

کاربرد اطلاعات ماهواره NOAA/AVHRR در پایش پوشش گیاهی

محمد دمی‌زاده، کارشناس ارشد مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان هرمزگان

چکیده:

یکی از روشهای بررسی تغییرات پوشش گیاهی سطح زمین، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. این تصاویر امروزه کاربرد گسترده‌ای در این زمینه دارند و هر روز بر استفاده آنها افزوده می‌شود. این مقاله به بررسی کاربرد اطلاعات ماهواره NOAA/AVHRR در زمینه پایش پوشش گیاهی سطح زمین و نیز ویژگیهای این ماهواره و سایر خصوصیات تصاویر AVHRR می‌پردازد. کاربرد شاخصهای گیاهی (Vegetation indices) در زمینه مطالعه پوشش گیاهی و نمونه‌هایی از کاربرد این تصاویر در مباحث مربوط به پوشش گیاهی و نیز ارزیابی تصاویر AVHRR در زمینه پایش پوشش گیاهی مناطق جنوبی کشور نیز در این مقاله به طور خلاصه ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی:

سنجش از دور، NOAA/AVHRR، NDVI، شاخص گیاهی، پایش و هرمزگان.

مقدمه:

امروزه مطالعه تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور، یکی از روشهای متداول بررسی منابع زمینی به شمار می‌رود. مطالعات زیادی که در مورد استفاده از ماهواره‌ها و اطلاعات رقومی جهت بررسی پوشش گیاهی سطح زمین

انجام گرفته قابلیت این ابزار نوین را مورد تایید قرار داده‌اند، به طوری که به عنوان یکی از ابزارهای مهم مطالعات پوشش گیاهی در جوامع علمی به شمار می‌رود. تغییراتی که بر روی باندهای یک سنجنده با قدرت تفکیک بالای رادیومتری (AVHRR) ماهواره NOAA 6 در سال ۱۹۷۹ انجام شد باعث گردید که دامنه طول موج باندهای یک این سنجنده از محدوده ۰/۹-۰/۵۵ میکرون به ۰/۷-۰/۵۵ میکرون تغییر یابد و همین امر برای اولین بار استفاده از اطلاعات این ماهواره را برای پایش و مونیتورینگ پوشش گیاهی در مقیاسهای مختلف ناحیه‌ای، قاره‌ای و جهانی باعث گردید (۱). از آن تاریخ به بعد هر روزه بر استفاده از اطلاعات این ماهواره افزوده شده است و محققان علوم زمین از این اطلاعات در زمینه‌های مختلفی نظیر تهیه نقشه پوشش گیاهی زمین، پایش جنگلهای گرمسیری، تخمین میزان تولید پوشش گیاهی، مطالعات تغییرات پوشش گیاهی، آتش‌سوزی جنگلها و تخمین مؤلفه‌های بیوفیزیکی استفاده نموده‌اند.

در مطالعه‌ای که در برزیل و با استفاده از یک سری زمانی داده‌های AVHRR مربوط به سالهای ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۴ انجام گرفت با استفاده از شاخص گیاهی NOAA نقشه پوشش گیاهی منطقه که شامل هشت نوع از درختان جنگلی و غیرجنگلی و نیز کشاورزی بود تهیه شد. همچنین با استفاده از همین اطلاعات، تغییرات فصلی این هشت نوع گیاه در طول دوره مطالعه مورد بررسی قرار گرفت (۲).

Tim Hess و همکاران در مطالعه‌ای که در شمال‌شرق نیجریه انجام دادند با استفاده از تصاویر NOAA/AVHRR تغییرات پوشش گیاهی را در سالهای ۱۹۸۱-۱۹۹۱ مورد بررسی قرار دادند. آنها در این مطالعه به بررسی رابطه شاخص گیاهی NDVI و بارندگی پرداختند و نتیجه گرفتند که همبستگی بسیار خوبی بین بارندگی و NDVI در این منطقه وجود دارد، به طوری که با استفاده از آمار بارندگی سالیان قبل از دوره مطالعه قادر خواهند بود میزان NDVI را محاسبه نموده، روند

تغییرات پوشش گیاهی را در طول دوره بیشتری نسبت به دوره مورد ۱۹۹۱-۱۹۸۱ مورد بررسی قرار دهند (۳). همچنین در مطالعه دیگری که توسط جلالی و همکاران در سال ۱۹۹۹ انجام گردید با استفاده از تصاویر روزانه NOAA/AVHRR سالهای ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۳ تغییرات پوشش گیاهی مناطق جنوبی ایران و تأثیر سوختن چاههای نفت کویت در سال ۱۹۹۱ بر روی آنها مورد بررسی قرار گرفت (۴).

