«بسمه تعالی»

پروژه عملی کاربرد سنجش از دور در مهندسی عمران

با کمک نرم افزار ENVI 5.3.1، GIS 10.3 و AutoCAD و استفاده از تصاویر سنجنده Landsat 8 OLI

تهیه و تنظیم:

هادی تاجی

دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه تربیت مدرس تهران

Hadi.Taji+GIS@gmail.com

«تیـر مـاه ۱۴۰۰»

چکیده

منابع آب کره زمین در حال حاضر با بحران‌ها و چالش‌های نگران‌کننده‌ای هم چون کمبود آب، عدم دسترسی به آب شرب بهداشتی و تمیز، کنترل منابع آب در هم گسیختگی شبکه مدیریت منابع آب، کاهش در منابع مالی اختصاص داده شده، فقدان آگاهی در تصمیم‌گیران و عموم و در معرض خطر بودن صلح و امنیت جوامع دست به گریبان است. با توجه به بحران‌ها و چالش‌ها پیش آمده رهیافت‌های گوناگون مدیریت منابع آب هم چون مدیریت مبتنی بر عرضه آب، مدیریت یکپارچه منابع آب و رهیافت راهبردهای با گذشت زمان نمود یافته‌اند. در حال حاضر حفظ پایداری منابع آب از اهداف نظام‌های مدیریت منابع آب می‌باشد که امروزه متخصصان با بهره‌گیری از مدل‌های رقومی و نقشه‌های تحلیلی شبیه‌سازی شده مجازی چندبعدی در GIS و RS، به اثبات صحت تصمیم‌گیری و توجیه کاربردی می‌پردازند و مدیریت جوامع را یاری می‌رسانند. بدین منظور با استفاده از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به پارامترهای مختلف و ورود آن‌ها به سیستم اطلاعات جغرافیایی، تجزیه و تحلیل مربوط صورت گرفته و با توجه به نوع هدف مورد نظر، مدیریت داده‌ها صورت گرفته و در نهایت خروجی استخراج می‌گردد. به طوری که با استفاده از این فن‌آوری‌ها، می‌توان به بهسازی برنامه‌ریزی مختلف جوامع انسانی در منابع آبی پرداخت. با کاربرد GIS می‌توان ضمن بالا بردن سرعت و سهولت مطالعات، توسعه و مدیریت آتی را آنالیز و ارائه نمود. همانگونه که اشاره شد، در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، بهره‌گیری از این فناوری‌های جدید نظیر سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقش به سزایی در مدیریت منابع آب و خاک و یا حتی شهری بر عهده دارد. سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور با دقت بسیار بالایی در شبیه سازی ژئومتری یک حوضه آبخیز یا یک محدوده جغرافیایی و همچنین شبیه‌سازی بستر رودخانه‌ها بکار می‌روند.

در این پژوهش سعی می‌شود تا بمنظور آشنایی با نحوه دانلود و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸[۱] بصورت رایگان و همچنین نحوه انجام سه مرحله پیش‌پردازش، پردازش و پس پردازش در محیط نرم‌افزاری تخصصی ENVI[۲] و همچنین GIS مراحل مربوط بصورت گام به گام ارائه و توضیح داده شود.

در ادامه نیز با کمک روش‌های نظارت شده و نظارت نشده طبقه‌بندی تصاویر پرداخته شده و نهایتاً به برآورد برخی از شاخص‌های مهم همچون شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI[۳]) پرداخته می‌شود.

نهایتاً نیز با کمک تصاویر خروجی بخشی از رودخانه دائمی کارون در استان خوزستان جداسازی شده و با کمک آن به بیان پارامترهای پیچانرودی (مئاندری) در آن پرداخته می‌شود. این مسئله در علم مهندسی رودخانه نیز پرکاربرد بوده و در مقیاس‌های مطالعاتی بزرگ نیز بدلیل هزینه و زمان‌بر بودن برداشت اطلاعات صحرایی و نقشه‌برداری، می‌تواند خروجی با دقت قابل قبولی را ارائه دهد.

کلیدواژه

سنجش از دور، ENVI، طبقه‌بندی تصاویر، لندست ۸، شاخص پوشش گیاهی، خوزستان، رود کارون، مشخصات مئاندری

[۱] Landsat 8.0 OLI/TIRS

[۲] Environment of Visualization Imaging

[۳] Normalized difference vegetation index

TMU Education
www.Modares.ac.ir

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۱

۱-۱-مطالعات زمین‌شناسی ۴

۱-۲-مطالعات کشاورزی و جنگلی ۴

۱-۳-مطالعات منابع آب ۵

۱-۴-مطالعات دریایی ۵

۱-۵-مطالعه بلایای طبیعی ۵

۱-۶-باستان‌شناسی ۵

۱-۷-هواشناسی ۵

۱-۸-مطالعه تغییرات دوره‌ای ۵

۲- مواد و روش بررسی ۶

۲-۱-معرفی محدوده مورد مطالعه ۶

۲-۲-داده‌ها و تهیه تصاویر ۱۰

۲-۳- فراخوانی و آمادهسازی تصاویر در محیط ENVI ۱۹

۲-۴-انجام تصحیحات رادیومتریک ۲۳

۲-۵-معرفی تصحیحات اتمسفریک ۲۶

۲-۵-۱-الگوریتم های تصحیح اتمسفری ۲۶

۲-۵-۲-انجام تصحیحات اتمسفریک با الگوریتم QUAC ۲۷

۲-۶-استفاده از عملیات PAN SHARPENING، برای بهبود وضوح نمایشی و قدرت تفکیک مکانی باندهای مرئی و مادون قرمز با کمک داده‌های باند پانتروماتیک ۳۴

