

## ارائه روشی جهت استخراج نسبی پارامترهای کیفی گیاه از تصاویر Hyperion با کاربرد در کشاورزی دقیق

یوسف رضائی<sup>1</sup>، محمدرضا مباحثی<sup>2\*</sup>، محمد جواد ولدان زوج<sup>3</sup><sup>1</sup> دانشجوی دکتری<sup>2,3</sup> دانشیاران سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

(تاریخ دریافت: 1385/10/20 - تاریخ تصویب: 1389/1/24)

## خلاصه

تصاویر ابرطیفی با داشتن قدرت تفکیک طیفی بالا و تصویر برداری در محدوده طیفی باریک، قابلیت بسیار بالایی را در رابطه با بررسی و پایش گیاهان و محصولات کشاورزی دارا می باشند. با توجه به تعداد زیاد باندها در تصاویر ابرطیفی، لزوم انتخاب باند بهینه برای مطالعه پارامتری خاص ضروری می باشد. بدین منظور میتوان از باندهای جذبی مربوط به مواد مختلف گیاه و همچنین از شاخص هایی که بدین منظور تعریف شده اند، استفاده نمود. در این پژوهش، ابتدا با توجه به موقعیت باندهای جذبی مواد موثر در رشد و سلامت گیاهان، 17 باند بهینه انتخاب و با استفاده از آنها شاخص های مختلف گیاهی تعریف و بر روی تصویر ماهواره ای اعمال گردید. نتایج اعمال هر شاخص بر روی تصویر مورد بررسی قرار گرفته و سپس تصاویر حاصل بر اساس حدود آستانه محاسبه شده، به نواحی مختلف تقسیم گردید. به منظور دستیابی به نتایج قابل استفاده، در مرحله دوم از روش طبقه بندی تصمیم گیری درختی استفاده گردید. نتایج خروجی از این روش طبقه بندی نشان داد که میتوان با استفاده از این روش بطور نسبی تنش و در مجموع سلامت گیاهان منطقه را تشخیص داده و گیاهان را از این حیث، و بطور نسبی طبقه بندی نمود. این پژوهش نشان داد که با استفاده از این تصاویر میتوان به بررسی و پایش گیاهان سبز، پارامترهای موثر بر سلامت آنها و کشف تنش های وارد بر گیاهان که گاهی حتی با مشاهدات بصری زمینی هم قابل کشف نمی باشند را آشکارسازی نمود.

واژه های کلیدی: تصویر برداری ابرطیفی، باندهای جذبی، شاخص های گیاهی، طبقه بندی تصمیم گیری درختی

$$R=f(x,t,\lambda,\theta) \quad (1)$$

براین اساس هرگاه حداقل در یکی از متغیرهای  $x$ ،  $t$  و  $\lambda$  یا  $\theta$  تغییری محسوس اتفاق افتد، به دنبال آن  $T$  نیز تغییر کرده باعث کسب اطلاعات محیطی از طریق سنجش از دور می شود. بعنوان مثال اگر متغیر طول موج در نظر گرفته شود و نور بازتابیده از گیاهان اندازه گیری گردد، در می یابیم که مقادیر مختلفی از انرژی تابشی در طول موج های مختلف بازتابیده میشوند. بیشتر عوارض طبیعی علائم متفاوتی در محدوده های طیفی دارند که آنها را از بقیه جدا می کند. غالباً این علائم در نواحی بسیار باریکی از طیف بازتابندگی حضور دارند. در نتیجه شناسایی و مشخص نمودن این علائم و مشخصه ها، تنها با استفاده از سنجندهایی که در باند های باریک تصویر برداری می کنند، میسر می باشد.

بنابراین سنجندهای چندطیفی با باندهای پهن، مثل MSS و TM از سری ماهواره های لندست نمیتوانند علائم متمایز موجود در محدوده بسیار باریک طیفی را آشکارسازی نمایند، زیرا گستره طیفی باندهای آنها 100-200 نانومتر پهن داشته و علاوه بر آن گسسته نیز می باشد. به این دلیل سنجنده های ابرطیفی با طیفی پیوسته، ابزاری پر قدرت برای انجام

## مقدمه

فناوری سنجش از دور بطور فزایندهای برای اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز در بررسی دقیق اراضی کشاورزی و پوشش های جنگلی مورد استفاده قرار می گیرد. با بکارگیری سنجنده های پهن باند، اطلاعات بسیاری از سطح زمین اخذ گردید که قبلاً به سادگی قابل دسترسی نبودند بطوریکه توسط آنها نقشه برداری از پوشش های گیاهی در مقیاس بزرگ صورت گرفته و اطلاعات مرتباً به روز می شد. فناوری جدید نشان داد که گرچه اطلاعات بدست آمده از سنجندهای پهن باند در بسیاری جنبه ها مفید بوده است اما محدودیت های خاص خود را نیز دارد. بدین معنی که به دلیل تعداد محدود باندها و پهنای زیاد باند، بخش زیادی از اطلاعات درباره گیاهان در فرآیند میانگین گیری از دست می رود.

در سنجش از دور، انرژی تابشی دریافت شده توسط سنجنده (R) پس از تصحیحات جوی، تابعی از مکان (x)، زمان (t)، طول موج ( $\lambda$ ) و هندسه دید ( $\theta$ ) پدیده زمینی می باشد (van der Meer and Jong, 2001).

آنها میباشد. تعیین و کمی سازی این پارامترها بطور مطلق نیازمند اندازه‌گیریهای میدانی همزمان با عبور ماهواره میباشد. برای این منظور ابتدا خصوصیات طیفی گیاهان را مورد بررسی قرار داده و در مراحل بعد، با پیش پردازش و پردازش داده‌های ابرطیفی، الگوریتمی جهت استخراج اطلاعات گیاه از داده‌های ابرطیفی ارائه خواهد گردید. در انتها نتایج بدست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.

### خصوصیات طیف جذبی مواد موجود در گیاهان

خواص بازتابندگی پوششهای جنگلی و بطور خاص برگها، وابسته به خطوط جذبی ترکیبات تشکیل دهنده آنها میباشد. ترکیبات آلی، تابش مادون قرمز میانی و حرارتی را در بسامدهای بنیادی کششی جذب مینمایند که این جذب جهت ارتعاش کوانتیده مولکولها میباشد (Hunt 1980). در هر صورت پدیده‌های جذبی قابل توجه ترکیبات آلی در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک، عموماً ناشی از بسامدهای اصلی و فرعی در مجاورت بسامدهای بنیادی کششی پیوندهای C-N، N-H و O-H میباشد (Hunt 1980).

عناصر زیست شیمیایی مهم موجود در گیاهان شامل:

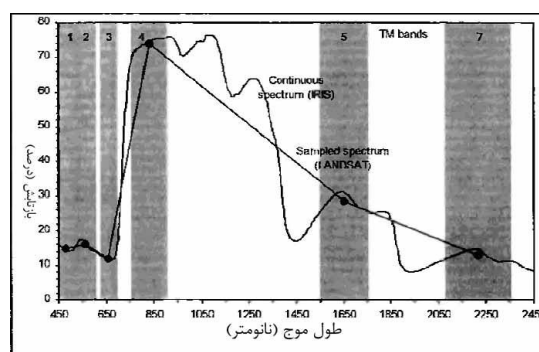
سلولز، *Lignin*، نشاسته و ترکیبات دارای نیتروژن نظیر پروتئین و کلروفیل میباشد. جذب کلروفیل ناشی از تحریک اتم بوده و در محدوده مرئی طیف قرار دارد. طول موجهای متناظر با این جذب در 430 و 660 نانومتر (برای کلروفیل نوع a) و 460 و 640 نانومتر (برای کلروفیل نوع b) میباشد. پروتئینها، فراوان ترین مقدار نیتروژن را در ترکیبات برگهای سبز دارا میباشد که مقدار آن بین 30 تا 50 درصد است (Fourty, Baret et al. 1996). جذب اصلی پروتئینها در مادون قرمز نزدیک در 1500، 1680، 1740، 1940، 2050، 2170، 2290 و 2470 نانومتر اتفاق میافتد (Elvidge 1990).

سلولز که پلیمر گلوکز D می باشد، در دیواره سلولهای همه گیاهان یافت شده و  $\frac{1}{3}$  تا  $\frac{1}{4}$  وزن خشک اغلب گیاهان را شامل میشود (van der Meer and Jong, 2001). کارکرد اصلی آن حفاظت و استقامت دادن به ساختار گیاهان میباشد. از آنجایی که غیر قابل حل در آب بوده و مقاومت بالایی در برابر نابودی دارد، در باقیمانده زباله محصول یافت میشود. سلولز دارای جذب در مادون قرمز نزدیک در طول موجهای 1220، 1480، 1930، 2100، 2280، 2340 و 2480 نانومتر می باشد (Elvidge 1990).

