

ارزیابی مقایسه‌ای تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ و سنجنده MSI ماهواره سنتینل ۲

سارا عطارچی^۱

نجمه پورا کبر هنزائی^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۰۵/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰۲/۰۱

چکیده

مطالعه تطابق محتوای اطلاعاتی سنجنده‌ها به منظور جایگزینی سنجنده‌ها در مناطقی که امکان دسترسی آسان به داده‌های آنها وجود ندارد، در مطالعات سنجش از دور ضروری است. هدف از این پژوهش مقایسه‌ی دو سنجنده‌ی MSI ماهواره‌ی سنتینل ۲ و OLI ماهواره‌ی لندست ۸ می‌باشد تا امکان استفاده از آرشیو تصاویر لندست و همچنین جایگزینی تصاویر این دو ماهواره به جای یکدیگر مورد ارزیابی قرار بگیرد. برای رسیدن به این هدف، شهرستان مینودشت به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب گردید. این منطقه از نظر کلاس‌های پوشش اراضی متنوع بوده و انواع مختلف طبقات پوشش زمین در آن دیده می‌شود. به منظور بررسی محتوای اطلاعاتی دو سنجنده، سه جفت تصویر نسبتاً همزمان از دو سنجنده انتخاب شد. ابتدا باندهای متناظر دو سنجنده که در محدوده طول موج یکسان فعالیت می‌کنند، تعیین شد. سپس هر زوج تصویر نسبت به هم ثبت هندسی شدند. جهت یکسان کردن اندازه‌ی پیکسل‌ها، قدرت تفکیک مکانی سنجنده‌ی MSI به ۳۰ متر تبدیل شد تا همبستگی باندهای متناظر محاسبه شود. در گام بعدی، طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان بر روی تصاویر انجام شد. نمونه‌های تعلیمی از نقشه‌ی کاربری اراضی شهرستان مینودشت و تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا انتخاب شد. برای ارزیابی طبقه بندی با استفاده از نمونه‌های مستقل، ماتریس خطا تشکیل شد. نتایج نشان داد که تمامی باندهای متناظر همبستگی بالاتر از مقدار ۰/۸ دارند و میزان صحت کلی و ضریب کاپای حاصل از طبقه بندی برای هر دو سنجنده تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند. میانگین صحت کلی به دست آمده برای سنجنده‌های OLI و MSI به ترتیب ۹۱/۳۵٪ و ۹۴/۷۹٪ می‌باشد. نتایج بدست آمده، نشانگر تطابق بالای دو سنجنده چند طیفی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: لندست ۸، سنتینل ۲، همبستگی، ماشین بردار پشتیبان، ماتریس خطا.

۱- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) satarchi@ut.ac.ir

۲- دانشجوی گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران najmehpoorakbar@ut.ac.ir

۱- مقدمه

ماهواره سنتینل ۲، جدیدترین نسل ماهواره‌های مشاهده زمینی^۱ متعلق به سازمان فضایی اروپا است که عمدتاً با هدف پایش منابع در محیط‌های خشکی و مناطق ساحلی طراحی شده است (Drusch et al., 2012). این ماهواره در سال ۲۰۱۵ به فضا پرتاب شد و در مقایسه با سری ماهواره‌های لندست، قدرت تفکیک مکانی، طیفی و زمانی بهتری دارد. ویژگی‌های این ماهواره سبب شده است که کارایی مناسبی در کاربردهای متفاوت نظیر طبقه بندی جنگل و پایش محصول، تشخیص مناطق ساخته شده و همچنین پایش محیط‌های آبی داشته باشد (Immitzer et al., 2016; Pesaresi et al., 2016; Paul et al., 2016; Lefebvre et al., 2016). تصاویر این ماهواره نظیر ماهواره‌های لندست به طور رایگان در اختیار کاربران قرار گرفته است. مهمترین محدودیت استفاده از این داده‌ها در پایش پدیده‌ها، مدت زمان کوتاه فعالیت این ماهواره و همچنین محدودیت‌های مربوط به اخذ داده در شرایط ابرناکی می‌باشد. در نتیجه، در پایش‌های دراز مدت یا استفاده از سری‌های زمانی ضروری است تا از تصاویر سنجنده‌های دیگر که دارای بیشترین انطباق محتوای اطلاعاتی با تصاویر سنتینل ۲ هستند، استفاده شود. آرشيو طولانی مدت و رایگان تصاویر لندست، بهترین گزینه برای بررسی این تطابق می‌باشد. داده‌های این دو سنجنده، امکان بازدید کمتر از ۵ روز را برای یک منطقه خاص با قدرت تفکیک مکانی متوسط فراهم کرده است (Bannari, 2019; Van Der Werff et al., 2016). در نتیجه استفاده همزمان از این دو سنجنده امکان پایش منابع را در فواصل زمانی کوتاه فراهم می‌کند. مقایسه محتوای داده‌های سنجنده‌های مختلف با هدف جایگزینی آنها در مواردی که امکان دسترسی به هر کدام از سنجنده‌ها وجود ندارد، در تحقیقات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. (Darvishsefat, 2002; Zhang et al., 2018; Naegeli et al., 2017; Korhonen et al., 2017). این عدم دسترسی می‌تواند شامل محدودیت اعمال شده برای کاربران بعضی کشورها و یا وجود شرایط نامساعد جوی برای اخذ تصاویر ماهواره‌ای

باشد. در این شرایط می‌توان از داده‌های سنجنده‌ی جایگزین استفاده کرد. رومورا و همکاران (۲۰۱۹) اثر تصحیح اتمسفری بر شاخص‌های طیفی استخراج شده از دو سنجنده سنتینل ۲ و تصویر لندست ۸ را بررسی کردند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که شاخص NDVI^۲ استخراج شده از داده‌های لندست ۸ و سنتینل ۲ تفاوت معنادار آماری با یکدیگر ندارد و مقادیر NDVI یک سنجنده، در صورت ضرورت قابل استفاده به جای شاخص NDVI سنجنده دیگر است. در مطالعه دیگری شاخص مناطق ساخته شده از سنجنده‌های چند طیفی^۳ این دو ماهواره استخراج و با یکدیگر مقایسه شد (Yantago et al., 2019). محققین به این نتیجه رسیدند که سنجنده سنتینل ۲ کارایی بهتری برای استخراج مناطق ساخته شده دارد. این برتری در زمان استفاده از شاخص‌های طیفی در فرآیند طبقه بندی، نمود بیشتری دارد. تصویر لندست، مساحت مناطق ساخته شده را بیشتر از داده‌های اعتبارسنجی نشان می‌داد. (Yantago et al., 2019) همچنین آرخی و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای پیوستگی مکانی و طیفی داده‌های دو سنجنده MSI^۴ و OLI^۵ را بررسی کردند و گزارش دادند که داده‌های این دو سنجنده بر هم منطبق هستند. نتایج تحقیق نشان داد که این دو سنجنده با تأمین داده‌های پیوسته، امکان پایش درازمدت منابع زمینی را فراهم می‌کنند. آنتونیو نولی و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی تعیین گلخانه از طریق داده‌های لندست ۸ و سنتینل ۲ و مقایسه این دو ماهواره پرداختند. بدین منظور از روش‌های طبقه بندی شیء‌گرا و جنگل تصادفی استفاده کردند. طبقه بندی سنتینل ۲ کیفیت بصری بهتر و صحت بالاتری از طبقه بندی لندست ۸ داشت. در پژوهش دیگری امانوئل ماندانیسی و گابریل بیتلی (۲۰۱۶) باندهای متناظر تصاویر لندست ۸ و سنتینل ۲ را با یکدیگر مقایسه کردند. این پژوهش در ۶ منطقه مختلف از جهان انجام شد و برای هر ناحیه یک تصویر لندست ۸ و

