

ارزیابی الگوریتم‌های مختلف ادغام تصاویر در تهیه نقشه شاخص‌های گیاهی

سارا نخعی نژادفرد^۱

حمید غلامی^۲

داوود اکبری^۳

Matt.W.Telfer^۴

مرضیه رضایی^۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۹/۰۴

چکیده

استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بیش‌تر در مناطق وسیع همچون استان خراسان جنوبی، به دلیل پهنای کوچک‌تر هر فریم تصویر لندست به همراه تفکیک زمانی بیش‌تر، امکان دسترسی به تصاویر همزمان جهت بررسی تغییرات کوتاه مدت همچون تغییرات پوشش گیاهی را با چالش همراه می‌کند. در پژوهش حاضر، به منظور دسترسی به اطلاعات طیفی همزمان پوشش گیاهی در استان خراسان جنوبی، از تکنیک ادغام تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و مادیس استفاده گردید. برای این منظور ابتدا نتایج حاصل از شش الگوریتم ادغام، شامل NNDiffuse، HPF، Brovey، Gram-Schmidt، PC و CN در یک محدوده آزمایشی در استان خراسان جنوبی با استفاده از معیارهای آماری مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در ادامه با کاربرد مناسب‌ترین الگوریتم ادغام، اطلاعات طیفی و مکانی بازتاب باند قرمز (RED) و مادون قرمز نزدیک (NIR) یازده تصویر موزائیک شده لندست ۸ (۳۰ متر) با باند RED و NIR یک تصویر مادیس (۲۵۰ متر) ادغام گردید. سپس جهت بررسی پوشش گیاهی، با تصویر ماهواره‌ای ادغام‌شده، شاخص NDVI و HVCi همزمان، در سطح استان خراسان جنوبی تهیه گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که الگوریتم NNDiffuse از دقت مطلوب‌تری جهت ادغام باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک لندست ۸ و مادیس برخوردار است، به طوری که شاخص گیاهی NDVI به دست آمده از این الگوریتم در مقایسه با تصویر لندست ۸ اصلی، از کم‌ترین خطای آمای RMSE (۰/۰۳۱۱) و MAE (۰/۰۱۸۱) برخوردار است. همچنین بررسی مقادیر شاخص NDVI به دست آمده از الگوریتم‌های ادغام، در طول خط ترانسکت طولی سیستماتیک-تصادفی در سه کاربری اراضی کشاورزی، شهری و مرتعی نیز نشان داد که شاخص به دست آمده از الگوریتم NNDiffuse انطباق بهتری با شاخص NDVI به دست آمده از تصویر لندست ۸ اصلی دارد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم NNDiffuse، شاخص NDVI؛ پوشش گیاهی، باند RED، باند NIR

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، هرمزگان sara21767@yahoo.com

۲- دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، هرمزگان (نویسنده مسئول) hgholami@hormozgan.ac.ir

۳- استادیار گروه نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی، دانشگاه زابل، زابل، سیستان و بلوچستان.

۴- دکتری تخصصی گروه جغرافیا، زمین و علوم محیطی، دانشکده علوم و مهندسی، دانشگاه پلی‌موث، پلی‌موث، دوون، بریتانیا. matt.telfer@plymouth.ac.uk

۵- استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، هرمزگان ma.rezai8011@gmail.com

مقدمه

در میان اکوسیستم‌های زمین، مناطق خشک و نیمه خشک که حدود ۳۰ درصد از مساحت زمین را دربرمی‌گیرند، در طول قرن گذشته، به سبب شیوه‌های بهره‌برداری بیش از حد، افزایش اثرات خشکسالی و تغییر اقلیم با تخریب و فرسایش قابل ملاحظه‌ای همراه بوده‌اند (Maynard et al, 2016). یکی از ابزارهای مفید جهت پایش پوشش سطح زمین و تأثیرات عوامل اقلیمی بر آن، استفاده از داده‌های سنجش از دور است. زمانی که مطالعات سنجش از دور بر روی پایش اکولوژیکی متمرکز باشد، داده‌های مورد نیاز متنوع خواهد بود و قدرت تفکیک‌پذیری زمانی و مکانی تصاویر تعیین می‌کند که داده‌ها چگونه استفاده شوند، این داده‌ها چه اطلاعاتی را عرضه می‌کنند و کدام یک از داده‌ها مفید هستند (Atkinson, 2013). اطلاعات مربوط به توسعه فنولوژیکی گیاهان و پوشش خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی پایش می‌شود. در این زمینه، غالباً از مدل‌های آماری جهت بررسی ارتباط بین پوشش‌های مشاهده‌شده خاک و شاخص‌های گیاهی استفاده می‌گردد (Gao et al, 2017; Möller et al, 2017; Gerstmann et al, 2016). شاخص‌های گیاهی که از بازتاب طیفی باند قرمز (RED) و باند مادون قرمز نزدیک (NIR¹) محاسبه می‌شوند، در نتیجه افزایش ناگهانی بازتاب کلروفیل گیاهان در محدوده طیفی باند NIR، نسبت به تفاوت اندک پوشش گیاهی، بسیار حساس هستند (Möller et al, 2017). یکی از این شاخص‌های گیاهی شناخته‌شده، شاخص NDVI² هست که در پیش‌بینی پوشش خاک از دقت خوبی برخوردار است (Walker et al. 2014; Tewes et al, 2015; Gerstmann et al, 2016; Olsoy et al, 2017; Gao et al, 2017; Möller et al, 2017; Boyte et al, 2017; Wu et al, 2018).

اگر منطقه مورد مطالعه ناهمگن باشد و تشخیص گونه‌های غالب از سایر گونه‌ها دشوار باشد، آنگاه برای مطالعات اکولوژیکی، تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک‌پذیری متوسط (۳۰ متر) تا بسیار بالا (۱ متر) مناسب است و اگر

منطقه مورد مطالعه در یک مقیاس منطقه‌ای همگن باشد و یا گونه‌های غالب، قابل تشخیص باشند، آنگاه تصاویر با قدرت تفکیک‌پذیری متوسط تا درشت (۲۵۰ متر) مناسب خواهند بود (Tewes et al, 2015; Boyte et al, 2017). اما اگر اندازه تفکیک‌پذیری یک پدیده مشخص از قدرت تفکیک‌پذیری تصاویر ماهواره‌ای، بسیار کوچک باشد، آنگاه توانایی کشف و تعیین آن پدیده، از تصاویر ماهواره‌ای با مسئله همراه بود و ممکن است آمار تولید شده از تصاویر ماهواره‌ای، جزئیات مهمی نداشته باشند (Maynard et al, 2016).

به عنوان مثال اگر هدف مطالعه، بررسی گونه‌های سریع‌الرشد در یک منطقه باشد، از دیدگاه زمانی، ضرورت دارد که تفکیک زمانی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده، به گونه‌ای باشد که بتوان واکنش آن گونه را نسبت به اثرات پدیده‌های جوی کوتاه‌مدت همچون بارندگی ثبت کرد (Kennedy et al, 2014; Boyte et al, 2016). اما در تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک زمانی بیش‌تر (۱۶ روز در لندست)، امکان ثبت تغییرات پدیده‌های کوتاه مدت، وجود ندارد. به همین جهت از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک زمانی کم‌تر، همچون مادیس استفاده می‌گردد.

تصاویر مادیس اگر چه دارای قدرت تفکیک‌پذیری زمانی بهتر است؛ اما به سبب قدرت تفکیک‌پذیری مکانی کم‌تر، امکان ثبت تغییرات در مقیاس کوچک‌تر را ندارد. بنابراین داده‌های یک ماهواره ممکن است برای بسیاری از مطالعات کافی نباشد (Gao et al, 2015).

از طرف دیگر هر فریم تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی متوسط همچون سری لندست دارای پهنای کم‌تر (۱۸۰×۱۸۰ کیلومتر) است و از آنجایی که قدرت تفکیک زمانی این ماهواره ۱۶ روز است، بنابراین استفاده از تصاویر این ماهواره در محدوده‌های وسیع همچون استان خراسان جنوبی، امکان پوشش همزمان کل محدوده مورد مطالعه را فراهم نمی‌کند.

در چنین شرایطی استفاده از موزائیک چندین تصویر غیر همزمان، جهت پوشش تمامی محدوده ناگزیر است.

1- Near Infrared

2- Normalized Difference Vegetation Index

چندگانه باندهاست. این گروه از روش‌ها معمولاً اطلاعات مکانی را به خوبی حفظ می‌کنند، ولی اغلب حافظ اطلاعات طیفی خوبی نیستند (محمدنژادنیازی و همکاران، ۱۳۹۵). به طور کلی ادغام تصاویر در سه سطح صورت می‌پذیرد که شامل ادغام در سطح پیکسل، ادغام در سطح ویژگی و ادغام در سطح تصمیم‌گیری است.

در ادغام در سطح پیکسل که در پایین‌ترین سطح پردازش قرار دارد، تصاویر خام از یک صحنه از سنجنده‌های مختلف با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا تصویر جدیدی تولید کنند، این تصویر برای تفسیر انسانی و پردازش‌های کامپیوتری مناسب‌تر است (هارونی، کریمی، ۱۳۹۶) و به همین سبب در مطالعات سنجنش از دور، ادغام در سطح پیکسل بیش‌تر مورد توجه است (Xu and Ehlers, 2017).

مطالعات متعددی در رابطه با مقایسه روش‌های مختلف ادغام تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

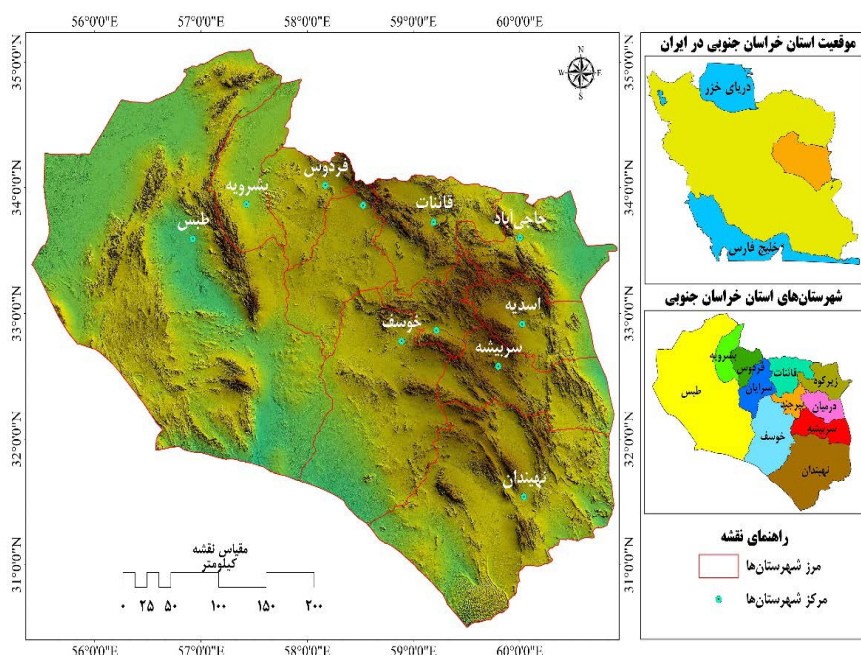
امینی و شتایی جویباری (۱۳۹۰) به منظور ارزیابی روش ادغام تصاویر ماهواره‌ای در بالا بردن دقت تهیه نقشه جنگل‌های زاگرس، تصاویر چند طیفی سنجنده ETM+ با باند پانکروماتیک همان سنجنده و نیز با باند پانکروماتیک ماهواره IRS-1C را از طریق روش‌های IHS و PANSARP ادغام کردند. نتایج محققان مذکور نشان داد نقشه حاصل از تصاویر ادغام شده سنجنده ETM+ با باند پانکروماتیک ماهواره IRS-1C از طریق روش PANSARP، دارای بالاترین صحت می‌باشد. محمدنژادنیازی و همکاران (۱۳۹۵) با ارائه روش ادغام تصاویر چند طیفی و پانکروماتیک IHS-GA، در یک منطقه از شهر سیدنی کشور استرالیا، شناسایی مناطق دارای پوشش گیاهی را بهبود بخشیدند.