امکان انجام چنین مطالعاتی در مورد پوشش گیاهی، محققان علوم زمین و نیز مؤسسات سنجش از دور را بر آن داشته است که با ایجاد بانکهای اطلاعاتی و آرشیوهای مختلف نسبت به ذخیره و نگهداری تصاویر ماهواره NOAA اقدام نمایند. وجود چنین مجموعه‌ای از تصاویر و در بعضی موارد ارائه آن در شبکه‌های کامپیوتری امروزه به صورت یکی از مهمترین ابزار دانشمندان و پژوهشگران علوم زمین جهت مطالعه پوشش گیاهی و سایر ویژگیهای سطح زمین در آمده است. این مقاله ضمن بررسی ویژگیهای ماهواره NOAA و خصوصیات تصاویر سنجنده AVHRR نمونه‌هایی از کاربرد این تصاویر را در زمینه مطالعات پوشش گیاهی ارائه می‌دهد.

ویژگیهای ماهواره NOAA/AVHRR:

سری ماهواره‌های NOAA برای مقاصد هواشناسی، اقیانوس‌شناسی و مسائل مربوط به هیدرولوژی طراحی شده‌اند. این ماهواره‌ها، خورشید آهنگ بوده و دارای مدار چرخشی قطبی می‌باشند و در ارتفاع حدود ۸۵۰ کیلومتری از سطح زمین در حال گردشند. تاکنون تعداد زیادی از این نوع ماهواره‌ها به فضا پرتاب شده‌اند. اکثر ماهواره‌های NOAA با شماره فرد (۱۱، ۹ و NOAA ۷)، و همچنین در حال حاضر ماهواره NOAA ۱۴ دارای زمان پرواز حدود ساعت ۱۴:۳۰ و ۲ نیمه‌شب به وقت محلی از روی استوا می‌باشند. همچنین ماهواره‌های با شماره زوج (NOAA ۶)، ۸، ۱۰

و ۱۲) دارای زمان پروازی برابر با ۷:۳۰ و ۱۹:۳۰ به وقت محلی و از روی استوا می‌باشند.

برداشت تصاویر از سطح زمین توسط این ماهواره به صورت روزانه بوده به این معنی که در هر شبانه‌روز تعداد دو تصویر در روز و شب از سطح زمین تهیه می‌شود و با احتساب اینکه در هر زمان تعداد دو ماهواره زوج و فرد در فضا مشغول گردش به دور زمین هستند در مجموع در هر شبانه‌روز تعداد ۴ تصویر توسط این ماهواره‌ها به ایستگاههای زمینی مخابره می‌شود. این ویژگی ماهواره NOAA از مهمترین مزایای ماهواره فوق محسوب می‌شود.

سنجنده AVHRR یکی از سنجنده‌های چند طیفی این ماهواره بوده و مشخصات فنی آن در جدول شماره (۱) ارائه شده است. این سنجنده اطلاعات خود را در پنج باند به زمین ارسال می‌دارد. باند یک این سنجنده طیف مرئی امواج الکترومغناطیسی را شامل می‌شود. باند ۲ این ماهواره در قسمت مادون قرمز نزدیک واقع شده است. همچنین سایر باندها (۳، ۴ و ۵) طیف مادون قرمز میانی و مادون قرمز حرارتی را به خود اختصاص داده‌اند و در مطالعات مربوط به درجه حرارت کاربرد گسترده‌ای دارند، به طور مثال جهت تعیین درجه حرارت سطح زمین، درجه حرارت سطح دریاها، تعیین میزان تبخیر و تعرق، تعیین نواحی جنگلی و غیرجنگلی با استفاده از اختلاف حرارتی آنها، تعیین نواحی مورد آتش‌سوزی و غیره را می‌توان ذکر نمود.

باندهای ۱ و ۲ این سنجنده با توجه به ویژگیهای این طیف از امواج الکترومغناطیسی و نوع رفتار گیاهان در برخورد با آن، جهت تعیین شاخصهای گیاهی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند که خود معیاری جهت تفکیک عوارض مختلف زمین مانند آب، خاک لخت و پوشش گیاهی و همچنین جهت بررسی و مطالعه پوشش گیاهی و تغییرات آن می‌باشد. همچنان که گفته شد امروزه استفاده از تصاویر

NOAA/AVHRR در حال افزایش می‌باشد. بعضی از ویژگیهای این تصاویر که باعث افزایش استفاده از آن شده است به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- تصاویر AVHRR به صورت چند طیفی می‌باشند، به طوری که از امواج مرئی تا امواج حرارتی را شامل می‌شوند.
- ۲- برداشت روزانه تصاویر، امکان پایش و بررسی تغییرات پوشش گیاهی را در طول زمان ممکن می‌سازد. همچنین می‌توان با ترکیب این تصاویر روزانه، تصاویری در مقیاس زمانی هفتگی، ده روزه و یا ماهانه و برای مقاصد مختلف تهیه نمود.
- ۳- پوشش زمینی وسیع آن سبب می‌شود امکان مطالعه پوشش گیاهی در مقیاسهای بزرگ ناحیه‌ای، قاره‌ای و جهانی فراهم شود.
- ۴- ارزان بودن این تصاویر در قیاس با سایر ماهواره‌ها از جمله دیگر محاسن آن به شمار می‌رود.