۲-۶-۳-استفاده از ابزار NNDiffuse Pan Sharpening ۳۴

۲-۶-۴-استفاده از ابزار (مدل) SPEAR Pan Sharpening ۳۵

۲-۷-موزاییک کردن و برش محدوده ۳۹

۲-۸-معرفی شاخصهای پوشش گیاهی و آبی همچون NDVI، EVI و NDWI ۴۵

۲-۸-۵-پردازش و تهیه نقشه شاخص‌های پوشش گیاهی و آبی ۴۷

۲-۹-طبقهبندی نظارت شده به روش MAXIMUM LIKELIHOOD ۵۷

۲-۱۰-تهیه نقشه وکتوری و انتخاب بخشی از رودخانه پیچان‌رودی کارون ۶۷

۲-۱۱-برآورد پارامترهای قسمتی از رودخانه مئاندری کارون با نرم افزار اتوکد ۷۸

TMU Education
www.Modares.ac.ir

۳- نتایج ۸۱
۴- منابع و مراجع ۸۴

TMU
Education
www.Modares.ac.ir

فهرست شکل‌ها

شکل ۱: موقعیت استان خوزستان در ایران ۷
شکل ۲: موقعیت ایران و استان خوزستان در کره زمین ۷
شکل ۳: موقعیت محدوده مورد مطالعاتی و استان خوزستان در ایران ۸
شکل ۴: موقعیت استان خوزستان و رودخانه جاری در آن ۸
شکل ۵: موقعیت محدوده مورد مطالعاتی منتخب در استان خوزستان ۹
شکل ۶: تصویر تقسیمبندی مرز جغرافیایی ایران با سیستم WRS 2 ..... ۱۰
شکل ۷: صفحه اصلی سایت دانلود رایگان تصاویر ماهوارهای USGS ۱۱
شکل ۸: صفحه ورود به محیط کاربری با نام کاربری و کلمه عبور از قبل تعیین شده ۱۱
شکل ۹: مشخص کردن مرز محدوده مورد مطالعه ۱۲
شکل ۱۰: تعیین بازه زمانی و کیفیت تصویر برای فیلترسازی تصاویر مورد جستجو ۱۲
شکل ۱۱: نتیجه نهایی بعد از ورود محدوده و بازه زمانی و ورود به سربرگ DATA SETS ۱۳
شکل ۱۲: نحوه نامگذاری تصاویر لندست در آرشیو سایت ۱۳
شکل ۱۳: انتخاب تصویر مورد جستجو ۱۴
شکل ۱۴: شروع جستجو با فشردن دکمه RESULTS ۱۴
شکل ۱۵: نمایش اطلاعات بیشتر پس از فشردن دکمه اطلاعات ۱۵
شکل ۱۶: نمایش مجموعه تصاویر پیدا شده ۱۶
شکل ۱۷: نمایش تصاویر منتخب برای اجرای تمرین ۱۷
شکل ۱۸: پنجره دانلود تصاویر و باندها ۱۷
شکل ۱۹: نمایش تصویر رنگی کاذب باندهای مرئی از با فرمت JPEG (گزینه پنجم صفحه ابتدایی لینکهای دانلود) ۱۸
شکل ۲۰: شروع دانلود با کمک نرمافزار دانلود منیجر ۱۸
شکل ۲۱: نمایی از مشخصات شناسنامه ای همراه با تصویر دانلود شده بصورت فایل نوشتاری ۱۹
شکل ۲۲: نمایی از محیط نرم افزار و نحوه بازکردن تصاویر دانلود شده ۲۰
شکل ۲۳: نمایی از نحوه نمایش تصاویر MULTISPECTRAL فرواخوانی شده در محیط ENVI بصورت تصویر رنگی کاذب RGB ۲۱
شکل ۲۴: محیط DATA MANAGER نرم افزار ENVI بمنظور نمایش دستی تصویر رنگی کاذب با معرفی باندهای ۴، ۳ و ۲ بعنوان قرمز، سبز و آبی ۲۱
شکل ۲۵: دید بصری و رنگی کاذب (RGB) از تصویر شماره یک ۲۲
شکل ۲۶: نحوه جستجوی ابزار تصحیح رادیومتریک در جعبه ابزار نرم افزار ۲۳
شکل ۲۷: انتخاب باند مجموعه باند مورد نظر برای شروع عملیات تصحیح رادیومتریک ۲۴
شکل ۲۸: انتخاب گزینههای پیشفرض و محل ذخیره فایل خروجی ۲۴
شکل ۲۹: اتمام مرحله تصحیح رادیومتریک تصویر شماره یک با نام CR_L8.DAT ۲۵
شکل ۳۰: مقایسه مقادیر طیف رنگی RGB پس از تصحیح رادیومتریک برای تصویر یک ۲۵
شکل ۳۱: نمونه نتایج رفتار طیفی پدیدهها قبل و بعد از انجام تصحیحات اتمسفریک ۲۶
شکل ۳۲: مقایسه رفتار طیفی حاصل از دو الگوریتم QUAC و FAALSH ۲۷
شکل ۳۳: جستجوی ابزار تصحیح اتمسفریک QUAC در مجموعه ابزار ۲۸
شکل ۳۴:انجام مراحل تصحیح اتمسفریک بروش QUAC در محیط نرمافزار ۲۸
شکل ۳۵: ظهور پنجرهای بمنظور شروع انجام عملیات ۲۹

