

الگوریتم خبره برای تفکیک اراضی گندم دیم و آبی از سایر محصولات بدون استفاده از باند مادون قرمز انعکاسی

دکتر علی اکبر متکان

استادیار گروه جغرافیا دانشگاه شهید بهشتی

داود عاشورلو

عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

علی غلامپور

کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی

چکیده:

در تحقیق حاضر به بررسی استخراج اراضی زیر کشت گندم و تفکیک نوع آبی و دیم آن در شهرستان همدان به عنوان یکی از قطبهای مهم تولید گندم ایران پرداخته شده است. داده‌های مورد استفاده این تحقیق شامل تصاویر دو زمانه ماهواره Spot5 می‌باشد که با استفاده از تقویم زراعی محصولات مختلف کشاورزی، در سال ۲۰۰۵ انتخاب شده اند.

ضمنا داده‌های زمینی بر مبنای اطلاعات جامع از وضعیت اراضی زیر کشت گندم در سه مرحله در ناحیه همدان برداشت شد.

تحقیق حاضر الگوریتمی بر اساس مطالعه بر روی باندها در دو زمان متفاوت ارائه نموده که در آن برای صرف زمان کمتر از هیچگونه طبقه بندی و مولفه‌ها استفاده نشده است تا مستقیماً پدیده مورد مطالعه به صورت نیمه اتوماتیک تفکیک و دقت آن در تفکیک گندم بررسی شود. بر خلاف شاخصهای رایج پوشش گیاهی که در آنها از باندهای جذبی و انعکاسی در یک زمان استفاده می‌شود، این الگوریتم از اختلاف بازتاب باندهای نظیر در دو زمان برای تفکیک گندم از سایر پدیده‌ها استفاده کرده است. فرق عمده و اساسی این تحقیق با منابع تحقیقی دیگر، در عدم استفاده از باند مادون قرمز انعکاسی بوده که گندم از سایر پدیده‌ها و گندم دیم و آبی با دقت بالایی تفکیک شده است.

واژگان کلیدی: تفکیک گندم، تقویم زراعی، SPOT، تصاویر چند زمانه، الگوریتم خبره

۱. مقدمه

آمار و اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به عنوان ابزار پایه در تدوین و تنظیم سیاستهای صادرات- واردات، قیمت گذاری فرآورده‌های کشاورزی، برنامه‌ریزی‌های توسعه کشاورزی و سایر مسایل مربوط به این بخش محسوب می‌شود. اخیراً در تولید آمار سطح زیر کشت محصولات کشاورزی توجه ویژه‌ای به فناوری سنجش از دور شده است. زیرا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و مدل‌های پیشرفته سنجش از دور، این امر مهم با صرف زمان و هزینه کمتری نسبت به روشهای سنتی معمول قابل انجام است.

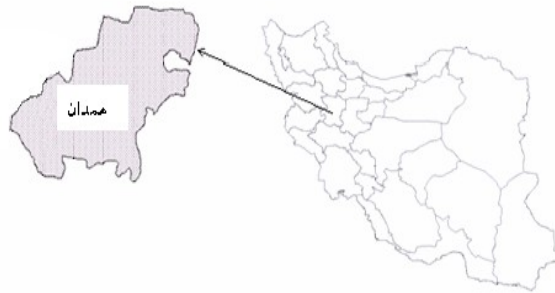
تکنیکهای سنجش از دور بدلیل تناوب در اخذ تصاویر یک ناحیه، ناحیه تحت پوشش تصاویر، تصویربرداری در طول موجهای مختلف در یک زمان و در نهایت امکان پردازش و تفسیر سریع این اطلاعات، بطور گسترده در تحلیل‌های مختلف مربوط به گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. طی چهار دهه گذشته مطالعات زیادی در زمینه تفکیک و تشخیص گیاهان تیره غلات با استفاده از تصاویر چند زمانه صورت گرفته است. T. L. Barnett و D. R. Thompson (۱۹۷۸) در ایالات تگزاس با استفاده از مدل Lacie از رابطه خطی بین بازتاب طیفی محصولات کشاورزی در طول فصل رشد، بازدهی گندم را با داده‌های

MSS برآورد نمودند. با ترکیب این رابطه با اطلاعات هواشناسی - کشاورزی دقیق نتایج قابل قبولی حاصل می گردد. با توجه به فقدان اطلاعات مورد نیاز امکان بکارگیری این روش در ایران میسر نمی باشد. در سال ۱۹۸۵، R. D. Jackson و D. A. Pusic به مطالعه بازتاب طیفی گندم در طول دوره رشد پرداختند و تمام شرایط از قبیل آبیاری، شرایط رشد، شاخص بندی و رطوبت خاک را مورد نظر قرار دادند و به شاخص گندم با استفاده از دستگاه رادیومتر رسیدند، ولی استفاده‌ای از آن در تصاویر ماهواره‌ای نشد. Labus و همکاران در سال ۲۰۰۳ به بررسی پروفیل رشد گندم با استفاده از NDVI داده‌های AVHRR در مقیاس ناحیه‌ای و ناحیه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که همبستگی قوی بین تولید گندم و NDVI وجود دارد. داده‌های راداری با استفاده از روشهای پیشرفته Object (الگوریتم polarimetric) توسط Doirkh , Hoekman در سال ۲۰۰۳ در کانادا بکار گرفته شده است که با دقت بالایی محصولات مختلف کشاورزی از جمله گندم را تفکیک نموده است. کارائی روشهای طبقه بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از تصویر چند زمانه مورد بررسی قرار گرفت و اراضی زیر کشت گندم با دقت بیشتری با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی استخراج شدند (Murthy و همکاران و ۲۰۰۳). بر این اساس هدف مطالعه حاضر در مرحله اول ارائه شاخص برای استخراج اراضی زیر کشت گندم در تصاویر دو زمانه و سپس تفکیک اراضی دیم و آبی می باشد.

۲. ناحیه مورد مطالعه

ناحیه مورد مطالعه در تحقیق حاضر شهرستان همدان می باشد که یکی از قطبهای مهم تولید گندم در ایران است. در شکل ۱ موقعیت ناحیه مورد مطالعه نشان داده شده است. این ناحیه از مهمترین قطبهای تولید گندم ایران می باشد. ارتفاع متوسط ناحیه مورد مطالعه ۱۸۰۰ متر و مقدار بارندگی ۳۵۰ میلی متر و دارای اقلیم سرد و خشک از لحاظ طبقه بندی دوماستن می باشد (بهلول علیجانی-۱۳۸۱). کشت گندم در این شهرستان عمدتاً پائیزه و در بعضی نقاط بهاره و بصورت دیم می باشد. علاوه بر گندم که محصول عمده ناحیه مورد مطالعه است، جو، یونجه، سیب زمینی و سایر محصولات کشاورزی

این ناحیه می‌باشند. مقیاس پایه موردنظر برای انجام مطالعات نیز ۱:۵۰۰۰۰ انتخاب گردید.



