

استفاده از روش طبقه‌بندی چندزمانه و داده‌های سنجنده AVHRR ماهواره NOAA به منظور تخمین دقیق سطح زیرکشت محصول برنج در استان گیلان

عبدالرضا انصاری آملی^{۱*}، عباس علیمحمدی سراب^۲

۱- کارشناس ارشد سنجش از دور، سازمان فضایی ایران، تهران، ایران
۲- استادیار دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی ژئوماتیک، گروه GIS، تهران، ایران

دریافت: ۸۶/۸/۳۰ پذیرش: ۹۰/۴/۱۰

چکیده

نظارت بر محصولات کشاورزی نقش بسیار مهمی در تأمین مواد غذایی مورد نیاز جهانی دارد. متأسفانه به علت بی‌توجهی به مسائل اصولی توسعه، با افزایش جمعیت و توسعه اقتصاد و صنعت، کمیت و کیفیت زمین‌های کشاورزی به سرعت کاهش پیدا می‌کند. در همین ارتباط، اندازه‌گیری دقیق میزان محصولات کشاورزی از اهمیت مهمی در آمار کشاورزی برخوردار است. به‌طور کلی به منظور تخمین تولیدات محصول، اطلاعاتی مانند مساحت و میزان تولید در واحد سطح از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. فناوری سنجش از دور می‌تواند اطلاعاتی با ارزش و به موقع درباره توزیع محصول، سطح زیر کشت و پتانسیل تولید در اختیار تصمیم‌گیران در بخش کشاورزی قرار دهد. در دهه‌های اخیر روش‌های متعددی به منظور طبقه‌بندی و محاسبه سطح زیر کشت محصولات کشاورزی از داده‌های سنجش از دور ارائه شده است.

هدف از این تحقیق طبقه‌بندی محصول برنج و برآورد سطح زیرکشت آن در استان گیلان در شمال ایران با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجنده AVHRR (ماهواره NOAA) می‌باشد. به همین منظور از روش طبقه‌بندی چندزمانه متکی بر استخراج بیشینه NDVI روزانه به منظور حذف ابر استفاده شده است. نوآوری روش طبقه‌بندی استفاده شده عبارت است از تنوع در کاربرد عملیات جبری اعمال شده بر روی NDVI‌های ماهانه به منظور استخراج و تفکیک مناطقی که دارای بیش‌ترین میزان سبزی‌نگی در طی فصل رشد در منطقه مورد مطالعه هستند. نتایج به‌دست آمده از به‌کارگیری روش فوق نشان می‌دهد که علی‌رغم قدرت تفکیک پایین داده‌های AVHRR در مناطقی که مزارع برنج در سطح وسیع

E-mail: abdolreza.ansari@gmail.com

* نویسنده مسؤول مقاله:

و پیوسته گسترش یافته‌اند، دقت محاسبات مربوط به سطح زیرکشت برنج تا میزان قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند تا جایی که در مقایسه با نقشه مرجع دقت نهایی برابر با ۹۱/۹۶ درصد می‌باشد. با توجه به پایین بودن هزینه‌های روش استفاده شده در تحقیق، بررسی‌های بیش‌تر به منظور ارزیابی دقیق‌تر آن توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، سطح زیرکشت، برنج، طبقه‌بندی چندزمانه، ماهواره NOAA، گیلان.

۱- مقدمه

پیش‌بینی و تخمین میزان محصول تأثیر مستقیمی بر اقتصاد ملی و بین‌المللی دارد و نقش مهمی در مدیریت مواد غذایی ایفا می‌کند (هولبن^۱، ۱۹۸۶). به‌طور کلی به منظور تخمین میزان محصول در یک مزرعه دو پارامتر مهم سطح زیرکشت و متوسط میزان محصول برحسب تن بر هکتار در مناطق نمونه استخراج شده مورد نیاز است. بر همین اساس میزان کل محصول اغلب از ضرب دو پارامتر فوق به‌دست می‌آید. سطح زیرکشت پارامتری است که اندازه‌گیری آن در زمین مستلزم صرف هزینه و وقت فراوان می‌باشد (آبیسیت^۲ ایرامنوه و همکاران، ۱۹۹۴). در دهه‌های اخیر با گسترش ماهواره‌ها و به دنبال آن گسترش فناوری سنجش از دور، الگوریتم‌ها و روش‌های متعددی به منظور تعیین سطح زیرکشت محصولات مختلف ارائه شده‌اند. استفاده از روش‌های سنجش از دور ماهواره‌ای بویژه در مطالعات مربوط به پوشش گیاهی، راحت‌تر و ارزان‌تر از روش‌های زمینی می‌باشد. اما در برخی موارد بویژه در مواقع ابری بودن هوا دسترسی به اطلاعات از منطقه مورد مطالعه با مشکلاتی همراه است. بالا بودن تواتر گذر در این ماهواره‌ها، علاوه بر امکان استفاده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی چندزمانه^۳ قابلیت حذف بخش قابل توجهی از ابر را نیز در تصاویر ترکیبی فراهم می‌سازد.

