

مقایسه عملکرد شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و مدل شیء گرا در پایش تغییرات سطح پوشش برف با استفاده از تصاویر چند زمانه لندست (مطالعه موردی: کوهستان الوند).

مصطفی موسی پور^{۱*}، بختیار فیضی‌زاده^۲، سید اکبر حسینی^۳، حسن کرچی^۴، آزاده سیفی^۵

۱- کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، کارمند اداری دانشگاه پیام نور.

۲- استادیار، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز.

۳- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، رئیس گروه تحقیقات اداره کل هواشناسی استان همدان.

۴- کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، کارشناس اداره کل هواشناسی استان همدان.

۵- کارشناس ارشد آبیاری زهکشی، شرکت آب منطقه‌ای استان همدان.

چکیده

پوشش برف و تغییرات زمانی آن، از پارامترهای اساسی در بررسی‌های هیدرولوژیکی و اقلیم‌شناسی می‌باشند. امروزه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان به ارزیابی تغییرات سطح پوشش برف در سری‌های زمانی مختلف پرداخت. پژوهش حاضر با هدف پایش تغییرات سطح پوشش برف در کوهستان الوند همدان با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لندست در سری‌های زمانی سال‌های ۱۹۷۵، ۱۹۸۶، ۱۹۹۳، ۲۰۰۱، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ انجام گرفته است. روش تحقیق در این پژوهش، استفاده از طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و مدل شیء گرا جهت برآورد سطح پوشش برف بوده است که پس از انجام عملیات پیش پردازش بر روی تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های طبقه‌بندی سطح پوشش برف کوهستان الوند از روش‌های شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان و مدل شیء گرا تهیه گردید. سپس صحت این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. پژوهش حاضر نشان داد به ترتیب، مدل شیء گرا، ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی دارای بالاترین میزان دقت بودند، لذا تغییرات مساحت سطح پوشش برف در سری‌های زمانی مختلف، با استفاده از روش شیء گرا محاسبه گردید. مساحت بدست آمده برای سطح پوشش برف در کوهستان الوند با استفاده از مدل شیء گرا به ترتیب عبارت بودند از، سال ۱۹۷۵ برابر با ۶۳۰ کیلومتر مربع، سال ۱۹۸۶ برابر با ۶۱۱ کیلومتر مربع، سال ۱۹۹۳ برابر با ۴۱۴ کیلومتر مربع، سال ۲۰۰۱ برابر با ۱۵۱ کیلومتر مربع، سال ۲۰۰۸ برابر با ۲۴۲ کیلومتر مربع و سال ۲۰۱۸ برابر با ۱۵۴ کیلومتر مربع که نشانگر کاهش چشمگیر سطح پوشش برف از سال ۱۹۷۵ تا سال ۲۰۱۸ در کوهستان الوند می‌باشد.

کلید واژه‌ها: سنجش از دور، شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان، مدل شیء گرا، کوهستان الوند

مقدمه

برف یکی از اشکال مهم بارش در چرخه هیدرولوژی مناطق کوهستانی بوده که در تأمین منابع آب آشامیدنی و کشاورزی به صورت جریان‌های تأخیری در فصول پرآبی و جریان‌های کمینه در فصول کم آبی و تولید انرژی نقش ارزنده ایفا می‌کند. از سوی دیگر رواناب حاصل از ذوب برف به دلیل نقش تأخیری آن، منبع اصلی تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و در برخی از موارد به دلیل همزمانی با بارش‌های بهاره منشأ بروز سیلاب‌های مخرب با حجم جریان بیش از ظرفیت رودخانه‌ها می‌شود (میریعیوب زاده و قنبرپور، ۱۳۸۹). ذخایر برفی در بالادست کوه‌ها الگوی رواناب فصلی پایین‌دست را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به خصوص در مناطق با فصل تابستان خشک، که در آن رواناب حاصله از ذوب برف یک منبع اساسی برای تأمین آب می‌باشد (ایلدرمی و همکاران، ۱۳۹۴). از نظر اقلیم شناسان و هواشناسانی که تغییرات اقلیمی و اتمسفری را مطالعه می‌کنند در یک دید جهانی، پایش برف یک ضرورت است، زیرا خصوصیات فیزیکی درون برف بر تغییرات روزانه و اقلیمی و حتی تغییرات بلند مدت اقلیمی تأثیر می‌گذارد (رایگانی و همکاران، ۱۳۸۷). برآورد پارامترهای برف، به خصوص سطوح پوشیده از برف، یکی از اجزاء کلیدی مطالعات منابع آب و تغییر اقلیم محسوب می‌شود. پوشش برف^۱ در مناطق وسیعی از سطح زمین علی‌رغم غیر قابل دسترس بودن، کشاورزی، اقتصاد و اقلیم را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. آب در بیش از یک ششم از مناطق خشک زمین به وسیله رودخانه‌هایی که از ذوب برف تغذیه می‌شوند تأمین می‌شود (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۱). امروزه در روند مدیریت کارآمد منابع آبی، به کارگیری داده‌های سنجنش از دور^۲ با هدف کسب اطلاعات دقیق از پوشش برف به صورت عملیاتی اجرا می‌گردد (میرموسوی و صبور، ۱۳۹۳). از کاربردهای مهم سنجنش از دور در هیدرولوژی، بدست آوردن داده‌های مربوط به برف، همچون سطح پوشیده از برف^۳ (SCA) و آب معادل برف^۴

(SWE) را می‌توان نام برد که جهت پایش بینی رواناب ناشی از ذوب برف به صورت همزمان و فوری، بسیار مهم است (روشنی و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل سازی در محیط GIS^۵ می‌توان به تهیه نقشه‌های پوشش برفی، ارزیابی تغییرات سطح پوشش برف با سری‌های زمانی مختلف، شناسایی برف از سایر عوارض و مدل‌سازی آن در سطح حوضه پرداخت (طالعی اسفندارانی و همکاران، ۱۳۹۰). در سطح جهان، مطالعات زیادی در خصوص سنجنش سطح برف و روند تغییرات آن انجام شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به این موارد اشاره نمود: لوپز و همکاران (Lopez et al, 2008) در مطالعه‌ای، پس از پایش تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ سنجنده مودیس، بر اساس شاخص NDSI^۶، میزان پوشش برف و تغییرات آن را در پاتاگونیای شمالی بررسی نمودند. بر اساس نتایج این مطالعه، حداقل پوشش برف در ماه مارس ۲۰۰۷ با مساحت ۳۶۰۰ کیلومتر مربع و حداکثر پوشش برف متعلق به ماه اوت سال ۲۰۰۱ با مساحت ۱۱۳۲۳ کیلومتر مربع بوده است (میرموسوی و صبور، ۱۳۹۳). مولگ و همکاران (Molg et al, 2010) در مطالعه‌ای که بر روی نواحی کوهستانی ایتالیا انجام دادند به بررسی و کنترل پوشش برف تصاویر چند زمانه مودیس پرداختند. در این مطالعه مجموعه تصاویر سری زمانی پوشش برف طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند و در نهایت نقشه‌های خروجی از ترکیب نقشه‌های پوشش برف آکوا و ترا بدست آمدند و بدین وسیله پیکسل‌های ابری و بدون مقدار را کاهش دادند. همچنین در این مطالعه از نقشه‌های پوشش برف بدست آمده از تصاویر سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست به منظور اعتبارسنجی نتایج استفاده شد که نتایج، بهبود طبقه‌بندی به وسیله ترکیب تصاویر آکوا و ترا را تأیید کرد (باصری نام و همکاران، ۱۳۹۴). ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۱) روند تغییرات پوشش برف در مناطق برف گیر ایران را با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس در یک دوره ده ساله از سال

^۴ . Snow Water Equivalent

^۵ . Geographic Information System

^۶ . Normalized Difference Snow Index

^۱ . Snow Cover

^۲ . Remote Sensing

^۳ . Snow Cover Area

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

کوهستان الوند در استان همدان، بین شهرستان‌های همدان، تویسرکان، اسدآباد و بهار قرار گرفته است. این کوهستان فراروی شهر همدان، کوهستان منفردی از شاخه‌های خاوری زاگرس مرکزی با عرصه‌ای به وسعت ۱۳۷۵ کیلومتر مربع می‌باشد این رشته کوه‌ها در شمال غرب به کوه خداپنده لو سنجند و کوه چهل چشمه کردستان و از جنوب شرق به بلندی‌های راسوند و کوه وفس اراک متصل است. یال آن، حد طبیعی بین شهر همدان و تویسرکان و بلندترین قله آن موسوم به الوند در ۱۸ کیلومتری جنوب شهر همدان واقع شده و ارتفاع آن ۳۵۸۴ متر از سطح دریا است. جهت این کوهستان از شمال غربی به جنوب شرقی کشیده شده است و استان همدان را به دو نیمه شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند (جعفری و حسینی، ۱۳۹۶). شکل ۱ موقعیت کوهستان الوند را نمایش می‌دهد. تصویر ماهواره‌ای موجود در این شکل مربوط به ماهواره لندست سنجه TM سال ۱۹۸۶ می‌باشد.