2- Normalized Difference Vegetation Index

3- Multi-Spectral

4- Multi Spectral Instrument

5- Operational Land Imager

1- Earth observation

محتوای اطلاعات این دو سنجنده ضروری به نظر می‌رسد. در صورت انطباق قابل قبول امکان استفاده ترکیبی تصاویر این دو ماهواره در سری‌های زمانی بلند مدت با قدرت تفکیک مکانی متوسط فراهم می‌شود. به این منظور در پژوهش حاضر، تطبیق محتوای اطلاعاتی تصاویر دو سنجنده‌ی MSI ماهواره‌ی سنتینل ۲ و OLI ماهواره‌ی لندست ۸ مورد مطالعه قرار گرفته است. بدین منظور در بخش اول، همبستگی باندهای متناظر دو سنجنده بررسی شد. سپس کارایی این دو سنجنده در طبقه‌بندی پوشش زمین در یک منطقه ناهمگن سنجنده شده است. برای طبقه‌بندی از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده شده است و در نهایت با استفاده از نقشه‌های موجود و تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا، نتایج اعتبار سنجی شدند.

۲- مجموعه داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

۲-۱- مجموعه داده‌ها

ماهواره‌های سنتینل در قالب طرح کپرنیک و با همکاری آژانس فضایی اروپا و اتحادیه اروپا ساخته شد و تاکنون ۵ سری از این ماهواره به فضا پرتاب شده است. ماهواره‌ی سنتینل ۲ از دو ماهواره‌ی سنتینل A 2 و سنتینل B 2 تشکیل شده است (Drusch et al., 2012). سه مأموریت اصلی این ماهواره عبارتند از: ۱- ارائه‌ی تصاویر چند طیفی با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا ۲- ارائه‌ی تصاویری که مکمل داده‌های لندست و اسپات باشند ۳- جمع‌آوری اطلاعات برای محصولات شامل نقشه‌های پوشش زمین و نقشه‌های تغییرات زمین. ماهواره‌ی سنتینل A 2 در ژوئن سال ۲۰۱۵ پرتاب شده است. این ماهواره دارای سنجنده‌ی چند طیفی به نام MSI است و از قدرت تفکیک زمانی ۵ روزه در استوا و ۳ روزه در عرض‌های میانی برخوردار است. منطقه تحت پوشش این ماهواره از عرض ۸۴ درجه شمالی تا ۵۶ درجه جنوبی می‌باشد. سنتینل ۲ از ۱۳ باند تشکیل شده است که محدوده طول موج‌های مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون

سنتینل ۲ تهیه شد. برای یکی از نواحی یک تصویر ابرطیفی هایپریون^۱ جهت شبیه‌سازی تصاویر لندست ۸ و سنتینل ۲ استفاده شد. باندهای متناظر هر یک از تصویر شبیه‌سازی شده و تصاویر اصلی با هم مقایسه شدند و ۳ شاخص طیفی نیز محاسبه شد. همبستگی باندها و شاخص‌ها با محاسبه‌ی ضریب رگرسیون خطی و ضریب همبستگی پیرسون تعیین شد. تمامی باندهای متناظر و شاخص‌های طیفی دو سنجنده همبستگی خطی خوبی داشتند.

مروری بر منابع گذشته نشان می‌دهد که به طور کلی، در اکثر مطالعات انجام شده، انطباق خوبی بین باندهای متناظر سنجنده‌های چند طیفی این دو ماهواره وجود دارد. در ایران علیرغم استفاده فراوان از داده‌های سنتینل ۲، تاکنون تحقیق خاصی برای بررسی محتوای اطلاعاتی سنجنده MSI ماهواره سنتینل ۲ و OLI لندست ۸ صورت نگرفته است. بیشتر تحقیقات پیشین، سایر انواع سنجنده‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند. میترا شیرازی و همکاران (۱۳۸۹) به مقایسه محتوای اطلاعاتی باندهای سنجنده‌ی ASTER^۲ و LISS-II^۳ بر روی پلایای دامغان پرداختند. بدین منظور سه ناحیه از تصاویر ماهواره‌ای که معرف مناطق غیر شور، نمک‌های حاشیه پلایا و مرکز پلایا بودند را انتخاب کردند. نتایج نشان داد که دو سنجنده در هر سه منطقه همبستگی کمی با یکدیگر داشتند و می‌توان از ترکیب آن‌ها به بیشترین اطلاعات دست یافت. علوی پناه و همکاران (۲۰۰۶) همبستگی باندهای TM^۴ و ETM^۵ را در دو منطقه‌ی بیابانی و یک منطقه شهری واقع در منطقه‌ی نیمه خشک دامغان را مقایسه کردند. نتایج نشان داد که در هر دو منطقه همبستگی بین باند حرارتی و باندهای انعکاسی بین دو سنجنده کم می‌باشد، بنابراین حاوی اطلاعات تکراری نمی‌باشند.

با در نظر گرفتن دسترسی رایگان به آرشیو سری ماهواره‌های لندست و داده‌های سنتینل، بررسی انطباق

1- Hyperion

2- Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

3- Linear Imaging Self Scanning Sensor

4- Thematic Mapper

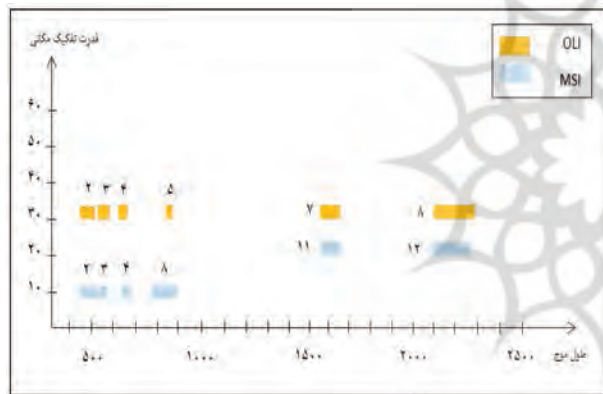
5- Enhanced Thematic Mapper

6- Support Vector Machine

جدول ۱: باندهای متناظر سنجنده‌های OLI و MSI

OLI			MSI		
طول موج (nm)	قدرت تفکیک مکانی (m)	باند	طول موج (nm)	قدرت تفکیک مکانی (m)	باند
۴۵۲-۵۱۲	۳۰	۲(آبی)	۴۵۸-۵۲۳	۱۰	۲(آبی)
۵۳۳-۵۹۰	۳۰	۳(سبز)	۵۴۳-۵۷۸	۱۰	۳(سبز)
۶۳۶-۶۷۳	۳۰	۴(قرمز)	۶۵۰-۶۸۰	۱۰	۴(قرمز)
۸۵۱-۸۷۹	۳۰	۵(NIR)	۷۸۵-۹۰۰	۱۰	۸ A (NIR)
			۸۵۵-۸۷۵	۲۰	A۸(NIR)
۱۵۶۶-۱۶۵۱	۳۰	۶(SWIR۱)	۱۵۶۵-۱۶۵۵	۲۰	۱۱(SWIR۱)
۲۱۰۷-۲۲۹۴	۳۰	۷(SWIR۲)	۲۱۰۰-۲۲۸۰	۲۰	۱۲(SWIR۲)

تفکیک مکانی بالا نیز برای بهنگام کردن نقشه کاربری اراضی موجود و شناسایی بهتر عوارض استفاده شد.