شکل ۱- موقعیت ناحیه مورد مطالعه جهت تفکیک گندم

۳. موارد و روشها

۳-۱. داده‌های زمینی

جهت تفکیک دقیق نواحی کشت گندم از سایر محصولات زراعی و تشخیص بازتابهای مختلف پوشش گیاهی و محصولات کاشته شده، برداشت نقاط زمینی و ارزیابی نهایی سطح تحت کشت گندم با واقعیت زمینی، نمونه‌برداری در سه مرحله انجام شد. در مرحله نمونه‌برداری تعداد ۲۶۸ نمونه از مزارع ناحیه مورد مطالعه جمع‌آوری شد که در جدول ۳ زمان نمونه‌برداری با توجه به تقویم زراعی گندم نمایش داده شده است. اطلاعات برداشت شده از این نمونه‌ها شامل دقت GPS، نام محل، محصولات همسایه، نوع گونه و نوع کشت آبی یا دیم می‌باشد.

جدول ۳- تعداد نقاط نمونه‌برداری شده در سه مرحله

مرحله و هدف نمونه‌برداری	تعداد نقاط	زمان نمونه‌برداری	مرحله رویشی گندم
شاهد (شناسائی اراضی کشاورزی و نقاط آموزشی)	۱۴	۵-۲۰ خرداد	اوج سبزیگی
تفسیری (نقاط آموزشی)	۳۶	۲۰-۳۰ تیر	زمان برداشت گندم
ارزیابی (ارزیابی دقت)	۲۱۸	۱۰-۲۰ شهریور	پس از برداشت گندم

۳-۱. داده‌های ماهواره‌ای

تصاویر مورد استفاده شامل هفت فریم در زمان اول و هفت فریم در زمان دوم بوده که ناحیه مورد مطالعه با شماره‌های ۲۸۰-۱۴۴، ۲۸۰-۱۴۵، ۲۸۱-۱۴۵، ۲۷۹-۱۴۵، ۲۷۹-۱۴۶، ۲۸۱-۱۴۶ و ۲۸۱-۱۴۶ پوشش داده شد. قدرت تفکیک زمینی تصاویر ۱۰×۱۰ متر و دارای چهار باند طیفی سبز و قرمز و مادون قرمز انعکاسی و میانی می‌باشند. بر اساس تقویم زراعی، تصویر در دو زمان تهیه شد. البته در این تحقیق از باند مادون قرمز میانی استفاده نشده است. قابل ذکر می‌باشد که بر روی این تصاویر تصحیحات اتمسفری و هندسی انجام شده بود. در جدول ۱ مشخصات باندهای 5 spot در ناحیه مری طیف الکترومغناطیسی نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات باندهای ماهواره spot

باند	محدوده طول موج	قدرت تفکیک	محدوده طیفی
۱	0.49-0.60 μm	۱۰ متر	مرئی
۲	0.60-0.68 μm	۱۰ متر	مرئی
۳	0.78-0.89 μm	۱۰ متر	مادون قرمز نزدیک
۴	1.58-1.75 μm	۲۰ متر	مادون قرمز میانی

۳-۲-۱. انتخاب زمان تصویربرداری

برای تعیین دامنه زمانی مناسب برای تهیه تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا به جمع‌آوری تقویم زراعی محصولات مختلف از سازمان جهاد کشاورزی استان همدان اقدام شد. سپس بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، زمان کاشت، اوج سبزی‌نگی، برداشت و شخم محصولات مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که برای تفکیک گندم دو سری تصویر ماهواره SPOT، سری اول اوج سبزی‌نگی مزارع گندم و سری دوم، زمان رسیدن مزارع گندم، مورد نیاز است. در جدول ۲ مقایسه بازتاب اراضی کشاورزی مختلف ناحیه برای تعیین زمان مناسب تهیه تصویر در هر دو مرحله تصویربرداری نمایش داده شده است. به همین منظور با داشتن این اطلاعات اقدام به سفارش تصاویر SPOT شد که تصاویر سری اول مربوط به اوائل خرداد و تصویر سری دوم اواخر تیر ماه می‌باشد.

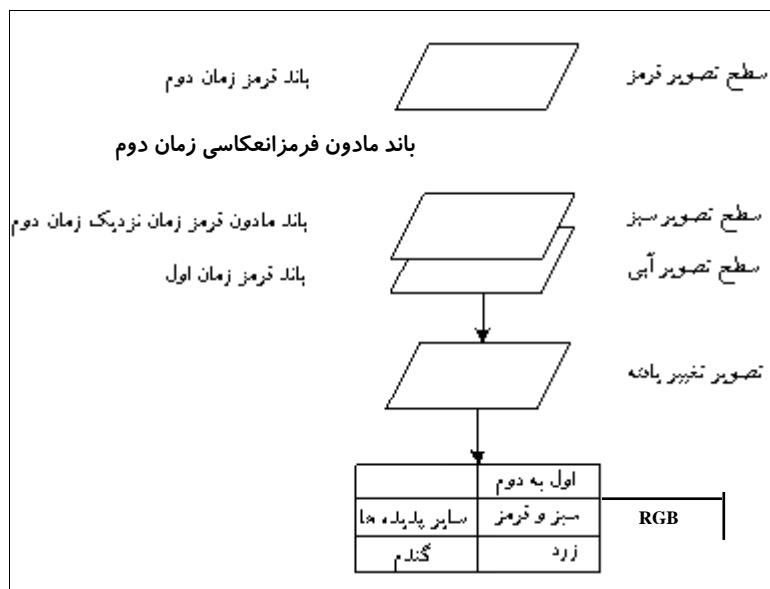
جدول ۲- مقایسه بازتاب غالب، محصولات مختلف کشاورزی با محصول گندم در زمان تصویربرداری سری اول و دوم ماهواره spot در شهرستان همدان.

