



شناسایی محصول ذرت از تصاویر ماهواره لندست ۸ از طریق آنالیز چندزمانه طیف‌های میدانی

مجتبی زمانی^{۱*}، مهدی مختارزاده^۲

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی
۲- دانشیار، گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

چکیده :

در جهان امروز ذرت به علت اهمیت فوق العاده زیادی که در تامین غذای دامها و پرندگان و مصارف صنعتی و داروئی دارد، نسبت به افزایش سطح زیر کشت و میزان تولید در هکتار و مقدار مصرف ذرت اقدامات اساسی به عمل آمده است. در سال‌های اخیر کشاورزی دقیق برای شناسایی انواع مختلف محصولات کشاورزی به منظور ارزیابی شرایط محصول و اقدام به موقع در جهت مدیریت محصولات کشاورزی، نیاز به روش‌هایی دارد که از لحاظ وقت و هزینه موثرتر باشد. پیشرفت‌های اخیر در فناوری سنجش از دور، رشد چشمگیری در ارائه روش‌های اتوماتیک سازی شناسایی گیاهان در تحقیقات کشاورزی بوجود آورده است. در این تحقیق به منظور شناسایی ذرت در تصاویر لندست ۸، در چهار مقطع زمانی مختلف از گیاه ذرت در مزرعه‌ای تحقیقاتی، واقع در شهرستان پیشوای اقدام به طیف‌سنجی میدانی به فاصله‌ی زمانی منظم هر دو هفته با استفاده از طیفسنج ۳ ASD FieldSpec® شد و پس از انجام پیش پردازش‌های لازم، در هر مرحله میانگین‌گیری به عمل آمد. اطلاعات طیفی سری زمانی ذرت به باندهای لندست ۸ بازنموده برداری شدند. جهت شناسایی محصول ذرت و ارزیابی کتابخانه‌ی طیفی بازنموده برداری شده به لندست ۸، اقدام به جمع آوری داده‌های زمینی مزارع ذرت و غیر ذرت به کمک دستگاه GPS دستی، واقع در روستای خاکعلی شهرستان قزوین مطابق با تقویم زراعی طیفسنجی میدانی شد. آنالیز شباهت طیفی CBD مابین طیف‌های کتابخانه‌ای و تصاویر لندست ۸ روستای خاکعلی صورت گرفت. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که آنالیز شباهت طیفی CBD، در مرحله‌ی سوم مشاهداتی با دقت کلی ۷۱.۸۳٪ قادر به شناسایی و تفکیک محصول ذرت از سایر محصولات می‌باشد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که به کمک اطلاعات طیفی محصول ذرت، می‌توان از طریق تصاویر لندست ۸ به شناسایی و تفکیک ذرت از سایر محصولات جهت تهیه نقشه سطح زیرکشتن این محصول نمود.

واژه‌های کلیدی : طیفسنجی میدانی، کتابخانه طیفی، لندست ۸، آنالیز شباهت طیفی.

۱- مقدمه

در جهان امروز ذرت به علت اهمیت فوق العاده زیادی که در تامین غذای دامها و پرندگان و مصارف صنعتی و داروئی دارد، نسبت به افزایش سطح زیر کشت و میزان تولید در هکتار و مقدار مصرف ذرت اقدامات اساسی به عمل آمده است. در بیشتر کشورهای جهان که دارای شرایط آب و هوایی مناسب برای رشد این گیاه می‌باشند محصول قابل توجهی تولید می‌نماید و مهمترین مصارف این گیاه در تغذیه حیوانات، تغذیه پرندگان و مصارف صنعتی می‌باشد.

کاربردهای سنجش از دور برای کشاورزی دقیق و پیشرفتهای اخیر در تکنولوژی‌های ابرطیفی تمایل فراوانی در کاربران به وجود آورده است تا از فناوری سنجش از دور به عنوان یک ابزار کلیدی در تعیین سطح زیر کشت، شناسایی و تفکیک محصولات کشاورزی بهره ببرند [۱].

به طور سنتی جهت شناسایی محصولات کشاورزی در تصاویر ماهواره‌ای پهن باند، از طبقه‌بندی کننده‌های آماری مانند طبقه‌بندی کننده‌ی بیشترین شباهت استفاده می‌کنند [۲]. طبقه‌بندی کننده‌های آماری مانند روش بیشترین شباهت از داده‌های آموزشی استفاده می‌کنند که از یک منبع معتبر مانند نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا و بازدید میدانی بدست می‌آیند. بنابراین کیفیت نتایج طبقه‌بندی به شدت تحت تاثیر کیفیت داده‌های آموزشی تصویر مربوطه و همچنین مهارت کاربری که داده‌های آموزشی را تعیین می‌کند، بستگی دارد [۳]. مشکلات استفاده از داده‌های آموزشی در طبقه‌بندی کننده‌های آماری زمانی بوجود می‌آید که برای یک منطقه وسیع باید از چند تصویر استفاده کرد و یا هنگامی که تصاویر، مربوط به سال‌های مختلف باشد. فرض اول معمولاً به راحتی صورت نمی‌گیرد و از اهداف سنجش از دوری خارج می‌شود. در فرض دوم هم سایز بزرگ فایل و محاسبات پردازش آن‌ها برای تبدیل به یک فایل، کاربردی نیست [۴]. بنابراین استفاده از کتابخانه‌ی طیفی به کمک الگوریتم‌های تناظریابی طیفی روش مناسبی برای شناسایی محصولات کشاورزی می‌باشد [۴ و ۵].