*Lignin* که پلیمری از فنیل پروپانویید است، از 10 تا 35 درصد وزن خشک گیاهان را تشکیل داده و به عنوان یک حفاظ در مقابل تجزیه سلولز عمل مینماید (Elvidge 1990). *Lignin*

مطالعات موثر در شناسایی دقیق پوششهای زمینی و پارامترهای محیطی میباشد.

بعنوان نمونه شکل (1)، بازتابندگی طیفی عمومی گیاهان که توسط طیف سنج (Ger Iris) جمع آوری شده است را بهمراه منحنی شبیه سازی شده برای سیگنال های بدست آمده از Landsat TM نشان میدهد. مشاهده میشود که با استفاده از سنجندهای پهنباند، اطلاعات قابل ملاحظه‌ای که در محدوده‌های باریکی از طیف اتفاق می افتند، از دست رفته و مشخصه‌های طیفی متمایز گیاهان مختلف، از طریق این سنجندها قابل تشخیص نیستند.



شکل 1- مقایسه طیف حاصل از طیف سنج IRIS و طیف حاصل از سنجنده ETM+ (بازسازی شده از مرجع (van der Meer and Jong, 2001)) درحالی که ممکن است اطلاعات بدست آمده از تعدادی از باندهای سنجندهای چند طیفی برای متمایز کردن گیاهان از پدیده‌های غیر گیاهی مفید باشند، تفکیک گونه‌هایی که بازتابندگی مشابه هم دارند از یکدیگر مشکل خواهد بود. با استفاده از سنجندهای با قدرت تفکیک طیفی بالا، به طور قابل ملاحظه‌ای، می توان اطلاعاتی را که در این گونه موارد مفید هستند از تصاویر استخراج نمود. این سنجندها دارای باندهای طیفی متعددی میباشدند. این موضوع علاوه بر اینکه قابلیت این نوع تصاویر را در جهت بررسی و مطالعه پدیده‌های مختلف بالا میبرد، خود نیز ایجاد یک مشکل مینماید و آن افزایش باندهای موجود و به تبع آن مسئله انتخاب باندهای بهینه جهت مطالعه یک پدیده خاص میباشد. تا کنون مطالعات زیادی در رابطه انتخاب باندهای بهینه برای آشکارسازی پدیده های خاص (همانند پوشش های معدنی، عوارض زمینی و پوشش های گیاهی) انجام شده است ولی این انتخابها منحصر بهفرد نبوده و قابل ارتقاء میباشدند.

هدف این پژوهش طراحی و معرفی الگوریتمهایی جهت تشخیص پارامترهای سلامت گیاهان بطور نسبی و پایش آنها با استفاده از خصوصیات طیفی شامل مشخصات باندهای جذبی مواد موجود در آنها و انتخاب باندهای بهینه برای آشکارسازی

جدول 1- مشخصات فنی سنجنده Hyperion

دوره بازدید	16 روز
قدرت تفکیک زمینی	30 متر
عرض باند تصویر برداری	7.5 کیلومتر
تعداد باندهای تصویر برداری	242 باند شامل (70 channels, 356 nm VNIR و 1058 nm - 2577 SWIR (172 channels, 852 nm - 2577 nm))
عرض باند طیفی	10 نانومتر
قدرت تفکیک رادیومتریکی	12 بیت
نسبت سیگنال به نویز (SNR)	161 (550 nm); 147 (700 nm); 110 (1125 nm); 40 (2125 nm)

#### 4- پیش پردازش و تصحیح جوی تصویر

موج الکترومغناطیسی در مسیر خود از منبع انرژی به سمت هدف، دو بار از جو میگذرد. این امواج، تحت تاثیر مولکولها و هواویزها در جو قرار گرفته، دچار تغییراتی میشوند. به طور کلی جو از دو طریق جذب و پراکنش بر روی امواج الکترومغناطیسی اثر میگذارد. پراکنش باعث انحراف موج از مسیر اصلی آن شده ولی جذب باعث کاهش انرژی فرودی و در نتیجه افزایش انرژی درونی مولکولهای جو خواهد شد. تاثیر این دو نوع تعامل جو و انرژی الکترومغناطیسی در برخی از طول موجها بسیار شدید است، بنابراین باید کاملاً از چگونگی انتقال امواج در جو آگاه باشیم (Rezaei and Mobasheri 2008).

به منظور تصحیح اثر جو بر روی تصاویر ماهواره‌های می توان از الگوریتمهای مختلفی استفاده نمود. از جمله آنها میتوان به ACORN، ATCOR و FLAASH اشاره کرد. در این پژوهش از نرم افزار FLAASH که بر اساس الگوریتم MODTRAN طراحی شده و در نرم افزار ENVI موجود میباشد، استفاده شده است. برای این منظور بایستی تصویر ورودی به کمیت های فیزیکی چگالی شار تبدیل شده باشد. برای این کار ابتدا تصویر حاوی DN را با استفاده از ضرایب Gain و Offset سنجنده تبدیل به تصویر چگالی شار (رادینانس) مینماییم.

تصویر Hyperion در دسترس، دارای 224 باند بوده که فقط 196 باند از آنها کالیبره بودند. کانالهای کالیبره شده شامل باند 57-8 برای مادون قرمز نزدیک (VNIR) و باند 224-77 برای مادون قرمز موج کوتاه (SWIR) است. اولین مرحله، جدا سازی باندهای کالیبره شده بود که پس از این کار 196 باند باقی ماند. یکی از مشکلات موجود در تصویر Hyperion این است که سنجندههای VNIR و SWIR از آرایه 128 به بعد دارای یک پیکسل جابجایی میباشند که در این مرحله این جابجایی تصحیح گردید. سپس خطای راه شدگی (Striping) موجود بر روی تصاویر با استفاده از روش کلی

دارای جذب در 1450، 1680، 1930، 2270، 2330، 2380، 2500 نانومتر و محدوده وسیعی از 2050 تا 2140 نانومتر میباشد (Elvidge 1990).

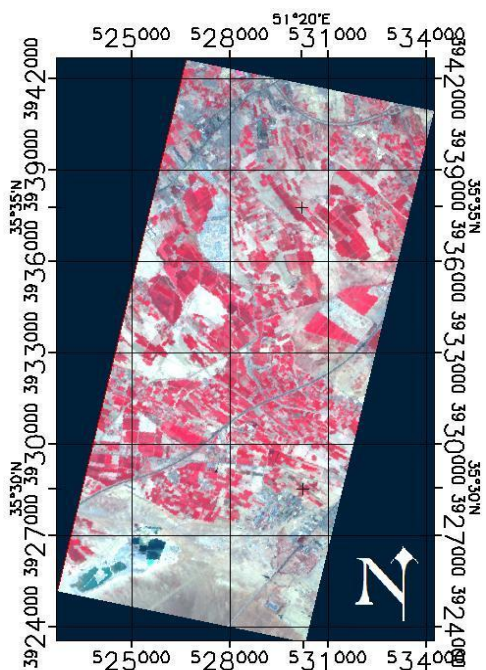
نشاسته که یک پلی ساکاراید گلوکز D است، اصلی ترین ملکول ذخیره کننده غذا در گیاهان بوده و دارای جذب مادون قرمز نزدیک در 990، 1220، 1450، 1560، 1770، 1930، 2100، 2320 و 2480 میباشد (Fourty, Baret et al. 1996).

پنج نوع پدیده اصلی جذب در طیف بازتابندگی همه برگها، در طول موج مرئی و مادون قرمز وجود دارد (Curran, Dungan et al. 1992). تحریک اتم در رنگدانههای فتوسنتزی (کلروفیل، زانتوفیل و کاروتین) باعث جذب در محدوده 700-400 نانومتر و خمش و کشش پیوند O-H در مولکول آب و دیگر مولکولها، باعث جذب در طول موجهای 970، 1145، 1400 و 1940 نانومتر میشود (Curran 1989). در طول موجهای ماوراء بنفش و مادون قرمز میانی، برگها در نتیجه کشش و ارتعاش خمشی پیوندهای O-H و C-O، N-H، C-H بین ترکیبات آلی جذب بالایی دارند. هارمونیکها و بسامدهای فرعی این پدیدههای جذبی اصلی، باعث پدیدههای جذبی کوچک در طول موجهای مادون قرمز نزدیک و مرئی میشوند (Curran 1989).

با توجه به خصوصیات جذب مواد گیاهی و موقعیت باندهای جذبی، میتوان باندهای متناظر با این پدیدههای جذبی را انتخاب و با استفاده از آنها، شاخصهای مختلفی را به منظور مشخص نمودن پدیده به وجود آورنده جذب در گیاه مورد نظر، تعریف نمود. تعدادی از شاخصهایی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است در بخش طراحی الگوریتم ارائه شده است.