بازتاب غالب در تصویر زمان دوم (۱۳ تا ۲۴ تیر ماه)	بازتاب غالب در تصویر زمان اول (۷ تا ۱۴ خرداد ماه)	نوع محصول
زرد	سبز	گندم
تیره	زرد	جو
سبز	تیره	صیفی جات
سبز یا تیره	تیره	حبوبات
سبز	سبز	گیاهان صنعتی
سبز	تیره	گیاهان علوفه‌ای یکساله
تیره	سبز	گیاهان علوفه‌ای چند ساله

۳-۲-۲. نمایش RGB CHANGE DETECTION به منظور بارزسازی

گندم از سایر محصولات

با استفاده از نمونه‌های برداشت شده از مناطق زیر کشت گندم، درمیزان بازتاب داده‌های زمان دوم نسبت به زمان اول یک افزایش ملاحظه می‌شود (جدول ۴). مقدار این افزایش بازتاب در باند قرمز بسیار زیاد است. همچنین به دلیل بالا بودن تراکم پوشش گیاهی و جذب بالا توسط کلروفیل در این ناحیه از طول موج بازتاب کم است (Schmidt, H. and A. Karnieli. 2000). در زمان دوم با خشک شدن گندم بازتاب افزایش می‌یابد و مقدار بازتاب قرمز آن با مادون قرمز نزدیک تقریباً برابر است. با توجه به اینکه میانگین بازتاب قرمز (t_2)، مادون قرمز نزدیک (t_2) و قرمز (t_1) به ترتیب برابر با ۱۵۰، ۱۵۲ و ۶۵ است (جدول ۴). در سیستم نمایش RGB اغلب به رنگ نارنجی تا زرد دیده می‌شود (شکل ۲ و ۳). تحلیل بازتاب مناطق کشت گندم دیم با استفاده از نمونه‌های برداشت شده از این مناطق نشان داد در زمان دوم نسبت به زمان اول یک افزایش در بازتاب (همانند گندم آبی) در تمام باندها وجود دارد.



شکل ۲- کشف تغییرات به روش نمایش رنگی تصویر (منبع: غیاثوند، ۱۳۷۰)

جدول ۴- میانگین بازتاب اراضی کشاورزی ناحیه

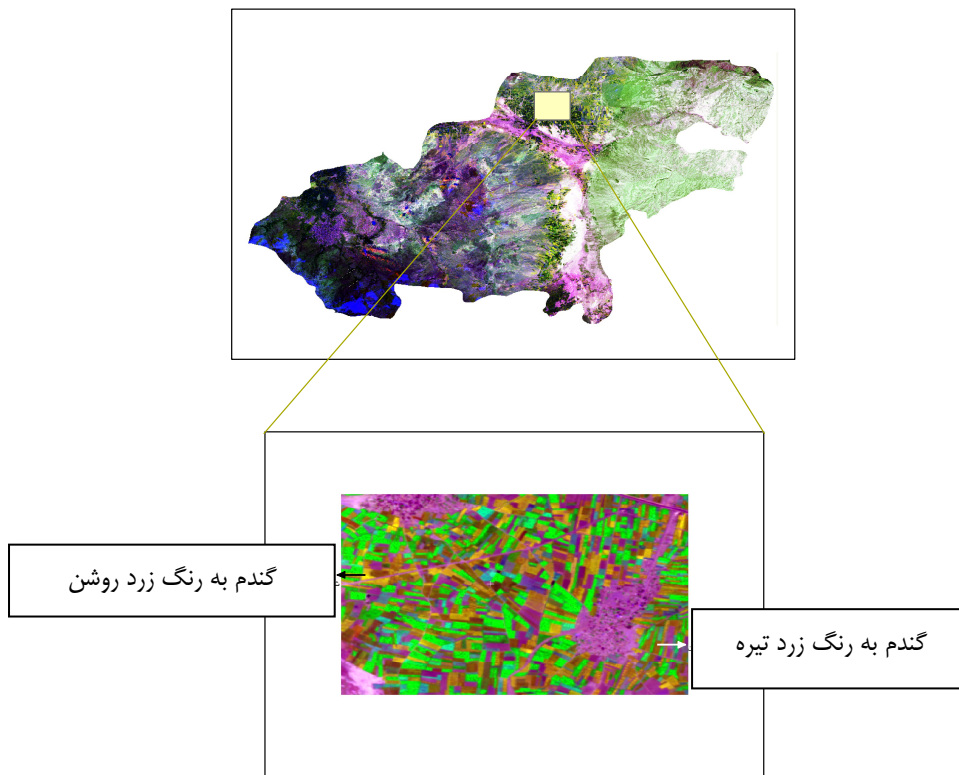
محصولات صنعتی	اراضی همیشه سبز	اراضی بایر	شخم	گندم دیوم	گندم آبی	باند
67	53	102	142	144	150	قرمز (t2)
183	218	99	121	135	153	مادون قرمز نزدیک (t2)
91	85	119	143	139	152	سبز (t2)
151	79	101	154	114	65	قرمز (t1)
116	128	80	105	128	146	مادون قرمز نزدیک (t1)
115	78	94	117	96	69	سبز (t1)

از مزایای مهم این روش نمایش این است که مزارع گندم به رنگ زرد، پوشش گیاهی همیشه سبز به رنگ سبز و زمینهای بایر به رنگ تیره دیده می‌شوند و کار را برای تشخیص و تفسیر بصری بسیار آسان نموده است که در جدول ۵ وضعیت رویشی محصولات مختلف کشاورزی در زمان اول و دوم تصویربرداری و مقایسه این اراضی کشاورزی با گندم در نمایش RGB Change Detection نشان داده شده است.

جدول ۵- مقایسه بازتاب محصولات کشاورزی مختلف با گندم در نمایش

RGB Change Detection

نمایش رنگی در RGB change detection	وضعیت رویشی در تصویر زمان دوم	وضعیت رویشی در تصویر زمان اول	نوع محصول
زردو نارنجی	برداشت شده	اوج سبزیگی	گندم
نیلی	اوج سبزیگی	اوایل دوره رویش وبازتاب خاک غالب است	صیفی جات
تیره	برداشت شده	اوج سبزیگی ولی بازتاب خاک غالب است	حبوبات
نیلی	اوج سبزیگی	اوایل دوره رویش ولی بازتاب خاک غالب است	گیاهان صنعتی
نیلی	اوج سبزیگی	اوایل دوره رویش و بازتاب خاک غالب است	گیاهان علوفه‌ای یکساله
سبز	اوج سبزیگی	اوج سبزیگی	گیاهان علوفه‌ای چند ساله
سبز	اوج سبزیگی	اوج سبزیگی	درختان و درختچه‌ها