نگاره ۱: محدوده طول موج‌های (نانومتر) و قدرت تفکیک مکانی (متر) باندهای متناظر سنجنده‌های OLI و MSI

۲-۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

شهرستان مینودشت با ۱۵۷۶ کیلومتر مربع مساحت در شرق استان گلستان واقع شده است و با گرگان مرکز استان گلستان ۱۱۶ کیلومتر فاصله دارد (نگاره ۲). این شهرستان از جنوب با استان سمنان، از شرق با استان خراسان شمالی، از غرب با شهرستان گنبد کاووس و از شمال با شهرستان گالیکش ارتباط دارد. این شهرستان بین ۵۵ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه عرض جغرافیایی قرار دارد (سالنامه آماری استان گلستان، ۱۳۹۶). علت انتخاب این منطقه به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه

قرمز طول موج کوتاه را پوشش می‌دهد. ۴ باند آن ۱۰ متری، ۶ باند آن ۲۰ متری و سه باند آن ۶۰ متری است (Drusch et al, 2005) (جدول ۱، نگاره ۱).

سنجنده‌ی OLI ماهواره‌ی لندست ۸ دارای ۸ باند با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و یک باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر است. در محدوده‌های مرئی و مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز طول موج کوتاه تصویربرداری می‌کند (Irons et al, 2012). هر دو ماهواره دارای قدرت تفکیک رادیومتریکی ۱۲ بیت هستند. هر یک از ۶ باند OLI دارای یک باند متناظر در MSI است (جدول ۱، نگاره ۱).

در این پژوهش سه تصویر لندست ۸ و سه تصویر سنتینل ۲ از منطقه‌ی مورد مطالعه در سه تاریخ ژوئیه ۲۰۱۸، اگوست ۲۰۱۷ و نوامبر ۲۰۱۷ تهیه گردید. تصاویر لندست با path ۲۰۰ و Row ۳۴ از سایت USGS^۱ گرفته شد. سپس با استفاده از نرم افزار ENVI 5.3 تصحیح رادیومتریکی و توسط الگوریتم FLAASH^۲ تصحیح اتمسفری شدند. تصاویر سنتینل ۲ Level 1C^۳ نیز از سایت USGS تهیه گردید و در نرم افزار ENVI 5.3 از طریق الگوریتم QUAC^۳ تصحیح اتمسفری شدند و به Level 2A تبدیل شدند. همچنین جهت شناخت منطقه‌ی مورد مطالعه نقشه‌ی کاربری اراضی مربوط به سال ۱۳۸۳ تهیه شد و از تصاویر گوگل ارث با قدرت

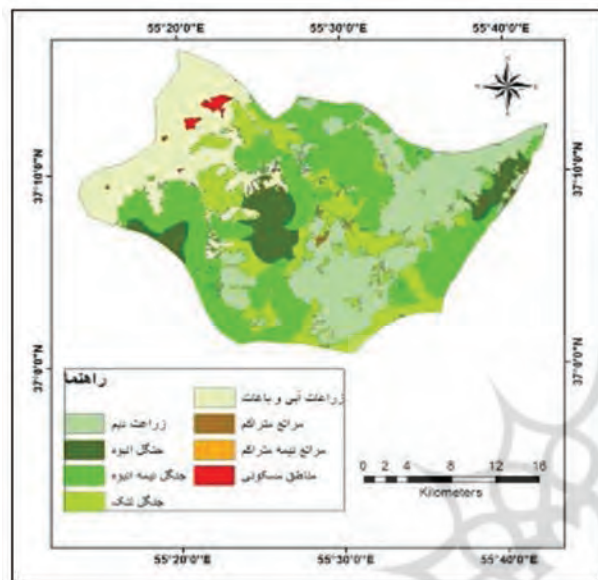
1- United States Geological Survey

2- Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes

3- Quick Atmospheric Correction

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (...)
 ارزیابی مقایسه‌ای تصاویر سنجنده OLI ... / ۷۱

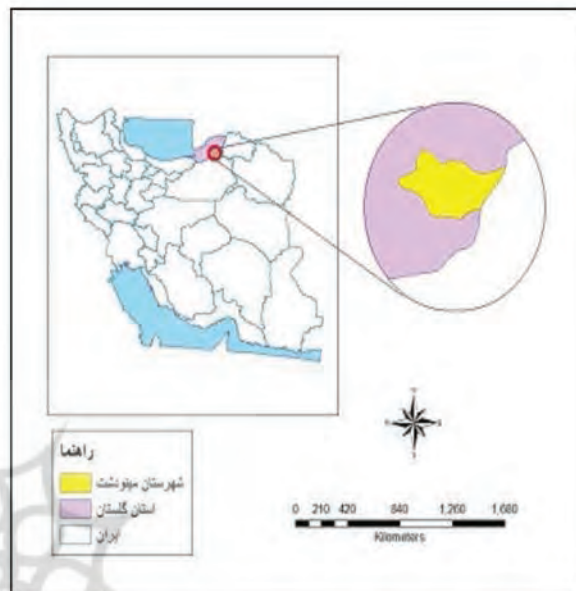
ده نقطه گره‌ای^۲ و روش چند جمله‌ای^۳ درجه اول، استفاده شد. خطای جذر میانگین مربعات^۴ برای هر زوج تصویر به ترتیب برابر ۲/۵، ۲/۴ و ۲/۸ متر برای تاریخ‌های اگوست ۲۰۱۷، نوامبر ۲۰۱۷ و ژوئیه ۲۰۱۸ می‌باشد.



منبع: سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور

نگاره ۳: نقشه‌ی کاربری اراضی شهرستان مینودشت در سال ۱۳۸۳

چشم‌انداز ناهمگن و وجود انواع متفاوت پوشش اراضی شامل انواع متفاوت اراضی کشاورزی، جنگل‌ها و مناطق ساخته شده شهری و روستایی می‌باشد (نگاره ۳).



