هر شاخص گیاهی رابطه شاخص با تاج پوشش گیاهچه‌دست آمد. با بررسی هیستوگرام هر آنالیز و تعین محدوده ارزش پیکسل‌های مربوطه به هر کاربری اراضی،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

طبقه‌بندی انجام شد. قابل توجه است که برای کاربری‌های مختلف افزایش تاج پوشش گیاهی همراه با بالا رفتن اندیس سطح برگ در واحد سطح می‌گردد و بازتاب‌های مختلف هر گروه متفاوت می‌شود. همراه کردن این بررسی با مقایسه هیستوگرام داده‌های آنالیز شده، تفکیک بخش‌های مختلف را تسهیل می کند.

ج) طبقه‌بندی نظارت شده

برای انجام طبقه نظارت شده می‌بایست بهترین باندهای TM را برای تهیه نقشه کاربری اراضی به‌کار برد. نخست مختصات طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری شده با ایجاد فایل وکتوری نقطه به روی شکل برده شد. با استفاده از این نقاط و نیز نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ اصلاح شده در صحرا، روی شکل پلی‌گون‌های نمونه‌برداری شده کاربری اراضی ایجاد شد. برای ایجاد پلی‌گون‌های برف و سایه به ترتیب از ترکیب کاذب باندهای ۴، ۳، ۵ و PCA استفاده شد. این فایل پلی‌گونی به‌عنوان فایل signature با شش باند(بدون باند شش) TM تعریف شد و در نهایت به‌صورت یک فایل گروهی signature درآمد. سپس نمودار متوسط بازتاب‌های نمونه‌ها در شش باند TM را به‌دست آورده و با مقایسه میانگین‌های نمونه‌های آموزشی، بهترین باندهای TM برای جداسازی کاربری‌های مختلف انتخاب گردید، که باندهای ۳، ۴، ۵ و ۷ بهترین باندها شناخته شد. پس از حصول نتیجه آنالیز سه نوع طبقه‌بندی نظارت شده اعمال گردید:

۱. طبقه‌بندی بیشترین شباهت ۲. طبقه‌بندی کمترین فاصله ۳. طبقه‌بندی متوازی السطوح

تعیین دقت نقشه‌های ایجاد شده

در مرحله نهایی با استفاده از نمونه‌هایی که در بازدید صحرایی روی نقشه‌های توپوگرافی کنترل شد و ماتریس خطا محاسبه گردید. ماتریس خطا، برای طبقه‌بندی‌های بیشترین شباهت، حداقل فاصله، متوازی السطوح و شاخص‌های گیاهی ایجاد شد. دقت کلی(Total accuracy)، شاخص کاپای کلی (Overal Kappa Index)، خطای امیسیون(Ommision) و کمیسیون(Commision) نیز محاسبه شد.

تهیه نقشه نهایی

با توجه به نتایج ارزیابی دقت نقشه‌های ایجاد شده، کاربری‌های مختلف با بیشترین دقت، به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی برای GIS تهیه شد، از تلفیق لایه‌ها نقشه کاربری اراضی نهایی تولید گردید.

نتایج و بحث

در اکثر بررسی‌های انجام شده در ایران، این نکته مورد تأکید واقع شده که نقاط زمینی کافی برای تصحیح هندسی داده‌های ماهواره‌ای وجود ندارد زیرا نقشه‌های توپوگرافی موجود در ایران قدیمی هستند:

دماوندی (۱۳۷۸)، در دریاچه حوض سلطان قم با استفاده از داده‌های رقومی TM اقدام به تهیه نقشه شوری خاک کرده است ولی برای تصحیح هندسی دچار مشکل شده و در نهایت از سیستم GPS استفاده کرده است (۴). در صورتی که در اکثر بررسی‌های خارج از کشور نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس مناسب و دقت زیاد استفاده شده است که متأسفانه در ایران نقشه‌های مذکور تولید نشده‌اند. لانگفورد و همکاران (۱۹۹۷) در منطقه کایوکا – کلمبیا برای تهیه نقشه پوشش زمین با داده‌های TM از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده کرده که خطای تصحیح هندسی RMSE = ۰/۴۶ بوده است (۱۶).

بررسی هم‌بستگی باندهای داده‌های رقومی TM در منطقه مورد مطالعه (جدول۲) نشان می‌دهد که تمام باندها با یکدیگر هم‌بستگی زیادی دارند، یعنی میزان هم‌بستگی هفت باند بالاست. در صورتی‌که برای داشتن شکل ترکیب رنگ کاذب با تباین زیاد، انتخاب باندها با کمترین هم‌بستگی عنوان شده است که در نتیجه اطلاعات با تضاد بیشتر را ارایه نماید. در باندهای منطقه مورد بررسی هم‌بستگی خیلی بالا بین باندها وجود دارد. بنابراین، از تصاویر ترکیب رنگ کاذب نباید شکل با کنتراست زیاد مورد انتظار باشد، که همین گونه نیز بوده است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

جدول ۲. ماتریس درصد هم‌بستگی هفت باند TM در منطقهٔ مورد مطالعه

باندها	TM_1	TM_2	TM_3	TM_4	TM_5	TM_6	TM_7
TM_1	۱						
TM_2	۰/۹۹	۱					
TM_3	۰/۹۸	۰/۹۹	۱				
TM_4	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۷	۱			
TM_5	۰/۸۵	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۹۱	۱		
TM_6	۰/۸۹	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۹۳	۰/۹۵	۱	
TM_7	۰/۸۵	۰/۸۴	۰/۸۵	۰/۹۱	۰/۹۹	۰/۹۴	۱

شاخص‌های گیاهی

جدول ۳ شامل معادلات حاصل از رگرسیون‌های ارقام پیکسل خروجی آنالیز شاخص گیاهی با درصد تاج پوشش گیاهی یادداشت برداری شده در ۶۲ نقطه توسط دستگاه GPS است:

شاخص‌های NDVI، NRVI، SAVI و $TSAVI_1$ (رابطه‌های ۱ ، ۷، ۳ و۶) به ترتیب بعد از $MSAVI_2$ بالاترین ضریب هم‌بستگی را با درصد تاج پوشش گیاهی داشته‌اند. سه شاخص RVI، DVI و PVI (رابطه‌های ۲ ، ۴ و ۵) ضرایب هم‌بستگی کمتری را نسبت به شاخص‌های فوق‌الذکر داشته‌اند.

