



طبقه‌بندی نوع محصولات زراعی با شاخص پوشش گیاهی اختلافی نرمال شده (با استفاده از تصاویر سنتیبل ۲)

سعید پوراکرمی^{۱*}، سید محمد توکلی صبور^۲، علی‌اصغر تراهی^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی
- ۲- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه خوارزمی
- ۳- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه خوارزمی

چکیده:

اغلب به علت در دسترس نبودن داده‌های سنجش از دور و یا توان تفکیک زمانی و مکانی نامناسب سنجنده‌ها برای طبقه‌بندی نوع محصول به خصوص در کشور ایران که مساحت بیشتر مزارع کوچک می‌باشد، کاربران در طبقه‌بندی نوع محصول با مشکل مواجه می‌شوند. اخیراً با در مدار قرار گرفتن ماهواره سنتیبل ۲ توسط سازمان فضایی اروپا تصاویر مناسب در اختیار کاربران برای طبقه‌بندی نوع محصول قرار گرفته است. در تحقیق حاضر از ۷ تصویر ماهواره سنتیبل ۲ که بین ماه‌های اردیبهشت تا اوایل آبان آخذ شده بودند بعد از اعمال پیش‌پردازش‌های لازم شاخص NDVI استخراج شد و با استفاده از مزارع نمونه آموزشی برای ۷ محصول با روش حداقل احتمال طبقه‌بندی اعمال شد. سپس با استفاده از مزارع کنترل، ماتریس خطای طبقه‌بندی تهیه شد که دقت کلی طبقه‌بندی ۸۵/۱۳ درصد و ضریب کاپا برابر ۰/۸ می‌باشد و در میان ۷ نوع محصول مورد طبقه‌بندی، چغندر کمترین دقت تولید کننده را با ۷۲/۵۶ درصد دارد در حالی که سه محصول گندم، انگور و یونجه با ۱۰۰ درصد بیشترین دقت تولید کننده را دارند.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، طبقه‌بندی محصول، سنتیبل ۲، NDVI

۱- مقدمه

داده‌های سنجش از دور ابزار کارآمدی برای طبقه‌بندی نوع محصول و تخمین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی می‌باشند. برای رسیدن به دقت مناسب طبقه‌بندی نوع محصول، به داده‌های ماهواره‌ای با توان تفکیک زمانی و مکانی مناسب نیاز داریم. که با در مدار قرار گرفتن ماهواره سنتینل ۲ داده‌های مناسبی در اختیار کاربران قرار گرفته است. در پژوهشی [۱] به منظور شناسایی اراضی زیر کشت محصولات مختلف در مزرعه نمونه آستان قدس رضوی از دو تصویر سنجنده ETM+ در سال ۱۳۹۱ استفاده کردند. تصاویر را با روش‌های طبقه‌بندی حداقل احتمال و شبکه عصبی مصنوعی طبقه‌بندی کردند. جهت ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی، نقشه تولیدی با نقاط واقعیت زمینی مشخص شده از طریق سیستم موقعیت یابی جهانی (GPS) مورد بررسی قرار گرفت. ضریب کاپا و صحت کلی برای روش حداقل احتمال به ترتیب ۸۲ و ۸۵ درصد و برای شبکه عصبی به ترتیب ۸۴ و ۸۷ درصد برآورد گردید. مساحت‌های سطح زیر کشت محاسبه شده از نقشه طبقه‌بندی به روش حداقل احتمال و شبکه عصبی توانت به ترتیب با اختلاف متوسط ۱۶/۸ و ۱۴/۲ درصد با اطلاعات موجود در مزرعه آستان قدس مساحت محصولات مختلف را تخمین بزند. در تحقیقی [۲] تغییرات سطح پوشش گیاهی کویر سیاهکوه یزد را با استفاده از تصاویر TM و ETM+ بررسی نمودند. آن‌ها از ۵ شاخص^۱, PVI^۲, SAVI^۳, NNDVI^۴ و NDVI^۵ استفاده کردند. نتایج نشان داد که شاخص NDVI بهترین شاخص برای تهیه نقشه پوشش گیاهی می‌باشد. در تحقیقی [۳] داده‌های ماهواره‌ای TM و تقویم زراعی را برای تهیه نقشه ۶ نوع محصول منطقه اوکلا را در پنجاب پاکستان به کار برند. آن‌ها برای هر تصویر سری زمانی NDVI را محاسبه کردند. آن‌ها برای هر نوع محصول تصاویر NDVI را با توجه به دوره زمانی فنولوژیکی محصولات که در تقویم زراعی مشخص است ترکیب^۶ کردد سپس از متحنی جدایی‌پذیری برای شناسایی تعداد رده‌های با حداقل جداگانه پذیری استفاده کردند. آن‌ها از روش ایزو دیتا^۷ برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده کردند. و نهایتاً جهت تهیه نقشه محصول، پروفایل فنولوژیکی تهیه شده با NDVI، با تقویم زراعی مقایسه شد. آریکان با روش طبقه‌بندی ماسک گذاری چند زمانه روی تصاویر سنجنده ETM+ نقشه نوع محصولات درون اراضی زراعی را در شمال غربی ترکیه در تابستان تهیه کرد او با الگوریتم حداقل احتمال سه تصویر می، جولا و آگوست را به صورت پی‌درپی طبقه‌بندی کرد. در هر مرحله مناطق کشت نشده به همراه کلاس‌های طبقه‌بندی شده در تاریخ قبلی حذف شدند. سپس تصویر طبقه‌بندی شده سه تاریخ با هم ترکیب شد. در نهایت تصویر طبقه‌بندی شده با لایه مرز بلوک‌ها ترکیب شد و برای هر پارسل کشاورزی کلاسی که بیشترین فراوانی را داشت تعلق گرفت. او به این نتیجه رسید که دقت طبقه‌بندی ماسک گذاری چند زمانه ۸۱ درصد (۱۰ درصد بیش از دقت طبقه‌بندی تصویر آگوست به تنها ی) می‌باشد [۴]. در تحقیق حاضر شاخص NDVI که در تحقیقات زیادی برای طبقه‌بندی نوع محصول و پوشش گیاهی مورد استفاده واقع شده، از ۷ تصویر ماهواره سنتینل ۲ استخراج شده و با روش حداقل احتمال نوع محصولات کشت شده در محدوده زراعی مورد بررسی طبقه‌بندی خواهد شد.