برای این منظور از شاخص NDVI جهت شناسایی مناطق حاوی پوشش گیاهی و از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک برای به دست آوردن بهترین پارامترهای وزن تصویر شدت استفاده کردند. نتایج این تحقیقات نشان داد که روش پیشنهادی قابل‌رقابت با دیگر روش‌های ادغام تصویر

این مسئله زمانی که هدف پژوهش، بررسی پوشش گیاهی همزمان و یا تغییرات پدیده‌های کوتاه مدت باشد، مطالعات را با کاستی و مسئله همراه می‌کند. به همین سبب، داده‌های تصاویر ماهواره‌ای همچون سری لندست با ادغام قدرت تفکیک‌پذیری مکانی بهتر، با اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای همچون مادیس با قدرت تفکیک‌پذیری زمانی بهتر، می‌تواند راه حلی برای پیوند بین داده‌های با وضوح زمانی و مکانی بهتر باشد (Gao et al, 2017). زمینه‌های کاربردی ادغام تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک‌پذیری زمانی و مکانی متفاوت، گوناگون است، به طوری‌که استفاده از این تکنیک در بسیاری از مطالعات اخیر همچون بررسی دوره‌های رشد گیاهان (Gao et al, 2017)، بررسی عرصه‌های دچار آتش‌سوزی (Boyte et al, 2017)، بررسی روزانه آلودگی منابع آبی (Swain and Sahoo, 2017)، بررسی تغییرات کوتاه مدت الگوهای اکولوژیکی (Olsoy et al, 2017)، تعیین مناطق دارای خطر فرسایش کوتاه مدت (Möller et al, 2017) و ... نتایج قابل توجهی را ارائه نموده است. ایده اصلی طرح شده در ادغام تصویر حفظ مقادیر طیفی تصویر چند طیفی مرجع تا حد امکان در تصاویر خروجی و بهبود کیفیت تفکیک مکانی است. امروزه روش‌های مختلفی جهت ادغام تصاویر ارائه شده‌اند (محمدنژادنیازی و همکاران، ۱۳۹۵).

روش‌های ادغام به سه گروه تقسیم می‌شوند. گروه اول شامل ترکیب‌های رنگی در سه باند تصویر در فضای رنگ RGB است، مانند تبدیل HIS که در آن اطلاعات مکانی و طیفی از هم جدا شده و محتوای آن‌ها بدون تأثیرپذیری از همدیگر، به صورت مستقل تغییر می‌کند. در نتیجه اطلاعات مکانی به خوبی حفظ می‌شود، در حالی‌که اطلاعات طیفی تخریب می‌شود (Xu and Ehlers, 2017).

گروه دوم روش‌های آماری است که بر پایه مشخصات آماری باندها استوارند. در این روش اطلاعات طیفی حفظ، اما اطلاعات مکانی تخریب می‌شود. گروه سوم روش‌های چند مقیاسی با استفاده از عملیات فیلترینگ در سطوح



نگاره ۱: موقعیت استان خراسان جنوبی، شهرستان‌های استان و مراکز شهرستان‌ها

Brovey، از نظر حداقل، حداکثر و انحراف معیار ارزش طیفی به ارزش باند پانکروماتیک شبیه‌تر است. در پژوهش حاضر پس از ارزیابی نتایج حاصل از الگوریتم‌های مختلف ادغام تصاویر ادغام در سطح پیکسل و انتخاب مناسب‌ترین الگوریتم ادغام، نقشه پوشش گیاهی همزمان در سطح استان خراسان جنوبی تهیه گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر استان خراسان جنوبی به مرکزیت شهرستان بیرجند است که در موقعیت جغرافیایی ۴۶° ۵۷' تا ۶۰° ۵۷' طول شرقی و ۳۵° ۳۰' تا ۳۴° ۱۴' عرض شمالی قرار گرفته است. استان خراسان جنوبی از جنوب و شرق به کویر لوت و از شمال و غرب کوهستانی بوده و مساحت حدود ۱۵۰۰۳۲ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است. آب و هوا و اقلیم استان از نوع خشک و بیابانی است و متوسط بارندگی سالیانه استان به ۱۱۵ میلی‌متر می‌رسد (رمزی و همکاران، ۱۳۹۳). منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر وابستگی شدیدی به منابع

است. Sanli و Abdikan (۲۰۱۲) در یک مطالعه در غرب ترکیه دقت الگوریتم‌های ادغام شامل Ehlrs^۱، IHS^۲، HPF^۳، DWT^۴ و PCA را با استفاده از آنالیز آماری بر روی ادغام داده‌های راداری PALSAR RADARSAT و اپتیکی SPOT در زمین‌های کشاورزی و شهر مورد مقایسه و ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیقات آنان نشان داد که به طور کلی روش Ehlrs به خوبی اطلاعات طیفی را حفظ می‌کند و روش HPF در زمین‌های کشاورزی نتایج بسیار مطلوبی دارد. Zhao و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی در مرکز چین با ادغام باندهای طیفی و باند پانکروماتیک تصاویر ماهواره‌ای WorldView-3، به بررسی دقت الگوریتم‌های ادغام NNDiffuse و Brovey پرداختند. نتایج تحقیقات آنان حاکی از آن بود که میزان دقت ثبات طیفی در کاربری‌های پوشش گیاهی، سطوح آبی، اراضی بایر و مناطق مسکونی به ترتیب بیشتر است. مقایسه الگوریتم‌های ادغام مذکور نیز نشان داد که الگوریتم NNDiffuse در مقایسه با الگوریتم

1- Intensity-Hue-Saturation

2- High Pass Frequency

3- Discrete Wavelet Transformation

4- Principal Component Analysis

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سامر)
 ارزیابی الگوریتم‌های مختلف ادغام تصاویر در تهیه نقشه ... / ۲۰۳

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده شده در پژوهش حاضر

سرنجده و ماهواره	شماره	تاریخ	Path	Row
OLI لندست ۸	۱	۲۰۱۷/۰۶/۱۳	۱۵۸	۳۸
	۲	۲۰۱۷/۰۶/۱۳	۱۵۸	۳۷
	۳	۲۰۱۷/۰۶/۱۸	۱۶۱	۳۷
	۴	۲۰۱۷/۰۶/۱۸	۱۶۱	۳۶
	۵	۲۰۱۷/۰۶/۲۰	۱۵۹	۳۶
	۶	۲۰۱۷/۰۶/۲۰	۱۵۹	۳۷
	۷	۲۰۱۷/۰۶/۲۰	۱۵۹	۳۸
	۸	۲۰۱۷/۰۶/۲۷	۱۶۰	۳۶
	۹	۲۰۱۷/۰۶/۲۷	۱۶۰	۳۷
	۱۰	۲۰۱۷/۰۶/۲۷	۱۶۰	۳۸
	۱۱	۲۰۱۷/۰۶/۲۹	۱۵۸	۳۹
	۱۲	۲۰۱۷/۰۷/۰۶	۱۵۹	۳۷

جدول ۲: مشخصات سرنجده مادیس استفاده شده در پژوهش حاضر

سرنجده و ماهواره	شماره	محصول	تاریخ
مادیس Terra, Aqua	۱	MOD02QKM Calibrated Radiances- 250m	۲۰۱۷/۰۶/۲۳
	۲	MOD02QKM Calibrated Radiances- 250m	۲۰۱۷/۰۷/۰۶

با توجه به وسعت بسیار بالای استان خراسان رضوی، به دلیل قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روزه تصاویر لندست ۸، امکان دسترسی به تصاویر همزمان وجود ندارد. از طرف دیگر محدودیت زمانی پردازش تصاویر به دلیل حجم بالای تصاویر استان با انتخاب یک محدوده آزمایشی ترفیع گردید. بنابراین ابتدا محدوده‌ای در داخل استان جهت بررسی دقت الگوریتم‌های ادغام تصاویر انتخاب شد. انتخاب این محدوده امکان تفسیر بصری و مشاهده تفاوت‌های الگوریتم‌های ادغام را بهتر فراهم می‌کند. این

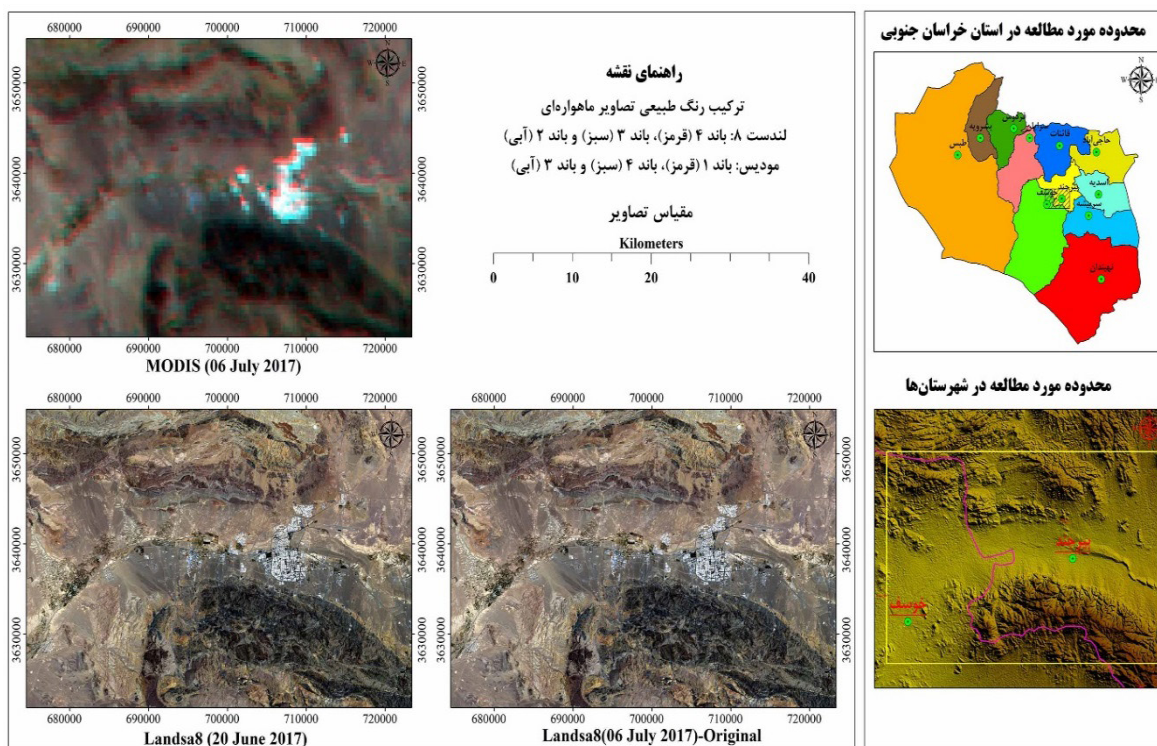
طبیعی داشته، از این‌رو در برابر رفتارهای تنش‌زای محیطی بسیار شکننده می‌باشد (اسمعیل‌نژاد و پودینه، ۱۳۹۶)، به‌طوری‌که خشکسالی‌های چند سال اخیر با تأثیر منفی بر پوشش گیاهان مرتعی زمینه افزایش فرسایش آبی و بادی و توسعه بیابان‌زایی را فراهم کرده است (حسینی و مکارن، ۱۳۹۵). موقعیت استان خراسان جنوبی در کشور ایران، شهرستان و موقعیت مراکز شهرستان‌ها در نگاره (۱) نشان داده شده است.