داده‌های مورد استفاده و روش تحقیق

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، شامل تصاویر چند زمانه سنجنده‌های MSS، TM، ETM⁺ و OLI ماهواره لندست در سری‌های زمانی متفاوت، طبق جدول ۱ می‌باشد که بدین منظور، ابتدا تصاویر مورد نظر از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا (<https://earthexplorer.usgs.gov>) با فرمت GeoTIFF استخراج گردید. تصاویر، زمین مرجع بوده و عاری از هرگونه خطای رادیومتریک و پوشش ابر بودند. به منظور پردازش تصاویر، ابتدا عملیات پیش‌پردازش بر روی تصاویر، در محیط نرم افزار ENVI 5.3 اعمال شد. در این مرحله، از طریق فایل متادیتای تصاویر، کلیه باندها به رادیانس تبدیل شدند و از الگوریتم FLAASH^۴ جهت تصحیح اتمسفری استفاده گردید. سپس در مرحله پردازش، از نرم افزار ENVI 5.3 جهت طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان استفاده گردید.

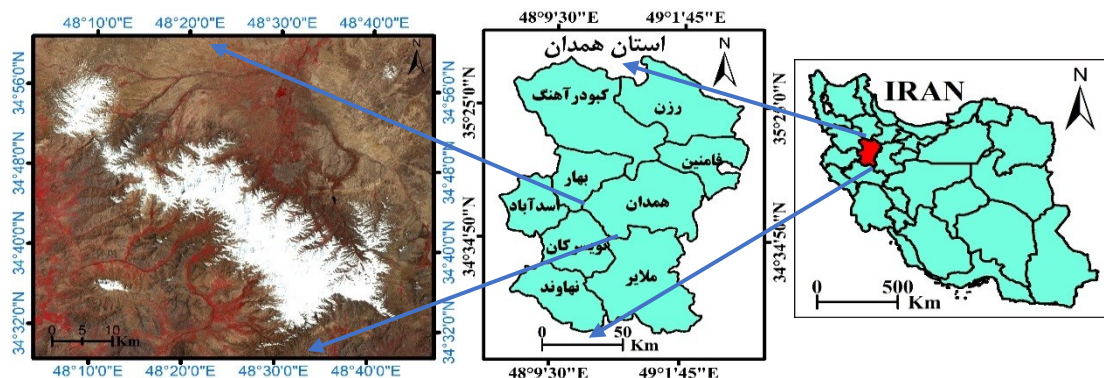
۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از آشکارسازی پوشش برف در این مطالعه حاکی از کاهش چشمگیر سطح پوشش برف در دوره ده ساله بوده است. میرموسوی و صبور (۱۳۹۳) با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس و مقایسه بین روش‌های طبقه‌بندی نظارت نشده و نظارت شده، به مطالعه پایش تغییرات پوشش برف در منطقه شمال غرب ایران پرداختند. نقشه‌های خروجی مناسبترین الگوریتم طبقه‌بندی که در مطالعه آن‌ها طبقه‌بندی نظارت شده می‌باشد نمایانگر کمترین مقدار پوشش برف در سال ۲۰۰۸ با ۱۰۴۰/۰۱ کیلومتر مربع و بیشترین مساحت پوشش برف مربوط به سال ۲۰۰۷ با ۱۰۴۷۱/۷۸ کیلومتر مربع می‌باشد که این مسأله، نشان دهنده تغییرات هزار درصدی در طول یک دهه در میزان پوشش برف منطقه شمال غرب ایران بوده است. خسروی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات سطوح پوشش برف در ارتفاعات زرد کوه بختیاری با استفاده از تصاویر سنجنده های TM و ETM⁺ ماهواره لندست طی دوره آماری ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۱ پرداختند. نتیجه مطالعه این محققین بیانگر روند کاهشی مقدار سطوح برفی در سال ۲۰۱۱ نسبت به سال ۱۹۹۱ در منطقه مورد مطالعه بوده است. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۷) تغییرات زمانی و مکانی پوشش برف استان کردستان را با استفاده از سنجنده مودیس در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۹ الی ۱۳۹۶ مورد مطالعه قرار دادند. نتیجه مطالعه این محققین نشانگر کاهش سطح پوشش برف در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۷۹ در استان کردستان بود. مطالعه حاضر با هدف تعیین تغییرات سطح پوشش برف در کوهستان الوند همدان با استفاده از تصاویر لندست انجام گرفته است. روش تحقیق، استفاده از طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی^۱، ماشین بردار پشتیبان^۲ و مدل شیء‌گرا^۳ بوده است که با استفاده از مناسب‌ترین روش در بین آن‌ها، میزان تغییرات سطح پوشش برف در سری‌های زمانی مختلف، محاسبه شده است.

^۱ . Artificial Neural Network

^۲ . Support Vector Machine

^۳ . Object Base

^۴ Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hyper cubes



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان همدان (نگارندگان)

مطالعه حاضر بر اساس فلوچارت ترسیم شده در شکل ۲ انجام گردیده است.

طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای

جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم بندی طبقاتی آن‌هایی که دارای رفتار طیفی یکسان باشند، طبقه‌بندی^۲ اطلاعات ماهواره‌ای گفته می‌شود. به عبارت دیگر، طبقه بندی پیکسل‌های تشکیل دهنده تصاویر، اختصاص دادن یا معرفی کردن هریک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده خاصی را، طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای گویند (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۷).

در این مرحله، ابتدا نمونه‌های تعلیمی از سطوح برفی و غیر برفی موجود در تصاویر، جهت آموزش شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان انتخاب گردید و سپس اقدام به طبقه‌بندی گردید. جهت طبقه‌بندی مدل شیء‌گرا نیز از نرم افزار eCognition 9.01 استفاده گردید. در این مرحله، ابتدا عملیات قطعه‌بندی^۱ انجام گردید و پس از آن بر اساس پارامترهای متوسط روشنایی، میانگین و انحراف معیار، اقدام به طبقه‌بندی بر اساس مدل شیء‌گرا گردید. در مرحله پس پردازش، با انتخاب نمونه‌های واقعیت زمینی سطوح برفی و غیر-برفی، دقت طبقه‌بندی الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و مدل شیء‌گرا محاسبه شد، با توجه به اینکه دقت مدل شیء‌گرا در کلیه سال‌های مورد مطالعه بهتر از شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان بود مساحت سطح پوشش برف نقشه‌های حاصل از مدل شیء‌گرا در محیط نرم افزار Arc GIS 10.5 محاسبه گردید. مراحل انجام

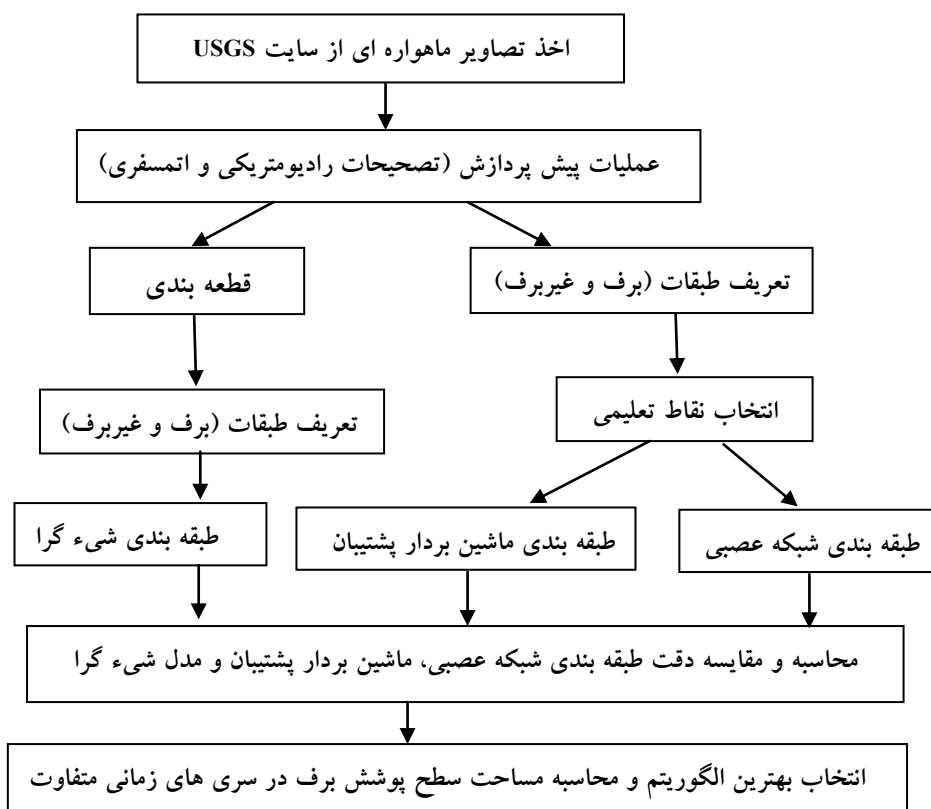
مطالعه

². Classification

¹. Segmentation

جدول ۱- تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده (نگارندگان)