¹ Global positioning system

² Soil Adjusted Vegetation Index

³ Perpendicular Vegetation Index

⁴ Ratio Vegetation Index

⁵ Normalized Difference Vegetation Index

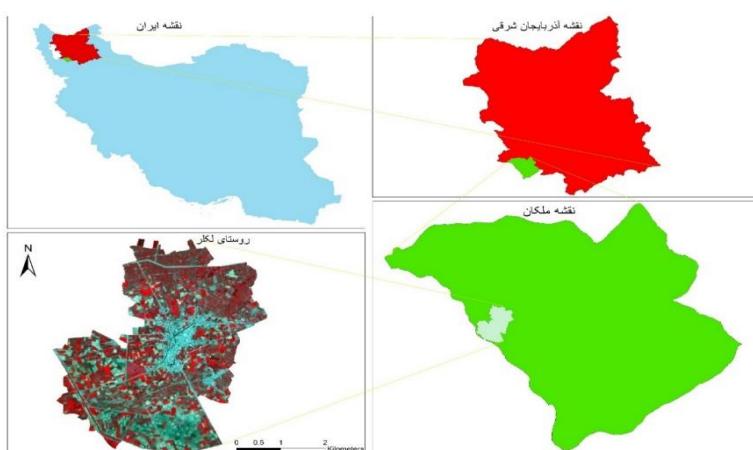
⁶ Stack

⁷ ISO Data

۲- مواد و روش‌ها

۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه اراضی روستای لکلر واقع در شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی است، می‌باشد. این روستا در محدوده "٤٦°٠٧'٢١" تا "٣٧°٠٧'٥٢" عرض شمالی و "٤٦°٠٧'١٨" تا "٤٦°٠٧'٤١" طول شرقی واقع شده است. مساحت تقریبی اراضی متعلق به این روستا ۱۱.۵ کیلومتر مربع و تغییرات ارتفاعی بین ۱۲۸ تا ۱۲۹۵ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد. شکل (۱) موقعیت محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد (مطالعات محقق).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