روش‌های طبقه‌بندی چند زمانه (که از داده‌های مربوط به زمان‌های مختلف استفاده می‌کنند) با استفاده از روند تغییرات فصلی شاخص‌های پوشش گیاهی نتایج خوبی را برای تفکیک کلاس‌های مختلف ارائه می‌کنند (رمبولد^۴ و همکاران، ۲۰۰۴). گیاهان مختلف دارای

1. Holben
2. Abhisit
3. Multi-temporal classification
4. Rembold

خواص سطحی مختلفی هستند و این خواص در طی فرایند رشد آنها نیز به طور مداوم و پیوسته تغییر می‌کند؛ به عبارت دیگر مراحل مختلف رشد در گیاه روی علامت بازتاب یافته از سطح آنها تأثیر می‌گذارد. این ویژگی اساس تفکیک انواع محصولات در طبقه‌بندی چند زمانه می‌باشد. یکی دیگر از ویژگی‌های داده‌های چند زمانه قابلیت آنها برای کاهش آثار ابر و خطاهای اتمسفری می‌باشد. روش ترکیبی بیش‌ترین مقدار^۱ یکی از مهم‌ترین روش‌های کاهش ابر می‌باشد که در ترکیب NDVIهای روزانه از آنها استفاده می‌شود (هولبن، ۱۹۸۶). به عنوان مثال با تلفیق سری‌های زمانی ۱۰ روزه داده‌های NDVI استخراج شده از سنجنده AVHRR مربوط به ۱۳ سال و داده‌های ETM+ مربوط به ۵ تاریخ از منطقه توسکانی در مرکز ایتالیا روش مناسبی برای تفکیک محصولات زمستانه ارائه شده است (رمبولد^۲ و همکاران، ۲۰۰۴). هم‌چنین در تحقیقاتی که به‌وسیله اندرز^۳ و همکاران (۱۹۹۴)، لمبین^۴ و همکاران (۱۹۹۴)، اولسن و همکاران^۵ (۱۹۹۴)، رانینگ^۶ و همکاران (۱۹۹۵)، لمبین (۱۹۹۶)، آزاللی و همکاران^۷ (۲۰۰۰) و هایس^۸ و همکاران (۱۹۹۶) انجام شده است، نشان می‌دهد که روش طبقه‌بندی چند زمانه در تعیین سطح زیرکشت محصولات کشاورزی از دقت خوبی برخوردار است. لوبل^۹ و همکاران (۲۰۰۳) و هم‌چنین ون نیل و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که دقت طبقه‌بندی با استفاده از تصویر تک‌زمانه لندست به منظور تهیه نقشه‌های مربوط به مزارع کشاورزی کم‌تر از زمانی است که از چند تصویر برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود. ژانگ^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیق خود با استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده مودیس و تلفیق شاخص‌های مختلف تعیین پوشش گیاهی و رطوبت خاک مشاهده کردند که دقت روش طبقه‌بندی چند زمانه به میزان قابل توجهی نسبت به روش‌های تک زمانه افزایش پیدا کرده است.

هدف اصلی در این تحقیق، طبقه‌بندی محصول برنج و برآورد سطح زیرکشت آن در استان

1. Maximum Value Composite (MVC)
2. Rembold
3. Andres
4. Lambin
5. Olsson
6. Running
7. Azzali
8. Hayes
9. Lobell
10. Zhang

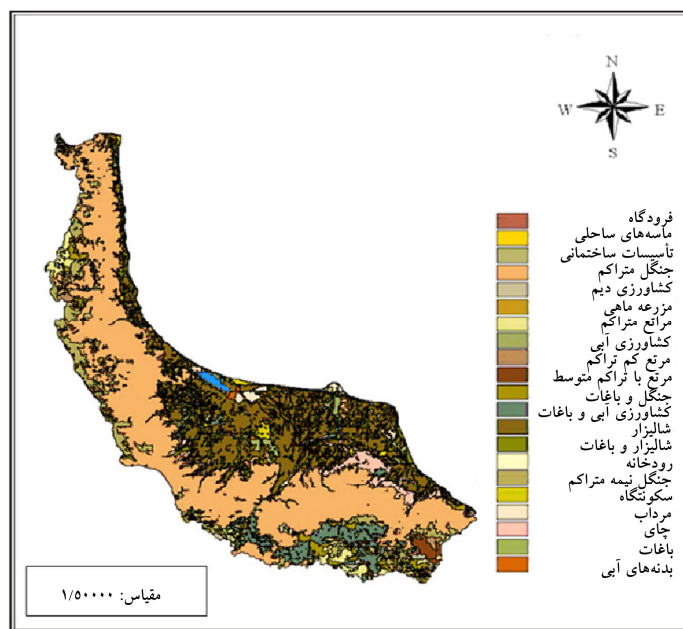
گیلان در شمال ایران با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجنده AVHRR (ماهواره NOAA) می‌باشد. به همین منظور از روش طبقه‌بندی چند زمانه متکی بر استخراج بیشینه NDVI روزانه به منظور حذف ابر استفاده شده است. مهم‌ترین ویژگی روش طبقه‌بندی استفاده شده عبارت است از تنوع در استفاده از عملیات جبری اعمال شده بر روی NDVIهای ماهانه به منظور استخراج و تفکیک مناطقی که دارای بیش‌ترین میزان سبزی‌نگی در طی فصل رشد در منطقه مورد مطالعه هستند. ضرورت توسعه روشی ساده و سریع، بدون استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک بالا که در صورت اجرا در سطوح وسیع به طور معمول هزینه بالایی را به پروژه‌ها تحمیل می‌کنند از مهم‌ترین دلایل و انگیزه‌ها برای اجرای این تحقیق بوده‌اند.

۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، استان گیلان در شمال ایران واقع در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ۲۸/۷ غربی و ۵۰/۶ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۶/۷ جنوبی الی ۳۸/۴ شمالی می‌باشد (شکل ۱). این استان یکی از قطب‌های برنج کشور محسوب می‌شود. به‌طور کلی سطح زیرکشت متوسط برنج در این استان براساس اطلاعات حاصل از نقشه موجود کاربری زمین‌های تهیه شده به‌وسیله سازمان فضایی ایران (۱۳۸۲) برابر با ۲۶۱۴۱۱ هکتار به‌دست آمده است (شکل ۲).



شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه (استان گیلان) در ایران



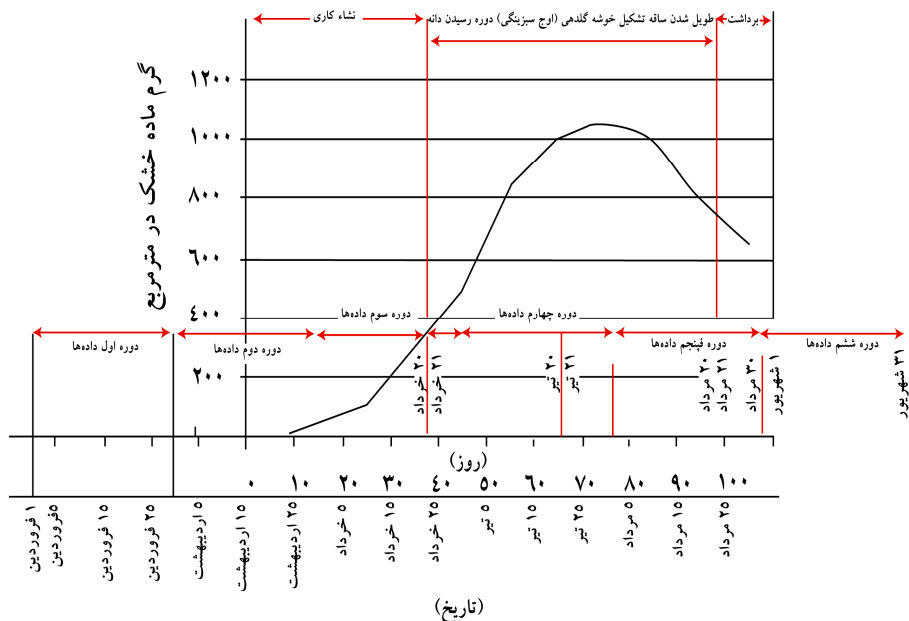
شکل ۲ نقشه طبقه‌بندی کاربری پوشش زمین‌های استان گیلان (مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ تهیه شده به وسیله سازمان فضایی ایران (۱۳۸۲))

۳- داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از داده‌های سنجنده AVHRR ماهواره NOAA (سری ۱۶) که به وسیله ایستگاه گیرنده زمینی سازمان فضایی ایران به طور روزانه اخذ می‌شود، استفاده شده است. تاریخ‌های اخذ داده‌ها مربوط به شش ماه اول سال ۱۳۸۲ می‌باشد.

دوره‌های داده‌ای زمانی مربوط به فرایند رشد برنج (که از طریق مؤسسه تحقیقات برنج واقع در استان گیلان استخراج شده است) در شکل ۳ نشان داده شده است. محور افقی مربوط به دوره زمانی و محور عمودی ماده خشک تولیدی برحسب گرم در مترمربع را نشان می‌دهد. در شکل فوق دوره اول داده‌ای که از ۱ فروردین الی ۳۰ اردیبهشت می‌باشد، مربوط به قبل از فصل کاشت برنج است. از اول اردیبهشت هم‌زمان با غرقاب کردن مزارع، دوره داده‌ای دوم آغاز می‌شود. براساس آنچه که در شکل نشان داده شده است، مزارع برنج از تاریخ ۲۵ اردیبهشت (۱۰ روز پس از شروع دوره نشاکاری در منطقه)

شروع به سبز شدن می‌کند. دوره رشد برنج که از ۲۵ اردیبهشت شروع می‌شود تا ۲۱ مرداد که زمان برداشت است، ادامه پیدا می‌کند.