ردیف	ماهواره	نام سنجنده	تاریخ تصویربرداری	تعداد باند	قدرت تفکیک مکانی	گذر	ردیف
۱	لندست ۲	MSS	۲۳ مارس ۱۹۷۵	۴ باند	۶۰ متر	۱۷۹	۳۶
۲	لندست ۵	TM	۲۸ مارس ۱۹۸۶	۷ باند	۳۰ متر	۱۶۶	۳۶
۳	لندست ۵	TM	۳۱ مارس ۱۹۹۳	۷ باند	۳۰ متر	۱۶۶	۳۶
۴	لندست ۷	ETM ⁺	۲۹ مارس ۲۰۰۱	۸ باند	۳۰ متر	۱۶۶	۳۶
۵	لندست ۵	TM	۰۹ آوریل ۲۰۰۸	۷ باند	۳۰ متر	۱۶۶	۳۶
۶	لندست ۸	OLI	۲۰ مارس ۲۰۱۸	۱۱ باند	۳۰ متر	۱۶۶	۳۶



شکل ۲- مراحل انجام مطالعه (نگارندگان)

از شبکه‌های عصبی، تصمیم‌گیری درختی، روش‌های منتج از تئوری منطق فازی، استفاده از اطلاعات ثانویه نظیر بافت، زمینه و عوارض زمینی از مهم‌ترین روش‌ها هستند (فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۹).

الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی

الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، یک روش در زمینه یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی است که با الهام از

هدف اصلی طبقه‌بندی تصاویر رقومی، ایجاد نقشه‌های موضوعی است که در آن هر پیکسل باید به یک کلاس مشخص از اشیاء متعلق بوده باشد. با به کارگیری روش‌های متنوع طبقه‌بندی، می‌توان انواع پوشش‌های زمین آشکار شده در تصویر ماهواره‌ای را بر اساس الگوریتم‌های خاص ممیزی کرد (رسولی، ۱۳۹۳). در سال‌های اخیر با پیشرفت تکنولوژی پردازش کامپیوتری تصویر، روش‌های جدیدی در امر طبقه‌بندی پیشنهاد شده است. به عنوان مثال استفاده

پیش‌بینی می‌کند هر نمونه در کدام کلاس یا گروه قرار می‌گیرد. این الگوریتم به پدیده‌های فضاهای چند بعدی حساسیت کمتری دارد. به همین علت، در طبقه‌بندی داده‌های چند طبقه و ابرطیفی روش مناسبی به شمار می‌رود. یکی از مزایای الگوریتم ماشین بردار پشتیبان این است که با نمونه‌های تعلیمی کوچک نیز می‌تواند دقت تصویر طبقه‌بندی شده خوبی ارائه دهد (دانشی و همکاران، ۱۳۹۵).

مدل شیء گرا

طی سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی در زمینه کاربردهای منطق فازی در سنجش از دور انجام گرفته است که عمدتاً بر مبنای روش شیء‌گرا استوار بوده که در آن علاوه بر ارزش‌های عددی، از اطلاعات مربوط به بافت، شکل و تن رنگ، در فرایند طبقه‌بندی استفاده می‌شود. توانایی روش طبقه‌بندی پیکسل پایه‌هنگامی که اشیاء متفاوت زمینی، با ارزش‌های عددی یکسان بر روی تصاویر رقومی ثبت می‌شوند، محدود می‌گردد. برای حل این مشکل، روش طبقه‌بندی شیء‌گرا مطرح شده است. یک شیء به صورت گروهی از پیکسل‌ها که از نظر خصوصیات طیفی و مکانی به هم مشابه‌اند اطلاق می‌شود. بنابراین بکارگیری پارادایم شیء‌گرا در تحلیل و پردازش تصویر اشاره به پردازش تصویر در فضای شیء به جای فضای پیکسل دارد که این اشیاء، جزء بنیادی در پردازش تصویر شیء‌گرا می‌باشند. سگمنت‌بندی تکنیکی می‌باشد که به وسیله آن، تصویر به اشیاء تبدیل می‌شود. شیء در مقایسه با پیکسل، علاوه بر مقادیر طیفی، دارای خصوصیات مکانی چون شکل، بافت و مورفولوژی می‌باشد که در پردازش تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرد (رسولی و محمود زاده، ۱۳۸۹). سگمنت‌ها مناطقی هستند که با یک یا چند معیار همگن در یک یا چند بعد در یک فضای مشخص تولید می‌شوند. بنابراین سگمنت‌ها دارای اطلاعات طیفی اضافی مانند میانگین مقادیر در هر باند، میانه مقادیر، حداقل و حداکثر مقادیر، واریانس و غیره در مقایسه با تک پیکسل‌ها می‌باشند (Blaschke, 2010). در فرایند شیء‌گرایی، اولین و مهم‌ترین مرحله، سگمنت‌بندی تصویر است که هدف از انجام آن تقسیم‌بندی تصویر به مناطقی است که دارای اشیاء معنی‌دار و همگن می‌باشند. به عبارتی در سگمنت‌بندی تصاویر،

سیستم عصبی انسانی، به تجزیه و تحلیل مدل‌های پیچیده غیر خطی و سیستم‌های محاسباتی موازی می‌پردازد (Ojaghi et al, 2015). شبکه عصبی مصنوعی در واقع یک تکنیک آماری ناپارامتریک است که برای کمی‌سازی و مدل‌سازی الگوهای پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Maithani, 2009). یکی از مزایای شبکه‌های عصبی مصنوعی، این است که مستقل از فرض توزیع آماری هستند. شبکه‌های عصبی به طور غیر خطی هستند و می‌توانند به عنوان یک تابع پیچیده ریاضی، داده‌های ورودی را به خروجی مورد نظر تبدیل کنند. استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در پردازش تصاویر ماهواره‌ای در دو دهه اخیر افزایش پیدا کرده است (جمعه زاده و همکاران، ۱۳۹۴). مدل ریاضی یک شبکه عصبی، مقایسه مجموعه‌ای از توابع ساده است که ارتباط آن‌ها به وسیله وزن توابع است. یکی از رایج‌ترین و پرکاربردترین مدل‌های شبکه عصبی، مدلی است که شامل مجموعه‌ای از واحدهای خروجی، واحدهای پنهان (میانی) و واحدهای ورودی باشد. به طوری که واحد های میانی، ورودی‌ها را به خروجی‌ها مرتبط می‌کند. واحد های میانی از داده‌های ورودی، اطلاعات مفید را استخراج کرده و آن‌ها را برای برآورد خروجی‌ها به کار می‌برند (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۷).

ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان، یک روش کلاسه‌بندی الگو است که اولین بار توسط ولادیمیر واپنیک معرفی شد. این روش، یک روش آماری غیر پارامتریک است که برای تفکیک کلاس‌ها در داده‌های آموزشی ابررویه‌ها را روی آن‌ها برازش می‌دهد. نخستین مرحله برای تعیین ابررویه، پیدا کردن نزدیک‌ترین نمونه‌های آموزشی دو کلاس است. این نمونه‌های آموزشی، بردار پشتیبان نام دارند. در این حالت با استفاده از توابع کرنل، داده‌ها به فضایی با بعد بزرگ‌تر انتقال می‌یابند که در آن تفکیک‌پذیری بهتر انجام می‌شود و ابررویه جداکننده در آن فضا، تعیین می‌شود. برای جدا کردن کلاس‌ها ابررویه های گوناگونی وجود دارد ولی فقط یکی از آن‌ها بهینه است و آن ابررویه‌ای است که بیشینه حاشیه را بین دو کلاس ایجاد می‌کند (شجاعیان و همکاران، ۱۳۹۴). ماشین بردار پشتیبان از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده است که

$$O.A. = \frac{\sum_{i=1}^c E_{ii}}{N} \quad (۱)$$

که در آن O.A دقت کلی، c تعداد کلاس‌ها، N تعداد کل پیکسل‌های معلوم، E_{ii} اعضای قطری ماتریس خطا می‌باشد (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۳). ضریب کاپا^۶ یکی دیگر از پارامترهای دقت طبقه‌بندی است که از ماتریس خطا استخراج می‌گردد. ضریب کاپا، دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. به عبارت دیگر ضریب کاپا، پس از حذف تاثیر شانس در طبقه‌بندی، مقدار تطابق با واقعیت زمینی را محاسبه خواهد کرد. مقدار صفر برای کاپا یعنی طبقه‌بندی بدون هیچ ضابطه‌ای و کاملاً تصادفی انجام شده است و مقدار یک بدان معنی است که طبقه‌بندی کاملاً صحیح و بر اساس نمونه‌های گرفته شده می‌باشد (اکبری و شکاری بادی، ۱۳۹۳). شاخص کاپا از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$kappa = \frac{Po - Pc}{1 - Pc} \times 100 \quad (۲)$$

در این رابطه Po درستی مشاهده شده و Pc توافق مورد انتظار می‌باشند (آرخی و ادیب نژاد، ۱۳۹۰).

