دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره هفتم، شماره چهاردهم
http://pec.gonbad.ac.ir

آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های چندزمانه ماهواره‌ای سه دهه اخیر، به روش هوش مصنوعی (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده باشگل)

افسون رحیمی [۱]، بهزاد رایگانی [۲]، حمید گشتاسب میگونی [۳*]، حسن خسروی [۴]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، گروه محیط‌زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده‌ی محیط‌زیست، سازمان حفاظت محیط‌زیست، کرج
[۲] استادیار گروه محیط‌زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط‌زیست، سازمان حفاظت محیط‌زیست، کرج
[۳*] دانشیار گروه محیط‌زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط‌زیست، سازمان حفاظت محیط‌زیست، کرج
[۴] دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۲

چکیده

اطلاعات کمی و کیفی پوشش گیاهی و همچنین تغییرات آن در طول زمان به‌عنوان پایه‌ای برای تعیین کیفیت زیستگاه و اولویت مناطق به‌منظور حفاظت و همچنین تعیین ارزش خدمات زیست‌بوم‌ها، مسئله فنی مدیریتی بسیار مهمی در مدیریت بهینه منابع طبیعی و توسعه پایدار، به شمار می‌آید. از سوی دیگر سنجش از دور به‌عنوان ابزاری کارآمد برای دستیابی به اطلاعات درست و به‌روز پوشش زمین و منابع طبیعی با سرعت و دقت بالا، موردتوجه محققان است. از میان برنامه‌های سنجش از دوری، آشکارسازی تغییرات نقش تعیین‌کننده‌ای در بررسی تغییرات پوشش زمین و ازجمله پوشش گیاهی دارد. در این مطالعه از میان روش‌های مختلف آشکارسازی تغییرات، از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی به دلیل امکان دستیابی به‌دقت بهینه با اعمال یک روش طبقه‌بندی کارآمد و دقیق، استفاده‌شده است. به‌منظور تعیین طبقات پوشش گیاهی، با استفاده از داده‌های مایحصل از نمونه‌برداری میدانی، تصاویر ماهواره‌ای مربوط به منطقه حفاظت‌شده باشگل در زمان‌های مختلف و انواع شاخص‌های طیفی پوشش گیاهی منتج از آن‌ها، اقدام به مدل‌سازی پوشش گیاهی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی شد. مدل طبقه‌بندی درصد سطح تاج‌پوشش (با دقت کلی ۹۴/۳٪ و میانگین مربعات خطا ۵/۷٪ برای داده‌های آزمایشی) و مدل طبقه‌بندی وزن خشک زی‌توده زنده سرپا (با دقت کلی ۸۶/۶٪ و میانگین مربعات

*نویسنده مسئول: Meigooni1959@gmail.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

خطا ۱۱/۴٪ برای داده‌های آزمایشی)، ساخته شد. سپس نقشه‌های پوشش گیاهی بر اساس این مدل‌های با دقت عالی، تهیه گردید. نتایج این پژوهش توانمندی بسیار زیاد روش هوش مصنوعی در طبقه‌بندی دقیق پوشش گیاهی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با تنوع زمانی را نشان می‌دهد. با استفاده از نقشه‌های طبقه‌بندی پوشش گیاهی حاصل، نقشه‌های آشکارسازی تغییرات، با روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، تهیه گردید. این نقشه‌ها مبین تغییر پوشش گیاهی از یک طبقه به طبقه دیگر (از طبقه ... به طبقه...)، در سه دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۱۹۸۶ و ۲۰۱۵-۱۹۸۶ است. نتایج پژوهش، بهبود کیفی بخش وسیعی از مراتع منطقه حفاظت‌شده باشگل را بعد از حفاظت نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: **تصاویر چندزمانه، مقایسه پس از طبقه‌بندی، شبکه عصبی مصنوعی، داده‌های ماهواره لندست**

مقدمه

منابع کره زمین محدودند و همچنانکه جمعیت جهان افزایش می‌یابد، کمیاب‌تر شده و ارزش بیشتری پیدا می‌کنند. بدین ترتیب نیاز به اطلاعات به‌روز و دقیق درباره نوع، کمیت و وسعت منابع بیشتر می‌شود. مدیریت این منابع نیازمند دانش دقیقی از پراکندگی مکانی آن‌ها در طول زمان است زیرا هر تصمیمی، بر وضعیت و موقعیت منابع و دارایی‌های مرتبط افراد و سازمان‌هایی که از خدمات منابع استفاده می‌کنند، اثر می‌گذارد و برای مدیریت مؤثر آن‌ها دانستن وسعت و موقعیت منابع و اینکه در طول زمان چگونه تغییر کرده‌اند، ضروری است، چیزی که سنجش از دور آن را با دقت و سرعت فراهم می‌کند (Congalton and Green, 2009; Kerr and Ostrovsky, 2003). سنجش از دور عبارت است از اندازه‌گیری خصوصیات پدیده‌های سطح زمین مثل؛ موضوع و مساحت است، از خلال پردازش‌هایی که روی‌داده‌هایی که از راه دور توسط هواپیما و یا ماهواره کسب می‌شوند (ابولفتحی، علی‌خواه اصل و رضوانی. ۱۳۹۳، Ibharim et al. 2015).

در میان برنامه‌های سنجش از دوری، آشکارسازی تغییرات، نقش تعیین‌کننده‌ای در بررسی خصوصیات پدیده‌های زمین در طول زمان دارد. آشکارسازی تغییرات، فرایند استخراج، تحلیل و تعریف اطلاعات تغییر، از تصاویر ماهواره‌ای است (Xiaolu and Bo, 2011). به‌عبارت‌دیگر آشکارسازی تغییرات، فرایند تعیین تغییر به وجود آمده، در مورد یک موضوع خاص در یک مکان مشخص جغرافیایی در زمان‌های مختلف است که با تحلیل یک جفت تصویر در زمان‌های مختلف امکان‌پذیر می‌گردد (Kerr and Ostrovsky, 2003; Zhu, 2017). تغییراتی که مدیران منابع طبیعی علاقه‌مند به پایش آن هستند شامل: تغییرات ناگهانی، تغییرات فصلی، تغییرات کوتاه‌مدت و تغییرات تدریجی است (Vogelman et al., 2016). تابه‌حال نیاز به آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات در محیط‌زیست طبیعی به دلیل از دست رفتن منابع طبیعی، ناپدید و تکه‌تکه شدن اکوسیستم‌ها و بروز پدیده‌هایی مثل سیل، جنگل‌زدایی و بیابان‌زایی و انواع آلودگی تا این حد جدی نبوده است. اطلاعات درست درباره

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

وسعت و طبیعت تغییرات پوشش زمین ضروری بوده و پایه‌ای را برای فهم بهتر ارتباط‌ها و کنش و واکنش انسان و پدیده‌های طبیعی و مدیریت منابع طبیعی فراهم می‌کند (علوی‌پناه، ۱۳۸۹؛ صادقی، ۱۳۹۲؛ Afifi, 2011; Kerr and Ostrovsky, 2003; Sarp, 2012).

در این میان بررسی تغییرات پوشش گیاهی، موضوعات مهمی مربوط به تحقیقات اقلیم و بوم‌شناسی مثل؛ مدل‌سازی منطقه‌ای و جهانی کربن، ارزیابی بوم‌شناختی و پایش کشاورزی را روشن می‌سازد (Afifi, 2011). نقشه‌سازی پوشش گیاهی اطلاعات باارزشی را برای فهم وضعیت طبیعت و محیط‌زیست انسان ساخت با استفاده از بیان کمی پوشش گیاهی در مقیاس‌های محلی تا جهانی در یک دوره زمانی مشخص و یا در طول دوره زمانی پیوسته ارائه می‌دهد (صادقی، ۱۳۹۲؛ عادلی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Bandari et al., 2012; Fatiha et al., 2013). همچنین آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی، شاخصی برای تعیین ناهمگونی سیمای سرزمین و تنوع زیستی و درنهایت، تعیین نواحی در اولویت برای حفاظت می‌باشد (Kerr and Ostrovsky, 2003). آلاتور و همکاران (Alatorre et al., 2016)، با استفاده ازاین‌روش در ارزشیابی فعالیت جنگل‌های حرا در ساحل خلیج کالیفرنیا، به ارتباط مکانی بین نواحی ناپدید شدن جنگل‌های حرا و مزارع میگو پی بردند. همچنین سارپ (Sarp, 2012)، تغییرات پوشش گیاهی را در حوزه آفسین البتیان لیگنیت ترکیه با استفاده از داده‌های لندست در یک دوره زمانی ۱۰ ساله بررسی کرد. نتایج تحقیق او یک تغییر از زمین‌های بایر به یک پوشش گیاهی پرتراکم‌تر، در اطراف مناطق کشاورزی در ناحیه به‌سازی معدن‌کاوی را نشان می‌داد. عفیفی (Afifi, 2011)، نیز به ارزیابی و پایش طبیعت و وسعت پوشش زمین در شهر برج العرب جدید مصر در یک دوره زمانی ده‌ساله، با استفاده از انواع روش‌های آشکارسازی تغییرات پرداخت. نتایج تحقیق او نشان دادند که روش پس از طبقه‌بندی بالاترین دقت را در میان دیگر روش-های آشکارسازی مورداستفاده در این تحقیق دارد و همچنین نواحی خاک کاهش و نواحی شهری و پوشش گیاهی افزایش پیداکرده‌اند. همچنین زو و وگلمن و همکاران (Zhu, 2017 and Vogelman et al., 2011) راهبرد سری‌های زمانی را که درک قابل توصیف‌تری از پویایی ترکیب زمین فراهم می-کند، مفیدتر از راهبرد مقایسه دو تصویر مربوط به دو زمان مختلف می‌دانند. لری و همکاران (Lary et al., 2016) نیز روش‌های بر پایه ML[۲] را که زیرمجموعه هوش مصنوعی است، روش‌هایی با ظرفیت