قدرت تفکیک زمینی (Ground resolution) این سنجنده، همچنان که گفته شد ۱/۱ کیلومتر می‌باشد که به تصاویر LAC^۱ موسوم هستند، اما جهت مطالعه پوشش گیاهی در مقیاسهای بزرگ نظیر مطالعات ناحیه‌ای، قاره‌ای و جهانی انواع دیگری از این تصاویر با قدرت تفکیک درشت‌تر نیز تهیه شده‌اند که همگی از تبدیل و انجام پردازش بر روی تصاویر LAC حاصل می‌شوند. از جمله این تصاویر، می‌توان تصاویر GAC^۲ و GVI^۳ را نام برد. تصاویر GAC حاوی هر پنج باند AVHRR به صورت خام بوده و دارای قدرت تفکیک زمینی ۴ کیلومتری می‌باشند و هیچ گونه تصحیحات رادیومتری و ژئومتری روی آنها انجام نشده است.

تصاویر GVI به صورت تک باند بوده و حاوی تصاویر شاخص گیاهی NDVI می‌باشند. این تصاویر به صورت ترکیب NDVI ماهانه بوده و دارای قدرت تفکیک ۱۵

1- Local Area Coverage
2- Global Area Coverage
3- Global Vegetation Index

کیلومتری می‌باشند و از سال ۱۹۸۲ تاکنون موجود هستند. همچنین از ویژگیهای عمده دیگر این تصاویر، انجام تصحیحات ژئومتری بر روی آنها می‌باشد. نوعی دیگر از تصاویر که در زمینه پایش پوشش گیاهی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد تصاویری هستند که به صورت ترکیب ده روزه AVHRR و با ویژگی تصاویر LAC تهیه شده‌اند و در اینترنت بر روی سایت <http://cdccwww.cr.usgs.gov/landdaac/1km> به صورت رایگان عرضه می‌شوند. از ویژگیهای دیگر این تصاویر علاوه بر انجام تصحیحات رادیومتری و ژئومتری، ارائه تصاویر NDVI ده روزه همراه با تصاویر ۵ بانده دیگر AVHRR برای کلیه نقاط دنیا می‌باشد.

جدول شماره (۱): بعضی از خصوصیات سنجنده NOAA/AVHRR

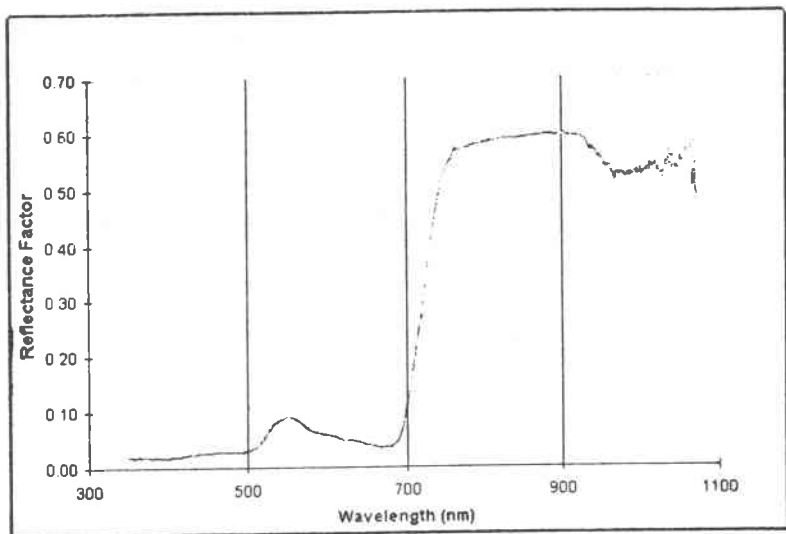
باند ۱:	۰٫۶۸ - ۰٫۵۸ میکرون	
باند ۲:	۱٫۱ - ۰٫۷۲ میکرون	
باند ۳:	۳٫۹۳ - ۳٫۵۵ میکرون	طول موج
باند ۴:	۱۱٫۵ - ۱۰٫۵ میکرون	
باند ۵:	۱۲٫۵ - ۱۱٫۵ میکرون	
قدرت تفکیک رادیومتری	(سطح ۱۰۲۴) ۲ ^{۱۰}	
قدرت تفکیک زمینی	۱٫۱ کیلومتر	
زاویه دید	درجه ۵۵٫۴	
زمان عبور از استوا	۷٫۳۰ صبح و ۷٫۳۰ بعدازظهر برای ماهواره‌های زوج	
	۲٫۵ صبح و ۲ بعدازظهر برای ماهواره‌های فرد	

تصاویر سری‌های زمانی:

نگاهی به تاریخچه شروع بکار ماهواره NOAA نشان می‌دهد که از شروع بکار اولین سری این ماهواره در سال ۱۹۷۲ مدت زمان زیادی می‌گذرد. هر چند اولین سری این ماهواره که مجهز به سنجنده AVHRR می‌باشد در سال ۱۹۷۸ شروع شد. ولی در هر صورت وجود مجموعه‌ای از تصاویر و داده‌های رقومی مربوط به مناطق مختلف جهان باعث شده است که آرشیو عظیمی از اطلاعات این ماهواره به صورت روزانه فراهم شود. استفاده از این آرشیو بزرگ امروزه ابزار مهم و ارزشمندی برای محققان و پژوهشگران علوم زمین و مؤسساتی است که در زمینه بررسی تغییرات پوشش گیاهی و پایش آن در مناطق مختلف جهان مشغول فعالیت می‌باشند. وجود این مجموعه و نیز برداشت روزانه تصاویر توسط این ماهواره در مقایسه با مسیر ماهواره‌هایی نظیر ماهواره Landsat (برداشت تصاویر در هر ۱۶ روز) و یا ماهواره (برداشت تصاویر در هر ۲۶ روز) باعث گردیده که حجم زیادی از تحقیقات در زمینه پایش پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر این ماهواره انجام شود.