نگاره ۲: منطقه‌ی مورد مطالعه

۳- روش‌ها

۳-۱- همبستگی بین باندهای متناظر

همبستگی بین باندها نشان دهنده‌ی وجود اطلاعات مشترک یا به عبارتی تکرار اطلاعات بین آن‌ها است و هر قدر همبستگی بین باندها بیشتر باشد، اطلاعات مشترک در آن‌ها بیشتر است. مقادیر همبستگی بین -۱ تا +۱ متغیر است. مقدار +۱ همبستگی کامل و مقدار صفر عدم همبستگی را نشان می‌دهد (علوی پناه، ۱۳۸۲: ۹۹ و ۱۰۶). جهت محاسبه همبستگی باندهای متناظر دو سنجنده با توجه به قدرت تفکیک مکانی متفاوت باندهای سنتینل ۲ تمامی باندها به قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر تبدیل شدند، زیرا برای محاسبه‌ی همبستگی دو باند باید قدرت تفکیک مکانی آن‌ها یکسان باشد. سپس تصاویر دو سنجنده نسبت به هم ثبت هندسی^۱ شدند تا تطبیق مکانی کامل داشته باشند.

(Zhang et al., 2014) برای این منظور، در هر زوج تصویر از

۳-۲- طبقه‌بندی تصاویر

در این مطالعه، طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان انجام شد. الگوریتم ماشین‌های بردار پشتیبان در اواخر دهه‌ی هفتاد میلادی توسط Vapnik و به عنوان طبقه‌بندی کننده‌ی دودویی ارائه شد (Boser, Guyan and Vapnik, 1992). این الگوریتم جزء روش‌های ناپارامتریک نظارت شده است و با این فرض عمل می‌کند که هیچ اطلاعی از چگونگی توزیع مجموعه داده‌ها وجود ندارد (Mountrakis et al, 2011). مهم‌ترین ویژگی که در مورد این الگوریتم وجود دارد بحث ابر صفحه^۵ است. ابر صفحه، ویژگی‌های کلاس‌های مختلف را به گونه‌ی مطلوب جدا کرده و آن دسته از خوشه‌هایی

2- Tie points
 3- Polynomial
 4- Root Mean Square Error
 5- Hyper plane

1- Co-register

وجود دارد. ماتریس خطای یکی از این روش‌ها است که از طریق مقایسه‌ی تصویر طبقه بندی شده با نمونه‌های زمینی برداشت شده‌ی جدید (نمونه‌های اعتبارسنجی) صورت می‌گیرد. (علوی پناه، ۱۳۸۲). برای ارزیابی طبقه بندی، ۱۵۰ نمونه‌ی اعتبارسنجی برای ۵ کلاس برداشت شد و با کلاس‌های طبقه بندی شده مقایسه شد. در نتیجه یک ماتریس خطا به صورت جدول تشکیل شد. پس از ایجاد ماتریس خطا، صحت کلی، ضریب کاپا، خطای حذف^۱ و خطای اضافه^۲ محاسبه شد (برای مطالعه بیشتر رجوع شود به Jensen, 1987).

۴- نتایج

۴-۱- نتایج همبستگی بین باندهای متناظر

جدول ۳ مقادیر همبستگی بین باندهای متناظر در هر جفت تصویر را نشان می‌دهد. به منظور جلوگیری از تکرار نگاره‌ها، تنها نمودار پراکنش باندهای متناظر مربوط به ژوئیه ۲۰۱۸ در نگاره ۴ ارائه شده است.

نتایج جدول ۳، نشان می‌دهد که بیشترین میزان همبستگی مربوط به باندهای محدوده‌ی مادون قرمز طول موج کوتاه یعنی باندهای ۶ لندست ۸ و ۱۱ سنتینل ۲، باندهای ۷ لندست ۸ و ۱۲ سنتینل ۲ می‌باشد. کمترین میزان همبستگی در باندهای ۵ لندست ۸ و ۸ سنتینل ۲ یعنی در محدوده‌ی مادون قرمز نزدیک مشاهده شده است.

جدول ۳: مقادیر همبستگی باندهای متناظر OLI و MSI

مقادیر همبستگی			سنجنده	
نوامبر ۲۰۱۷	آگوست ۲۰۱۷	ژوئیه ۲۰۱۸	MSI	OLI
۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۹۶	باند ۲	باند ۲
۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۹۷	باند ۳	باند ۳
۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۹۷	باند ۴	باند ۴
۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۹۰	باند ۸	باند ۵
۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۸	باند ۱۱	باند ۶
۰/۸۵	۰/۹۱	۰/۹۸	باند ۱۲	باند ۷

که تفاوت در آن‌ها بسیار کم است را بارزتر می‌کند (Jensen, 1987). الگوریتم بردار ماشین پشتیبان توانایی طبقه بندی تصویر با نمونه‌های تعلیمی کم را دارا است (Zhang et al., 2014).

این الگوریتم به دلیل مزایایی که بر سایر الگوریتم‌های نظارت شده متداول از جمله حداقل فاصله تا میانگین و حداکثر احتمال دارد، در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین کلاس‌های نمونه‌های تعلیمی از نقشه‌ی کاربری اراضی شهرستان مینودشت برای سال ۸۳ و نرم افزار گوگل ارث استفاده شد. بدین منظور ۵ کلاس جنگل، اراضی زراعی دیمی، اراضی زراعی آبی و باغات، مناطق مسکونی و مناطق بدون پوشش تعریف و برای هر کلاس ۳۰۰ نمونه‌ی تعلیمی تعیین شد (جدول ۲). تعریف کلاس‌ها بر اساس کلاس موجود در نقشه‌های کاربری اراضی سراسری می‌باشد. در ابتدا کلاس جنگل در دو کلاس جنگل انبوه و نیمه انبوه انتخاب شد، اما به دلیل تفکیک پذیری پایین بین آنها، این دو کلاس با هم ادغام و به نام کلاس جنگل نام‌گذاری شد. همچنین کلاس مرتع، تفکیک پذیری پایینی با کلاس جنگل داشت، به همین علت در کلاس جنگل ادغام گردید.

جدول ۲: تعریف کلاس‌های پوشش زمین

تعریف	کلاس‌های پوشش زمین
شامل مناطق شهری، روستایی و تاسیسات می‌باشد.	مناطق مسکونی
جنگل‌هایی با تراکم تاج پوشش ۲۵٪ را نشان می‌دهد.	جنگل
شامل اراضی زراعی می‌باشد که کشت در آنها بصورت دیمی انجام می‌گیرد.	اراضی زراعی دیمی
شامل باغات و اراضی کشاورزی می‌باشد که تحت آبیاری هستند.	اراضی زراعی آبی و باغات
شامل اراضی با تراکم تاج پوشش گیاهی مرتعی کمتر از ۵٪ می‌باشد.	مناطق بدون پوشش

