کارگاه آموزشی کاربرد RS و GIS در آبیاری و زهکشی
۱۲ آذر ماه ۱۳۸۳

کاربرد سنجش از دور در ارزیابی سیستم یکپارچه منابع آب حوضه‌های آبریز

مطالعه موردی: پروژه طرح جامع مدیریت منابع آب حوضه آبریز کابل

علی ارشادی[۱]، حمید خیابانی[۲]

چکیده:

در این مقاله، کاربردهای فن آوری سنجش از دور در پروژه طرح جامع مدیریت منابع آب حوضه آبریز کابل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. منطقه مطالعاتی، حوضه آبریز کابل در شرق کشور افغانستان است که دارای مساحتی در حدود ۵۳۰۰۰ کیلومتر مربع میباشد. به دلیل جنگها و درگیری‌هایی که در سالهای گذشته در منطقه حاکم بوده است، عمده اطلاعات منطقه از بین رفته و انجام پروژه‌های مطالعاتی را با مشکلات زیادی مواجه ساخته است. در این پروژه، از فن آوری‌های سنجش از دور و GIS به عنوان ابزاری برای پرکردن خلاء اطلاعاتی موجود و جهت ارزیابی سامانه یکپارچه منابع آب حوضه استفاده میشود. فن آوری سنجش از دور در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، تعیین سطوح اراضی کشاورزی، تهیه نقشه‌های سطح برف منطقه و ارزیابی وضعیت بارندگی منطقه مورد استفاده قرار گرفته است. در تهیه نقشه‌های سطح برف از اطلاعات ماهواره‌های NOAA در یک دوره ۲۰ ساله و در گامهای زمانی ۱۰ روزه استفاده شده و بارندگی منطقه نیز با استفاده از اطلاعات ماهواره TRMM ارزیابی شده است. همچنین در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و تعیین سطح اراضی کشاورزی منطقه، تصاویر و اطلاعات ماهواره‌های لندست و CORONA مورد استفاده قرار گرفته است. در ماهواره‌های لندست، از اطلاعات سنجنده‌های MSS و ETM+ در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی کشاورزی منطقه در دوره‌های زمانی

۱- کارشناس شرکت مهندسی مشاور طوس آب مشهد (ali.ershady@gmail.com)
۲- کارشناس شرکت مهندسی مشاور طوس آب مشهد (hkhiabani_ir@yahoo.com)

دهه ۱۹۷۰و ۲۰۰۰ استفاده شده و سطوح اراضی کشاورزی منطقه در دهه ۱۹۶۰ با استفاده از تصاویر ماهواره CORONA بدست آمده است. روش تهیه این نقشه‌ها، استفاده از روشهای طبقه‌بندی نظارت شده در نرم افزار ENVI میباشد، ولی در تهیه اطلاعات و پردازش آنها از نرم افزارهای متعددی استفاده شده است.

نقشه‌های کاربری اراضی حاصله با استفاده از ابزارهای سیستمهای اطلاعات جغرافیایی مورد ویرایش و تصحیح قرار گرفته و با جمع بندی این اطلاعات با دیگر اطلاعات موجود منطقه، سطح زیرکشت اراضی کشاورزی منطقه محاسبه شده و در مدل منابع آب منطقه وارد شده است.

در این مقاله، اطلاعات مورد استفاده، روشها و تکنیک‌های نرم افزاری و متدولوژی انجام کار در سیستم تلفیقی RS – GIS معرفی خواهد شد.

۱- مقدمه

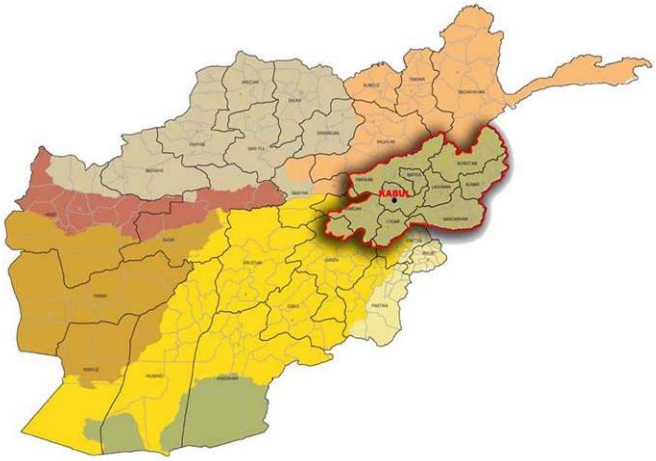
فن آوریهای نوین از جمله سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) در سالهای اخیر پیشرفت‌های زیادی داشته است. با توسعه همزمان سامانه‌های نرم افزاری و سخت افزاری، کاربردهای سنجش از دور و GIS در علوم و صنایع مختلف افزایش قابل ملاحظه ای پیدا کرده است، بطوریکه مراحل انجام پروژه‌های مطالعاتی، علی الخصوص در زمینه مهندسی آب و منابع طبیعی از نظر زمانی کوتاهتر شده و در مجموع کیفیت و دقت مطالعات نیز افزایش پیدا کرده است. مزایای تصاویر ماهواره ای را می‌توان تکرار، رزولوشن مناسب،دامنه گسترده طول موج و امکان مشاهده دقیقتر پدیده‌ها برشمرد. همچنین توسعه نرم افزارهای کاربردی که محیطی انعطاف پذیر و ساده برای پردازش اطلاعات ماهواره‌ای فراهم می‌آورند، سازمانها و شرکت‌های مختلف را به استفاده از این تکنولوژی‌ها راغب نموده است.

پژوهش حاضر، حاصل یافته‌ها و دستآوردهایی است که از پروژه طرح جامع مدیریت منابع آب حوضه آبریز کابل حاصل شده است. این پروژه در قالب تفاهم نامه ای بین دولتهای ایران و افغانستان و در قالب کمکهای ایران به افغانستان، به شرکت مهندسی مشاور طوس آب واگذار شده و اهداف اصلی آن ارزیابی وضعیت موجود منابع و مصارف آب در حوضه آبریز کابل و تهیه برنامه مدیریت منابع آب این حوضه با تعریف پروژه‌های جدید یا تغییر روشهای بهره برداری از منابع آب و خاک در این حوضه می‌باشد.