۲- داده‌های مورد استفاده در تحقیق

۱- تصاویر چند طیفی ماهواره سنتینل ۲

در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره سنتینل ۲ برای استخراج شاخص مورد نظر استفاده شد. این ماهواره توسط سازمان فضایی اروپا^۱ به عنوان بخشی از برنامه کوپرنیک^۲ برای پشتیبانی از خدماتی همچون بررسی زمین و تغییرات آن، مدیریت مخاطره، امنیت و تغییر اقلیم در ۲۳ ژوئن ۲۰۱۵ به فضا پرتاب شد. این ماهواره ۱۳ باند در محدوده مرئی^۳، مادون قرمز نزدیک^۴ و مادون قرمز میانی^۵ طیف الکترومغناطیس را در سه توان تفکیک ۱۰، ۲۰ و ۶۰ متر با توان رادیومتریک ۱۲ بیتی برداشت می‌کند. دوره بازگشت ۱۰ روزه در استوا دارد. در نتیجه تصاویر این ماهواره در زمینه پرتوهای کشاورزی برای تغییرات پوشش گیاهی در طول فصل رشد، و تهیه نقشه محصول قابل استفاده است. کاهش عرض باندهای این ماهواره نسبت به ماهواره اسپات و لنست ۸ تاثیر ترکیبات اتمسفری شامل بخار آب را محدود می‌کند [۵]. در جدول (۱) اطلاعات تصاویر مورد استفاده از ماهواره سنتینل ۲ آورده شده است.

¹ European Space Agency (ESA)

² Copernicus

³ Visible

⁴ Near Infrared (NIR)

⁵ Short Wave Infrared (SWIR)

جدول ۱: تصاویر مورد استفاده از تصاویر سنتیل ۲

تعداد	تاریخ اخذ تصویر	ساعت اخذ تصویر (به وقت محلی)	وضعیت ابرناکی منطقه در تصاویر	فاقد ابر	۹۲	مدار	شماره کاشی تصاویر
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۱۳۹۵/۸/۱۰
۹۵/۶/۳۱	۹۵/۵/۲۲	۹۵/۵/۰۲	۹۵/۴/۱۳	۹۵/۳/۲۴	۹۵/۲/۰۵	تاریخ اخذ تصویر	۹۵/۸/۱۰
۱۱:۱۰	۱۱:۰۱	۱۱:۰۱	۱۱:۱۵	۱۱:۱۴	۱۱:۱۴	ساعت اخذ تصویر (به وقت محلی)	۱۱:۱۰
						وضعیت ابرناکی منطقه در تصاویر	۱۱:۰۱
						فاقد ابر	۱۱:۰۱
						۹۲	۹۵/۵/۰۲
						مدار	۹۵/۴/۱۳
						شماره کاشی تصاویر	۹۵/۳/۲۴
						T38SNG	۹۵/۲/۰۵

۲-۲-۲- نمونه‌های آموزشی و کنترل

در مجموع ۷۷ مزرعه که فقط یک نوع محصول داشتند به عنوان مزرعه نمونه برای محصولات مورد کشت در منطقه، انتخاب شدند و روی محدوده هر کدام از پارسل‌های زراعی انتخاب شده بافر ۱۰ متری به طرف مرکز پارسل زده شد تا پیکسل‌هایی که به دو مزرعه مجاور با دو نوع محصول متفاوت مربوط می‌شوند و ارزش رقومی آن‌ها میانگین انعکاس دو محصول متفاوت است، به عنوان نمونه آموزشی انتخاب نشوند و پیکسل‌های نمونه خالص باشند. با توجه به مطالعات میدانی صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه محصولات کشت شده و باغات عبارتند از: انگور، گردو، گوجه‌فرنگی، گندم، چغندر، پیاز و یونجه. در جدول (۲) تعداد مزرعه‌های آموزشی، کنترل، مساحت کوچکترین مزرعه کنترل، مساحت کوچکترین مزرعه آموزشی برای نمونه‌های مورد بررسی آورده شده است. تست تفکیک پذیری برای جفت نمونه‌ها حداقل ۱.۸۵ می‌باشد و نشانگر این مسئله می‌باشد که نمونه‌های انتخاب شده تقسیک‌پذیری خوبی دارند.