۳-۳- ارزیابی طبقه بندی

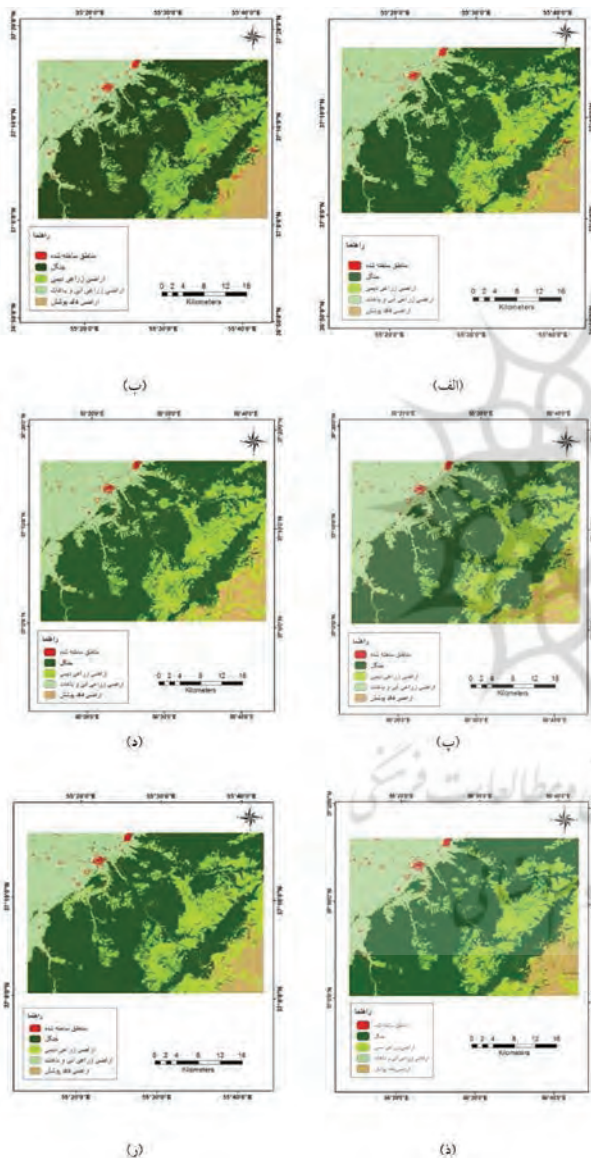
برای اعتبار سنجی نتایج طبقه بندی روش‌های مختلفی

1- Omission Error

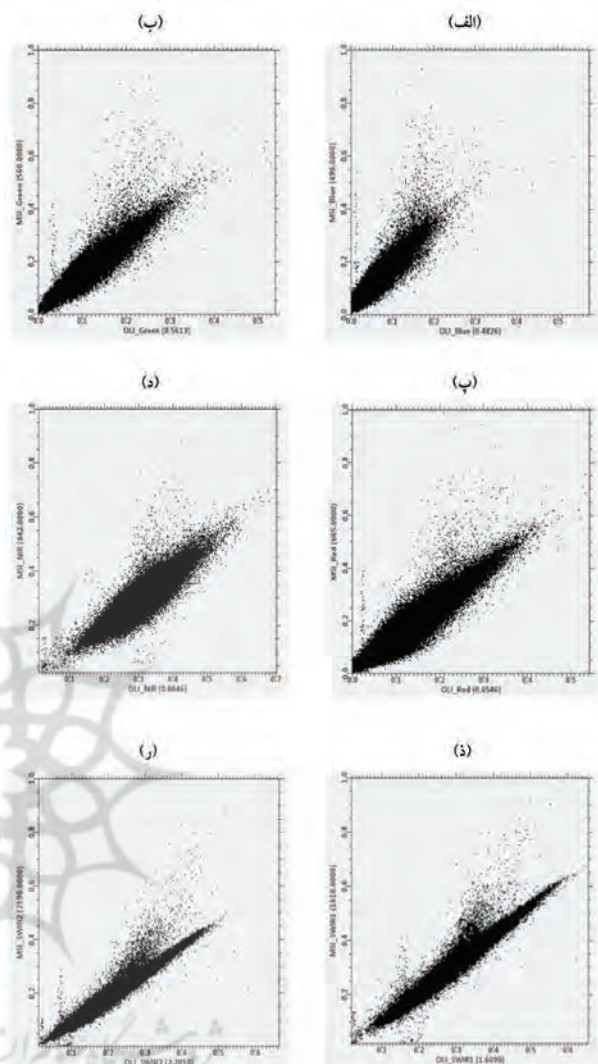
2- Commission Error

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)
 ارزیابی مقایسه‌ای تصاویر سنجنده OLI ... / ۷۳

۹۱/۳۵، ۸۹/۶۰، ۹۳/۱۲ درصد و برای تصویر MSI، ۹۴/۷۶، ۹۵/۵۵، ۹۴/۰۷ درصد می‌باشد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد تمامی صحت‌های بدست آمده بالاتر از ۸۵٪ است و مطلوب می‌باشد. در تمامی زمان‌ها، صحت طبقه‌بندی تصاویر سنتینل بالاتر از تصاویر لندست است.



نگاره ۵: نتایج طبقه‌بندی تصاویر سنجنده‌ی OLI (الف، پ، ذ) و طبقه‌بندی تصاویر سنجنده MSI (ب، د، ر). تصاویر (الف و ب) مربوط به ژوئیه ۲۰۱۸، تصاویر (پ، د) مربوط به آگوست ۲۰۱۷ و تصاویر (ذ، ر) مربوط به نوامبر ۲۰۱۷ می‌باشد.



نگاره ۴: نمودار پراکنش باندهای متناظر دو سنجنده OLI و MSI مربوط به ژوئیه ۲۰۱۸، (الف) باندهای آبی، (ب) سبز، (پ) قرمز، (د) مادون قرمز نزدیک، (ذ) مادون قرمز طول موج کوتاه ۱، (ر) مادون قرمز طول موج کوتاه ۲.

۴-۲- ارزیابی طبقه بندی

نگاره ۵، تصاویر خروجی طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان را در تصاویر لندست و سنتینل در سه تاریخ متفاوت نشان می‌دهند. نتایج مربوط به ماتریس خطای طبقه بندی هر تصویر به صورت جداگانه در جداول ۴ تا ۹ ارائه شده است. صحت کلی به دست آمده طبقه بندی برای تاریخ‌های ژوئیه ۲۰۱۸، آگوست ۲۰۱۷ و نوامبر ۲۰۱۷، تصویر OLI به ترتیب، برابر

جدول ۴: ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر OLI ۳۰ ژوئیه ۲۰۱۸

خطای اضافه	جمع	اراضی فاقد پوشش	اراضی زراعی آبی و باغات	اراضی زراعی دیمی	جنگل	مناطق ساخته شده	طبقه
٪۱۱/۰۲	۱۰۸۳۳	۵۳۵	۶۵۵	۴	۰	۹۶۳۹	مناطق ساخته شده
٪۷/۱۳	۷۶۷۲۶۹	۲۳۲۶۹	۲۵۴۹۶	۵۹۷۵	۷۱۲۵۴۷	۰	جنگل
٪۲۷/۹۸	۲۱۴۱۷۲	۵۴۵۸۲	۵۳۳۸	۱۵۴۲۳۹	۱۳	۰	اراضی زراعی دیمی
٪۲/۲۷	۳۲۹۷۷۱	۶۰۵۵	۳۲۲۲۷۹	۱۰۱۹	۳۹	۳۷۹	اراضی زراعی آبی و باغات
٪۱/۵۹	۱۲۷۷۳۱	۱۲۵۷۰۱	۳۳۹	۱۳۹۲	۸	۲۹۱	اراضی فاقد پوشش
	۱۴۴۹۷۷۶	۲۱۰۱۴۲	۳۵۴۱۰۷	۱۶۲۶۱۱	۷۱۲۶۰۷	۱۰۳۰۹	جمع
		٪۴۰/۱۸	٪۸/۹۹	٪۵/۱۵	٪۰/۰۱	٪۷/۵	خطای حذف

