پایش یخچال‌های اشترانکوه حوضه آبریز دریاچه گهر لرستان و ارتباط آن با کاهش پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر MODIS و شاخص NDSI بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵

محمد ابراهیم عفیفی[۱]، وحید سهرابی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۹

چکیده

در ایـن مطالعـه، از تصـاویر ماهواره‌های سنجنده MODIS مربوط به سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ میلادی، برای تهیه نقشه سطح تحت پوشش برف در استان لرستان منطقه اشترانکوه اسـتفاده شـده است. هدف اصلی تحقیق عبارت از بررسی ارتباط یخچال‌های طبیعی با پوشش گیاهی بوده است. روش مورداستفاده در این مطالعه شاخص NDSI بوده است که در واقع تفاضل نرمال شده دو باند طیفی (باند مرئی و باند مادون‌قرمز نزدیک یا مادون‌قرمز طول موج‌کوتاه) می‌باشد که برای استخراج سطوح پوشیده از برف به کار می‌رود. برای خوشه‌بندی از الگوریتم k-means استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده از تغییرات پهنه‌های یخچالی نشان از روندی کاهشی داشته است. به‌طوریکه‌مساحت پوشیده شده به‌وسیله‌یخچال‌ها درسال ۲۰۰۱ حدود ۷۵۰۰ متر مربع و در سال ۲۰۱۵ این مقدار تقریباً ۵۰۰۰ متر مربع تخمین زده شده است. نوسان در تغییرات هر سال نسبت به سال بعدی به‌دلیل وسیع بودن سلول تصویر مودیس بسیار کم بوده ولی در درازمدت روند کاهشی سطوح یخچالی کاملاً واضح می‌باشد.

کلمات کلیدی: پوشش برف، سنجنده MODIS، شاخص NDSI، استان لرستان.

[۱]. عضو هیات علمی گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، شهرستان لارستان،ایران.(نویسنده مسئول مکاتبات Email: (afifi.ebrahim۶۳۵۳@gmail.com

[۲] دانشجوی دکترای، رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری،دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان،شهرستان لارستان،ایران.

مقدمه

یخچال‌های طبیعی توده‌های عظیمی از یخ هستند که به‌مرورزمان و در مناطقی که متوسط سالیانه بارش برف از میزان ذوب آن بیشتر باشد، تشکیل می‌شوند. این منابع علاوه بر اینکه می‌توانند نقش تنظیم‌کننده‌های طبیعی جریان رودخانه‌های پایین‌دست خود را عهده‌دار باشند، از کارکردهای مهم دیگری از منظر زیست‌محیطی، ژئومورفولوژیکی و اقلیم‌شناسی نیز برخوردار هستند (مرید، حسینی صفا، ۱۳۹۴). از طرفی ذخایر برفی در بالادست کوه‌ها الگوی رواناب فصلی پایین‌دست را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، به‌خصوص در مناطق با فصل تابستان خشک که در آن رواناب حاصله از ذوب برف/یخچال یک منبع اساسی برای تأمین آب می‌باشد(Zhang et al ،۲۰۱۰:۷۷۷). پوشش گیاهی یکی از مواردی است که در مناطق کوهستانی از یخچال‌ها به‌عنوان منبع آب تغذیه می‌شود که امروزه به دلیل گرم‌شدن زمین و ذوب‌شدن برف‌ها به‌شدت تحت‌تأثیر قرار گرفته است؛ بنابراین پایش سطح پوشش برف و درک سیکل‌های هیدرولوژیکی بسیار ضروری به نظر می‌رسد. از جمله مطالعات صورت‌گرفته در خصوص پایش پوشش برف می‌توان به کار شریفی و همکاران (۱۳۸۶) درارتباط‌با عمق برف با یکی از سرشاخه‌های کوچک کارون اشاره کرد که وجود رابطه خطی معنی‌داری را بین ارتفاع عمق برف و طبقات ارتفاعی نشان می‌داد (شریفی و همکاران، ۱۳۸۵: ۱). محمدی احمد محمودی و خورانی درارتباط‌با تغییرات پوشش برف در رشته‌کوه زاگرس اشاره کرد که از داده‌های روزانه سنجنده MODIS طی سال‌های ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۶ بهره گرفته‌اند. نتایج آن‌ها نشان از تغییرات کاهشی پوشش برف طی سال‌های مذکور به میزان ۵۵/۱۱- داشته است (محمدی احمد محمودی و خورانی، ۱۳۸۹: ۳۷۱). هوانگ و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص پوشش برف فایت تبت طی سال‌های ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۴ اشاره کرد که با تحلیل آن‌ها استفاده از تصاویر MODIS و آزمون ناپارامتریک من- کندال، رابطه معنی دای را بین سطح پوشش برف در سطح فلات به‌ویژه در نواحی مرتفع آن به دست آوردند (Huang et al ،۲۰۱۷:۲۷۴). استان لرستان یکی از مناطق ایران است که با این موضوع مواجه است. پوشش گیاهی استان لرستان در فصل گرما به‌وسیله ذوب‌شدن یخچال‌های طبیعی تغذیه می‌شوند. یخچال‌های طبیعی با ذوب‌شدن کمک می‌کنند تا پوشش گیاهی در حالت ایده‌آل قرار گیرد. در طول سال‌های گذشته، راههای گوناگون و متنوعی طراحی و ارائه شده است که از طریق آن‌ها می‌توان با کمک سنجش‌ازدور، اطلاعات مفیدی در این زمینه به دست آورد. یکی از مهم‌ترین فوائد استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در مطالعات منابع آب، دارابودن دید سینوپتیک، جهت برنامه‌ریزی جامع برای حوضه‌های آبریز است. با توجه به مطالب بیان شده، بررسی و تحلیل یخچال‌های طبیعی و ارتباط آن با کاهش پوشش گیاهی به‌عنوان هدف اصلی تحقیق انتخاب شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده‌ی MODIS به‌منظور تخمین نقشه‌ی یخچال‌ها استفاده شده است. سنجنده مادیس در سال ۱۹۹۹ به‌وسیله‌ی ناسا[1] بر روی ماهواره ترا نصب و به مدار زمین پرتاب شد. این سنجنده در سال ۲۰۰۲ بر روی ماهواره‌ی آکوا نیز نصب گردید و در مدار قرار گرفت. مادیس توانایی دریافت داده در ۳۶ باند طیفی از طول موج ۰/۴ میکرون تا ۴/۱۴ میکرون باکیفیت فضایی متغیر (۲ باند در ۲۵۰ متر، ۵ باند در ۵۰۰ متر و ۲۹ باند در یک کیلومتر) را دارا است. این دو سنجنده با همدیگر هر یک تا ۲ روز کل زمین را عکس‌برداری می‌کنند(Vermote ،۲۰۱۳) پس از تعیین زمان مناسب جهت تهیه تصاویر ماهواره‌ای، تصاویر موردنیاز مربوط به دو ماه می و ژوئن میلادی از وب‌سایت Earth data (earthdata.nasa.gov) دانلود شده‌اند باتوجه‌به پژوهش‌های انجام شده و نیز ملاحظه شرایط طبیعت، فاصله زمانی دوساله بین هر دو تصویر دانلود شده طی دوره ۱۵ساله انتخاب گردید؛ بنابراین از تصاویر سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۳، ۲۰۰۵، ۲۰۰۷، ۲۰۰۹، ۲۰۱۱، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵ استفاده شده است.

حوضه آبریز گهر در جنوب شرقی دورود و در منطقه حفاظت‌شده اشترانکوه در استان لرستان و در ارتفاع ۲۳۵۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است. اشترانکوه بلندترین ناحیه‌ی استان لرستان و رشته کوهی در شرق این استان است. از مهم‌ترین ویژگی‌های اشترانکوه می‌توان به دره‌های ژرف و طولانی، رودهای دائمی، پوشش گیاهی و جانوری متنوع، قله‌های بلند و پر از برف و نیز روستاهای سرسبز و کوهپایه‌ای اشاره کرد.