TMU Education
www.Modares.ac.ir

شکل ۳۶: نمایش تصویر خروجی بعد از تصحیح اتمسفری بهمراه رفتار طیفی منطقه دارای پوشش گیاهی..... ۲۹
شکل ۳۷:هستوگرام مقادیر طیفی باندهای مختلف تصویر یک ۳۰
شکل ۳۸: جستجوی ابزار ماشین حساب رستری برای انجام محاسبات ۳۱
شکل ۳۹: تصویر ابزار Band Math برای محاسبه و تغییر مقیاس باندها به بازه صفر تا یک ۳۱
شکل ۴۰: انتخاب مجموعه تصویر مورد نظر برای شروع عملیات ۳۲
شکل ۴۱: انتخاب مسیر محل ایجاد فایل خروجی بهمراه اسم ۳۳
شکل ۴۲: نتیجه تغییر مقیاس مقادیر پیکسلهای تصویر خروجی Reflectance خروجی از ابزار Band Math ۳۳
شکل ۴۳: جستجوی عبارت Pan در مجموعه ابزار ۳۴
شکل ۴۴: استفاده از ابزار NNDiffuse Pan Sharpening در محیط ENVI..... ۳۵
شکل ۴۵: ورود اطلاعات در دو بخش تصاویر مورد نظر برای ریزمقیاسسازی و باند ۸ پانتروماتیک همان تصویر ۳۶
شکل ۴۶: انتخاب نقاط دادههای قابل استفاده از Scene ۳۶
شکل ۴۷: برازش نقاط قابل مقایسه توسط ابزار SPEAR Pan Sharpening..... ۳۷
شکل ۴۸: انتخاب روش درونیابی مورد استفاده ۳۷
شکل ۴۹: تصویر آغاز عملیات ریزمقیاسسازی ۳۸
شکل ۵۰: نمایی از تصویر رنگی کاذب ریز مقیاس شده پس از انجام عملیات Sharpening..... ۳۸
شکل ۵۱: نمایی از تصویر رنگی کاذب ریز مقیاس شده پس از انجام عملیات Sharpening در جنوب غربی کشور و زمینهای کشاورزی و بایر اطراف آن ۳۸
شکل ۵۲: استفاده از Open برای باز کردن فایلهای وکتوری (ShapeFiles)..... ۳۹
شکل ۵۳: فیلترها فایلهای قابل مشاهده با پسوند *.SHP ۴۰
شکل ۵۴: فیلترها فایلهای قابل مشاهده با پسوند *.SHP ۴۰
شکل ۵۵: استفاده از ابزار ROI بر روی لایه تصویر ۴۱
شکل ۵۶: پنجره ROI در میحط ENVI و ایجاد یک پلیگون مشتمل بر بخشی از رودخانه مئاندری کارون..... ۴۱
شکل ۵۷:مشخص کردن قسمتی از تصویر با رسم پلیگون..... ۴۲
شکل ۵۸: برش تصویر با انتخاب گزینه مربوطه در منوی Option ۴۲
شکل ۵۹: نمایی از تصویر برش خورده بر روی مرز محدوده مورد مطالعه معرفی شده ۴۳
شکل ۶۰: ذخیره قسمت منتخب تصویر بصورت فایل پلیگونی ShapeFile..... ۴۴
شکل ۶۱: استفاده از ابزار موزاییک برای ترکیب دو یا چند تصویر تصویر و تبدیل آنها به یک تصویر منسجم..... ۴۴
شکل ۶۲:اتمام مراحل موزاییک کردن دو تصویر با انتخاب محل خروجی، مقادیر پس زمینه (NaN) و روش نزدیکترین همسایگی برای بازسازی لبهها ۴۵
شکل ۶۳: استفاده از ابزار Band Math برای محاسبه شاخص NDWI و یا مشابهتا NDVI و ۴۸
شکل ۶۴: محاسبه شاخصهای پوشش گیاهی و NDWI با ابزار Spectral Indices ۴۹
شکل ۶۵: اختصاص طیف رنگی جهت نمایش رنگی مقادیر مختلف از پیکسلهای تصویر خروجی NDWI ۴۹
شکل ۶۶: نمایش بصری تصویر NDWI در محیط ENVI با برازش یک طیف رنگی مناسب از زرد و آبی ۵۰
شکل ۶۷: مشخص کردن پیکسلهای آبی با کمک شاخص NDWI و مقایسه بصری با تصویر رنگی کاذب ۵۱
شکل ۶۸: انتخاب مقادیر پیکسلی بیشتر از صفر تصویر NDWI_2020 برای مشخص کردن پیکره آبی با کمک ابزار ROI..... ۵۲
شکل ۶۹: انتخاب مقادیر بزرگتر از یک از شاخص NDWI مبین پهنههای آبی ۵۲
شکل ۷۰: نحوه ایجاد یک نمایش دوگانه در محیط ENVI ۵۳
شکل ۷۱: نحوه لینک تصاویر جهت مقایسه دو نمای نمایشی..... ۵۳
شکل ۷۲: ادامه نحوه لینک تصاویر جهت مقایسه دو نمای نمایشی ۵۴