شکل ۳ منحنی رشد برنج به همراه دوره‌های زمانی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

این فاصله زمانی، مراحل طولی شدن ساقه، تشکیل خوشه، گلدهی (اوج سبزیگی در تیرماه) و دوره رسیدن دانه را شامل می‌شود. نکته حایز اهمیت در مورد منحنی فوق این است که در منطقه مذکور و در ماه‌های فروردین (با مقدار سبزیگی نزدیک به صفر)، اردیبهشت (که تقریباً از اواخر آن آغاز رشد سبزیگی مشاهده می‌شود) و خرداد، کم‌ترین میزان سبزیگی متوسط مشاهده می‌شود. در تیرماه، برنج به بیش‌ترین مقدار سبزیگی خود می‌رسد. در انتهای فصل (مرداد ماه) هم‌زمان با دوره گرایش به زردی، سبزیگی کاهش پیدا می‌کند و روند کاهش سبزیگی تا برداشت محصول ادامه می‌یابد. به‌طور کلی تیرماه و مرداد ماه دارای بیش‌ترین میزان سبزیگی نسبت به سایر ماه‌های رشد می‌باشند.

۴- روش تحقیق

تصحیحات هندسی روی تصاویر سنجنده AVHRR با استفاده از الگوی پارامترهای مداری انجام شد. کلیه مراحل تصحیحات هندسی و همچنین تصحیحات رادیومتریک، تبدیل DN به رادیانس و سپس بازتابندگی با استفاده از برنامه^۱ Stars که به وسیله کمپانی Sea Scan تهیه شده و در اختیار سازمان فضایی ایران قرار گرفته است، انجام شد. در مرحله بعد اقدام به تولید متداولترین شاخص پوشش گیاهی، یعنی شاخص تفاضلی نرمال شده گیاهی^۲ شد. NDVI یک شاخص ساده سبزینگی سطح است که براساس جذب بالای کلروفیل در محدوده بانده ۱ (مرئی) و بازتاب قابل توجه مزوفیل در محدوده بانده ۲ (مادون قرمز نزدیک) به وسیله توکر^۳ در سال ۱۹۷۹ تعریف شده است. این شاخص با استفاده از رابطه ذیل محاسبه می شود:

$$NDVI = (R_{NIR} - R_{RED}) / (R_{NIR} + R_{RED}) \quad (1)$$

که در آن R_{NIR} بازتابش و یا رادیانس در بانده مادون قرمز نزدیک (بانده ۲ در AVHRR در محدوده ۰/۷۲ الی ۱/۱ میکرون) و R_{RED} بازتابش و رادیانس در بانده مرئی (بانده ۱ در AVHRR در محدوده ۰/۵۸ الی ۰/۶۸ میکرون) می باشند. مقادیر NDVI بین منهای یک تا به علاوه یک تغییر می کنند و بدون واحد هستند. مقادیر بزرگتر از ۰/۱ معمولاً به معنای افزایش درجات در سبزینگی و شدت پوشش گیاهی می باشند. مقادیر بین صفر و ۰/۱ به طور معمول صخره ها و خاک لخت را نشان می دهند و مقادیر کم تر از صفر گاهی اوقات نشان دهنده ابر و یخ و یا برف و آب موجود در ابر می باشند. مناطق دارای پوشش گیاهی به طور معمول بین ۰/۱ در صحراها تا ۰/۸ در جنگل های حاره ای تغییر می کنند (سانقون^۴ و همکاران، ۲۰۰۳).