در این مطالعه جهت ارزیابی دقت، از دقت کلی و ضریب کاپا استفاده گردیده است. برای این منظور، پس از انجام طبقه‌بندی، با استفاده از نقاط کنترل زمینی، اقدام به ارزیابی دقت کلی و ضریب کاپای هر کدام از الگوریتم‌های مورد استفاده گردید.

نتایج و بحث

تهیه نقشه طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی

تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه، در محیط نرم افزار ENVI 5.3 پس از انجام تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری و انتخاب نمونه‌های تعلیمی، در دو کلاس (برف و غیر برف) به روش الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، طبقه‌بندی شدند. پارامترهای تعریف شده برای توپولوژی و آموزش شبکه عصبی مصنوعی، برای رسیدن به مناسب ترین شبکه، به شرح جدول ۲ می‌باشد.

در این فرایند، نمونه‌های آموزشی اخذ شده از تصاویر ماهواره‌ای معرفی گردیدند. ورودی شبکه عصبی مصنوعی همان باندهای تصاویر ماهواره‌ای منتخب بودند.

گروهی از پیکسل‌های مشابه و مجاور با هم ترکیب شده و قطعات همگن و مستقلی را تشکیل می‌دهند (Lu et al, 2018). بیشترین اختلاف واضح بین پردازش پیکسل پایه تصویر و پردازش شیء‌گرای تصویر، یکی این است که در پردازش شیء‌گرای تصویر، واحدهای اساسی پردازش، شیء‌های تصویر یا سگمنت‌ها هستند نه تک پیکسل‌ها، اختلاف دیگر این است که طبقه‌بندی در پردازش شیء‌گرای تصویر، طبقه‌بندی نرم می‌باشد که این طبقه‌بندی بر اساس منطق فازی می‌باشد. طبقه‌بندی نرم از درجه عضویت برای توصیف شیء‌های اختصاص داده شده به یک کلاس استفاده می‌کند، مقدار درجه عضویت بین صفر و یک می‌باشد. (Yan et al, 2006).

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی^۱، یکی از مراحل مهم پس از طبقه‌بندی است. بنابراین این نکته را باید در نظر داشت که همیشه در کنار انجام طبقه‌بندی، نتایج آن نیز ارزیابی شوند. پس از بدست آمدن نتایج باید معلوم شود که آیا داده‌های بدست آمده با کاربرد مورد نظر از دقت لازم برخوردار هستند. متداول‌ترین روش برای ارزیابی کمی دقت طبقه بندی، انتخاب یک سری پیکسل‌های نمونه معلوم و مقایسه کلاس آن‌ها با نتایج طبقه‌بندی می‌باشد. این داده‌های معلوم را واقعیت زمینی^۲ یا داده‌های مرجع^۳ می‌نامند که پس از انتخاب نمونه‌های واقعیت زمینی، ماتریس خطا^۴ تشکیل می‌گردد. ماتریس خطا حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل پیکسل‌های معلوم واقعیت زمینی با پیکسل‌های متناظر در نتایج طبقه‌بندی است. یکی از پارامترهای دقت طبقه‌بندی که از ماتریس خطا استخراج می‌گردد دقت کلی^۵ است. در ماتریس خطا، دقت کلی میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد که از رابطه ۱ بدست می‌آید.

^۱ . Accuracy Assessment

^۲ .Ground Truth

^۳ . Reference Data

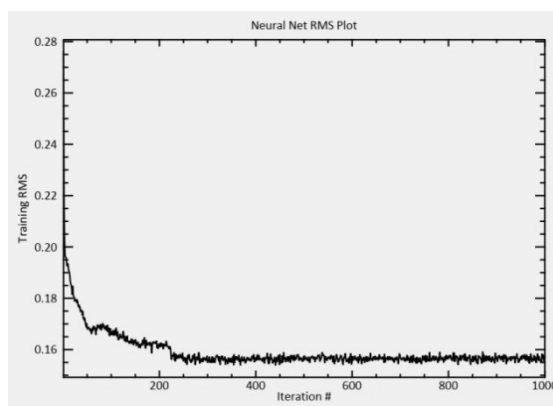
^۴ . Error Matrix

^۵ . Overall Accuracy

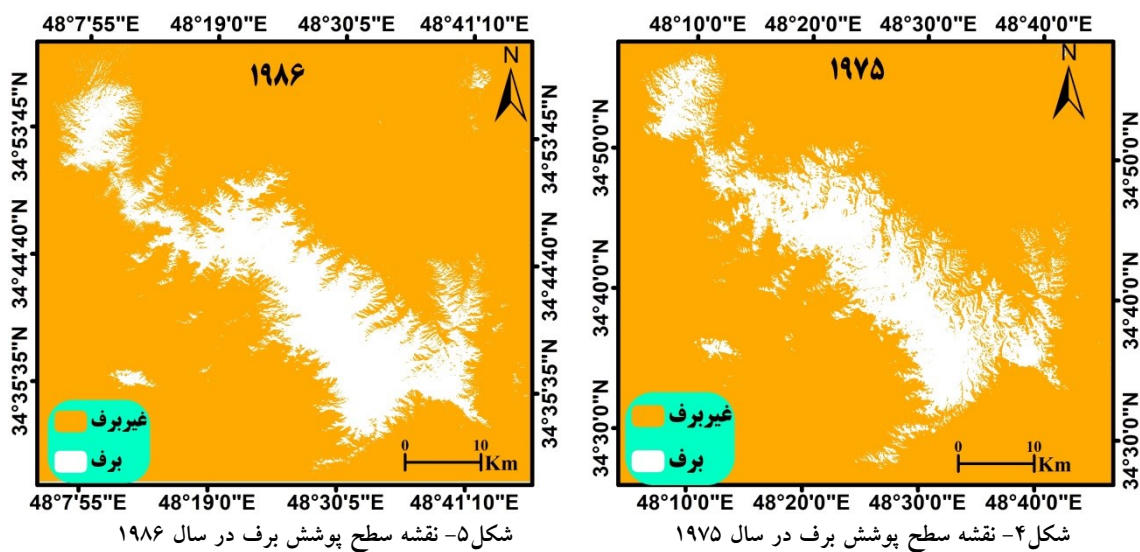
^۶ . Kappa Coefficient

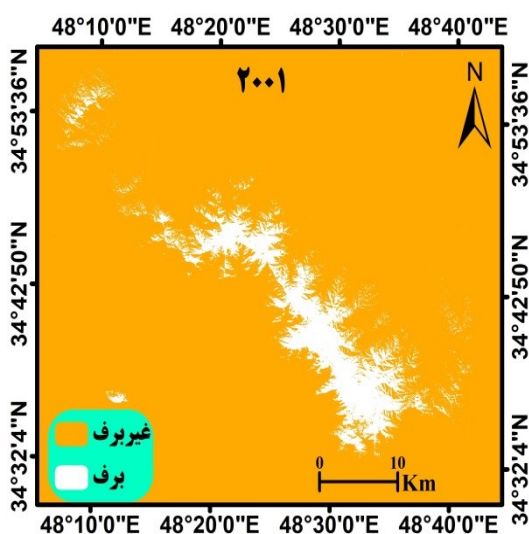
جدول ۲ - پارامترهای تعریف شده جهت طبقه‌بندی شبکه عصبی (نگارندگان).

کلاس‌ها	سطح فعالیت	سطح آستانه تعلیمی	نرخ آموزشی	نوسان آموزشی	RMS	لایه پنهان	تعداد تکرار
برف و غیر برف	منطقی	۰/۹	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۱	۱۰۰۰

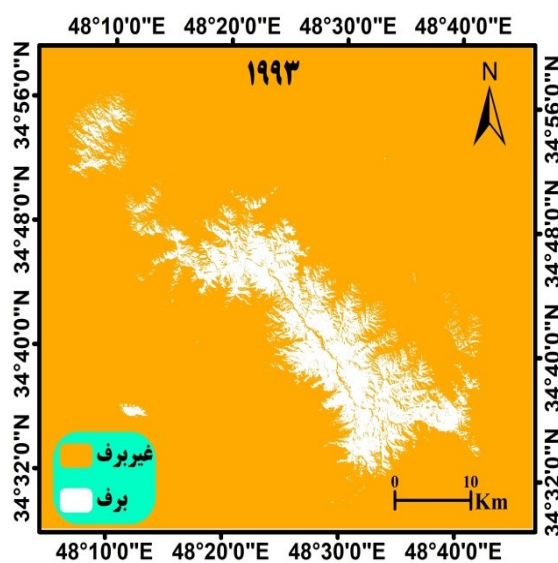


شکل ۳- نمودار روند کاهش خطای آموزش شبکه عصبی (نگارندگان).