در سال ۲۰۱۳، عرفات و همکاران جهت تفکیک و شناسایی دو محصول زمستانه گندم و شبدر و دو محصول تابستانه برنج و ذرت اقدام به طیف‌سنگی میدانی نمودند. بعد از انجام پیش‌پردازش‌های لازم باندها را در شش زون اصلی آبی، سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز کوتاه ۱ و مادون قرمز کوتاه ۲ دسته‌بندی کردند سپس آنالیز تفکیک خطی (LDA^۱) جهت شناسایی باندهای بهینه ویژه در زون‌های طیفی برای هر یک از گونه‌ها انجام دادند [۶].

در سال ۲۰۱۴، اندیگوا و همکارانش شناسایی پنج محصول ذرت، موز، آووکادو، نیشکر و انبه را با استفاده از سیستم تصویربرداری ابرطیفی آیسا ایگل مورد ارزیابی قرار دادند. با استفاده از داده‌های برداری آموزشی مستقل که از طریق نقشه‌های میدانی با دقت بالا جمع آوری شده بودند شباهت و عدم شباهت طیفی ما بین داده‌ها و تصویر با استفاده از الگوریتم شباهت طیفی زاویه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. دقت کلی نتایج این تحقیق ۷۷٪ و ضریب کاپا ۰.۶۷ به دست آمد [۵].

در سال ۲۰۱۴، انجیه و همکارانش، جهت ارزیابی پتانسیل داده‌های ابرطیفی اقدام به طیف‌سنگی از ۸ رقم ذرت در سطح برگ نمودند. آن‌ها از طریق آنالیزهای آماری موفق شدند ۷۵٪ گونه‌های ذرت را از هم تفکیک کنند. آن‌ها نتیجه گرفتند که این امیدواری وجود دارد که بتوان از طریق سنجنده‌های ابرطیفی هوابرد بتوان به صورت اتوماتیک گونه‌های مختلف ذرت را شناسایی و تفکیک کرد [۱].

^۱ Linear Discrimination Analysis

در مطالعات قبلی بیشتر بر روی شناسایی و تفکیک‌پذیری محصولات در مرحله‌ی طیفسنجی پرداخته شده است و کمتر از کتابخانه‌ی طیفی آن جهت شناسایی در تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است. از طرف دیگر اینکه گیاه در چه دوره‌ای از طول رشد خود قابلیت شناسایی و تفکیک‌پذیری بیشتری خواهد داشت کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است. بنابراین در این تحقیق با تکیه بر کتابخانه‌ی طیفی محصول ذرت در چهار مقطع زمانی از رشد این گیاه، سعی در شناسایی بهترین زمان برای استفاده از کتابخانه‌ی طیفی در تصاویر لندهست ۸ نموده‌ایم.

در این تحقیق پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم بر روی اطلاعات طیفی حاصل از طیفسنجی میدانی که در چهار مقطع زمانی بدست آمده‌اند، اطلاعات طیفی جهت ارزیابی در تصاویر لندهست ۸ به باندهای این سنجنده بازسازی خواهند شد. پس از آن آنالیز شباهت طیفی CBD مابین طیف‌های کتابخانه‌ای باز نمونه‌برداری شده به باندهای این سنجنده و تصاویر روزتای خاکعلی، مورد بررسی قرار خواهد گرفت و معیار دقت کلی با استفاده از داده‌های مرجع جمع‌آوری شده محاسبه خواهد شد.

ساختار مقاله‌ی پیش رو در چهار بخش تدوین شده است. در بخش حاضر با مروری اجمالی بر موضوعات مرتبط، انگیزه‌های تحقیق بررسی شدند. در بخش دوم، اطلاعات منطقه‌ی مورد مطالعه و داده‌های جمع‌آوری شده و کلیه‌ی اطلاعات نظری مرتبط با طیفسنجی مطرح شده است. در بخش سوم روش انجام تحقیق، پیاده‌سازی و ارزیابی و در بخش چهارم نتیجه‌گیری و پیشنهادات بیان شده است.

۲- منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

اطلاعات طیفی محصول ذرت از طریق مشاهدات طیفسنجی میدانی در مزرعه‌ی تحقیقاتی وابسته به دانشگاه شهید بهشتی تهران، در ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی تهران، واقع در روزتای جلیل آباد شهرستان پیشوای تهیه شده است.

اطلاعات طیفی حاصل از مشاهدات میدانی، در امر شناسایی محصول ذرت از تصاویر ماهواره‌ای مورد بهره‌برداری قرار گرفت. به این منظور تصاویر لندهست ۸ مربوط به روزتای خاکعلی از توابع شهرستان قزوین در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی که در ارتفاع ۱۲۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد، استفاده شد. این منطقه به دلیل بالا بودن تعداد مزارع ذرت، مزارع سایر محصولات هم دوره و همچنین دسترسی آسان به عنوان مورد مطالعاتی برای شناسایی محصول ذرت در تصاویر لندهست ۸ در نظر گرفته شد.

۲-۲- اطلاعات طیفی

برای اندازه‌گیری طیف بازتابی پدیده‌های زمینی از طیفسنج استفاده می‌شود. در یک عملیات طیفسنجی میدانی، اندازه‌گیری‌ها به وسیله‌ی طیف سنج^۱، تفنگ فیبر نوری^۲، رایانه همراه^۳ و صفحه مرجع سفید^۴ صورت می‌گیرد. در این تحقیق از طیفسنجی میدانی 3 ASD FieldSpec® استفاده گردید که شکل (۱)، نمایی از این مجموعه را نشان می‌دهد.