شکل ۳- نمایش RGB Change Detection گندم و سایر پدیده‌ها

۳-۲-۳. عدم کارایی باندهای مادون قرمز انعکاسی و مناسب بودن باندهای

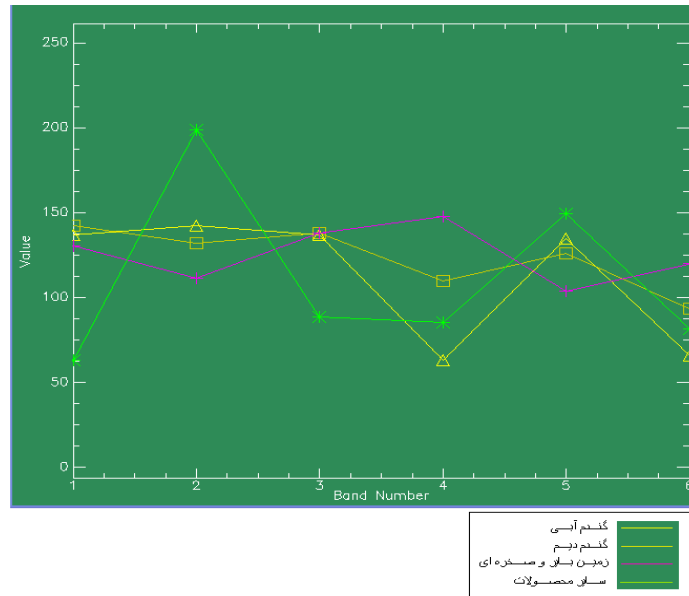
سبز و قرمز

قبل از انتخاب باند مناسب مهمترین کار انتخاب نمونه‌های دقیق آماری از ناحیه و کلاسهای متفاوت بوده تا تغییرات بازتاب را در باندهای نظیر به دقت بررسی شود. همانطور که در جدول ۹ تا ۹ نمایان است، انحراف از میانگین پیکسلهای یک کلاس در هر باند پایین بوده و نشان دهنده ویژگیهای یکسان این پیکسلها از نظر بازتاب در سطح نمونه برداری شده می‌باشد. زیرا میانگین ارزش عددی پیکسلهای یک کلاس در باند مربوطه از تک تک پیکسلهای همان کلاس فاصله چندانی نداشته و همین امر باعث ایجاد دقت مطلوب در نتیجه این الگوریتم شده است.

باند‌های نظیری که در دو زمان در پدیده گندم بیشترین تغییرات از نظر بازتاب داشتند، انتخاب شدند. همانطور که در جداول ۶ و ۷ با بررسی باندها در دو زمان نتیجه گیری شد، زوج باند قرمز زمان اول و دوم و زوج باند سبز زمان اول و دوم دارای بیشترین تغییر در دو زمان در پدیده گندم بوده و دو باند مادون قرمز انعکاسی نزدیک زمان اول و دوم دارای تغییرات چشمگیری نمی‌باشند و سایر پدیده‌ها فاقد این خصوصیت در باندهای قرمز و سبز در دو زمان هستند. یعنی خصوصیت منحصر به فردی در باندهای مذکور در دو زمان برای گندم وجود دارد. البته روند تغییرات بازتاب در زمینهای شخم خورده و بایر در باند مادون قرمز انعکاسی نسبت به گندم یکسان بوده و یکی از علتهای عدم استفاده از این باند نیز می‌باشد. گندم در زمان اول تصویربرداری به علت بالا بودن کلروفیل در آن دارای بازتاب بالایی در باند مادون قرمز انعکاسی می‌باشد. در زمان دوم تصویربرداری نیز بازتاب این پدیده در باند مادون قرمز انعکاسی بالاست. علت این امر صیقلی و شفاف بودن کلش گندم در زمان دوم تصویربرداری می‌باشد. با وجود بازتاب بالای پدیده گندم در باند مادون قرمز نزدیک در زمان اول (به دلیل سبزیگی بالا)، بازتابی پایین تر و یا برابر با بازتاب آن در این باند در زمان دوم دارد. طبق نمودار ۱- با وجود اینکه تغییرات بازتاب گندم با تراکم کمتر (دیم) در این دو باند از تغییرات بازتاب گندم با تراکم زیادتر (آبی) کمتر است، روند تغییراتشان شبیه به هم می‌باشد. بنابراین این اختلاف قابل ذکر نخواهد بود و اختلاف پایین نشان دهنده نزدیکی دو باند مادون قرمز انعکاسی در زمان اول و دوم بوده و نمی‌توان از آنها در تفکیک گندم از سایر پدیده‌ها استفاده کرد. نمودار ۱- گویای این توضیحات می‌باشد. علت تغییرات در میزان بازتاب باندهای قرمز و سبز در پدیده گندم به این ترتیب است که، سبزیگی گندم در زمان اول زیاد بوده و جذب آن در باند قرمز بالاست. کاهش شدید کلروفیل در زمان دوم باعث افزایش بازتاب در این باند می‌گردد. صیقلی بودن کلش و افزایش بازتاب غیر انتخابی در کلیه باندها باعث تشدید بازتاب باند قرمز در زمان دوم می‌شود. بنابر این دلایل بازتاب گندم در باند قرمز زمان دوم، بسیار بالاتر از بازتاب آن در باند قرمز زمان اول می‌باشد. همچنین به دلیل صیقلی بودن کلش در زمان دوم تصویر برداری، بازتاب گندم در باند سبز تشدید می‌شود. با وجود اینکه بازتاب گندم در زمان اول به علت سبزیگی بالای گیاه در باند سبز بالاست بازتاب این پدیده در باند ذکر شده در زمان دوم بیشتر است.

همانطور که در نمودار ۱- مشاهده می‌شود اختلاف بازتاب دو باند قرمز و سبز در دو زمان معین شده، در پدیده گندم با تراکم محصول کمتر، پایین تر است. به عبارتی در تمامی نمونه‌های برداشت شده از گندم آبی و دییم، میزان بازتاب پدیده گندم در باند قرمز زمان دوم بیشتر از باند قرمز زمان اول و در باند سبز زمان دوم بیشتر از باند سبز زمان اول می‌باشد و بازتاب آن در باندهای مادون قرمز انعکاسی زمان اول و دوم، تقریباً برابر است. البته بازتاب گندم در باند مادون قرمز انعکاسی زمان دوم، اندکی بیشتر از باند مادون قرمز انعکاسی زمان اول می‌باشد که چشمگیر نبوده و قابل چشم پوشی است.