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

نتایج

از مهم‌ترین پردازش‌های اولیه جهت آماده‌سازی داده‌های تصویری، تصحیح هندسی و زمین مرجع کردن آنها می‌باشد (شاهرخی، ۱۳۸۲). در اینجا به تصحیحات هندسی و عملیات زمین مرجع انجام شده به‌واسطه تولیدکنندگان داده این سنجنده اکتفا می‌شود؛ اما جهت باز کردن محصول بازتاب روزانه مادیس در نرم‌افزار ENVI و اعمال پیش‌پردازش‌ها و پردازش‌های موردنیاز، قبل از هر چیز باید نوع نمایش و سیستم مختصات مناسب برای اجرای آن تعریف گردند. الگوریتم‌ها، افزونه‌ها و نرم‌افزارهای متعدد برای انجام این وظیفه طراحی شده‌اند؛ اما با توجه وسعت استفاده و سادگی رابط کاربری، افزونه MODIS Conversion Toolkit (MCTK)

[1] National Aeronautics and Space Administration(NASA) سازمان ملی هوانوردی و فضایی

مناسب‌ترین گزینه می‌باشد(Dietz et al، ۲۰۱۳)

داده‌های خام سنجنده مادیس، فایل‌هایی با فرمت HDF هستند که برخی از آنها، قابلیت نمایش مستقیم به‌وسیله نرم‌افزار ENVI را دارا نمی‌باشند. ازاین‌رو با نصب افزونه MCTK در نرم‌افزار ENVI، نوع نمایش داده Reprojected: Traingulation-based georefrencing و همچنین سیستم مختصات UTM،WGS-۸۴، ۳۹N انتخاب گردیدند تا اینکه داده ورودی به سیستم مختصات استاندارد و فرمت قابل خواندن در ENVI (dat.) تبدیل شود. این فرایند برای هر یک از ۱۶ تصویر بازتابی و نیز ۱۶ تصویر محصول برف مادیس تکرار شد. علاوه بر این مراحل، جهت جلوگیری از اتلاف وقت و عملیات پردازشی اضافی ازآنجاکه هدف از دانلود تصاویر مادیس محاسبه دو شاخص NDSI و NDVI می‌باشد و طبیعتاً باندهای بکار رفته در این شاخص‌ها سه باند ۱، ۴ و ۶ این سنجنده است، درنتیجه در همان صفحه کاربری افزونه MCTK تنها تیک مربوط به این سه باند زده شد تا اینکه تصویر خروجی تنها این سه باند موردنیاز را در بر بگیرد. در گام بعدی به دلیل اینکه منطقه موردمطالعه در دو Scene جداگانه مادیس قرار می‌گیرد در نتیجه لازم بود تا هر دو تصویر مربوط به یک سال با همدیگر موزائیک شوند، عمل موزائیک در نرم‌افزار ENVI و با استفاده از الگوریتم Seamless Mosaic صورت گرفت. (سلامت،۱۳۹۶).

محاسبه شاخص NDSI

شاخص تفاضل نرمال شده برف[1] معروف به NDSI در واقع تفاضل نرمال شده دو باند طیفی (باند مرئی و باند مادون‌قرمز نزدیک یا مادون‌قرمز طول موج‌کوتاه) می‌باشد که برای استخراج سطوح پوشیده از برف به کار می‌رود (Singh & Haritashya ، ۲۰۱۱)

برف یک بازتاب‌کننده قوی در محدوده مرئی و جاذبی قدرتمند در بخش مادون‌قرمز نزدیک یا مادون‌قرمز طول موج‌کوتاه می‌باشد (شکل ۳) (Hall et al ،۲۰۱۵:۳۲) درحالی‌که بازتاب اغلب ابرها در این محدوده همچنان بالا باقی می‌مانند، امری که سبب می‌شود این دو پدید به‌خوبی از هم متمایز گردند. شاخص NDSI سابقه‌ای طولانی دارد. استفاده از نسبت بین باندهای مرئی و مادون‌قرمز نزدیک یا مادون‌قرمز طول موج‌کوتاه جهت تفکیک بین ابر و برف در اوایل دهه هفتاد در نوشته‌های علمی مربوطه توسط Valovcin و همچنین Kyle و همکاران دیده می‌شود(Barton et al ،۲۰۰۰) هدف اصلی کارهای AFGL جداکردن پوشش ابر از پوشش برف با استفاده از یک الگوریتم اتوماتیک به‌منظور ارتقای تجزیه‌وتحلیل ابر در جهان است.

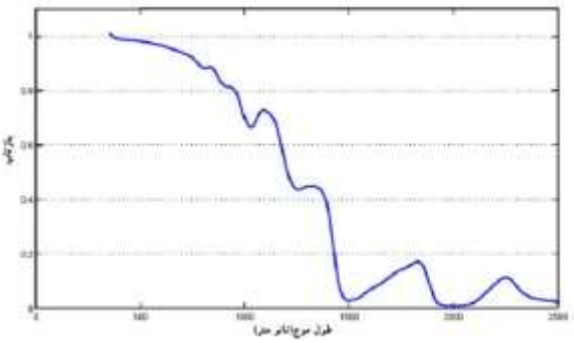
رابطه (۱)

$$\frac{MODIS_{band\ 4}-MODIS_{band\ 6}}{MODIS_{band\ 4}+MODIS_{band\ 6}}=\frac{green-SWIR}{green+SWIR}$$

حاصل به‌کارگیری شاخص NDSI، ایجاد پیکسل‌هایی باارزش ۱- تا ۱+ است ارزش‌های ۱- تا صفر نشان‌دهنده مناطقی است که برف در آنها وجود ندارد و ارزش‌های صفر تا ۱+

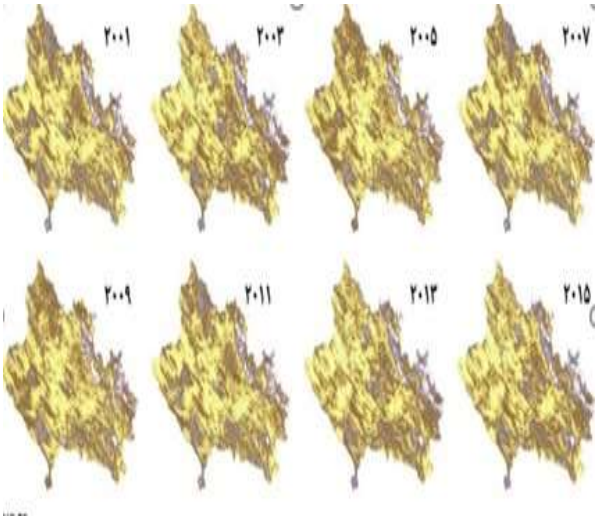
[1] Normalized-Difference Snow Index

مناطقی را شامل می‌شود که برف باتوجه‌به سنگینی و سبکی (بسته به عمق آن) ضرایب مثبت را به خود اختصاص می‌دهد، (۲۰۱۴، Ke et al) هرقدر عمق برف بیشتر باشد، عدد موردنظر به ۱ نزدیک‌تر و هر چه کم‌عمق‌تر باشد به صفر متمایل می‌شود، (۲۰۱۷;.et al . Riggs)



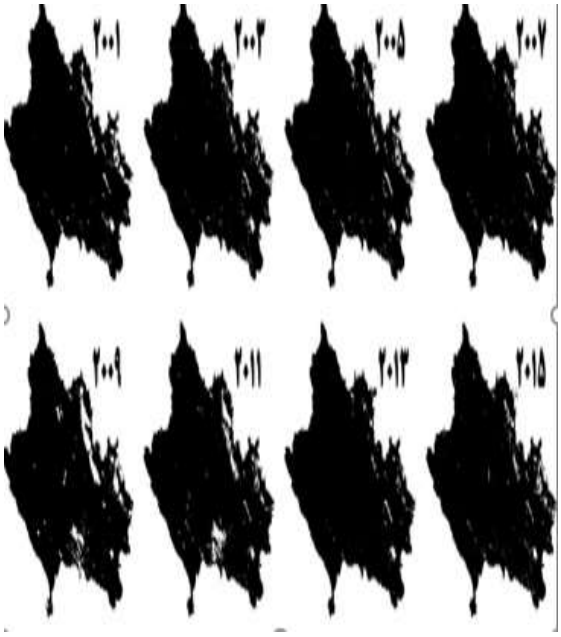
شکل ۲- منحنی طیفی برف

شاخص NDSI برای هریک از سال‌های مختلف با استفاده از band math در نرم‌افزار ENVI حساب گردید و نتایج آن در شکل ۴ دیده می‌شود.