[2]Machin Learning

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

معنی‌دار و یک راهبرد بسیار کارآمد در تفسیر داده‌های با حجم بزرگ در سنجش از دور و علوم زمین معرفی می‌کنند.

منطقه حفاظت‌شده باشگل واقع در استان قزوین در سال ۱۳۶۸ به‌عنوان منطقه شکارممنوع معرفی شد و در سال ۱۳۷۶ به منطقه حفاظت‌شده ارتقا یافت (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۲). این پژوهش در پی تهیه نقشه پوشش گیاهی و آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی در این منطقه در سه دهه گذشته است. همچنین تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی در این سه دهه موردبررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

منطقه حفاظت‌شده باشگل ازنظر تقسیمات کشوری در محدوده دهستان دودانگه علیا از بخش ضیاءآباد و دهستان قاقازان شرقی از بخش مرکزی تاکستان، در استان قزوین قرار دارد. این منطقه در محدوده جغرافیایی بین ″۵۴ ′۲۸ °۴۹ تا ″۵ ′۴۱ °۴۹ طول شرقی و ″۱۷ ′۳ °۳۶ تا ″۱۷ ′۱۴ °۳۶ عرض شمالی، در غرب استان قزوین و سه کیلومتری شمال غرب شهر تاکستان و در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه‌های البرز مرکزی واقع‌شده است (گشتاسب میگونی، ۱۳۹۲). شکل (۱)، محدوده جغرافیایی منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد. منطقه حفاظت‌شده باشگل در اقلیم نیمه‌خشک سرد واقع است و به لحاظ تقسیمات جغرافیایی و اقلیمی در منطقه ایران-تورانی واقع گردیده و گیاهان این منطقه بسیار متنوع و ازنقطه‌نظر دارویی، علوفه‌ای و ژنتیکی بسیار حائز اهمیت می‌باشند. بر اساس مطالعات صورت گرفته چهار تیپ گیاهی متمایز از یکدیگر در منطقه به شرح زیر وجود دارد (گشتاسب میگونی، ۱۳۹۲):

۱)تیپ گیاهی *Hulthemia persica-Bromus tomentellus*

۲)تیپ گیاهی *Astragalus microcephalus-Poa bulbosa*

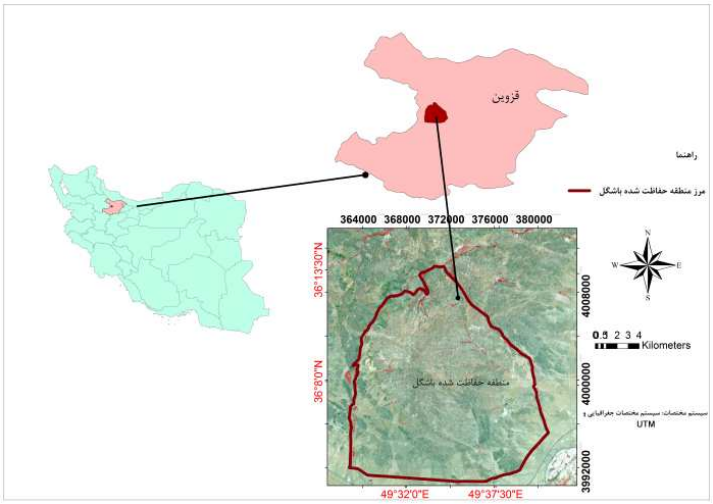
۳)تیپ گیاهی *Agropyron libanoticum-Astragalus microcephalus-Stipa barbata*

۴)تیپ گیاهی منفرد بنه (پسته وحشی) *Pistacia mutica*

منطقه باشگل از دیرباز یکی از بارزترین زیستگاه‌های بینابینی برای حضور قوچ و میش ارمنی و البرز مرکزی در منتهی الیه بخش جنوبی زیستگاه‌های اصلی گونه‌های مذکور بوده که در وضعیت فعلی هم این موقعیت را همچنان حفظ نموده است. این بدان معناست که زیستگاه‌های منطقه علیرغم تنگناهای حاصل از تخریب و تهدید انسانی ناشی از توسعه سکونت‌گاه‌ها و صنایع، توسعه خطوط ریلی،

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

آزادراه‌ها و جاده‌های روستایی، گسترش دیم‌زارها، حضور دام مازاد و چرای مفرط، معدن‌کاوی و خشک‌سالی‌های پی‌درپی، هنوز هم‌ظرفیت خود را برای پشتیبانی از قوچ و میش، آهو و گوشت‌خواران وابسته تا حدودی حفظ نموده است. از سوی دیگر در برخی از اوقات سال، آتش‌سوزی موردی توسط زارعین یا طبیعت‌گردان در منطقه می‌تواند تبدیل به یک حریق غیرقابل‌مهار شود. وضع تندبادها در اغلب اوقات سال به‌ویژه در فصل بهار نیز سبب گسترش حریق نقطه‌ای به سطوح گسترده می‌شود (گشتاسب میگونی، ۱۳۹۲).



شکل ۱- محدوده جغرافیایی منطقه حفاظت‌شده باشگل

داده‌های مورداستفاده و نمونه‌برداری

سری‌های زمانی قادر به مدل‌سازی و برآورد انواع ساختارهای اکوسیستم هستند و برای برآورد وزن زی‌توده روی زمین، تخلیه کربن جنگل، تکه‌تکه شدن و آشفتگی جنگل استفاده‌شده‌اند (Gomaz et al., 2016) در این پژوهش داده‌های چهار مقطع زمانی مورداستفاده قرار گرفت (USGS, 2015). ۱۰ تصویر ماه‌های مختلف سال ۲۰۱۴ به‌منظور طراحی برنامه نمونه‌برداری و سه تصویر مربوط به سه ماه متفاوت (اردیبهشت، خرداد، شهریور) سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۰۰ و ۱۹۸۶ ماهواره لندست ۸ و لندست ۴ و