جدول ۲: تعداد و مساحت مزرعه‌های آموزشی و کنترل

نوع محصول	گندم	انگور	پیاز	گردو	گوجه فرنگی	یونجه	چغندر
تعداد مزرعه آموزشی	۴	۸	۵	۳	۳	۸	۴
تعداد مزرعه کنترل	۵	۶	۸	۶	۴	۷	۶
مساحت کوچکترین مزرعه کنترل (مترمربع)	۱۱۰۲	۴۴۰	۵۰۴	۷۹	۶۱	۳۹۱	۴۰۰
مساحت کوچکترین مزرعه آموزشی (مترمربع)	۲۲۴۶	۱۶۹۸	۲۵۰۱	۲۲۸۵	۱۷۱۲	۶۳۸	۶۳۷۶

۳-۲- روش‌ها

۲-۳-۱- پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای

تصاویر ماهواره سنتیل ۲ توسط سازمان فضایی اروپا به صورت زمین مرجع شده در اختیار کاربران قرار می‌گیرد بنابراین دقیق تصحیح هندسی تصاویر مورد استفاده با لایه عوارض خطی منطقه به صورت بصری مورد بررسی قرار گرفت. طبق این بررسی تصاویر مورد استفاده از دقیق هندسی خوبی برخوردارند. برای تصحیح اتمسفری تصاویر از پردازشگر سن ۲کور^۱ که توسط سازمان فضایی آلمان بر مبنای برنامه آتکور توسعه داده شده، استفاده شد. این پردازش علاوه بر تصحیح اثرات اتمسفری، اثر ناهمواری‌ها و ابرهای سیروس را هم تصحیح می‌کند [۶].

^۱ Sentinel-2 Atmospheric and Topographic Correction

۲-۳-۲- استخراج شاخص (NDVI)

شاخص NDVI به عنوان یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها در مطالعات بیشماری برای ارزیابی پوشش گیاهی استفاده شده است. مبنای ساختاری این شاخص وجود کلروفیل در گیاهان مختلف است که نور قرمز را جذب و لایه مزوپیل برگ، نور مادون قرمز نزدیک را منعکس می‌سازد. مقدار عددی این شاخص بین مثبت و منفی ۱ متغیر است و مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده افزایش تراکم پوشش گیاهی است و بالعکس. این شاخص با رابطه (۱) محاسبه می‌گردد [۷].

$$\text{NDVI} = (\text{NIR}-\text{Red})/(\text{NIR}+\text{Red}) \quad (1)$$

که در رابطه فوق NIR معادل باند مادون قرمز نزدیک (باند ۸ ماهواره سنتینل ۲)، RED باند قرمز (باند ۴ سنتینل ۲) می‌باشد. لازم به ذکر است که توان تفکیک مکانی هر دو باند مورد استفاده ۱۰ متر می‌باشد.