۲-۲- داده‌های مورد استفاده و پیش‌پردازش تصاویر
 در پژوهش حاضر از داده‌های مادیس و لندست ۸ استفاده گردید. سرنجده مادیس دارای قدرت تفکیک زمانی بسیار خوبی است، به‌طوری‌که تصاویر آن به صورت روزانه برای هر منطقه در دسترس است، اما قدرت تفکیک مکانی آن کم‌تر است.

در این سرنجده، دو باند RED و NIR دارای قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر است که در مقایسه با باندهای دیگر (۵۰۰ متر و ۱ کیلومتر) دقت مکانی بهتری دارند. سرنجده لندست ۸ دارای قدرت تفکیک مکانی بسیاری خوبی است، چنان‌که باندهای چند طیفی آن ۳۰ متر و باند پانکروماتیک ۱۵ متر قدرت تفکیک مکانی دارند. اما قدرت تفکیک زمانی کم‌تر این سرنجده (۱۶ روز)، امکان بررسی پدیده‌های کوتاه مدت را فراهم نمی‌کند. بنابراین ادغام مکانی-زمانی سرنجده‌های لندست و مادیس، امکان دسترسی به تصاویری با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بهتر را فراهم می‌کند. در پژوهش حاضر از باندهای RED و NIR تصاویر ماهواره‌ای مذکور استفاده گردید.

در جدول ۱ مشخصات تصاویر لندست ۸ و در جدول ۲ نیز مشخصات تصاویر مادیس مورد استفاده در پژوهش حاضر نشان داده شده است.

تصاویر مادیس دریافت شده، محصول Level 1 B می‌باشد که در این محصول اصلاحات مربوط به رادیانس انجام شده است.



نگاره ۲: موقعیت محدوده آزمایشی جهت مقایسه الگوریتم‌های ادغام

موزائیک شده لندست ۸ (تصاویر شماره ۱ تا ۱۱) در محدوده استان خراسان جنوبی استفاده گردید، چرا که این تصویر مناسب‌ترین فاصله زمانی را با تمام تصاویر لندست ۸ دارد. به این ترتیب مقادیر طیفی باندهای RED و NIR مربوط به تصویر موزائیک شده با تاریخ‌های مختلف، با ادغام با مقادیر طیفی تصویر مادیس با روش مناسب انتخاب شده، به مقادیر نزدیک‌تر آن تاریخ اصلاح گردید. از آنجایی که تصاویر لندست ۸ نیاز به تصحیح هندسی ندارند، تنها تصاویر مادیس مورد تصحیح هندسی قرار گرفتند. جهت تصحیح رادیومتریکی و اتمسفری تصاویر از ماژول فلش^۱ در نرم‌افزار ENVI 5.2 استفاده گردید (Mushoreet al, 2017; Dube and Mutanga, 2015).

پارامترهای مورد نیاز برای تصحیح اتمسفری همچون تاریخ و ساعت تصویربرداری از اطلاعات فایل متنی^۲ که ضمیمه تصاویر است، استخراج گردید و همچنین از

محدوده با وسعت حدود ۱۷۳۹ کیلومتر مربع، قسمت‌هایی از شهرستان بیرجند و خوسف را دربرمی‌گیرد و دارای کاربری اراضی متنوعی می‌باشد. در نگاره ۲ موقعیت محدوده آزمایشی نشان داده شده است. بر این اساس از تصاویر شماره ۱ تا ۱۱ (جدول ۱) جهت موزائیک باندهای RED و NIR تصویر لندست ۸ در محدوده استان خراسان جنوبی استفاده گردید. تصویر شماره ۶ مربوط به تاریخ ۲۰ ژوئن ۲۰۱۷ با تصویر مادیس مربوط به تاریخ ۶ ژوئیه ۲۰۱۷، در محدوده مورد مطالعه ادغام گردید. تصویر شماره ۱۲ لندست ۸ (لندست ۸ اصلی) که مربوط به تاریخ متناظر با مادیس ادغام شده است (یعنی ۶ ژوئیه ۲۰۱۷)، جهت بررسی دقت الگوریتم‌های ادغام استفاده گردید. این تصویر از نظر مکانی همان تصویر شماره ۶ است، اما از نظر زمانی ۱۶ روز بعد از آن تصویربرداری شده است. پس از انتخاب مناسب‌ترین روش ادغام، از تصویر مادیس شماره ۲ که مربوط به تاریخ ۲۲ ژوئن ۲۰۱۷ است، جهت ادغام با تصویر

1- FLAASH

2- MTL

باند‌های MS و PAN را ترکیب می‌کند. به طور کلی در این روش، روشنایی تصویری PAN بر اساس یک رابطه جبری به هر پیکسل تصویر MS تزریق می‌شود. فرمول ریاضی این روش به شکل رابطه ۱ است (Dahiya et al, 2013; Pushparaj and

Hegde, 2017)

$$DN(i)_{Fused} = \left[\frac{ND(i)}{\sum ND(i)} \right] \times DN_{PAN} \quad (1)$$

که در آن DN عدد دیجیتالی هر باند معین و i باند معین از تصویر MS می‌باشد.

در الگوریتم NNDiffuse، فرض بر این است که هر پیکسل طیفی در تصویر PAN یک ترکیب خطی وزنی از طیف‌های ابرپیکسل‌های مجاور آن است و هر طیفی، به عنوان کوچک‌ترین عنصر عملیات در نظر گرفته می‌شود. جهت انجام این الگوریتم چندین فاکتور شامل نسبت اندازه پیکسل، صاف بودن مکانی (σ_s) و صاف بودن شدت (σ_t) این الگوریتم نیاز است که از طریق معادله‌های ۲ تا ۴ به دست می‌آید (Sun et al, 2014; Zhao et al, 2016).

(۲)

$$HM(x, y) = \frac{1}{k(x, y)} \sum_{j=1}^9 \exp \left[-\frac{N_j(x, y)}{\sigma_s^2} \right] \times \exp \left[-\frac{\| (x, y) - (x_{u,v}, y_{u,v}) \|^2}{\sigma_t^2} \right] M(u, v; x, y, j)$$

که در آن HM تصویر ادغام شده است، $M(u, v; x, y, j)$ بردار طیفی ابرپیکسل‌های همسایه (u, v) متناظر با پیکسل (x, y) ، و ز در ارتباط با مناطق پخش‌شدگی است. $x_{u,v}$ و $y_{u,v}$ مرکز مکان‌های نه ابرپیکسل همسایه (u, v) هستند. σ_s و σ_t پارامتر مربوط به حساسیت به پخش‌شدگی است. $N_j(x, y)$ شباهت بین پیکسل (x, y) را به ابرپیکسل‌های همسایه فراهم می‌کند.

$$\sigma^2(x, y) = \min[N_j(x, y)] \quad j = 1, 2, \dots, 9 \quad (3)$$

که در این فرمول، N_j فاکتور تفاوت نه همسایه است.

(۴)

$$N_j(x, y) = \sum (p, q) \in \Omega_j(x, y) |p(x, y) - p(p, q)| \quad j = 1, 2, \dots, 9$$

که در این رابطه، $\Omega_j(x, y)$ مناطق پخش‌شدگی برای هر

DEM ۳۰ متری سنجنده ASTER جهت استخراج ارتفاع متوسط زمین، جهت تصحیح اتمسفری و از روش تطبیق هیستوگرام^۱ نیز جهت موزائیک تصاویر لندست ۸ استفاده گردید.

۲-۳- الگوریتم‌های ادغام تصاویر

الگوریتم‌های ادغام تصاویر ماهواره‌ای بر پایه پیکسل، جزئیات هندسی تصویر پانکروماتیک با وضوح بالا (PAN^۲) و اطلاعات طیفی از یک تصویر چند طیفی (MS^۳) با قدرت تفکیک مکانی کم را برای تولید تصویر MS با قدرت تفکیک مکانی بالا استفاده می‌کند (Xu and Ehlers, 2017; Pushparaj and Hegde, 2017; Zhang et al, 2016).

در پژوهش حاضر دقت الگوریتم‌های ادغام تصاویر ماهواره‌ای شامل Brovey،^۴ NNDiffuse،^۵ HPF،^۶ Gram-Schmidt،^۷ PC^۸ و CN^۹ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در الگوریتم‌های NNDiffuse و HPF امکان ادغام باند به باند تصاویر وجود دارد. بنابراین با استفاده از این الگوریتم‌ها باند‌های RED و NIR تصاویر لندست ۸ با باند‌های متناظر آن در مادیس به صورت منفرد ادغام گردید. اما در الگوریتم‌های Brovey، Gram-Schmidt، PC و CN حداقل دو باند تصویر چند طیفی (مادیس) برای ادغام با باند تصویر با وضوح بهتر، مورد نیاز می‌باشد. به همین سبب در این الگوریتم‌ها از باند NIR لندست ۸ و دو باند RED و NIR مادیس استفاده گردید، چرا که NIR نسبت به تغییرات پوشش گیاهی حساس‌تر است (Möller et al, 2017). الگوریتم‌های Gram-Schmidt، NNDiffuse و CN با کاربرد برنامه ENVI 5.3 و الگوریتم‌های Brovey، HPF و PC با برنامه ERDAS IMAGINE 2013 اعمال گردید. الگوریتم Brovey با استفاده از یک فرمول ریاضی

- 1- Histogram Matching
- 2- High-Resolution Panchromatic
- 3- Multispectral
- 4- Nearest Neighbor diffusion
- 5- High-Pass Filter
- 6- Principal Component
- 7- Color Normalized

شامل می‌شود، چرا که درصد زیادی از واریانس را در بر می‌گیرد. PC-1 با باند دارای وضوح بالا جایگزین می‌شود که برای سازگاری با باند PC-1 مقیاس‌پذیر است و سپس تبدیل معکوس اعمال می‌شود.

داده MS با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه، Bilinear یا Cubic به صورت خودکار به اندازه پیکسل با وضوح بالا تبدیل می‌شود. پس از ادغام، تصویر به دست آمده دارای ویژگی‌هایی با قدرت تفکیک مکانی بالا و وضوح طیفی بالای تصویر اصلی است (Abdikan and Sanli, 2012; Dahiya et al, 2013; Sarp, 2013).

الگوریتم CN یک فرمت از الگوریتم Brovey است و گروه‌های باندهای تصویر ورودی به بخش‌های طیفی از طریق دامنه طیفی تصویر پانکروماتیک تعیین می‌شود. بخش‌های باندهای مربوطه طبق روال زیر با همدیگر پردازش می‌شوند: هر باند ورودی در باند تیز شده ضرب می‌شود و سپس با تقسیم آن به مجموع باندهای هر بخش، نرمال می‌شود. این روش به برای داده‌های یک سنسور نتایج خوبی دارد، اما اگر دامنه طیفی تصویر پانکروماتیک با دامنه طیفی تصاویر چندطیفی مطابقت نداشته باشد، قدرت تفکیک مکانی بهبود پیدا نمی‌کند (Klonus and Ehlers, 2009).