شکل ۳- خروجی تصویر شاخص NDSI برای سال‌های مختلف.

جهت دید واضح‌تر پهنه‌هایی در تصاویر خروجی شاخص NDSI به‌عنوان برف شناسایی شده‌اند اقدام به تهیه تصویر باینری از تمام تصاویر سال‌های مختلف شده است که در آن سطوح شناسایی شده به‌عنوان برف مقدار ۱ و سطوح جز آن مقدار صفر به خود گرفته‌اند.



شکل ۴- تصویر باینری از خروجی شاخص NDSI

حذف‌کردن ابر و سطوح شبیه به ابر با اینکه تمام سعی در انتخاب تصویر این بود که کمترین مقدار ابر را داشته باشد؛ اما بااین‌حال نمی‌توان انتظار داشت که وجود ابر به طور صددرصد معدوم باشد. چراکه در منطقه با شرایط کوهستانی و به وسعت یک استان حتی در گرم‌ترین ماه‌های سال امکان مشاهده ابر در آسمان وجود دارد و همواره درصدی از سطوحی که بنا بر شاخص NDSI برف تشخیص داده شده‌اند، چراکه ابر و یا دیگر بازتابنده‌هایی که رفتار طیفی شبیه به برف دارند. (Khadka et al: ۲۵،۲۰۱۴) به‌منظور اطمینان از اینکه پیکسل‌های نشان‌داده‌شده بادقت بالایی مربوط به پیکسل‌های برف هستند لازم بود تا جهت به‌حداقل‌رساندن اثر

ابر در تصویر و جداسازی آن از برف باتوجه‌به مطالعات پیشین و شناخت قبلی از منطقه و با آزمون و خطاهای متعدد، از روی هیستوگرام توزیع داده‌ها مقداری به‌عنوان حد آستانه انتخاب گردد و به مرز بین برف و غیر برف تلقی شود. این مرحله از کار به‌صورت کاملاً بصری و با اتکا به دانش سنجش از دوری به‌وسیله تجزیه‌وتحلیل هیستوگرام تمام تصاویر استفاده شده و آزمون مکرر نتیجه به‌دست‌آمده و ویرایش آن در صورت لزوم، مقدار ۰/۱۶ به‌عنوان مرز بین این دو عارضه انتخاب گردید

شکل ۵- تصویر حاصل از اعمال حد آستانه و استخراج پهنه‌های برفی در منطقه.

باتوجه‌به فصل گرم سال برف تنها در ارتفاعات بخش شرقی استان دیده می‌شود و به همین دلیل تنها به قاچ‌هایی از منطقه مشخص شده برای سال‌هایی مختلف اکتفا شده است.

آشکارسازی پهنه‌های یخچالی

از روش‌های مورداستفاده در جداسازی یخچال از برف، روش طبقه‌بندی نظارت نشده است (میر موسوی و صبور، ۱۳۹۳) در روش دسته‌بندی نظارت نشده هیچ نوع اطلاعات مخزنی در سیستم دسته‌بندی وارد نمی‌شود. این روش بر اساس تکنیک‌های آنالیز دسته‌بندی"۱ قرار دارد. اساس کار دسته‌بندی در طبقه‌بندی نظارت نشده، روش خوشه‌ای"۲ می‌باشد. در روش خوشه‌ای که با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت نشده صورت می‌گیرد، پیکسل‌ها بر اساس درجه‌ی روشنایی در خوشه‌های مشخص قرار می‌گیرند. پوشش برف نیز بر اساس روشنایی پیکسل‌ها در یک یا چند خوشه قرار می‌گیرند که درجه‌ی روشنایی پیکسل‌ها بستگی به عمق پوشش برف دارد. در یک طبقه قراردادن پیکسل‌ها در سنجش‌ازدور بر اساس ویژگی‌های طیفی مشابه آنها، فرایندی است که به آن خوشه‌بندی گویند (عفیفی،۱۳۹۶)

الگوریتم k-means که در آن k پیش تعیین تعداد خوشه‌ها است مسلماً پرکاربردترین الگوریتم خوشه‌بندی است(Jensen، ۲۰۱۴). این الگوریتم، هر نقطه داده (مشتری، رویداد، جسم، پیکسل و غیره) را به خوشه‌ای که مرکز آن نزدیک‌تر است اختصاص می‌دهد. این روش علی‌رغم سادگی آن یک روش پایه برای بسیاری از روش‌های خوشه‌بندی دیگر (مانند خوشه‌بندی فازی) محسوب می‌شود. این روش روشی انحصاری و مسطح محسوب می‌شود. برای این الگوریتم شکل‌های مختلفی

---

۱ Clustering Analysis

۲ Clastering

بیان شده است. ولی همهٔ آنها دارای روالی تکراری هستند که برای تعدادی ثابت از خوشه‌ها سعی در تخمین موارد زیر دارند:
به‌دست‌آوردن نقاطی به‌عنوان مراکز خوشه‌ها این نقاط در واقع همان میانگین نقاط متعلق به هر خوشه هستند.

نسبت‌دادن هر نمونه داده به یک خوشه که آن داده کمترین فاصله تا مرکز آن خوشه را دارا باشد (یاری،۱۳۹۷).

در نوع ساده‌ای از این روش ابتدا به تعداد خوشه‌های موردنیاز نقاطی به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شود. سپس در داده‌ها با توجه با میزان نزدیکی (شباهت) به یکی از این خوشه‌ها نسبت داده می‌شوند و بدین ترتیب خوشه‌های جدیدی حاصل می‌شود. با تکرار همین روال می‌توان در هر تکرار با میانگین‌گیری از داده‌ها مراکز جدیدی برای آنها محاسبه کرد و مجدداً" داده‌ها را به خوشه‌های جدید نسبت داد. این روند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که دیگر تغییری در داده‌ها حاصل نشود. الگوریتم زیر به‌عنوان الگوریتم هدف مطرح است.

رابطه (۲) $J = \sum_{j=1}^{k} \sum_{j=1}^{n} \| x_j^{(j)} - c_j \|^2$

که در آن $\| \|$ معیار فاصلهٔ بین نقاط و c_j مرکز خوشهٔ j ام‌است.

الگوریتم زیر، الگوریتم پایه برای این روش محسوب می‌شود:

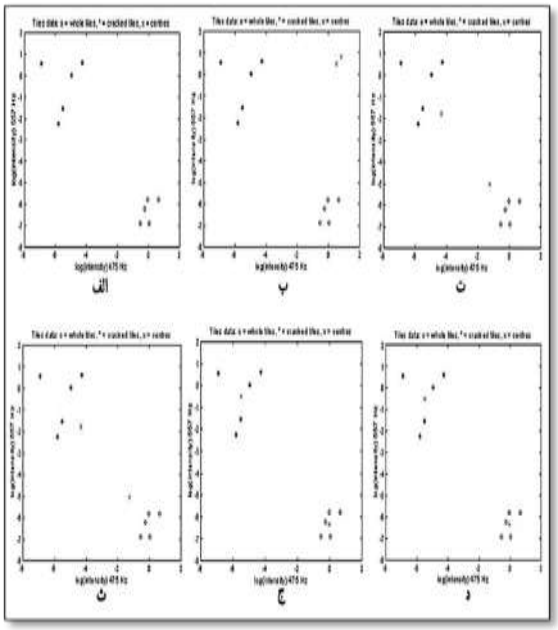
۱. در ابتدا K نقطه به‌عنوان نقاط مراکز خوشه‌ها انتخاب می‌شوند.