#### مواد و روشها

به منظور انجام این پژوهش از تصاویر ماهواره‌های Hyperion مربوط به منطقه ای در جنوب تهران که در تاریخ 2002/5/21 اخذ شده، استفاده گردیده است. سنجنده Hyperion اولین سنجنده ابرطیفی میباشد که بر روی ماهواره EO-1 به فضا پرتاب شده است. مشخصات فنی این سنجنده در جدول شماره 1 ارائه شده است (<http://eo1.gsfc.nasa.gov/>). قسمتی از تصویر منطقه مورد مطالعه در شکل 3 نشان داده شده است. همچنین به منظور ارزیابی و کنترل نتایج حاصل از تصاویر، از دادههای زمینی جمع آوری شده از طریق بازدید میدانی، برای تعیین محل نمونهها از GPS دستی استفاده شده، و همچنین اطلاعات توصیفی موجود از مزارع در زمان اخذ تصویر استفاده گردید.



شکل 3- تصویر ماهواره‌های منطقه مورد مطالعه پس از تصحیح هندسی

### روش کار در طراحی الگوریتم

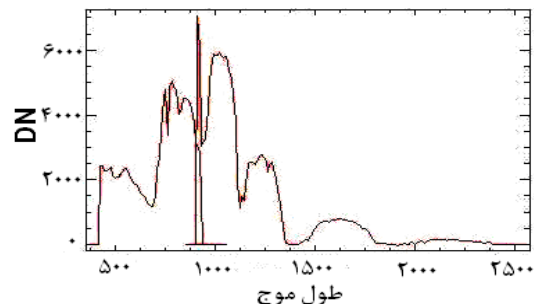
همانطور که گفته شد، با استفاده از موقعیت باندهای جذبی در طیف بازتابی و عوامل به وجود آورنده آنها میتوان یکسری شاخص نسبی به منظور آشکارسازی پدیده‌های موثر بر سلامت گیاهان را تعریف نمود. در اولین قسمت این پژوهش، با استفاده از موقعیت پدیده‌های جذبی مواد مورد نظر، باندهای اخذ شده در طول موجهای متناظر با این پدیده‌های جذبی مشخص گردید که در نهایت 17 باند انتخاب شدند. در مرحله بعد با استفاده از باندهای انتخابی شاخصهای نشان داده شده در جدول 2 محاسبه و بر روی تصویر اعمال گردیدند. در مرحله بعد نتیجه ترکیب این شاخصها بطور همزمان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

این شاخصها به 5 دسته عمده، شاخصهای نشاندهنده

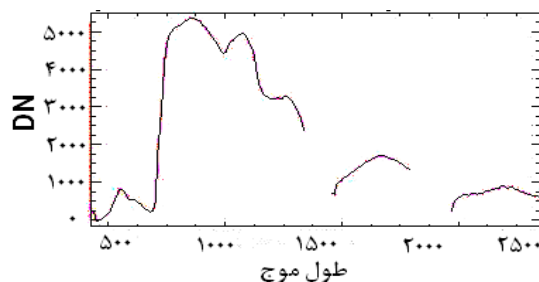
سبزی گیاهان، شاخصهای نشاندهنده نیتروژن، شاخصهای مشخصکننده کربن برگهای پیر و خشک، شاخصهای مشخص کننده رنگدانه برگها و شاخصهای نشان دهنده محتوای آب برگها تقسیم بندی میشوند. این شاخصها که در جدول (2) ارائه شده اند به شرح ذیلند.

شاخص  $NDVI_{705}$  حاصل یک تعدیل بر روی  $NDVI$

می باشد که برای استفاده در دادههایی با قدرت تفکیک طیفی بالا، نظیر دادههای ابرطیفی، طراحی شده است. کاربرد این شاخص در کشاورزی دقیق (سیستم مدیریت کشاورزی بر اساس فناوری و اطلاعات ماهواره‌های، جهت کشف، آنالیز و تشخیص تغییرات زمانی و مکانی خاک و گیاهان)، پایش جنگلها و کشف



شکل(2-الف) منحنی طیفی یک پیکسل گیاهی قبل از پایش پردازش و انجام تصحیح جوی (داده خام)



شکل(2-ب) منحنی طیفی همان پیکسل گیاهی پس از مراحل پایش پردازش و انجام تصحیح جوی

(Global) حذف گردید. پس از این مرحله با استفاده از روابط

زیر تصویر تبدیل به تصویر چگالی شار ( $L$ ) گردید.

$$L_{VNIR} = \text{Digital Number} / 400 \quad (2)$$

$$L_{SWIR} = \text{Digital Number} / 800$$

در مرحله بعد با استفاده از نرم افزار FLAASH و معرفی پارامترهای مورد نیاز (از جمله پارامتر پدیداری)، تصویر منطقه مورد مطالعه تصحیح جوی گردید. سپس با استفاده از تابع MNF باندهای دارای نویز زیاد مشخص و حذف شدند که در نهایت 157 باند باقی ماند. پس از این مرحله، به منظور نمایش بهتر طیف بازتابندگی، تابع EFFORT به منظور حذف نقاط اضافی و یکنواخت کردن طیف بازتابندگی، بر روی تصویر اعمال گردید. به منظور بررسی و مطالعه بیشتر و آگاهی از روابط کامل پایش پردازشها بر روی تصاویر Hyperion، میتوان به مراجع (Beck 2003; Bisun, Tim et al. 2003; Apan, Held et al. )

(2004) مراجعه نمود. برای مقایسه تاثیر این عمل، طیف بازتابندگی قبل و بعد از تصحیح برای یک جزء تصویری در شکل (2) نمایش داده شده است.

پس از انجام تصحیحات جوی و رادیومتریکی بر روی تصویر، به منظور انجام تصحیح هندسی تصویر، از مدل ریاضی Affine با 10 نقطه کنترل و با دقت زیر نیم پیکسل، استفاده گردید. به منظور استخراج نقاط کنترل، از تصویر ماهواره‌های لندست ارتو شده، استفاده گردید.

پس از انجام تصحیحات جوی، رادیومتریکی و هندسی، تصویر ماهواره‌های برای پژوهش در رابطه با تهیه الگوریتمها و اعمال آنها بر روی تصویر آماده گردید.

گیاهان سبز بین 2- تا 4 می باشد ( Daughtry 2001; Daughtry, Hunt Jr et al. 2004).

*PSRI* برای افزایش حساسیت شاخص *CAI* به میزان کاروتنوئیدها (مثلا کاروتن آلفا و بتا) به کلروفیل، طراحی شده است. افزایش در *PSRI* نشان دهنده افزایش تنش در رنگدانه کاروتنوئید موجود در پوشش گیاهی، شروع پیری و بلوغ گیاهان می باشد (Merzlyak, Gitelson et al. 1999). کاربرد این شاخص در پایش سلامتی گیاهان، کشف تنش فیزیولوژیکی گیاهان و آنالیز و پیشبینی میزان محصول می باشد. مقدار این شاخص در محدوده 1- تا 1 بوده و محدوده این شاخص برای گیاهان سبز بین 0/1 تا 0/25 می باشد (Merzlyak, Gitelson et al. 1999). نتیجه اعمال حد آستانه این شاخص بر تصویر ماهواره‌های منطقه مورد مطالعه در شکل 7 نمایش داده شده است.

کاروتنوئیدها در فرآیند جذب نور در گیاهان، همچنین در حفاظت گیاهان در مقابل اثرات مضر شدت نور زیاد عمل می نمایند. آنتوسیانین ها رنگدانه‌های محلول در آب می باشند که بصورت فراوان در برگهای تازه و همچنین در برگهای در حال پیر شدن وجود دارند (Gitelson, Zur et al. 2002). کاربرد این شاخصها، شامل پایش مزارع، مطالعات اکوسیستم، آنالیز تنش پوششهای گیاهی و در کشاورزی دقیق می باشد. رنگدانه‌های ایجاد کننده تنش در گیاهان، میتوانند وجود تنش در گیاهان را اغلب قبل از این که توسط چشم غیر مسلح قابل مشاهده باشد، نشان دهند.