محصولاتی که در زمان دوم نیز سبز هستند، دارای تغییرات بازتاب پایینی در باند قرمز در دو زمان می‌باشند. علت این امر افزایش کلروفیل در این محصولات در زمان دوم تصویربرداری و کاهش بازتاب است. البته در زمان اول نیز به علت وجود سبزی‌نگی، جذب در باند ذکر شده بالاست. بنابراین همین باندهایی که در گندم تغییرات بازتاب زیادی را نشان می‌دهند، در سایر محصولات فاقد اختلاف چشمگیر هستند. همچنین مشاهده شده است که اختلاف شدیدی در بازتاب این محصولات در باند سبز در دو زمان وجود ندارد. علت، سبز بودن این گیاهان در دو زمان می‌باشد. طبق جدول ۹ و نمودار ۱- اختلاف چندانی در ارزش عددی در این دو باند در دو زمان، در این محصولات سبز وجود نداشته و در مواردی با هم برابر می‌باشند.



نمودار ۱- نمودار بازتاب محصولات مختلف در شش باند مورد مطالعه در دو زمان

جدول ۶- مقایسه ارزشهای عددی محصول گندم آبی در باندهای Spot در دو زمان در ۱۵۲۲ پیکسل

انحراف از میانگین	اختلاف میانگین باندهای نظیر در دو زمان	میانگین ارزش	حداکثر ارزش	حداقل ارزش	باندهای مورد مقایسه
۶	۷۳	۱۳۶	۱۹۳	۵۲	Red زمان دوم
۸		۶۳	۱۳۷	۵۱	Red زمان اول
۷	۸	۱۴۲	۱۸۴	۱۱۲	NIR زمان دوم
۷		۱۳۴	۱۵۳	۱۱۲	NIR زمان اول
۹	۷۱	۱۳۷	۱۹۶	۱۰۳	Green زمان دوم
۶		۶۶	۱۱۳	۵۸	Green زمان اول

جدول ۷- مقایسه ارزشهای عددی محصول گندم دیم در باندهای Spot در دو زمان در ۵۲۷۲ پیکسل

انحراف از میانگین	اختلاف میانگین باندهای نظیر در دو زمان	میانگین ارزش	حداکثر ارزش	حداقل ارزش	باندهای مورد مقایسه
۵	۳۳	۱۴۲	۱۶۱	۱۲۵	Red زمان دوم
۸		۱۰۹	۱۴۱	۷۷	Red زمان اول
۴	۶	۱۳۲	۱۴۵	۱۱۸	NIR زمان دوم
۴		۱۲۶	۱۴۵	۱۰۷	NIR زمان اول
۴	۴۴	۱۳۷	۱۶۰	۱۲۳	Green زمان دوم
۶		۹۳	۱۱۳	۷۳	Green زمان اول

جدول ۸- مقایسه ارزشهای عددی زمین بایر و آیش در باندهای Spot در دو زمان در ۳۹۴۷ پیکسل

انحراف از میانگین	اختلاف میانگین باندهای نظیر در دو زمان	میانگین ارزش	حداکثر ارزش	حداقل ارزش	باندهای مورد مقایسه
۶	۲	۱۴۹	۱۷۱	۹۷	Red زمان دوم
۸		۱۴۷	۱۶۹	۹۵	Red زمان اول
۷	۸	۱۱۱	۱۴۱	۷۶	NIR زمان دوم
۹		۱۰۳	۱۳۵	۷۰	NIR زمان اول
۸	۱۷	۱۳۷	۱۹۶	۱۱۲	Green زمان دوم
۷		۱۲۰	۱۹۰	۱۰۳	Green زمان اول

جدول ۹- مقایسه ارزشهای عددی محصولات کشاورزی دیگر در باندهای Spot در دو زمان در ۳۹۴۷ پیکسل

انحراف از میانگین	اختلاف میانگین باندهای نظیر در دو زمان	میانگین ارزش	حداکثر ارزش	حداقل ارزش	باندهای مورد مقایسه
۳	-۲۲	۶۳	۷۷	۴۵	Red زمان دوم
۸		۸۵	۱۷۰	۴۸	Red زمان اول
۵	۴۹	۱۹۸	۲۲۱	۱۶۲	NIR زمان دوم
۹		۱۴۹	۲۰۲	۱۰۵	NIR زمان اول
۲	۷	۸۸	۱۳۰	۸۴	Green زمان دوم
۷		۸۱	۱۲۸	۶۰	Green زمان اول

پس از بارزسازی گندم در کل شهرستان، هدف بعدی تحقیق، تفکیک گندم آبی از گندم دیم می‌باشد. برای این کار، کل گندم تفکیک شده در ناحیه مورد مطالعه، ماسک شد و به روش آماری، سه باند قرمز، مادون قرمز انعکاسی و سبز در تصویر برداری زمان اول بررسی شدند. عرضهای جغرافیایی مختلف دارای آب و هوای متفاوتی بوده و بر اساس آن زمان درو کردن محصول گندم دیم و آبی متغیر میگردد. به همین دلیل در عرضهای جغرافیایی بالاتر گندم دیم دیرتر از گندم آبی در عرضهای جغرافیایی پایین برداشت می‌شود. در نتیجه مقدار کلش موجود در زمین در گندم دیم (زرد و برداشت نشده) عرض بالاتر بیشتر از گندم آبی برداشت شده در عرض پایین تر می‌باشد. چون تراکم کلش در گندم آبی بعد از برداشت کمتر می‌شود، میزان بازتاب آن نیز نسبت به گندم دیم در عرض بالا برابر و یا کمتر می‌گردد. در نتیجه این رویداد می‌تواند باعث خطا در تفکیک گندم آبی از دیم شود. بر این اساس از زمان اول برای بارزسازی گندم آبی و دیم استفاده شد. در ناحیه ماسک شده اولاً پدیده‌های دیگر از جمله نواحی با پوشش سبز و زمینهای