¹ Spectroradiometer

² Pistol Grip

³ Notebook PC

⁴ White Reference Panel

محدوده‌ی طیفی این دستگاه از ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر است و در سه قسمت مجزا از دامنه طیف الکترومغناطیس به کار سنجش می‌پردازد. یک بخش در محدوده طیفی مرئی-مادون قرمز نزدیک و دو بخش دیگر در قسمت مادون قرمز موج کوتاه قرار می‌گیرد که میزان حساسیت دستگاه به رطوبت و دما در این سه محدوده باهم متفاوت است.

در اندازه‌گیری‌های خام که به وسیله دستگاه انجام می‌شود تنها تابش مربوط به ماده هدف ثبت نمی‌شود، بنابراین سنجش مستقلی از تابش منبع نور روی مرجعی با بازتاب مشخص لازم است تا بتوان انعکاس نمونه را حساب کرد. استفاده از صفحه استاندارد مرجع سفید که در شکل (۲) نشان داده شده است، با انعکاس تقریباً ۱۰۰ درصد این محاسبه را آسان می‌کند [۷].

طیف سنجی میدانی در این مزرعه بر روی محصول ذرت رقم ۷۰۴ در چهار مقطع زمانی مختلف مطابق با جدول (۱) صورت گرفت. بذر این محصول در تاریخ ۵ مرداد ۹۴ در این مزرعه کاشته شده است و پس از یک ماه از رشد آن عملیات طیفسنجی به فاصله منظم هر دو هفتگه یک بار در یک زمان مشخص (۱۰ الی ۱۱ صبح) انجام شده است.



شکل ۲ : صفحه‌ی مرجع سفید



شکل ۱ : طیفسنج و تفنگ فیبر نوری

جدول ۱: زمان اخذ داده‌های میدانی در چهار مقطع زمانی

تاریخ طیفسنجی	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم
۹۴ شهریور ۹	۹۴ شهریور ۲۳	۹۴ مهر ۶	۹۴ مهر ۲۰	۹۴ مهر ۱۳

۱-۲-۲- روش طیفسنجی

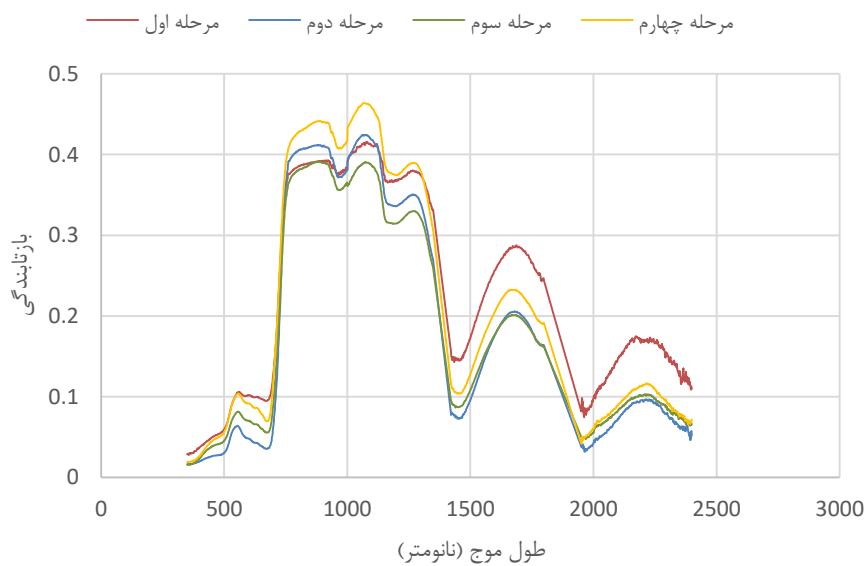
در مزرعه تحقیقاتی مورد نظر عملیات طیف سنجی مطابق شکل (۳) در چهار مقطع زمانی مختلف صورت گرفت. مساحت این مزرعه در حدود ۱.۳ هکتار می‌باشد. به منظور کاهش تاثیر عوامل مزاحم محیطی از قبیل دما، فشار، رطوبت و باد از ۸ مشاهده مختلف در ۸ نقطه مختلف صورت گرفت. از آنجایی که در تنظیمات خود دستگاه تعداد تکرار مشاهدات در ۳ بار تکرار تنظیم شده بود، عملاً در هر مرحله‌ی مشاهداتی از گیاه ذرت ۲۴ مشاهده اخذ شد. پس از انجام تعدادی مشاهده به دلیل وابستگی شدید میزان بازتابندگی ثبت شده به صحت کالیبراسیون دستگاه طیفسنج، مرحله‌ی قرائت از صفحه‌ی مرجع و بهینه‌سازی تکرار می‌شد [۸ و ۹].