*CRII* شاخص بازتابندگی کاروتنوئید، مقیاسی از بازتابندگی است که حساس به رنگدانه‌های کاروتنوئید در شاخ و برگ گیاهان می باشد. مقادیر بالای *CRII* به معنی غلظت بالای کاروتنوئید نسبت به کلروفیل می باشد. *CRI2* شکل بهبود یافته *CRII* بوده و نتایج بهتری را در مناطقی که دارای غلظت کاروتنوئید بالا هستند، ارائه میدهد. مقدار این شاخص بین 0 تا بیشتر از 15 بوده و محدوده این شاخص برای گیاهان سبز معمولاً بین 1 تا 11 می باشد (Gitelson, Zur et al. 2002). نتیجه اعمال این شاخص بر روی تصویر ماهواره‌های منطقه مورد مطالعه و اعمال حدود آستانه مختلف بر روی نتیجه این شاخص در شکل 8 نمایش داده شده است.

*ARII* شاخص بازتابندگی آنتوسیانین، مقیاسی از بازتابندگی است که به آنتوسیانین در شاخ و برگ گیاهان حساس است. افزایش در *ARII* نشان دهنده تغییرات در شاخ و برگ از طریق رشد یا مرگ گیاه می باشد (Gitelson, Merzlyak et al. 2001).

تنش گیاهان می باشد. این شاخص به تغییرات کم پوشش برگها، فضاهای خالی و لخت موجود در مزرعه و پیری گیاهان حساس می باشد. شاخص  $mNDVI_{705}$  با شاخص  $NDVI_{705}$  این تفاوت را دارد، که یک تصحیح برای پدیده بازتابان (بازتابش آینه‌وار) گیاهان به آن اضافه شده است (Datt 1999; Sims and Gamon 2002). محدوده تغییرات این شاخص نیز مانند شاخص *NDVI* می باشد. در این تحقیق به منظور جدا نمودن پوشش گیاهی و غیر گیاهی از یکدیگر، حد آستانه 0/3 برای  $mNDVI_{705}$  بکار گرفته شد. این حد آستانه با توجه به نوع پوشش منطقه با توجه به داده‌های زمینی موجود (محدوده تعدادی از مزارع) و بررسی تصویر از نظر محتوای کلروفیل بدست آمده است. بدین منظور، با توجه به داده‌های زمینی در چند محل که دارای پوشش مزارع مشخص می باشد، مقادیر حداقل  $mNDVI_{705}$  مشخص گردید و از آنها میانگین گیری گردیده و حداقل میانگین به عنوان حد آستانه در نظر گرفته شد. نتیجه اعمال این حد آستانه بر روی تصویر ماهواره‌های منطقه مورد مطالعه در شکل 5 نمایش داده شده است. این محدوده پوشش گیاهی بدست آمده، برای تعیین حدود آستانه سایر شاخصها نیز مورد استفاده قرار گرفته که نتیجه آن در جدول (3) ارائه شده است.

شاخص *NDNI* به منظور تخمین مقادیر نسبی نیتروژن موجود در پوشش گیاهان طراحی شده است. بازتاب در 1510 نانومتر بطور گسترده به وسیله نیتروژن موجود در برگها، همچنین توسط توده زنده کل موجود در شاخ و برگها، صورت می پذیرد. غلظت نیتروژن و توده زنده شاخ و برگ، هر دو بر بازتاب در 1510 نانومتر تاثیر می گذارند (Fourty, Baret et al. 1996)، (Serrano, Penuelas et al. 2002). بازتاب در این باند با بازتاب در باند 1680 نانومتر (که فقط تاثیر جذب ناشی از توده زنده در آن وجود داشته ولی نیتروژن بر آن تاثیری ندارد) مقایسه میشود. مقدار این شاخص بین 0 تا 1 بوده و محدوده این شاخص برای گیاهان سبز بین 0/01 تا 0/12 می باشد (Fourty, Baret et al. 1996)، (Serrano, Penuelas et al. 2002). نتیجه اعمال حد آستانه این شاخص بر تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه در شکل 6 نمایش داده شده است.

*CAI* یک شاخص گیاهی است که نشان دهنده سطوح شامل مواد گیاهی خشک می باشد. جذب در محدوده 2000 تا 2200 نانومتر توسط سلولز انجام میشود. کاربردها شامل پایش باقیمانده محصولات، پوشش گیاهی پیر، بررسی شرایط امکان آتش سوزی در محیط و مدیریت چرای دام می باشد. مقدار این شاخص بین 3- تا بیشتر از 4 بوده و محدوده این شاخص برای

(Gitelson, Merzlyak et al. 2001). نتیجه اعمال این شاخص بر روی تصویر ماهواره‌های منطقه مورد مطالعه و اعمال حدود آستانه مختلف بر روی نتیجه این شاخص در شکل 9 نمایش داده شده است.

AR2 شکل بهبود یافته ARI1 بوده و نسبت به غلظتهای بالاتر آنتوسیانین حساس است (Gitelson, Merzlyak et al. 2001). مقدار این شاخص در محدوده 0 تا بیشتر از 0/2 بوده و محدوده این شاخص برای گیاهان سبز بین 0/001 تا 0/1 است

جدول 2- شاخصهای آشکارسازی عوامل موثر بر سلامت گیاهان. در تمامی موارد،  $\rho_N$  بازتابندگی در طول موج N نانومتر است

عملکرد شاخص	نام شاخص	رابطه ریاضی	مرجع
شاخصهای نشاندهنده پوشش گیاهی	شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده لبه قرمز (Red Edge Normalized Difference Vegetation Index)	$NDVI_{\rho_{V.5}} = \frac{\rho_{V.5} - \rho_{V.5}}{\rho_{V.5} + \rho_{V.5}}$	(Gitelson and Merzlyak 1994; Sims and Gamon 2002)
	شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده بهبود یافته لبه قرمز (Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index)	$mNDVI_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705} - 2\rho_{445}}$	(Datt 1999; Sims and Gamon 2002)
شاخص تشخیص نیتروژن	شاخص تفاضلی نرمال شده نیتروژن (Normalized Difference Nitrogen Index)	$NDNI = \frac{\log(1/\rho_{1510}) - \log(1/\rho_{1680})}{\log(1/\rho_{1510}) + \log(1/\rho_{1680})}$	(FOURTY, BARET ET al. 1996; SERRANO, PENUELAS ET AL. 2002)
شاخصهای نشاندهنده کربن برگهای پیر یا خشک	شاخص جذب سلولز (Cellulose Absorption Index)	$CAI = 0.5 \left( \frac{\rho_{2000} - \rho_{2200}}{\rho_{2100}} \right)$	(Daughtry 2001; Daughtry, Hunt Jr et al. 2004)
	شاخص بازتابندگی پیری گیاهان (Plant Senescence Reflectance Index)	$PSRI = \frac{\rho_{680} - \rho_{500}}{\rho_{750}}$	(Merzlyak, Gitelson et al. 1999)
شاخصهای نشاندهنده رنگدانه برگها (Leaf Pigments)	شاخص 1 بازتابندگی کاروتنوئید (Carotenoid Reflectance Index 1)	$CRI1 = \left( \frac{1}{\rho_{510}} \right) - \left( \frac{1}{\rho_{550}} \right)$	(Gitelson, Zur et al. 2002)
	شاخص 2 بازتابندگی کاروتنوئید (Carotenoid Reflectance Index 2)	$CRI2 = \left( \frac{1}{\rho_{510}} \right) - \left( \frac{1}{\rho_{700}} \right)$	(Gitelson, Zur et al. 2002)
	Anthocyanin Reflectance Index 1	$ARI1 = \left( \frac{1}{\rho_{550}} \right) - \left( \frac{1}{\rho_{700}} \right)$	(Gitelson, Merzlyak et al. 2001)
	Anthocyanin Reflectance Index 2	$ARI2 = \rho_{800} \left[ \left( \frac{1}{\rho_{550}} \right) - \left( \frac{1}{\rho_{700}} \right) \right]$	(Gitelson, Merzlyak et al. 2001)
شاخصهای نشاندهنده محتوای آب پوشش گیاه (Canopy Water Content)	شاخص تفاضلی نرمال شده آب (Normalized Difference Water Index)	$NDWI = \frac{\rho_{857} - \rho_{1241}}{\rho_{857} + \rho_{1241}}$	(Gao 1995)
	شاخص تنش رطوبت (Moisture Stress Index)	$MSI = \frac{\rho_{1599}}{\rho_{819}}$	(Hunt Jr. and Rock 1989; Ceccato, Flasse et al. 2001)
	شاخص تفاضلی نرمال شده مادون قرمز (Normalized Difference Infrared Index)	$NDII = \frac{\rho_{819} - \rho_{1649}}{\rho_{819} + \rho_{1649}}$	(Hardisky, Klemas et al. 1983; Jackson, Chen et al. 2004)

گیاهان، جذب ضعیف آب مایع در 1241 نانومتر را بارز می نماید (Gao 1995). از این شاخص در آنالیز تنش پوشش جنگلی، مطالعات شاخص سطح برگ (Leaf Area Index) در گیاهان با شاخ و برگ متراکم و مدل نمودن تولید محصول استفاده می شود. مقدار این شاخص در محدوده 1- تا 1 بوده و محدوده این شاخص برای گیاهان سبز بین 0/1 تا 0/4 است (Gao 1995). نتیجه اعمال این شاخص بر روی تصویر ماهواره‌های منطقه مورد مطالعه و اعمال حدود آستانه مختلف بر روی نتیجه این شاخص در شکل 10 نمایش داده شده است.