۲. هر نمونه داده به خوشه‌ای که مرکز آن خوشه کمترین فاصله تا آن داده را داراست، نسبت داده می‌شود.

۳. پس تعلق تمام داده‌ها به یکی از خوشه‌ها برای هر خوشه یک نقطه جدید به‌عنوان مرکز محاسبه می‌شود (میانگین نقاط متعلق به هر خوشه).

۴. مراحل ۲ و ۳ تکرار می‌شوند تا زمانی که دیگر هیچ تغییری در مراکز خوشه‌ها حاصل نشود.

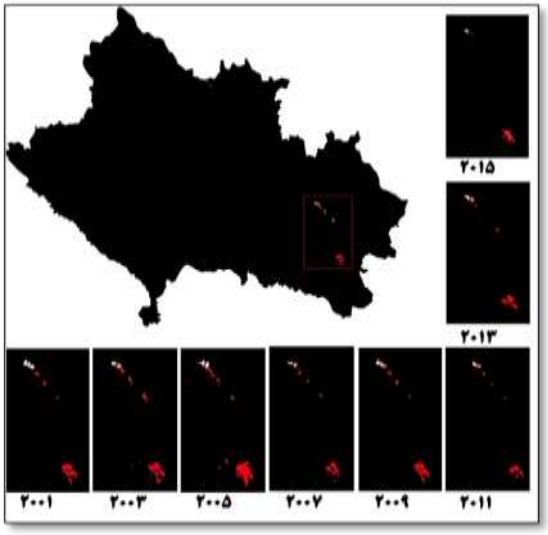
سپس در مرحله بعد هر یک از نمونه داده‌ها به یکی از این دو خوشه نسبت‌داده‌شده و برای هر دسته جدید مرکزی جدید محاسبه شده است. این روال تا رسیدن به نقاطی که دیگر تغییر نمی‌کنند، ادامه پیدا کرده است.



شکل ۶- نمونه‌ای از روش اجرای الگوریتم K-means

انتقادات و ویرایش‌های زیادی بر الگوریتم K-means وارد شده است از جمله علی‌رغم اینکه خاتمه‌پذیری الگوریتم تضمین شده است ولی

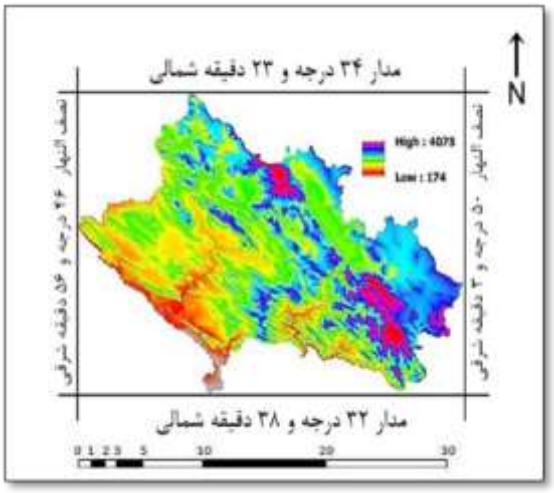
جواب نهایی آن واحد نبوده و همواره جوابی بهینه نمی‌باشد. به‌طورکلی از مشکلات وارده بر این الگوریتم اینکه جواب نهایی به انتخاب خوشه‌های اولیه وابستگی دارد، روالی مشخص برای محاسبهٔ اولیهٔ مراکز خوشه‌ها وجود ندارد، اگر در تکراری از الگوریتم تعداد داده‌های متعلق به خوشه‌ای صفر شد راهی برای تغییر و بهبود ادامهٔ روش وجود ندارد و نیز همچنین در این روش فرض شده است که تعداد خوشه‌ها از ابتدا مشخص است. اما معمولاً در کاربردهای زیادی تعداد خوشه‌ها مشخص نمی‌باشد (شیری، ۱۳۸۵). استفاده از الگوریتم K-means در جداسازی عوارض از یکدیگر در سنجش‌ازدور پدیده جدیدی نمی‌باشد و تقریباً همه نرم‌افزارهای مرتبط به علوم مکانی این الگوریتم را در درون خود به‌عنوان یک ابزار طبقه‌بندی نظارت نشده دارند. در بین مقالاتی که در زمینه استخراج سطوح یخچالی کار کرده‌اند بیشتر روش طبقه‌بندی K-means را بر روی تصویر ماهواره‌ای حاوی برف و یخچال اعمال کرده‌اند بدین معنی که در ابتدا پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم و حذف ابر و پدیده‌های دارای رفتار طیفی شبیه به برف، سطوح برفی را استخراج نمودند که این سطوح درعین‌حال پهنه‌های یخچالی را نیز شامل می‌شوند، آنگاه با اعمال الگوریتم K-means باهدف جداسازی برف از یخچال عمل کرده‌اند (Akbari . et al. ،۲۰۱۰) و همکاران Keshri (۲۰۰۹) بیان کرده‌اند در شرایطی که تنها بخواهیم دو کلاس کلی برف و یخچال را استخراج کنیم و هدفمان آشکارسازی ریز کلاس‌های این دو پدیده نباشد استفاده از الگوریتم K-means مناسب‌ترین گزینه می‌باشد، آنها در کار خود روشی جدید مبتنی بر تعدادی از شاخص‌های نسبت‌گیری باندی موجود و جدید برای این منظور با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER پیشنهاد داده‌اند. در اینجا نیز پس از اعمال حد آستانه استخراجی بر تصویر NDSI و کاهش اثر ابر و پدیده‌های مزاحم دیگر، این الگوریتم بر هر یک از تصاویر شکل ۶ پیاده‌سازی گردید که نتیجه آن در شکل ۸ دیده می‌شود.



شکل۷- نتیجه نهایی پهنه‌بندی سطوح یخچالی

سطوح قرمزرنگ پهنه‌هایی هستند که به‌وسیله الگوریتم K-means برف طبقه‌بندی شده‌اند و پهنه‌های سفیدرنگ یخچال هستند. پس از این کار جهت اطمینان از صحت نتایج به‌دست‌آمده، آنها را با یخچال‌های استخراج شده به‌وسیله محصول برف مادیس (از همان روش استفاده شده در مقاله) مقایسه نمودیم که تقریباً به میزان بسیار بالایی تشابه در خروجی دیده شد چرا که محصول برف مادیس در واقع همان شاخص NDSI را استفاده می‌کند و با محصول بازتاب این

سنجنده از لحاظ پیکسل سایز یا مشخصات طیفی تفاوتی ندارد در نتیجه، بدیهی است که نتایج این دو محصول نیز یکسان بشوند و تفاوت‌های اندک در خروجی همان‌طور که شرح الگوریتم K-means گفته شده ناشی از عدم تکرار نتایج این الگوریتم حتی برای یک داده واحد است. در نهایت روش خوشه‌بندی K-means جهت ایجاد تمایز بین دو پدیده یخ و برف بر روی تصاویر اعمال و نتایج برای سال‌های مختلف ذخیره گردید. همین روند نیز برای محصول برف سنجنده مادیس نیز بکار گرفته شد و نتایج هر دو به کمک مدل رقومی ارتفاع منطقه از لحاظ انطباق سطوح معرفی شده به‌عنوان یخچال با ارتفاعات بالا و دره‌های یخچالی اعتبارسنجی گردید که تا حدود بالایی قابل‌قبول بوده‌اند. علاوه بر این مدل رقومی ارتفاع ASTER منطقه موردمطالعه که به‌صورت ۸ فایل رستری جداگانه از وب‌سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا دانلود شد و پس از موزاییک این رستری و جداکردن منطقه موردمطالعه در شکل ۹ مشاهده می‌شود.