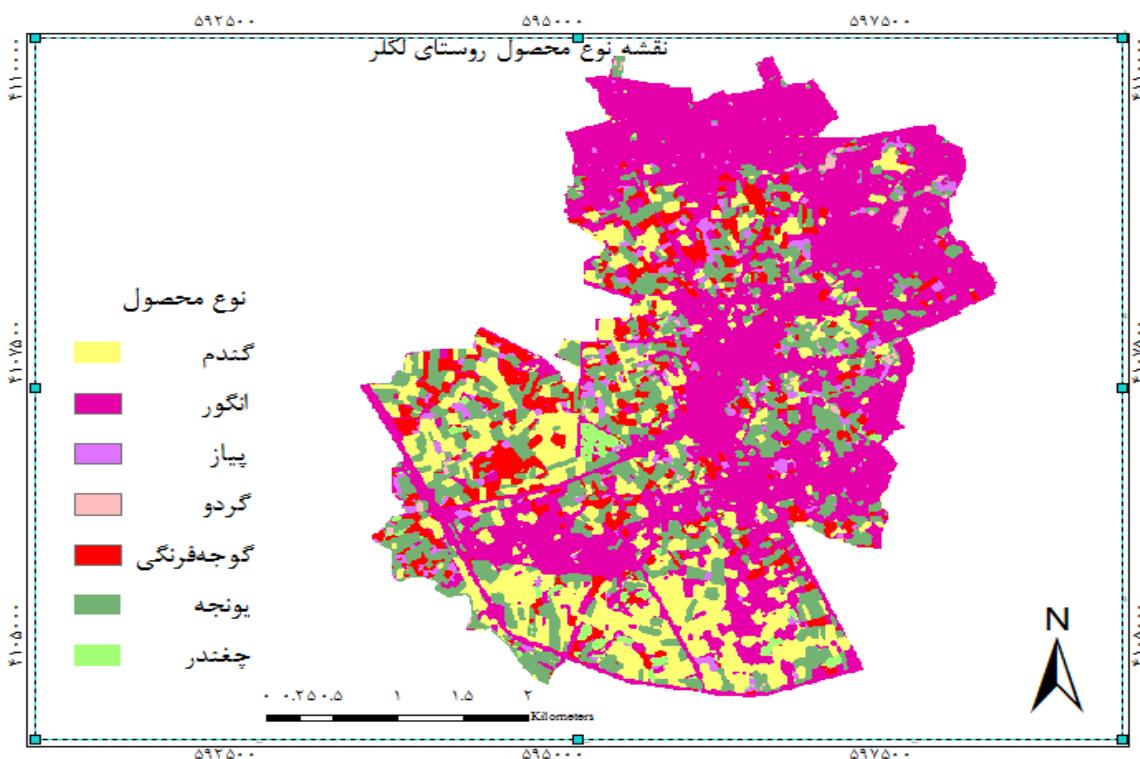
۲-۳-۳- الگوریتم طبقه‌بندی بیشترین شباهت

طبقه‌بندی بیشترین شباهت یکی از متداول‌ترین روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده است. این طبقه‌بندی به دلیل استفاده از پارامترهای آماری در تعیین نوع کلاس‌ها از جمله روش‌های طبقه‌بندی پارامتریک محسوب می‌شود. هم‌چنین این روش با در نظر گرفتن توزیع نرمال برای کلاس‌ها و استفاده از قانون احتمال، پیکسل‌های تصویر را به کلاسی که بیشترین احتمال شباهت را دارد اختصاص می‌دهد [۸]. در نهایت فیلتر اکثریت^۱ با اندازه پنجره ۳*۳ اعمال شد. این فیلتر برای تغییر دادن پیکسل‌های اشتباه طبقه‌بندی شده برای کلاسی غیر از کلاس همگن، به کلاس همگن استفاده می‌شود [۹].

۳- نتایج و پیشنهادها

بعد از اعمال الگوریتم حداکثر احتمال روی شاخص NDVI استخراج شده از ۷ تصویر اخذ شده در طول سال زراعی نقشه نوع محصول تهیه گردید. شکل (۲) نقشه نوع محصول و حاصل طبقه‌بندی را نشان می‌دهد. دقت طبقه‌بندی با نمونه‌های کنترل مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین ترتیب که ماتریس خطای طبقه‌بندی، دقت تولید کننده، دقت کاربر، خطای گماشته شده و حذف شده برای هر کلاس مشخص شد و در نهایت با شاخص کاپا دقت نقشه حاصل از اعمال الگوریتم حداکثر احتمال روی ۷ تصویر NDVI تعیین شد. که نتایج حاصل در جداول (۳ و ۴) ارائه شده است. دقت کلی طبقه‌بندی ۸۵/۱۳ درصد و ضریب کاپا برابر ۸/۰ حاصل شد.

¹ majority



شکل ۲: نقشه نوع محصول

با توجه به جدول (۳) به ترتیب کلاس‌های چغندر، پیاز، گردو و گوجه‌فرنگی بیشترین تعداد پیکسل‌هایی را داشته‌اند که به عنوان کلاس‌های دیگر طبقه بندی شده‌اند. کلاس چغندر ۶۴۵ پیکسل نمونه دارد که از این میان ۴۶۸ پیکسل به درستی چغندر طبقه بندی شده و بقیه پیکسل‌های کنترل تحت عنوان خطای حذف شده تحت کلاس‌های دیگر طبقه بندی شده‌اند که به ترتیب ۸۰ پیکسل به کلاس انگور، ۵۴ پیکسل به عنوان گوجه‌فرنگی، ۴۱ پیکسل به عنوان پیاز و ۲ پیکسل یونجه طبقه بندی شده‌اند. کلاس پیاز که ۷ تا از ۳۰ پیکسل آن به عنوان گوجه‌فرنگی و یک پیکسل آن به عنوان یونجه طبقه بندی شده. کلاس گردو که ۷ پیکسل از ۲۷ پیکسل کنترل آن به عنوان یونجه طبقه بندی شده و گوجه‌فرنگی که ۲ پیکسل از ۱۳۸ پیکسل آن به عنوان انگور و یک پیکسل به عنوان پیاز و یک پیکسل یونجه طبقه بندی شده. با توجه به جدول (۴) دقت تولید کننده برای گندم، انگور و یونجه ۱۰۰ درصد می‌باشد و کلاس‌های بعدی به ترتیب گوجه‌فرنگی با ۹۷/۱ درصد، گردو با ۷۴/۰۷ درصد، پیاز با ۷۳/۳۳ درصد و چغندر با ۷۲/۵۶ درصد دقت کاربر طبقه بندی شده‌اند. خطای گماشته شده برای پیاز ۶۵/۶۳، ۳۱/۲۸، ۲۴/۹۲، ۸/۵۹ و برای کلاس‌های گندم، گردو و چغندر صفر درصد می‌باشد. در نهایت پیشنهاد می‌شود با توجه به محدودیت اخذ تصاویر اپتیک در روزهای ابری، از تصاویر راداری برای غلبه بر کمبود تصاویر در طول فصل رشد محصولات استفاده شود تا نتایج بهتری حاصل شود.