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

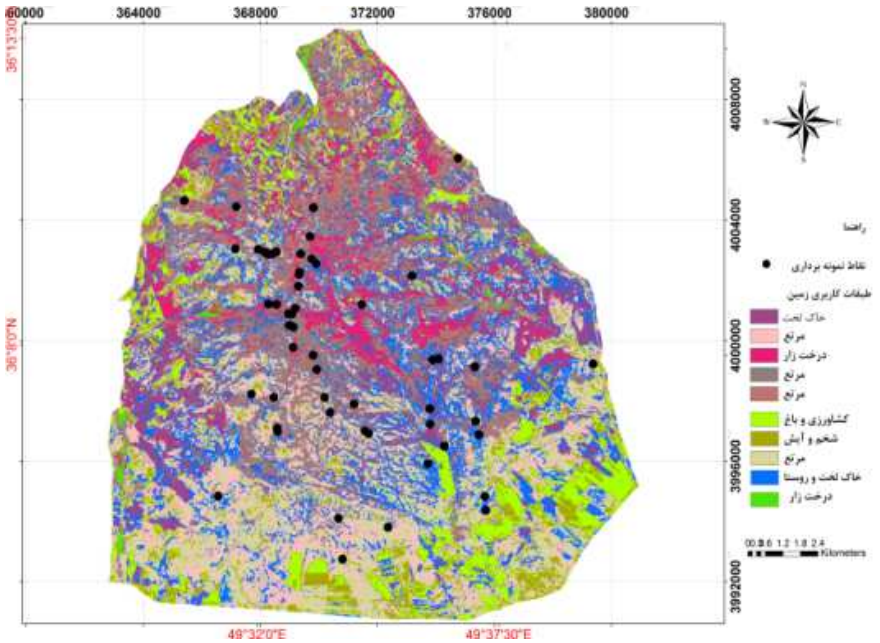
۵ به‌منظور تهیه نقشه‌های کاربری، پوشش گیاهی و آشکارسازی تغییرات مورداستفاده قرار گرفت (جدول (۱)). تفاوت‌های فصلی به علت تفاوت زاویه تابش خورشید و همچنین تغییر فنولوژیکی گیاهان، معمولاً به‌عنوان دو نویز اصلی دیده می‌شوند به همین دلیل در هر سه مقطع زمانی از تصاویر ماه‌های مشابه استفاده شد (Zhu, 2017). به‌منظور طراحی برنامه نمونه‌برداری، با استفاده از تصاویر لندست ۸ سال ۲۰۱۴، پس از اطمینان از زمین مرجع بودن این تصاویر، شاخص پوشش گیاهی NDVI از هر یک آن‌ها تهیه، سپس لایه‌های شاخص‌های پوشش گیاهی، به هم متصل شده و با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و همچنین طبقه‌بندی نظارت‌نشده، پوشش زمین در ۱۰ طبقه (شامل ۴ طبقه مرتع، ۲ طبقه درختزار، خاک لخت، کشاورزی و باغ، شخم و آیش، خاک لخت و مناطق انسان‌ساخت) طبقه‌بندی شد. این طبقه‌بندی اولیه به‌منظور جداکردن سریع و کلی کاربری مرتع از سایر کاربری‌ها، به‌منظور انتشار نقاط نمونه‌برداری تنها در طبقه مرتع صورت گرفت. از این نقاط تنها به‌عنوان راهنمایی برای رفتن به محدوده نمونه‌برداری در عرصه موردمطالعه، استفاده شد. در خلال نمونه‌برداری میدانی، با توجه به مشخصه‌هایی از سیمای سرزمین مثل؛ تراکم و تیپ غالب پوشش گیاهی، ۱۱ پهنه همگن قابل تمیز و تشخیص گردید. این کار با استفاده از برآورد چشمی و تجربه شخصی، عکس‌برداری با دوربین عکاسی و سپس استفاده از این عکس‌ها برای مشاوره و بهره-گیری ازنظر متخصصان امر در تشخیص تیپ غالب پوشش گیاهی، انجام شد. نمونه‌برداری در پهنه‌های همگن، بسته به وسعت و تکرارشوندگی این پهنه‌ها، صورت گرفت و تعداد مناسبی پلات در هر پهنه، نمونه‌برداری شد. قابل‌ذکر است با توجه به تصاویر ماهواره‌ای مورداستفاده در تحقیق که دارای مقیاس متوسطی (۳۰×۳۰ متر) هستند، از پهنه‌های همگن، محدوده‌های ۶۰×۶۰ متری، به‌طور تصادفی انتخاب و در مرکز محدوده، یک پلات راه‌اندازی و نمونه‌برداری انجام شد. اندازه پلات‌ها با توجه به نوع پوشش گیاهی مرتعی که عموماً علفی و بوته‌ای می‌باشد ۲×۲ متر در نظر گرفته شد. درنهایت از ۵۴ پلات در اواخر بهار سال ۲۰۱۵، از درصد سطح تاج‌پوشش و وزن‌تر زی‌توده زنده سرپا، به‌صورت تخمین نظری (جوری، ۱۳۸۵؛ مقدم، ۱۳۷۹)، نمونه‌برداری شد. لازم به ذکر است که به‌منظور برداشت اطلاعات پلات‌ها در مورد وزن خشک زی‌توده زنده سرپا، قطع و توزین در یک‌سوم پلات‌های نمونه‌برداری صورت گرفته و پس از خشک‌کردن گیاهان و محاسبه وزن خشک زی‌توده زنده سرپا، مبنای تخمین نظری وزن خشک زی‌توده زنده سرپا سایر پلات‌های نمونه‌برداری قرار گرفت. شکل (۲) موقعیت پلات-های نمونه‌برداری را در محدوده موردمطالعه در طبقه مرتع نشان می‌دهد. همچنین شکل (۳) نمونه‌ای از پلات‌های نمونه‌برداری و انواع متنوع پوشش گیاهی را در عرصه موردمطالعه نشان می‌دهد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

جدول ۱- تصاویر ماهواره‌ای مورداستفاده در پژوهش حاضر

ماهواره	سنجنده	ردیف	گذر	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۶	۲۰۱۵/۴/۲۹	۱۳۹۴/۱/۱۵
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۶	۲۰۱۵/۶/۱۶	۱۳۹۴/۳/۱۶
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۶	۲۰۱۵/۹/۲۰	۱۳۹۴/۶/۲۹
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۵	۲۰۱۴/۱/۱۳	۱۳۹۲/۱۰/۲۳
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۵	۲۰۱۴/۲/۱۴	۱۳۹۲/۱۱/۲۵
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۵	۲۰۱۴/۳/۲	۱۳۹۲/۱۲/۱۱
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۵	۲۰۱۴/۵/۵	۱۳۹۳/۲/۱۵
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۵	۲۰۱۴/۶/۶	۱۳۹۳/۳/۱۶
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۵	۲۰۱۴/۷/۲۴	۱۳۹۳/۵/۲
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۵	۲۰۱۴/۸/۹	۱۳۹۳/۵/۱۸
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۵	۲۰۱۴/۸/۲۵	۱۳۹۳/۶/۳
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۵	۲۰۱۴/۹/۱۰	۱۳۹۳/۶/۱۹
لندست ۸	OLI	۳۵	۱۶۵	۲۰۱۴/۱۰/۱۲	۱۳۹۳/۷/۲۰
لندست ۵	TM	۳۵	۱۶۶	۲۰۰۰/۵/۲۱	۱۳۷۹/۳/۱
لندست ۵	TM	۳۵	۱۶۶	۲۰۰۰/۹/۲۶	۱۳۷۹/۷/۵
لندست ۴	TM	۳۵	۱۶۶	۱۹۸۶/۵/۱۵	۱۳۶۵/۲/۲۵
لندست ۴	TM	۳۵	۱۶۶	۱۹۸۶/۷/۲	۱۳۶۵/۴/۱۱
لندست ۴	TM	۳۵	۱۶۶	۱۹۸۶/۹/۴	۱۳۶۵/۶/۱۳

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]



شکل ۲- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در طبقه مرتع در منطقه حفاظت‌شده باشگل



شکل ۳- نمونه‌ای از پلات‌های نمونه‌برداری و انواع متنوع پوشش گیاهی در منطقه حفاظت‌شده باشگل

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

تبدیل کاربری‌های زمین در دوره‌های زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۱۹۸۶ و ۲۰۱۵-۱۹۸۶

انتخاب تصاویر ماهواره‌ای مورداستفاده در این تحقیق از میان تصاویر زمین مرجع‌شده که پیکسل به پیکسل کاملاً بر هم منطبق بودند صورت گرفت. منطقه به‌طور کامل در یک تصویر قرار داشت. به‌منظور اعمال تصحیح رادیومتری، پس از دریافت نقشه‌های مدل ارتفاعی رقومی منطقه و موزاییک کردن آن‌ها از افزونه ATCOR3[1] در محیط نرم‌افزار ERDAS IMAGINE استفاده شد (رایگانی و همکاران، ۱۳۹۵). سپس بر روی تصاویر سه ماه اردیبهشت، خرداد و شهریور از سه مقطع زمانی ۲۰۱۵، ۲۰۰۰ و ۱۹۸۶، پردازش‌هایی به این شرح انجام شد: به‌منظور تفکیک کاربری مرتع از سایر کاربری‌ها مثل؛ باغ، زمین کشاورزی، درخت‌زار، معدن‌کاوی، زمین‌های شخم زده، زمین‌های کشاورزی رهاشده، مناطق شهری و روستایی، باندهای تصاویرسه ماه مربوط به سال ۲۰۱۵، به هم چسبانده شده و سپس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[2] (PCA) با ۵ ترکیب اصلی پوشش زمین، روی آن اعمال شد. برای تفکیک بهتر کاربری مرتع از سایر کاربری‌ها، بر روی تصاویر PCA طبقه‌بندی نظارت‌نشده با تابع Isodata، با ۱۰۰ طبقه و ۱۵ تکرار، اعمال و نقشه طبقه‌بندی نظارت‌نشده تهیه گردید. بر روی تصویرهای سال ۲۰۰۰ و سال ۱۹۸۶ نیز همین پردازش‌ها صورت گرفت. با استفاده از نقشه طبقه‌بندی نظارت‌نشده، تصاویر ماهواره‌ای رنگ حقیقی و کاذب منطقه موردمطالعه، لایه‌های اطلاعاتی و داده‌های موجود و مشاهدات میدانی، کاربری مرتع از سایر کاربری‌ها متمایز گردید. در مرحله بعد به کاربری مرتع ارزش یک و به سایر کاربری‌ها ارزش صفر داده شد. درنهایت نقشه کاربری با دوطبقه کاربری مرتع و غیرمرتع باارزش یک و صفر برای سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۰۰ و ۱۹۸۶، تهیه و با استفاده از ۱۰۰ نقطه مرجع برای هر مقطع زمانی که به‌طور تصادفی در منطقه پراکنده شدند، مورد ارزیابی صحت قرار گرفت. سپس با استفاده از تابع crosstab نقشه کاربری سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۰۰ و ۱۹۸۶، پیکسل به پیکسل باهم مقایسه و نواحی که کاربری آن‌ها تغییرنیافته، نواحی که کاربری آن‌ها از مرتع به غیرمرتع تبدیل‌شده و همچنین نواحی که کاربری آن‌ها از غیرمرتع به مرتع تبدیل‌شده، مشخص و وسعت آن‌ها محاسبه شد. همچنین از نقشه‌های کاربری حاصل‌شده در سه مقطع زمانی مذکور به‌عنوان ماسک پوشش گیاهی مرتعی در مراحل بعدی پردازش استفاده شد.