TMU Education
www.Modares.ac.ir

شکل ۷۳: ایجاد یک نمایش دوگانه و مقایسه طیف رنگی از تصاویر NDVI و EVI ۵۴
شکل ۷۴: نمایی از شاخص پوشش گیاهی NDVI بصورت دسته بندی شده ۵۵
شکل ۷۵: جداسازی پهنههای آبی با شناسایی مقادیر منفی از NDVI ۵۵
شکل ۷۶: ساخت درخت تصمیم برای دسته بندی تصویر NDVI و اجرای آن ۵۶
شکل ۷۷: ایجاد نقشه خروجی با رنگبندی و درصد شمولیت مشخص شده ۵۶
شکل ۷۸: جمع آوری دو نوع نمونه برای طبقهبندی و صحتسنجی ۵۸
شکل ۷۹: ایجاد ترکیب باندی مناسب برای استفاده در طبقهبندی نظارت شده ۵۹
شکل ۸۰: نقشه ایجاد شده از حاصل از ابزار LAYER STACKING ۵۹
شکل ۸۱: تبدیل فایل KML به شیپ فایل در محیط GIS ۶۰
شکل ۸۲:انتخاب تصویر و نقاط نمونه شماره یک برای طبقه بندی به روش MAXIMUM LIKELIHOOD در محیط ENVI ۶۱
شکل ۸۳: نقشه طبقهبندی شده کاربری اراضی در بخشی از استان خوزستان ۶۲
شکل ۸۴: تصویر طبقه بندی شده با رنگبندی جدید و تغییر کرده ۶۲
شکل ۸۹: عملیات حذف نویزهای نامعقول و ادغام آن با کمک ابزار MAJORITY ۶۳
شکل ۸۸: مقایسه تصویری که نویز آن تصحیح شده با تصویر طبقه بندی شده اولیه ۶۴
شکل ۸۵: انتخاب نقشه طبقهبندی شده نهایی در ابزار راستیآزمایی (CONFUSION MATRIX) ۶۵
شکل ۸۶: مراحل برآورد میزان خطای حاصل از طبقهبندی تصویر ۶۶
شکل 87: برآورد میزان خطای کم و قابل قبول طبقهبندی تصویر کاربری اراضی ۶۷
شکل ۹۰: تصویری از شاخص NDWI در محیط منتخب کارون در نرمافزار GIS ۶۸
شکل ۹۱: استفاده از ابزار RASTER_CALCULATOR بمنظور مشخصسازی پهنههای آبی ۶۸
شکل ۹۲: خروجی حاصل از ابزار RASTER CALCULATOR در محیط ARC MAP بمنظور مشخص نمودن پهنههای آبی و رودخانه ... ۶۹
شکل ۹۳: استفاده از ابزار تبدیل فایل رستری با مقادیر مشخص به فایل پلیگون وکتوری ۷۰
شکل ۹۴: خروجی حاصل از تبدیل به فایل وکتوری ۷۰
شکل ۹۵: فعالسازی ابزار EDITOR مربوط به لایه وکتوری ایجاد شده ۷۱
شکل ۹۶: استفاده از ابزار SELECTION بمنظور انتخاب بخشی از فایل وکتوری با مشخصات مدنظر از جدول ATTRIBUTE TABLE آن ۷۲
شکل ۹۷: انتخاب شدن مقادیر وکتوری با مشخصات صفر که مبین پهنههای غیر آبی است ۷۲
شکل ۹۸: باقی ماندن پهنههای آبی بر روی لایه وکتوری ۷۳
شکل ۹۹: کمان باقی مانده حاصل از بریده شدن شاخه رودخانه پیچانرودی ۷۳
شکل ۱۰۰: نمایی از زمینهای کشاورزی کشت و صنعت غرقابی شده در تصویر ۷۴
شکل ۱۰۱: انتخاب رودخانه کارون در لایه وکتوری از میان پهنههای آبی ۷۴
شکل ۱۰۲: ایجاد یک لایه جدید از مقادیر انتخاب شده با گرفتن خروجی از لایه وکتوری ۷۵
شکل ۱۰۳: ایجاد فایل وکتوری شامل انتخاب قسمتی از رودخانه مئاندری کارون ۷۶
شکل ۱۰۴: انتخاب بخشی از رودخانه کارون بعنوان نمونه و تمرین ۷۶
شکل ۱۰۵: انتخاب بخشی از رودخانه پیچانرودی کارون بعنوان نمونه کاری ۷۷
شکل ۱۰۶: تعریف شماتیک طول موج و طول دره ۷۹
شکل ۱۰۷: شکل تیپ رودخانههای مئاندری ۷۹
شکل ۱۰۸: تصویری از برازش دایره بر قوسها در محیط اتوکد ۸۱
شکل ۱۰۹: تصویری از برازش دایره بر قوسها در محیط اتوکد ۸۱
شکل ۱۱۰: محاسبه طول موج و طول دره هر یک از پیچهای روداخانه مئاندری ۸۲
شکل ۱۱۱: محاسبه طول تالوگ و طول دره بازه انتخابی رودخانه مئاندری کارون ۸۳

TMU Education
www.Modares.ac.ir

فهرست جدول‌ها

جدول ۱: استفاده از زاویه مرکزی برای تقسیم بندی توسعه پیچان رودی رودخانه.....۷۸
جدول ۲: تقسیم بندی رودخانه ها بر اساس ضریب پیچشی ۸۰
جدول ۳: مشخصات مربوط به زاویه مرکزی و شعاع پیچانرودهای هر قوس مئاندر ۸۲
جدول ۴: نتایج تجزیه و تحلیل آماری پارامترهای هندسی قوسهای بخشی از رودخانه کارون ۸۲