شاخصهای تشخیص محتوای آب پوشش گیاهی برای بدست آوردن مقیاسی از مقدار آب موجود در شاخ و برگ گیاه طراحی شده‌اند. محتوای آب، به دلیل اینکه نشان دهنده سلامت گیاه و رشد آن و مقاومت در مقابل آتش سوزی می باشد، پارامتری مهم در گیاهان است.

NDWI شاخصی حساس به تغییرات در محتوای آب پوشش گیاهی میباشد. به علت اینکه بازتابندگی در 857 نانومتر و 1241 نانومتر شبیه بهم بوده و تنها اندکی در خواص جذبی آب مایع تفاوت میکنند، پراکنش نور به وسیله پوشش

داده شده است. در هر قسمت، نتیجه اعمال شاخص بصورت رنگهایی مختلف نشان داده شده است.

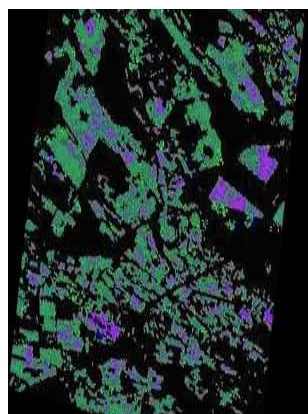
همانطور که گفته شد، با استفاده از اعمال تکتک

شاخصها بر روی تصویر ماهواره‌های میتوان یک بررسی بر روی پارامترهای مختلف موثر بر سلامت گیاه انجام داد. یک مشکل اساسی در استفاده از شاخصها، تعیین حد آستانه مناسب است که در بسیاری از کاربردها که از شاخصها استفاده میگردد ظاهر میشود. بدین صورت که نمیتوان یک حد و آستانه مناسب جهت جدا نمودن یک پدیده خاص معرفی نمود. این مشکل در مرزهای عوارض بسیار نمود پیدا مینماید. چون پیکسلهای مرزی درصد قابل توجهی از یک تصویر را تشکیل میدهند، بنابراین نتایج بسیار وابسته به تعیین حد آستانه مناسب جهت تعیین و جدا سازی عوارض و مشخص نمودن مرز عوارض میباشد. یکی دیگر از مشکلات، وجود پیکسلهای مختلط (Mixed Pixel) مخصوصا در مرز عوارض میباشد که نتایج طبقه بندی را دچار مشکل میسازد. این امر ناشی از طبیعت روشهای طبقه بندی پیکسل مینا میباشد.

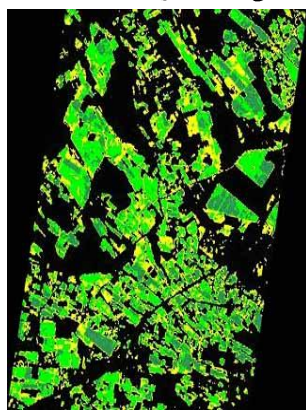
با توجه به این که هر کدام از این شاخصها نشان دهنده پارامتر خاصی از گیاهان میباشد، به منظور کسب اطلاعات دقیقتر در مورد گیاهان، بایستی این شاخصها بطور توأمان مورد بررسی قرار گیرند. بدین منظور در مرحله دوم، از روش طبقه‌بندی تصمیم گیری درختی استفاده گردید. دلایل استفاده از این روش را میتوان بطور کلی چنین بیان نمود:

#### بررسی توأمان شاخصهای مختلف گیاهی

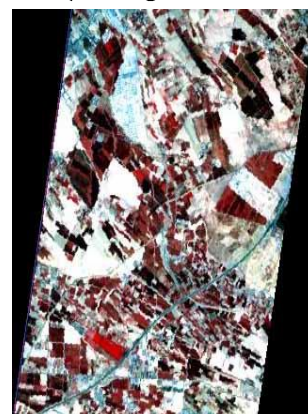
مشکلات موجود در تعیین حد آستانه مناسب. زیرا اگر در یکی از شاخصها حد آستانه بطور مناسب انتخاب نگردد، ممکن است اطلاعات مفیدی از دست برود. با استفاده از این روش اگر در یک مرحله و در یک شاخص، حد آستانه بطور مناسب انتخاب نگردد و اطلاعات از دست رفت در مراحل بعدی جبران گردد.



شکل 6- تصویر منطقه پس از اعمال شاخص *NDNI*



شکل 5- تصویر منطقه پس از اعمال شاخص  $mNDVI_{705}$ . از این تصویر بعنوان مرجع برای تعیین پوشش گیاهی در بقیه موارد استفاده شده است.



شکل 4- تصویر منطقه مورد مطالعه (ترکیب رنگی باندهای 17، 27، 37)

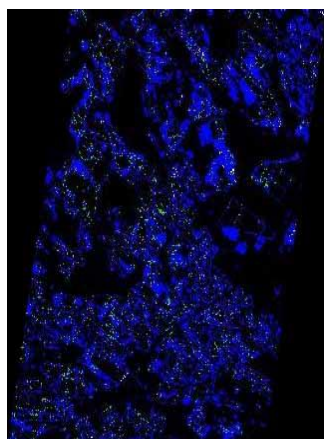
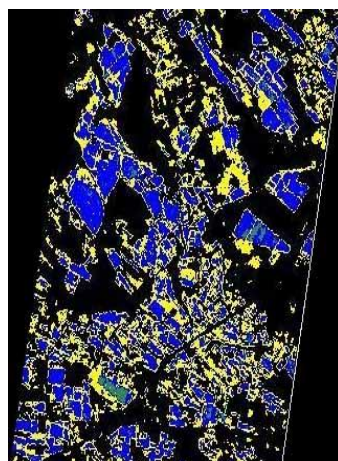
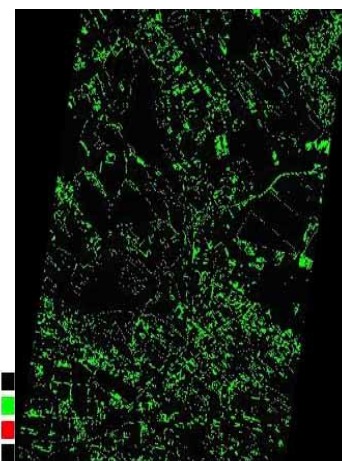
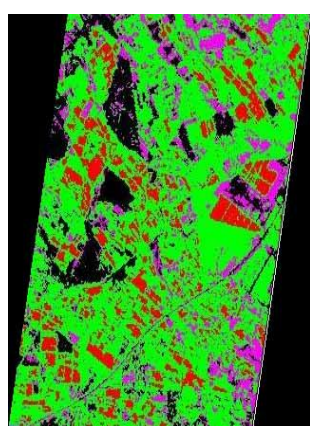
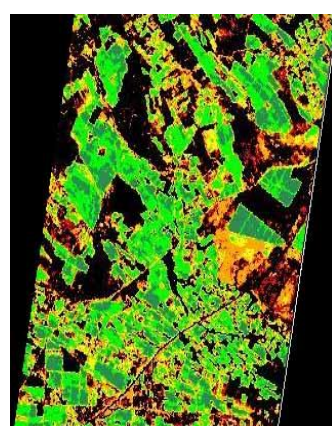
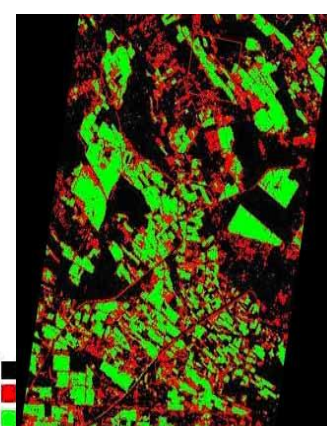
*NDII* نیز شاخصی است که به تغییرات در محتوای آب پوششهای گیاهی حساس میباشد. مقدار این شاخص با افزایش محتوای آب، افزایش مییابد (Hardisky, Klemas et al. 1983; Jackson, Chen et al. 2004). کاربردهای این شاخص شامل: مدیریت مزارع کشاورزی، پایش پوششهای جنگلی و کشف تنش آبی گیاهان میباشد. محدوده تغییرات این شاخص بین 1- تا 0/02 بوده و این محدوده برای گیاهان سبز بین 0/6 تا 0/02 است (Hardisky, Klemas et al. 1983; Jackson, Chen et al. 2004). نتیجه اعمال این شاخص بر روی تصویر ماهواره‌های منطقه مورد مطالعه و اعمال حدود آستانه مختلف بر روی نتیجه این شاخص در شکل 11 نمایش داده شده است.