مدل‌سازی پوشش گیاهی با استفاده از تحلیل رگرسیون چندگانه

مقادیر ارزشی نقاط نمونه‌برداری از تصاویر تصحیح رادیومتری شده و نرمال‌شده سال ۲۰۱۵ و

[3] Atmospheric and Topographic Correction
[4] Principal Componant Analysis

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

همچنین از شاخص‌های پوشش گیاهی منتج از این تصاویر، استخراج‌شده، به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظرگرفته شد. درصد تقریبی سطح تاج پوشش گیاهی و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا برداشت‌شده از ۵۴ پلات نمونه‌برداری نیز به‌عنوان متغیر وابسته، در دو تحلیل رگرسیون جداگانه، در محیط نرم‌افزار SPSS مورداستفاده قرار گرفت. روش stepwise برای انجام رگرسیون انتخاب و دو مدل رگرسیون درصد سطح تاج‌پوشش گیاهی و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا ساخته شدند.

مدل‌سازی پوشش گیاهی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

هوش مصنوعی در دو دهه اخیر به‌طور گسترده‌ای برای مشکلات علوم و مهندسی استفاده‌شده و اثر بزرگی در تحلیل داده‌ها و تفسیر، در سنجش از دور و علوم زمین گذاشته است (Lary et al., 2016) به‌منظور دستیابی به مدل بهینه پوشش گیاهی و آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی مرتعی، مدل شبکه عصبی مصنوعی ابتدا در محیط نرم‌افزار Neurosolution و سپس به دلیل عدم موفقیت در دستیابی به مدلی با دقت بهینه، در محیط نرم‌افزار MATLAB ساخته شد.

برای انتخاب کارآمدترین متغیرهای مستقل به‌عنوان ورودی مدل شبکه عصبی مصنوعی و حذف ورودی‌های ناکارآمد برای پیشگیری از بروز اختلال در شبکه، با استفاده از تحلیل رگرسیون خطی خودکار و مدل بهبودیافته[۳] آن، با استفاده از روش forward stepwise، متغیرهای مستقل مناسب برای مدل درصد سطح تاج پوشش مرتعی و مدل وزن خشک زی‌توده سرپا پوشش مرتعی تعیین شدند. در مرحله بعد ابتدا مدل رگرسیون در نرم‌افزار Neurosolution با ۳۰ نمونه از ۵۴ نمونه برداشت‌شده از منطقه به‌عنوان نمونه‌های آموزشی و ۲۴ نمونه هم به‌عنوان نمونه‌های آزمایشی که به‌طور تصادفی انتخاب گردیدند با روش Multilayer perceptron با تکرار آموزش و آزمون مدل، برای دستیابی به مدل دارای دقت آموزش و دقت آزمون بالاتر، با سعی و خطا، ساخته شد که موفقیت‌آمیز نبود.

به‌منظور دستیابی به مدل بهینه شبکه عصبی مصنوعی، مدل‌سازی در نرم‌افزار MATLAB نیز انجام شد. نرم‌افزاری که امکان تغییر در تابع بهینه‌سازی و آموزش شبکه و تقسیم‌بندی انتخابی داده‌های آموزشی و آزمایشی را فراهم می‌سازد. به دلیل تعداد محدود نمونه‌ها، نمونه‌های درصد سطح تاج‌پوشش مرتعی و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا مرتعی به طبقاتی محدود تقسیم شدند تا امکان مدل‌سازی بهینه فراهم گردد. طبقات با توجه به مقادیر مشاهده و برآورد شده درصد سطح تاج پوشش گیاهی و مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده وزن خشک زی‌توده زنده سرپا نمونه‌های برداشت‌شده، در منطقه موردمطالعه تعیین و درصد سطح تاج پوشش مرتعی و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا به ۵

[5] Boosting Model

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

طبقه طبق جدول (۲) و (۳) طبقه‌بندی گردیدند. داده‌های ۵۴ نمونه برداشت‌شده به سه گروه آموزشی، اعتبارسنجی و آزمایشی تقسیم‌شده، طبقات درصد سطح تاج پوشش و وزن خشک زی‌توده سرپا به کدینگ دودویی[۴] تبدیل و آماده ورود به شبکه شد. ابتدا مدل شبکه عصبی مصنوعی درصد سطح تاج پوشش گیاهی، با راهبرد رگرسیون، از ۲۵ درصد کل داده‌ها به‌عنوان داده آزمایشی و مابقی به‌عنوان داده آموزشی و اعتبارسنجی استفاده و با روش پرسپترون[۵]، شبکه با بهترین مدل و با ۳۵ نورون، آموزش داده شد. به دلیل تعداد محدود داده‌های در دسترس برای آموزش شبکه عصبی و همچنین عدم توازن بین تعداد ورودی‌های کلاس‌های مختلف، برای مثال تعداد کمتر نمونه از کلاس ۱ و کلاس ۵ نسبت به سایر کلاس‌ها و همچنین وجود تعداد نمونه بسیار بیشتری از کلاس ۳، راهبرد رگرسیون کلاس‌هایی را که تعداد بیشتری داده از آن‌ها موجود بود بهتر تشخیص داد و بدین ترتیب راهبرد رگرسیون نتوانست کلاس‌های ۱ و ۵ را تشخیص دهد. در مرحله بعد برای دستیابی به نتایجی که همه کلاس‌ها در آن قابل‌تشخیص باشند، از روش طبقه‌بندی استفاده شد. این بار شبکه با ۵۵ نرون آموزش داده شد. به‌منظور بهینه‌سازی شبکه عصبی، روش قانون بیزی[۶] انتخاب گردید که در بهینه‌سازی شبکه‌های عصبی شبیه به شبکه موجود، کاراتر عمل می‌کند. همچنین تابع scaled conjugate gradient برای آموزش شبکه به کار گرفته شد. تقسیم‌بندی نمونه‌ها به دسته‌های آموزشی، اعتبارسنجی و آزمایشی، به‌صورت تصادفی انجام نشد تا از تمام کلاس‌ها نمونه کافی برای آموزش و آزمایش وجود داشته باشد. با استفاده از مدل‌های بهینه حاصل که دارای دقت مطلوبی بودند، نقشه‌های پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۰۰ و ۱۹۸۶ تهیه شدند.