TMU Education
www.Modares.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه سنجش از دور به عنوان یک ابزار بسیار قوی مطرح بوده که جایگاه خاصی در پایش منابع طبیعی بخصوص منابع آب دارا می‌باشد. با توجه به اینکه وسعت بسیار زیادی از سطح زمین پوشیده از آب است، جهت مطالعات منابع آبی اقدامات میدانی کاری دردسرساز و پرهزینه بوده که جایگاه خود را به پردازش تصاویر ماهواره‌ای داده است. اقداماتی نظیر بررسی کیفیت آب شامل مطالعات شوری، بررسی مواد معلق و رسوب، بررسی رنگ آب، بررسی وجود فیتوپلانگتونها و جلبکها در آب، میزان کلروفیل و همچنین مطالعات کمی منابع آب شامل اندازه‌گیری‌های تغییرات عمق و یا ژرفاسنجی منابع آب از جمله اقداماتی است که می‌توان به کمک سنجش از دور انجام داد.

از آنجاییکه بیش از ۷۰٪ سطح زمین پوشیده از آب است، بنابراین پایش و مدیریت این منبع عظیم و حیاتی بسیار مهم می‌باشد. یکی از مناسب‌ترین ابزار جهت بررسی و مطالعات منابع آب استفاده از ابزار سنجش از دور است. سنجش از دور علم وسیع و گسترده‌ای است که در بسیاری از زمینه‌ها کاربرد دارد و در طول سه دهه گذشته نقش و کاربرد آن در زمینه هیدرولوژی رشد بسیار زیادی داشته است. سنجش از دور، علم کسب اطلاعات بدون تماس نزدیک با آنهاست. تکنیک سنجش از دور این امکان را فراهم می‌کند که پایش منابع آب آسان‌تر و با هزینه کمتر انجام گردد. سنجش از دور متکی بر انرژی بازتابی از پدیده‌هاست. خصوصیات بازتاب انرژی از آب تابع آب و مواد موجود در آب (مواد آلی و معدنی) است. وجود مواد معلق، خزه‌ها و جلبک‌ها، تلاطم آب و تغییرات حرارتی در طول روز بر میزان بازتاب انرژی از آب موثر است.

فن سنجش از دور بر پردازش، بارزسازی و تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره ای استوار است. از جمله داده‌های ماهواره‌ای که بدین منظور می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، داده‌های حاصل از سنجنده مختلف ماهواره لندست[۴] (۱ تا ۸) و مادیس[۵] و داده‌های ماهواره SPOT و NOAA و.... اشاره کرد که با توجه به نوع کار و هدف موردنظر و همچنین دوره بازگشت زمان تصویربرداری و دقت مکانی موردنیاز یک یا چندتا از آنها انتخاب شده و استفاده می‌شود.

کاربرد سنجش از دور در پایش منابع آب را می‌توان به دو قسمت ارزیابی‌های کمی و کیفی این منابع تقسیم نمود. در مورد ارزیابی‌های کمی منابع آب می‌توان به اندازه‌گیری‌های تغییرات عمق و یا ژرفاسنجی منابع آب و در مورد ارزیابی‌های کیفی به بررسی و اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی مانند شوری آب، مواد معلق و رسوب، رنگ آب، فیتوپلانگتون و جلبکها، کلروفیل و ... اشاره نمود.

تعیین مقدار رسوب و مواد معلق در آب از نظر کارهای مهندسی اهمیت فراوانی دارد, مواد معلق به شدت به جریان آب وابسته است و نشان‌دهنده مقدار حرکت رسوب در رودخانه‌ها می‌باشد. مواد معلق معمولا در طول بارندگی و بلافاصله بعد از وقوع بارندگی افزایش می‌یابد و ته‌نشین شدن آن سبب تخریب محل زندگی گیاهان آبزی می‌گردد. می‌توان از مواد معلق رسوبی به عنوان ردپایی برای تشخیص آلوده‌کننده‌ها نیز استفاده کرد. بعبارتی ارزیابی و اندازه‌گیری مواد معلق در آب معمولا یکی از پارامترهایی است که در بررسی کیفیت آب مد نظر قرار می‌گیرند. وجود مواد معلق در آب میزان بازتاب را در طیف مرئی افزایش می‌دهد.

رنگ آب نیز بیان کننده اطلاعات کیفی آب مانند تولیدات بیولوژیک می‌باشد. این پارامتر کیفی نشان‌دهنده زندگی یا عدم زندگی موجودات در آب می‌باشد. رنگ آب در مکان‌هایی که جلبک پلانگتون در آن موجود باشد، بصورت سبز تیره به نمایش در می‌آید.

---

[۴] Landsat

[۵] MODIS

مطالعه فراوانی فیتوپلانگتونها از این نظر مهم است که این جلبک‌ها زنجیره اصلی مواد غذایی در اقیانوس‌ها می‌باشند. بنابراین بررسی رنگ آب به عنوان یک پارامتر کیفی آب بسیار مهم و کاربردی می‌باشد.