شکل ۳ : عملیات طیفسنج با دستگاه ۳

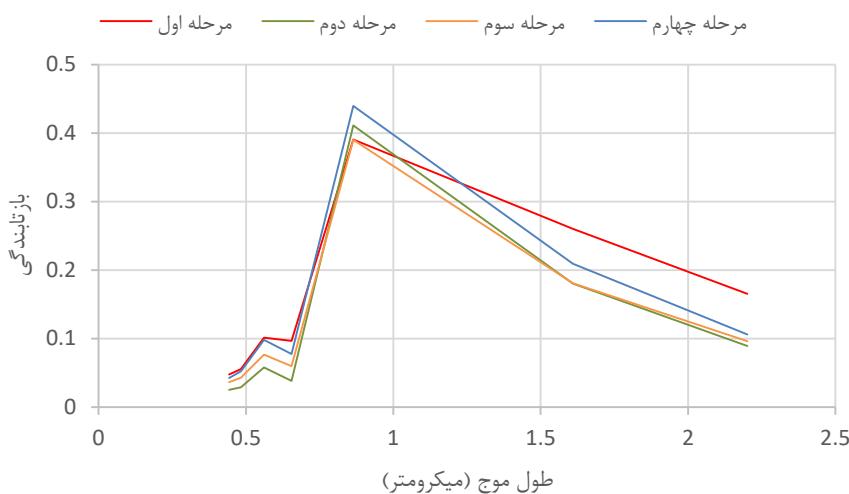
۲-۲-۲- پیش‌پردازش طیف‌ها

انرژی بازتاب شده توسط تارگت به وسیله سنجنده و فیبر نوری متصل به آن به خود دستگاه انتقال می‌یابد و از طریق اتصال رایانه قابل حمل به دستگاه، داده‌ها به رایانه منتقل می‌شوند. این داده‌ها توسط نرمافزار RS³ پردازش، مشاهده ثبت و ذخیره می‌شوند. مراحل کالیبراسیون، بهینه سازی و قرائت صفحه مرجع نیر توسط همین نرمافزار انجام می‌گیرد. بعد از تخلیه داده‌ها جهت انجام پردازش‌های لازمه از نرم افزار Matlab استفاده شد. پس از حذف باندهای نویزی از همه مشاهدات موجود در یک مقطع زمانی میانگین‌گیری به عمل آمد و در نهایت برای هر مقطع یک طیف خواهیم داشت. بخار آب در سه مقطع از محدوده طول موج مادون قرمز نزدیک نویز ایجاد می‌کند. در واقع می‌توان گفت بخار آب بزرگترین عامل ایجاد نویز در عملیات طیفسنجی می‌باشد. در این تحقیق با قرار دادن عامل انحراف معیار (بیشتر از ۰.۰۵) باندهای نویزی شناخته و حذف شدند [۱۰]. این سه محدوده شامل طول موج ۱۳۹۵ تا ۱۳۵۴ نانومتر، ۱۸۱۰ تا ۱۹۲۶ نانومتر و ۲۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر می‌باشد. شکل (۴) طیف‌های محصول ذرت را پس از حذف باندهای نویزی بخار آب نشان می‌دهد.



شکل ۴: طیف‌های مقاطع زمانی مختلف بعد از حذف باندهای نویزی بخار آب

در این مطالعه شناسایی محصول ذرت در تصاویر لندست ۸ با استفاده از طیف‌های کتابخانه‌ی طیفی است لذا طیف‌های کتابخانه بر اساس تابع پاسخ طیفی سنجنده‌ی OLI بازسازی شدند. در شکل (۵) طیف‌های اخذ شده از طیف‌سنجی میدانی به باندهای این سنجنده بازسازی شدند.



شکل ۵: طیف‌های بازسازی شده به لندست ۸ در مقاطع زمانی مختلف

۳-۲- تصاویر لندست ۸ و داده‌های مرجع زمینی

در این تحقیق عملیات طیف‌سنجی هر دو هفته یک بار و در یک زمان مشخص (۱۰ تا ۱۱ صبح در هر چهار مقطع زمانی) انجام شده است و به منظور همزمان سازی با عملیات طیف‌سنجی، تصاویر سنجنده OLI لندست ۸ انتخاب شده است. دوره‌ی برداشت این سنجنده (قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روزه) متناسب با تغییرات با فنولوژیکی محصولات کشاورزی است. از جمله مزایای این سنجنده در مطالعات کشاورزی می‌توان به تناسب قدرت تفکیک مکانی آن (۳۰ متر) در مقایسه با ابعاد رایج زمین‌های یکپارچه کشاورزی اشاره کرد. تصاویر لندست ۸ مدتی بعد از تصویربرداری به صورت رایگان قابل دانلود است. به عنوان پیش‌بردارش‌های لازم بر روی تصاویر، پس از تبدیل DN به رادیانس، از تصحیح اتمسفری FLAASH در نرم‌افزار Envi 5.3 بر روی تصاویر استفاده شد.

جهت جمع‌آوری داده‌های مرجع زمینی برای شناسایی و بررسی مزارع ذرت و غیر ذرت، در تابستان ۹۵ با حضور در روستای خاکعلی و با کمک کشاورزان و کارشناسان جهاد کشاورزی قزوین به کمک دستگاه GPS دستی موفق به شناسایی ۵۱ مزرعه کشاورزی شدیم که از میان آن‌ها ۲۸ مزرعه ذرت و ۲۳ مزرعه غیر ذرت بودند. مزارع غیر ذرت شامل محصولات چغندر، هندوانه، پیاز و سبزی زمینی می‌باشد. با پرس و جو از کارشناسان جهاد کشاورزی همگی این مزارع در تقویم زراعی سال ۹۴ کشت و برداشت شده‌اند و مطابق با زمان تصاویر سری زمانی لندست ۸ می‌باشند.