۲-۴- شاخص‌های NDVI و HVC^۲

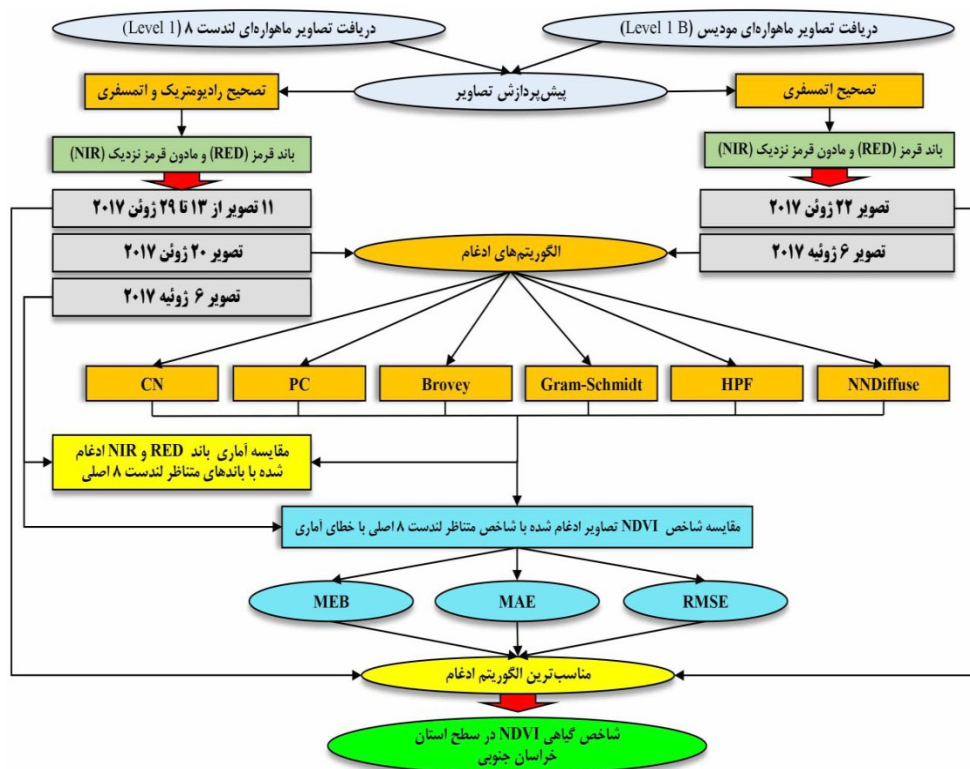
شاخص NDVI به صورت گسترده در مطالعات مربوط به پوشش گیاهی مورد توجه قرار گرفته است. با استفاده از این شاخص سلامتی پوشش گیاهی اندازه‌گیری می‌شود. در این شاخص ترکیبی از فرمول نرمالیزه شده و استفاده از مناطق دارای بالاترین مقدار جذب و بازتاب کلرفیل، سبب می‌شود که این شاخص برای بررسی سلامت گیاهان مناسب باشد (Hurley et al, 2014). از طرف دیگر NDVI تحت تأثیر روشنایی خاک، رنگ خاک، اتمسفر، ابر و سایه ابر و سایه تاج پوشش قرار می‌گیرد و نیازمند انجام کالیبراسیون تصاویر ماهواره‌ای است (Xu and Su, 2017). در رابطه ۳ نحوه

نه ابرپیکسل همسایه را تعریف می‌کند و (x,y) موقعیت هر یک از پیکسل‌ها را در مختصات وضوح بالا نشان می‌دهد. در الگوریتم HPF تصویر دارای وضوح بالا با فیلترگذر بالا، فیلتر می‌شود تا مؤلفه فرکانس بالا محاسبه شود. مؤلفه فرکانس بالا که مربوط به اطلاعات مکانی است، به صورت پیکسل به پیکسل به تصویر چند طیفی با وضوح کم‌تر اضافه می‌گردد (Abdikan and Sanli, 2012). در واقع در این روش نسبت بین اندازه مکانی تصاویر PAN و MS محاسبه می‌شود. فیلتر گذر بالای کوچک بر روی تصویر PAN قرار داده می‌شود و اندازه پیکسل تصویر MS، به آن تصویر PAN تبدیل می‌شود. تصویر PAN فیلترگذر بالا شده، به تصویر MS با اندازه پیکسل جدید، اضافه می‌شود تا تصاویر ادغام شده با هر دو اطلاعات طیفی و مکانی بالا به دست آید (Dahiya et al, 2013; Pushparaj and Hegde, 2017). در الگوریتم Gram-Schmidt یک باند PAN با استفاده از باندهای طیفی تصویر MS، شبیه‌سازی می‌شود. به طور کلی در این الگوریتم، باند PAN شبیه‌سازی شده از طریق میانگین‌گیری از باندهای تصویر MS، حاصل می‌شود و به عنوان باند اول در نظر گرفته می‌شود. در مرحله بعد، تبدیل Gram-Schmidt برای باند PAN شبیه‌سازی می‌شود و باندهای MS بر آن اعمال می‌شود. سپس باند PAN تصویر با وضوح بالا، با باند اول Gram-Schmidt جایگزین می‌شود (Sarp, 2013; Pushparaj and Hegde, 2017). الگوریتم آنالیز مؤلفه اصلی (PCA) یک تکنیک آماری است که مجموعه داده چند متغیره دارای وابستگی‌های درونی را به ترکیب‌های خطی غیر وابسته جدید از مقادیر اصلی، تبدیل می‌کند. دامنه اصلی مؤلفه تصویر چند طیفی با تبدیل مؤلفه اصلی ایجاد می‌شود. در این تکنیک داده‌ها به یک سیستم مختصات جدید تبدیل و چرخش داده می‌شوند تا واریانس داده‌های اصلی را به حداکثر برسانند. این روش که مؤلفه‌های اصلی را محاسبه می‌کند، تصویر MS با وضوح بالا را در محدوده مؤلفه اصلی اول (PC-1) بازسازی می‌کند و آن را با PC-1 جایگزین می‌کند. مؤلفه اصلی اول اطلاعات بیش‌تری را

1- Sharpening Band

2- High-Resolution Vegetation Coverage Image

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ()
 ارزیابی الگوریتم‌های مختلف ادغام تصاویر در تهیه نقشه ... / ۲۰۷



نگاره ۳: فلوچارت پژوهش حاضر

باند‌های ادغام‌شده، با باند‌های طیفی لندست ۸ متنظر با تاریخ تصویر مادیس ادغام‌شده، مورد بررسی قرار گرفت (Zhao et al, 2016; Dahiya et al, 2013). در ادامه شاخص NDVI استفاده از تصاویر ادغام شده مورد محاسبه قرار گرفت. از Scatter Plot جهت بررسی پراکنش مقادیر شاخص NDVI به دست آمده از ادغام تصاویر نسبت به لندست ۸ اصلی استفاده گردید. جهت بررسی دقت شاخص NDVI به دست آمده از تصاویر ادغام‌شده با الگوریتم‌های مذکور، علاوه بر برداشت پروفیل طولی سیستماتیک-تصادفی از مقادیر این شاخص و مقایسه آن با مقادیر شاخص لندست ۸ اصلی، پس از تبدیل فرمت رستری شاخص‌ها به فایل نقطه‌ای، از معیارهای آماری شامل خطای جذر میانگین مربعات (RMSE^۱)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE^۲) و میانگین اریبی خطا (MEB^۳) استفاده گردید (Pushparaj and Hegde, 2017; Xu and Ehlers, 2017). این معیارها مقادیر خطا

محاسبه این شاخص نشان داده شده است. در پژوهش حاضر پس از بررسی و ارزیابی دقت الگوریتم‌های ادغام تصاویر ماهواره‌ای و انتخاب مناسب‌ترین الگوریتم، شاخص NDVI از طریق باند RED و NIR تصویر ادغام‌شده، مورد محاسبه قرار گرفت (Chan et al, 2011).

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (5)$$

پس از محاسبه شاخص NDVI، نقشه درصد پوشش گیاهی از طریق شاخص HVCI در استان خراسان جنوبی تهیه گردید. این شاخص با رابطه ۶ مورد محاسبه قرار گرفت (Chan et al, 2011).

$$HVCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (6)$$

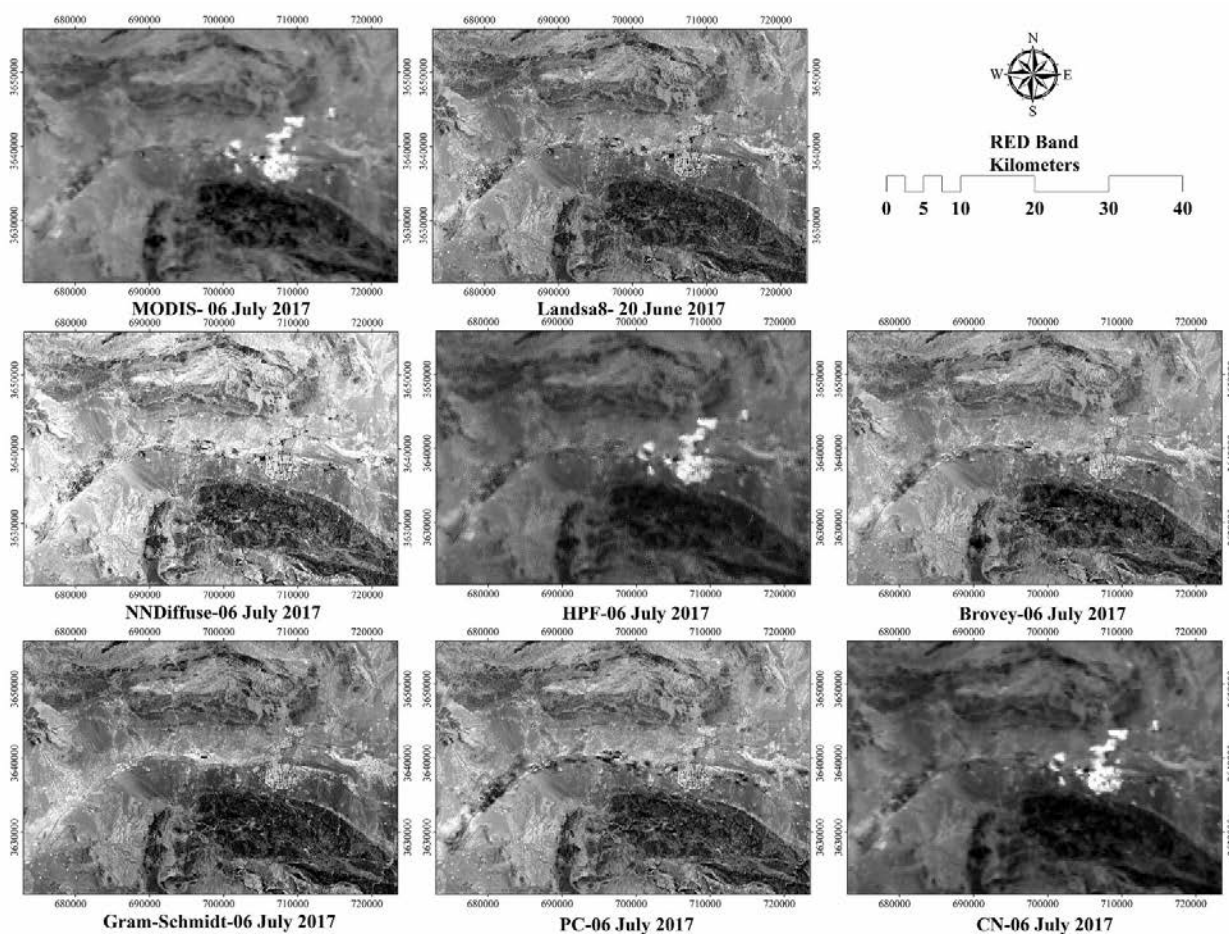
۲-۵- معیارهای ارزیابی

پس از ادغام اطلاعات باند RED و NIR تصاویر ماهواره‌ای لندست و مادیس، نتایج حاصل از ادغام از طریق مقایسه آماری مقادیر متوسط و همبستگی بازتاب طیفی

1- Root Mean Square Error

2- Mean Absolute Error

3- Mean Bias Error



نگاره ۴: باند RED تصاویر ماهواره‌ای ادغام شده و تصویر اصلی لندست ۸ و مادیس

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2}$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{x}_i - x_i|$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\hat{x}_i - x_i]$$