تا قبل از انقلاب صنعتی مشکلی بنام مشکل کیفیت آب وجود نداشت. اما امروزه به دلیل عدم مدیریت شهری، صنعتی و کشاورزی اکثر منابع آب دچار تخریب کیفیت شده اند. سنجش از دور نقش مهمی را در ارزیابی کیفیت آب و مدیریت آن می‌تواند ایفا نماید. منابع آلودگی اغلب به آسانی می‌توانند بوسیله سنجش از دور تشخیص داده شوند. بخصوص وقتی بوسیله کانال‌های روباز به داخل دریاچه یا رودخانه تخلیه شوند. قسمتی از طیف الکترومگنتیک شامل مرئی و مادون قرمز برای بارزسازی شاخص‌های کیفیت مناسب می‌باشند. مادون قرمز حرارتی نیز می‌تواند برای اندازه‌گیری کیفیت آب استفاده شود. برای پی بردن به وضعیت کیفیت آب بایستی رابطه تجربی بین پارامترهای کیفیت آب و یک یا چند باند طیفی برقرار شود. شاخص‌های کیفیت آب مانند رنگ، کلروفیل، مواد معلق و شوری معمولا به کمک سنجش از دور ارزیابی می‌گردند. سنجش از دور می‌تواند در پایش و تخمین میزان تمرکز خزه‌ها و جلبک‌ها در دریاچه‌ها و منابع آب استفاده شود. به کمک سنجش از دور می‌توان محل تمرکز کلرفیل (chlorophyll-a) را در منابع آب شناسائی و مشاهده نمود. کلروفیل رنگدانه‌ای است که اجازه می‌دهد گیاهان نور خورشید را تبدیل به فتوسنتز کنند. بدلیل اینکه اندازه‌گیری بیوماس حقیقی جلبک‌ها و خزه‌ها در آب بسیار مشکل است، اندازه‌گیری میزان کلروفیل می‌تواند نشان‌دهنده میزان بیوماس جلبک‌ها در آب قلمداد گردد. افزایش میزان کلروفیل سبب کاهش انرژی بازتابی در طول موج آبی و افزایش آن در طول موج سبز می‌گردد.

بطور کلی نتایج حاصل از چندین طرح تحقیقاتی، نقش مثبت و مؤثر علم سنجش از دور را در مطالعات منابع آب تایید کرده است. خرم و چشیر (۱۹۸۵)، از داده‌های سنجنده MSS ماهواره لندست جهت بررسی کیفیت آب استفاده نموده و برای پارامترهای کیفی آب مدل ارزیابی ارائه نمودند. بدین منظور از ۵۰ منطقه در خلیج سان فرانسیسکو نمونه‌گیری انجام داده و سپس مدل رگرسیونی بین پارامترهای کیفیت آب و میانگین ارزشهای انعکاسی (radiance) باندهای مختلف لندست را بسط دادند و برای هر کدام از پارامترهای شوری، تیرگی، مواد معلق و کلروفیل مدلی ارائه نمودند. همچنین از این مدل‌ها برای پیش‌بینی و تهیه نقشه پارامترهای کیفی آب استفاده کرده‌اند. آنها بیان نمودند که یک همبستگی قوی بین شوری و تیرگی آب وجود دارد. بنابراین آب شور معمولا تیرگی بیشتری از آب شیرین دارد. آنها همچنین برای بررسی کلروفیل و تهیه نقشه موضوعی آن، نسبت‌گیری طیفی را پیشنهاد نمودند. بطوریکه نسبت باند آبی_قرمز(۵۲۰- ۴۵۰) به مادون قرمز نزدیک (۱۰۵۰ – ۹۱۰) برای غلظت‌های کم کلروفیل و نسبت بین دو باند قرمز (۶۹۰ – ۶۳۰) به مادون قرمز نزدیک (۷۵۰-۶۹۰) برای غلظت‌های زیاد کلروفیل را پیشنهاد دادند. همچنین برگاوا و ماریام (۱۹۹۲)، تاثیر توام شوری و رسوبات جامد معلق را بر میزان انعکاس طیفی آب در آزمایشگاه مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که میزان انعکاس با غلظت مواد معلق رابطه مستقیم و با سطح شوری رابطه عکس دارد. بدین ترتیب که با افزایش شوری و کاهش مواد معلق، انعکاس طیفی کاهش یافته و با کاهش شوری و افزایش مواد معلق، انعکاس طیفی افزایش پیدا می‌کند. سروان و بابان (۱۹۹۳)، با استفاده از داده های TM ماهواره لندست، پارامترهای کیفی آب مانند مواد جامد معلق، شوری، فسفر کل و دما را مورد مطالعه قرار داده و با استفاده از داده‌های میدانی رابطه بین باندهای سنجنده TM و پارامترهای کیفی آب را مدلسازی کرد. آنها از این مدل‌ها برای پیش‌بینی و تهیه نقشه پارامترهای کیفی آب استفاده نمودند. علوی پناه و خدائی (۱۳۸۱)، به بررسی شوری و مواد معلق به عنوان دو پارامتر کیفی آب در دریاچه ارومیه پرداختند. بدین منظور از داده های TM ماهواره لندست در دو زمان مختلف استفاده گردید. آنها بیان نمودند که باند ۳ و ۶ سنجنده TM برای بررسی توزیع و پراکنش بار معلق و شوری مناسبتر از بقیه باندها هستند. در ارزیابی کیفی منابع آب از جمله سنجنده‌هایی که می توان در مطالعات آبشناسی وبررسی کیفیت آب مورد استفاده قرار گیرد سنجنده CZCS ماهواره نیمباس ۷ است. این سنجنده مجهز به باندهایی است که مخصوصا برای بررسی سبزینه

طراحی شده است. توان تفکیک فضایی باندهای این سنجنده نسبتا کم و توان تفکیک طیفی آن بالا می باشد و ابن بدان دلیل است که بتوان رنگ و درجه حرارت آب‌های ساحلی و اقیانوسها را اندازه‌گیری کرد. منظور از اصطلاح رنگ اقیانوس‌ها خصوصیات انعکاس طیفی آب اقیانوس‌ها است. این خصوصیات بسته به مقدار مواد معلق و محلول آلی و غیر آلی متفاوت است.