طبق گزارش متقی(۱۳۷۹)،راندکس و همکاران (۱۹۹۶) در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که شاخص $MSAVI_2$ بیشترین حساسیت (۹۸/۹ درصد) را به درصد پوشش گیاهی داشته و NDVI (۸۵/۳۶ درصد) در رده‌های بعدی قرار گرفته است. آنها به این نتیجه رسیدند که خاک زمینه مهم‌ترین عاملی است که رفتار طیفی تاج پوشش را تحت کنترل دارد (۱۰).

آپان(۱۹۹۷)، در منطقه میندوروی فیلیپین، برای تهیه نقشه پوشش گیاهی از خوشه‌بندی NDVI استفاده کرده و به ۵ طبقه رسیده است: ۱- اراضی بدون پوشش ۲- اراضی با پوشش کمتر از ۱۰ درصد ۳- اراضی با پوشش ۴۹-۱۰ درصد ۴- اراضی باپوشش ۱۰۰-۵۰ درصد، ۵- آب. در طبقه ۱، که اراضی بدون پوشش، شامل خاک لخت، بستر رودخانه، جاده‌ها، اراضی سنگلاخی و نواحی مسکونی بوده است. دقت کلی این طبقه‌بندی ۹۳/۷۳ درصد و دقت کاپای آن ۹۰درصد است (۱۲). بنابراین آپان(۱۹۹۷)نیز مشابه پژوهش حاضر از شاخص‌های گیاهی برای تفکیک تاج پوشش گیاهی استفاده کرده و آنها را گروه بندی نموده و نتایج مشابه ارائه نموده است.

در مطالعه منطقه بازفت، ۵ کلاس پوشش گیاهی زیر در هر ۸ شاخص گیاهی قابل تفکیک بودند که شامل:

۱- جنگل با تراکم کم ۱۵ تا ۲۵ درصد (F_1) ۲- جنگل با تراکم متوسط ۲۵ تا ۵۰ درصد (F_2) ۳- جنگل با تراکم زیاد بیشتر از ۵۰ در صد (F_3) ۴ – مرتع واراضی با پوشش گیاهی پراکنده کمتر از ۱۵ در صد پوشش (P) ۵- اراضی زراعی (C) (با پیش فرض این‌که اراضی زراعی در اردیبهشت ماه دارای حداکثر تراکم خود بوده و بیشتر از ۸۰ درصد زمین را پوشش می‌دهند) البته کلاس‌های آب(W)، برف (Snow)، اراضی بدون پوشش (R) و سایه(Shadow) نیز با این شاخص‌ها قابل تفکیک بودند. با بررسی جنگل کم تراکم در ماتریس خطای شاخص‌های گیاهی نتیجه‌گیری شد که سه شاخص گیاهی PVI، DVI و RVI کمترین شاخص کاپا را دارند. شاخص کاپای آنها به ترتیب ۰/۴۷، ۰/۵ و ۰/۵۸ بوده است. بقیه شاخص‌ها بالاترین دقت را (شاخص کاپای حدود ۹۰ درصد) داشته‌اند. $MSAVI_2$، با شاخص کاپای ۰/۹۱ بهترین شاخص برای جداسازی جنگل با تراکم متوسط بوده است. هم‌چنین شاخص‌هایNRVI ، SAVI و NDVI (شاخص کاپای حدود ۰/۸۳) نیز نتیجه خوبی داده‌اند. در جنگل پرتراکم، محدوده شاخص کاپا ۰/۶تا۰/۸۱ بوده است در نتیجه تمام شاخص‌های آزمون شده توانایی نسبتاً خوبی برای پوشش گیاهی متراکم دارند. محدوده شاخص کاپا در کلاس مرتع (P)، ۰/۲۲ تا ۰/۷۲ بوده که در واقع هیچ‌کدام از شاخص‌های گیاهی به خوبی این اراضی را جدا نکرده است. این کلاس از اراضی شامل پوشش گیاهی بسیار ضعیف نیز می‌باشد، در صورتی‌که شاخص‌های گیاهی به‌طور عمده تاج پوشش بیشتر از ۱۵ درصد را می‌توانند

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

جدول۳. معادلات حاصل از رگرسیون شاخص گیاهی

نام شاخص گیاهی	رابطه	ضریب هم‌بستگی(R^2)
NDVI	Y= ۱۴۶/۱۵ X + ۴/۱۳۴	۰/۸۳
RVI	Y= −۷۸/۵۹۴ X + ۸۶/۷۰	۰/۶۱
SAVI	Y= ۹۷/۶۱۵ X +۴/۰۳۲۴	۰/۸۲
DVI	Y= ۰/۸۸۸۲ X+ ۹/۰۰۱۷	۰/۶۹
PVI	Y= ۱/۳۹۵۴ X − ۱/۷۵۰۷	۰/۶۶
$TSAVI_1$	Y= ۱۰/۴۳۲ X + ۱۰۲/۷۸	۰/۸۰
NRVI	Y= −۸۵/۹۹۳ X + ۷/۷۰۸۱	۰/۸۳
$MSAVI_2$	Y= ۱۰۶/۸۵ X + ۱۴/۱۴۷	۰/۸۸

تفکیک کنند(۱۴). در نتیجه محدوده شاخص‌های کاپا در شاخص‌های گیاهی در کلاس P کاهش یافته است. محدوده شاخص کاپا در اراضی زراعی ۰/۶۲ تا۰/۹۹ ($MSAVI_2$) بوده است. بیشترین شاخص کاپا متعلق به اراضی زراعی است چون داده‌ها متعلق به فصل رشد (اردیبهشت ماه) می‌باشد و پوشش گیاهان زراعی به حداکثر رشد خود رسیده و بیشترین تراکم را داشته است.