شکل ۸- مدل رقومی ارتفاع منطقه موردمطالعه

بازتابش طیفی گیاهان سالم (کلروفیل) بیشتر در طول موج الکترومغناطیسی مادون‌قرمز نزدیک (NIR) و طول موج سبز نسبت به سایر طول‌موج‌ها اتفاق می‌افتد. گیاهان سالم که حاوی کلروفیل هستند، نور آبی و بیشتر طول‌موج‌های قرمز را جذب می‌کنند. به همین دلیل است که چشمان ما گیاهان را به رنگ سبز می‌بینند. همچنین به همین دلیل است که طول موج طیفی مادون‌قرمز نزدیک به حسگرهای ماهواره‌ها بازتابش می‌شوند. شاخص پوشش گیاهی(NDVI) شاخصی است که به‌منظور توصیف پوشش گیاهی توسعه‌یافته و با استفاده از تفاوت بین مادون‌قرمز نزدیک (که قویاً توسط گیاهان بازتابش می‌شود) و نور قرمز (که توسط گیاهان جذب می‌شود) می‌تواند نقاط دارای پوشش گیاهی را نمایان سازد. نقشه‌های NDVI به منظور اندازه‌گیری سلامت گیاهان از ترکیب طول موج مادون‌قرمز نزدیک و طول موج قرمز استفاده می‌کنند. محاسبه این شاخص برای سنجنده مادیس به‌صورت رابطه ۳ می‌باشد.

رابطه (۳)

$$\frac{MODIS_{band\ 1}-MODIS_{band\ 6}}{MODIS_{band\ 1}+MODIS_{band\ 6}}=\frac{Red-NIR}{Red+NIR}$$

کاربرد مدل رقومی ارتفاع در بررسی بصری یخچال‌ها فوق‌العاده مفید است، چراکه دره‌های یخچالی ژئومورفولوژی خاص به خود را دارند و یک ژئومورفولوگ حتی بدون هرگونه داده‌ی فرعی و تنها با نگاه به شکل دره (شکل۱۰) می‌تواند استنباط نماید که این دره یخچالی است یا خیر(Micheletti. et al. ،۲۰۱۶) ازاین‌رو باتوجه‌به ویژگی‌های ژئومورفولوژی

دره‌های یخچالی و از طریق مشاهده سه‌بعدی نقاطی که به‌عنوان یخچال شناسایی شده‌اند، صحت نتایج نیز به اثبات رسید. البته لازم به ذکر است که تصویر قرار گرفته بر روی مدل رقومی ارتفاع مربوط به اواخر ماه شهریور است؛ یعنی زمانی که یخچال‌های منطقه تقریباً به طور کامل ذوب شده‌اند. انتخاب این موقع از سال برای دیده‌شدن بهتر ژئومورفولوژی یخچالی دره‌ها می‌باشد

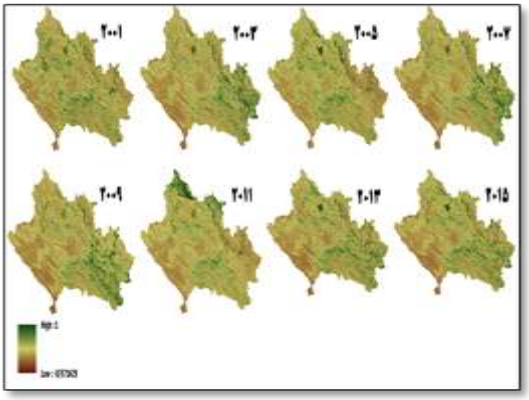
شکل ۹- دو دره یخچالی اشترانکوه

تصاویر ماهواره‌ای نیز به‌عنوان یخچال‌های طبیعی شناسایی شده‌اند. ژئوموفولوژی یا همان زمین‌ریخت‌شناسی این دو دره نیز گواهی بر یخچالی بودن آن می‌باشد. این تصاویر مربوط به اواخر شهریورماه هستند و به همین دلیل تقریباً خالی از یخ هستند (علیجانی،۱۳۹۶).

تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی

پوشش گیاهی یک شاخص بیوفیزیکی مهم برای پایش وضعیت مرتع و مدیریت مرتع است. هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی توانایی شاخص‌های گیاهی (VIs) برگرفته از تصویر Landsat ۸ (OLI)برای برآورد پوشش گیاهی (CC)در مراتع سبلان است .اندازه‌گیری CC مزرعه‌ای با استفاده از روش ترانسکت-کوادرات در ۱۲ مکان منتخب در منطقه موردمطالعه باتوجه‌به پوشش تاج‌پوشش گیاهی شکل‌های حیاتی شامل(Forbs (FCC ، گراس (GCC)و بوته‌ها (SHCC) همراه با ترکیبی از سه شکل زندگی به‌عنوان پوشش تاج کامل CC .(TCC)های برآورد شده با مقادیر بازتاب لندست OLI و شاخص‌های پوشش گیاهی همبستگی و رگرسیون داشتند .نتایج نشان داد که تمامVI های تبدیل مبتنی بر شیب، فاصله و متعامد بالاترین همبستگی معنی‌دار را با داده‌های پوشش تاج چمن (میانگین (R۲ = ۷۰/۰در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشتند .ضعیف‌ترین و ناچیزترین همبستگی برای FCC و سپس SHCC به دست آمد . تعدادی از) VIs با میانگین (R۲ = ۰,۶ به طور قابل‌توجهی با TCC همبستگی داشتند .نتایج رگرسیون خطی برایGCC ، TCCو SHCC نشان داد که مقادیر بازتاب باندهای طیفی و شاخص‌های پوشش گیاهی با داده‌های میدانی CCکه مقادیر R۲ در محدوده ۰/۷۲ تا ۰/۸۳ دارند، به طور متقاعدکننده‌ای پسرفت می‌کنند، درحالی‌که FCC به دلیل مرتبه سوم است .مدل‌های رگرسیون لگاریتمی ضعیف‌ترین رابطه را با داده‌های طیفی و همچنین VIs به دست آوردند (به ترتیب R۲ =۰,۱۴ و ۰/۴۲ .(نتایج آزمون اعتبار مدل‌های رگرسیون نشان داد که مدل‌های توسعه‌یافته برای SHCC بهترین پیش‌بینی‌کننده‌ها هستند و به ترتیب مدل‌های ساخته‌شده برایTCC ، GCC و FCC قرار

دارند .در ایـن مطالعـه، تفـاوت آشـکاری بـین عملکـرد سـه گـروه VIS در پـیش‌بینـی CC شکل‌های حیـات در سـایت‌هـای موردمطالعـه مشاهده نشـد. مـی‌تـوان نتیجـه گرفـت کـه VIهای موردمطالعه پیش‌بینی‌کننده قوی‌تـری برای پوشش تاج‌پوشش چمن به‌عنـوان شـکل غالـب حیـات هسـتند.نتـایج اعمـال شـاخص NDVI بر داده‌های مادیس در شکل ۱۱ دیـده می‌شود.

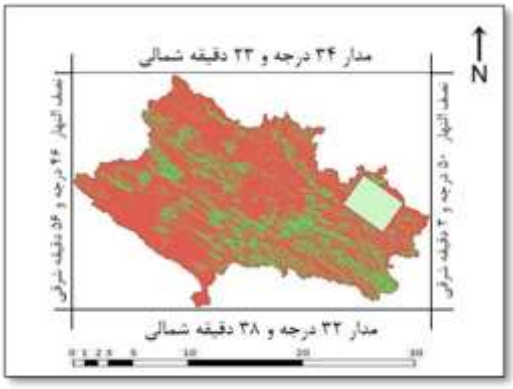


شکل ۱۰- نقشه‌های پوشش گیاهی (NDVI) منطقه موردمطالعه برای سال‌های مختلف.