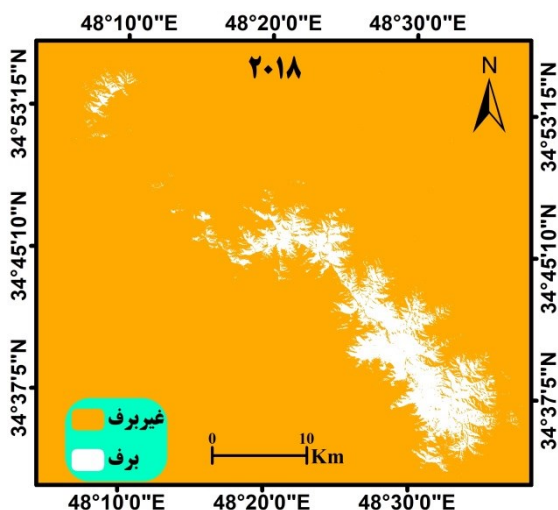




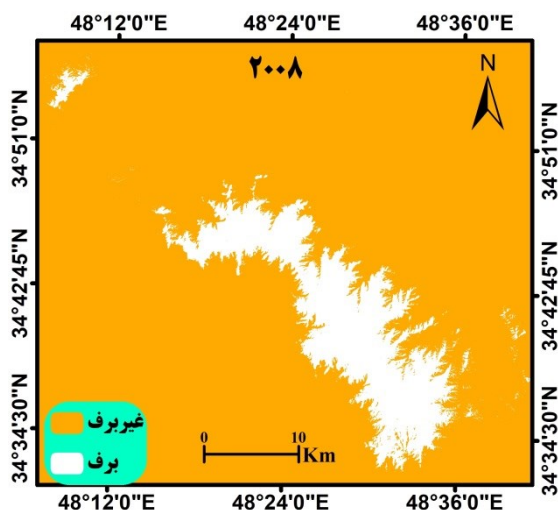
شکل ۷- نقشه سطح پوشش برف در سال ۲۰۰۱



شکل ۶- نقشه سطح پوشش برف در سال ۱۹۹۳



شکل ۹- نقشه سطح پوشش برف در سال ۲۰۱۸



شکل ۸- نقشه سطح پوشش برف در سال ۲۰۰۸

پارامتر مربوط به انتخاب لایه پنهان، برای طبقه‌بندی خطی مقدار صفر و برای طبقه‌بندی غیر خطی مقدار یک اعمال می‌گردد. تعداد تکرار نیز تعداد تکرار یادگیری برای نمونه-های آموزشی جهت پردازش اطلاعات می‌باشد. شکل ۳ نمودار روند کاهش خطای آموزش (RMS) شبکه می‌باشد. نقشه‌های بدست آمده برای سطح پوشش برف با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در سری‌های زمانی ۱۹۷۵، ۱۹۸۶، ۱۹۹۳، ۲۰۰۱، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ به ترتیب در شکل-های ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ ارائه گردیده است.

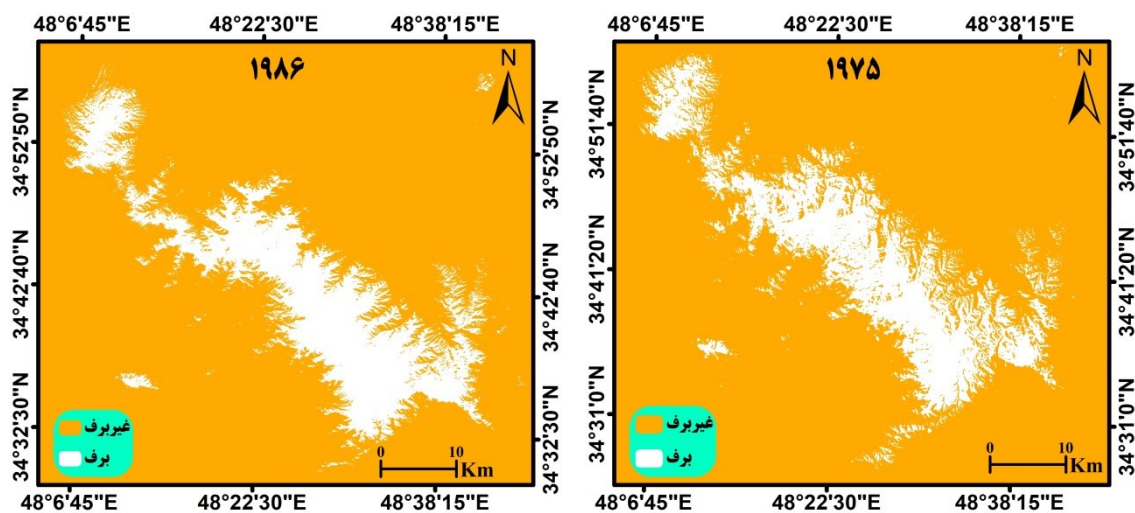
به دلیل اینکه نتیجه طبقه‌بندی بین محدوده صفر تا یک باشد، سطح فعالیت در حالت منطقی^۱ قرار گرفت، سطح آستانه تعلیمی سهم اندازه وزن‌های درونی گره‌ها را با توجه به سطح فعالیت تعیین می‌کند. نرخ آموزشی نیز اهمیت ضریب وزن‌ها را معین می‌کند. نوسان آموزشی، مقدار نوسان آموزش شبکه می‌باشد. RMS^۲ مقدار خطایی را تعیین می‌کند که در آن آموزش شبکه متوقف خواهد شد. در

^۱ .Logistic

^۲ . Root Mean Square

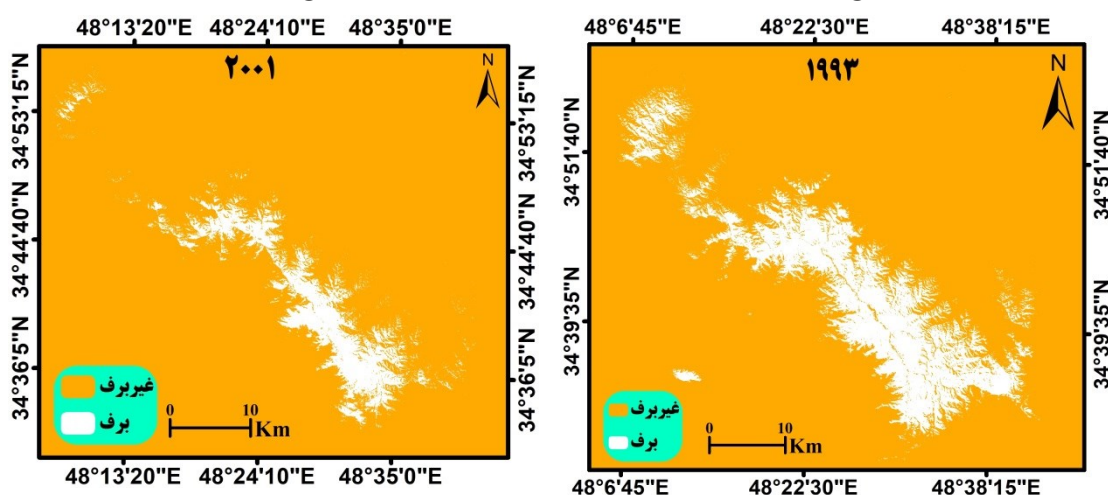
جدول ۳- پارامترهای تعریف شده جهت طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان (نگارندگان).

کلاس‌ها	نوع کرنل	ضریب جریمه	سطوح هرم	حد آستانه احتمالی
برف و غیر برف	خطی	۱۰۰	۰	۰/۰۰۱



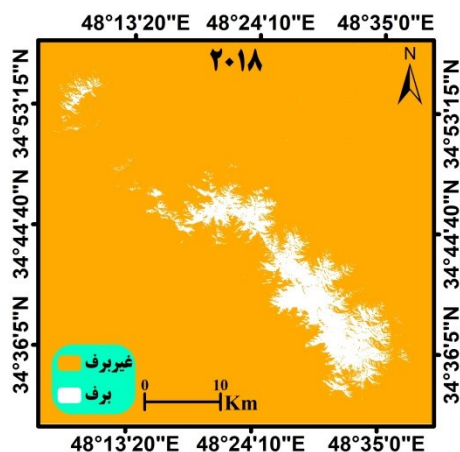
شکل ۱۱- نقشه سطح پوشش برف در سال ۱۹۸۶

شکل ۱۰- نقشه سطح پوشش برف در سال ۱۹۷۵

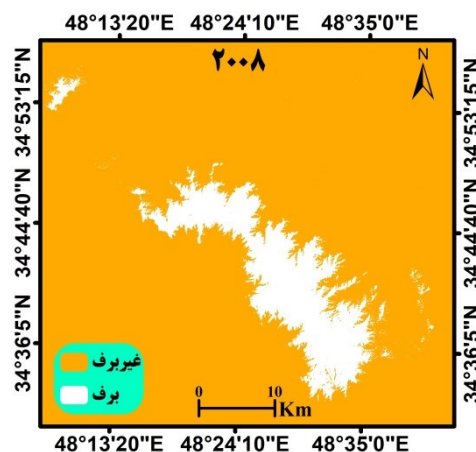


شکل ۱۳- نقشه سطح پوشش برف در سال ۲۰۰۱

شکل ۱۲- نقشه سطح پوشش برف در سال ۱۹۹۳



شکل ۱۵- نقشه سطح پوشش برف در سال



شکل ۱۴- نقشه سطح پوشش برف در سال ۲۰۰۸

۲۰۱۸

و فشرده‌گی متفاوت، جهت رسیدن به بهترین حالت سگمنت بندی انجام شد. نمونه سگمنت‌بندی تصاویر، مربوط به سری‌های زمانی مختلف تصاویر ماهواره‌ای در شکل‌های ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، و ۲۱ نشان داده شده است.