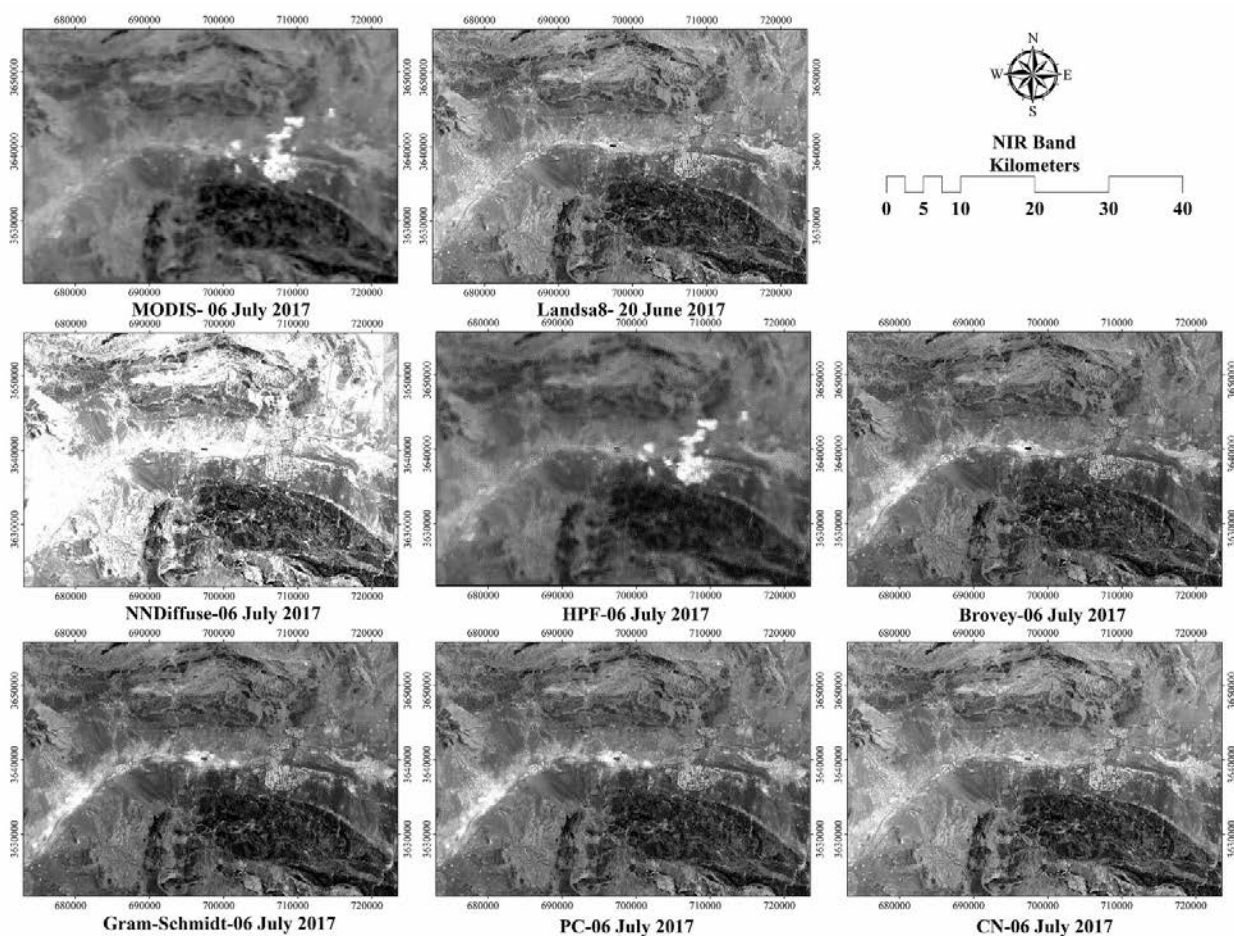
که در این روابط $\hat{x}_i$ مقادیر برآوردی، x_i مقادیر مشاهده‌ای، $\bar{x}$ متوسط مقادیر مشاهده‌ای و N تعداد داده‌هاست.

- (۷) را نسبت به مقدار مطلوب صفر نشان می‌دهد و مشخص می‌نماید که به چه مقداری خطا در فضای مطالعاتی وجود دارد. معیار MAE قدر مطلق متوسط خطای بین مقادیر مشاهداتی و برآورد شده را نشان می‌دهد و همواره مقادیر مثبت است، اما معیار MEB متوسط خطای بین مقادیر مشاهداتی و برآورد شده را نشان می‌دهد و مقادیر مثبت آن به این معنی است که الگوریتم مذکور برآورد بیش‌تر و مقادیر منفی هم حاکی از آن است که الگوریتم مذکور برآورد کم‌تری نسبت به مقادیر مشاهداتی (لندست ۸ اصلی) از خود نشان می‌دهد. معیارهای آماری مذکور به ترتیب از روابط ۷ تا ۹ مورد محاسبه قرار می‌گیرند. در نگاره ۳ فلوچارت پژوهش حاضر ارائه شده است.

۳- نتایج

پس از انجام پیش‌پردازش‌ها و ادغام باند RED و NIR لندست ۸ مربوط به تاریخ ۲۰ ژوئیه ۲۰۱۷ و مادیس مربوط به تاریخ ۶ ژوئن ۲۰۱۷، نتایج به دست آمده با

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سمر)
 ارزیابی الگوریتم‌های مختلف ادغام تصاویر در تهیه نقشه ... / ۲۰۹



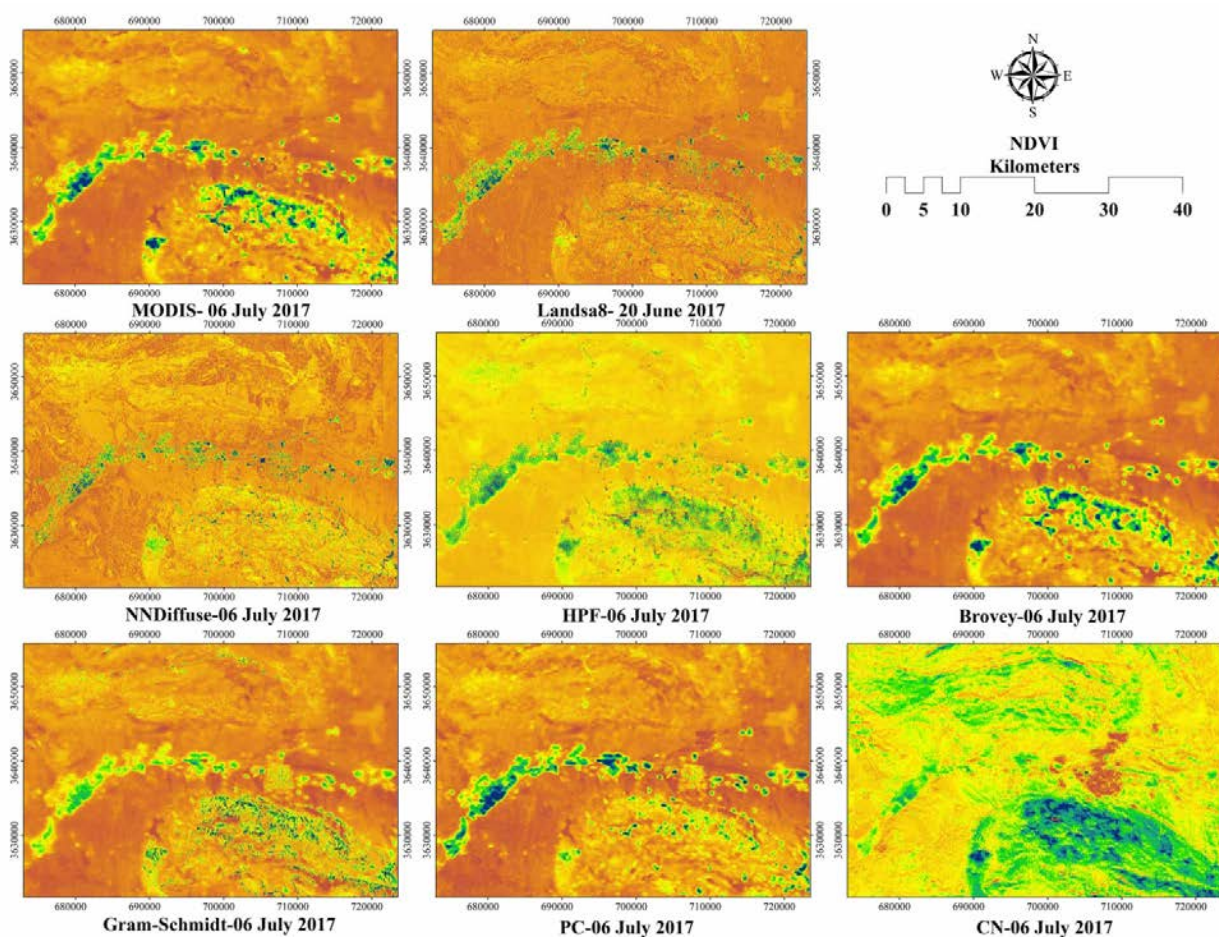
نگاره ۵: باند NIR تصاویر ماهواره‌ای ادغام‌شده و تصویر لندست ۸ اصلی و مادیس

تصویر لندست ۸ اصلی مربوط به تاریخ ۶ ژوئن ۲۰۱۷ مورد مقایسه قرار گرفت. باند RED و NIR ادغام شده با الگوریتم‌ها به همراه باندهای مذکور لندست ۸ و مادیس ادغام‌شده در نگاره‌های ۴ و ۵ و پارامترهای آماری بازتاب باندهای مذکور نیز در جدول ۳ ارائه شده است. بر این اساس در الگوریتم NNDiffuse میزان بازتاب باند RED در مقایسه با متوسط بازتاب باند RED تصویر اصلی لندست ۸ در حدود ۰/۰۶۴ میکرومتر افزایش و در الگوریتم Brovey نیز در حدود ۰/۱۱۲ میکرومتر کاهش یافته است. در بین الگوریتم‌های ادغام مورد بررسی، الگوریتم HPF نزدیک‌ترین مقدار بازتاب متوسط باند NIR را به مقادیر مشاهداتی (لندست ۸ اصلی) از خود نشان می‌دهد. بررسی میزان همبستگی باندهای RED الگوریتم‌های ادغام

مقادیر بازتاب باند قرمز در الگوریتم‌های NNDiffuse، HPF، Brovey و CN بیش‌تر و در الگوریتم‌های PC و Gram-Schmidt کمتر از مقدار متوسط این باند در لندست ۸ اصلی برآورد شده است. در الگوریتم HPF مقدار متوسط بازتاب باند NIR نسبت به مقدار متوسط بازتاب این باند در لندست ۸، با بیش‌ترین میزان افزایش (حدود ۰/۲۶ میکرومتر) همراه است. در حالی‌که الگوریتم Brovey نسبت به متوسط بازتاب این باند در لندست ۸، در حدود ۰/۱۱۹ میکرومتر کاهش یافته است. الگوریتم CN نیز در بین الگوریتم‌های مورد بررسی، نزدیک‌ترین مقدار بازتاب متوسط باند RED را به مقادیر مشاهداتی (لندست ۸ اصلی) از خود نشان داد. به طور کلی