به دلیل جنگهای طولانی در منطقه و از بین رفتن اطلاعات و نیز عدم امنیت کافی جهت انجام بازدیدهای میدانی کامل، سنجش از دور به عنوان ابزاری برای پر کردن خلاءهای اطلاعاتی مطرح بوده و پدیده‌های بارندگی، برف و کاربری اراضی کشاورزی توسط آن بررسی و ارزیابی شده است. در این مقاله، تجربیات و روشهای کاری و نتایج حاصل از این پروژه به اختصار مورد بررسی قرار گرفته است.

منطقه مورد مطالعه، حوضه آبریز رودخانه کابل است که در شمال شرقی کشور افغانستان و در محدوده جغرافیایی طول شرقی′ ۴۳ و° ۶۷ تا ′ ۴۰ و °۷۱ و عرض شمالی′ ۲۹ و° ۳۳ تا ′۰۶ و °۳۶ قرار دارد. در شکل ۱، موقعیت حوضه نسبت به کشور افغانستان و سایر حوضه‌های آن مشاهده می‌شود.

شکل ۱: موقعیت حوضه آبریز کابل نسبت به سایر حوضه‌های آبریز افغانستان



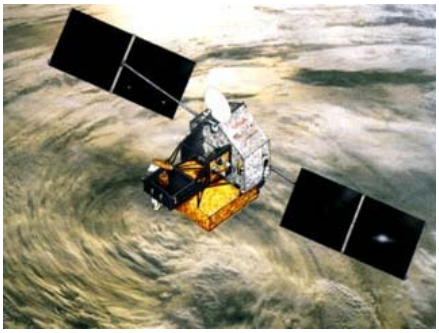
۲- مواد و روشها

در این بخش، داده‌ها و ابزارهای مورد استفاده در سنجش از دور و GIS و نیز روشهای مطالعاتی و نرم افزارهای مورد استفاده به تفکیک کاربرد، معرفی خواهند شد.

۲-۱- ارزیابی بارندگی توسط تصاویر ماهواره ای

تاکنون تلاشهای زیادی برای استخراج و استحصال بارندگی و پارامترهای وابسته به آن از طریق سنجش از دور و سکوهای مختلف اطلاعاتی صورت گرفته است. از جمله می‌توان به اندازه گیری بارندگی توسط رادار و نیز استفاده از روش CCD در استخراج بارش از تصاویر ماهواره‌های NOAA و GEOS اشاره نمود. مزیت بررسی بارندگی با استفاده از روشهای سنجش از دور، شناخت بهتر پدیده بارش و پارامترهای موثر در آن در یک گستره مکانی وسیع است.دراختیار داشتن لایه‌های رستری بارندگی، در شبیه سازی بارش-رواناب حوضه‌های آبریز کاربرد بیشتری دارد. با توجه به کمبود اطلاعات بارندگی در محدوده مورد مطالعه حوضه آبریز کابل، منابع اطلاعاتی مختلف برای تخمین بارش از طریق سنجش از دور بررسی شده و در نهایت ماهواره TRMM برای بدست آوردن اطلاعات بارندگی انتخاب شده است.

۱-۱-۲- معرفی ماهوار ه TRMM



این ماهواره در ۲۸ نوامبر سال ۱۹۹۷ با همکاری سازمان فضایی دو کشور امریکا و ژاپن به فضا پرتاب شد. مدت عمر اولیه طراحی شده برای این ماهواره تقریبا ۳ سال بود، ولی هنوز در مدار بوده و از اطلاعات آن استفاده میشود. هدف از پرتاب این ماهواره اندازه گیری بارندگی در سطح اقیانوس‌ها و دریاها است، چرا که معمولاً احداث ایستگاههای باران سنجی در دریاها دشوار بوده و از طرف دیگر اطلاع از وضعیت و مشخصات تندبادها و هوریکانهایی که هر ساله به سواحل امریکا و ژاپن خسارت‌های زیادی وار د میکنند ضروری می‌باشد. علاوه بر این از اطلاعات این ماهواره میتوان در اندازه گیری بارش در سطح خشکی‌ها و مخصوصاً مناطقی که دارای آمار و اطلاعات ثبت شده مناسبی نمی باشند استفاده نمود.این ماهواره در ارتفاع تقریبی ۳۵۰ کیلومتری زمین قرار داشته و دارای ۵ سنسور اصلی است که هر یک به نوعی پارامترهای وابسته به بارش را اندازه‌گیری می‌کنند.

ماهواره TRMM در هر روز چندین بار از مناطق مختلف کره زمین عبور کرده و اطلاعات لازم را برداشت می‌کند. تکرار برداشت‌ها و عبور این ماهواره برای مناطق مختلف کره زمین متفاوت است و بستگی به عرض جغرافیایی محدوده مورد نظر دارد. به عنوان مثال، محدوده شهر مشهد بطور متوسط ۵ بار در روز توسط این ماهواره اسکن شده و مشخصات بارش آن برداشت می‌شود.