کارایی تصاویر MODIS در پایش یخچال‌ها

سنجنده MODIS با دارابودن باند مادون‌قرمز میانی و با ترکیب با باندهای مرئی می‌تواند برف را از انواع پدیده‌های ابر و زمین تفکیک نماید. باتوجه‌به قدرت تفکیک مکانی نسبتاً پایین تصاویر این سنجنده نسبت به تصاویر باقدرت تفکیک بالا مانند لندست فرایند زمین مرجع بایستی بادقت بالایی صورت پذیرد. در روزهایی که تصویر در دسترس بود، برای تهیه تصویر حاوی پوشش برف می‌بایست پیکسل های دارای پوشش برف جدا می‌شدند. در این تحقیق از الگوریتم برف‌سنجی ارائه شده توسط سازمان فضایی ایالت متحده استفاده گردیده است. شاخص پوشش برفی به دلیل درنظرگرفتن اختلاف طیفی مابین پدیده‌های با بازتابش نزدیک به برف مانند ابر الگوریتم قابل قبولی را ارائه می‌دهد. از جمله عواملی که موجب تغییرپذیری شاخص NDSI می‌شود، تغییر در برآورد سطح تحت پوشش برفی حاصل از شاخص در اندازه دانه‌های برف است. همچنین تغییر در زاویه دید سنجنده و درجات روشنایی برف ناشی از ناهمسانی پوشش برف و تغییر شرایط جوی می‌تواند در تجزیه طیف توسط شاخص پوشش برفی خطا ایجاد نماید. نتایج پژوهشگران نشان داد که تغییرات سطح پوشش برف و شاخص پوشش برفی به‌صورت معنی‌داری به یکدیگر وابسته‌اند، به‌ویژه زمانی که به‌صورت منطقه‌ای و در سطح وسیع مورداستفاده قرار می‌گیرد (مطالعه کالین و همکاران، ۹۷،۱۹۹۰). از مزایای شاخص NDSI این است که این شاخص خطاهای سیستماتیک موجود در داده‌های باندها را از بین می‌برد، درحالی‌که سنجنده همچون AVHRR به علت فقدان باند مادون‌قرمز میانی فاقد این توانایی می‌باشد. باتوجه‌به شرایط اقلیمی حوضه موردمطالعه بیشترین مساحت تحت پوشش برف در ماه‌های دی تا اسفند می‌باشد، به‌طوری‌که در فاصله زمانی مذکور بیش از ۰/۰۹ درصد حوضه پوشیده از برف می‌باشد و این بیانگر صحت و کیفیت نقشه‌های حاصله از تصاویر سنجنده MODIS و الگوریتم نقشه برفی می

باشد. باتوجه‌به هزینه‌های بالا در ساخت و تجهیز ایستگاهی برف‌سنجی در ارتفاعات و مناطق صعب‌العبور، می‌توان از این داده‌ها در کنار داده‌های ایستگاه‌های زمینی در پروژه‌های مرتبط با منابع آب استفاده نمود. البته به‌منظور شناسایی پوشش برف از سایر عوارض و مدل‌سازی آن در سطح حوزه‌های آبخیز، داده‌های ماهواره‌های کافی و دقیق باید در اختیار متخصصان قرار گیرد. در زیرحوضه مذکور سنجش سطح پوشش برف با شاخص NDSI امکان‌پذیر گردید و در مطالعات متعدد اذعان گردیده است که استفاده از شاخص NDSI تفکیک پوشش برف را از سایر پدیده‌ها امکان‌پذیر می‌سازد. در کل می‌توان اذعان نمود امروزه پایش دقیق منطقی سطح پوشش برف در حوزه‌های آبخیز به‌صورت به هنگام امکان‌پذیر گشته و از این طریق امکان کنترل و استفاده بهینه از منابع آب میسر می‌باشد از نقشه سطح پوشیده از برف تهیه شده توسط سنجنده MODIS می‌توان در کاربردهای مختلفی، استفاده کرد به‌عنوان‌مثال با بررسی چندین نقشه در طی دوره‌های بلندمدت، بررسی تغییرات اقلیمی و انرژی بودجه تابشی زمین قابل، (۱۹۹۴). همچنین برای انتخاب مکان مناسب به‌منظور احداث مکان‌هایی تفریحی انجام است جمیل بات ۱۰ مانند پیست‌های اسکی می‌توان از این نقشه‌ها به همراه نقشه توپوگرافی منطقه استفاده نمود و زمان شروع و خاتمه برف در این‌گونه مکان‌ها را تعیین نمود. تصویر ماهواره‌ای مودیس سنجنده MODIS یکی از پنج سنجنده مستقر بر روی ماهواره ترا می‌باشد که در سال ۲۲ دسامبر ۲۰۰۰ به فضا پرتاب گردید. این سنجنده هر ۲ الی ۱ روز یک پوشش کامل تصویری از زمین در باند ۸ طیفی باندهای ۲ تا ۷ که جز باندهای انعکاسی هستند و همچنین باندهای ۱۱۰ تا ۱۹ که جز باندهای تابشی هستند (باقدرت تفکیک مکانی تصویر ماهواره‌ای مودیس سنجنده MODIS)استفاده از تصاویر سنجنده‌ی MODIS می‌توان یخچال‌های طبیعی را شناسایی کرد.



شکل ۱۱- مقایسه مساحت پوشش گیاهی استان لرستان به کیلومترمربع بر اساس نتایج پوشش گیاهی

شکل ۱۲- کادر نشان‌داده‌شده محدوده‌ای است که تغییرات پوشش گیاهی.

شکل ۱۳- تغییرات پوشش گیاهی در مقیاس محلی (مقدار پوشش گیاهی درون کادر نشان‌داده‌شده در شکل ۱۴ برای سال‌های مختلف)

ارتباط معنی‌داری بین یخچال‌های طبیعی و پوشش گیاهی وجود دارد. انطباق صددرصدی با نتایج به‌دست‌آمده را نشان می‌دهد. طور یکه همان گونه که در سطور بالا ذکر گردید این رابطه مثبت و کاملاً معنی‌دار می‌باشد. (تغییرات در مقادیر DIGITAL NUMBER در سال‌های مختلف می‌تواند: بیان‌کننده‌ی تغییرات یخچال‌ها و پوشش گیاهی منطقه باشد) به‌وسیله تصاویر سنجنده مادیس جای بحث فراوانی وجود دارد. باتوجه‌به بررسی‌های انجام شده نه می‌توان این فرضیه را به طور کامل رد و نه آن را تأیید نمود. اما موضوع مهمی که به نظر می‌رسد می‌تواند به این تردید پایان دهد استفاده از تصاویر سنجش از دوری باقدرت تفکیک مکانی و طیفی بالا جهت پایش یخچال‌ها می‌باشد. چراکه امکانات محدوده سنجنده مادیس نمی‌توانند پاسخگوی چنین تحلیل‌های بسیار دقیق و عددی باشند. با اینکه رابطه بین مقادیر ارزش پیکسل‌ها (DN) و روند کاهشی در برخی از سال‌ها در این مطالعه دیده شده است؛ اما برای تعمیم آن نمی‌توان به یک مطالعه موردی اکتفا نمود و مستلزم تکرار نتایج جهت اثبات فرضیه می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

یخچال‌های طبیعی ایران به طور عام، البته با برتری نسبتاً متوسط یخچال‌های منطقه تخت‌سلیمان و همچنین یخچال‌های اطراف قله دماوند، مساحت‌های وسیعی را تحت پوشش قرار نمی‌دهند و دره‌هایی کوچک در برخی از مرتفع‌ترین بخش‌های مناطق کوهستان را شامل می‌شوند. پایش یخچال‌ها از لحاظ ابعاد مختلف به دلیل سختی در دسترسی به آن‌ها همواره مشکلی اساسی در مقابل متخصصین علوم مربوطه بوده است. پیشرفت‌های بی‌نظیر بشر در حوزه تکنولوژی سنجش‌ازدور هزینه پایش یخچال‌ها را به طور قابل‌توجهی کاهش داده است و شاید بتوان ادعا نمود که حتی دقت بالاتری نسبت به برخی از روش‌های زمینی را دارا می‌باشد. در این پژوهش هدف پایش یخچال‌های طبیعی استان لرستان طی دوره ۱۵ساله از ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ و شناسایی روند آنها در این دوره و نیز تأثیرات این روند بر پوشش گیاهی منطقه با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS است. استفاده از تصاویر سنجنده‌ی MODIS می‌توان یخچال‌های طبیعی را شناسایی کرد. تا حدود زیادی با واقعیات استنباط شده از نتایج همخوانی ندارد و در واقع اولین نکته در این زمینه ناکارایی تصاویر سنجنده مادیس در اندازه‌گیری دقیق ویژگی‌های هندسی یخچال‌های استان لرستان می‌باشد. بدین معنا که نتایج حاصله در استخراج نقاط یخچالی مثبت و قابل‌قبول بوده‌اند؛ ولی به دلیل قدرت