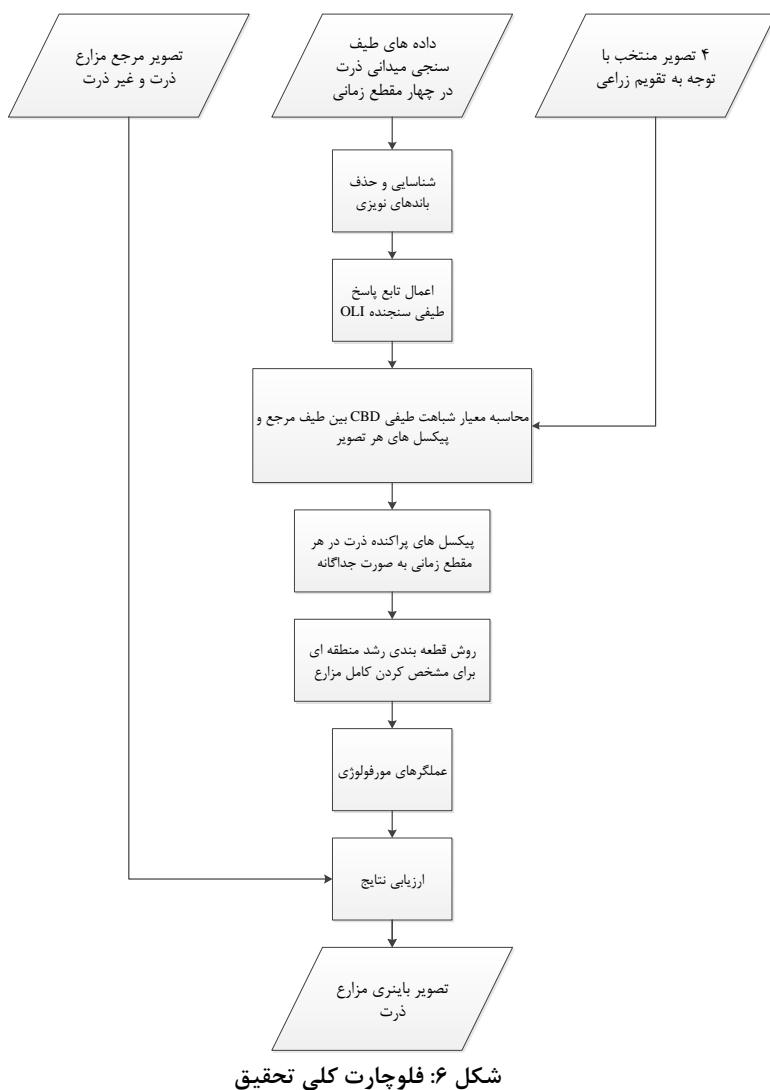
از آنجاییکه مزارع ذرت با توجه به ویژگی‌های منطقه‌ای در زمان‌های مختلفی کاشت و برداشت می‌شود، کاشت این گیاه در مرحله‌ی طیف‌سنجی در اوایل مرداد ۹۴ و در تصاویر منطقه‌ی مورد مطالعه، در اوایل تیر ۹۴ می‌باشد. بنابراین جهت مطابقت طیف‌های اخذ شده در مرحله‌ی طیف‌سنجی با تصاویر، از تصاویر مطابق با جدول (۲) استفاده شد.

جدول ۲: زمان تصاویر لندست ۸ مطابق با عملیات طیف‌سنجی در چهار مقطع زمانی

مرحله چهارم	مرحله سوم	مرحله دوم	مرحله اول	تاریخ تصاویر
۹۴ ۲۲ شهریور	۹۴ ۶ شهریور	۹۴ ۲۱ مرداد	۹۴ ۵ مرداد	

۳- روش انجام تحقیق، پیاده‌سازی و ارزیابی

در این تحقیق به ازای هر مرحله از رشد گیاه ذرت یک طیف مطابق با آن از لحاظ زمانی در تصاویر لندست ۸ داریم. اولین مرحله از طیفسنجی در تاریخ ۹ شهریور ۹۴، درست پس از یک ماه از کاشت گیاه ذرت در مزرعه‌ی تحقیقاتی صورت گرفت. کاشت ذرت در روستای خاکعلی در اوایل تیر شروع می‌شود، بنابراین مرحله‌ی اول طیفسنجی با تصویر ۵ مرداد ۹۴ واقع در روستای خاکعلی از لحاظ زمانی مطابق خواهد بود. با توجه به همزمان بودن مراحل طیفسنجی با تصاویر لندست ۸، به ترتیب مرحله‌ی دوم طیفسنجی در ۲۳ شهریور ۹۴ با تصویر در تاریخ ۲۱ مرداد، مرحله‌ی سوم طیفسنجی در ۶ مهر با تصویر ۶ شهریور و مرحله‌ی آخر طیفسنجی در ۲۰ مهر ۹۴ مطابق با تصویر ۲۲ شهریور ۹۴ مورد ارزیابی قرار گرفت. بنابراین برای شناسایی محصول ذرت در هر مرحله‌ی زمانی، طیف ذرت به عنوان طیف مرجع با تصویر هم زمان خود وارد الگوریتم شده و ارزیابی با تصویر مرجع صورت گرفت. فلوچارت کلی تحقیق در شکل (۶) نمایش داده شده است.