#### *MSI* شاخصی است که به افزایش محتوای آب برگ

حساس میباشد. هنگامی که محتوای آب برگها در گیاهان افزایش مییابد، جذب در حول و حوش 1599 نانومتر نیز افزایش پیدا میکند. از طرفی جذب در 819 نانومتر به تغییرات محتوای آب حساس نبوده و بنابراین به عنوان مرجع در نظر گرفته میشود (Hunt Jr. and Rock 1989; Ceccato, Flasse et al. 2001). کاربردهای این شاخص را میتوان در آنالیز تنش پوشش گیاهی، مدل کردن و پیشبینی تولید محصول، آنالیز شرایط خطر آتش سوزی و مطالعات فیزیولوژیکی اکوسیستم خلاصه کرد. مقادیر بالای *MSI* نشان دهنده تنش بیشتر آبی یعنی محتوای کمتر آب میباشد. محدوده تغییرات این شاخص از 0 تا بیشتر از 3 بوده و این محدوده برای گیاهان سبز بین 0 تا 0/4 است (Hunt Jr. and Rock 1989; Ceccato, Flasse et al. 2001). نتیجه اعمال این شاخص بر روی تصویر ماهواره‌های منطقه مورد مطالعه و اعمال حدود آستانه مختلف بر روی نتیجه این شاخص در شکل 12 نمایش داده شده است.

شکل (4) قسمتی از تصویر ماهواره‌های که دارای بیشترین پوشش گیاهی میباشد را نشان می دهد. در شکل‌های (5) الی (12) نتیجه اعمال شاخصهای مختلف بر روی تصویر فوق نشان



شکل 9- تصویر منطقه پس از اعمال شاخص *ARI*شکل 8- تصویر منطقه پس از اعمال شاخص *CRI*شکل 7- تصویر منطقه پس از اعمال شاخص *PSRI*شکل 12- تصویر منطقه پس از اعمال شاخص *MSI*شکل 11- تصویر منطقه پس از اعمال شاخص *NDII*شکل 10- تصویر منطقه پس از اعمال شاخص *NDWI*

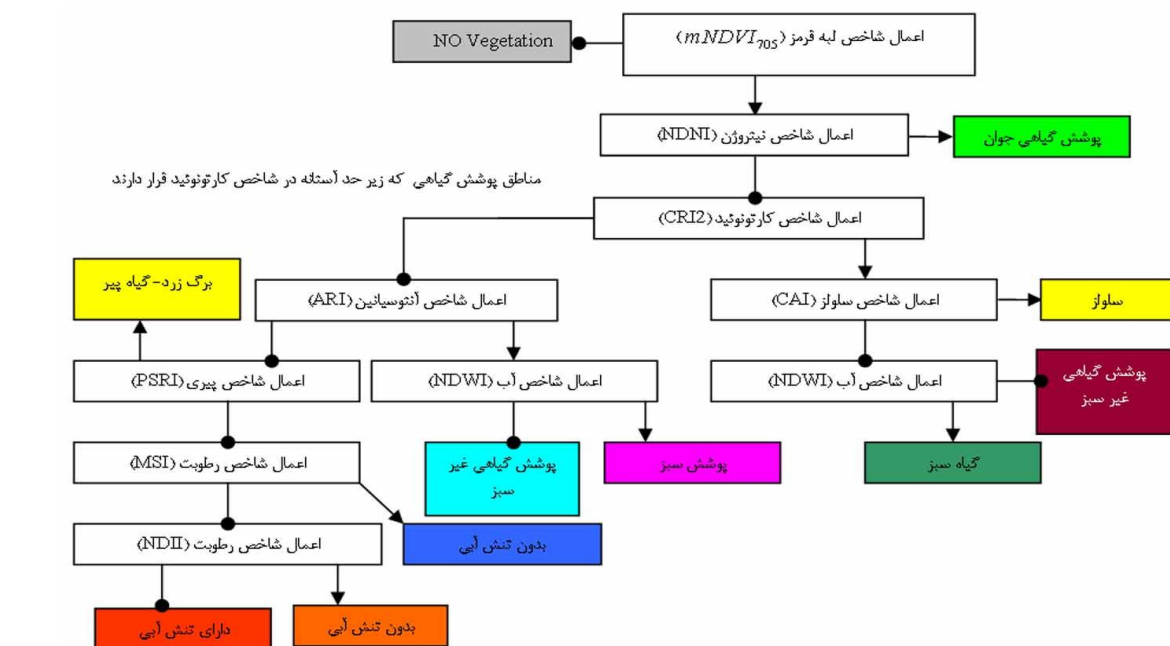
گیاهی با گیاهان در حال رشد به عنوان کلاس 1 جدا گردید (مرحله 2). در مرحله سوم، میزان کاروتنوئید (*CRI*)، در مرحله چهارم از شاخص سلولز (*CAI*) میزان گیاهان خشک و مرده و با استفاده از شاخص *ARI* برای برآورد میزان شاخ و برگ استفاده گردید. در لایه پنجم، شاخصهای *PSRI* و *NDWI* محاسبه و با اعمال حد آستانه مناسب تصویر به کلاسهای مختلفی از میزان تنش و سن پوشش گیاهی تقسیم بندی گردید. در لایههای ششم و هفتم تصمیمگیری، در رابطه با محتوای آب گیاه با استفاده از شاخص های *MSI* و *NDII* تصویر به کلاسهای مختلف تقسیمبندی گردید. در شکل (13) روندنمای مراحل مختلف انجام این روش طبقه بندی نشان داده شده است.

در نهایت تصویر منطقه مورد مطالعه به 11 کلاس مختلف (شامل یک کلاس غیر گیاه و 10 کلاس وضعیت مختلف گیاهان از نظر سلامتی و رشد) طبقه بندی گردید. در شکل (14) نتیجه اعمال این روش طبقه بندی بر روی تصویر ماهواره های منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

این روش یک طبقه بندی چند مرحله ای میباشد که با استفاده از یک سری تصمیمات باینری، هر پیکسل در یک کلاس قرار داده میشود. هر مرحله تصمیم گیری بر اساس نوع شرط و رابطه ریاضی مورد نظر، پیکسلهای موجود در تصویر را به دو کلاس تقسیم مینماید. هر کلاس جدید میتواند بر اساس یک شرط جدید، به دو کلاس دیگر تقسیم بندی شود و به همین منوال میتوان لایه های جدید تصمیم گیری ایجاد نموده و بدین صورت تعداد کلاسها را افزایش داد. در این رابطه می توان داده هایی از منابع مختلف را مورد استفاده قرار داده و به عنوان ورودی طبقه بندی معرفی نمود.

در ابتدا با استفاده از شاخص لبه قرمز  $mNDVI_{705}$  مناطق دارای پوشش گیاهی و غیرگیاهی از یکدیگر جدا گردید (مرحله 1). این تصویر تولید شده بعنوان یک لایه بر روی تصاویر سایر شاخصها انداخته شد و در نتیجه منطقه مورد مطالعه تنها به منطقه با پوشش گیاهی منحصر گردید. در مرحله بعد با استفاده از شاخص نیتروژن (*NDNI*) مناطقی که دارای نیتروژن بالا بوده به عنوان مناطق پوشش





شکل 13- روند نامی الگوریتم انجام عمل طبقه‌بندی به روش تصمیم‌گیری درختی و کلاسه‌های مختلف تولید شده (● نشان‌دهنده عملگر نه و → نشان‌دهنده عملگر بله)

جدول 3 - حدود آستانه نسبی شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش

نام شاخص	نوع شاخص	حدود آستانه	در صد پوشش در تصویر	مرجع حدود آستانه
$mNDVI_{705}$	منطقه دارای گیاه	0,3-1	39,165	با استفاده از داده‌های زمینی
NDNI	گیاهان دارای نیتروژن بالا	0,12-1	4,999	14 و 30
PSRI	گیاهان در حال پیری	0,1-0,25	14,438	27
CRI	گیاهان سبز	1-11	29,343	19
ARI	گیاهان دارای آنتوسیانین	0,001-0,1	2,784	20
NDWI	گیاهان سبز دارای آب	0,1-0,4	31,381	18
MSI	گیاهان سبز که دارای استرس آب نمیباشند	0-0,4	15,993	7 و 24
NDNII	مناطق دارای گیاهان سبز	0,2-0,6	34,947	23 و 26

### ارزیابی نتایج

داده‌های زمینی موجود مطابقت نداشته و نشان‌دهنده این مطلب است که از کلاسه‌های دیگر به اشتباه در این کلاس قرار گرفته است ولی در روش دوم (جدول 3) خروجی شاخص  $PSRI$  مقدار 2/5 درصد محاسبه گردیده است که با مراجعه به داده‌های زمینی موجود و کلاسه‌های اطلاعاتی که از منطقه موجود بود، این مقدار صحیحتر به نظر می‌رسد.