تفکیک مکانی پایین سنجنده مادیس مرز این یخچال‌ها را به‌درستی نمی‌تواند شناسایی بکند. پهنه‌های یخچالی شناسایی شده از لحاظ مختصاتی منطبق بر واقعیات زمینی هستند؛ ولی از لحاظ هندسی نمی‌توان به طور وسیعی بر آن‌ها اتکا نمود. برای مثال ممکن است یک یخچال ۶۰ درصد پیکسل را شامل می‌شود؛ اما در تصویر همه آن پیکسل به‌عنوان سطح یخچالی تلقی شود. برعکس این قضیه نیز می‌تواند صادق باشد به‌عنوان‌مثال ممکن است یک یخچال ابعاد چند ده متری داشته باشد (در منطقه اشترانکوه یخچال‌های این‌چنینی وجود دارد) ولی پیکسل مربوط به آن به طبقه دیگری تعلق یافته است؛ بنابراین اولین نتیجه این پژوهش این است که به‌هیچ‌وجه ابعاد هندسی (مهم‌ترین مورد در این زمینه مساحت یخچال است) یخچال‌های استان لرستان به‌وسیله تصاویر سنجنده مادیس قابل محاسبه نیستند. تصاویر سنجنده‌ی MODIS توانایی شناسایی پوشش گیاهی منطقه را دارد. برای مقیاس استانی کاملاً صدق می‌کند و استخراج پوشش گیاهی به‌واسطه داده‌های سنجنده مادیس در استان لرستان باتوجه‌به مقایسه مساحت سطوح تحت پوشش استخراجی به‌واسطه دیگر سنجنده قابل‌قبول می‌باشد. در این زمینه طی دوره موردمطالعه نیز باید گفت روند عمومی پوشش گیاهی در استان لرستان از لحاظ پوشش گیاهی نیز کاهشی می‌باشد. اما نکته قابل‌توجه اینکه یخچال‌های استان لرستان تنها به‌صورت خط باریکی بر روی ارتفاعات اشترانکوه دیده می‌شوند. در نتیجه ربط‌دادن کاهش پوشش گیاهی در سطح کل استان به کاهش یخچال‌های این منطقه امری غیرعلمی و غیرمنطقی می‌باشد، چراکه منبع آب‌پوشش گیاهی کل استان از یخچال‌های اشترانکوه تأمین نمی‌گردد. در نتیجه عقلانی‌ترین بررسی این است تغییرات پوشش گیاهی منطقه بلافصل یخچال‌ها بررسی گردد؛ چراکه یخچال‌هایی با این مقیاس شناسایی شده بیش از آنکه اثر استانی داشته باشند اثر محلی آن‌ها قابل‌ملاحظه می‌باشد. در نتیجه بهترین حالت این است که منطقه به زیر حوضه‌های طبیعی تقسیم گردد و تغییرات پوشش گیاهی زیرحوضه‌ای که آب ذوب یخچال‌ها به آن می‌ریزد بررسی شوند. به دلیل نبود نقشه زیرحوضه با این جزئیات دلخواه و نیز چون‌که جهت جریان آب ذوب یخچال‌های اشترانکوه شمال شرقی می‌باشد کادری همانند آنکه در شکل ۱۲ نشان داده می‌شود در منطقه تحت‌تأثیر آب ذوب یخچال‌های اشترانکوه رسم گردید تا تغییرات پوشش گیاهی در این منطقه بررسی شوند. در این حالت است که می‌توان ادعا نمود کاهش سطح یخچال‌ها اثر منفی بر پوشش گیاهی داشته است. (لشکری،۱۳۹۶)

منابع:

۱- ایل درمی، علیرضا. حبیب‌نژاد روشن، محمود. صفری شاد، مهتاب. دلال اوغلی، علی. (۱۳۹۴) استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (MODIS) و شاخص NDSI به‌منظور تهیه نقش‌پوشش برف حوضه آبخیز بهار سال پانزدهم، شماره ۵۰، صفحه ۱۲۵ تا ۱۴۰.

۲- جلوخانی، میثم، علی. علی‌محمدی، (۱۳۸۱). "بررسی سطوح برف با استفاده از داده‌های نوآ و سیستم اطلاعات جغرافیایی " پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۳- دینی، غلامرضا. (۱۳۸۴) "بررسی تغییرات سطوح برف‌گیر در البرز مرکزی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی." پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۴- رایگانی، بهرام. (۱۳۸۶) "محاسبه‌ی تغییرات نقشه‌های پوشش برفی تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای مادیس در دوره‌های فاقد تصویر " علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی سال دوازدهم.

۵- رحیمی، مجتبی. عزیزی، قاسم. محمدی، حسین. خوش‌اخلاق، فرامرز (۱۳۹۶) تغییرات زمانی – مکانی پوشش برف دامنه‌ها جنوبی البرز مرکزی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۹، شماره ۳، صفحه ۳۸۱-۳۹۳.

۶- روزگار، رسول. سلیمان‌پور، محمد. جوکار، لیلا (۱۳۹۸). بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در حوضه سد درودزن بر اساس شاخص‌های آماری خشکسالی. اولین همایش بیابانی.

۷- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان فارس، سالنامه آماری، ۱۳۹۷

۸- سلامت، ع.آل یاسین، م (۱۳۹۶) راهنمای مقابله با خشکسالی. ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران .

۹- شرفی، محمدرضا و همکاران (۱۳۸۶)، ارزیابی دو روش معادله همبستگی خطی و کریجینگ معمولی به منظور برآورد توزیع مکانی عمق برف در حوزه آبخیز صمصامی، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دوره ۱، شماره ۱.

۱۰- شفیع‌زاده، حسن، مریم. مباشری (۱۳۸۷)، "امکان‌سنجی ارتقای توان تفکیک سنجنده‌ی مودیس با بکار گیری هم‌زمان سنجنده‌ی استر جهت برآورد مساحت سطح برف." پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۱۱- شفیعی، حسن. حسینی، محمد (۱۳۹۶) بررسی پوشش گیاهی به کمک داده‌های ماهواره‌ای در منطقه سیستان، مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، سال سوم، صفحات ۱۰۵-۹۱.

۱۲- شمس، محمد، مهدی. مباشری (۱۳۹۰)، "ارتقای شاخص برف در مناطق با شیب بین ۲۰ تا ۵۰ درصد برای تصاویر مودیس." پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی نقشه‌برداری.

۱۳- شیری. نبر، (۱۳۸۵). جزوه درسی: یادگیری ماشین. پلی‌تکنیک تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۱۴- عفیفی، محمدابراهیم (۱۳۹۹) بررسی تغییرات سطح پوشش برف و تعیین خط ذوب برف در مناطق کوهستانی با استفاده از تصاویر مودیس و شاخص NDSI (مطالعه موردی یخچال‌های زاگرس)، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال دهم، شماره سی و هشت / تابستان ۱۴۰۰ /صفحه ۲۵ - ۳۶.

۱۵- عفیفی، محمدابراهیم، چتر آذر، هادی، (۱۳۹۶)پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکسالی در حوضه آبریز درودزن با استفاده از تصاویر MODIS،پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی لارستان.

۱۶- علیجانی، بهلول، رمضانی ف نبی‌الله، (۱۳۹۶)، پیش‌بینی خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها در استان مازندران با استفاده از باکس - جنکینز، پژوهش‌های جغرافیای انسانی.

۱۷-کیخسروی کیانی، محمدصادق. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۶). واکاوی نقش دمای رویه زمین در پراکنش پوشش برف در ایران به کمک داده‌های ماهواره‌ای، فصلنامه جغرافیا و توسعه سال پانزدهم، شماره ۴۹، صفحه ۲۰۴-۱۸۹.