SAVI در اراضی زراعی شاخص کاپای ۰/۶۳ داشته و علت کاهش آن فاکتور L = ۰/۵ است که در ابتدا برای شاخص SAVI در نظر گرفته شد. در واقع این فاکتور برای مناطق با پوشش متوسط و پایین می‌باشد. ولی چون اراضی زراعی پر تراکم هستند شاخص SAVI نتیجه خوبی نسبت به دیگر شاخص‌ها نمی‌دهد. برای به‌دست آوردن فاکتور L مناسب برای شاخص SAVI در هر منطقه باید تحقیقات جداگانه‌ای صورت بگیرد ولی به‌طور معمول در بررسی‌ها=L۰/۵ در نظر گرفته می‌شود.

طبقه بندی نظارت شده

جدول ۴ میانگین بازتاب‌های تعلیمی در هفت باند TM را نشان می‌دهد که چهار باند ۳،۴، ۵ و ۷ بهتر از باندهای دیگر، آنها را تفکیک می‌کند. دو باند ۱ و ۲ دارای آثار پراکنش اتمسفری بسیار شدید هستند. باند شش، قدرت تفکیکی پایینی (۱۲۰ × ۱۲۰ متر) دارد. بنابراین برای طبقه‌بندی‌های نظارت شده بیشترین شباهت و کمترین فاصله از باندهای ۱، ۲ و ۶ استفاده نشده است. مالدرس و همکاران (۱۹۹۲) در پژوهشی برای تهیه نقشه پوشش گیاهی با توجه به متوسط نمونه‌ها برای ۷ باند TM، بهترین باندها یعنی باندهای ۳، ۴، ۵ و ۷ را برای جداسازی پوشش‌های مختلف استفاده کرده‌اند (۱۷).

با روش طبقه‌بندی نظارت شده بیشترین شباهت و کمترین فاصله کاربری‌های اراضی منطقه مورد مطالعه شامل ۱۳ گروه زیر است: ۱- آب (W) ۲- برف (Snow) ۳- جنگل کم‌تراکم (F_1) ۴- جنگل با تراکم متوسط (F_2) ۵- جنگل با تراکم زیاد (F_3) ۶- مرتع (P) ۷- پوشش گیاهی پراکنده (D) ۸- سایه‌ها (Shadow) ۹- اراضی سنگلاخی(R) ۱۰- اراضی زراعی (C) ۱۱- اراضی سنگریزه‌دار (شامل مسیل رودخانه) (S) ۱۲- مرتع مشجر (F_P) ۱۳- اراضی بدون پوشش (B). که شرح هر کدام به‌صورت زیر است:

اراضی با پوشش جنگل در منطقه مورد بررسی از لحاظ درصد تاج پوشش به سه دسته تقسیم شده‌اند > ۵۰ ، ۵۰- ۲۵ و ۲۵ – ۱۵ درصد که به ترتیب با علامت اختصاری F_1 ، F_2 و F_3 در نقشه‌های ایجاد شده و ماتریس‌های خطا، نشان داده شده‌اند. گروه جنگل با زیر اشکوب دیم نیز جزء این دسته‌ها قرار گرفته و به‌طور جداگانه تفکیک نشدند. اراضی زراعی با علامت C در ماتریس خطا و نقشه نشان داده شده است. مراتع با پوشش گیاهی بیشتر از ۱۵درصد تفکیک شده‌اند. در بررسی‌های صحرایی در اغلب موارد بیشتر از ۳۰ درصد سنگ و سنگ‌ریزه سطح خاک مراتع منطقه را پوشانیده است، که در ماتریس خطا با علامت P نشان داده شد. اراضی با پوشش گیاهی پراکنده شامل درصد تاج پوشش کمتر از ۱۵ درصد هستند. این گروه درختچه زار پراکنده، پوشش بوته و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

جدول ۴. متوسط بازتاب‌های نمونه‌های تعلیمی در هفت باند TM

ردیف	کاربری اراضی	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7
۱	اراضی بدون پوشش	۱۱۳/۰۱	۶۵/۷۹	۹۲/۹۵	۹۳/۳۹	۱۸۰/۴۶	۱۵۶/۹۹	۱۰۳/۱۷
۲	اراضی زراعی	۶۹/۵۴	۳۵/۰۷	۳۹/۲۸	۱۱۱/۱۲	۸۰/۲۶	۱۴۱/۹۵	۳۳/۹
۳	جنگل کم تراکم	۸۲/۵۱	۴۳/۲۶	۵۵/۳۸	۸۵/۶۱	۱۲۷/۴۱	۱۵۵/۴۳	۶۸/۹۵
٤	جنگل با تراکم متوسط	۷۶/۳۶	۳۹/۳۸	۴۸/۱۱	۸۹/۲۸	۱۱۱/۰۴	۱۴۹/۴۳	۵۶/۲۷
۵	جنگل پر تراکم	۶۶/۳۱	۳۱/۸۱	۳۴/۴۳	۹۹/۹۲	۸۷/۵۵	۱۴۷/۳۵	۳۸/۵۵
٦	برف	۲۴۷/۸	۱۶۸/۳۴	۲۱۴/۳۱	۱۷۳/۷	۱۳/۵۹	۹۱/۳۲	۶/۲۲
۷	مرتع مشجر	۹۱/۷۴	۵۰/۴۵	۵۹/۸۳	۸۱	۲۳/۷۸	۱۵۳/۶۶	۷۷/۹۶
۸	مرتع	۹۴/۹۵	۵۴/۲۵	۶۳/۹۸	۷۵/۳	۱۴۴/۸۶	۱۴۱/۶۵	۱۳/۲۶
۹	اراضی‌با پوشش پراکنده	۱۰۳/۶۹	۵۷/۲۹	۶۷/۸۵	۷۰/۸۲	۱۵۴/۶۸	۱۴۸/۰۳	۱۳/۲۶
۱۰	اراضی سنگلاخی	۱۴۴/۲۸	۸۵/۴۵	۱۱۹/۶۵	۱۱۹/۳۴	۲۱۷/۶۷	۱۴۳/۴۶	۱۲۵/۳۶
۱۱	سایه	۶۵/۱۸	۲۴/۷۱	۲۷/۲۱	۱۹/۶۶	۱۹/۹۳	۱۰۲/۱۴	۱۰/۷۹
۱۲	اراضی سنگ‌ریزه‌دار	۱۵۳/۱۱	۸۵/۱۵	۱۱۳/۳۲	۱۰۶/۴۳	۱۹۲/۹۴	۱۵۰/۷۹	۱۱۵/۶۱
۱۳	آب	۱۱۱/۴۴	۶۱/۸۶	۷۰/۹۹	۳۵/۵۰	۳۲/۳۶	۱۳۱/۲۵	۱۹/۳۴