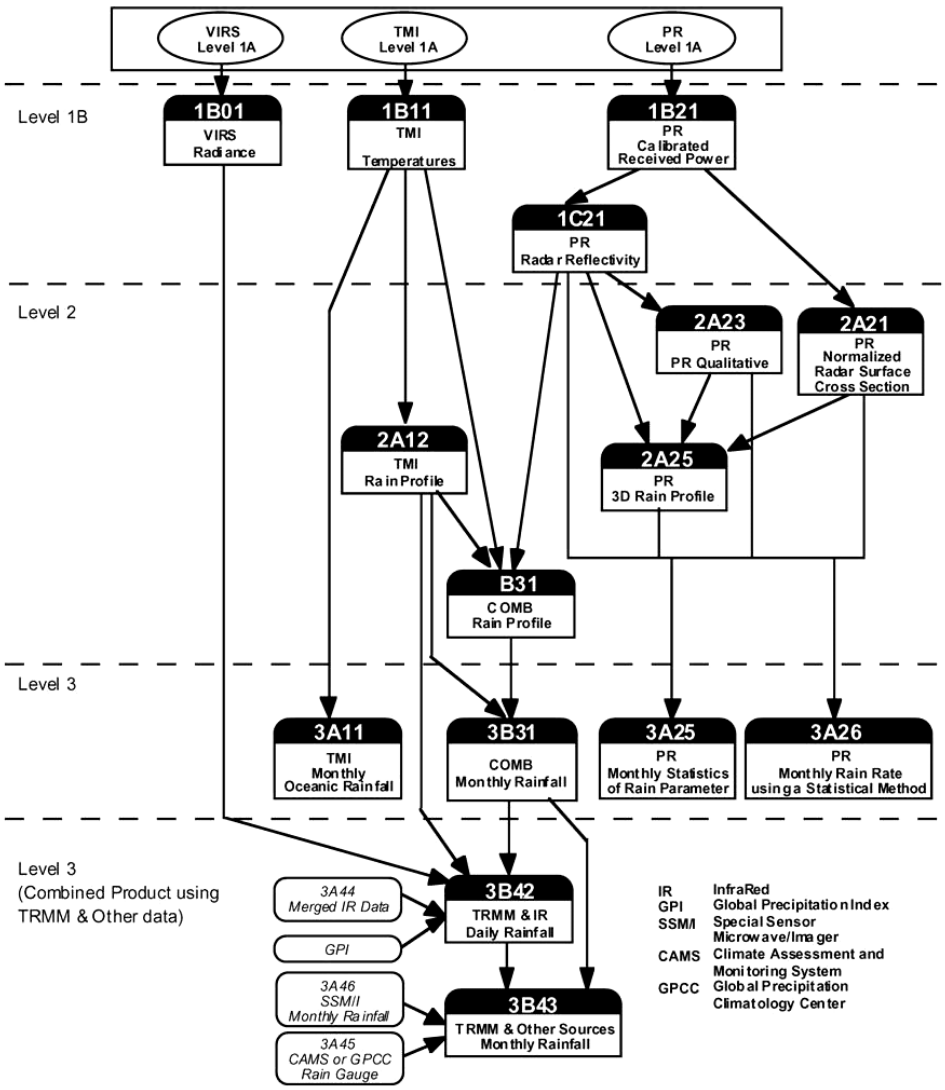
۲-۱-۲- انواع اطلاعات ماهواره TRMM

اطلاعات مختلفی را می‌توان با ترکیب سنسورهای ماهواره TRMM تولید نمود. اطلاعات تولید شده توسط ایستگاههای زمینی واسنجی شده و کنترل‌های لازم بر روی آنها انجام میشود.در جدول ۱، مشخصات سنسورهای اصلی ماهواره TRMM و در شکل ۲ نمودار تولید اطلاعات مختلف ماهواره TRMM مشاهده می‌شود.

جدول ۱: سنسورهای اصلی ماهواره TRMM

نام سنسور	نام کامل	کاربرد
VIRS	Visible and Infrared Scanner	اندازه گیری تابش در طول موجهای مرئی تا مادون قرمز
TMI	TRMM Microwave Imager	اندازه گیری تشعشات مایکروویو برگشتی
PR	Precipitation Radar	اندازه گیری بارش و تهیه پروفیلهای بارش
LIS	Lighting Imaging Sensor	تصحیح تابش برگشتی از سطح ابرها
CERES	Clouds and the Earth’s Radiant Energy System	تصحیح اثرات جو بالای اتمسفر

شکل ۲: نمودار تولید اطلاعات خروجی ماهواره TRMM



در این پروژه، با توجه به اهداف و مقیاس مطالعاتی (طرح جامع)، از اطلاعات 3B42 و 3B43 این ماهواره برای بررسی وضعیت بارندگی استفاده شده است. اطلاعات ماهواره TRMM برای سالهای ۱۹۹۸ به بعد در دسترس هستند.از آنجا که در سالهای اخیر، بجز در ایستگاه فرودگاه کابل، در دیگر ایستگاههای منطقه آماربرداری هواشناسی انجام نمی‌شود، برای واسنجی اطلاعات ماهواره TRMM از آمار و اطلاعات ایستگاههای کشورهای مجاور استفاده شده است.

۳-۱-۲- روش مطالعاتی

مراحل کاری در ارزیابی بارندگی با استفاده از تصاویر و اطلاعات ماهواره TRMM به شرح زیر می‌باشد:

۱- جمع آوری اطلاعات ایستگاههای هواشناسی

ایستگاههای هواشناسی مورد استفاده، در کشورهای پاکستان، تاجیکستان، ایران و افغانستان قرار دارند که اطلاعات روزانه آنها از WMO دریافت شده و در قالب سری‌های زمانی مرتب شده است. قسمتی از آمار و اطلاعات روزانه و ماهانه مورد استفاده برای ایستگاههای هواشناسی ایران نیز از سازمان هواشناسی دریافت شده است.

۲- پردازش اطلاعات هواشناسی

در این مرحله اطلاعات بارندگی جمع آوری شده کنترل، تصحیح و بازسازی شده و در فرمت مناسب بصورت سری‌های زمانی در یک بانک اطلاعاتی جمع بندی شده‌اند.

۳- بررسی انواع مختلف اطلاعات TRMM

همانطور که ذکر شد، انواع مختلفی از اطلاعات از ماهواره TRMM وجود دارند که هر یک در موارد خاصی کاربرد دارند. در این مطالعات، با توجه به مقیاس پروژه و محدودیت زمانی در ارزیابی وضعیت بارندگی، اطلاعات3B42 (روزانه در رزولوشن ۲۵ کیلومتری) و 3B43 (ماهانه در رزولوشن ۱۰۰ کیلومتری) این ماهواره مورد بررسی قرار گرفته است.

۴- پردازش اطلاعات TRMM

در پردازش اطلاعات TRMM، مقدار بارندگی حاصل از هر پیکسل یا پیکسل‌های شاخص اطراف یک ایستگاه هواشناسی بصورت یک سری زمانی استخراج شده است. سپس اطلاعات حاصل از ماهواره و اطلاعات زمینی ثبت شده در ایستگاه با هم مقایسه شده و روابط همبستگی بین این دو سری زمانی بدست آورده شده است.