شاخصهای گیاهی و کاربرد آنها در مطالعات پوشش گیاهی:

گیاهان قسمت بیشتر اشعه خورشید را در طیف مرئی امواج الکترومغناطیسی (۰.۶۶-۰.۲۲ میکرون) جذب می‌نمایند. ولی حداکثر انعکاس را در طیف مادون قرمز نزدیک (۰.۷۳-۱.۱ میکرون) انجام می‌دهند (۵). نمودار شماره ۱ میزان انعکاس امواج مختلف الکترومغناطیس را توسط گیاهان نشان می‌دهد.



نمودار شماره (۱): منحنی انعکاس امواج الکترومغناطیس توسط گیاهان

جهت انجام مطالعات پوشش گیاهی، یکی از ابزارهای عمده استفاده از شاخصهای گیاهی (vegetation Indices) می‌باشد. این شاخصها از نسبتهای مختلف باند مرئی و مادون قرمز اطلاعات رقومی یک منطقه حاصل می‌شوند. شاخصی از حضور و یا عدم حضور کلروفیل در منطقه به حساب می‌آیند و جهت نمایش و تفکیک پدیده‌های مختلف سطح زمین مانند آب، خال لخت، پوشش گیاهی و نظایر آن بکار می‌روند.

از اواخر سال ۱۹۷۰، ترکیبهای مختلفی از باند قرمز جهت ایجاد شاخصهای گیاهی بوجود آمده است و توسط آنها مؤلفه‌های گیاهی مختلف محاسبه گردیده است. از آن تاریخ به تدریج این فرمولها مورد بازنگری و توسعه قرار گرفته‌اند. تعدادی از مهمترین شاخصهای گیاهی به شرح زیر می‌باشند (۶):

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR + RED}$$

Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

$$NDVI = \frac{1.5 * NIR-RED}{NIR + RED + 0.5}$$

Optimized Soil Adjusted Vegetation Index (OSAVI)

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR + RED + 0.16}$$

از میان شاخصهای گیاهی موجود، شاخص گیاهی NDVI مهمترین شاخص گیاهی محسوب می‌شود و مطالعات زیادی در مورد گیاهان با استفاده از این شاخص به انجام رسیده است. شاخص گیاهی فوق در ماهواره NOAA با استفاده از نسبت باند یک و باند دو سنجنده AVHRR محاسبه می‌شود و دارای مزایایی چون سادگی محاسبه آن، درجه بالای همبستگی با تغییرات مؤلفه‌های گیاهی، پوشش زمینی وسیع و تکرار زمانی زیاد اطلاعات ماهواره فوق می‌باشد.

کاربرد تصاویر NOAA/AVHRR در مطالعات پوشش گیاهی:

تخریب و آتش‌سوزی جنگلها

تصاویر NOAA/AVHRR دارای کاربرد گسترده‌ای در زمینه مطالعه و بررسی تخریب جنگلها به ویژه جنگلهای مناطق گرمسیری و نیز آتش‌سوزی جنگلها و مراتع

می‌باشند. تخریب سالانه هزاران کیلومتر از جنگلهای مناطق گرمسیری و تبدیل آن به انواع دیگر واحدهای کاربری اراضی که در اثر عوامل مختلف بوجود می‌آید از جمله مشکلات امروز بشر است. داده‌های AVHRR از آن جهت که می‌توانند مناطق در حال تخریب را مشخص کنند می‌توانند به عنوان یکی از سیستمهای هشدار سریع بکار گرفته شوند و این امکان را جهت متمرکز نمودن مطالعات دقیق‌تر با استفاده از سایر تصاویر ماهواره‌ای که از دقت تفکیک بالاتری (نظیر ماهواره Landst. sport) برخوردارند را به محققان علوم زمین بدهند.