در این تحقیق به منظور ارزیابی نتایج، از دقت کلی طبق رابطه‌ی (۱) استفاده شد که پارامترهای آن در جدول (۳) آورده شده است. دقت کلی شامل چهار متغیر است که این متغیرها بر اساس صحت شناسایی مزارع ذرت در الگوریتم نسبت به تصویر مرجع، معرفی می‌شوند. متغیرهای (TP) و (FN) تعداد مزارع ذرتی هستند که الگوریتم به ترتیب ذرت

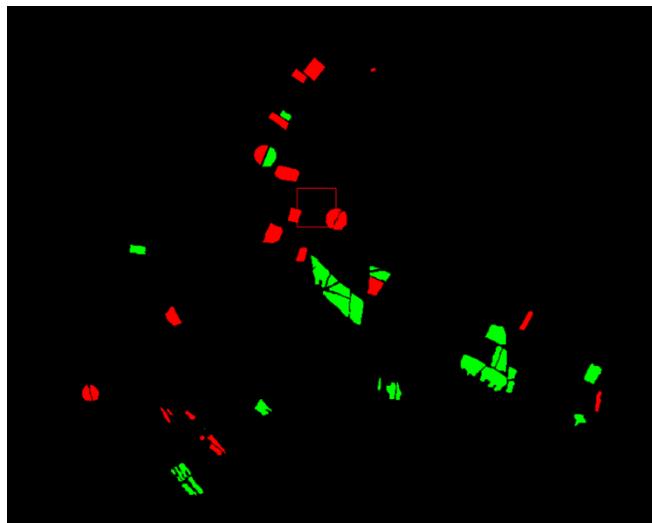
و غیر ذرت تشخیص داده است و همچنین متغیرهای (TN) و (FP) تعداد مزارع غیر ذرتی است که الگوریتم به ترتیب غیر ذرت و ذرت تشخیص داده است.

بنابراین برای محاسبه دقت کلی در صورت از مجموع دو متغیر (TP) و (TN) که عملکرد صحیح الگوریتم را نشان می‌دهند و در مخرج از مجموع تمام متغیرها، استفاده می‌شود. در شکل (۷) دو کلاس ذرت و غیر ذرت جهت ارزیابی به الگوریتم معرفی شدند.

جدول ۳: متغیرهای مورد استفاده در روند ارزیابی

Object Class	تصویر مرجع	خروجی الگوریتم
True Positive (TP)	ذرت	ذرت
True Negative (TN)	غیر ذرت	غیر ذرت
False Positive (FP)	غیر ذرت	ذرت
False Negative (FN)	ذرت	غیر ذرت

$$\text{دقت کلی} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad \text{رابطه (۱)}$$



شکل ۷: دو کلاس ذرت (سبز) و غیر ذرت (قرمز) به عنوان کلاس‌های مرجع جهت ارزیابی الگوریتم

۱-۱- آنالیز شباهت طیفی CBD

در این تحقیق از معیار شباهت طیفی ^۱CBD جهت شناسایی مزارع ذرت، با استفاده از کتابخانه طیفی بازسازی شده به لندست ۸ استفاده شده است. در این معیار s_i و s_m به ترتیب به عنوان طیف مرجع، طیف پیکسل آنم در تصویر و تعداد پیکسل‌های موجود تصویر در نظر گرفته شده‌اند.

$$CBD(s_i, s_m) = \sum_{i=1}^n |s_i - s_m| \quad \text{رابطه (۲)}$$

¹ City Block Distance

با توجه به تقویم زراعی طیف مربوط به زمان هر تصویر را به عنوان طیف مرجع وارد الگوریتم کرده سپس با تعیین یک حد آستانه پیکسل های خالص ذرت را به صورت پراکنده می باییم. در واقع برای هر طیف، زمان تصویر مربوط به آن را جهت شناسایی تعیین می کنیم.

۳-۲- استفاده از قطعه‌بندی رشد ناحیه‌ای

روش قطعه‌بندی رشد ناحیه‌ای ساده ترین روش قطعه‌بندی ناحیه مبنای است که گروهی از پیکسل‌ها یا یک زیر منطقه را به منطقه بزرگتر بر اساس قواعد از پیش تعریف شده متصل می‌گردد. تجمع پیکسل‌ها با یک مجموعه نقاط (دانه) شروع می‌شود و بر اساس ویژگی‌های مشابهی که پیکسل‌های همسایه دارد رشد می‌کند (از قبیل درجه خاکستری، بافت، رنگ، شکل) [۱۱ و ۱۲].

در مرحله‌ی قبل توانستیم با استفاده از معیار شباهت طیفی CBD، پیکسل‌های خالص را بیابیم. از آنجایی که آنالیز شباهت طیفی پیکسل‌هایی مشابه طیف مرجع را استخراج می‌کند، در گام نخست مزارع ذرت در تصویر به صورت پیکسلی نمایش داده می‌شوند. با اعمال حد آستانه سخت‌گیرانه در آنالیز شباهت طیفی سعی در شناسایی پیکسل‌هایی داریم که از قطعیت بالایی برخوردارند. در مرحله‌ی قبل با استفاده از این معیار، پیکسل‌های خالص ذرت شناسایی شدند.