۵- واسنجی

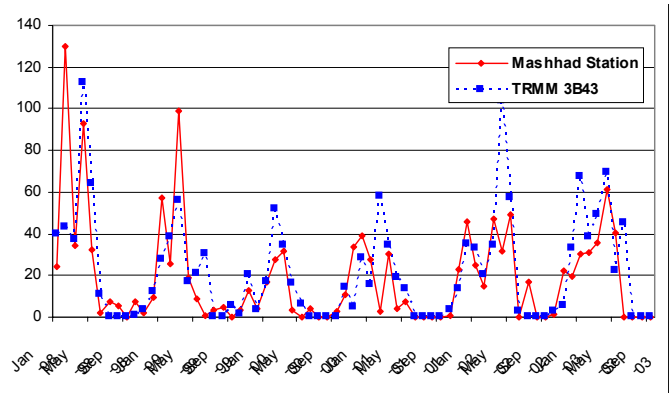
پس از استخراج سری‌های زمانی بارندگی حاصل از ماهواره و ایستگاه زمینی، عملیات واسنجی اطلاعات با مقایسه سری‌های زمانی و استخراج روابط همبستگی انجام گردیده است. نتایج حاصل از این مقایسه‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- اطلاعات روزانه ماهواره TRMM با اطلاعات ایستگاه‌های زمینی مطابقت مناسبی نشان نمی‌دهد.
- اطلاعات ماهانه ماهواره TRMM با اطلاعات ایستگاه‌های زمینی مطابقت نسبتاً خوبی دارد.
- اطلاعات حاصل از ماهواره TRMM قادر به تخمین دقیق مقدار بارش نیست ولی میتواند با دقت خوبی توزیع بارش را مشخص نماید.
- با ترکیب اطلاعات ماهواره TRMM با مدلهای منطقه ای بارندگی (از جمله مدلWillmott) می‌توان با دقت نسبتاً خوبی سری زمانی نقشه‌های هم بارش را برای هر ماه بدست آورد. البته با توجه به اینکه دقت اطلاعات مدل Willmott بستگی به کمیت و کیفیت داده‌ها و نیز تعداد و پراکندگی

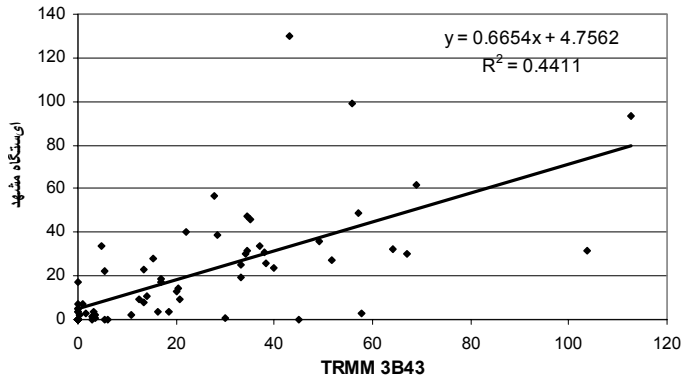
ایستگاهها در منطقه دارد، روش مزبور برای منطقه حوضه آبریز کابل جوابگو نیست، زیرا پراکنش ایستگاهها در حوضه آبریز کابل بسیار کم می‌باشد.

مدل Willmott یک مدل بارش جهانی است که با استفاده از اطلاعات ایستگاههای هواشناسی کل دنیا تهیه شده است. این مدل توسط C.J. Willmott و K. Matsuura تهیه شده و شامل اطلاعات ماهانه بارندگی کل دنیا از سال ۱۹۵۰ تا سال ۱۹۹۹ می باشد. در تهیه این مدل از اطلاعات ۲۰۵۹۹ ایستگاه هواشناسی زمینی استفاده شده است. این اطلاعات در پیکسل‌هایی به ابعاد تقریبی ۵۰ در ۵۰ کیلومتر آماده شده اند و برای بازسازی آمارهای مفقود در ایستگاههای هواشناسی، از اطلاعات ایستگاههای مجاور و ارتباط آنها با مدل ارتفاعی رقومی زمین استفاده شده است.

شکل ۳: مقایسه اطلاعات **3B43** ماهواره **TRMM** و بارندگی در ایستگاه مشهد



شکل ۴: رابطه همبستگی اطلاعات 3B43 ماهواره TRMM و بارندگی در ایستگاه مشهد



۲-۲- استحصال سطح برف از تصاویر ماهواره‌ای

در منطقه مطالعاتی، برف نقش عمده ای در تولید رواناب دارد ویخچالهای بزرگ و دائمی در ارتفاعات شرقی حوضه وجود دارد. به دلیل فقدان هرگونه آمار و اطلاعات برف سنجی یا عدم امکان دسترسی به آن، فن آوری سنجش از دور میتواند ابزار مناسبی در شناخت وضعیت ذوب برف در حوضه مطالعاتی باشد.با توجه به مقیاس پروژه و محدودیت زمانی انجام مطالعات پایه، از اطلاعات Pathfinder برای

تخمین سطح برف استفاده شده است. در این ارتباط در دوره زمانی ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۱ لایه‌های رستری سطح برف منطقه در گامهای زمانی ۱۰ روزه تهیه شده است. متاسفانه بدلیل عدم همزمانی اطلاعات موجود آبدهی (۱۹۸۰-۱۹۵۹) با تصاویر ماهواره ای، امکان تخمین رواناب ناشی از ذوب برف میسر نیست، ولی فراوانی وقوع و میزان پوشش برف در حوضه‌ها شاخص مناسبی برای شناخت اولیه وضعیت هیدرولوژی آنها می‌باشد.

۲-۲-۱- معرفی ماهواره‌های NOAA

NOAA به سری ماهواره‌هایی اطلاق میگردد که توسط NASA به فضا پرتاب شده و ماموریت اصلی آنها، تهیه اطلاعات هواشناسی از کره زمین می‌باشد. اکثر این ماهواره‌ها بصورت روزانه از سطح زمین تصویر برداری مینمایند و اطلاعات حاصل از آنها در طول موج‌های مرئی و مادون قرمز میباشد که می‌تواند برای تعیین دمای سطح زمین مورد استفاده قرار گیرد. اطلاعات مربوط به ماهواره‌های NOAA و سنجنده‌های آنها در اکثر کتابهای سنجش از دور ذکر شده است.