همان طور که در نمودار مراحل مختلف تحقیق در شکل ۴ نشان داده شده است، پس از

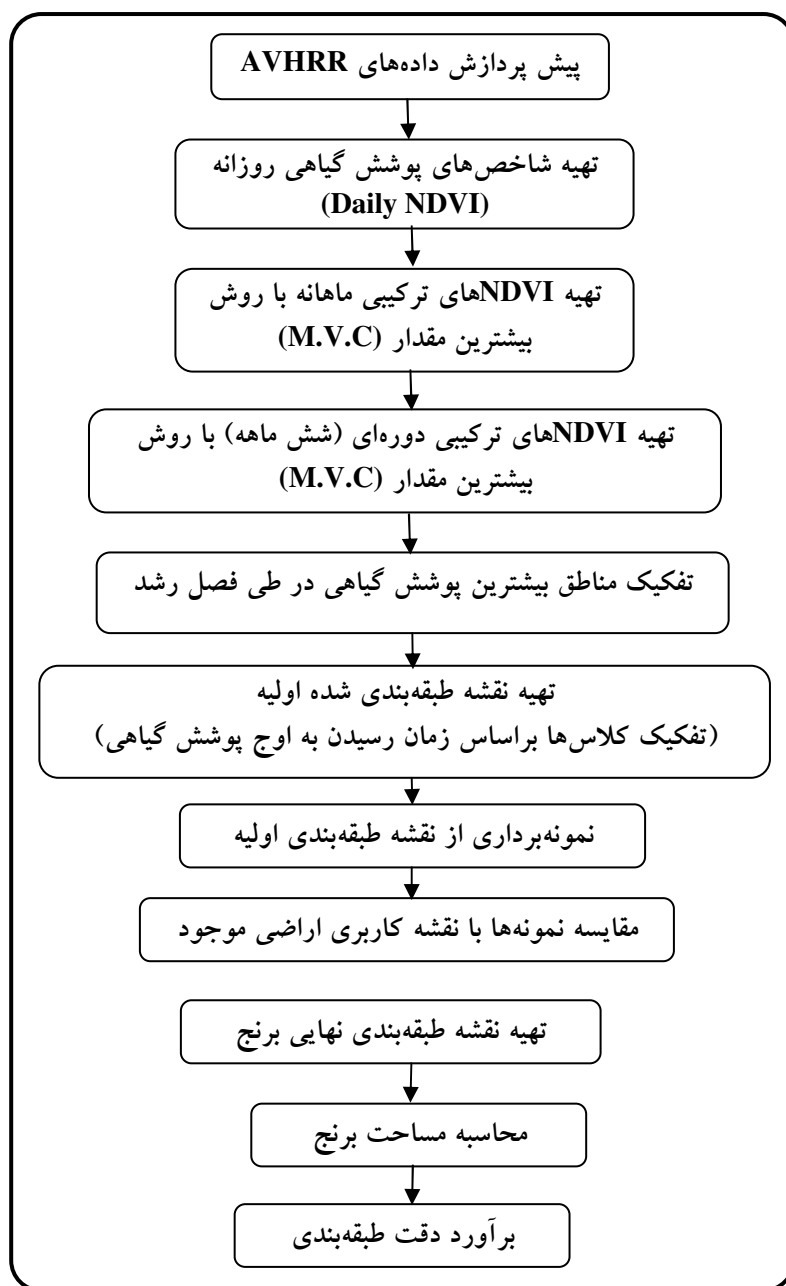
1. Satellite analysis and research system
2. Normalized difference vegetation index
3. Toker
4. Sanghoon



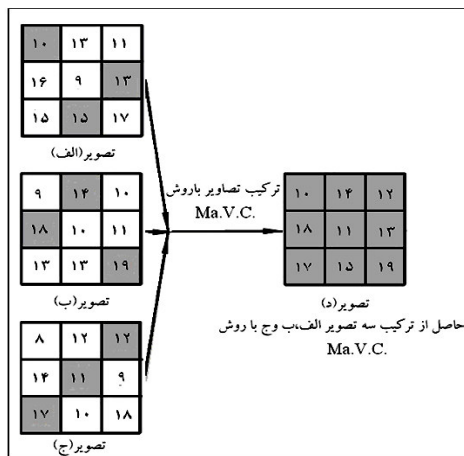
انجام پردازش‌های اولیه و تهیه شاخص‌های پوشش گیاهی روزانه^۱، این شاخص‌ها با استفاده از روش بیش‌ترین مقدار^۲ (که به اختصار با **Ma.V.C.** نشان داده شده است) با یکدیگر ترکیب شدند تا شاخص‌های مربوط به ۶ دوره زمانی یک ماهه تهیه شوند. سازوکار کلی روش **Ma.V.C.** در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل فوق ملاحظه می‌شود، نخست مقادیر پیکسل‌های واقع در ردیف‌ها و ستون‌های مشابه در تصاویر ورودی با یکدیگر مقایسه شدند. سپس پیکسل با بیش‌ترین ارزش از میان ۳ پیکسل مورد مقایسه به خروجی انتقال یافتند. به عنوان مثال در سطر (۱) و ستون (۱) از ۳ تصویر الف، ب و ج به ترتیب از بین سه عدد ۹، ۱۰ و ۸، بزرگ‌ترین آن‌ها، یعنی ۱۰ جایگزین سطر (۱) و ستون (۱) از تصویر (ج) شدند. مزیت روش (**Ma.V.C.**) این است که به دلیل انتقال مقادیر حداکثر به تصویر خروجی به دلیل آن‌که ابر همواره نسبت به پوشش گیاهی مقادیر **NDVI** کم‌تری دارد، می‌توان آثار ابر در تصاویر را کاهش داد.

هر یک از **NDVI**های ماهانه با استفاده از روش ترکیبی بیش‌ترین مقدار (**Ma.V.C.**) با یکدیگر ترکیب شدند تا **NDVI** ترکیبی دوره‌ای (شش ماهه) به دست آید. در مرحله بعد با به‌کارگیری عملگر منها، هر یک از **NDVI**های ترکیبی ماهانه مربوط به هر یک از ماه‌های فروردین الی شهریور از شاخص‌های ترکیبی کل دوره ۶ ماهه تفریق شدند. چگونگی فرایند مربوط به این تفریق در شکل ۶ نشان داده شده است. با مقایسه تصاویر خروجی با هر یک از تصاویر اولیه مشاهده می‌شود که پیکسل‌های صفر در تصاویر خروجی متناظر با پیکسل‌هایی هستند که شامل بیش‌ترین مقدار در میان تصاویر ورودی هستند. در قدم بعدی به پیکسل‌های با ارزش صفر یک مقدار دلخواه غیر صفر و به سایر پیکسل‌های تصویر، ارزش صفر اختصاص داده شد.