جدول ۵: ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر MSI ۲۹ ژوئیه ۲۰۱۸

خطای اضافه	جمع	اراضی فاقد پوشش	اراضی زراعی آبی و باغات	اراضی زراعی دیمی	جنگل	مناطق ساخته شده	طبقه
٪۱۲/۵۷	۲۷۸۵۳	۱۵۳۶	۱۹۳۳	۲۹	۲	۲۴۳۵۳	مناطق ساخته شده
٪۲/۳۹	۱۷۵۴۵۴۹	۹۴۶۲	۲۷۸۲۸	۴۶۲۶	۱۷۱۲۶۳۳	۰	جنگل
٪۲۰/۵۶	۵۰۸۶۶۸	۶۸۷۶۶	۳۴۸۱۲	۴۰۴۰۷۳	۹۹۲	۲۵	اراضی زراعی دیمی
٪۱/۵۳	۷۰۳۶۱۵	۲۱۲۳	۶۹۲۸۳۳	۷۷۱	۵۸۹۸	۱۹۹۰	اراضی زراعی آبی و باغات
٪۳/۷۲	۲۶۸۸۱۷	۲۵۸۸۲۴	۱۱۵۴	۶۰۳۰	۲۶۸۰	۱۲۹	اراضی فاقد پوشش
	۳۲۶۳۵۰۲	۳۴۰۷۱۱	۷۵۸۵۶۰	۴۱۵۵۲۹	۱۷۲۲۲۰۵	۲۶۴۰۷	جمع
		٪۲۴/۰۳	٪۸/۶۶	٪۲/۷۶	٪۰/۵۶	٪۸/۰۹	خطای حذف

جدول ۶: ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر OLI ۲۸ آگوست ۲۰۱۷

خطای اضافه	جمع	اراضی فاقد پوشش	اراضی زراعی آبی و باغات	اراضی زراعی دیمی	جنگل	مناطق ساخته شده	طبقه
٪۸/۵۳	۹۵۳۰	۹۸	۷۰۳	۱۲	۰	۸۷۱۷	مناطق ساخته شده
٪۷/۸۴	۷۷۳۲۵۳	۲۱۰۲۴	۱۶۷۷۷	۲۲۸۲۲	۷۱۲۶۳۰	۰	جنگل
٪۳۴/۷۸	۲۲۷۶۶۳	۷۳۲۹۴	۵۸۷۸	۱۴۸۴۸۶	۵	۰	اراضی زراعی دیمی
٪۲/۰۱	۳۱۸۵۵۳	۱۶۳۸	۳۱۲۱۵۸	۳۳۳۵	۴۹	۱۳۷۳	اراضی زراعی آبی و باغات
٪۲/۸۶	۱۱۸۳۳۰	۱۱۴۹۵۰	۴۱۳	۲۸۷۲	۱۵	۸۰	اراضی فاقد پوشش
	۱۴۴۷۳۲۹	۲۱۱۰۰۴	۳۳۵۹۲۹	۱۷۷۵۲۷	۷۱۲۶۹۹	۱۰۱۷۰	جمع
		٪۴۵/۵۲	٪۷/۰۸	٪۱۶/۳۶	٪۰/۰۱	٪۱۴/۲۹	خطای حذف

۵- بحث

مستقل به دست آمد. نتایج همبستگی نشان داد که تمامی باندهای متناظر همبستگی بیش از ۰/۸ دارند (به استثناء محدوده مادون قرمز نزدیک) و خطوط رگرسیون تقریباً بر یک منطبق است. در تمام مقایسه‌ها کمترین میزان همبستگی

برای مقایسه تطبیقی سنجنده‌های MSI ماهواره‌ی استینل ۲ و OLI لندست ۸، همبستگی باندهایی که در طول موج‌های مشابه تصویربرداری می‌کنند، در سه زوج تصویر

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)
 ارزیابی مقایسه‌ای تصاویر سنجنده OLI ... / ۷۵

جدول ۷: ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر MSI تاریخ ۲۸ آگوست ۲۰۱۷

طبقه	مناطق ساخته شده	جنگل	اراضی زراعی دیمی	اراضی زراعی آبی و باغات	اراضی فاقد پوشش	جمع	خطای اضافه
مناطق ساخته شده	۱۹۸۶۸	۰	۱۴	۳۹۱	۵۰۱	۲۰۷۷۴	٪۴/۳۶
جنگل	۰	۱۷۳۹۸۰۶	۸۲۴۶	۱۱۰۰۲	۱۰۱۱	۱۷۶۰۰۶۵	٪۱/۱۵
اراضی زراعی دیمی	۱۳۱	۱۸۴۷۶	۴۱۶۱۵۶	۳۲۷۷۰	۴۵۳۹۹	۵۱۲۹۳۲	٪۱۸/۸۷
اراضی زراعی آبی و باغات	۶۴۳۶	۶۸۸۷	۳۷۶۷	۶۹۴۳۵۸	۲۴۳۵	۷۱۳۸۸۳	٪۲/۷۴
اراضی فاقد پوشش	۵۹	۴۷۲۵	۲۵۴۰	۲۲۸	۲۴۸۹۹۶	۲۵۵۸۴۸	٪۲/۹۵
جمع	۲۶۴۹۴	۱۷۶۹۸۹۴	۴۳۰۷۲۳	۷۳۸۷۴۹	۲۹۷۶۴۲	۳۲۶۳۵۰۲	
خطای حذف	٪۲۵/۰۱	٪۱/۷۰	٪۳/۳۸	٪۶/۰۱	٪۱۶/۵۸		

جدول ۸: ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر OLI تاریخ ۱۶ نوامبر ۲۰۱۷

طبقه	مناطق ساخته شده	جنگل	اراضی زراعی دیمی	اراضی زراعی آبی و باغات	اراضی فاقد پوشش	جمع	خطای اضافه
مناطق ساخته شده	۹۹۷۶	۰	۴۸	۳۷۹	۲۷	۱۰۴۳۰	٪۴/۳۵
جنگل	۰	۷۷۶۲۱۵	۶۶۷۴	۵۵۰۵	۳۰۵۳۶	۸۱۸۹۳۰	٪۵/۲۲
اراضی زراعی دیمی	۱۲	۱۱	۱۵۹۸۴۹	۳۰۹۶	۴۲۸۷۵	۲۰۵۸۴۳	٪۲۲/۳۴
اراضی زراعی آبی و باغات	۱۷۹۷	۲۳۴۵	۵۵۴۰	۲۷۶۹۸۲	۸۵	۲۸۶۷۴۹	٪۳/۴۱
اراضی فاقد پوشش	۴۸	۰	۲۹۵	۱۳۴	۱۲۲۴۵۵	۱۲۲۹۳۲	٪۰/۳۹
جمع	۱۱۸۳۳	۷۷۸۵۷۱	۱۷۲۴۰۶	۲۸۶۰۹۶	۱۹۵۹۷۸	۱۴۴۴۸۸۴	
خطای حذف	٪۱۵/۶۹	٪۰/۳۰	٪۷/۲۸	٪۳/۱۹	٪۳۷/۵۲		