۲-۲-۲- انواع اطلاعات ماهواره‌های NOAA

ماهواره‌های هواشناسی NOAA توسط سنجنده‌های مختلفی که بر روی آنها مستقر است به اندازه گیری پارامترهای هواشناسی در طول موج‌های مختلف می پردازند. تصاویر حاصل از این ماهواره‌ها دارای عرض زیادی بوده و در هر تصویر منطقه بزرگی از زمین پوشش داده میشود. در این پروژه، از تصاویر Pathfinder با رزولوشن ۸ کیلومتر و گام زمانی ده روزه استفاده شده است. این تصاویر از سنجنده AVHRR ماهواره‌های NOAA-7,-9,-11 حاصل شده اند. تصاویر مزبور، از کل تصاویر روزانه موجود در هر گام ۱۰ روزه حاصل شده‌اند. باندهای مورد استفاده در این مطالعه، باندهای ۱ و ۲ و ۴ میباشند که باندهای ۱ (0.58-0.68 micrometer) و ۲ (0.73-1.10 micrometer) در طول موج مرئی بوده و باند ۴ (10.3-11.3 micrometer) در باند حرارتی مادون قرمز می‌باشد.

۲-۲-۳- روش مطالعاتی

در این قسمت، روش مطالعاتی استخراج سطح برف ازتصاویر ماهواره ای مختصراً توضیح داده میشود. فرآیند ذکر شده میتواند برای هر نوع مطالعه برف سنجی با استفاده از تصاویر ماهواره‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد:

۱- تهیه اطلاعات ماهواره ای Pathfinder

اطلاعات Pathfinder در دو باند طیفی و یک باند حرارتی برای منطقه مطالعاتی تهیه گردیده است. از آنجا که فایلهای اطلاعاتی این تصاویر به تصحیح نیاز دارند، با اعمال ضرایب مربوط به هر باند، عملیات تصحیح و تبدیل انجام گردیده است. همچنین با توجه به تعداد بسیار زیاد فایلهای اطلاعاتی مربوط به این تصاویر، در کلیه مراحل آماده سازی، پیش پردازش، پردازش و تحلیل خروجی‌ها، عملیات محاسباتی توسط فرآیند Batch Processing و در محیط نرم افزار WinChips انجام گردیده است.

۲- تهیه اطلاعات مرجع

اطلاعات مرجع مورد استفاده برای تعیین آستانه‌های طیفی و کنترل خروجی‌ها، تصاویر ماهواره‌های Landsat و Spot میباشند. این تصاویر بصورت Quicklook از اینترنت دریافت شده است. در تهیه این اطلاعات سعی شده است برای قسمتهای مختلف حوضه، مخصوصاً مناطق برف خیز، تصویر، تهیه شود و نیز از نظر زمانی در ماههای مختلف به تعداد کافی تصویر با کیفیت مطلوب و با پوشش ابر کم بدست آورده شود.

۳- ژئورفرنس

با استفاده از نقاط کنترل زمینی جمع آوری شده از نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره ای مختصات دار و ...، کلیه تصاویر ماهواره ای Pathfinder و نیز تصاویر مرجع به سیستم مختصاتی UTM تبدیل شده‌اند.

۴- تعیین آستانه‌های طیفی برف

در این مرحله برای هر دهه یا ماه از سال، با توجه به سطح برف در تصاویر مرجع، تصویر Pathfinder همزمان با آن بررسی شده و آستانه‌های طیفی برای هر باند در محدوده برف مشخص شده است. سپس با جمع بندی نتایج، آستانه مربوط به باندهای مختلف در هر ماه تعیین شده است. از این آستانه‌ها در مرحله پردازش تصاویر و استخراج سطح برف استفاده خواهد شد. با توجه به بررسی‌های انجام شده، اطلاعات موجود در باند ۴ تصاویر، برای تعیین سطح برف مناسب تر بوده و باندهای ۱ و ۲، بدلیل واقع بودن در محدوده طیف مرئی و اثرات نامطلوب مناطق همرنگ برف مانند مناطق شور، برای پردازش برف مناسب نمی‌باشند.

۵- پردازش اطلاعات Pathfinder

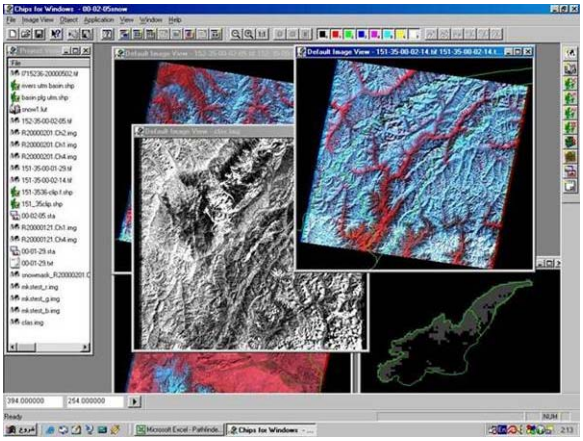
با استفاده از آستانه‌های مشخص شده در مرحله قبل، با انجام عملیات Batch Processing، کلیه تصاویر Pathfinder پردازش شده و برای هر دهه، یک لایه سطح برف بدست آورده شده است. لازم به ذکر است، در بعضی از قسمتهای منطقه که در خط القعر اصلی رودخانه کابل میباشند، مخصوصاً اطراف شهر کابل، شاخص دما، نشان دهنده وجود برف در بعضی از ماهها نبوده و برای این مناطق از یک لایه ماسک استفاده شده است.

۶- کنترل اطلاعات پردازش شده

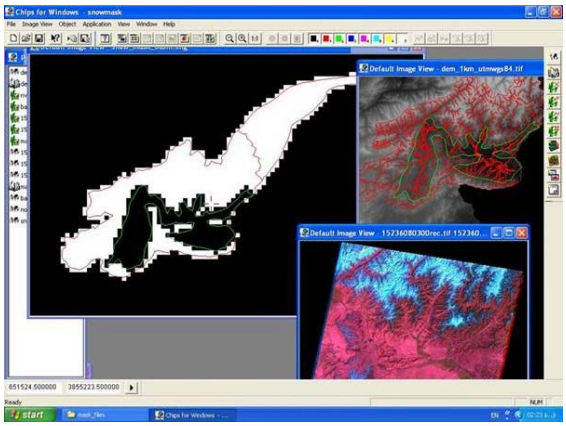
پس از تهیه لایه‌های بدست آمده، صحت نتایج توسط کنترل مجدد سطح برف حاصل از Pathfinder با تصاویر مرجع کنترل و تغییرات لازم در آستانه‌های طیفی اعمال گردیده است.