تحقیقات و مطالعات گوناگونی نیز در ارزیابی کمی منابع آب از علم سنجش از دور استفاده نموده‌اند. به کمک سنجش از دور می‌توان تغییرات عمق را در آب‌های کم‌عمق مانند دریاچه‌ها، استخرها، سواحل دریاها و ... اندازه‌گیری نمود. همانطوریکه ذکر گردید سنجش از دور متکی بر انرژی بازتابی از پدیده‌هاست. بنابراین علت اینکه نمی‌توان در آب‌های عمیق ژرفاسنجی را به کمک سنجش از دور انجام داد این است که هیچ کدام از طول موج‌ها قادر نیستند تا بیش از ۳۰ متر در آب نفوذ کنند. بنابراین بازتاب آب‌های خیلی عمیق عملا ناچیز و صفر می‌باشد و اطلاعاتی از اعماق در دسترس ما قرار نمی‌دهد. برای این منظور باید مدل‌های ریاضیاتی و تجربی را با کمک ابزارهای نمونه‌برداری در اعماق مختلف منطقه مورد مطالعه انجام داد. همانطور که اشاره شد، انرژی با طول موج‌های بلندتر از ۰,۷ میکرومتر به ندرت در آب نفوذ می‌کنند و تنها انرژی‌های کمتر از این مقدار می‌تواند در آب نفوذ نمایند. به طور کلی می‌توان این طور بیان نمود که در اعماق کمتر آب طول موج‌های مرئی می‌توانند در آب نفوذ کنند و به ته آب برسند و بازتاب نماید. مثلا طول موج آبی (۰,۴-۰,۵ میکرومتر) در عمق کمتر از ۳۰ متر به ته آب می رسد و مقداری بازتاب می‌نماید. این بازتاب با کاهش عمق بیشتر خواهد شد. در آب‌های با عمق دو یا سه متر یا کمتر، نور قرمز نیز (۰,۶-۰,۷ میکرومتر) به کف آب می‌رسد و میزان بازتاب نور قرمز نیز افزایش می‌یابد. همانطوریکه ذکر گردید اگر عمق آب زیاد باشد انرژی قبل از رسیدن به کف آب جذب می‌شود ولی در آب‌های کم عمق قسمتی از انرژی مرئی به کف آب رسیده و باز می‌تابد که قسمتی از آن قادر است بدون جذب شدن به سطح آب برسد. نور آبی وسبز برای نفوذ در آب بهتر از نور قرمز عمل می‌کنند و مادون قرمز به سختی می‌تواند در آب نفوذ کند. بنابراین بنوعی با مقایسه بازتاب این باندها می‌توان عمق آب را تعیین کرد. استفاده از داده‌های سنجنده TM و +ETM و ۸ ماهواره لندست بدین منظور می‌توانند مفید باشند. اگرچه اندازه تفکیک زمینی این سنجنده‌ها ۳۰ متر است، با این حال به دلیل اینکه در طیف گسترده از آبی تا مادون قرمز تصویربرداری را انجام می‌دهند جهت انجام ژرفاسنجی آب می‌توان از آنها استفاده کرد. بنابراین ژرفاسنجی را می‌توان با استفاده از تصویر ترکیب رنگی کاذب بصورت رقومی و تفسیر آن و یا با ساختن مدل انتقال نور در آب و با استفاده از ارزش‌های بازتابی کف دریا انجام داد. این مطالب فقط وقتی امکان دارد که آب دریا شفاف و ذلال باشد. در آب‌های گل آلود که آب حاوی مقدار زیادی ماسه ریز و گل می‌باشد، نور توسط مواد معلق در آب بازتاب پیدا می‌کند. بنابراین خصوصیات طیفی آب با حضور مواد معلق در آب تغییر می‌کند. وجود مواد معلق در آب باعث پراکنش انرژی نفوذ یافته به آب می‌شود و بازتاب را در نزدیکی سطح زیاد می‌کند. بنابراین تعیین عمق آب را با مختل و ناممکن می‌سازند.

از آنجایی که آب شیرین یکی از ارزشمندترین منابع طبیعی بحساب می‌آید، مدیریت هوشمندانه این منبع، به یکی از بزرگترین چالش‌های عصر حاضر تبدیل شده است. درک سیستم‌های طبیعی و قوانین فیزیکی که هر قسمت از چرخه هیدرولوژیکی را رهبری می‌کند، برای مدیران منابع آب بسیار با اهمیت است (Waters *et al.*, 2002). عرضه محدود آب، یکی از بزرگترین چالش‌های توسعه فعالیت‌های بخش کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان است. این محدودیت بخصوص در مناطقی با اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک که دچار کمبود آب شدیدتری هستند، با اهمیت‌تر جلوه می‌کند. در برخی از مواقع مدیریت صحیح و مؤثر منابع آب برای عرضه کامل تقاضاهای مصارف گوناگون نیازمند داشتن اطلاعاتی جامع و قابل اعتماد از میزان آب در دسترس و مصارف در ابعاد زمانی و مکانی متفاوت است. این اطلاعات با شناخت و برآورد اجزای بیلان آب منطقه و شناخت رفتار هیدرولوژیکی سیستم میسر می‌باشد. تخمین اجزای بیلان آب بسیار پیچیده است که در آن بارندگی و خروجی جریان از عواملی هستند که برآورد آنها بدلیل وجود اندازه‌گیری‌های زمینی قابل انجام است، ولی برآورد میزان تبخیر و تعرق واقعی مصارف همواره با مشکلاتی مواجه بوده که