گـراس‌هـای پـراکنده را شامل می‌باشد. حتی در قسمتی درختان تـنک و پـراکنده بـا زیـر اشکوب دیم رها شده نیز در این گروه قـرار گـرفت. ایـن اراضـی بـا علامـت اختصاری D نشان داده شـده‌انـد. در مـنطقه مـورد بررسی اراضی سنگلاخی به‌صورت اراضـی با رخنمون سنگی و اراضی با درصد سنگ‌ریزه بیشتر از ۹۰ درصـد طبقه‌بندی شده و تقریباً فاقد پوشش گیاهی یا دارای تاج پوشش بسیار ضعیف پراکنده می‌باشد. این اراضی با علامت R در ماتـریس خطـا نشـان داده شـده است. در ارتفاعات بیشتر رخـنمون‌هـای سـنگی یکپارچه می‌باشند، در حالی‌که در اراضی دشـتی، اراضـی سـنگ‌ریـزه‌دار بـه طـور پراکنده هستند. اراضی سنگ‌ریزه‌دار شامل محل‌هایی است که سنگ و سنگ‌ریزه ۵۰ تا ۹۰ درصـد بـوده و هـم‌چنـین مسیر رسوب‌گذاری با دانه بندی درشـت رودخانـه بازفـت نیـز در ایـن طبقه گروه‌بندی شد، که بازتـاب مـتفاوت از خـاک بـدون پوشـش و اراضـی سنگلاخی دارنـد. ایـن اراضـی در ماتـریس خطـا بـا علامـت S مشخص شـده‌انـد. مرتع مشجر در این تحقیق مرتعی است با کمتر از ۱۵ درصـد تـاج پوشـش درخـت کـه با زیر اشکوب مرتعی همراه می‌باشد. طبق تعریف جدید، مرتع مشجر مرتعی است که دارای درختان و درختچه های خودروی جنگلی پراکنده بوده و ارزش تولـیدات چوبـی آن در شـرایط طبیعـی کمتر از ارزش تولیدات علوفه‌ای آن است (۱). اگر چه در این منطقه آخرین شرط برای تعـریف مـرتع مشـجر حاصـل نمـی‌شود و منطقه با داشتن تاج پوشـش درختـی، زیـر اشـکوب آن تحـت چـرای مفـرط قـرار مـی‌گیـرد. بنابـراین در ایـن تحقـیق با بررسی بازتاب‌های مرتع مشـجر اراضـی بـا کمتر از ۱۵ درصد تاج پوشش درخت همراه بـا زیـر اشـکوب مـرتع گروه‌بندی شد. مرتع مشجر در ماتریس خطا با علامت اختصاری F_P مشخص شده است. در زمان شکل بـرداری از مـنطقه در مـاه می ۱۹۹۸، پوشش برفی در ارتفاعات وجـود داشـته کـه در ماتـریس خطا با علامت اختصاری Snow مشـخص گـردید. گزارشـات اقلیمـی منطقه هم این مورد را در سال‌های دیگر تأیید کرده است (۲). اراضی بدون پوشش شامل خـاک بـدون پوشش، اراضی مسکونی و جاده‌ها می‌باشد که این اراضی با علامت B مشخص شده‌اند. اراضی مسکونی به‌صورت پراکنده و سطح کوچکی از حوضه را شامل شده است.

آب بـا علامـت اختصاری W در جداول و نقشه‌ها مشخص شـده اسـت. کـلاس کاربـری جـنگل با زیر اشکوب دیم که در نمـونه‌بـرداری صـحرایی مدنظـر قـرار گرفته بود در طبقه بندی نظـارت شـده تفکـیک نشـد و حـذف گـردید. زیـرا تراکم‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

مختلف درخت در این کاربری وجود دارد و دخالت انسان باعث ناهمگونی طبیعت شده ، در نتیجه تعریفی که از کاربری جنگل با زیر اشکوب دیم شده، بازتاب مشخص ندارد. درخت در این کاربری تراکم و پوشش بسیار متفاوتی دارد و در واقع این کاربری شامل تک درختان پراکنده تا ۴۰ درصد تاج پوشش به همراه دیم‌کاری در زیر اشکوب می‌باشد، که در آنالیز رقومی در دو دسته جنگل کم تراکم و با تراکم متوسط قرار گرفت.

در منطقه، جاده‌ها خاکی و دارای عرض کم می‌باشد که همراه با توپوگرافی پیچیده منطقه، قابلیت تفکیک جاده‌ها کاهش می‌یابد. مناطق مسکونی پراکنده در بخش جنگلی منطقه می‌باشد، یعنی حالت منطقه مسکونی مجتمع را ندارند و منازل از یکدیگر فاصله‌دار بوده و درختان نیز بین آنها واقع شده، ساختمان طبیعی کاه و گل با مصالح به‌کار رفته در آنها باعث شده که بازتاب آنها به سمت خاک لخت متمایل شود.