پس از سگمنت‌سازی مناسب، اقدام به انتخاب نمونه‌های آموزشی برای کلاس‌های برف و غیر برف گردید. قسمتی از نمونه‌های آموزشی انتخاب شده در شکل ۲۲ نشان داده شده است. جدول ۴ بیانگر پارامترهای مختلف استفاده شده در مرحله سگمنت‌سازی جهت طبقه‌بندی مدل شیء‌گرا می‌باشد.

پس از انتخاب نمونه‌های آموزشی، پارامترهای مقادیر متوسط روشنایی، میانگین و انحراف معیار به عنوان ویژگی‌های متمایز کننده کلاس‌های برف و غیر برف بر روی سگمنت‌ها جهت انجام فرایند طبقه‌بندی شیء‌گرا انتخاب گردیدند. سپس با استفاده از الگوریتم نزدیکترین همسایگی، طبقه‌بندی شیء‌گرا انجام گردید. نقشه‌های بدست آمده سطح پوشش برف مدل شیء‌گرا در سری‌های زمانی ۱۹۷۵، ۱۹۸۶، ۱۹۹۳، ۲۰۰۱، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ به ترتیب در شکل‌های ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷ و ۲۸ ارائه گردیده است.

تهیه نقشه طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان

پس از انجام طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه جهت تهیه نقشه طبقه‌بندی از روش ماشین بردار پشتیبان، پردازش شدند. پارامترهای انتخابی جهت پردازش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان به شرح جدول ۳ می‌باشد.

در این مرحله نیز، نمونه‌های آموزشی اخذ شده از تصاویر ماهواره‌ای معرفی گردیدند. تصاویر ماهواره‌ای منتخب به عنوان بردار ورودی معرفی گردیدند. نوع کرنل، تابع خطی انتخاب گردید، مقادیر ضریب جریمه^۱، سطوح هرم^۲ و حد آستانه احتمالی به صورت پیش فرض و بر اساس مقادیر قراردادی^۳ در نرم افزار در نظر گرفته شد و نقشه سطح پوشش برف در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. نقشه‌های بدست آمده سطح پوشش برف در سری‌های زمانی ۱۹۷۵، ۱۹۸۶، ۱۹۹۳، ۲۰۰۱، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ به ترتیب در شکل‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ ارائه گردیده است.

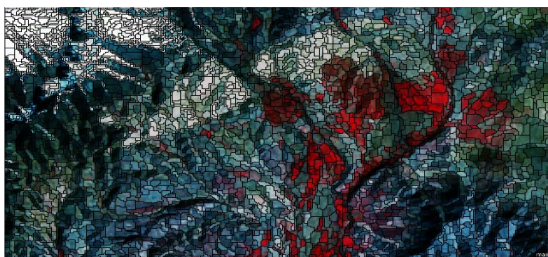
تهیه نقشه طبقه‌بندی مدل شیء‌گرا

برای تهیه نقشه سطح برف در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل شیء‌گرا، در نرم افزار eCognition سگمنت‌سازی در مقیاس‌های مختلف با ضریب وزنی شکل

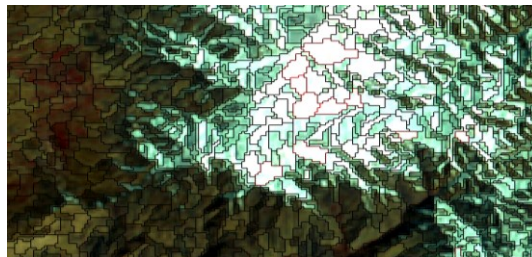
^۱ . Penalty Parameter

^۲ . Pyramid Level

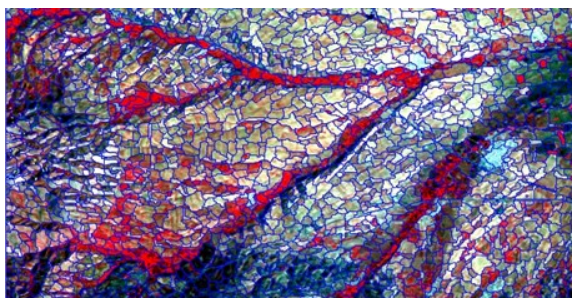
^۳ . Default value



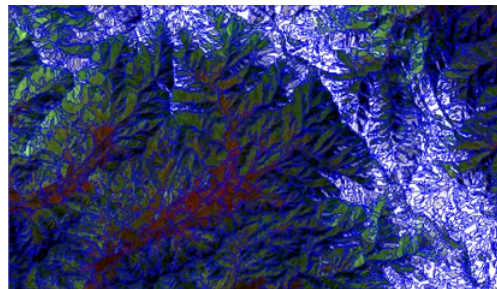
شکل ۱۷- سگمنت سازی تصویر سال ۱۹۸۶



شکل ۱۶- سگمنت سازی تصویر سال ۱۹۷۵



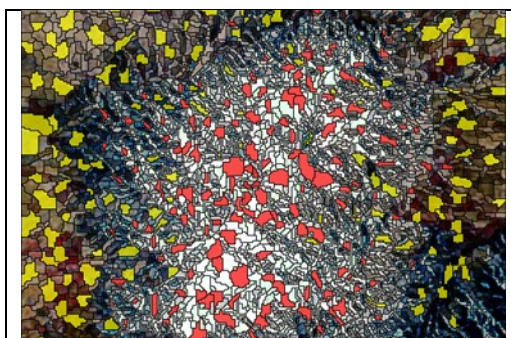
شکل ۱۹- سگمنت سازی تصویر سال ۲۰۰۱



شکل ۱۸- سگمنت سازی تصویر سال ۱۹۹۳

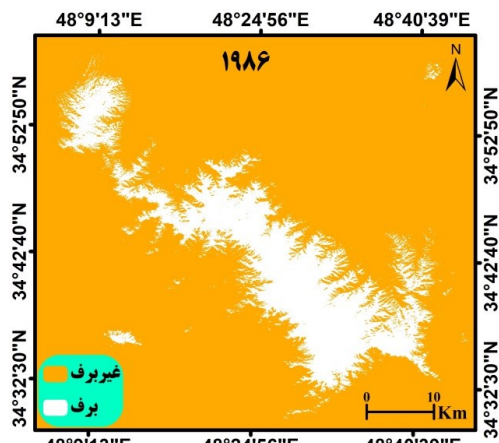
جدول ۴- پارامترهای استفاده شده جهت سگمنت بندی طبقه بندی شیء گرا (نگارندگان).

ردیف	سری زمانی	مقیاس	ضریب وزنی شکل	ضریب وزنی فشردگی
۱	۱۹۷۵	۵	۰/۸	۰/۲
۲	۱۹۸۶	۴	۰/۳	۰/۷
۳	۱۹۹۳	۷	۰/۶	۰/۴
۴	۲۰۰۱	۷	۰/۳	۰/۷
۵	۲۰۰۸	۱۰	۰/۴	۰/۶
۶	۲۰۱۸	۱۰	۰/۵	۰/۵

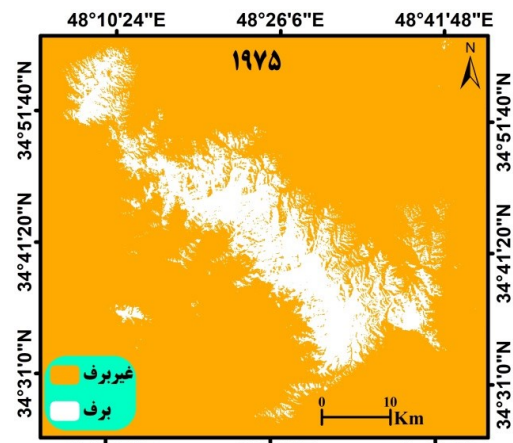


غیر برف برف

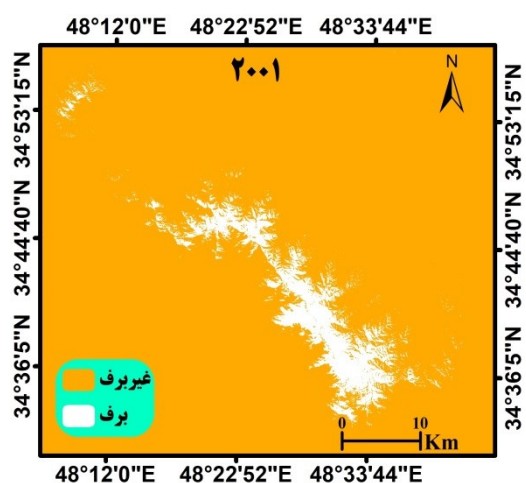
شکل ۲۲- نمونه های آموزشی انتخاب شده جهت طبقه بندی شیء گرا.