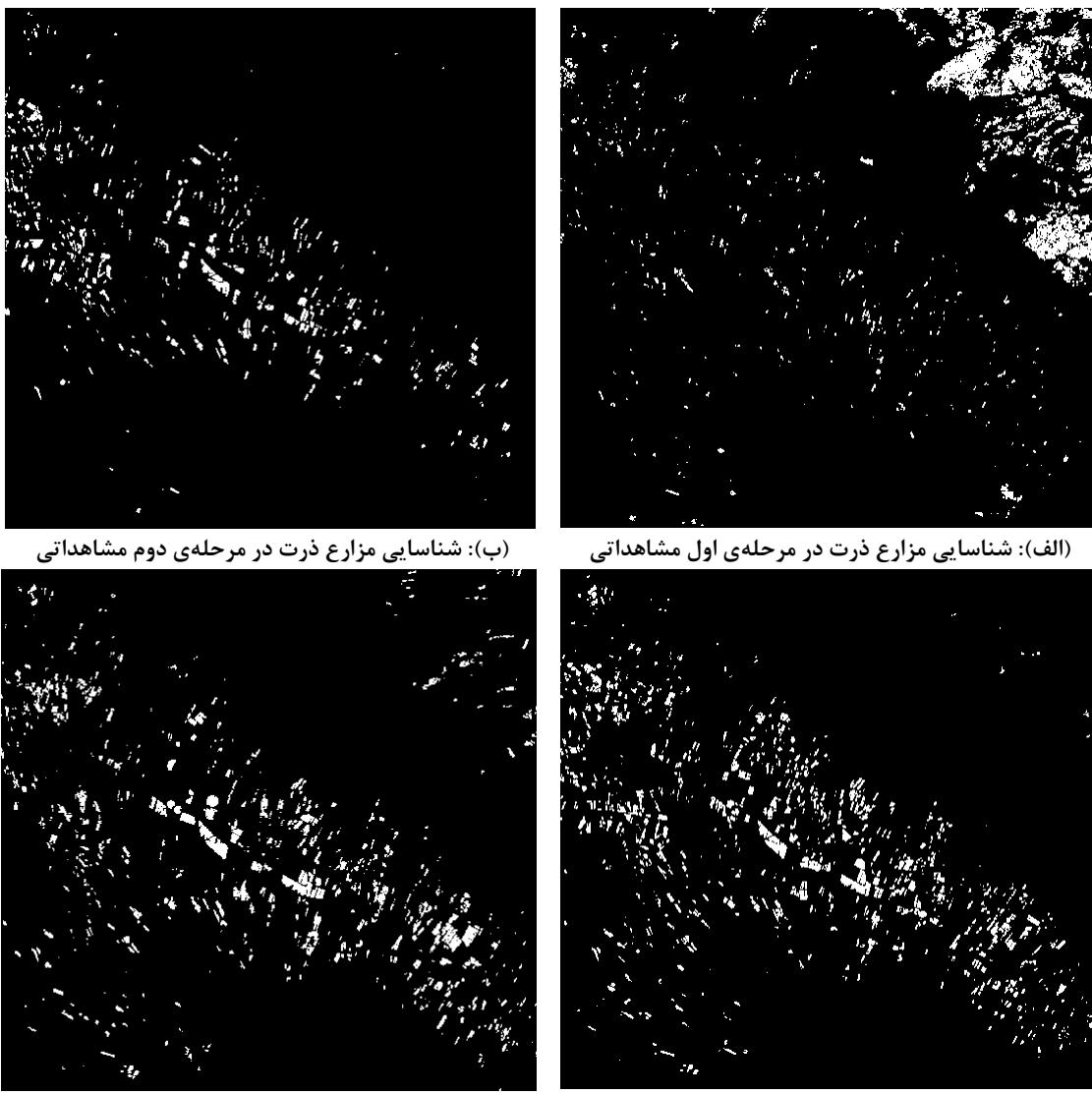
در این تحقیق از ویژگی درجه خاکستری هر پیکسل برای مشخص کردن پیشروی پیکسل تا مرز مزارع استفاده شده است. از آنجایی که تصاویر موجود در ۷ باند قرار دارند، به ازای هر باند یک تصویر باینری از مزارع ذرت و غیر ذرت را نشان خواهد داد. در پایان با رای‌گیری از ۷ باند هر تصویر، یک تصویر باینری از مزارع ذرت و غیر ذرت برای هر مرحله خواهیم داشت. جهت بهبود نتایج و حذف نقاط اضافی قبل از ارزیابی نتایج، یک مرحله از عملگر سایش و سپس از عملگر گشایش استفاده شد.

۳-۳- ارزیابی نتایج

همانطور که از جدول (۴) مشخص است، دقت نتایج شباهت طیفی CBD در مراحل مختلف بیانگر مناسب‌تر بودن مرحله‌ی دوم و سوم مشاهداتی در شناسایی مزارع ذرت است. در مرحله‌ی اول که کمترین دقت را در شناسایی مزارع ذرت داشتیم هنوز گیاه به رشد کامل نرسیده بود و طیف اخذ شده در این مرحله نتوانست در تصویر همزمان خود، موفق به شناسایی ذرت شود. هرچند که در مرحله‌ی چهارم دقت شناسایی مزارع ذرت از مرحله‌ی اول بیشتر است ولی در این مرحله که هنگام برداشت محصول است، نتیجه مطلوبی حاصل نشد. مرحله‌ی دوم و سوم که گیاه در اوج رشد خود قرار است بهترین نتیجه حاصل شد. بنابراین میتوان نتیجه گرفت محصول ذرت در مرحله‌ی سوم مشاهداتی و بیشینه‌ی میزان سبزینگی بیشترین قابلیت را در شناسایی و تفکیک محصول ذرت از سایر محصولات دارد. نتایج شناسایی محصول ذرت در چهار مرحله‌ی مشاهداتی به صورت تصویر باینری در شکل (۸) نمایش داده شده است

جدول ۴: نتایج حاصل از معیار شباهت طیفی CBD

مرحله اول مشاهداتی	مرحله دوم مشاهداتی	مرحله سوم مشاهداتی	مرحله چهارم مشاهداتی
۴۳.۶۶	۶۴.۷۸	۷۱.۸۳	۵۴.۹۲