برای جداسازی مناطق مسکونی و جاده‌ها در روستاهای کوچک و پراکنده اغلب چنین مشکلی ایجاد می‌شود. علوی‌پناه و همکاران (۱۳۷۸)، در تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه کوهستانی موک استان فارس با استفاده از داده‌های رقومی TM کلاس‌های مناطق مسکونی و رودخانه را نتوانستند تفکیک کنند (۸). نمونه‌های جنگل با زیر اشکوب دیم، مرتع مشجر، اراضی با پوشش پراکنده، اراضی سنگ‌ریزه‌دار و خاک بدون پوشش تداخل زیادی با نمونه‌های دیگر دارند. در نتیجه این نمونه‌ها حذف و ۹ کلاس از طبقه‌بندی متوازی السطوح به دست آمد که تعداد زیادی از پیکسل‌ها (حدود ۴۷/۳۴ درصد از کل مساحت) به‌صورت طبقه‌بندی نشده باقی ماندند. یکی از اشکالات این طبقه‌بندی وجود پیکسل‌های طبقه‌بندی نشده است. کلاس‌های کاربری اراضی در طبقه‌بندی مذکور مشابه شاخص‌های گیاهی همراه با پیکسل‌های طبقه‌بندی نشده است، که از اهمیت این طبقه‌بندی می‌کاهد.

بررسی صحت نقشه های تولید شده

با بررسی جداول خطا مشخص می‌شود که بیشترین شاخص کاپا متعلق به طبقه‌بندی نظارت شده با روش‌های بیشترین شباهت (۸۷ درصد) می‌باشد. بعد از آن به ترتیب طبقه‌بندی کمترین فاصله (۷۷/۲۷ درصد) و متوازی السطوح (۶۸/۰۷ درصد) قرار می‌گیرد. دقت طبقه‌بندی بیشترین شباهت در حد قابل قبول است. دقت قابل قبول طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای طبق نظریات آندرسون (سال ۱۹۷۶)، ۸۵ درصد می‌باشد (۱۵). دقت کلی ۸۹/۱۵ ، ۸۰/۶۴ و ۷۱/۹۷ درصد به ترتیب برای بیشترین شباهت، کمترین فاصله و متوازی السطوح حاصل شده است.در بسیاری از بررسی‌های انجام شده در تهیه نقشه کاربری اراضی از روش بیشترین شباهت به علت دقت مناسب استفاده نمودند.که می‌توان از این مطالعات، متقی و همکاران در منطقه جهان‌نمای گرگان(۱۰)، علوی‌پناه و همکاران در منطقه کوهستانی موک(۸)، لانگفورد و همکاران در کایوکا کلمبیا (۱۶) را نام برد. در جداول خطا، خطای کمیسیون و امیسیون نیز مورد بررسی قرار گرفت. خطای کمیسیون نشان دهنده مساحت اراضی یک کلاس است که واقعاً به آن تعلق ندارند و خطای امیسیون نشان دهنده میزان مساحت اراضی یک کلاس است که جزء کلاس‌های دیگر طبقه‌بندی شده‌اند (۱۱). در ماتریس خطای طبقه‌بندی با بیشترین شباهت (جدول ۵) جنگل با تراکم کم با جنگل با تراکم متوسط، مرتع و مرتع مشجر تداخل داشته‌است و علت آن اندازه درختان و فیتوماس سر پاست که در جنگل با تراکم بالا ولی جوان که فیتوماس کم دارد، همانند جنگل با تراکم کم و درختان نسبتاً مسن، بازتاب مشابه دارد و جنگل‌های مخروبه بازتاب مشابه مراتع و مراتع مشجر را تولید می‌کنند. اراضی زراعی با جنگل پر تراکم، بیشترین تداخل را داشته است که علت آن بازتاب نزدیک پوشش پرتراکم اراضی زراعی و جنگل با تراکم بالا می‌باشد.

اراضی سنگ‌ریزه‌دار با اراضی سنگلاخی بیشترین تداخل را داشته و علت آن وجود سنگ و سنگ‌ریزه در اراضی سنگ‌ریزه‌دارست گرچه مقدار آن به فراوانی اراضی سنگلاخی نمی‌رسد ولی به هر حال روی بازتاب تأثیر زیادی گذارده است. چنین تداخلاتی باعث کاهش دقت طبقه‌بندی بیشترین شباهت شده است. به‌طورکلی دلایل کاهش دقت طبقه‌بندی‌های مذکور را به‌صورت زیر می توان بررسی نمود:

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۵. ماتریس خطای نتایج طبقه بندی کاربری اراضی به روش طبقه‌بندی نظارت شده بیشترین شباهت

کلاس‌های طبقه‌بندی شده / کاربری اراضی	علامت اختصاری کلاس‌های مرجع												جمع	خطای کمیسیون
	W	Snow	F_1	F_2	F_3	P	D	Shadow	R	C	S	F_P	B		
آب W	۲۴۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۹	۰/۰۰۴
برف Snow	۰	۱۶۲۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۲۱	۰/۰۰۰
جنگل با تراکم کم F_1	۰	۰	۶۲	۱۳	۰	۲۱	۰	۰	۰	۰	۰	۸	۰	۱۰۴	۰/۴۰۳۸
جنگل باتراکم متوسط F_2	۰	۰	۴۱	۳۲۳	۱۰	۵	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۳۸۰	۰/۱۵
جنگل با تراکم زیاد F_3	۰	۰	۰	۱	۵۷۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۷۴	۰/۰۰۱۷
مرتع P	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۵	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۱۱۹	۰/۰۳۳۶
پوشش گیاهی پراکنده D	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۵	۲	۱۲	۰	۰	۰	۲	۲۶۲	۰/۰۶۴۹
سایه Shadow	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲۴	۰/۰۰۸۹
اراضی سنگلاخی R	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۳۹	۰	۵	۰	۹	۱۶۵۳	۰/۰۰۸۵
اراضی زراعی C	۲۵	۰	۰	۰	۳۹	۰	۰	۱۵	۰	۲۷۹	۰	۰	۰	۳۵۸	۰/۲۲۰۷
اراضی سنگریزه‌دار S	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۳	۰	۱۴۵	۰	۱	۲۳۹	۰/۳۹۳۳
مرتع مشجر F_P	۰	۰	۱۷	۹	۰	۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۷۶	۲	۱۱۹	۰/۳۶۱۳
اراضی بدون پوشش B	۳	۰	۸	۰	۰	۶	۷	۰	۳۵۹	۱	۲	۰	۵۰۱	۸۸۷	۰/۴۳۵۲
جمع	۲۷۹	۱۶۲۱	۱۲۸	۳۴۶	۶۲۲	۱۶۲	۲۵۴	۲۴۰	۲۱۰۳	۲۸۱	۱۵۲	۸۴	۵۱۷		
خطای امیسیون	۰/۱	۰/۰۰	۰/۵۱۶	۰/۰۶۶	۰/۰۷۸۸	۰/۷۵۸	۰/۰۳	۰/۰۷۵	۰/۲۲	۰/۰۰۷	۰/۰۴۶	۰/۰۹	۰/۰۳		