جدول ۳- طبقات وزن خشک زی‌توده زنده سرپا

طبقه‌ها	طبقات وزن خشک زی‌توده زنده سرپا (کیلوگرم در هکتار)
۱	۰-۷۰
۲	۷۰-۱۵۰
۳	۱۵۰-۲۵۰
۴	۲۵۰-۳۵۰
۵	>۳۵۰

جدول ۲- طبقات درصد تاج‌پوشش گیاهی

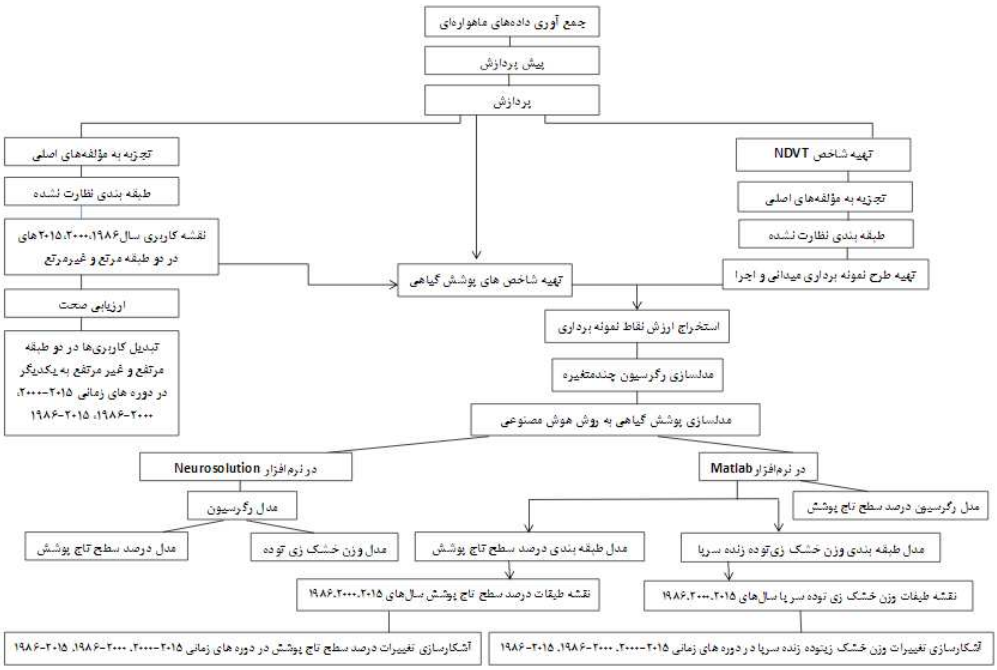
طبقه‌ها	طبقات درصد سطح تاج پوشش گیاهی (درصد)
۱	۰-۱۵
۲	۱۵-۳۵
۳	۳۵-۵۵
۴	۵۵-۷۵
۵	>۷۵

[6] Binary
[7] Multilayer perceptron
[8] Bayesian regularization

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

آشکارسازی تغییرات درصد سطح تاج پوشش مرتعی و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا با استفاده از طبقه‌بندی با مدل شبکه عصبی مصنوعی

پس از تهیه نقشه طبقات درصد سطح تاج پوشش مرتعی و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا در سال-های ۲۰۱۵، ۲۰۰۰ و ۱۹۸۶، تغییرات درصد سطح تاج پوشش مرتعی، با استفاده از تابع Crosstab، در جفت نقشه طبقات درصد سطح تاج پوشش مرتعی ۲۰۱۵ و ۲۰۰۰، با در نظر گرفتن ماسک and حاصل از دو ماسک پوشش گیاهی مرتعی در این دو مقطع زمانی، موردبررسی قرارگرفته و نقشه آشکارسازی تغییرات که تبدیل طبقات درصد سطح تاج پوشش مرتعی از ... به ... را در دوره زمانی موردنظر بیان می‌کند، تولید و مساحت طبقات تبدیل درصد سطح تاج پوشش مرتعی محاسبه شد. برای دوره‌های زمانی ۲۰۰۰-۱۹۸۶ و ۲۰۱۵-۱۹۸۶ نیز عملیات آشکارسازی تغییرات همانند دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰ انجام و نقشه‌های آشکارسازی تغییرات تولید و مساحت طبقات تبدیل محاسبه شد. این عملیات بر روی نقشه‌های وزن خشک زی‌توده زنده سرپا نیز صورت گرفته و نقشه‌های آشکارسازی تغییرات طبقات وزن خشک زی‌توده زنده سرپا در دوره‌های زمانی مذکور تولید شد. شکل (۴) خلاصه-ای از روش تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۴- خلاصه‌ای از مراحل روش تحقیق

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

نتایج

تبدیل کاربری‌ها در سه دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۱۹۸۶ و ۲۰۱۵-۱۹۸۶

نقشه کاربری با دوطبقه کاربری مرتع و غیرمرتع باارزش یک و صفر برای سال‌های ۲۰۱۵،، ۲۰۰۰ و ۱۹۸۶، تهیه گردید. مساحت کاربری مرتع در سال ۲۰۱۵، ۱۳۷۳۹/۳۱ هکتار، در سال ۲۰۰۰، ۱۵۷۶۱/۷۹ هکتار و در سال ۱۹۸۶، ۱۶۷۹۵/۱۶ هکتار می‌باشد. عملیات ارزیابی دقت برای نقشه کاربری سه مقطع زمانی مذکور انجام پذیرفت که نتایج آن به شرح جدول (۴) است. تبدیل دو کاربری مرتع و غیرمرتع (شامل: درختزار، باغ، زمین کشاورزی، شخم و آیش، خاک لخت و مناطق انسان-ساخت)، به یکدیگر، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، از ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰ و از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵، تعیین شد و برای هر یک از این دوره‌های زمانی، نقشه‌ای با سه‌طبقه؛ تبدیل کاربری مرتع به غیرمرتع، تبدیل کاربری غیرمرتع به مرتع و کاربری مرتع تغییرنیافته تهیه گردید (شکل (۵) و (۶) و (۷)). خلاصه‌ای از تبدیل کاربری‌ها در سه دوره زمانی در جدول (۵) آمده است.

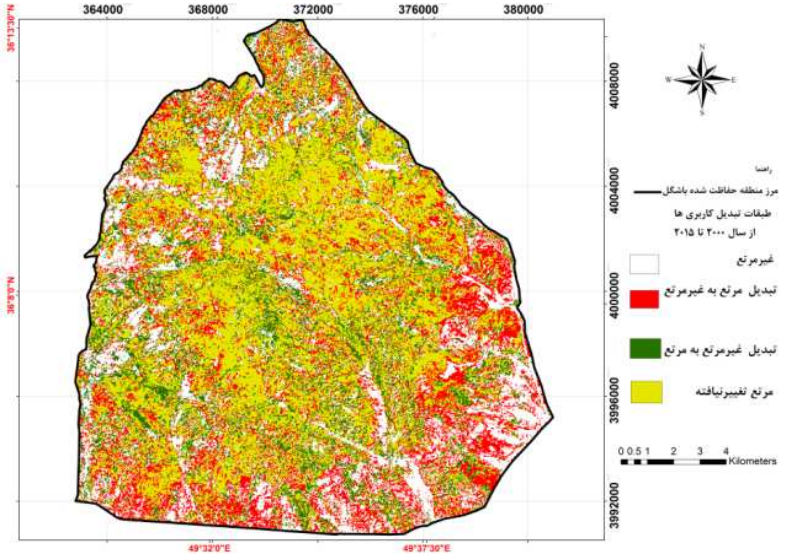
جدول ۴- نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری در دوطبقه مرتع و غیرمرتع، در سه مقطع زمانی ۲۰۱۵، ۲۰۰۰ و ۱۹۸۶ در منطقه حفاظت‌شده باشگل

نقشه کاربری زمین	دقت کلی	کاپا کلی	دقت تولیدکننده طبقه مرتع	دقت کاربر طبقه مرتع
نقشه کاربری زمین در سال ۲۰۱۵	٪۹۲	۰/۸۴	٪۸۹/۶۶	٪۹۶/۳۰
نقشه کاربری زمین در سال ۲۰۰۰	٪۹۲	۰/۸۳	٪۹۲/۱۹	٪۹۵/۱۶
نقشه کاربری زمین در سال ۱۹۸۶	٪۸۹	/۷۵	٪۸۸/۷۳	٪۹۵/۴۵

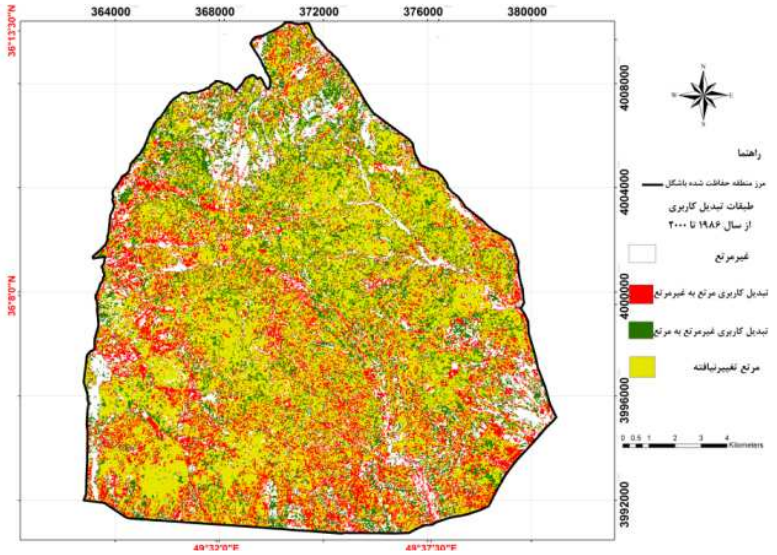
جدول ۵- تبدیل کاربری‌ها در سه دوره زمانی؛ ۲۰۱۵-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۱۹۸۶ و ۲۰۱۵-۱۹۸۶ در منطقه حفاظت‌شده باشگل