۱۸- کیخسروی کیانی، محمدصادق. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۹) واکاوی روند تغییرات آغاز فصل انباشت پوشش برف در ایران با بهره‌گیری از داده‌های سنجش‌ازدور، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی سال ۳۱، پیاپی ۷۷، شماره ۱.

۱۹- لشکری، حسن، متکان، علی‌اکبر، آزادی، حمید، محمدی، زینب (۱۳۹۶)، تحلیل همدیدی نقش پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان در رودبار جنب‌حاره‌ای در خشکسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش‌های دانش زمین - سال هشتم شماره ۳۰،ص۱۴۱ تا ص۱۶۳.

۲۰- الماس پور، آرمان. (۱۳۸۳). "تعیین حجم ذخایر برفی حوضه‌های آبریز با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مودیس و آمـار ایستگاه‌های بـرف سنجی (مطالعه موردی: آبریز سدهای اهر، علویان، نهند)." اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب ایران دانشگاه تهران.

۲۱- محمدی احمد محمودی، پیمان و خورانی، اسدالله (۱۳۹۸)، تغییرات پوشش برف در رشته‌کوه زاگرس با استفاده از داده‌های روزانه سنجنده MODIS، فیزیک زمین و فضا، شماره ۲، ۳۷۱-۳۵۵.

۲۲- محمدیاری، فریبا. پورخباز، حسن. توکلی، مهدی. اقدر، حسن (۱۳۹۷)تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان)، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، شماره ۹۲، زمستان ۱۳۹۷، ۲۳- ۳۴..

۲۳- مرید، حسینی صفا، (۱۳۹۴)- یخچال‌های طبیعی و تغییرات محیطی. انتشارات پیروز.

۲۴- میر موسوی، صبور. (۱۳۹۳). پایش تغییرات پوشش برف با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس در منطقه‌ی شمال غرب ایران. جغرافیا و توسعه، ۱۸۱-۲۰۰.

۲۵- میر موسوی، سید حسین، کریمی حمیده (۱۳۹۸)، مطالعه اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS مورد: استان کردستان،جغرافیا و توسعه: تابستان ۱۳۹۲، دوره ۱۱، شماره پیاپی ۳۱ ; از صفحه ۵۷ تا صفحه ۷۶.

۲۶- نوری؛ سمیرا، ثنایی نژاد، سید حسین، (۱۳۹۸)، بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکی دما - گیاه (TVDI) و دما- گیاه اصلاح شده (MTVDI) و تصاویر سنجنده مودیس، مجله آب‌وخاک، نوع نشریه: علمی - پژوهشی، جلد ۲۷ شماره۴.

۲۷- هادیان، فریبا. حسینی، زهرا، سید حسنی، مرجان (۱۳۹۶) پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات بارندگی و تصاویر ماهواره‌ای NOAA AVHRR در استان کرمانشاه، نشریه مرتع‌داری، جلد اول، ۱۳۹۳، ۴۶- ۶۲.

۲۸- عبدالعلی‌زاده، زهرا. قربانی، اردوان. مصطفی‌زاده، رئوف. معمری، مهدی (۱۳۹۹) برآورد تاج‌پوشش مرتع با استفاده از داده‌های لندست OLI و شاخص‌های پوشش گیاهی در مراتع سبلان، ایران مجله عربی علوم زمین جلد ۱۳، شماره مقاله: ۲۴۵.

۲۹- Barton, J.S., Hall, D.K., & Riggs, G.A. (۲۰۰۰). Remote sensing of fractional snow cover using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data. Proceedings of the ۵۷th Eastern Snow Conference, Syracuse, New York, USA.

۳۰- Bergeron، J.، Royer، A.، Turcotte، R.، Roy، A.، (۲۰۱۴). Snow cover estimation using blended MODIS and AMSR- E data for improved watershed- scale spring streamflow simulation in Quebec، Canada، Hydrological processes،

۳۱- Bi، Y.، Xie، H.، Huang، C.، Ke، C.، (۲۰۱۵). Snow cover variations and controlling factors at upper Heihe River Basin، Northwestern China، Remote Sensing، Vol ۷، No ۶، Pp ۶۷۴۱-۶۷۶۲.

۳۲- Dietz، A.، Conrad، C.، Kuenzer، C.، Gesell، G.، Dech، S.، (۲۰۱۴). Identifying changing snow cover characteristics in central Asia between ۱۹۸۶ and ۲۰۱۴ from remote sensing data، Remote Sensing، Vol ۶، No ۱۲، Pp ۱۲۷۵۲- ۱۲۷۷۵.

۳۳- Dietz، A.J.، Kuenzer، C.، Conrad، C.، (۲۰۱۳). Snow-cover variability in central Asia between ۲۰۰۰ and ۲۰۱۱ derived from improved MODIS daily snow-cover products، International journal of remote sensing، Vol ۳۴، No ۱۱، Pp ۳۸۷۹- ۳۹۰۲.

۳۴- Hall، D.K.، Crawford، C.J.، DiGirolamo، N.E.، Riggs، G.A.، Foster، J.L.، (۲۰۱۵). Detection of earlier snowmelt in the Wind River Range، Wyoming، using Landsat imagery، ۱۹۷۲– ۲۰۱۳، Remote Sensing of Environment، Vol ۱۶۲، Pp ۴۵-۵۴.

۳۵- Huang, X., Deng, J., Wang, W., Feng, Q. and Liang, T., ۲۰۱۷, Impact of climate and elevation on snow cover using integrated remote sensing snow products in Tibetan Plateau. Remote Sensing of Environment ,۱۹۰, ۲۷۴-۲۸۸.

۳۶- Ke، C.Q.، Liu، X.، (۲۰۱۴). MODIS-observed spatial and temporal variation in snow cover in Xinjiang، China، Climate Research، Vol ۵۹، No ۱، Pp ۱۵-۲۶.

۳۷- Khadka، D.، Babel، M.S.، Shrestha، S.، Tripathi، N.K.، (۲۰۱۴). Climate change impact on glacier and snow melt and runoff in Tamakoshi basin in the Hindu Kush Himalayan (HKH) region، Journal of hydrology، Vol ۵۱۱، Pp ۴۹- ۶۰.

۳۸- Zhang, Y., Yann, S., Lu, Y., (۲۰۱۰), "snow cover Monitoring using MODIS Data in Liaoning Province, Northeastern China", Remote Sensing, ۲:۷۷۷-۷۹۳.

Monitoring of Ashtrankoh glaciers in the catchment area of Gohar Lake in Lorestan and investigating its relationship with vegetation reduction using MODIS images and NDSI index between ۱۳۸۰ and ۱۳۹۵

Mohammadebrahim Afifi[۱], Vahid Sohrabi[۲]

Abstract

In this study، MODIS satellite images related to the years ۲۰۰۱ to ۲۰۱۵ have been used to prepare a map of the surface under snow cover in Lorestan Province، Ashrankuh Region. The main purpose of the research was to investigate the relationship between natural glaciers and vegetation. In this study، it was the NDSI index، which is actually the normalized difference of two spectral bands (visible band and near-infrared band or short-wavelength infrared band)، which is used to extract snow-covered surfaces. k-means algorithm was used for clustering. The results obtained from the changes in the glacial zones have shown a decreasing trend. So that the area covered by glaciers in ۲۰۰۱ was estimated to be around ۷۵۰۰ square meters and in ۲۰۱۵ this amount was estimated to be approximately ۵۰۰۰ square meters. Fluctuation in the changes of each year compared to the next year is very low due to the wideness of the Modis image cell، but in the long term، the decreasing trend of glacier levels is quite clear.

Keywords: Snow cover, MODIS sensor, NDSI index, Lorestan province.

۱-Member of the Faculty of Geography Department,Islamic Azad University, Larestan Branch.(Correspounding author: afifi.ebrahim۶۳۵۳@gmail.com).

۲- Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities, Larestan Branch Azad University, Iran.