استفاده از ترکیب باند مرئی و مادون قرمز نزدیک، همراه با باندهای حرارتی، بررسی جنگلها و تعیین نواحی جنگلی و غیرجنگلی و نیز تأثیر خشکسالیها و آتش‌سوزیها را بر تخریب این جنگلها ممکن ساخته است. همچنین برداشت روزانه تصاویر توسط این ماهواره دسترسی وسیع به اطلاعات و داده‌های رقمی این جنگلها را سبب شده و از این جهت دارای قابلیت منحصر به فردی می‌باشند. وجود این تصاویر پژوهشگران را قادر به انجام تجزیه و تحلیل سریهای زمانی (Time Series Analyses) نموده است. از دیگر کاربردهای تصاویر AVHRR می‌توان بررسی تخریب جنگلها و مراتع را بر اثر آتش‌سوزی نام برد. وجود تصاویر روزانه و شبانه این سنجنده باعث شده که انجام پایش آتش‌سوزی به راحتی انجام شود. در این زمینه باند سه این سنجنده یکی از مطلوبترین باندها محسوب می‌شود. این باند که یکی از باندهای حرارتی این سنجنده را شامل می‌شود دارای طول موج $3/9 - 3/5$ میکرون می‌باشد و حساسیت بسیار زیادی جهت تعیین درجه حرارت از -50 درجه سانتیگراد تا $+50$ درجه سانتیگراد دارد. از ویژگیهای عمده این باند می‌توان خاصیت اشباع آن را نام برد، بدین صورت که اگر آتش در منطقه‌ای بیش از 250 درجه سانتیگراد حرارت داشته باشد تمام پیکسل مربوطه دارای آن درجه حرارت می‌شود. حتی اگر این منطقه بیش از 0.1 درصد پیکسل مربوطه را شامل نشود این موضع در باندهای ۴ و ۵

دارای تأثیر کمتری می‌باشد. این باند به تفکیک مناطقی که در آن آتش بیش از ۵۰۰ درجه سانتیگراد درجه حرارت است، به یکی از مناسبترین باندها جهت تشخیص نواحی جنگلی تخریب شده از نواحی دست نخورده تبدیل شده است. احداث راهها در میان جنگلها و نیز فعالیتهای معدنی، خاکبرداری، حمل و نقل و غیره به دلیل درجه حرارت زیادشان نسبت به نواحی جنگلی به راحتی قابل تشخیص خواهند بود و همین امر باعث می‌شود که مناطقی که در مرحله آغاز تخریب می‌باشند، قابل شناسایی شوند. اما در هر شکل باید توجه داشت که با توجه به قدرت تفکیک زمین این سنجنده، انجام این امور در مناطقی که وسعت تخریب درختان نسبتاً بالا است دقتی کافی دارد و در مناطق با وسعت بسیار کم و یا مناطق پیچیده این تصاویر از دقت لازم برخوردار نیستند، اما در هر شکل قابلیت منحصر به فرد تصاویر این ماهواره جهت تعیین تغییرات جنگلها مورد تأیید مجامع علمی می‌باشد.

تهیه نقشه پوشش سطح زمین

تهیه نقشه پوشش سطح زمین یکی دیگر از قابلیت‌های اصلی تصاویر AVHRR است، به ویژه اگر اطلاعات کمی اندکی نیز از منطقه موجود باشد. در این زمینه مطالعات زیادی وجود دارند که کاربرد این اطلاعات را در تهیه نقشه پوشش سطح زمین نشان می‌دهند. به طور مثال Loveland و همکاران در سال ۱۹۹۱ ترکیبی از تصاویر NDVI ماهانه را جهت تهیه نقشه پوشش سطح زمین بکار بردند. اولین نقشه تولیدی آنها از ترکیب هشت تصویر NDVI ماهانه سال ۱۹۹۰ و استفاده از روش طبقه‌بندی خوشه‌ای (Clustering) بدست آمده بود و حاوی ۷۰ واحد مختلف منطقه می‌شد. این واحدها در مرحله بعد با استفاده از اطلاعات جانبی مورد بازنگری قرار گرفتند.

Eggen-Melntosh و همکاران در مطالعه دیگری در سال ۱۹۹۲ با استفاده از تعداد ۶ تصویر NDVI ده روز سنجنده AVHRR متعلق به ماههای مارس و آوریل و استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده نقشه جنگل مکزیک را تهیه نمودند. همچنین مطالعات دیگری که در زمینه نقشه‌های مختلف سطح زمین به انجام رسیده است نشان می‌دهند که تکنیکهای مختلفی نظیر تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، طبقه‌بندی خوشه‌ای (Clustering)، طبقه‌بندی نظارت شده و غیره می‌توانند در این زمینه مورد استفاده قرار گیرند هر چند پژوهشگران و موسسات مختلف فعالیت‌های عمده‌ای را در زمینه توسعه روشهای فوق و تهیه روشهای دیگر که دارای ضریب اطمینان و دقت بالاتری در مورد تصاویر AVHRR باشند آغاز نموده‌اند.

تخمین میزان بیوماس علفزارها و استپها

یکی از کاربردهای تصاویر AVHRR که نتایج رضایت‌بخشی را به دنبال داشته است استفاده از این تصاویر جهت تخمین میزان بیوماس مناطق استپی و علفزارهای افریقا بوده است (۱). روش کار آنها مبتنی بر اندازه‌گیری دقیق زمینی و استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای آن مناطق بوده است. در این روش از یک سری زمانی تصویر استفاده گردیده است. این روش ابتدا در شمال سنگال مورد ارزیابی قرار گرفت و بعد پژوهشگران دیگری از این روش در مناطق افریقایی ساحل و سایر نواحی استفاده نمودند و نتایج مشابهی را بدست آوردند.