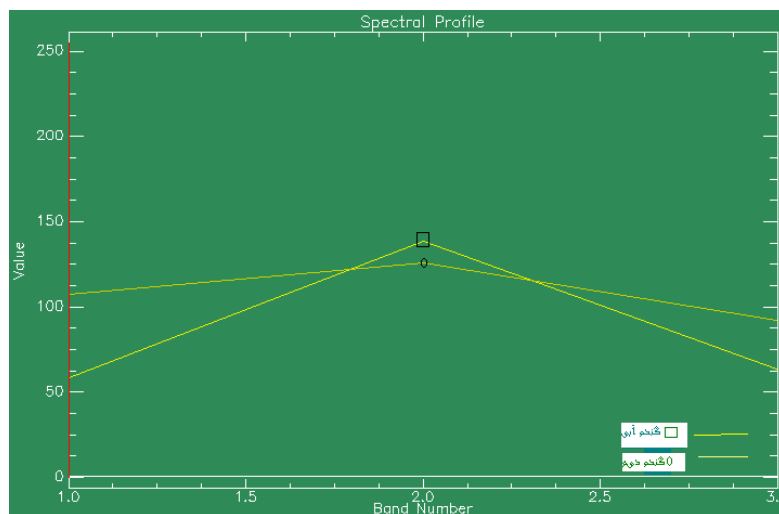
شخم خورده حذف شده اند و ثانيا در زمان اول ناحیه زیر کشت گندم آبی و دیم دارای بازتاب متفاوتی به دلیل تراکم کمتر پوشش و اثرات بیشتر خاک خشک در گندم دیم می باشند. لذا می توان به طور دقیقتری گندم آبی و دیم را از هم تفکیک نمود. چون در مرحله اول تحقیق، سایر محصولات و پدیده ها جدا شدند، برای رسیدن به جواب مرحله دوم تحقیق فقط بر روی گندم تحلیل صورت گرفت. لذا برای تفکیک گندم آبی و دیم فقط از مناطق کشت گندم استفاده شد. از آنجایی که در تفکیک کلی مرحله اول، مناطق زیر کشت محصولات دیگر که در زمان دوم نیز سبز بوده اند و یا فاقد پوشش بودند، جدا شدند، در زمان اول در ناحیه ماسک شده فقط گندم آبی و دیم وجود دارند که دارای تراکم متفاوتی می باشند. طبق نمودار ۲- و جداول ۱۰ تا ۱۲ مشاهده می شود که باندهای سبز و قرمز زمان اول در گندم دیم دارای بازتاب بسیار بالاتری از گندم آبی است. و این به دلیل اثرات بازتابی بیشتر خاک خشک در گندم دیم می باشد. بنابراین مقدار اعظم هر پیکسل توسط خاک پوشیده شده و هر پیکسل ترکیبی از خاک و پوشش گندم می باشد و پیکسل خالص (Endmember) در گندم دیم وجود ندارد. بطوری که در محل کشت گندم آبی درصد پوشش گیاهی گندم نسبت به خاک خیلی بیشتر بوده و گاهی پوشش به ۱۰۰٪ می رسد (endmember) ولی در محل کشت گندم دیم درصد پوشش گیاهی گندم نسبت به خاک کمتر بوده و گاهی به ۳۰٪-۲۰٪ می رسد و بیش از ۶۰٪ از سطح زیر کشت گندم دیم خاک می باشد.

بر اساس این اختلاف در ویژگی پدیده گندم آبی و دیم، طبیعتا بازتاب این دو پدیده نیز در باندهای زمان اول تصویر برداری با هم اختلاف فاحشی خواهند داشت. ضمنا چون باند مادون قرمز انعکاسی در زمان اول به دلیل تراکم بالای گندم آبی و تشکیل پیکسلهای خالص (Endmember) به دلیل بالا بودن کلروفیل، دارای بازتاب بالایی است و در گندم دیم نیز به دلیل افزایش سطح نمود خاک، این باند دارای بازتاب بالایی می باشد، این دو پدیده در این باند، دارای بازتاب شبیه به هم می باشند. در نتیجه می توان از این باند صرف نظر نمود. همانطور که در آمار توصیفی و نمودارهای مربوطه نشان داده شده است، نمونه های آماری تهیه شده از گندم آبی و دیم، نشان می دهد که گندم آبی به دلیل تراکم بالای پوششی و کلروفیل بالا، در باند قرمز

زمان اول، دارای بازتاب پایینی بوده و در باند سبز زمان اول نیز با وجود بازتاب بالا (به دلیل سبزتر بودن)، باز هم بازتاب پایین تری از گندم داریم دارد.

در گندم داریم به دلیل نمود بالای خاک خشک، بازتاب در باند سبز در تصویر برداری زمان اول بالاست. همچنین گندم داریم در باند قرمز زمان اول، دارای بازتاب بالاتری نسبت به گندم آبی است چون اولاً میزان سبزینگی و در نتیجه کلروفیل آن از گندم آبی کمتر بوده پس جذب گندم داریم در این باند کاهش یافته و بازتاب آن بیشتر شده است. ثانیاً به دلیل نمود بالای خاک خشک در مناطق داریم بنابراین بازتاب گندم داریم در باند مذکور تشدید یافته است.

ضمناً گندم داریم و آبی هر دو در باند مادون قرمز انعکاسی زمان اول دارای بازتاب شبیه به هم بوده و اختلاف فاحشی در آنها دیده نمی شود. گندم آبی به دلیل تراکم زیاد و کلروفیل بالا و گندم داریم به دلیل نمود بالای خاک خشک و تراکم کم گندم (چون خاک خشک دارای بازتاب بالایی در باند مادون قرمز انعکاسی با طول موج بالا دارد)، هر دو دارای بازتاب بالا و نزدیک به هم می باشند.



نمودار ۲- نمودار بازتاب باندهای قرمز (۱)، مادون قرمز انعکاسی (۲)، سبز (۳) در گندم داریم و آبی

جدول ۱۰- مقایسه ارزشهای عددی گندم آبی در باندهای زمان اول Spot در زمان اول در ۵۸۱۹ پیکسل

انحراف از میانگین	میانگین ارزش	حداکثر ارزش	حداقل ارزش	باندهای مورد مقایسه
۶	۵۷	۸۸	۴۶	Red زمان اول
۸	۱۳۶	۱۸۱	۱۱۰	NIR زمان اول
۵	۶۳	۸۴	۵۴	Green زمان اول

جدول ۱۱- مقایسه ارزشهای عددی گندم دیم در باندهای زمان اول Spot در زمان اول در ۱۲۲۵۲ پیکسل

انحراف از میانگین	میانگین ارزش	حداکثر ارزش	حداقل ارزش	باندهای مورد مقایسه
۷	۱۰۷	۱۴۴	۶۳	Red زمان اول
۴	۱۲۵	۱۵۴	۱۰۵	NIR زمان اول
۶	۹۲	۱۱۴	۶۴	Green زمان اول

جدول ۱۲- نمایش اختلاف میانگین در دو پدیده گندم دیم و آبی در باندهای زمان اول

اختلاف میانگین ارزش در دو پدیده گندم دیم و آبی	میانگین ارزش گندم آبی	میانگین ارزش گندم دیم	باندهای مورد مقایسه
۵۰	۵۷	۱۰۷	Red زمان اول
۱۱	۱۳۶	۱۲۵	NIR زمان اول
۲۹	۶۳	۹۲	Green زمان اول