جمع پیکسل‌ها = ۶۷۸۹

دقت کلی = ٪۸۹/۱۵

کاپای کلی = ٪۸۷

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

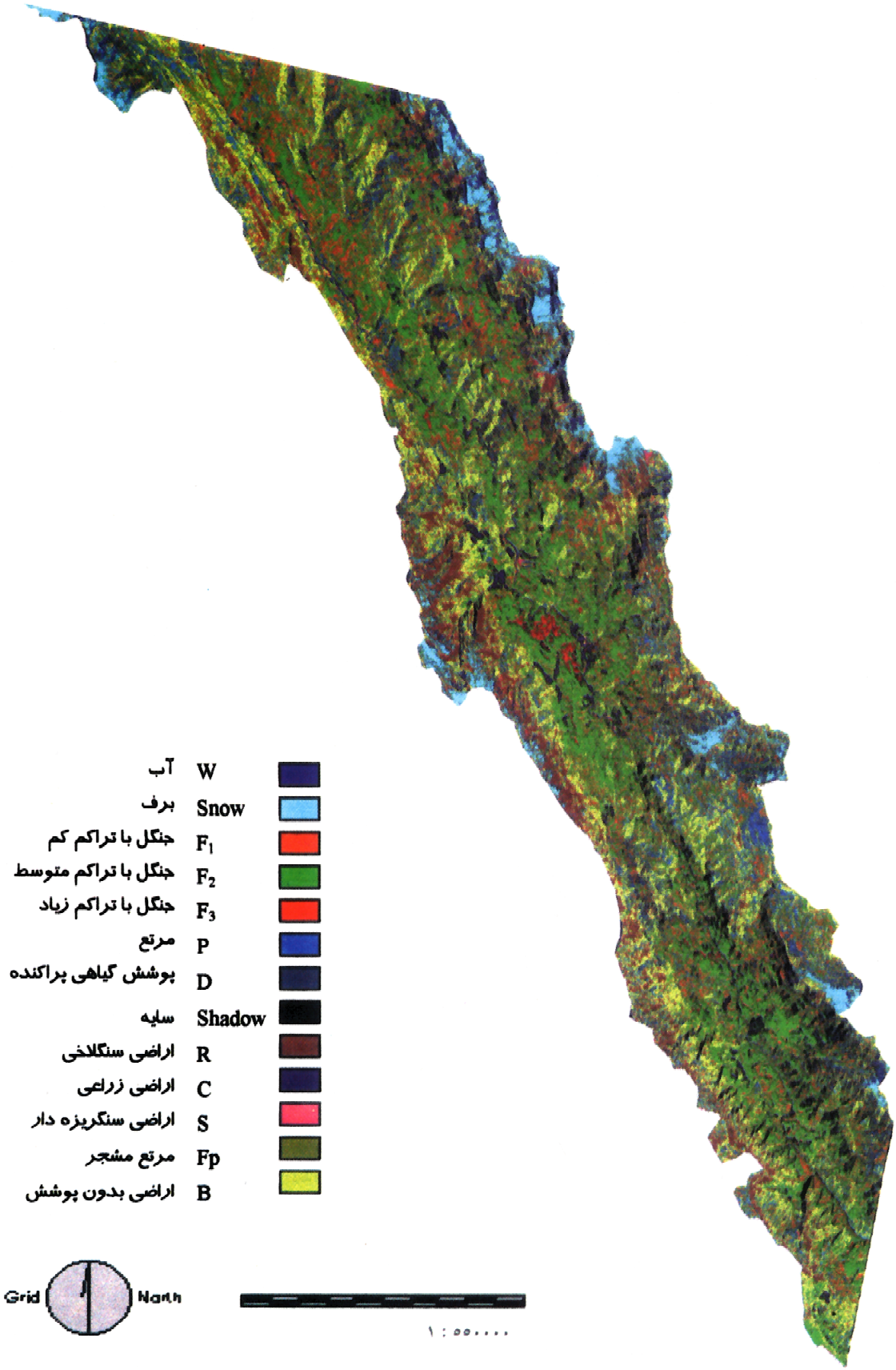
جدول ۶. ماتریس خطای نتایج طبقه بندی کاربری اراضی به روش هیبرید