کاربرد تصاویر AVHRR/NDVI در پایش پوشش گیاهی حوزه آبخیز کل:

روش کار

همچنان که گفته شد یکی از کاربردهای تصاویر AYHRR، بررسی تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان می‌باشد و در این مورد تاکنون مطالعات زیادی به انجام رسیده است. در تحقیقی که توسط نگارنده و همکاران در قسمتی از حوزه آبخیز کل انجام گردید تغییرات پوشش گیاهی و ارتباط آن با بارندگی در یک دوره سه ساله (۱۹۹۷-۱۹۹۵) و با استفاده از یک سری زمانی (Time Series) تصاویر NOAA/AVHRR مورد بررسی قرار گرفت (۷). حوضه مورد مطالعه میان استانهای هرمزگان، کرمان و قسمتی از استان فارس با مساحت حدود ۱۵ هزار کیلومتر مربع و طولهای جغرافیایی 57° - 55° شرقی و عرضهای جغرافیایی 28° $49'$ - 27° $49'$ شمالی واقع شده است. حداقل و حداکثر ارتفاع به ترتیب ۶۵۰ و ۳۸۴۵ متر می‌باشد. متوسط بارش حوضه فوق 204 میلیمتر و حداقل و حداکثر بارش سالانه ثبت شده به ترتیب ۵۶ و ۵۲۴ میلیمتر بوده است. همچنین متوسط دما $24/4$ درجه سانتیگراد و متوسط ماهانه تبخیر 306 میلیمتر برآورد شده است.

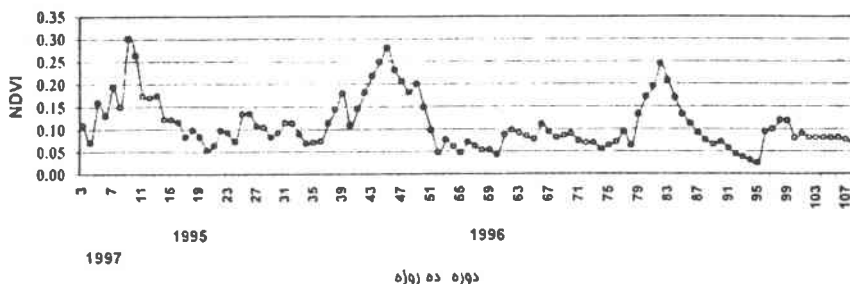
جهت انجام این امر ابتدا کلیه تصاویر مربوط به سالهای ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۷ منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردید. اطلاعات رقومی اولیه این تحقیق شامل دو سری تصاویر ماهواره‌ای بود که از طریق شبکه اینترنت تهیه و جمع‌آوری شدند. سری اول شامل تصاویر سال ۱۹۹۵ می‌باشد. این تصاویر که براساس روش Eidsenshink و Fauideen پردازش شده و به تصاویر ده روزه تبدیل گردیده‌اند در اینترنت در سایت <http://edcwww.cr.usgs.gov.landdaac/1km> ذخیره و نگهداری می‌شود (۸). اطلاعات سری دوم که شامل تصاویر سالهای ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ می‌باشد به صورت روزانه بوده و تحت فرمت IB در اینترنت در سایت <http://www.saa.noaa.gov> ذخیره

می‌گردد. این تصاویر با استفاده از نرم‌افزار NPRIA طراحی شده به وسیله (مؤسسه ITC هلند) مورد پردازش و تصحیحات رادیومتری قرار گرفته‌اند. تصاویر فوق در نهایت پس از انجام تصحیحات هندسی، با استفاده از روش ترکیب حداکثر ده روزه و انتخاب شاخص گیاهی NDVI به تصاویر NDVI ده روزه تبدیل شدند. همچنین جهت بررسی تغییرات NDVI در مناطق مختلف حوزه آبخیز مورد مطالعه، نقشه واحدهای اصلی دارای تعداد چهار واحد نمونه که در مناطق مختلف حوزه آبخیز قرار گرفته بودند نیز می‌شد.

پروفیل NDVI

تغییرات میزان شاخص گیاهی را در طول زمان در نمودارهایی که به پروفیل شاخص گیاهی معروف گشته‌اند نشان می‌دهند. این نمودارها به خوبی قادر به نمایش تغییرات پوشش گیاهی در واحدهای زمانی مختلف مانند هفته، ده روزه، ماهانه و یا سالانه می‌باشند. نمودار شماره ۲ پروفیل تغییرات شاخص گیاهی NDVI را برای واحد AP4 که یکی از نقشه واحدهای اراضی حوزه آبخیز مورد مطالعه است نشان می‌دهد. در این نمودار محور Y نمایشگر میزان NDVI و محور X نمایشگر شماره دوره‌های ده روزه می‌باشد. به طور مثال شماره ۸ بیانگر هشتمین دوره ده روزه از شروع سال ۱۹۹۵ می‌باشد. نمودار فوق به راحتی تغییرات میزان NDVI را در طول سالهای ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۷ و در فصل رشد گیاهان نشان می‌دهد. بررسی نمودار فوق نشان می‌دهد که این نمودار دارای سه رأس (Peak) می‌باشد که بیانگر حداکثر میزان NDVI در طول دوره رشد سالهای مورد مطالعه بوده و منطبق با اواخر ماه مارس و اوایل ماه آوریل (فروردین) می‌باشد. همچنین مقدار NDVI در سال ۱۹۹۷ کمتر از سالهای دیگر بوده که دلیل آن پایین بودن میزان بارش نسبت به سالهای دیگر می‌باشد.