۳-۲-۴. تأیید باندهای منتخب به روش تفکیک پذیری

با توجه به برداشت تصاویر در دو زمان جهت استخراج سطح زیر کشت گندم، ۳ باند مربوط به هر زمان در یک فایل وارد شد (با توجه به مقیاس مطالعه که ۱/۵۰۰۰۰ می باشد از باند Middle infrared با قدرت تفکیک ۲۰ متر چشم پوشی شد). به منظور کاهش ابعاد داده‌ها و باندها که تأثیر کمتری در جداسازی گندم دارند، نقاط نمونه برداری بر روی

تصاویر منتقل و تحلیل تفکیک پذیری Transform divergence با معرفی کلاسهای گندم و غیر گندم با استفاده از معادله ۱ (Swain and Davis, 1978) انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۱۳ و ۱۴ نشان داده شده است. دایورجنس تغییر یافته یک کاهش نمایی در وزن برای افزایش فاصله بین کلاسها را در بر می گیرد (Jensen, 1996). دامنه ارزشهای این قانون بین ۰ تا ۲ تغییر می کند. به عنوان یک قانون عمومی، اگر نتیجه بزرگتر از ۱/۹ باشد کلاسها تفکیک پذیرند. بین ۱/۷-۱/۹، تفکیک پذیری نسبتاً خوب و پایین تر از ۱/۷ نشانگر تفکیک پذیری ضعیف کلاسها است (J. A. Richards, 1999).

$$1/2tr((c_i - c_j)(c_i^{-1} - c_j^{-1})) + 1/2tr((c_i^{-1} - c_j^{-1})(\mu_i - \mu_j)(\mu_i - \mu_j)^T) \quad \text{معادله ۱}$$

$$TD_{ij} = 2000(1 - \exp(D_{ij} / 8)) \quad \text{معادله ۲}$$

i, j = نمونه آموزشی دو کلاس c_i = کوواریانس ماتریکس نمونه نمونه c_j = کوواریانس ماتریکس نمونه نمونه j

tr = ترانهاده = T = تابع انتقال

جدول ۱۳- تفکیک‌پذیری به روش Transformed Divergence در باندهای مربوط به دو زمان

کلاسهای مقایسه شده	باندهای مورد مطالعه	عدد محاسبه شده در روش TD
گندم در مقابل سایر محصولات	Red , Green زمان اول و دوم	۹۶/۱
گندم در مقابل زمین بایر	Red , Green زمان اول و دوم	۹۶/۱
گندم در مقابل زمین آیش	Red , Green زمان اول و دوم	۹۴/۱
گندم در مقابل باغات و بیشه‌زارها	Red , Green زمان اول و دوم	۹۶/۱
سایر محصولات در مقابل زمین آیش	Red , Green زمان اول و دوم	۹۴/۱
سایر محصولات در مقابل زمین بایر	Red , Green زمان اول و دوم	۹۴/۱

جدول ۱۴- تفکیک‌پذیری به روش Transformed Divergence در باندهای مربوط به زمان اول

کلاسهای مقایسه شده	باندهای مورد مطالعه	عدد محاسبه شده در روش TD
گندم آبی در مقابل گندم دیم	Red , Green زمان اول	۹۶/۱

۳-۲-۵ . الگوریتم گندم داده‌های دو زمانه برای تفکیک گندم از سایر محصولات

باندهای انتخاب شده بدون تهیه مولفه و بر اساس اختلاف بازتاب باندهای نظیر در دو زمان دسته بندی شده و اعمال جبری بر روی آنها صورت گرفت. برای این کار باندهایی که در یک زمان بازتاب بیشتری نسبت به باندهای نظیر در زمان دیگر داشتند، با هم جمع

شده و باندهای نظیر که بازتاب پایبتری در زمان اول تصویربرداری داشتند، از آن کم شدند.

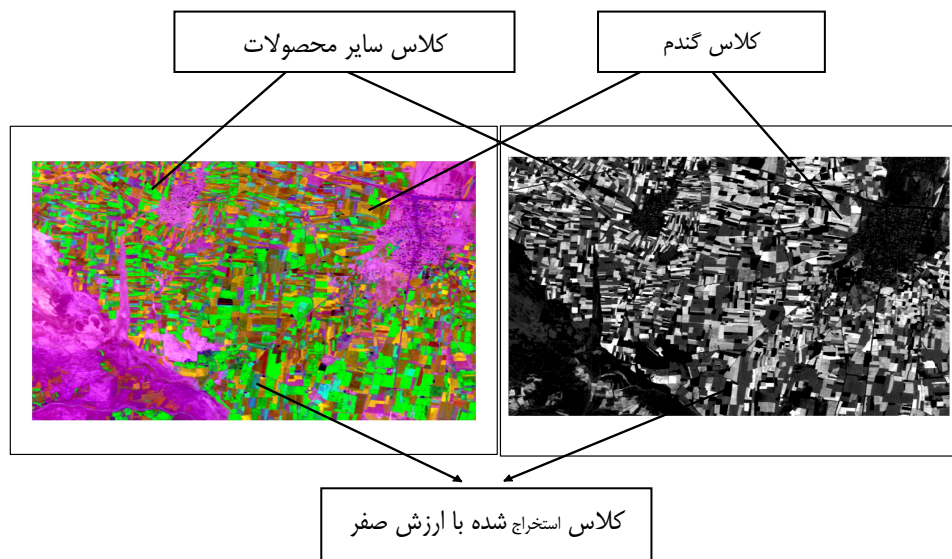
الگوریتم تفکیک گندم از سایر پدیده‌ها با استفاده از معادله زیر امکان پذیر است:

$$((Red\ t2 + Green\ t2) - (Red\ t1 + Green\ t1)) = \text{الگوریتم گندم دوزمانه}$$

در این معادله: باند قرمز در زمان اول و دوم = $Red\ t1,2$ باند سبز در زمان اول و دوم = $Green\ t1,2$

با اعمال این الگوریتم همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، نقاط زیر کشت گندم، با دقت ۹۰/۹۳ درصد استخراج گردید.

سپس مناطق استخراج شده از تصویر به کمک نقاط تفسیری با پدیده‌های بارز شده در تصویر مقایسه گشته و دسته بندی شدند. با این کار درجه روشنایی مربوط به گندم در دامنه Grey Level استخراج شده از الگوریتم گندم تعیین گردید.