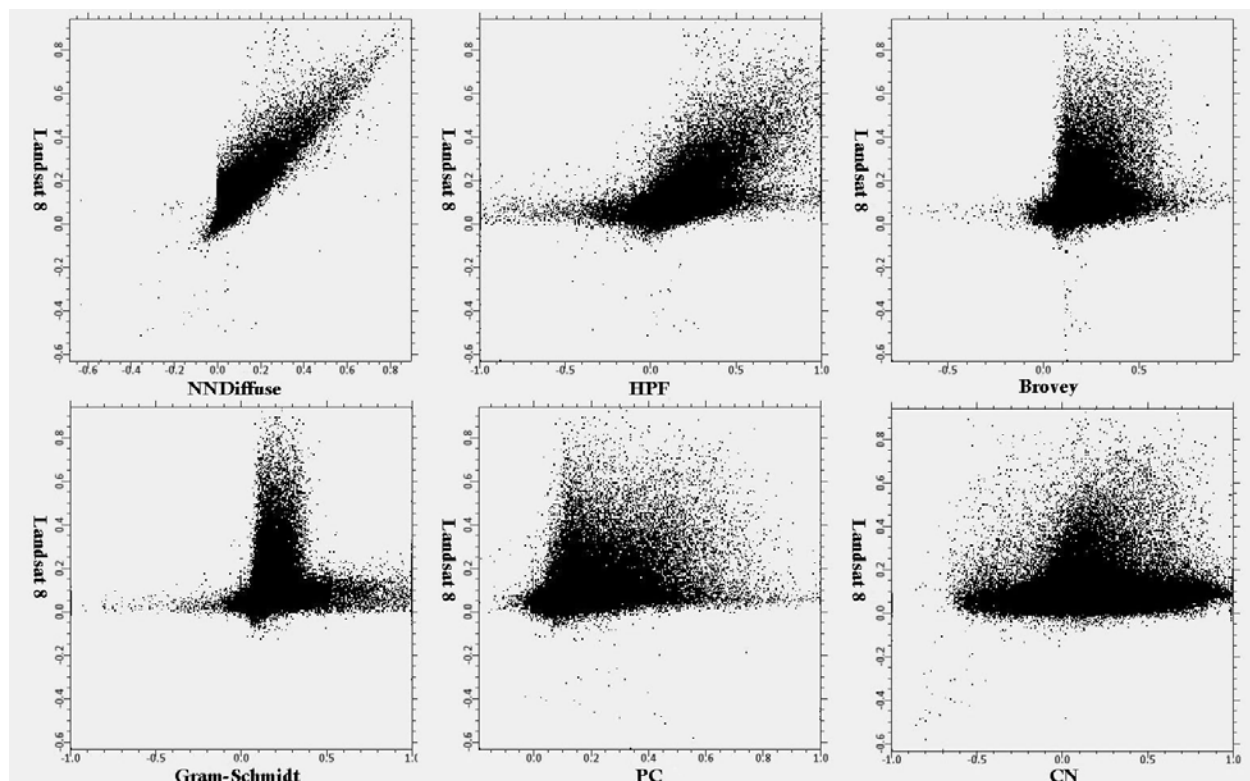
جدول ۳: پارامترهای آماری RED و NIR تصاویر ماهواره‌ای ادغام شده و تصویر اصلی لندست ۸ (واحد به میکرومتر)

باند RED							پارامتر آماری
CN	PC	Gram-Schmidt	Brovey	HPF	NNDiffuse	Landsat8	میانگین
۰/۲۴۴۲	۰/۱۹۰۸	۰/۲۴۴۳	۰/۱۱۸۰	۰/۲۴۲۷	۰/۲۹۴۰	۰/۲۳۰۰	انحراف از معیار
۰/۱۰۳۷	۰/۰۴۹۸	۰/۱۰۳۵	۰/۰۲۸۳	۰/۱۰۵۴	۰/۲۳۶۰	۰/۰۵۵۷	همبستگی با Landsat8
۰/۶۴۶۳	۰/۸۹۳۳	۰/۸۸۰۵	۰/۹۰۱۳	۰/۷۹۴۵	۰/۶۷۴۴	۱	
باند NIR							میانگین
۰/۲۶۹۵	۰/۲۴۵۹	۰/۳۱۱۹	۰/۱۵۲۳	۰/۵۳۰۷	۰/۳۰۹۹	۰/۲۷۱۰	انحراف از معیار
۰/۰۶۲۵	۰/۰۶۲۹	۰/۱۳۵۴	۰/۰۳۵۲	۰/۳۷۵۴	۰/۱۲۸۸	۰/۰۶۳۲	همبستگی با Landsat8
۰/۹۵۸۷	۰/۹۳۴۱	۰/۹۴۲۰	۰/۹۲۹۱	۰/۸۰۰۹	۰/۷۶۶۷	۱	



نگاره ۶: شاخص NDVI الگوریتم‌های مورد بررسی و لندست ۸ اصلی و مادیس

با باند مذکور لندست ۸ نشان می‌دهد که الگوریتم Brovey کم‌ترین همبستگی را با باند مادون قرمز لندست ۸ دارد. بیش‌ترین و الگوریتم CN کم‌ترین همبستگی را به خود اختصاص داده‌اند. همبستگی باند NIR الگوریتم‌ها نشان می‌دهد که الگوریتم CN بیش‌ترین و الگوریتم NNDiffuse کم‌ترین همبستگی را با باند مادون قرمز لندست ۸ دارد. از نظر پارامتر انحراف معیار، الگوریتم Brovey بیش‌ترین شباهت را به مقادیر این معیار در لندست ۸ اصلی دارند.



نگاره ۷: Scatter Plot شاخص NDVI الگوریتم‌های ادغام در مقایسه با تصویر لندست ۸ اصلی

صورت سیستماتیک-تصادفی در سه نوع کاربری غالب اراضی کشاورزی (AL^1)، اراضی شهری (UL^2) و اراضی مرتعی (RL^3) پروفیل‌برداری گردید. موقعیت پروفیل‌های خطی و نمودار مقادیر شاخص NDVI هر یک از الگوریتم‌ها در مقایسه با مقادیر این شاخص در لندست ۸ اصلی، در نگاره ۸ نشان داده شده است. بر این اساس شاخص NDVI به دست آمده از الگوریتم NNDiffuse در هر سه کاربری، انطباق بیشتری با شاخص NDVI به دست آمده از لندست ۸ اصلی دارد. مقادیر این شاخص با استفاده از همه الگوریتم‌ها به غیر از الگوریتم CN، در کاربری شهری انطباق بیشتری با مقادیر حاصله از لندست ۸ اصلی دارد. در این کاربری مقادیر منفی الگوریتم CN، به دلیل بازتاب بیش‌تر باند RED نسبت به باند NIR است. در این الگوریتم

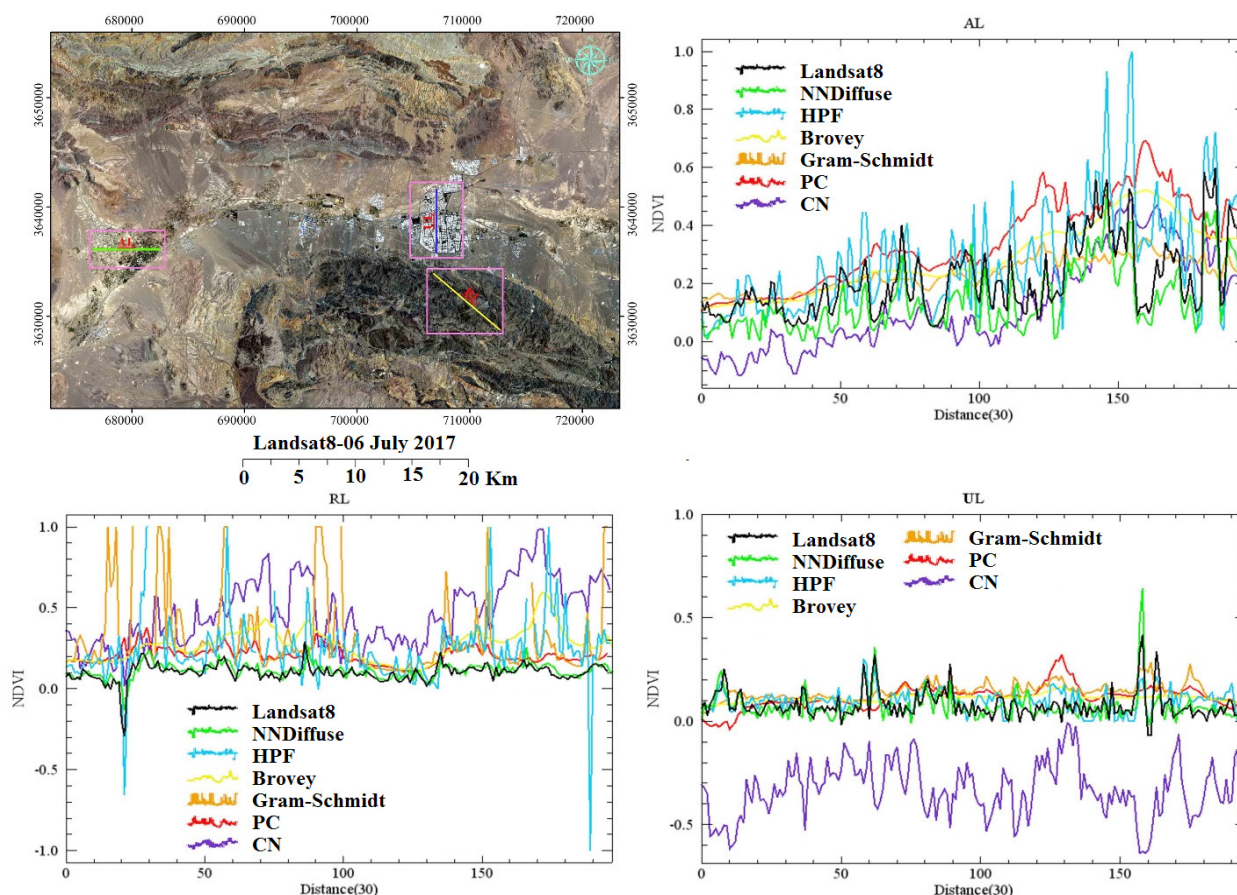
پس از ادغام باندهای RED و NIR تصاویر لندست ۸ و مادیس، شاخص NDVI مورد محاسبه قرار گرفت و با شاخص NDVI مربوط به تصویر لندست ۸ اصلی مورد مقایسه قرار گرفت. شاخص NDVI به دست آمده از الگوریتم‌های مورد بررسی، در نگاره ۶ و نمودار Scatter این شاخص‌ها در نگاره ۷ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که الگوریتم NNDiffuse در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها، از دقت بهتری برخوردار است، به طوری که نمودار Scatter این الگوریتم نشان می‌دهد مقادیر شاخص NDVI مربوط به این شاخص نسبت به لندست ۸ اصلی، از پراکنش کم‌تری برخوردار است.

به منظور بررسی و مقایسه مقادیر شاخص NDVI به دست آمده از الگوریتم‌های ادغام با مقادیر به دست آمده از لندست ۸ اصلی با در نظر گرفتن موقعیت مکانی پیکسل‌ها، از ترانسکت خطی استفاده گردید. برای این منظور به

1- Agricultural Land

2- Urban Land

3- Range Land



نگاره ۸: پروفیل طولی مقادیر شاخص NDVI به دست آمده از الگوریتم‌ها و لندست ۸ اصلی

کم‌ترین مقدار خطای آماری RMSE (۰/۰۳۱۱) و MAE (۰/۰۱۸۱) را به خود اختصاص داده است.