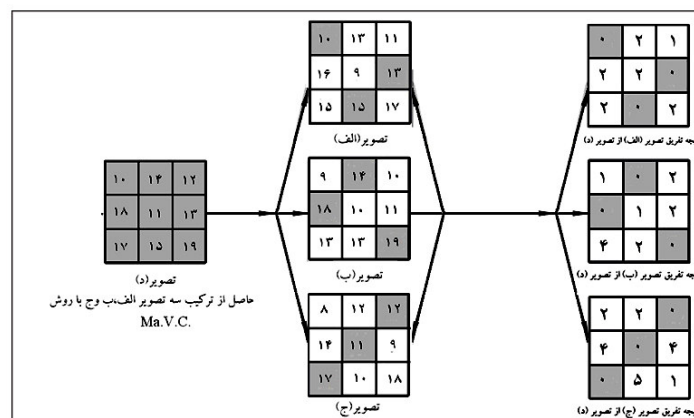
-
1. Daily NDVI
 2. Maximum value composite



شکل ۴ نمودار مراحل مختلف تحقیق



شکل ۵ چگونگی ترکیب سه تصویر با روش بیش‌ترین مقدار (Ma.V.C.)



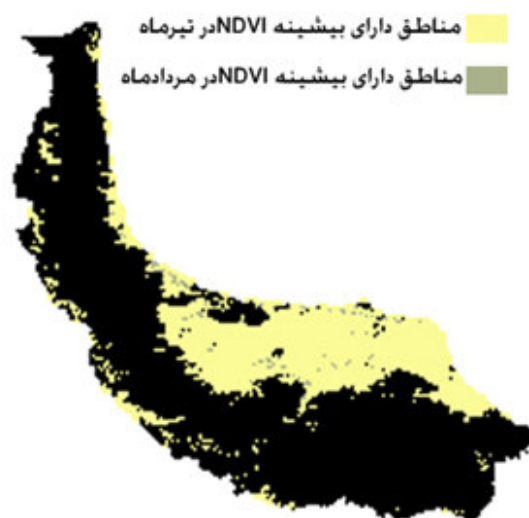
شکل ۶ چگونگی تفریق ۳ تصویر اولیه از تصویر ترکیبی

با توجه به منحنی رشد برنج خروجی‌های مربوط به دو ماه تیر و مرداد که حاوی بیش‌ترین میزان سبزی‌نگی نسبت به سایر ماه‌های فصل رشد می‌باشند، ترکیب شدند و نقشه نشان‌دهنده حداکثر سبزی‌نگی در این دو ماه به‌دست آمد. در قدم بعدی تعداد ۹۳ نقطه نمونه از نقشه مذکور انتخاب شدند و برای ارزیابی نتایج و بررسی این‌که آیا چند درصد از این مناطق به مزارع برنج تعلق دارند، با نقشه کاربری و پوشش زمین‌های موجود (شکل ۲) مقایسه شدند.

پس از بررسی و مقایسه نمونه‌ها با نقشه مرجع، مساحت کلاس خروجی در نقشه "حداکثر سبزیگی در تیرماه و مردادماه" با استفاده از نرم‌افزارهای پردازش تصویر محاسبه شد.

۵- نتایج

نقشه حداکثر سبزیگی دو ماه تیر و مرداد در شکل ۷ نشان داده شده است. نتایج نمونه‌های استفاده شده در ارزیابی نیز در جدول ۱ قرار داده شده‌اند. ملاحظه می‌شود که بیش‌تر نمونه‌ها (۵۸ نقطه از مجموع ۹۳ نقطه نمونه) در مزارع برنج قرار گرفته‌اند. نقشه محدوده مزارع برنج در شکل ۸ نمایش داده شده است. سطح زیرکشت برنج در منطقه با توجه به نتایج نمونه برداری‌های جدول ۱ برابر با ۲۸۲۴۵۳ هکتار به دست آمد. مقایسه مساحت سطح زیرکشت برنج با استفاده از روش طبقه‌بندی چندزمانه با مساحت برنج استخراج شده از نقشه کاربری زمین‌های کل استان (۲۶۱۴۱۱ هکتار در جدول ۲) نشان‌دهنده درصد اختلاف برابر با ۸/۰۴ درصد است؛ به عبارت دیگر دقت روش استفاده شده در برآورد مساحت زیر کشت برنج در کل منطقه برابر با ۹۱/۹۶ درصد است.



شکل ۷ تصویر مربوط به بیشینه سبزیگی در تیر و مرداد



شکل ۸ نقشه توزیع نواحی کشت برنج که با استفاده از روش طبقه‌بندی چند زمانه تولید شده است.