کلاس‌های طبقه‌بندی شده / کاربری اراضی	علامت اختصاری کلاس‌های مرجع												جمع	خطای کمیسیون
	W	Snow	F_1	F_2	F_3	P	D	Shadow	R	C	S	F_P	B		
آب W	۲۷۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷۴	۰/۰۰۴
برف Snow	۰	۱۶۲۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۲۱	۰/۰۰۰
جنگل با تراکم کم F_1	۰	۰	۸۰	۱۸	۰		۰	۰	۰	۰	۰	۸	۰	۹۸	۰/۱۸
جنگل باتراکم متوسط F_2	۰	۰	۲۳	۳۱۸	۶	۰	۰	۰	۰	۳	۰	۰	۰	۳۵۰	۰/۰۹
جنگل با تراکم زیاد F_3	۰	۰	۰	۱	۶۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۱۷	۰/۰۰۱۶
مرتع P	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۱	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۱۴۵	۰/۰۷۸
پوشش گیاهی پراکنده D	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۵	۲	۱۲	۰	۰	۰	۲	۲۶۲	۰/۰۶۴۹
سایه Shadow	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۳۷	۰	۰	۰	۰	۰	۲۳۹	۰/۰۰۸
اراضی سنگلاخی R	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۳۹	۰	۵	۰	۹	۱۶۵۳	۰/۰۰۸۵
اراضی زراعی C	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷۷	۰	۰	۰	۲۷۷	۰/۰۰۰
اراضی سنگریزه‌دار S	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۳	۰	۱۴۵	۰	۱	۲۳۹	۰/۳۹۳۳
مرتع مشجر F_P	۰	۰	۱۷	۹	۰	۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۷۶	۲	۱۱۹	۰/۳۶۱۳
اراضی بدون پوشش B	۳	۰	۸	۰	۰	۶	۷	۰	۳۵۹	۱	۲	۰	۵۰۱	۸۸۷	۰/۴۳۵۲
جمع	۲۷۹	۱۶۲۱	۱۲۸	۳۴۶	۶۲۲	۱۶۲	۲۵۴	۲۴۰	۲۱۰۳	۲۸۱	۱۵۲	۸۴	۵۱۷		
خطای امیسیون	۰/۰۲	۰/۰۰۰	۰/۳۷۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۰۳	۰/۰۱۳	۰/۲۲	۰/۰۱۴	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۳		

جمع پیکسل‌ها = ۶۷۸۹

دقت کلی = ٪۹۰/۸۷

کاپای کلی = ٪۸۸/۷۲



شکل۱. نقشه کاربری اراضی حاصل روش هیبرید

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

جدول ۷. مساحت کاربری‌های اراضی در طبقه بندی هیبرید

کاربری اراضی	مساحت (هکتار)	درصد
آب	۱۹۳۳/۱۲	۱/۲
برف	۷۲۴۳/۴۳	۴/۳
جنگل با تراکم کم	۲۱۱۲۰/۳۷	۱۲/۷
جنگل با تراکم متوسط	۲۵۹۳۷/۶۸	۱۵/۵
جنگل با تراکم زیاد	۱۴۷۹/۸۱	۰/۹
مرتع	۱۳۹۶۸/۸	۸/۳
اراضی با پوشش پراکنده	۱۱۴۵۴/۰۰	۶/۸
سایه	۱۳۴۷/۲۵	۰/۸
اراضی سنگلاخی	۱۳۵۸۵/۵۶	۸/۱
اراضی زراعی	۷۵۹۸/۰۶	۴/۵
اراضی سنگ‌ریزه‌دار	۹۱۵/۹۳	۰/۶
مرتع مشجر	۲۱۹۱۶/۹۳	۱۳/۱
اراضی بدون پوشش	۳۸۸۹/۸۷	۲۳/۲

۱. تأثیر انسان و دام که باعث برهم خوردن همگنی‌ها و شکل اولیه محیط طبیعی شده و در نتیجه در فواصل بسیار کوتاه چندین نوع کاربری اراضی وجود دارد، و این پوشش‌های متفاوت در کنار هم روی بازتاب‌های یکدیگر تأثیر بسزایی می‌گذارد.در مناطق کم شیب عبور انسان و دام سهل‌تر بوده بنابراین تبدیل به جنگل با زیر اشکوب دیم شده و یا این‌که برای چرای دام درختان را قطع کرده و جنگل پر تراکم به جنگل کم تراکم تبدیل شده‌اند که این قبیل تبدیل‌ها یا تخریب‌ها در فاصلهٔ کم از هم صورت گرفته است به‌طوری‌که همان جنگل پرتراکم در دامنه‌های پرشیب که، دام و انسان دسترسی کمتری به آنها داشته و خیلی کم تغییر یافته است.

۲. شیب‌های تند و توپوگرافی پیچیده منطقه، روی عوراض و پدیده‌ها سایه ایجاد کرده و در هنگام جمع‌آوری داده‌های رقومی توسط سنجنده، پدیده‌های یکسان در شیب‌های مختلف، بازتاب متفاوت تولید کرده‌اند. افتادن سایه روی پدیده‌ها از بازتاب پدیده‌ها می‌کاهد. البته در شاخص‌های گیاهی مثل NDVI، RVI، DVI و ... این مشکل مقداری برطرف می‌شود ولی کاملاً از بین نمی‌رود.

۳. در بررسی بازتاب‌ها، پدیده‌های مختلف، در شرایطی بازتاب یکسان از خود نشان می‌دهند. مثلاً درصدهای بالای سنگ‌ریزه و اراضی سنگلاخی بازتاب بسیار نزدیک به هم دارند. البته مشکلات استفاده از داده‌ها در مقابل عیوب استفاده از عکس‌های هوایی و روش‌های سنتی تهیه نقشه کاربری اراضی نسبتاً ناچیز به حساب می‌آیند.

طبقه‌بندی نهایی

برای تهیه نقشه کاربری به روش طبقه‌بندی هیبرید (۱۱)، که در این روش برای تهیه نقشه نهایی با بالاترین دقت از حوضه آبخیز از تعدادی کلاس‌های کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی نظارت شده و قسمتی از طبقه‌بندی نظارت نشده که بالاترین دقت را داشته‌اند، استفاده شد. به‌دلیل استفاده توأم طبقه‌بندی نظارت شده و نشده برای تهیه یک نقشه کاربری اراضی، به این روش هیبرید گفته می‌شود. اراضی زراعی را از طبقه‌بندی کمترین فاصله (با شاخص کاپای ۱۰۰ درصد)، جنگل با تراکم کم را شاخص گیاهی SAVI (با شاخص کاپای ۹۱/۲۶ درصد) و جنگل با تراکم متوسط را از شاخص گیاهی $MSAVI_2$ (با شاخص کاپای ۹۱ درصد)، جدا کرده و با کلاس‌های آب، برف، جنگل با تراکم زیاد، مرتع، پوشش گیاهی پراکنده، سایه، اراضی سنگلاخی، اراضی زراعی، اراضی سنگ‌ریزه‌دار، مرتع مشجر و اراضی بدون پوشش در طبقه‌بندی بیشترین شباهت تلفیق شدند زیرا در کلاس‌های کاربری اراضی مذکور طبقه‌بندی بیشترین شباهت بالاترین دقت را داشته است و در نهایت نقشه کاربری اراضی با روش طبقه‌بندی هیبرید، با دقت کلی ۹۰/۸۷ درصد به‌دست آمد(جدول۶ و شکل ۱).