نتایج حاصل از این مطالعات شامل مقدار سطح برف در لایه‌های رستری برای هر دهه از دوره ۲۰ ساله ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۱ میباشد. متاسفانه به دلیل عدم همزمانی اطلاعات اندازه گیری شده هیدرومتری منطقه با دوره اطلاعاتی پوشش سطح برف، امکان تحلیل نتایج و تخمین مقدار ذوب برف در حوضه وجود ندارد.

شکل ۵: روش استخراج آستانه‌های طیفی سطح برف



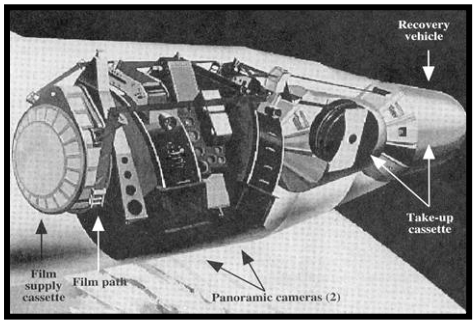
شکل ۶: نمونه ای از سطح برف استخراج شده در حوضه آبریز کابل



۳-۲- استحصال نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای

کمبود اطلاعات و عدم امنیت لازم جهت بازدیدهای میدانی در منطقه مطالعاتی، استفاده از فن آوری سنجش از دور در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی را الزامی میسازد. از این نقشه‌ها جهت تعیین سطح اراضی کشاورزی منطقه و بررسی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شود. سطح اراضی کشاورزی در تعیین نیازهای آبی کشاورزی منطقه مورد نیاز بوده و از نتایج نهایی آنها در مدل برنامه ریزی منابع آب حوضه استفاده خواهد شد. از تغییرات کاربری اراضی نیز برای تخمین تخریب اراضی مرتعی و جنگلی و اثرات آنها در فرسایش حوضه استفاده می‌شود.

۱-۳-۲- معرفی ماهواره CORONA



این ماهواره در سال۱۹۵۹ توسط آژانس فضایی ایالات متحده به فضا پرتاب شد. اطلاعات و تصاویر این ماهواره تا سال۱۹۹۶ جنبه محرمانه داشته است و فقط به منظورهای نظامی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. سیستم تصویر برداری در این ماهواره مشابه سیستم تصویر برداری عکسهای هوایی بوده و ثبت تصاویر بر روی فیلمهای عکاسی انجام میگرفته است. پس از پر شدن حلقه فیلم، بصورت اتوماتیک با چتر به فضا پرتاب شده و در نزدیکی سطح زمین توسط هواپیماهایی که به یک سبد در انتهای خود مجهز بوده اند، گرفته می شده است. در شکل ۷، نمونه‌ای از تصاویر این ماهواره و در شکل ۸ ، عملیات گرفتن فیلم مشاهده می‌شود.

شکل ۷: نمونه ای از تصاویر ماهواره ای CORONA در حوضه آبریز کابل

شکل ۸: تصویری از عملیات گرفتن فیلم پرتاب شده از ماهواره توسط هواپیما

۲-۳-۲- معرفی سری ماهواره‌های LANDSAT

ماموریت ماهواره‌های لندست از سال ۱۹۷۲ با پرتاب اولین سری از این ماهواره‌ها آغاز شد. در حال حاضر، از سری لندست، ماهواره لندست ۷ با سنجنده مجهز خود +ETM در مدار بوده و به تصویر برداری از پدیده‌های زمینی مشغول میباشد. تصاویر این سری از ماهواره‌ها معمولاً برای سنجش پدیده‌های طبیعی مورد استفاده می‌باشد. از پرتاب ماهواره لندست ۱ تاکنون، سیستم تصویر برداری سنجنده‌ها و تصاویر حاصل از آنها از نظر طیفی و توان تفکیک مکانی پیشرفت قابل ملاحظه ای داشته است. در این مطالعه از اطلاعات حاصل از سنجنده‌هایMSS و +ETM برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه استفاده شده است. مشخصات ماهواره‌های لندست و مشخصات سنجنده‌های آنها را میتوان در جداول زیر مشاهده نمود

جدول ۲: مشخصات باندهای ماهواره‌های لندست

Satellite	Spectral Resolution (μm)	Band	Spatial Resolution
Landsat 1-3	MSS		(meters)
	Band 4: 0.50 – 0.60	Green	79
	Band 5: 0.60 – 0.70	Red	79
	Band 6: 0.70 – 0.80	Near IR	79
	Band 7: 0.80 – 1.10	Near IR	79
Landsat 4-5	MSS		
	Band 4: 0.50 – 0.60	Green	82
	Band 5: 0.60 – 0.70	Red	82
	Band 6: 0.70 – 0.80	Near IR	82
	Band 7: 0.80 – 1.10	Near IR	82
	TM		
	Band 1: 0.45 – 0.52	Blue	30
	Band 2: 0.52 – 0.60	Green	30
	Band 3: 0.63 – 0.69	Red	30
	Band 4: 0.76 – 0.90	Near IR	30
	Band 5: 1.55 – 1.75	Mid IR	30
	Band 6: 10.4 – 12.5	Thermal	120
	Band 7: 2.08 – 2.35	Mid IR	30
Landsat 7	ETM+		
	Band 1: 0450 – 0.515	Blue	30
	Band 2: 0.525 – 0.605	Green	30
	Band 3: 0.630 – 0.690	Red	30
	Band 4: 0.760 – 0.900	Near IR	30
	Band 5: 1.550 – 1.750	Mid IR	30
	Band 6: 10.40 – 12.5	Thermal	60
	Band 7: 2.080 – 2.35	Mid IR	30
	Band 8: 0.52 – 0.92	Pan	15

جدول ۳: مشخصات مداری و ابعاد تصاویر ماهواره‌های لندست

Satellite	Sensor	Swath (km)	Scene Size (km)	Altitude (km)	Revisit (days)
L 1-3	MSS	180	180 x 170	917	18
L 4-5	TM	185	170 x 183	705	18
L 7	ETM+	185	170 x 183	705	16

۳-۳-۲- روش مطالعاتی

برنامه تهیه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه به شرح زیر میباشد:

- تهیه نقشه اراضی کشاورزی به روش تفسیر چشمی از تصاویر دهه ۱۹۶۰ ماهواره CORONA
- تهیه نقشه کاربری اراضی به روش تفسیر چشمی از تصاویر MSS دهه ۱۹۷۰ ماهواره‌های لندست ۱-۳
- تهیه نقشه کاربری اراضی به روش طبقه بندی نظارت شده از تصاویرETM+ سالهای ۲۰۰۰ ماهواره لندست ۷

در این پروژه، از نقشه کاربری اراضی تهیه شده در سال ۱۹۹۳ توسط FAO، به عنوان مبنا برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی استفاده شده است.