تصاویرات میزان NDVI در واحد AP4 حوزه آبخیز کل (۱۹۹۵-۱۹۹۷)



نمودار شماره (۲): پروفیل NDVI در واحد AP4 حوزه آبخیز کل (۱۹۹۵-۱۹۹۷)

رابطه بارندگی و NDVI در مقیاس زمانی ماهانه

جهت بررسی رابطه بارندگی و NDVI در مقیاس زمانی ماهانه ابتدا متوسط میزان NDVI هر سه دوره ده روزه محاسبه و به عنوان NDVI ماهانه و بعد مجموع باران هر سه دوره ده روزه به عنوان میزان باران ماهانه محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. روشهای مختلفی جهت تعیین میزان همبستگی بین بارندگی و NDVI بکار گرفته شدند. دو روش از مجموع روشهای استفاده شده به زیر تشریح می گردند:

روش عمومی بارندگی و NDVI ماهانه

در این روش با استفاده از رگرسیون خطی میزان همبستگی بین NDVI ماهانه و بارندگی همان ماه و همچنین NDVI و بارندگی ماههای قبلی تعیین شد. جدول شماره (۲) ضرایب همبستگی بین NDVI و بارندگی ماهانه را در فواصل زمانی مختلف برای

هر یک از واحدهای منطقه نشان می‌دهد. در این جدول ضریب همبستگی بین NDVI و بارندگی ماه جاری، ستون یک ضریب همبستگی با بارندگی یک ماه قبل و ... را نشان می‌دهد. بهترین همبستگی بین NDVI و بارندگی یکماه قبل و در مواردی دو ماه قبل مشاهده می‌شود. ضمن اینکه واحد دشتهای آبرفتی (AP) بالاترین میزان همبستگی را در میان کلیه واحدها نشان می‌دهد.

روش رگرسیون چند متغیره

روش دیگری که جهت بررسی رابطه NDVI و بارندگی مورد استفاده قرار گرفت. روش رگرسیون چند متغیره بود. در این روش که با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گردید میزان ماهانه NDVI و لگاریتم بارندگی چهار فاصله زمانی یکماهه (ماه جاری تا سه ماه قبل) جهت تعیین میزان همبستگی در نظر گرفته شد.

$$NDVI = Constant + B_0(Lag0) + B_1(Lag1) + B_2(Lag2) + B_3(Lag3)$$

در معادله فوق Lag0 تا Lag3 به ترتیب بارندگی ماه جاری تا بارندگی سه ماه قبل و Constant, B₀ تا B₃ ضرایب ثابت معادله هستند. جدول شماره (۳) ضرایب همبستگی را برای واحدهای مختلف نشان می‌دهد. با توجه به اینکه بارندگی ماههای مختلف هر کدام دارای وزن و تأثیر مختلفی بر میزان NDVI هستند استفاده از روش مذکور دارای نتایج بهتری نسبت به روشهای دیگر می‌باشد.

جدول شماره (۲): ضرایب همبستگی بین NDVI و باران ماهانه در واحدها و فواصل زمانی مختلف

TUM Unit	0	1	2	3	4
A1	0.051	0.282	0.984	0.261	0.037
A2	0.32	0.457	0.358	0.27	-0.144
A3	0.134	0.426	0.376	0.236	-0.035
A4	0.172	0.492	0.482	0.24	-0.03
AP1	0.351	0.621	0.53	0.342	-0.102
AP2	0.285	0.635	0.469	0.179	-0.145
AP3	0.387	0.620	0.561	0.404	-0.055
AP4	0.335	0.542	0.403	0.38	-0.03
F1	0.332	0.581	0.604	0.419	0.035
F2	0.174	0.486	0.344	0.318	-0.023
F3	0.412	0.57	0.477	0.315	-0.104
H1	-0.085	0.25	0.411	0.25	0.077
H2	0.368	0.51	0.377	0.223	-0.118
H3	-0.072	0.18	0.404	0.265	0.136
H4	0.23	0.497	0.439	0.282	-0.011
M1	-0.142	0.138	0.347	0.201	0.09
M2	-0.086	0.058	0.167	0.09	-0.057
M3	-0.008	0.329	0.381	0.287	0.083
M4	-0.058	0.352	0.352	0.265	0.056