جدول ۷، مساحت و درصدهای کاربری اراضی در طبقه‌بندی هیبرید را نشان می‌دهد. آنچه در مساحت کاربری‌های اراضی ۱۳۷۷ دیده می‌شود، سطح کم جنگل با تراکم زیاد حدود ۱۴۸۰ هکتار یا ۰/۹ درصد می‌باشد، که نشانه از بین رفتن جنگل‌های اولیه و تخریب آنهاست. اراضی بدون پوشش، اراضی سنگلاخی و اراضی با پوشش پراکنده و غیر دائمی، مساحت زیادی از منطقه را دربرگرفته که به ۳۸/۱ درصد از کل مساحت منطقه بالغ می‌گردد. این سطح وسیع، بدون دخالت تخریب‌های انسان می‌باشد که تخریب‌های اخیر شامل: دیم‌زارهای رها شده، مرتع و مرتع مشجر و جنگل تخریب شده است.

عدم رعایت اصول حفاظت خاک در عرصه مرتع و جنگل، عدم رعایت اصول مدیریت زراعی (شخم و شیار اراضی شیبدار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]

در جهت شیب‌ها)، چرای مفرط دام،وجود دام مازاد بر ظرفیت مرتع و قطع درختان از جمله مواردی است که حوضه آبخیز بازفت را تهدید می‌کند. این تهدید توسط اهالی منطقه اعمال و با فعالیت عشایر منطقه تشدید می‌شود که پوشش گیاهی تا حد زیادی از بین رفته و سطح جنگل‌های منطقه کاهش یافته است.

سپاسگزاری

هزینه‌های این پژوهش از محل اعتبار طرح ملی "بررسی استفاده غلط از اراضی (سال‌های ۱۳۳۳ تا ۱۳۷۵) بر تولید فرسایش و رسوب"، تحت کد M59 و با حمایت شورای پژوهش‌های علمی کشور پرداخت شده که بدین وسیله قدردانی و تشکر می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. بذر، ر. ۱۳۷۹. استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در تعیین جهت گسترش فیزیکی شهر نمونه موردی: شهر رضی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۲. بوجاریان، ا. ۱۳۷۵. مطالعات شناسایی و توجیهی طرح آبخیزداری حوزه بازفت، هواشناسی و اقلیم. شرکت خدمات مهندسی جهاد و مهندس مشاور پارساب، تهران.

۳. دادرس، ب. ۱۳۷۵. مطالعات شناسایی، توجیهی طرح آبخیزداری حوزه بازفت. شرکت خدمات مهندسی جهاد و مهندسین مشاور پارساب، تهران.

٤. دماوندی ، ع. ۱۳۷۸. بررسی امکان کاربرد داده‌های ماهواره‌ای در شناسایی و طبقه‌بندی اراضی شور به روش رقومی. ششمین دوره همایش نقشه‌برداری، صفحه ۲۳۸ تا ۲۵۴، تهران.

۵. حیدرپور، غ. ۱۳۷۵. مطالعات شناسایی، توجیهی طرح آبخیزداری حوزه بازفت: فیزیوگرافی و توپوگرافی. شرکت خدمات مهندسی جهاد و مهندسین مشاور پارساب، تهران.

٦. خواجه الدین، س، ج. ۱۳۷۵. روش جمع‌آوری داده‌های صحرایی برای تفسیر داده‌های ماهواره‌ای. سمینار بیابان‌زدایی، کرمان.

۷. صادق ناد، ع. ۱۳۷۸. *مبانی سنجش از دور*. پژوهشکده علوم دفاعی، دانشگاه امام حسین.

۸. علوی پناه، س. ک. و م. مسعودی. ۱۳۷۵. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست TM و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مطالعه موردی منطقه موک استان فارس. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۷ (۱): ٦۵ تا ۷٦.

۹. غیاثوند، غ.۱۳۷۷. تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه (مطالعه موردی جنوب تهران). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۱۰.متقی، م. ۱۳۷۹. کاربرد تصاویر رقومی سنجنده تی. ام. در مطالعه پوشش گیاهی مرتعی در جهان‌نما. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۱۱. نصیری،ع. و. ۱۳۷۷، روش‌های طبقه بندی طیفی و فضایی در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی. وزارت کشاورزی معاونت برنامه ریزی و بودجه اداره کل آمار و اطلاعات، شماره۷۷/۲۶، تهران.

12. Apan, A. A. 1997. Land cover mapping for tropical forest rehabilitation planning using remotely sensed data. Int. J. R. S. 18(5):1029-1049.
13. Alexander, R. and A. C. Millington. 2000. Vegetation Mapping. John Wiley and Sons, Inc. New York.
14. Gibson, P. J. 2000. Introductory Remote Sensing: Digital Image Processing and Applications. Routledge, New York.
15. Howard, J. A. 1997 .Remote Sensing of Forest Resources: Theory and Application. Chapman and Hall. London.
16. Langford, M. 1997. Landcover mapping in a tropical hillsides in environment a case study in the Caucau region of Colombia. Int. J. R. S. 18(6): 1307-1319.
17. Mulders, M., A. S. D. Brains and B. P.Schuiling. 1992. Structured approach to landcover mapping of the Atlantic zone of Costarica using single date T M data. Int. J. R. S. 13(16):3017-3033.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.8.6]