مراحل اصلی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره ای به شرح زیر می‌باشد:

۱- آماده سازی تصاویر

در این مرحله، تصاویر از نظر طیفی و رادیومتریک کنترل شده و تصحیحات لازم بر روی آنها انجام می‌شود. سپس ترکیب باندی مناسب تصاویر با توجه به مشخصات طیفی آنها برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی تهیه می‌شود.

۲- ژئورفرنس تصاویر

در این مرحله، کلیه تصاویر به سیستم مختصاتی UTM تبدیل می‌شوند. برای این تبدیل، نقاط مرجع از نقشه‌های توپوگرافی، لایه‌های GIS و تصاویر ماهواره ای مختصات دار و دیگر اطلاعات شاخص جمع آوری شده و سپس توسط نرم افزار مناسب (ERDAS)، عملیات تبدیل مختصات انجام شده است.

۳- طبقه بندی و آنالیز تصاویر

تصاویر ماهواره CORONA ماهیت رقومی نداشته و دارای باندهای طیفی نمی‌باشند. همچنین اطلاعات سنجنده MSS ماهواره‌های لندست، از نظر طیفی کیفیت لازم را برای تفکیک کاربری اراضی‌های مختلف دارا نمی‌باشند. لذا در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از این تصاویر، از روشهای تفسیر چشمی استفاده شده است. از تصاویر ماهواره CORONA، فقط سطوح اراضی کشاورزی بدست آمده است و عملیات تفسیر و استخراج در نرم افزار ERDAS انجام شده است. از تصاویر سنجنده MSS ماهواره‌های لندست نیز فقط مساحت اراضی کشاورزی بدست آمده و در تهیه آنها از نقشه کاربری اراضی تهیه شده توسط FAO در سال۱۹۷۲ استفاده به عمل آمده است.

تصاویر ماهواره ای سنجنده +ETM ماهواره لندست ۷ با روشهای طبقه بندی نظارت شده و در محیط نرم افزار ENVI پردازش شده است. برای انجام این طبقه بندی لازم است در هر کلاس کاربری اراضی، به تعداد کافی مناطق تعلیمی (Training Areas) وجود داشته باشد. این نواحی مرجع، از نقشه‌های کاربری اراضی سال ۱۹۹۰ تهیه شده توسط FAO بدست آمده است. دلایل انجام این کار، مطلوبیت نتایج حاصله برای استفاده در پروژه‌های طرح جامع و نیز عدم امکان بازدیدهای میدانی بوده است

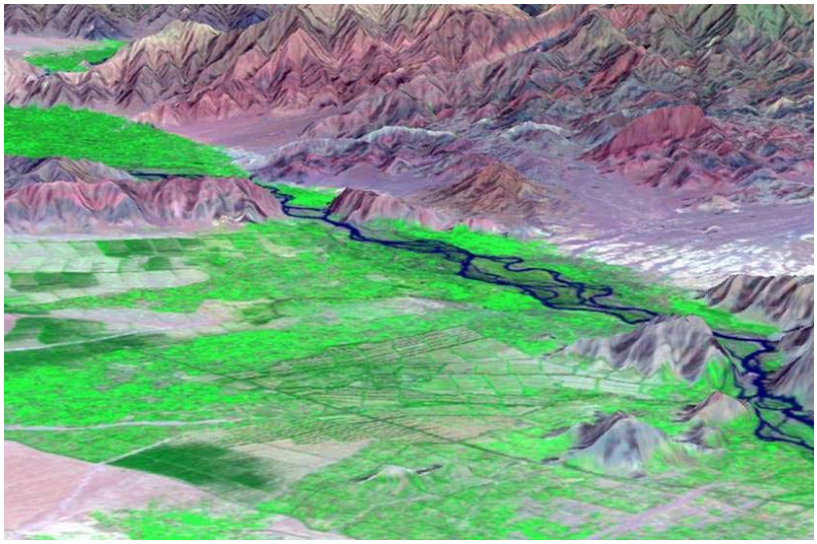
۴- تهیه نقشه نهایی در محیط GIS

نقشه‌های حاصله از مرحله قبل، در محیط نرم افزار Arcview پردازش شده و اصلاحات لازم شامل حذف پلیگون‌های ریز و تهیه موزاییک نقشه‌ها انجام شده است. همچنین نقشه‌های نهایی با توجه به نظرات کارشناسان مسئول در وزارت فلاحت افغانستان تصحیح شده و در نهایت پایگاه اطلاعاتی کاربری اراضی منطقه در محیط GIS تهیه شده است.

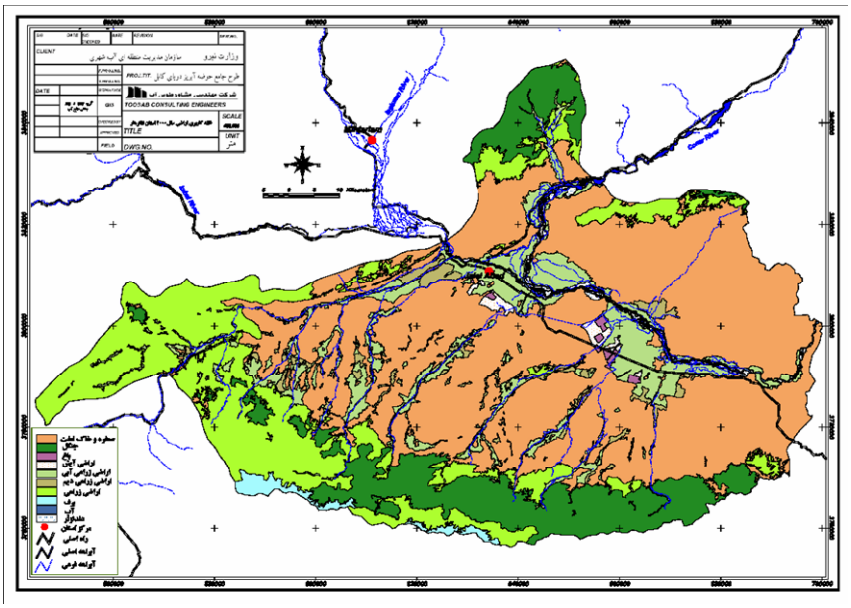
در نهایت نقشه‌ها و اطلاعات حاصله در موارد زیر مورد استفاده قرار گرفته است:

- بررسی و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و بهبود یا تخریب پوشش مرتعی و جنگلی حوضه
- محاسبه نیازهای آبی کشاورزی در مدل منابع آب حوضه (مدل Mike Basin)
- بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر روی فرسایش حوضه

شکل ۹ : نمای سه بعدی از شبکه آبیاری دشت ننگرهار در تصویر ماهواره ای لندست ۷



شکل ۱۰: نقشه کاربری اراضی استان ننگرهار تهیه شده از تصاویر لندست سال ۲۰۰۰



۳- بحث و نتیجه گیری

حوضه آبریز کابل با ۵۳۰۰۰ کیومتر مربع مساحت و رواناب تقریبی ۱۹ میلیارد متر مکعب در سال، یکی از حوضه‌های آبریز مهم منطقه است که نقش مهمی در تامین نیازهای آبی کشورهای افغانستان و پاکستان دارا میباشد. به دلیل وقوع جنگها و درگیری‌های طولانی در منطقه، عمده آمار و اطلاعات موجود از بین رفته و در سالهای پس از ۱۹۸۰ تاکنون، هیچ نوع اطلاعاتی از منابع آب منطقه و زیرساختهای آن در دست نیست. شرکت مهندسی مشاور طوس آب در راستای انجام پروژه طرح جامع مدیریت منابع آب این حوضه، از فن آوری سنجش از دور در بررسی و ارزیابی بارندگی، برف و کاربری اراضی استفاده نموده است. سنجش از دور ابزار مناسبی در برآورد و تخمین اطلاعات مورد نیاز پروژه بوده و مخصوصاً نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده، اطلاعات مناسب و مفیدی در مورد وضعیت گذشته و حال کشاورزی و مراتع و جنگلهای منطقه فراهم آورده است.

متاسفانه بدلیل عدم وجود اطلاعات مرجع در بخشهای بارندگی و برف، نتایج حاصله مستقیماً و بصورت کمی در پروژه مورد استفاده قرار نگرفته است، ولی متدولوژی مورد استفاده، میتواند در پروژه‌های مشابه داخل کشور مورد استفاده قرار گیرد.

جهت استفاده از فن آوریهای ذکر شده در پروژه‌های مشابه، پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد.

پیشنهاداتی برای استفاده از اطلاعات TRMM در پروژه‌های مشابه:

۱- با توجه به اینکه اطلاعات لحظه ای ماهواره TRMM در لحظه برداشت اطلاعات از نظر تعیین گستره بارش در منطقه دقت خوبی دارد و رزولوشن تصویر آن در حد مناسبی است، میتوان از این تصاویر برای بررسی و ارزیابی مشخصات رگبارها استفاده نمود.

۲- با توجه به توسعه روشهای تخمین پارامترهای هواشناسی، مخصوصاً بارندگی از اطلاعات ماهواره ای، لازم است متخصصین امر با این روشها آشنایی پیدا کنند. این اطلاعات برای اکثر نقاط کشور که دارای شبکه ایستگاهی مناسبی نبوده و از نظر آمار و اطلاعات کمبود وجود دارد، مفید و راهگشا خواهند بود.

پیشنهاداتی برای استفاده از سنجش از دور در برف سنجی:

۱- اطلاعات Pathfinder به علت رزولوشن بالا (۸ کیلومتر)، نمیتوانند در مطالعه حوضه‌های آبریز کوچک و در مطالعات تفصیلی مورد استفاده قرار گیرند، ولی در طرح‌های جامع در حوضه‌های آبریز بزرگ که سطح پوشش برف در ماههای سرد سال زیاد است، با دقت نسبتاً خوبی اطلاعات مورد نیاز را فراهم می‌آورند.

۲- اطلاعات مربوط به عمق برف در پروژه‌های برف سنجی اهمیت زیادی دارند چرا که سطح برف به تنهایی نمیتواند میزان ذوب برف را نشان دهد.

۳- وجود اطلاعات هیدرومتری در حوضه برای بدست آوردن رابطه مناسب بین آبدهی و سطح برف ضروری است.

۴- در مواردی که لازم است اطلاعات برف در سالهای اخیر بدست آورده شود، میتوان از اطلاعات سنجنده MODIS که میتواند با دقت بیشتری (۲۵۰ متر)، اطلاعات سطح برف را فراهم نماید، استفاده نمود.

پیشنهاداتی برای استفاده از سنجش از دور در مطالعات کاربری اراضی:

۱- اطلاعات ماهواره‌های لندست به دلیل دوره طولانی و تکرار تصاویر میتوانند مرجع خوبی در ارزیابی وضعیت کاربری اراضی و تغییرات آن در طی زمان باشند.

۲- اطلاعات ماهواره CORONA به دلیل فراهم آوری اطلاعات در دوره ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ میتوانند مکمل خوبی برای اطلاعات لندست در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی باشند. به علت رزولوشن بالای این تصاویر می‌توان با دقت مناسبی، پدیده‌هایی مانند انواع فرسایش را نیز از روی این تصاویر تشخیص داد.

۳- در مناطقی مانند حوضه آبریز کابل که دسترسی به منطقه مشکل بوده و امکان پیمایش‌های میدانی وجود ندارد، نقشه‌های کاربری اراضی موجود منطقه میتوانند مرجع خوبی برای تهیه نقشه‌های جدید از تصاویر ماهواره‌ای باشند.

۴- مراجع:

1- TRMM Data Users Handbook, National Space Development of Japan, 2001 Landsat Technical guide, GLCF, University of Maryland

2- George J. Huffman;David T. Bolvin ; TRMM REAL-TIME MULTI-SATELLITE PRECIPITATION ANALYSIS DATA SET DOCUMENTATION ; NASA Goddard Space Flight Center and Science Systems and Applications, Inc. ; 25 September 2003

3- NOAA/NASA Pathfinder AVHRR Land Data Set User's Manual ; NASA ; September 1994