جدول ۱ نتایج مقایسه نمونه‌ها با نقشه کاربری زمین‌های استان گیلان (شکل ۲)

| تعداد نقاط نمونه | طبقه |
|------------------|------------------|
| ۵۸ | برنج زار |
| ۱۳ | جنگل نیمه متراکم |
| ۷ | مرتع |
| ۶ | باغات |
| ۲ | مرداب |
| ۷ | سکونتگاه |

جدول ۲ ارزیابی دقت برآورد مساحت زیر کشت برنج باروش طبقه‌بندی چند زمانه با نقشه طبقه‌بندی موجود

| سال | مساحت برنج با روش طبقه‌بندی چندزمانه (هکتار) | مساحت برنج از طریق نقشه کاربری زمین‌ها (هکتار) | درصد اختلاف دو نتیجه | دقت طبقه‌بندی |
|------|--|--|----------------------|---------------|
| ۱۳۸۲ | ۲۸۲۴۵۳ | ۲۶۱۴۱۱ | ۸/۰۴ | ۹۱/۹۶ |

۶- بحث

ملاحظه می‌شود که سطح زیر کشت حاصل از روش طبقه‌بندی چندزمانه (۲۸۲۴۵۳ هکتار) که با استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک پایین (۱/۱ در ۱/۱ کیلومتر) انجام شده است بیش از مقداری است که با استفاده از روش طبقه‌بندی تک زمانه (۲۶۱۴۱۱ هکتار) و با تصاویر با قدرت تفکیک بالا (ETM+) به دست آمده است. اما در حقیقت با توجه به اختلاف زیاد ابعاد پیکسل NOAA (۱/۱ در ۱/۱ کیلومتر) نسبت به ابعاد پیکسل ETM+ (۳۰ متر در ۳۰ متر)، اختلاف مقدار به دست آمده قابل قبول می‌باشد. بالا بودن دقت می‌تواند به علت یکپارچگی، فشردگی و گستردگی کلاس برنج در منطقه باشد. به‌طور کلی هر چه مزارع برنج متراکم‌تر بوده و فضای خالی در میان آن‌ها کم‌تر باشد، طبقه‌بندی با تصاویر NOAA از دقت بیشتری برخوردار خواهد بود. اما دلیل مهم دیگر برای توجیه دقت بالای این روش، استفاده از تکنیک تفاضل NDVIهای ماهانه از NDVI دوره‌ای (شش ماهه) می‌باشد که در این تحقیق به‌کار گرفته شده است. این تکنیک امکان تفکیک پدیده‌هایی را که در ماه‌های مختلف به اوج مقدار NDVI می‌رسند، فراهم می‌کند. تفاوت این روش از طبقه‌بندی چندزمانه با سایر روش‌های طبقه‌بندی در این است که در این‌جا تنها از بخشی از منحنی رشد پوشش‌های مختلف (و نه تمامی نیمرخ زمانی مربوط به تغییرات NDVI) در طول یک فصل که هم‌زمان با زمان بیشینه سبزی‌نگی می‌باشند، استفاده شده است.

در ضمن بخشی از خطای موجود در طبقه‌بندی برنج ناشی از این است که پوشش‌هایی نیز در منطقه وجود دارند که هم‌زمان با برنج در تیرماه و مردادماه به اوج سبزی‌نگی می‌رسند. به عنوان مثال بخشی از باغ‌ها می‌توانند با برنج هم‌پوشانی داشته باشند. بنابراین در تصویر خروجی، باغ‌ها نیز به صورت کلاس مخلوط با برنج ظاهر می‌شوند و قطعات بزرگ آن‌ها را می‌توان با استفاده از روش‌های خاصی (که اساس تحقیق‌های بعدی است) از کلاس برنج جدا کرد.

هم‌چنین استفاده از لایه‌های دیگری مانند کمینه NDVI برای هر کلاس می‌تواند اطلاعات بیشتری از پدیده‌ها در اختیار قرار داده و در نتیجه دقت نهایی را افزایش دهد؛ به عنوان مثال در بخش پایین نقشه شکل ۷ - واقع در جنوب استان - محدوده گسترده‌ای به چشم می‌خورد

که معمولاً اختصاص به جنگل و مراتع دارد. با توجه به این که ممکن است زمان رسیدن به کمینه سبزی‌نگی در مرتع و جنگل متفاوت با برنج باشد، می‌توان انتظار داشت که در خروجی نهایی بتوان به راحتی این کلاس‌ها را از هم تفکیک کرد.

هم‌چنین با استفاده از تکنیک به کار گرفته شده در این تحقیق، تصمیم‌گیری در مورد انتخاب تاریخ داده‌ها در پروژه‌هایی که از تصاویر با قدرت تفکیک بالا استفاده می‌نمایند، راحت‌تر می‌شود؛ به عنوان مثال چنان‌چه هدف، تفکیک برنج از جنگل و گندم باشد، می‌توان به‌طور مثال سه تصویر مربوط به اردیبهشت، خرداد و مرداد را که به ترتیب جنگل، گندم و برنج در آن به اوج سبزی‌نگی می‌رسند، انتخاب کرد. با تولید یک تصویر RGB از تصاویر تاریخ‌های مذکور، تفکیک ۳ پدیده فوق امکان‌پذیر خواهد بود.