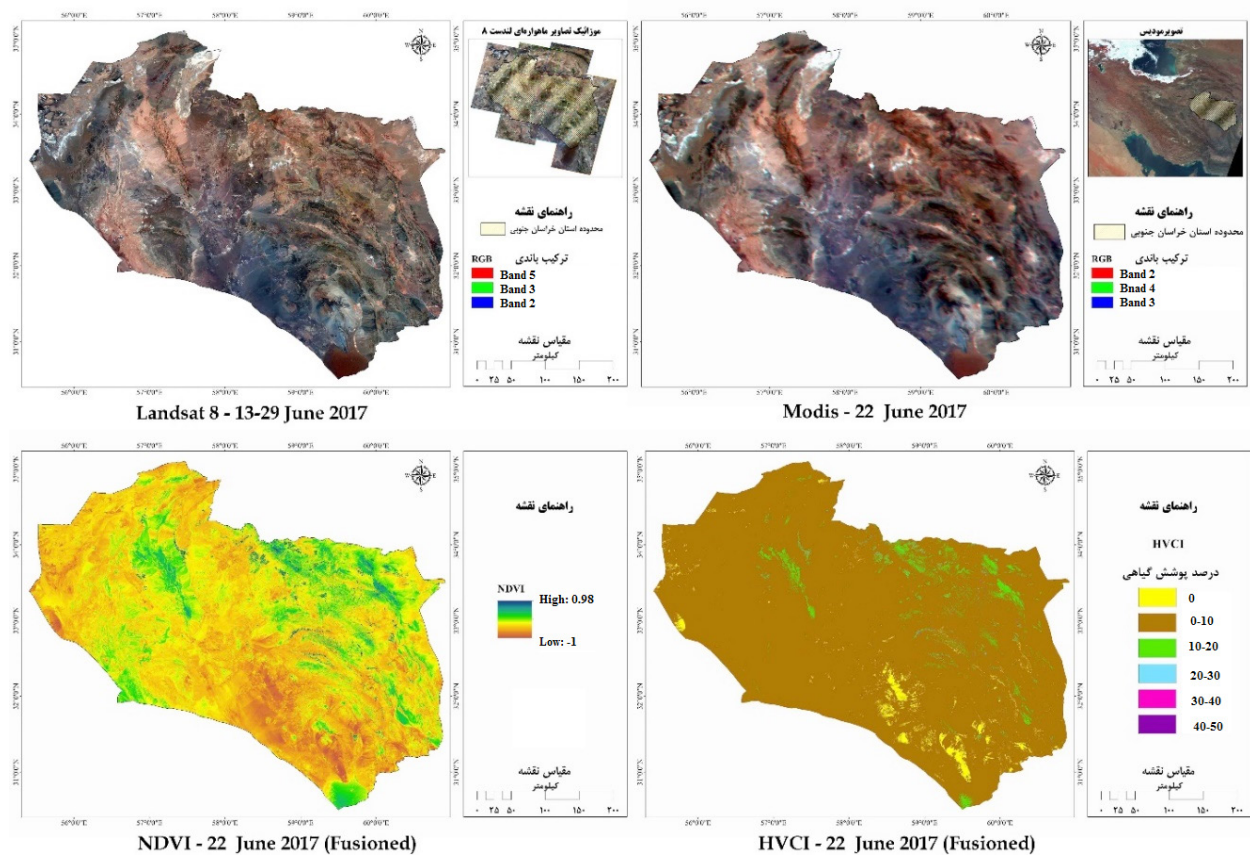
جدول ۴: ارزیابی شاخص NDVI روش‌های ادغام تصاویر ماهواره‌ای با لندست ۸ اصلی

MBE	MAE	RSME	معیار آماری روش ادغام
۰/۰۰۴۷	۰/۰۱۸۱	۰/۰۳۱۱	NNDiffuse
-۰/۰۴۱۷	۰/۰۵۴۸	۰/۰۹۰۳	HPF
-۰/۰۴۶۶	۰/۰۵۴۱	۰/۰۷۸۹	Brovey
-۰/۰۴۶۸	۰/۰۵۷۱	۰/۱۰۲۵	Gram-Schmidt
-۰/۰۴۴۸	۰/۰۵۳۶	۰/۰۸۱۷	PC
-۰/۰۰۳۴	۰/۱۲۶۳	۰/۱۸۰۴	CN

تصویر ادغام شده شامل باند NIR تصویر لندست ۸ مربوط به تاریخ ۲۰ ژوئیه ۲۰۱۷ و باند RED مادیس به تاریخ ۶ ژوئن ۲۰۱۷ می‌باشد. به طور کلی با کاهش پوشش گیاهی و در نتیجه کاهش مقادیر شاخص NDVI، میزان انطباق مقادیر شاخص به دست آمده از الگوریتم‌ها با مقادیر به دست آمده از طریق لندست ۸ اصلی، بیش‌تر می‌شود.

پس از تبدیل نقشه رستری مقادیر شاخص NDVI به فایل نقطه‌ای، خطای آماری هر یک از الگوریتم‌ها نسبت به مقادیر این شاخص در لندست ۸ اصلی، مورد محاسبه قرار گرفت. مقادیر خطای آماری MAE، RMSE و MBE در جدول ۴ نشان داده شده است. بر این اساس در بین الگوریتم‌های ادغام مورد بررسی الگوریتم NNDiffuse،

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)
 ارزیابی الگوریتم‌های مختلف ادغام تصاویر در تهیه نقشه ... / ۲۱۳



نگاره ۹: شاخص NDVI و HVCI به دست آمده از الگوریتم NNDiffuse ادغام تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و مادیس

ماه ژوئن ۲۰۱۷ استفاده گردیده، بنابراین از تصویر مادیس مربوط به تاریخ ۲۲ ژوئن ۲۰۱۷ جهت ادغام با تصاویر لندست استفاده گردید.

به این ترتیب امکان تهیه نقشه همزمان شاخص NDVI و HVCI برای کل محدوده استان خراسان جنوبی و کاهش خطای همزمان نبوده و تصاویر لندست ۸ با تکنیک ادغام تصاویر فراهم گردید. در نگاره ۹ تصاویر لندست ۸ و مادیس به همراه شاخص NDVI و HVCI تهیه شده از ادغام این تصاویر، در محدوده استان خراسان جنوبی ارائه شده است.

بر این اساس پوشش صفر تا ۱۰ درصد، بیشترین وسعت استان خراسان جنوبی را در بر گرفته است و پوشش ۴۰ تا ۵۰ درصد، محدود به مناطق بسیار کوچکی در اراضی کشاورزی آبی و باغات است.

الگوریتم CN نیز کمترین مقدار خطای MBE (۰/۰۳۴-) را دارا می‌باشد، اما بیشترین خطای RSME (۰/۱۸۰۴) و MAE (۰/۱۲۶۳) نیز مربوط به همین الگوریتم است. بیشترین خطای MBE با مقدار ۰/۰۶۶۸- مربوط به الگوریتم Gram-Schmidt است. با توجه به جمع نتایج حاصل شده، الگوریتم NNDiffuse جهت ادغام باند RED و NIR لندست ۸ و مادیس در محدوده مورد مطالعه از دقت بیشتری برخوردار است.

در ادامه با استفاده از الگوریتم NNDiffuse در محدوده استان خراسان جنوبی باند RED و NIR لندست ۸ و مادیس ادغام گردید تا نقشه همزمان شاخص NDVI و HVCI در کل این محدوده تهیه گردد.

با توجه به این که برای پوشش کل محدوده استان خراسان جنوبی از ۱۱ تصویر لندست ۸ از تاریخ ۱۳ تا ۲۹

۴- بحث و نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، به منظور دسترسی به اطلاعات طیفی همزمان پوشش گیاهی در استان خراسان جنوبی، از تکنیک ادغام تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردید. برای این منظور ابتدا نتایج حاصل شش الگوریتم ادغام، شامل NNDiffuse، PC، Brovey، Gram-Schmidt، HPF و CN در یک محدوده آزمایشی در استان خراسان جنوبی با استفاده از معیارهای آماری متوسط و همبستگی بازتاب طیفی باندهای RED و NIR و همچنین خطای آماری MAE، RSME و MBE شاخص NDVI با نتایج حاصل از لندست ۸ اصلی، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. تصویر لندست ۸ مربوط به تاریخ ۲۰ ژوئیه ۲۰۱۷ با تصویر مادیس مربوط به تاریخ ۶ ژوئن ۲۰۱۷ ادغام گردید و از تصویر لندست ۸ مربوط به تاریخ ۶ ژوئن ۲۰۱۷ (لندست ۸ اصلی) جهت بررسی تطابق آماری میان تصاویر ادغام شده و لندست ۸ اصلی استفاده گردید. سپس با کاربرد مناسب‌ترین الگوریتم ادغام، اطلاعات طیفی و مکانی بازتاب باند RED و NIR یازده تصویر موزائیک شده لندست ۸ (۳۰ متر) با باند RED و NIR یک تصویر مادیس (۲۵۰ متر) ادغام گردید. به این ترتیب خطای ناشی از همزمان نبودن تصاویر لندست ۸ با حفظ اطلاعات طیفی و مکانی بهتر، فراهم گردید. در ادامه جهت بررسی پوشش گیاهی با تصویر ماهواره‌ای ادغام شده، شاخص NDVI و HVCi در سطح استان خراسان جنوبی تهیه گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که الگوریتم NNDiffuse از دقت مطلوب‌تری جهت ادغام باندهای RED و NIR لندست ۸ و مادیس برخوردار است، به طوری که شاخص گیاهی NDVI به دست آمده از این الگوریتم در مقایسه با تصویر لندست ۸ اصلی، از کم‌ترین خطای آماری RMSE و MAE برخوردار است. بررسی مقادیر شاخص NDVI به دست آمده از الگوریتم‌های ادغام در طول ترانسکت سیستماتیک-تصادفی در سه کاربری غالب اراضی کشاورزی، شهری و مرتعی نیز نشان داد که شاخص به دست آمده از الگوریتم NNDiffuse، انطباق بهتری با شاخص NDVI به دست آمده

از تصویر لندست ۸ اصلی دارد. این نتیجه با یافته‌های Zhao و همکاران (۲۰۱۶) تا حدودی همخوانی دارد. نتایج تحقیقات این محققان نیز نشان داد که الگوریتم NNDiffuse در مقایسه با الگوریتم Brovey از دقت بهتری برخوردار است. در الگوریتم ادغام NNDiffuse، امکان ادغام باندهای متناظر به صورت منفرد وجود دارد، به طوری که در پژوهش حاضر نیز از ادغام منفرد باندهای RED و NIR لندست ۸ و مادیس استفاده گردید. بنابراین، این امکان نیز می‌تواند یکی از دلایل قابلیت بالای الگوریتم NNDiffuse باشد. اگر چه در الگوریتم HPF نیز ادغام باندها به صورت منفرد انجام گردید، اما این الگوریتم در مقایسه با الگوریتم NNDiffuse از مطلوبیت کم‌تری برخوردار است. با این حال، الگوریتم HPF در مقایسه با الگوریتم CN، Gram-Schmidt و PC از نتایج بهتری برخوردار است که با یافته‌های Xu و Ehlers (۲۰۱۷) مطابقت دارد، چنان‌که محققان مذکور نیز نشان داده‌اند که الگوریتم HPF در مقایسه با الگوریتم‌های Gram-Schmidt و PC نتایج مطلوب‌تری دارد. از طرف دیگر هر چند در الگوریتم HPF تفکیک مکانی تصویر ادغام شده نسبت به تصویر MS بهبود یافته است، اما هنوز لبه‌های تصویر دارای وضوح روشنی نیست و تصاویر حاصل از این الگوریتم ادغام، تصاویری نرم هستند. این نتیجه با یافته‌های Dahiya و همکاران (۲۰۱۳) و Sanli و Abdikan (۲۰۱۲) مطابقت دارد، به طوری که محققان مذکور نیز بیان کرده‌اند که این الگوریتم، در کاربری شهری نتایج مطلوبی ندارد، به طوری که لبه‌های ساختمان به وضوح قابل جدا شدن نیستند، وضوح درختان نیز افزایش نمی‌یابد و لبه‌های زمین بایر و جاده در هم ادغام می‌شوند. به همین سبب، این الگوریتم برای تشخیص عوارض شهری مناسب نیست، زیرا تصویر حاصل از این الگوریتم وضوح خود را از دست می‌دهد. به طور کلی نتایج حاصله نشان می‌دهد که هر شش الگوریتم ادغام مورد بررسی، سبب افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر ادغام شده می‌گردد. این نتیجه با یافته‌های Pushparaj و Hegde (۲۰۱۷) همخوانی دارد. محققان مذکور

همچون سری لندست با چالش همراه است. علاوه بر آن قدرت تفکیک زمانی این ماهواره، امکان بررسی تغییرات کوتاه مدت پدیده‌ها را فراهم نمی‌کند. بنابراین استفاده از تکنیک ادغام تصاویر ماهواره‌ای، همچون ادغام تصاویر لندست با مادیس، می‌تواند در مطالعات مربوطه، بسیار مفید واقع گردد، چنان‌که پژوهش حاضر نیز بر روی این مسئله متمرکز بود و یافته‌های آن می‌تواند در مطالعات مشابه، متمرکز به ثمر واقع گردد.