دوره زمانی	تبدیل مرتع به غیرمرتع (هکتار)	تبدیل غیرمرتع به مرتع (هکتار)	مرتع تغییرنیافته (هکتار)
۲۰۰۰-۲۰۱۵	۵۶۱۳/۱۲	۳۷۲۰/۱۵	۱۰۰۱۹/۱۶
۱۹۸۶-۲۰۰۰	۵۴۴۶/۴۴	۴۲۸۳/۴۶	۱۱۳۴۸/۸۲
۱۹۸۶-۲۰۱۵	۶۸۳۷/۷۵	۳۷۸۱/۸۰	۹۹۵۷/۵۱

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

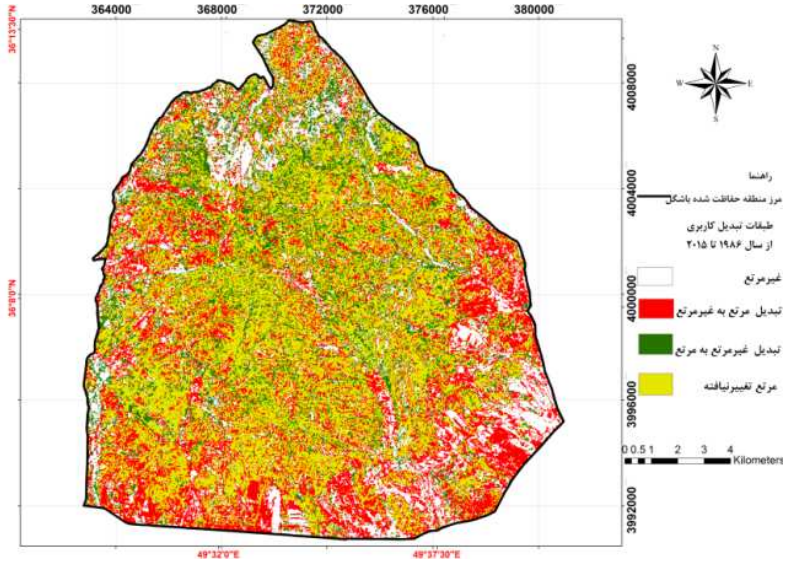


شکل ۵- طبقات تبدیل کاربری مرتع و غیرمرتع به یکدیگر در دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰ در منطقه حفاظت‌شده باشگل



شکل ۶- طبقات تبدیل کاربری مرتع و غیرمرتع به یکدیگر در دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۹۸۶ در منطقه حفاظت‌شده باشگل

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]



شکل ۷- طبقات تبدیل کاربری مرتع و غیرمرتع به یکدیگر در دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۸۶ در منطقه حفاظت‌شده باشگل

مدل‌سازی پوشش گیاهی و آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی

مدل درصد سطح تاج پوشش مرتعی حاصل از روش رگرسیون چند متغیره، شاخص TSAVI1، مربوط به شهریورماه را به‌عنوان متغیر مستقل مناسب، انتخاب کرد. این مدل با ضریب همبستگی (R)، ۰/۵۷ و ضریب تعیین تعدیل‌شده (R^2)، ۰/۳۳ و معنی‌داری مدل، با توجه به جدول تجزیه واریانس که کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، پیش‌بینی کننده نسبتاً خوبی برای متغیر وابسته درصد سطح تاج پوشش گیاهی است. همچنین مدل وزن خشک زی‌توده سرپا پوشش مرتعی حاصل از روش رگرسیون، شاخص PVI، مربوط به خردادماه را به‌عنوان متغیر مستقل مناسب، انتخاب کرد. این مدل نیز با ضریب همبستگی (R)، ۰/۵۱۲ و ضریب تعیین تعدیل‌شده (R^2)، ۰/۲۶ و معنی‌داری مدل که کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، پیش‌بینی کننده نسبتاً خوبی برای متغیر وابسته وزن زی‌توده سرپا (برحسب گرم) محسوب می‌شود. به‌منظور دستیابی به نقشه باکیفیت‌تر و دقیق‌تر از سطح تاج پوشش و وزن خشک زی‌توده سرپا و آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی مرتعی، مدل شبکه عصبی مصنوعی در دو محیط نرم‌افزاری متفاوت ساخته شد. به‌منظور تعیین ورودی‌های مدل شبکه عصبی مصنوعی، مدل رگرسیون خطی خودکار بهبودیافته، متغیرهای پیش‌بینی کننده برای سطح تاج پوشش گیاهی را به ترتیب اهمیت بدین قرار معرفی کرد؛ TSAVI1 شهریور، TSAVI2 شهریور، DVI شهریور، PVI1 شهریور،

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

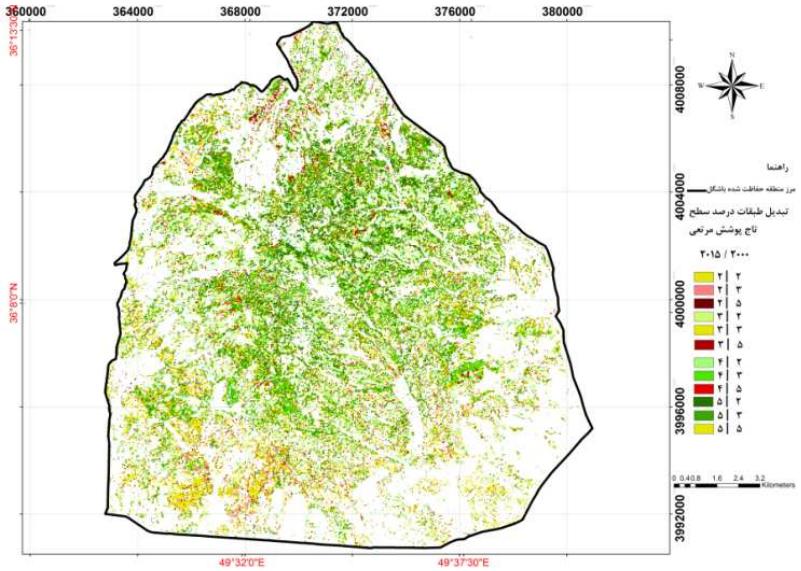
MSAVI2 شهریور، PVI2 شهریور، PVI شهریور، RVI شهریور، NRVI شهریور، RVI اردیبهشت. این مدل دارای ضریب تعیین تعدیل‌شده (R^2)، ۰/۶۳ می‌باشد. نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون خطی خودکار برای وزن خشک زی‌توده سرپا پوشش مرتعی، متغیرهای پیش‌بینی کننده را به ترتیب اهمیت بدین قرار معرفی کرد؛ PVI خرداد، AVI خرداد، WDVI خرداد، RVI خرداد، CTVI خرداد، TSAV2 شهریور، TSAVI2 اردیبهشت، SAVI اردیبهشت، PVI2 اردیبهشت، PVI شهریور. این مدل دارای ضریب تعیین تعدیل‌شده (R^2)، ۰/۵۳ می‌باشد. نتایج حاصل از به‌کارگیری این ورودی‌ها، در نرم‌افزار Neurosolution6، مدل رگرسیونی درصد سطح تاج‌پوشش گیاهی، با ضریب تعیین تعدیل-شده ۰/۹۶ برای داده‌های آموزشی و ۰/۳۶ برای داده‌های آزمایشی و همچنین مدل رگرسیونی وزن خشک زی‌توده زنده سرپا، با ضریب تعیین تعدیل‌شده ۰/۹۹ برای داده‌های آموزشی و ۰/۴۰ برای داده-های آزمایشی بود. مدل رگرسیونی درصد سطح تاج‌پوشش، در نرم‌افزار MATLAB دارای نتیجه بهتری با ضریب تعیین داده‌های آزمایشی؛ ۰/۸۴ شد ولی این مدل کلاس‌هایی که تعداد نمونه کمتری داشت را در کلاس‌های با تعداد نمونه بیشتر، ادغام کرده بود به همین جهت مدل‌سازی به طریق طبقه-بندی صورت گرفت و مدل درصد سطح تاج‌پوشش گیاهی، با دقت کلی ۱۰۰٪ و میانگین مربعات خطا ۰٪ برای داده‌های آموزشی و دقت کلی ۹۴/۳٪ و میانگین مربعات خطا ۵/۷٪ برای داده‌های آزمایشی حاصل شد. همچنین مدل طبقه‌بندی وزن خشک زی‌توده زنده سرپا نیز دارای دقت کلی ۹۸/۸٪ و مجموع مربعات خطا ۱/۲٪ برای داده‌های آموزشی و دقت کلی ۸۶/۶٪ و مجموع مربعات خطا ۱۱/۴٪ برای داده‌های آزمایشی حاصل شد. با استفاده از این دو مدل بهینه، نقشه طبقات درصد سطح تاج پوشش و نقشه طبقات وزن خشک زی‌توده زنده سرپا، برای سال ۲۰۱۵ تهیه شد. مدل‌ها برای سال-های ۲۰۰۰ و ۱۹۸۶ هم اجرا و نقشه طبقات درصد سطح تاج پوشش و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا، برای این دو سال نیز حاصل گردید.