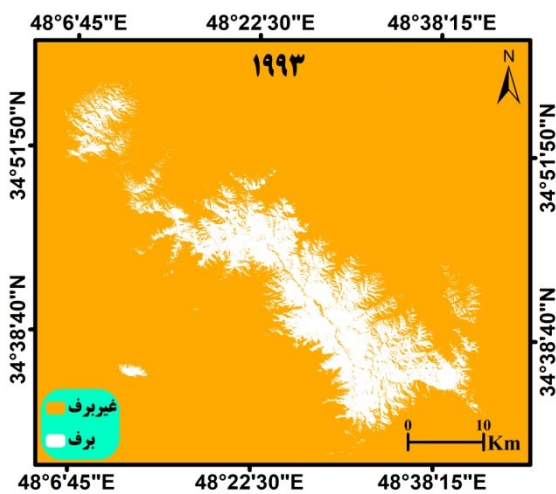
شکل ۲۴ نقشه سطح پوشش برف در سال ۱۹۸۶



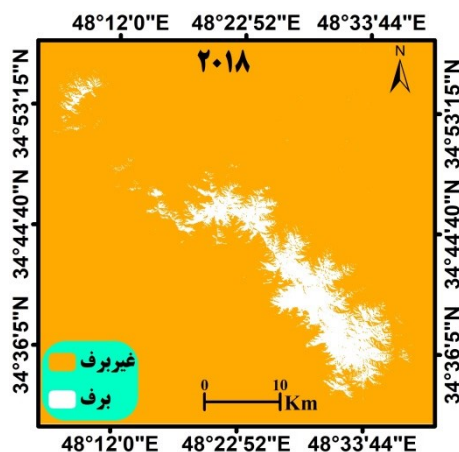
شکل ۲۳ نقشه سطح پوشش برف در سال ۱۹۷۵



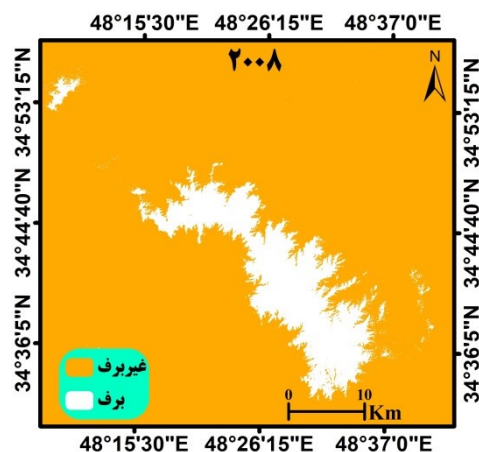
شکل ۲۶ نقشه سطح پوشش برف در سال ۲۰۰۱



شکل ۲۵ نقشه سطح پوشش برف در سال ۱۹۹۳



شکل ۲۸ نقشه سطح پوشش برف در سال ۲۰۱۸



شکل ۲۷ نقشه سطح پوشش برف در سال ۲۰۰۸

پس از تهیه نقشه طبقه‌بندی سطح پوشش برف از طریق شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و مدل

ارزیابی دقت طبقه‌بندی

انتخاب گردید و دقت کلی و ضریب کاپا برای مدل شیء گرا نیز محاسبه گردید. جدول ۵ نمایانگر دقت کلی و ضریب کاپا در خصوص الگوریتم‌های مورد استفاده در این مطالعه می‌باشد. مقایسه دقت طبقه‌بندی الگوریتم‌های مورد استفاده در این مطالعه نشان دهنده این موضوع بود که به ترتیب، طبقه‌بندی مدل شیء گرا، ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی دارای دقت بالاتری بودند.

شیء گرا، اقدام به محاسبه دقت طبقه‌بندی هر کدام از الگوریتم‌های مورد استفاده گردید. جهت محاسبه دقت الگوریتم‌های شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان از طریق نرم افزار ENVI 5.3 تعدادی نقاط کنترل واقعیت زمینی از مناطق برفی و غیر برفی انتخاب گردید و دقت کلی و ضریب کاپا برای هر دو الگوریتم محاسبه گردید. همچنین جهت محاسبه دقت طبقه‌بندی مدل شیء گرا از طریق نرم افزار eCognition 9.01 تعدادی نقاط کنترل واقعیت زمینی

جدول ۵- ارزیابی دقت طبقه‌بندی الگوریتم‌های مورد استفاده.

ردیف	سری زمانی	الگوریتم	دقت کلی	ضریب کاپا
۱	۱۹۷۵	شبکه عصبی مصنوعی	۰/۹۹۴۳	۰/۹۲
		ماشین بردار پشتیبان	۰/۹۹۶۶	۰/۹۴
		مدل شیء گرا	۰/۹۹۶۸	۰/۹۹
۲	۱۹۸۶	شبکه عصبی مصنوعی	۰/۹۹۱۱	۰/۹۷
		ماشین بردار پشتیبان	۰/۹۹۲۵	۰/۹۸
		مدل شیء گرا	۰/۹۹۹۴	۰/۹۹
۳	۱۹۹۳	شبکه عصبی مصنوعی	۰/۹۹۷۳	۰/۹۹۳۵
		ماشین بردار پشتیبان	۰/۹۹۷۸	۰/۹۹۴۹
		مدل شیء گرا	۰/۹۹۹۴	۰/۹۹۸۶
۴	۲۰۰۱	شبکه عصبی مصنوعی	۰/۹۸۶۹	۰/۹۴
		ماشین بردار پشتیبان	۰/۹۹۱۴	۰/۹۶
		مدل شیء گرا	۰/۹۹۸۸	۰/۹۹
۵	۲۰۰۸	شبکه عصبی مصنوعی	۰/۹۹۸۴	۰/۹۸۲۵
		ماشین بردار پشتیبان	۰/۹۹۸۷	۰/۹۸۷۰
		مدل شیء گرا	۰/۹۹۹۱	۰/۹۸۷۴
۶	۲۰۱۸	شبکه عصبی مصنوعی	۰/۹۹۹۴	۰/۹۸۰۵
		ماشین بردار پشتیبان	۰/۹۹۹۶	۰/۹۸۳۷
		مدل شیء گرا	۰/۹۹۹۸	۰/۹۹۴۱

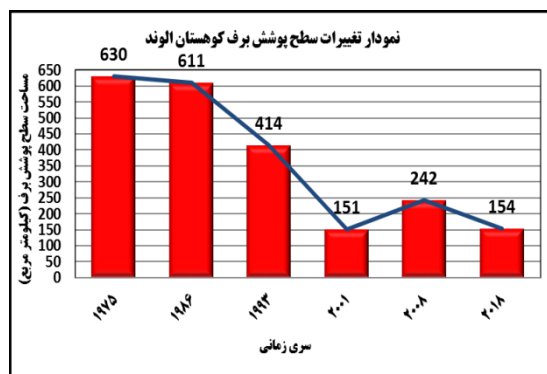
گردید. جدول ۶ نشان دهنده مساحت سطح پوشش برف در منطقه مورد مطالعه در سری‌های زمانی مختلف می‌باشد. نمودار ۱ نیز روند تغییرات سطح پوشش برف در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

محاسبه تغییرات میزان سطح پوشش برف

با توجه به دقت بالاتر مدل شیء گرا نسبت به الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی در این مطالعه، با استفاده از نرم افزار Arc GIS 10.5 مساحت سطح پوشش برف نقشه‌های تهیه شده از مدل شیء گرا محاسبه

جدول ۶- مساحت سطح پوشش برف برحسب کیلومتر مربع.

سری زمانی	۱۹۷۵	۱۹۸۶	۱۹۹۳	۲۰۰۱	۲۰۰۸	۲۰۱۸
مساحت (کیلومتر مربع)	۶۳۰	۶۱۱	۴۱۴	۱۵۱	۲۴۲	۱۵۴



شکل ۲۹- روند تغییرات سطح پوشش برف در کوهستان الوند در سری زمانی مورد مطالعه (نگارندگان).

سطح پوشش برف در محدوده مورد مطالعه استفاده گردید. دقت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی هر سه روش مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصل از آنالیز آماری دقت کلی و ضریب کاپا نشان دادند مدل شیء‌گرا نسبت به شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان دارای دقت بیشتری می‌باشد. بعد از مدل شیء‌گرا، به ترتیب ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی دارای دقت بهتری بودند. به دلیل اینکه نقشه‌های منتج از مدل شیء‌گرا دارای بیشترین دقت بودند، مساحت سطح پوشش برف نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی مدل شیء‌گرا، برحسب کیلومتر مربع محاسبه گردید. نتایج حاصل از محاسبه سطح پوشش برف در کوهستان الوند همدان نشانگر کاهش چشمگیر سطح پوشش برف در بازه زمانی سال‌های ۱۹۷۵ الی ۲۰۱۸ می‌باشد به نحوی که مساحت سطح پوشش برف در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۹۷۵ برابر با ۶۳۰ کیلومتر مربع، در سال ۱۹۸۶ برابر با ۶۱۱ کیلومتر مربع، در سال ۱۹۹۳ برابر با ۴۱۴ کیلومتر مربع، در سال ۲۰۰۱ برابر با ۱۵۱ کیلومتر مربع، در سال ۲۰۰۸ برابر با ۲۴۲ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۱۸ برابر با ۱۵۴ کیلومتر مربع می‌باشد. نتایج این مطالعه با نتایج ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۱)، میرموسوی و صبور (۱۳۹۳)، خسروی و همکاران (۱۳۹۶) و سلیمانی و

همان‌طورکه از شکل ۲۹ مشهود است، در دوره زمانی مورد بررسی، میزان سطح پوشش برف در محدوده مطالعاتی مورد نظر روندی کاهش داشته است به طوری که در یک دوره ۴۳ ساله از ۶۳۰ کیلومتر مربع به ۱۵۴ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۸ رسیده است.