با مراجعه به جدول 3 و با توجه به زمان اخذ این تصویر (اوایل خردادماه) میتوان دریافت که حدود 16 درصد گیاهان در این منطقه دارای پوشش سبز رشد یافته میباشند (مزارع کشاورزی که در مرحله نزدیک به برداشت هستند) و همچنین 5 درصد نیز در حال رشد هستند. همچنین با استفاده از این جدول می‌توان دریافت که قسمتهایی که به عنوان یک نوع گیاه شناسایی شده است، در کلاسه‌های مختلف طبقه‌بندی شده‌اند. به عنوان مثال، در شکل 14 که نتیجه این طبقه بندی در یک مزرعه ارائه شده است، مشاهده میشود که این مزرعه که دارای یک نوع پوشش گیاهی و یک نوع کشت میباشد، به کلاسه‌های

در جدول شماره 3 حدود آستانه مختلف مورد استفاده و نتایج اعمال این حدود و تشکیل کلاسه‌های مختلف بر روی شاخص‌های گفته شده در مرحله قبل ارائه گردیده است. همچنین در جدول شماره 4 نتایج طبقه‌بندی تصمیم‌گیری شاخه درختی و درصد محاسبه شده و توزیع هر یک از کلاس‌ها نشان داده شده است.

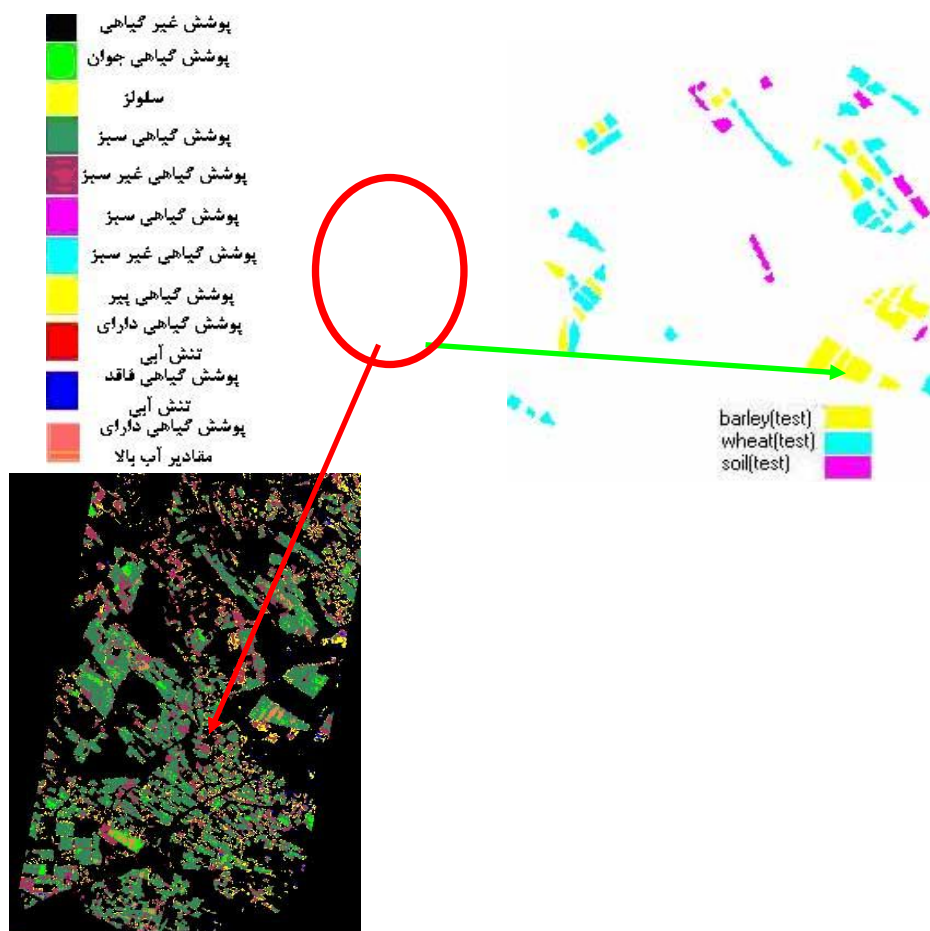
با مقایسه این دو جدول، مشخص میشود که با استفاده از روش طبقه بندی تصمیم‌گیری درختی، بسیاری از اطلاعات ناخواسته حذف گشته و بررسی فقط بر روی گیاهان سبز انجام میشود. این امر باعث بهبود دقت طبقه‌بندی شده و طبقه بندی بصورت هدفمند فقط به بررسی گیاهان و پارامترهای موثر بر سلامت آنها میپردازد. بطور مثال در روش اول مقدار شاخص  $PSRI$  14/4 درصد محاسبه گردیده که مناطق زیادی از مزارع را شامل می‌گردد. این امر با واقعیت مشاهده شده در زمین و

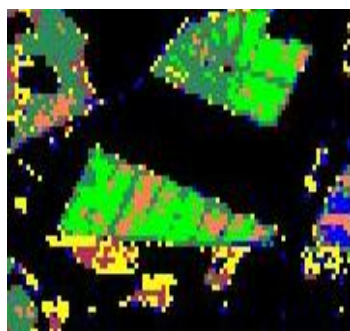
است. مزیت استفاده از این روش طبقه‌بندی در این است که در عین اینکه از منابع اطلاعاتی مختلف استفاده شده است، سرعت و دقت عملیات در مقایسه با سایر روشهای سنجش از دوری بالاتر رفته و علاوه بر آن در هر مرحله میتوان با توجه به کاربردهای خاص، مقادیر آستانه و رابطه ریاضی را تغییر داده و نتایج را عینا مشاهده و با داده های زمینی همزمان مقایسه نمود. به بیان دیگر میتوان الگوریتم را برای مناطق مختلف و یا برای پوششهای متفاوت، کالیبره نمود. این کالیبراسیون بدین معنی است که اندازگیری پارامترها و سپس شاخصها همزمان با عبور ماهواره صورت پذیرد.

مختلفی طبقه‌بندی شده‌است. بدین معنی که بر خلاف تصور و مشاهدات بصری زمینی، قسمت‌های مختلف کشت در مزرعه از نظر رشد و سلامتی متفاوت میباشند. با استفاده از این تصویر مزرعه، میتوان قسمتهایی از مزرعه که گیاه در آن در اثر تنش آبی خشک گردیده را بطور نسبی مشخص نمود (قسمتهایی که در تصویر با رنگ زرد مشخص شده است). این مطلب در مناطق جنگلی از جنبه پیشبینی امکان وقوع آتش سوزی، بسیار حائز اهمیت است. همچنین بخشی از مزرعه که به عنوان منطقه دارای محتوای آب بالا طبقه‌بندی گردیده است با مراجعه به داده‌های زمینی مشخص گردید که در مجاورت کانال آب قرار گرفته و نسبت به سایر مناطق مزرعه آب بیشتری دریافت نموده

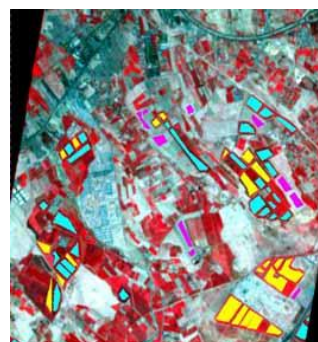
جدول 4- وضعیت توزیع نسبی کلاسهای خروجی الگوریتم طبقه بندی تصمیم گیری درختی

درصد	نام و نوع کلاسهای طبقه‌بندی شده	درصد	نام و نوع کلاسهای طبقه‌بندی شده
0,027	خروجی مرحله 5 (NDWI) پوشش سبز گیاهی	56,285	خروجی مرحله 1 (mNDVI) پوشش غیر گیاهی
0,016	خروجی مرحله 5 (NDWI) پوشش گیاهی غیر سبز	4,992	خروجی مرحله 2 (NDNI) گیاه در حال رشد
2,469	خروجی مرحله 5 (PSRI) برگ خشک و پیر	5,067	خروجی مرحله 4 (CAI) پوشش سلولز
0,007	خروجی مرحله 7 (NDII) گیاهان دارای تنش آبی	16,047	خروجی مرحله 5 (NDWI) پوشش سبز رشد یافته
			خروجی مرحله 5 (NDWI) پوشش گیاهی غیر سبز
4,341	خروجی مرحله 6 (MSI) گیاهان بدون محتوای آب	4,667	
		6,083	خروجی مرحله 7 (MSI) گیاهان دارای آب کافی





الف



ب

شکل 14- بالا: تصویر طبقه بندی شده در 11 کلاس، پایین الف: نمونه نتیجه طبقه‌بندی نسبی در یک مزرعه، میتوان به خوبی دریافت که نوع رشد گیاه در مزرعه یکسان نبوده و حتی نقاط مختلف مزرعه از نظر سلامت نیز یکسان نیست. پایین ب: داده‌های زمینی موجود از منطقه نشان دهنده نوع کشت یکسان در مزرعه است.