به‌منظور آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی در سه دوره زمانی مذکور، نقشه‌های این مقاطع زمانی دوبه‌دو باهم مقایسه شده و نقشه‌های تغییر طبقات درصد سطح تاج‌پوشش گیاهی و وزن خشک زی-توده زنده سرپا تهیه شدند که تغییر طبقات از طبقه ... به طبقه ... را در دوره‌های زمانی مذکور برای دو مؤلفه درصد سطح تاج‌پوشش و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا نشان می‌دهند. شکل (۸) نقشه آشکارسازی تغییرات درصد سطح تاج پوشش گیاهی در دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰ و شکل (۹) نقشه آشکارسازی تغییرات وزن خشک زی‌توده زنده سرپا در دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰ می‌باشد که به‌عنوان نمونه آورده شده است. همچنین جدول (۶) وسعت مراتع بهبود کیفیت داده و کاهش کیفیت داده برای دو مؤلفه موردبررسی را به درصد در سه دوره زمانی موردمطالعه نشان می‌دهد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

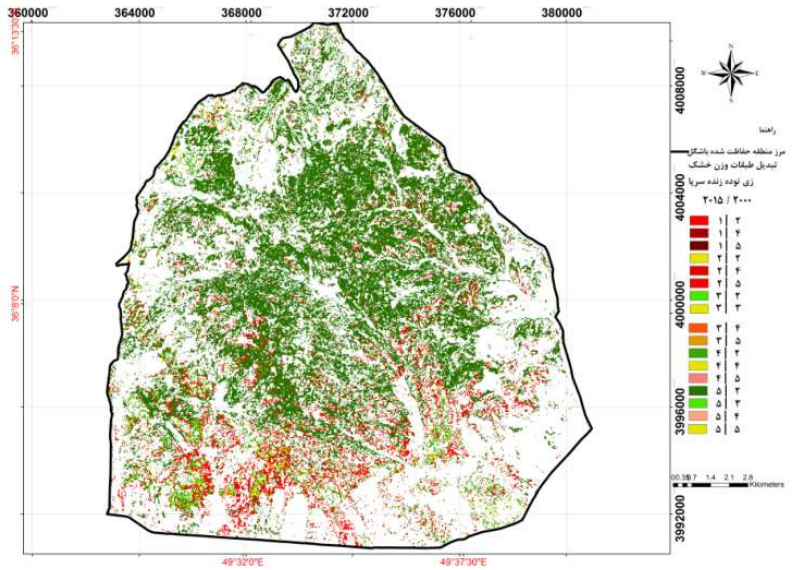
جدول ۶- درصد مراتع بهبود کیفیت‌داده و کاهش کیفیت داده برای دو مؤلفه درصد سطح تاج‌پوشش گیاهی و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا مرتعی در سه دوره زمانی در منطقه حفاظت‌شده باشگل

دوره زمانی	وسعت مراتع بهبود کیفیت‌داده (درصد تاج‌پوشش گیاهی)	وسعت مراتع بهبود کیفیت‌داده (وزن خشک زی‌توده زنده سرپا)	وسعت مراتع کاهش کیفیت‌داده (درصد تاج‌پوشش گیاهی)	وسعت مراتع کاهش کیفیت-داده (وزن خشک زی‌توده زنده سرپا)
۲۰۰۰-۲۰۱۵	٪۶۲	٪۸۳	٪۱۲	٪۱۵
۱۹۸۶-۲۰۰۰	٪۲۹	٪۷	٪۳۰	٪۰
۱۹۸۶-۲۰۱۵	٪۶۶	٪۸۱	٪۴	٪۱۸



شکل ۸- نقشه تبدیل طبقات درصد سطح تاج‌پوشش مرتعی در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۵، در منطقه حفاظت‌شده باشگل (طبقه ۱: ۱۵-۰ ٪، طبقه ۲: ۳۵-۱۵٪، طبقه ۳: ۵۵-۳۵٪، طبقه ۴: ۷۵-۵۵٪، طبقه ۵: >۷۵٪)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]



شکل ۹- نقشه تبدیل طبقات وزن خشک زی‌توده زنده سرپا در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۵، (طبقه۱: ۷۰-۰، طبقه ۲: ۱۵۰-۷۰، طبقه ۳: ۲۵۰-۱۵۰، طبقه ۴: ۳۵۰-۲۵۰، طبقه ۵: > ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار)

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر برای تهیه نقشه کاربری زمین با دوطبقه مرتع و غیرمرتع، استفاده از داده‌های چند زمانه سنجش از دوری به همراه تلفیقی از دو روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و طبقه‌بندی نظارت‌نشده موجب شد نقشه‌های کاربری با دقت کلی ۸۹٪ تا ۹۲٪ و ضریب کلی کاپا ۰/۷۵ تا ۰/۸۴ حاصل گردد. این نتیجه رضایت‌بخش با صرف وقت و هزینه کم برای نمونه‌برداری میدانی مختصر حاصل گردید. استفاده از تصاویر چندزمانه و ترکیب آن‌ها به‌صورت مؤلفه‌های اصلی باعث شده است نتایج این پژوهش نسبت به تحقیق‌هایی مشابه مثل کیرویی و همکاران (Kirui et al., 2003)، بهتر شود. همچنین در مطالعات مشابهی که ازسری‌های زمانی استفاده‌شده تائید شده است که راهبرد سری‌های زمانی درک قابل توصیف‌تری از پویایی ترکیب زمین فراهم کرده و مفیدتر از راهبرد مقایسه دو تصویر مربوط به دو زمان مختلف است (Vogelman et al., 2016; Zhu, 2017).

درعین‌حال استفاده از داده‌های چند زمانه با تنوع زمانی مناسب در هر یک از سه مقطع زمانی موردمطالعه، همراه با شاخص‌های پوشش گیاهی متنوع، امکان مدل‌سازی و دستیابی به مدل دقیقی را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی فراهم کرد. این روش درحالی‌که نتایج رگرسیون چندگانه درصد سطح تاج‌پوشش و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا، احتمالاً به علت کمبود نسبی تعداد نمونه‌ها و عواملی چون اثر خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نتایج چندان خوبی نداشت، یک‌راه حل جایگزین دقیق

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

محسوب می‌گردد. تعداد نمونه‌های برداشت‌شده در این تحقیق دارای تعداد حداقلی و با توجه به امکانات و محدودیت‌های مالی و زمانی بوده و روش مدل‌سازی با شبکه عصبی مصنوعی این کمبود را به‌خوبی جبران کرد. مطالعات مشابه نیز روش هوش مصنوعی را راهبردی کارآمد در حل مشکلات در بررسی‌های علوم زمین و سنجش از دور می‌دانند (Lary et al., 2016؛ متکان و همکاران، ۱۳۹۰).

در مطالعه حاضر استفاده از تصاویر چندزمانه و مدل خطی اتوماتیک رگرسیون چندگانه به‌صورت مدل بهبودیافته، برای انتخاب ورودی‌های مدل شبکه عصبی و همچنین استفاده از مدل طبقه‌بندی به‌جای مدل رگرسیون، تقسیم‌بندی غیرتصادفی نمونه‌ها به دسته‌های آموزشی، اعتبارسنجی و آزمایشی به‌منظور حضور نمونه‌های تمامی کلاس‌ها در این سه دسته و درعین‌حال بهینه‌سازی شبکه عصبی به روش قانون بیزی، موجب ارتقا مدل شبکه عصبی مصنوعی شده و دستیابی به مدل درصد سطح تاج-پوشش گیاهی، با دقت کلی ۹۴/۳٪ و میانگین مربعات خطا ۵/۷٪ و همچنین مدل طبقه‌بندی وزن خشک زی‌توده زنده سرپا با دقت کلی ۸۶/۶٪ و مجموع مربعات خطا ۱۱/۴٪، برای داده‌های آزمایشی امکان‌پذیر شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از تعداد تصاویر مناسب و تعداد نمونه-های میدانی حداقلی و اعمال تمهیداتی که شرح آن رفت، دستیابی به‌دقت مناسب و نقشه‌های باکیفیت امکان‌پذیر است.