نتیجه‌گیری

کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور در بررسی و پایش پدیده‌های زمینی مانند برف، با توجه به سریع و ارزان بودن آن‌ها، دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. با توجه به اهمیت برف در مسائل مختلف زیست محیطی، در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای برای اندازه‌گیری روند تغییرات سطح پوشش برف در کوهستان الوند همدان استفاده شده است. روند این تغییرات با استفاده از داده‌های سنجنده‌های MSS، TM، ETM⁺ و OLI ماهواره لندست در سری زمانی ۱۹۷۵ الی ۲۰۱۸ اندازه‌گیری شد. با توجه به اهمیت بسیار مهم انتخاب الگوریتم مناسب جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، لازم است تا دقت الگوریتم‌های گوناگون در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مقایسه گردد و الگوریتم‌های دقیق‌تر شناسایی شوند. به همین منظور، در مطالعه حاضر، سه الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و مدل شیء‌گرا، جهت طبقه‌بندی و استخراج

7. Ebrahimi, H. Gheiby, A. Malakoti, H. (2012), Trend of Snow Cover Detection Using Satellite Data from MODIS over Snow-Rich Areas in Iran, *Journal of NIVAR*, Vol.36, PP.3-10.

8. Fatemi, S.B. and Rezaei, Y. (2014), *Principles of Remote Sensing*, Azadeh Publishers, Tehran.

9. Feizizadeh, B. Helali, H. (2010), Comparison Pixel-Based, Object-Oriented Methods and Effective Parameters in Classification Land Cover/ Land Use of West Province Azerbaijan, *Physical Geography Research Quarterly*, Vol.42, No.71, PP.73-84.

10. Ildoromi, A. Habibnejad Roshan, M. Safari Shad, M. Dalal Oghli. A. (2015), Application of MODIS Sensor and NDSI Index to Produce Snow Cover Map (Case Study of Bahar Watershed), *Journal of Geographic Space*, Vol.15, No.50, PP.125-140.

11. Jafari, Gh. Hosseini, S.A.R. (2018), Leveling of Tourism Target Villages in the Slopes of Alvand Mountains in Hamadan Province, *Quarterly Journal of Space Economics and Rural Development*, Vol.6, PP.97-114. <http://serd.khu.ac.ir/article-1-2979-fa.html>

12. Jomeh Zadeh, B. Hashemi, S. Darvishi Bolourani, A. Kiavarz, M. (2016), Application of Normalized Spectral Mixture Analysis (NSMA) to extract urban built-up areas and utilize it in artificial neural network (MLP) to predict the future growth of the city, *Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, Vol.24, No.96, PP.65-77. <https://dx.doi.org/10.22131/sepehr.2016.18944>

13. Khosravi, M. Tavousi, T. Raeespour, K. Omid Ghaleh mohammadi, M. (2017), A Survey on Snow Cover Variation in Mount Zardkooh-Bakhtyare Using Remote Sensing, *Journal of Hydrogeomorphology*, Vol.3, No.12, PP.25-44.

14. Lu, L. Tao, Y. Di, Liping. (2018), Object Based Plastic Mulched Land Cover Extraction Using Integrated Sentinel-1 and Sentinel-2 Data, *Journal of Remote Sensing*, Vol.10, No.11, pp.1820-1837. <https://doi.org/10.3390/rs10111820>

15. Maithani, S. (2009), a neural network based urban growth model of an Indian city, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, vol.37, PP.363-376.

16. Mir Yaghoobzadeh, M.H. and Ghanbarpour, M.R. (2010), Investigation to MODIS Snow Cover Maps Usage in Snowmelt Runoff Modeling (Case Study: Karaj Dam Basin),

همکاران (۱۳۹۷) همسو بوده است. دلیل این امر می‌تواند ناشی از روند گرم شدن کره زمین به عنوان بخشی از تغییر اقلیم باشد. دما رابطه مستقیم با ذوب برف دارد یعنی هر چه دما بالاتر باشد میزان ذوب برف نیز بیشتر می‌شود. در ضمن دما می‌تواند بر نوع نزولات جوی نیز تاثیر گذار باشد، بدین ترتیب افزایش دما باعث کاهش نزولات جوی به صورت برف می‌شود.

منابع

1. Akbari, E. and Shekari Badi, A. (2014). Processing and extracting information from satellite data using ENVI software, Mahvareh Publication. Tehran.
2. Alavipanah, S.K. Matinfar, H.R. Rafiei Emam, A. (2009), the Application of Information Technology in the Earth Sciences (On Digital Soil Mapping). University of Tehran Press. Tehran.
3. Arekhi, S. and Adibnejad, M. (2011), Efficiency assessment of the of Support Vector Machines for land use classification using Landsat ETM⁺ data (Case study: Ilam Dam Catchment). *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*. Vol.18, NO.3, PP.420-440. <https://dx.doi.org/10.22092/ijrdr.2011.102175>
4. Baseri Nam S, Esmaeily A, Dehghani M. (2015), Propose an Algorithm to Improve the Accuracy of Snow-Covered Mapping Using MODIS Images. *Engineering Journal of Geospatial Information Technology* Vol.3, No.1, PP.61-75. <http://dx.doi.org/10.29252/jgit.3.1.61>
5. Blaschke, T. (2010), Object based image analysis for remote sensing, *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 65, No.1, PP. 2-16. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>
6. Daneshi, A. Vafakhah, M. and Panahi, M. (2016). Efficiency Comparison of Support Vector Machine and Maximum Likelihood Algorithms for Monitoring Land Use Changes. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, Vol.8, No.2, PP.73-86. <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-889-fa.html>

Area), Geomatics Conference, Tehran, Iran Mapping Organization.

23. Shojaeian, A. Mokhtari Chelche, S. Keshkar, L. Soleymani rad, E. (2015), Comparing the Performance of Parametric and Nonparametric Methods in Land Cover Classification using Landsat-8 Satellite Images (Case study: A part of Dezful city), Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), Vol.24, No.93, PP.53-64.

<https://dx.doi.org/10.22131/sepehr.2015.14007>

24. Solaimani, K. Darvishi, Sh. Shokrian, F. Rashidpour, M. (2018), Monitoring of temporal-spatial variations of snow cover using the MODIS image (Case Study: Kurdistan Province), Iranian Journal of Remote Sensing & GIS, Vol.10, No.3, PP.77-104.

25. Talebi Esfandarani, S. Alavipanah, S.K. Alimohammadi Sarab, A. Rosta, H. (2011). Cloud separation from snow in MODIS images, using Snow Map algorithm and cloud mask algorithm, Iranian Journal of Remote Sensing & GIS, Vol.3, No.1, PP.71-90.

26. Yan, G. Mas, J. F. Maathuis, B.H.P. Xiangmin, Z. Van Dijk, P.M. (2006). Comparison of pixel based and object oriented image classification approaches (A case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China). International Journal of Remote Sensing Vol.27, No.18, PP. 4039-4055. <https://doi.org/10.1080/01431160600702632>

Journal of Geosciences, Vol.19, No.76, PP.141-148. <https://dx.doi.org/10.22071/gsj.2010.55672>

17. Mirmousavi, S.H. and Saboor, L. (2014), Monitoring the Changes of Snow Cover by Using MODIS Sensing Images at North West of Iran, Journal of Geography and Development, Vol.12, No.35, PP.181-200. <https://dx.doi.org/10.22111/gdij.2014.1562>

18. Ojaghi, S. Ebadi, H. Farnood Ahmadi, F. (2015), Using artificial neural network for classification of high resolution remotely sensed images and assessment of its performance compared with statistical methods, American Journal of Engineering, Technology and Society, Vol.2, No.1, pp.1-8.

19. Rasouli, A. A. (2014), Principles of Applied Remote Sensing Satellite Image Processing, Tabriz University Press, Tabriz.

20. Rasouli, A. A. and Mahmoudzadeh, H. (2010), Fundamental of Knowledge Based Remote Sensing, Elmiran Publishers, Tabriz.

21. Rayegani. B, Khajeddin, S. J. Soltani kopani, S. Barati, S. (2008), Analysis of MODIS Snow-Cover Map Changes during Missing Data Period. Journal of Water and Soil Science, Vol.12, No.44, PP.315-332.

<http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-889-en.html>

22. Roshani, N. Valdan Zoj, M. J. Rezaei, Y. (2008), Snow Measurement Using Remote Sensing Data (Case Study: Alamchal Glacier