شکل ۴- نمایش Grey Level حاصل از الگوریتم تفکیک گندم از سایر پدیده‌ها

۳-۲-۶. الگوریتم تفکیک گندم آبی و دیم:

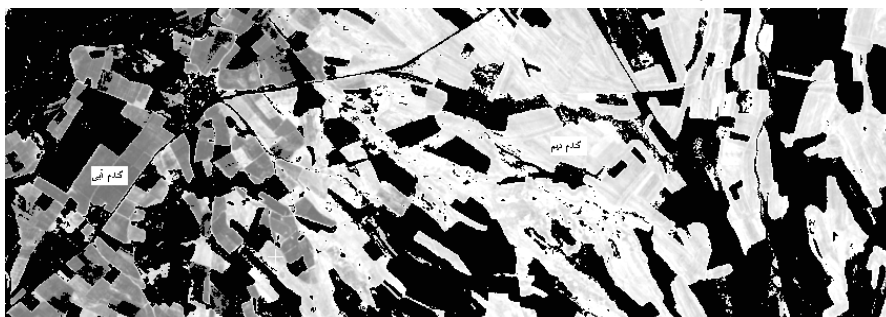
همانطور که ذکر شد برای تصدیق روش فوق از تئوری تفکیک پذیری نیز برای انتخاب باندهای مناسب استفاده گردید. عدد Divergenc برای باندهای انتخاب شده از روش آماری حاصل شد و چون دقت عددی به حداکثر دقت رسید بنابراین استفاده از همه باندهای زمان اول برای تفکیک، ضرورت ندارد. خصوصاً زمانی که باندهای نظیر، فاقد تمایزات بازتابی لازم باشند. که در این صورت فقط حجم داده افزایش می‌یابد. پس از انتخاب باندهای مناسب، تابع مورد نظر برای تفکیک گندم آبی از دیم نوشته شد. به این منظور باندهای انتخابی که در دو پدیده مورد نظر تمایز شدید داشته اند، با هم جمع شده و تابع مربوطه اجرا گشت.

بنابراین فرمول مربوط به تفکیک گندم دیم از آبی در تصویر زمان اول عبارت است از:

$$(R_{t1} + G_{t1}) = \text{الگوریتم تفکیک گندم آبی از دیم در یک زمان}$$

در این معادله: R_{t1} = باند قرمز در زمان اول G_{t1} = باند سبز در زمان اول

طبق شکل ۵ با اعمال این الگوریتم، در ناحیه ماسک شده، گندم دیم از آبی با دقت ۷۹/۸۲ درصد به صورت Grey Level جدا شد.



شکل ۵- نمایش Grey Level الگوریتم تفکیک گندم دیم از آبی

۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از تفسیر تصاویر دو زمانه ماهواره spot برای تفکیک گندم دیم و آبی از سایر محصولات نشان داده است که با استفاده از این فن آوری نوین به صورت

سالیانه با انجام مطالعات پایه در مناطق مورد مطالعه، استخراج تقویم زراعی محصولات مختلف کشاورزی، نمونه برداری دقیق، انتخاب ماهواره و برنامه ریزی منظم برای تصویربرداری سطح زیر کشت گندم با دقت مناسب قابل استخراج است. در این تحقیق با شناخت تقویم زراعی محصولات مختلف زراعی، اقدام به سفارش دو سری تصویر در زمانهای مورد نظر شد. با تحلیل‌های آماری و بررسی تغییرات بازتاب محصولات کشاورزی اقدام به تهیه کتابخانه طیفی برای محصولات مختلف گشت. نمایش این اراضی با روش **RGB Change detection** و استفاده از نقاط تفسیری به شناخت بهتر ناحیه و تهیه مناطق آموزشی دقیق، کمک نمود.

در الگوریتم ارائه شده تحقیق حاضر بر خلاف شاخصهای رایج گیاهی از باندهای جذبی و انعکاسی در یک زمان استفاده نگردید. بلکه از باندهای نظیر در دو زمان که بیشترین تغییرات را از نظر بازتاب در پدیده گندم داشته و روند متفاوتی با سایر پدیده‌ها داشتند، استفاده شد. انتخاب چهار باندی که در دو زمان نظیر به نظیر می‌باشند به علت افزایش تعداد باندهای مناسب بوده که اگر تغییرات بازتاب در یک جفت باند نظیر در دو زمان در پدیده مورد نظر چشمگیر نباشد تغییر بازتاب در جفت باند نظیر دیگر باعث جبران مقدار اختلاف شده و افزایش تغییرات را سبب شود.

۵. منابع

- ۱- بحرانی، محمد جعفر، ۱۳۸۴، فرآوری گیاهان علوفه ای، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۵۰ صفحه
- ۲- پیوست، غلامعلی، ۱۳۸۴، سبزیکاری، انتشارات دانش پذیر، رشت، ۴۸۷ صفحه
- ۳- خدا بنده، ناصر، ۱۳۸۲، غلات، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۳۷ صفحه
- ۴- خواجه پور، محمد رضا، ۱۳۸۳، گیاهان صنعتی، انتشارات جهاد دانشگاهی، اصفهان، ۵۶۴ صفحه
- ۵- سازمان جهاد و کشاورزی استان همدان، ۲۰۰۴
- ۶- شهرستانی، نعمت‌الله، ۱۳۷۷، میوه‌های دانه ریز، انتشارات دانشگاه گیلان رشت، ۱۵۰ صفحه
- ۷- علیجانی بهلول، ۱۳۸۱، آب و هوا شناسی ایران، انتشارات پیام نور، صفحه ۶۲

- ۸- مجنون حسینی، ناصر، ۱۳۸۳، حیوبات در ایران، انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران، ۲۴۰ صفحه
- ۹- نور محمدی، قربان و عطاءالله سیارت و علی کاشانی، ۱۳۸۳، (زراعت غلات)، انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز، ۴۴۶ صفحه
- 10-Barnett, T. L. and Thompson, D. R. ,1982, The use of large-area spectral data in wheat yield estimation Remote Sensing of Environment, Volume 12, Issue 6, Pages 509-518.
- 11-Dusek, D. A. and Jackson, R. D. and Musick, J. T. ,1985, Winter wheat vegetation indices calculated from combinations of seven spectral bands Remote Sensing of Environment, Volume 18, Issue 3, Pages 255-267.
- 12-Hoekman, D. H. and Vissers, M. A. M. A new polarimetric classification approach evaluated for agricultural crops. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on Volume 41, Issue 12.
- 13-<http://spot5.cnes.fr/gb/satellite/satellite.htm>.
- 14-Jensen, J. R. ,1986, Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Englewood Cliffs, New Jersey:Prentice-Hall. Jensen.
- 15-Kruse, F. A. and Lefkoff, A. B. The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer Data, Remote Sensing of Environment, v. 44, p. 145-163.
- 16-Richards, J. A. ,1999, Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer-Verlag, Berlin, p. 240.
- 17-Swain, P. H. and Davis, S. M. ,1978, Remote Sensing: The Quantitative Approach. New York: McGraw Hill Book Company.