چنین نقشه‌های دقیقی از درصد سطح تاج پوشش گیاهی و وزن خشک زی‌توده زنده سرپا، راهنمای خوبی برای امور مدیریتی مثل شناسایی نواحی آسیب‌پذیر، تهدیدها و فرصت‌ها در مناطق موردمطالعه است. برای مثال بهبود کیفی وزن خشک زی‌توده زنده سرپا از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ در حدود ۸۰٪ وسعت مرتع درعین‌حال که فرصت محسوب می‌شود می‌تواند تهدید نیز ب حساب آید. این حجم از زی‌توده خشک در فصول گرم منطقه را مستعد آتش‌سوزی می‌کند بخصوص در زون امن. تهدیدی که بارها به حقیقت پیوسته است. ازاین‌رو راهبردهای مدیریتی مثل برداشت علوفه به‌صورت کنترل‌شده می‌تواند این تهدید را کنترل کند. همچنین با استفاده از چنین نقشه‌های دقیقی مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر ورود دام به مرتع موجب حفظ پوشش گیاهی و جلوگیری از فرسایش خاک و هدررفت منابع می‌شود.

استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی همان‌گونه که در تحقیقات دیگران نیز (رایگانی، ۱۳۹۵؛ Afifi, 2011) بهترین امکان تعیین تغییرات پوشش گیاهی از ... به ... را فراهم می‌کند، در این مطالعه نیز نتایج دقیقی را موجب شد. نتایج حاصل ازاین‌روش تصویر روشن‌تر و قابل‌درک‌تری از تغییرات منطقه حفاظت‌شده باشگل در دوره‌های زمانی مذکور در دسترس مدیران قرار می‌دهد. نتایج آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی در دوره‌های زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰، ۲۰۰-۱۹۸۶ و ۲۰۱۵-۱۹۸۶

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

حاکی از بهبود کیفی بخش وسیعی از مراتع منطقه حفاظت‌شده باشگل بوده و نقش حفاظت را در بهبود کیفی مرتع روشن می‌سازد.

منابع

جوری، م.ح. ۱۳۸۵. جزوه درسی اندازه‌گیری و ارزیابی مرتع، گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، ۸۲ صفحه. سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۲، مناطق حفاظت‌شده، (بازیابی در خرداد ۱۳۹۳)، قابل‌دستیابی در http://www.doe.ir

رایگانی، ب.، خیراندیش، ز.، کرمانی، ف.، محمدی میاب، م.، ترابی‌نیا، ع.، ۱۳۹۵. شناسایی کانون‌های بالقوه تولید گردوغبار با استفاده از داده‌های سنجش از دوری و شبیه‌سازی جریان هوا (مطالعه موردی استان البرز)، نشریه مدیریت بیابان، شماره ۸:۲۶-۱۵

رایگانی، ب.، ۱۳۹۴. عملکرد داده‌های سنجش از دوری در ارزیابی تخریب خاک، نشریه مدیریت بیابان، شماره ۶: ۷۷-۵۴

رایگانی، ب.، ۱۳۹۵. گزارش پروژه؛ بررسی تغییرات جنگل‌های حرای استان هرمزگان در سه دهه گذشته و اولویت‌بندی زیست‌بوم‌های تخریب یافته آن به‌منظور اجرای پروژه‌های احیا، اداره کل محیط‌زیست استان هرمزگان، استان هرمزگان، بوشهر

صادقی، م. ۱۳۹۲. آشکارسازی تغییرات وسعت تراکم تاج پوشش جنگل‌های زاگرس با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور (مطالعه موردی غرب استان کردستان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۹۴ صفحه.

علوی‌پناه، س.ک. ۱۳۸۹. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۸ صفحه.

گشتاسب میگونی، ح. ۱۳۹۲. گزارش مطالعات طرح مدیریتی توجیهی-تفصیلی منطقه حفاظت‌شده باشگل، جلد نهم: اقتصادی اجتماعی، مشاور: دانشکده محیط‌زیست، سازمان حفاظت محیط‌زیست، اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان قزوین، ۵۷ صفحه.

گشتاسب میگونی، ح. ۱۳۹۲. مطالعات طرح مدیریتی توجیهی-تفصیلی منطقه حفاظت‌شده باشگل، جلد هفتم: پوشش گیاهی، مشاور: دانشکده محیط‌زیست، سازمان حفاظت محیط‌زیست، اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان قزوین، ۷۶ صفحه.

مقدم، م.ح. ۱۳۷۹. مرتع و مرتع‌داری، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۰ صفحه.

متکان، ع.ا، درویش‌زاده، ر، حسینی اصل، ا و ابراهیمی خوسفی، م. ۱۳۹۰. بررسی کارایی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شبکه‌های عصبی مصنوعی در تخمین درصد پوشش گیاهی در مناطق خشک، پژوهش‌های فرسایش محیطی، جلد ۱(۱): ۲۸-۷

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

Alatorre, L., C, Sanchez-Carrille, S., Miramontes-Beltran, S., Medina, R. J, Torres-olave, M., E, Bravo, L., C, Wiebe, L., C, Grarados, A., Adams, D., K, Sanchez, E., UC, M. 2016. Temporal changes of NDVI for qualitative environmental assessment of mangroves: shrimp farming impact on the health decline of the arid mangroves in the Gulfe of California (1990-2010), Journal of Arid Enviroments, NO. 125, pp. 98-109

Afifi, H.A. 2011. Evaluating of change detection techniques for monitoring land-cover changes: a case Study in New Burg El-Arab area, Alexandria Engineering Journal. Vol. 50, pp. 187-195

Bandari, A.K, Kummar, A., Singh, G.K. 2012. Feature extraction using normalized difference vegetation index (NDVI): a case study of Jabalpur city, Procedia Technogy, vol. 2(2012), pp. 612-621

Congalton, R., Green, K. 2007. Accuracy of Remotly Sensed Data, 2th Edition, Boca Raton, London, Newyork: Taylor & Francis Group, 183 pp

Fatiha, B., Abdelkader, A., Hamami, L., Elaihar, M. 2013. Spatio temporal analysis of vegetation indices from molti-dates satellite images: application to a semi arid area in Algheria, TerraGreen 13 International Conference, Energy Procedia, Vol. 36, pp. 667-675

Gomaz, C., White, J.C., Wulder, M. 2016. Optical Remotly Sensed Time Series Data for Landcover Classification: A Rview, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 16, pp. 55-72

Kerr, J.T., Ostrovsky, M. 2003. From space to Species: ecological application for remote sensing, Trend in Ecology and Evolution, Vol. 18, Issue. 6, pp. 299-305

Kirui, K.B, Kairo, J.G, Bosire., J, Viergever, K.M, Rudra, S, Huxham, M., Briers, R.A. 2013. Mappingof mangrove forest land cover change along the Kenya coastline using landsat imagery, Journal of Ocean & Coastal Management, Vol. 83, pp. 19-24

Lary, D.J., Alavi, A.H., Gandomi, A.H., Walker, A.L. 2016. Machin Learning in Geosience and Remote Sensing, Geosience Frontiers, Volum 7, Issue 1, pp. 3-10

Sarp, G. 2012. Determination of vegetation change using thematic mapper imagery in Afsin-Elbistan lignite basin; SE, Turkey, Procedia Technology, Vol. 1(2012), pp.407-411

USGS, Earthexplorer. 2015. available on: www.Landsat.usgs.nasa.gov

Vogelman, E. James., L-Gallant, Alisa., Hua, Shi., Zhu, Z. 2016. Perspectives on Monitoring Gradual Change Across the Continiuity of Landsat Sensors Using Time-Series Data, Remote Sensing of Environment, pp. 1-13

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]

Xiaolu, S., Bo, C.H. 2011. Change detection using change vector analysis from landsat TM images in Wuhab, Procedia Environment Sciences, Vol. 11(2011), pp. 238-244

Yuan, F., Bouer, M.E., Heinert, N.J., Holden, G.R. 2005. Mapping of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan area with multi-seasonal landsat TM/ETM+ data, Print of paper accepted for publication in Geocarto International

Zhu, Z., 2017. Change Detection Using Landsat Time Series: A Review of Frequencies, Preprocessing, Algorithms, and Application, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 130, pp. 370-384

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-07]