۷- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که با استفاده از داده‌های سنجنده AVHRR و روش طبقه‌بندی چندزمانه مبتنی بر زمان بیشینه سبزی‌نگی گیاه می‌توان با دقت مناسبی سطح زیر کشت برنج را در استان گیلان استخراج کرد. با توجه به این که استان گیلان یکی از قطب‌های برنج در ایران می‌باشد، در این صورت به علت هم‌زمانی عملیات و مراحل کاشت برنج، فشردگی، گستردگی و یکپارچگی مزارع آن در سطح منطقه امکانات خوبی برای برآورد سطح زیر کشت برنج فراهم است. از این رو استفاده از روش طبقه‌بندی چندزمانه مبتنی بر زمان بیشینه سبزی‌نگی گیاه برای برآورد سطح زیر کشت سایر محصولات به خصوص در مناطقی که قطب کشاورزی محصول مورد نظر می‌باشند و مزارع در سطح وسیع و فشرده گسترش یافته‌اند (مانند گندم در استان فارس)، قابل توصیه می‌باشد. به کارگیری روش فوق با استفاده از باند ۲۵۰ متر سنجنده مودیس می‌تواند با دقت بالاتری همراه باشد. در این صورت اجرای این روش با استفاده از داده‌های ماهواره Terra جزء مراحل بعدی این تحقیق می‌باشد.

۸- تقدیر و تشکر

از آقای دکتر فلاح و آقای مهندس قدسی به ترتیب از حوزه معاونت مؤسسه تحقیقات برنج استان مازندران و حوزه ریاست مؤسسه تحقیقات برنج استان گیلان که اطلاعات ارزشمندی

درباره رشد برنج و منحنی تغییرات آن در منطقه در اختیار محققان قرار دادند، تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

۹- منابع

- Andres L., Salas W. A., Skole D.; Fourier-analysis of multitemporal AVHRR data applied to a land-cover classification; *International Journal of Remote Sensing*, Vol.15, pp: 1115-1121.
- Abhisit E. , Rajendra P. S. ; A study on estimation of cassava area and production using remote sensing and geographic information systems in the northeast Thailand, southeast Asian studies; Vol. 37,No.3, pp: 417-430.
- Azzali S.; Menenti M. ; Mapping vegetation-soil-climate complexes in southern Africa using temporal fourier analysis of NOAA-AVHRR NDVI Data ; *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 21, No. 5, pp: 973-996.
- Hayes M. J. , Decker W. L. ; Using NOAA AVHRR data to estimate maize production in the united states corn belt ; *International Journal of Remote Sensing* ,Vol.17, pp:3189–3200.
- Holben B. N.; Characteristics of maximum-value composite images for temporal AVHRR data; *International Journal of Remote sensing*, Vol. 7, pp: 1417 – 1437.
- Lambin E. F., Change detection at multiple temporal scales: Seasonal and annual variations in landscape variables; *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 62, No. 8, pp: 931-938.
- Lambin E. F., Strahler A. H., Change-vector analysis in multitemporal



space - a tool to detect and categorize land-cover change processes using high temporal-resolution satellite data ; *Remote Sensing of Environment*, Vol. 48, No.2, pp: 231–244.

- Lobell D. B., Anser G.P., Cropland distributions from temporal unmixing of MODIS data; *Remote Sensing of Environment*, Vol. 93, pp:412-422.
- Olsson L., Eklundh L.; Fourier-series for analysis of temporal sequences of satellite sensor imagery; *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 16, No.11, pp: 1931-1942.
- Rembold F., Maselli F.; Estimating inter-annual crop area variation using multi-resolution satellite sensor images, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, No. 13, pp: 2641-2647.
- Running S. W., Loveland T. R., Pierce L. L., Nemani R.; Hunt E. R.; A remote-sensing based vegetation classification logic for global land-cover analysis. *remote sensing of environment*, Vol. 51, No.1, pp:39-48.
- Sanghoon L.; Crawford M. M.; Multitemporal classification of image series with seasonal variability using harmonic components.-*Geoscience and remote sensing symposium; IEEE International Digital Object Identifier*, Vol. 5, pp: 3353 – 3355.
- Van Niel T. , McVicar T. R. ; Determining temporal windows for crop discrimination with remote sensing , A case study in south-eastern Australia, *computers and electronics in Agriculture* ; Vol.45, pp: 91-108.
- Xian-Zhang P. , Satoshi U. , Yin L. , Akira H., Bo S.; Discriminating different landuse types by using multi-temporal NDXI in a rice planting area ; *International Journal of Remote Sensing* , Vol. 31, No.3, pp: 585-596.