جدول ۹: ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر MSI تاریخ ۱۶ نوامبر ۲۰۱۷

طبقه	مناطق ساخته شده	جنگل	اراضی زراعی دیمی	اراضی زراعی آبی و باغات	اراضی فاقد پوشش	جمع	خطای اضافه
مناطق ساخته شده	۸۶۳۰۷	۰	۸۲۱	۴۱۲۰	۷۷۶	۹۲۰۲۴	٪۶/۲۱
جنگل	۰	۷۳۰۳۶۲۹	۳۶	۱۰۵۲۹	۷۰۰۹	۷۳۲۱۲۰۳	٪۰/۲۴
اراضی زراعی دیمی	۶۰	۱۶۱۷۰۸	۱۶۰۹۱۲۹	۱۸۵۳۷	۲۹۳۰۶۳	۲۰۸۲۴۹۷	٪۲۲/۷۳
اراضی زراعی آبی و باغات	۲۳۹۳۷	۴۶۶۲۹	۷۶۶۱۱	۲۳۹۸۱۷۶	۲۶۹۲۷	۲۵۷۲۲۸۰	٪۶/۷۷
اراضی فاقد پوشش	۲۰	۷۱۰۴۵	۳۰۹۰۵	۵۰۴	۸۷۶۱۸۵	۹۷۸۶۵۱	٪۱۰/۴۷
جمع	۱۱۰۳۲۴	۷۵۸۳۰۱۱	۱۷۱۷۵۰۲	۲۴۳۱۸۶۶	۱۲۰۳۹۶۰	۱۳۰۴۶۶۶۳	
خطای حذف	٪۲۱/۷۷	٪۳/۶۸	٪۶/۳۱	٪۱/۳۹	٪۲۷/۲۲		

در محدوده مادون قرمز نزدیک، مشاهده می‌شود. برطبق نتایج بدست آمده، بیشترین میزان تطابق در باندهای مربوط به مادون قرمز طول موج کوتاه و آبی وجود دارد. بنابراین این باندها دارای محتوای اطلاعاتی مشترک و یکسانی هستند و می‌توانند به جای یکدیگر استفاده شوند. نتایج همبستگی به دست آمده با نتایج پژوهش امانوئل مانداننسی و گابریل بیتلی که همبستگی بالای ۰/۹ را به دست آورده بودند، مطابقت دارد. همچنین یافته‌های این بخش، با نتایج

فراوانی، تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک طیفی و مکانی متفاوت در قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیس برداشت کرده‌اند.

با در نظر ویژگی‌های متفاوت این تصاویر و طول عمر هر سنجنده، ممکن است دسترسی به یک تصویر خاص (با داشتن خصوصیات طیفی و مکانی مورد نظر) وجود نداشته باشد. از کار افتادن موقتی سنجنده‌ها و عوامل بیرونی نظیر پوشش ابر نیز ممکن است دسترسی را محدود کند. از این رو، مقایسه‌ی تطبیقی سنجنده‌هایی که قدرت تفکیک مکانی و طیفی مشابهی دارند به ما کمک می‌کند تا در زمان‌هایی که امکان دسترسی به یکی از آن‌ها وجود ندارد از سنجنده‌ی جایگزین استفاده شود.

علاوه بر این امکان استفاده ترکیبی از آنها در سری‌های زمانی بلندمدت ایجاد می‌شود. با توجه به این‌که یکی از مأموریت‌های ماهواره سنتینل ۲، ادامه مأموریت سری ماهواره لندست ذکر شده است، در این پژوهش سنجنده‌های MSI ماهواره‌ی سنتینل ۲ و OLI لندست ۸ با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج همبستگی باندهایی که در طول موج‌های مشابه تصویربرداری می‌کنند، نشان داد که تمامی باندهای متناظر همبستگی بیش از ۰/۹ دارند. بنابراین این باندها دارای محتوای اطلاعاتی مشترک و یکسانی هستند و می‌توانند به جای یکدیگر استفاده شوند. همچنین نتایج ارزیابی ماتریس خطای حاصل از طبقه‌بندی کاربری زمین نشان داد که میزان صحت کلی و ضریب کاپا در هر دو سنجنده مقدار قابل قبولی داشته است و دو سنجنده OLI و MSI در مطالعات مربوط به طبقه‌بندی پوشش اراضی کارایی مشابهی دارند.

نتایج بدست آمده، تأیید کننده عملکرد نسبتاً یکسان و مناسب دو سنجنده است. بدیهی است که این نتیجه را نمی‌توان به سایر کاربردها و زمینه‌های مطالعاتی دیگر تعمیم داد. بعنوان نمونه، سنجنده‌ی MSI بر خلاف سنجنده‌ی OLI باندهای حرارتی ندارد و در زمینه‌هایی که به باندهای حرارتی نیاز است مانند مطالعات مربوط به آتش فشان‌ها و یا دمای

گزارش شده توسط نوولی و همکاران که ضریب همبستگی بین ۰/۹۰ تا ۰/۹۶ را برای باندهای مشابه این دو سنجنده بدست آورده بودند، تطابق مناسبی دارد. اکسزی و همکاران نیز در سال ۲۰۱۹، ضریب همبستگی بالای ۰/۸ (به استثناء باندهای آبی) گزارش کردند.

در مرحله‌ی بعد طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان بر روی تصاویر صورت گرفت. نتایج ارزیابی ماتریس خطا نشان داد که میزان صحت کلی در هر دو سنجنده مقدار قابل قبولی داشته است.

در واقع صحت طبقه‌بندی با در نظر گرفتن حداقل مقدار ۸۵٪ که توسط کونگالتون و گرین در سال ۲۰۰۲ اعلام شده است، رضایت‌بخش می‌باشد. در تمام شش تصویر، کمترین میزان صحت تولیدکننده، مربوط به کلاس اراضی فاقد پوشش و کمترین میزان صحت کاربر به کلاس اراضی زراعی دیم متعلق می‌باشد.

طبقه‌بندی سنجنده‌ی MSI دارای صحت کلی بالاتر است. این مسئله می‌تواند به دلیل وجود پیکسل‌های مخلوط در تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک متوسط در چشم اندازه‌های پیچیده باشد.

در واقع، محدودیت‌های تحمیل شده توسط قدرت تفکیک سنجنده در سنجنده OLI بیشتر است و کارایی این سنجنده در تشخیص عوارض باریکتر از سنجنده MSI کمتر است (Novelli et al., 2016). اکسزی و همکاران (۲۰۱۹)، در مقایسه دو سنجنده OLI و MSI با هدف استخراج مناطق ساخته شده، نتیجه گرفتند که سنتینل ۲، عملکرد بهتری دارد، بویژه در زمانی که از شاخص‌های طیفی در استخراج استفاده شده بود. آن‌ها علت این امر را در قدرت تفکیک مکانی بهتر سنجنده MSI و چگونگی پاسخ‌دهی طیفی آن دانسته بودند.