جدول شماره (۳): نتایج بررسی چند متغیره در واحدهای مختلف

TUM	Corr.Coeff. (R)	Coefficients (B)				
		Constant	Log 0	Log 1	Log 2	Log 3
A1	0.55	0.02532	-0.00349	0.00738	0.00872	0.00718
A2	0.55	-0.00701	0.00696	0.00946	0.00969	0.00808
A3	0.63	-0.04724	-0.00058	0.01393	0.01108	0.00981
A4	0.60	0.05585	-0.00032	0.01339	0.01207	0.00074
AP1	0.79	-0.00054	0.01659	0.04951	0.03898	0.01898
AP2	0.74	-0.03046	0.01670	0.04487	0.03474	0.02178
AP3	0.79	-0.00340	0.01215	0.03004	0.02591	0.01999
AP4	0.86	-0.02661	0.02801	0.04893	0.03552	0.02993
F1	0.77	-0.00214	0.00861	0.02874	0.02480	0.01627
F2	0.64	0.02018	0.00115	0.01120	0.00816	0.00787
F3	0.63	0.01062	0.00570	0.01311	0.01083	0.00892
H1	0.58	0.01616	-0.00647	0.00854	0.01362	0.01087
H2	0.58	0.01562	0.00563	0.01223	0.00760	0.00551
H3	0.60	0.02313	-0.00703	0.00606	0.01141	0.01046
H4	0.63	0.01211	0.00232	0.01166	0.01200	0.00933
M1	0.49	0.04789	-0.00850	0.00424	0.00947	0.00854
M2	0.37	0.02749	-0.00550	0.00192	0.00740	0.00686
M3	0.64	0.05109	-0.00526	0.01053	0.01028	0.00991
M4	0.62	0.05309	-0.00637	0.01023	0.01060	0.00993

نتیجه گیری:

استفاده از تصاویر NOAA/AVHRR در مطالعه پوشش گیاهی بی‌شک یکی از موفق‌ترین و غیره‌منتظره‌ترین کاربردهای این ماهواره بوده است، به طوری که در حال حاضر از مهمترین ابزارهای پایش پوشش گیاهی محسوب می‌شود. عمده‌ترین مزیت این ماهواره که هر روز بیش از پیش بر استفاده از آن می‌افزاید، برداشت روزانه تصاویر از سطح زمین می‌باشد که این امر موجبات به هنگام‌بودن اطلاعات محققان علوم زمین را از وضعیت پوشش گیاهی در طی زمان سبب می‌شود.

همچنین استفاده از شاخصهای گیاهی نظیر NDVI می‌تواند به عنوان ابزاری در جهت مطالعه پوشش گیاهی محسوب گردد. استفاده از چنین داده‌های رقومی و نقشه‌ها و تصاویر حاصل از آنها می‌تواند در کنار سایر لایه‌های اطلاعاتی در سیستمهای اطلاعات جغرافیایی بکار گرفته شود. لایه‌هایی چون نقشه خاکهای منطقه، الگوی ارتفاع رقومی و غیره می‌توانند به راحتی بکار گرفته شوند.

نتایج بدست آمده در مورد با میزان همبستگی بین بارندگی شاخص پوشش NDVI و با استفاده از روشهای مختلف نمایانگر وجود همبستگی با شدتهای مختلف در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در این میان روش رگرسیون چند متغیره، میزان همبستگی بهتری را بین بارندگی شاخص NDVI در مقیاس ماهانه نشان داد. ضمن اینکه واحدهای دشتهای آبرفتی و دشتهای سیلابی به ترتیب قویترین همبستگی را نسبت به سایر واحدهای منطقه مورد مطالعه نمایش می‌دادند.

تشکر و قدردانی:

بدین وسیله از زحمات جناب آقای دکتر ثقفیان و جناب آقای مهندس فاتحی، اعضای محترم هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع:

- 1- D'Souza, G., Belward, A. S. and Malingreau, J. P, 1996. Advanced in the use of NOAA AVHRR data for land application. Kluwer Academic publishers. 480 pp.
- 2- Yi, JLR, Shimbukuro, YE, 1999. Vegetation mapping and monitoring in Mato Grosso Stata using AVHRR-NOAA images. Revista Arvore. 23: 1, 93-102.
- 3- Hess, T., Stephens, W. and Thomas, G, 1996. Modeling NDVI from decadal rainfall data in the North East Arid Zone of Nigeria. Jornal of Environmental Management. 48, 249-281.
- 4- Jalali, N., Fatehi, A., Noroozi, A., Kheirkhah, M. and Mirghasemi, A, 1999. Change detection of natural vegetation cover in the territory of Iran caused by pollution reslting from the Kuwaiti oil well fires during the 1991. Persioan Gulf War: Remote Sensing and GIS application. Soil Conservation and Watershed Management Research Center of I.R. of Iran. 516 pp.
- 5- Tucker, C. J. and sellers, P. J, 1986. Satellite remote sensing of primary vegetation. International Journal of Remote sensing. 7, 1395-1416.
- 6- Bastaansen, W.G.M, 1998. Remote Sensing in water resource management. The atate of the art. International Water Management Institute. 118 pp.
- 7- Damizadeh, M., Gieske, A., Saghafian, B., Timmermans, W. and Fatehi, A, 2000. Assessment of correlation between rainfall and vegetation responses determaind from NOAA-AVHRR. Msc Thesis, International Institute for Aerospace Survey and Erath Science (ITC).

8- Eidenshink, J. C. and Faundeen. J. L, 1998. The 1Km AVHRR global land data set. First stage in the implementation. Internet web site: <http://edcwww.cr.usgs.gov/landaac>.