از مشکلات اساسی در استفاده از شاخصها، تعیین حد آستانه مناسب برای آنهاست. این مشکل در بسیاری از کاربردها که در آنها از شاخصها استفاده میگردد، ظاهر میشود. بدین معنی که نمیتوان بدون اندازه گیریهای میدانی دقیق، یک حد و آستانه مناسب برای هر شاخص جهت جدا نمودن یک پدیده خاص معرفی نمود. همچنین وجود پیکسلهای مختلط (Mixed Pixel) مخصوصا در مرز عوارض نیز نتیجهگیری دقیق از شاخصها در رابطه با طبقه‌بندی تصویر را خصوصا در تصاویر ماهواره‌ای، با مشکل مواجه میسازد که این امر ناشی از طبیعت روشهای طبقه‌بندی پیکسل مبنا میباشد. در این تحقیق به منظور کاهش این تاثیرات و حداقل نمودن خطاها، از روش طبقه بندی تصمیم گیری درختی استفاده گردید.

نتایج خروجی از این روش طبقه‌بندی نشان داد که می توان با استفاده از این روش سلامت گیاهان یک منطقه را از طریق طبقه‌بندی آنها به کلاسهای مختلف و با استفاده از سنجندهای ابرطیفی اعم از دستی، هوابرد و یا فضا برد مورد پایش قرار داد. همچنین با در دسترس بودن تصاویر از یک منطقه میتوان به بررسی و پایش گیاهان سبز، پارامترهای موثر بر سلامت آنها و کشف تشنه‌های وارد بر گیاهان که گاهی حتی با مشاهدات بصری زمینی هم قابل کشف نمیباشند، پرداخت.

### نتیجه گیری

تصاویر ابرطیفی با داشتن قدرت تفکیک طیفی بالا و تصویر برداری در محدوده طیفی باریک، قابلیت بسیار بالایی را در پایش گیاهان و محصولات کشاورزی دارا می باشند. با توجه به تعداد زیاد باندها در تصاویر ابرطیفی، لزوم انتخاب باند بهینه به منظور مطالعات ضروری میباشد. بدین منظور میتوان از موقعیت باندهای جذبی متناظر با مواد مختلف و از شاخصهایی که بدین منظور تعریف شده‌اند، استفاده نمود. در خصوص بررسی رشد و نمو گیاهان و سلامتی آنها، بایستی پارامترهای مختلف موثر در سلامت و رشد گیاهان بطور توأمان مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند.

در این پژوهش، ابتدا با توجه به موقعیت خطوط جذبی در طیف مواد مختلف موجود در گیاهان، 17 باند به منظور اعمال الگوریتم انتخاب گردید. با استفاده از این باندها، شاخصهای مختلف گیاهی برای تصویر ماهواره‌ای محاسبه شد. آنگاه نتایج اعمال هر شاخص بر روی تصویر ماهواره‌ای، بطور نسبی مورد بررسی قرار گرفته و تصویر حاصل بر اساس مقادیر محاسبه شده به نواحی مختلف تقسیم گردید. به منظور دستیابی به نتایج قابل استفاده، بایستی همه این شاخصها در تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گیرند که بدین منظور روش طبقه‌بندی تصمیم گیری درختی پیشنهاد گردید.

### REFERENCES

- Apan, A., A. Held, et al. (2004). "Detecting sugarcane 'orange rust' disease using EO-1 Hyperion hyperspectral imagery." *Int. j. remote sensing*. 25.
- Beck, R. (2003). "EO-1 User Guide v. 2.3, <http://eo1.usgs.gov/documents.php>."
- Bisun, D., R. M. Tim, et al. (2003). "Preprocessing EO-1 Hyperion Hyperspectral Data to Support the Application of Agricultural Indexes." *GeoRS* 41(6): 1246-1259.
- Ceccato, P., S. Flasse, et al. (2001). "Detecting Vegetation Leaf Water Content Using Reflectance in the Optical Domain." *Remote Sensing of Environment* 77: 22-33.
- Curran, P. J. (1989). "Remote Sensing of foliar chemistry." *Remote sens. Environ.* 30: 271-278.
- Curran, P. J., J. L. Dungan, et al. (1992). "Reflectance Spectroscopy of fresh whole leaves for the estimation of chemical concentration." *Remote sens. Environ.* 39: 153-166.
- Datt, B. (1999). "A New Reflectance Index for Remote Sensing of Chlorophyll Content in Higher Plants: Tests Using Eucalyptus Leaves." *Journal of Plant*

- Physiology* 154: 30-36.
- Daughtry, C. S. T. (2001). "Discriminating Crop Residues from Soil by Short-Wave Infrared Reflectance." *Agronomy Journal* 93: 125-131.
- Daughtry, C. S. T., E. R. Hunt Jr, et al. (2004). "Assessing Crop Residue Cover Using Shortwave Infrared Reflectance." *Remote Sensing of Environment* 90: 126-134.
- Elvidge, C. D. (1990). "Visible and near infrared reflectance characteristics of dry plant materials." *Int. J. Remote Sensing* 11: 1775-1795.
- Fourty, T., F. Baret, et al. (1996). "Leaf Optical Properties with Explicit Description of Its Biochemical Composition: Direct and Inverse Problems." *Remote Sensing of Environment* 56: 104-117.
- Gao, B. C. (1995). Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. Proceedings of SPIE 2480.
- Gitelson, A. A. and M. N. Merzlyak (1994). "Spectral Reflectance Changes Associated with Autumn Senescence of *Aesculus Hippocastanum* L. and *Acer Platanoides* L. Leaves. Spectral Features and Relation to Chlorophyll Estimation." *Journal of Plant Physiology* 143: 286-292.
- Gitelson, A. A., M. N. Merzlyak, et al. (2001). "Optical Properties and Nondestructive Estimation of Anthocyanin Content in Plant Leaves." *Photochemistry and Photobiology* 71: 38-45.
- Gitelson, A. A., Y. Zur, et al. (2002). "Assessing Carotenoid Content in Plant Leaves with Reflectance Spectroscopy." *Photochemistry and Photobiology* 75: 272-281.
- Hardisky, M. A., V. Klemas, et al. (1983). "The Influences of Soil Salinity, Growth Form, and Leaf Moisture on the Spectral Reflectance of *Spartina Alterniflora* Canopies." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 49: 77-83. .  
<http://eo1.gsfc.nasa.gov/>.
- Hunt, G. R. (1980). Electromagnetic Radiation: The Communications Link in Remote Sensing, Remote Sensing in Geology. New Yourk, Wiley
- Hunt Jr., E. R. and B. N. Rock (1989). "Detection of Changes in Leaf Water Content Using Near- And Middle-Infrared Reflectances." *Remote Sensing of Environment* 30: 43-54.
- Jackson, T. L., D. Chen, et al. (2004). "Vegetation Water Content Mapping Using Landsat Data Derived Normalized Difference Water Index for Corn and Soybeans." *Remote Sensing of Environment* 92: 475-482. .
- Merzlyak, J. R., A. A. Gitelson, et al. (1999). "Non-destructive Optical Detection of Pigment Changes During Leaf Senescence and Fruit Ripening." *Physiologia Plantarum* 106: 135-141.
- Rezaei, Y. and M. R. Mobasheri (2008). "A Fast Method for Removing the Aerosols Effects Form MODIS Images." *Tehran University Journal* 42(3): (in Farsi).
- Serrano, L., J. Penuelas, et al. (2002). "Remote Sensing of Nitrogen and Lignin in Mediterranean Vegetation from AVIRIS Data: Decomposing Biochemical from Structural Signals." *Remote Sensing of Environment* 81: 355-364.
- Sims, D. A. and J. A. Gamon (2002). "Relationships Between Leaf Pigment Content and Spectral Reflectance Across a Wide Range of Species, Leaf Structures and Developmental Stages." *Remote Sensing of Environment* 81: 337-354.
- van der Meer, F. D. and S. M. d. Jong. (2001). *Imaging Spectrometry.. Basic Principles and Prospective Applications*, Kluwer.