منابع و مأخذ

۱. اسمعیل نژاد، پودینه؛ مرتضی، محمدرضا؛ ۱۳۹۶؛ ارزیابی سازگاری با تغییرات اقلیمی در مناطق روستایی جنوب خراسان جنوبی. مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۶، شماره ۱۱، صفحات ۸۵-۱۰۰.
۲. امینی، شتایی جویباری؛ محمدرشید، شعبان؛ ۱۳۹۰؛ ادغام تصاویر ماهواره‌های Landsat و IRS-1C با استفاده از روش‌های IHS و PANSARP جهت تفکیک جنگل از غیر جنگل. همایش ملی جنگل‌های زاگرس مرکزی، قابلیت‌ها و تنگناها، خرم‌آباد - لرستان، کانون دانشجویی همیاران طبیعت - جهاد دانشگاهی لرستان، ۲ آذر ۱۳۹۰.
۳. حسینی، روستا، زمانی‌پور، تیموری؛ سید مجتبی، کوروش، اسدالله، مصطفی؛ ۱۳۹۵؛ ادراک کشاورزان نسبت به پیامدهای خشکسالی با رویکرد پدیدارشناسی مطالعه موردی (استان خراسان جنوبی). پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی، دوره ۹، شماره ۴، پیاپی ۳۶، صفحات ۶۳-۷۴.
۴. رمزی، شهیدی، خاشعی سیوکی؛ راضیه، علی، عباس؛ ۱۳۹۳؛ پتانسیل‌یابی آبیاری بارانی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در استان خراسان جنوبی. مهندسی آبیاری و آب ایران، دوره ۴، شماره ۱۶، صفحات ۱-۱۱.
۵. محمد نژاد نیازی، مختارزاده، سعیدزاده؛ سعید، مهدی، فاطمه؛ ۱۳۹۵؛ ارائه روش ادغام تصاویر چندطیفی

نیز با بررسی الگوریتم‌های PC، Gram-Schmidt، HPF، Brovey و IHS به این نتیجه رسیدند که تصویر حاصل از الگوریتم‌های ادغام مورد بررسی دارای قدرت تفکیک مکانی بهتری می‌باشد. هر چند باندهای RED و NIR حاصل از الگوریتم Brovey با باندهای متناظر لندست ۸ اصلی دارای بیش‌ترین همبستگی است، اما همبستگی بالا لزوماً به معنای حفظ اطلاعات طیفی نیست. الگوریتم Brovey، بر اساس یک فرمول ساده، نسبت بازتاب هر باند به مجموع بازتاب باندهای تصویر MS را در مقدار بازتاب تصویر PAN ضرب می‌کند و به این ترتیب مقادیر بازتاب طیفی تصویر ادغام شده، بازیابی می‌شود. از آنجایی که این نسبت به مقادیر بازتاب طیفی هر پیکسل تصویر PAN به طور ثابت ضرب می‌شود، بنابراین مقادیر بازتاب طیفی تصویر ادغام شده، با نسبت ثابتی تغییر می‌کند. به همین سبب همبستگی میان بازتاب طیفی باندهای RED و NIR تصویر ادغام شده با الگوریتم Brovey و باندهای معادل آن در تصویر لندست ۸ اصلی بیش‌تر است. در الگوریتم CN نیز باند NIR لندست ۸ با باند معادل آن در مادیس جایگزین شده است و تصویر ادغام شده شامل باند NIR لندست ۸ مربوط به تاریخ ۲۰ ژوئیه ۲۰۱۷ و باند RED مادیس مربوط به تاریخ ۶ ژوئن ۲۰۱۷ می‌باشد. به همین سبب میزان همبستگی باند NIR تصویر ادغام شده این الگوریتم با باند NIR لندست ۸ اصلی، بیش‌ترین مقدار است. در واقع این موضوع نشان می‌دهد که در فاصله ۱۶ روزه، میزان همبستگی بازتاب طیفی باند NIR تصویر لندست ۸ مربوط به تاریخ ۲۰ ژوئیه ۲۰۱۷ نسبت به تاریخ ۶ ژوئن ۲۰۱۷، در حدود ۴ درصد تغییر کرده است. اما این الگوریتم نیز همانند الگوریتم Brovey، با وجود بالا بودن میزان همبستگی باند NIR آن، لزوماً نتایج مطلوبی ندارد، چرا که این الگوریتم شکلی مشابه الگوریتم Brovey دارد و توضیحات ارائه شده در بالا در خصوص الگوریتم Brovey، در مورد الگوریتم CN نیز صادق است.

به طور کلی در مناطق وسیع امکان دسترسی به تصاویر همزمان داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بیش‌تر

- J.G., Kustas, W.P., Mueller, R., Johnson, D.M., Prueger, J.H. (2017). Toward mapping crop progress at field scales through fusion of Landsat and MODIS imagery. *Remote Sensing of Environment*, 188: 9-25.
15. Gao, F., Hilker, T., Zhu, X., Anderson, M., Masek, J., Wang, P., Yang. (2015). Fusing Landsat and MODIS Data for Vegetation Monitoring. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 3(3): 47-60.
16. Gerstmann, H., Möller, M., Gläßer, C. (2016). Optimization of spectral indices and long-term separability analysis for classification of cereal crops using multi-spectral RapidEye imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 52: 115-125.
17. Hurley, M.A., Hebblewhite, M., Gaillard, J.-M., Dray, S., Taylor, K. A., Smith, W. K., Zager, P., & Bonenfant, C. (2014). Functional analysis of Normalized Difference Vegetation Index curves reveals overwinter mule deer survival is driven by both spring and autumn phenology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1643): 20130196.
18. Kennedy, R.E.; Serge; A., W.B, Cohen; Gomez, C.; Griffiths, P.; Hais, M.; Healey, S.P.; Helmer, E.H.; Hostert, P.; Lyons, M.B.; Meigs, G.W.; Pflugmacher, D.; Phinn, S.R.; Powell, S.L.; Scarth, P.; Sen, S.; Schroeder, T.A.; Schneider, A.; Sonnenschein, R.; Vogelmann, J.E.; Wulder, M.A.; Zhu, Z. (2014). Bringing an ecological view of change to Landsat-based remote sensing. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(6): 339-346.
19. Klonus, S, Ehlers, M. (2009). Performance of evaluation methods in image fusion. In *Performance of evaluation methods in image fusion*. 2009 12th International Conference on Information Fusion, 1409-1416.
20. Maynard, J.J, Karl, J.W, Browning, D.M. (2016). Effect of spatial image support in detecting long-term vegetation change from satellite time-series. *Landscape Ecology*, 31(9): 2045-2062.
21. Möller, M., Gerstmann, h., Gao, F., Dahms, T.C., Förster, M. (2017). Coupling of phenological information and simulated vegetation index time series: Limitations و پانکروماتیک IHS-GA مبتنی بر مناطق بهبود یافته گیاهی. نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ۶، شماره ۱، صفحات ۲۳۵-۲۴۸.
۶. هارونی، مجید و محسن کریمی، ۱۳۹۳، یک روش جدید بهبود کیفیت تصاویر ماهواره‌ای به کمک ادغام تصویر در سطح پیکسل و ویژگی، سومین کنفرانس ملی ایده‌های نو در مهندسی برق، خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان. صفحات ۹۷۴-۹۶۸.
7. Abdikan, S., Sanli, F.B. (2012). Comparison of different fusion algorithms in urban and agricultural areas using SAR (palsar and radarsat) and optical (spot) images. *Boletim de Ciências Geodésicas* 18(4): 509-531.
8. Atkinson, P.M. (2013). Downscaling in remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 22: 106-114.
9. Boyte, S.P., Wylie, B.K., Major, D.J. (2016). Cheatgrass Percent Cover Change: Comparing Recent Estimates to Climate Change-Driven Predictions in the Northern Great Basin. *Rangeland Ecology & Management*, 69(4): 265-279.
10. Boyte, S.P., Wylie, B.K., Rigge, M.B., Dahal, D. (2017). Fusing MODIS with Landsat 8 data to downscale weekly normalized difference vegetation index estimates for central Great Basin rangelands, USA. *GIScience & Remote Sensing*: 1-24.
11. Chen, S.H., Su, H.B., Tian, J., Zhang and, R.H., Xia, J. (2011). Estimating soil erosion using MODIS and TM images based on support vector machine and à trous wavelet. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(4): 626-635.
12. Dahiya, S., Garg, P.K., Jat, M.K. (2013). A comparative study of various pixel-based image fusion techniques as applied to an urban environment. *International Journal of Image and Data Fusion* 4(3): 197-213.
13. Dube, T. and Mutanga, O. (2015). Evaluating the utility of the medium-spatial resolution Landsat 8 multispectral sensor in quantifying aboveground biomass in uMgeni catchment, South Africa. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101: 36-46.
14. Gao, F., Anderson, M., Zhang, X., Yang, Z., Alfieri,

31. X. Zhang, J., Yang, J., Reinartz, P. (2016). The optimized block-regression-based fusion algorithm for pan sharpening of very high resolution satellite imagery. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B7, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12-19 July 2016, Prague, Czech Republic.
32. Xu, S., Ehlers, M. (2017). Hyperspectral image sharpening based on Ehlers fusion. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2/W7: 941-947.
33. Xue, J., & Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. Journal of Sensors, 2017: 17.
34. Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. Precision Agriculture, 13(6): 693-712.
35. Zhao, J., Huang, L., Yang, H., Zhang, D., Wu, Z., Guo, J. (2016). Fusion and assessment of high-resolution WorldView-3 satellite imagery using NNDiffuse and Brovey algorithms. In Fusion and assessment of high-resolution WorldView-3 satellite imagery using NNDiffuse and Brovey algorithms. 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2606-2609.
- and potentials for the assessment and monitoring of soil erosion risk. CATENA, 150: 192-205.
22. Mushore, T. D., Mutanga, O., Odindi, J., Dube, T. (2017). Assessing the potential of integrated Landsat 8 thermal bands, with the traditional reflective bands and derived vegetation indices in classifying urban landscapes. Geocarto International, 32(8): 886-899.
23. Olsoy, P., Mitchell, J., Glenn, N., Flores, A. (2017). Assessing a Multi-Platform Data Fusion Technique in Capturing Spatiotemporal Dynamics of Heterogeneous Dryland Ecosystems in Topographically Complex Terrain. Remote Sensing, 9(10): 981.
24. Pushparaj, J., Hegde, A.V. (2017). Evaluation of pan-sharpening methods for spatial and spectral quality. Applied Geomatics, 9(1): 1-12.
25. Sarp, Gulcan. (2014). Spectral and spatial quality analysis of pan-sharpening algorithms: A case study in Istanbul. European Journal of Remote Sensing 47(1): 19-28.
26. Sun, W., Chen, B., Messinger, D. (2014). Nearest-neighbor diffusion-based pan-sharpening algorithm for spectral images. Optical Engineering, 53(1), 013107
27. Swain, R., Sahoo, B. (2017). Mapping of heavy metal pollution in river water at daily time-scale using spatio-temporal fusion of MODIS-aqua and Landsat satellite imageries. Journal of Environmental Management, 192: 1-14.
28. Tewes, A., Thonfeld, F., Schmidt, M., Oomen, R., Zhu, X., Dubovyk, O., Menz, G., Schellberg, J. (2015). Using RapidEye and MODIS Data Fusion to Monitor Vegetation Dynamics in Semi-Arid Rangelands in South Africa. Remote Sensing, 7(6): 6510.
29. Walker, J. J., De Beurs, K.M., Wynne, R.H. (2014). Dryland vegetation phenology across an elevation gradient in Arizona, USA, investigated with fused MODIS and Landsat data. Remote Sensing of Environment, 144: 85-97.
30. Wu, M., Huang, W., Niu, Z., Wang, C., Li, W., Yu, B. (2018). Validation of synthetic daily Landsat NDVI time series data generated by the improved spatial and temporal data fusion approach. Information Fusion, 40: 34-44.