(ج): شناسایی مزارع ذرت در مرحله‌ی سوم مشاهداتی
 (د): شناسایی مزارع ذرت در مرحله‌ی چهارم مشاهداتی
 (الف): شناسایی مزارع ذرت در مرحله‌ی اول مشاهداتی
 (ب): شناسایی مزارع ذرت در مرحله‌ی دوم مشاهداتی
 شکل ۸: شناسایی ذرت در مراحل مشاهداتی مختلف

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

کاربردهای سنجش از دور برای کشاورزی دقیق و پیشرفتهای اخیر در تکنولوژی‌های ابرطیفی تمایل فراوانی در کاربران به وجود آورده است تا از فناوری سنجش از دور به عنوان یک ابزار کلیدی در تعیین سطح زیر کشت، شناسایی و تفکیک محصولات کشاورزی بهره ببرند. در سال‌های اخیر کشاورزی دقیق برای شناسایی انواع مختلف محصولات کشاورزی به منظور ارزیابی شرایط محصول و اقدام به موقع در جهت مدیریت محصولات کشاورزی، نیاز به روش‌هایی دارد که از لحاظ وقت و هزینه موثرتر باشد.

در این تحقیق با استفاده از طیف سنجی میدانی از گیاه ذرت در چهار مقطع از رشد گیاه موفق به دستیابی به کتابخانه‌ی طیفی ذرت در مراحل مختلف رشد آن شدیم. آنالیزهای شباهت طیفی مابین طیف‌های کتابخانه‌ای و تصاویر لندست ۸ صورت گرفت. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد در اوایل رشد این گیاه (مرحله‌ی اول مشاهداتی) و هنگام برداشت این محصول (مرحله‌ی چهارم مشاهداتی) دقت لازمه حاصل نشده است و طیف این گیاه مشابه محصولات دیگر می‌باشد. بهترین زمان برای شناسایی و تفکیک ذرت مرحله‌ی سوم مشاهداتی می‌باشد، جایی که ۱۰ هفته از رشد گیاه طی شده باشد.

پیشرفت‌های اخیر در فناوری سنجش از دور و استفاده از کتابخانه‌ی طیفی به کمک الگوریتم‌های تناظریابی طیفی رشد چشمگیری در ارائه‌ی روش‌های اتوماتیک سازی شناسایی گیاهان در تحقیقات کشاورزی بوجود آورده است. امکان تفکیک محصول ذرت و تهیه نقشه سطح زیر کشت بدون بهره‌گیری از داده‌های آموزشی از طریق آنالیز طیفی در تصاویر لندست ۸، از جمله دستاوردهای این تحقیق بود.

به عنوان پیشنهاد می‌توان در تحقیقات آتی از دیگر معیارهای شباهت طیفی استفاده نمود. همچنین به نظر می‌رسد استفاده از آنالیز سری زمانی می‌تواند دقت شناسایی مزارع ذرت در تصاویر لندست ۸ افزایش دهد.

مراجع

- [1] Ngie, A., et al. Discrimination of Maize Cultivars Using Hyperspectral Remote Sensing. In Proceedings of The 10th International Conference of AARSE. 2014.
- [2] Philipp, I. and T. Rath, Improving plant discrimination in image processing by use of different colour space transformations. Computers and electronics in agriculture, 2002. 35(1): p. 1-15.
- [3] Mende, A., et al. Development of a New Spectral Library Classifier For Airborne Hyperspectral Images On Heterogeneous Environments. in Proceedings of the EARSeL 7th SIG-Imaging Spectroscopy Workshop. 2011.
- [4] Rao, N.R., P. Garg, and S. Ghosh, Development of An Agricultural Crops Spectral Library and Classification of Crops at Cultivar Level Using Hyperspectral Data. Precision Agriculture, 2007. 8(4-5): p. 173-185.
- [5] Ndegwa, C., P. Pellikka, and M. Boitt, Using Hyperspectral Data to Identify Crops in a Cultivated Agricultural Landscape-A Case Study of Taita Hills, Kenya. Journal of Earth Science & Climatic Change, 2014. 2014.
- [6] Arafat, S.M., M.A. Aboelghar, and E.F. Ahmed, Crop Discrimination Using field Hyperspectral Remotely Sensed Data. 2013.
- [7] Inc, A., FieldSpec® 3 User Manual. ASD Document 600540 Rev, 2010.
- [8] Milton, E. and E. Rollin, Estimating The Irradiance Spectrum From Measurements In a Limited Number of Spectral Bands. Remote Sensing of Environment, 2006. 100(3): p. 348-355.
- [9] Pfitzner, K., A. Bollhöfer, and G. Carr, A Standard Design For Collecting Vegetation Reference Spectra: Implementation And Implications For Data Sharing. Journal of spatial science, 2006. 51(2): p. 79-92.
- [10] Yoder, B.J. and R.E. Pettigrew-Crosby, Predicting Nitrogen And Chlorophyll Content And Concentrations From Reflectance Spectra (400–2500 nm) at Leaf And Canopy Scales. Remote Sensing of Environment, 1995. 53(3): p. 199-211.
- [11] Kamdi, S. and R. Krishna, Image Segmentation And Region Growing Algorithm. International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering (IJCTEE) Volume, 2012. 2.
- [12] Polak, M., H. Zhang, and M. Pi, An Evaluation Metric For Image Segmentation of Multiple Objects. Image and Vision Computing, 2009. 27(8): p. 1223-1227.