جدول ۳: ماتریس خطای طبقه بندی

پیکسل های کنترل								
محصول	گندم	انگور	پیاز	گردو	گوجه فرنگی	یونجه	چغندر	مجموع پیکسل های طبقه بندی شده برای کلاس
گندم	۱۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۴
انگور	۰	۲۴۷	۰	۰	۲	۰	۸۰	۳۲۹
پیاز	۰	۰	۲۲	۰	۱	۰	۴۱	۶۴
گردو	۰	۰	۰	۲۰	۰	۰	۰	۲۰
گوجه فرنگی	۰	۰	۷	۰	۱۳۴	۰	۵۴	۱۹۵
یونجه	۰	۰	۱	۷	۱	۱۱۷	۲	۱۲۸
چغندر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۶۸	۴۶۸
مجموع پیکسل های کنترل	۱۱۴	۲۴۷	۳۰	۲۷	۱۳۸	۱۱۷	۶۴۵	۱۳۱۸

جدول ۴: دقت تولید کننده، دقت کاربر، خطای گماشته شده و حذف شده

محصول	درصد خطای حذف شده ^۲	درصد خطای گماشته شده ^۱	درصد دقت کاربر	درصد دقت تولید کننده
گندم	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
انگور	۰	۲۴/۹۲	۷۵/۰۸	۱۰۰
پیاز	۲۶/۶۷	۶۵/۶۳	۳۴/۳۸	۷۳/۳۳
گردو	۲۵/۹۳	۰	۱۰۰	۷۴/۰۷
گوجه فرنگی	۲/۹	۳۱/۲۸	۶۸/۷۲	۹۷/۱
یونجه	۰	۸/۵۹	۹۱/۴۱	۱۰۰
چغندر	۲۷/۴۴	۰	۱۰۰	۷۲/۵۶

مراجع

- [1] F. Alipur, M. H. Agkhani, M. H. Abbaspurfard, and A. Sepehr, "Range separation and estimating Area under cultivation agricultural crops with ETM+ satellite images (case study: Astan Quds Razavi farm)", Journal of agricultural Machines, Vol.4, pp. 244-255,2014.
- [2] M. Yamani, and A. Mazidy, "Study the area changes of Siahkouh desert vegetation using remote sensing data", Journal of geographical researches, Vol.40, pp.1-12,2008.
- [3] S. Zafar, and M. M. Waqar, "Crop Type Mapping by Integrating Satellite Data and Crop Calendar over Okara Distinct-Punjab(Pakistan)", Journal of Space technology, Vol.4 pp 21-25,2014

¹ Commission

² Omission

- [4] M. Arican,"parcel-based crop mapping through multi-temporal masking classification of landsat 7 images in karakabey-Turkey", In Proceedings of the ISPRS Symposium, Istanbul International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Vol. 34,2004.
- [5] Europe Space Agency website, 10/10/2016.
- [6] U. Muller-Wilm, J. Louis, R. Richter, F. Gascon, and M. Niezette,"Sentinel-2 Level 2A Prototype Processor: Architecture- Algorithms And First Results", In ESA Special Publication, Vol. 722,p. 98,2013.
- [7] V. I. Adamchuk, R. L. Perk, and J. S. Schepers," EC03-702 Precision Agriculture: Applications of Remote Sensing in Site-Specific Management",2003.
- [8] J. A. Richards, and X. Jia,"Remote sensing digital image analysis-hardback", Springer, Berlin/Heidelberg,2006.
- [9] Help of ENVI 5.3 software.