۶- نتیجه‌گیری

از دهه ۱۹۷۰ که اولین سری ماهواره‌های لندست، تصویربرداری از سطح زمین آغاز کرد تا امروز سنجنده‌های

practices. CRC press.

8. Darvishsefat, A. (2002). The Eliminate of Satellite Data. Geomatica conference.

9. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sya, O., Marchese, F., Bargellini, P., (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sens. Environ.* 120, 25-36.

10. Hagolle, O.; Sylvander, S.; Huc, M.; Claverie, M.; Clesse, D.; Dechoz, C.; Lonjou, V.; Poulain, (2015). V. SPOT-4 (Take 5): Simulation of Sentinel-2 time series on 45 large sites. *Remote Sensing*, 7, 12242-12264.

11. Immitzer, M.; Vuolo, F.; Atzberger, C., (2016). First Experience with Sentinel-2 Data for Crop and Tree Species Classifications in Central Europe. *Remote Sensing*, 8, 166.

12. Irons, J.R., Dwyer, J.L., Barsi, J.A., (2012). The next Landsat satellite: the Landsat data continuity mission. *Remote Sens. Environ.* 122, 11-21.

13. Jensen, J. R., & Lulla, K. (1987). Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. Taylor & Francis.

14. Korhonen, L., Packalen, P., & Rautiainen, M. (2017). Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 in the estimation of boreal forest canopy cover and leaf area index. *Remote sensing of environment*, 195, 259-274.

15. Lefebvre, A., Sannier, C., & Corpetti, T. (2016). Monitoring urban areas with Sentinel-2A data: Application to the update of the Copernicus high resolution layer imperviousness degree. *Remote Sensing*, 8(7), 606.

16. Mandanici, Emanuele Bitelli, Gabriele (2016). Preliminary comparison of sentinel-2 and landsat 8 imagery for a combined use, *Remote Sensing*.

17. Mountrakis, Giorgos Im, Jungho Ogole, Caesar (2011). Support vector machines in remote sensing : A review, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*.66, 247-259.

18. Naegeli, K., Damm, A., Huss, M., Wulf, H., Schaeppman, M., & Hoelzle, M. (2017). Cross-Comparison of albedo products for glacier surfaces derived from airborne and satellite (Sentinel-2 and Landsat 8) optical data. *Remote Sensing*, 9(2), 110.

19. Novelli, Antonio Aguilar, Manuel A. Nemmaoui, Abderrahim Aguilar, Fernando J. Tarantino, Eufemia,

سطح زمین^۱، اثرات جزیره حرارتی شهرها نمی‌توان از این سنجنده استفاده کرد. همچنین محدوده‌ی تصویربرداری این سنجنده به گونه‌ای است که مناطق قطبی را تصویربرداری نمی‌کند و برای مطالعه‌ی این مناطق نمی‌توان از آن استفاده کرد. بنابراین در برخی از کاربردها این دو سنجنده تنها مکمل یکدیگر هستند و هرگز نمی‌توانند به جای یکدیگر استفاده شوند.

منابع و مأخذ

۱. اکبری، شکاری؛ الهه، علی (۱۳۹۲)، پردازش و استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از نرم افزار ENVI با نمونه‌های کاربردی در علوم زمین، نقشه برداری، جغرافیا و محیط زیست، انتشارات ماهواره، جلد اول.

۲. شیرازی، متین فر، نعمت الهی، زهتابیان؛ میترا، حمیدرضا، محمد جواد، غلامرضا (۱۳۸۹) مقایسه‌ی محتوای اطلاعاتی باندهای سنجنده‌های ASTER و LISS-II در مناطق خشک (مطالعه موردی: پلایای دامغان)، کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال اول، شماره ۱.

۳. علوی پناه، سید کاظم (۱۳۸۲)، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران.

4. Alavipanah, S. K., A. H. Ehsani, H. Matinfar, A. Rafiei and A. Amiri. (2006). Comparison of Information of TM and ETM+ Bands in Arid and Urban Areas. *Geographic research*. No.56. pp. 47.

5. Arekhi, M., Goksel, C., Balik Sanli, F., & Senel, G. (2019). Comparative Evaluation of the Spectral and Spatial Consistency of Sentinel-2 and Landsat-8 OLI Data for Igneada Longos Forest. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(2), 56.

6. Bannari, A. (2019). Synergy between Sentinel-MSI and Landsat-OLI to Support High Temporal Frequency for Soil Salinity Monitoring in an Arid Landscape. In *Research Developments in Saline Agriculture* (pp. 67-93). Springer, Singapore.

7. Congalton, R. G., & Green, K. (2002). Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and

- surface, and nadir BRDF adjusted reflectance and NDVI differences. *Remote sensing of environment*, 215, 482-494.
- (2016). Performance evaluation of object based greenhouse detection from Sentinel-2 MSI and Landsat 8 OLI data: A case study from Almería (Spain), *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*.59, 403-411.
20. Paul, F.; Winsvold, S.; Käab, A.; Nagler, T.; Schwaizer, G. (2016) Glacier Remote Sensing Using Sentinel-2. Part II: Mapping Glacier Extents and Surface Facies, and Comparison to Landsat 8. *Remote Sensing*, 8, 575.
21. Pesaresi, M.; Corbane, C.; Julea, A.; Florczyk, A.; Syrris, V.; Soille, P. (2016) Assessment of the Added-Value of Sentinel-2 for Detecting Built-up Areas. *Remote Sensing*, 8, 299.
22. Van Der Werff, H., & Van Der Meer, F. (2016). Sentinel-2A MSI and Landsat 8 OLI provide data continuity for geological remote sensing. *Remote sensing*, 8(11), 883.
23. Wu, C. W., Jinsong, D., Ke, W., Ligang, M., & Tahmassebi, A. R. S. (2016). Object-based classification approach for greenhouse mapping using Landsat-8 imagery. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 9(1), 79-88.
24. XI, Y., Think, N. X., & LI, C. (2019). Preliminary comparative assessment of various spectral indices for built-up land derived from Landsat-8 OLI and Sentinel-2A MSI imageries. *European Journal of Remote Sensing*, 52(1), 240-252.
25. Yantao XI, Nguyen Xuan Think & Cheng LI (2019) Preliminary comparative assessment of various spectral indices for built-up land derived from Landsat-8 OLI and Sentinel-2A MSI imageries, *European Journal of Remote Sensing*, 52:1, 240-252.
26. Zhang, H., Zhang, Y., & Lin, H. (2012). A comparison study of impervious surfaces estimation using optical and SAR remote sensing images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 18, 148-156.
27. Zhang, J., Pu, R., Yuan, L., Wang, J., Huang, W., & Yang, G. (2014). Monitoring powdery mildew of winter wheat by using moderate resolution multi-temporal satellite imagery. *PloS one*, 9(4), e93107.
28. Zhang, H. K., Roy, D. P., Yan, L., Li, Z., Huang, H., Vermote, E., ... & Roger, J. C. (2018). Characterization of Sentinel-2A and Landsat-8 top of atmosphere,