معمولاً آن را به عنوان بخش مجهول در نظر گرفته و با محاسبه سایر عوامل برآورد می‌کنند (Muthuwatta *et al.*, 2010). در این خصوص توانایی پیش‌بینی میزان تبخیر و تعرق دارایی ارزشمندی برای مدیریت آبیاری و منابع آب یک حوضه خواهد بود. ET یک شاخص بسیار خوب از بهره‌وری آبیاری و مصرف کل آب توسط گیاهان است (Waters *et al.*, 2002) که برای دست‌یابی به آن مدل‌های گوناگونی از جمله SEBAL[۶] و ... توسعه داده شده است.

سنجش از دور در تمامی علومی که به نحوی با اطلاعات مکانی در ارتباط هستند، کاربرد دارد. داده‌های ماهواره‌ای کاربرد وسیعی در امور کشاورزی و منابع طبیعی دارند. علاوه بر این در زمینه اوضاع کمی و کیفی محصولات کشاورزی، تشخیص برخی انواع محصولات، شناسایی درختان، برآورد سطح زیر کشت، رشد و نمو محصولات و تولید، آفات و امراض، کاربرد دارند. مطالعه جنگل‌ها و مراتع و تفکیک آنها بر اساس تراکم، گونه‌های جنگلی و مرتعی، تعیین نقش شوری، کم آبی، شناسایی هالوفیت‌ها و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، از دیگر کاربردهای داده‌های ماهواره‌ای است (کاربری زمین مربوط به استفاده خاصی است که انسان از زمین می‌کند، برای مثال زمین‌های جنگلی، مزارع، زمین آیش، زمین دیم، نمونه‌هایی از کاربری زمین هستند). یکی از مهمترین کاربردهای داده‌های سنجش از دوری مطالعه و بررسی پدیده‌های پویا و در حال تغییر با طی زمان می‌باشد. از جمله پدیده‌های پویا در کشاورزی و منابع طبیعی می‌توان به رشد محصولات کشاورزی، تخریب خاک و پوشش گیاهی و تخریب اراضی و بیابان‌زایی اشاره نمود (علوی پناه، ۱۳۸۲). بدلیل آنکه بیابانی شدن و تخریب سرزمین در طی زمان رخ می‌دهد، بنابراین از طریق داده‌های ماهواره‌ای می‌توان نسبت به ارزیابی مکانی و زمانی اراضی بیابانی اقدام نمود. داده‌های سنجش از دور به دلیل یکپارچه و وسیع بودن، تنوع طیفی، تهیه پوشش‌های تکراری و ارزان بودن، درمقایسه با سایر رو ش‌های گردآوری اطلاعات از قابلیت‌های ویژه‌ای برخوردار است که امروزه عامل نخستین در مطالعه سطح زمین و عوامل تشکیل دهنده آن محسوب می‌شود. امکان رقومی نمودن داده‌ها موجب شده است که سیستم‌های کامپیوتری بتوانند از این داده‌ها به طور مستقیم استفاده کنند و سیستم‌های داده‌های جغرافیایی و سیستم‌های پردازش داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از این قابلیت طراحی و تهیه شده است. سهل‌الوصول بودن داده‌ها، دسترسی سریع به نقاط دور افتاده و دقت بالای آنها از امتیازات خاص این فن محسوب می‌شود (زبیری، ۱۳۷۷). از مهمترین قابلیت‌ها وکاربردهای سنجش از دور ماهواره‌ای بصورت اختصار و دسته‌بندی می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

۱- ۱- مطالعات زمین‌شناسی

با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌توان مرزهای بسیاری از سازندهای زمین شناسی را از یکدیگر تفکیک کرد، گسله ها را مورد مطالعه قرار داد و نقشه‌های گوناگون زمین شناسی تهیه کرد. از جمله نقشه‌های زمین شناسی گوناگون که با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می توان تهیه کرد، نقشه گسل‌ها و شکستگی ها، نقشه سازندهای سنگی مختلف، نقشه خاکشناسی و نقشه پتانسیل ذخایر تبخیری سطحی هستند. افزون بر این با توجه به گستره بسیار وسیع زیر پوشش هر تصویر ماهواره ای، چنین تصاویری برای مطالعات کلان منطقه ای برای زمین شناسان بسیار مفید است.

۱- ۲- مطالعات کشاورزی و جنگلی

تشخیص و تمایز گونه‌های گیاهی مختلف، محاسبه سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، مطالعه مناطق آسیب دیده کشاورزی براثر کم‌آبی یا حمله آفت‌های مختلف به آنها از جمله مهمترین کاربردهای داده‌های ماهوار های است. تهیه نقشه جامع پوشش گیاهی هر منطقه، تهیه نقشه آبراهه‌ها و ارتباط آنها با مناطق مستعد کشت و برآورد میزان محصول زیر کشت از کاربردهای دیگر

[۶] Surface Energy Balance Algoritm for Land

چنین اطلاعاتی است. لازم به ذکر است که وزارت بازرگانی و کشاورزی کشور ایالات متحده آمریکا از ابتدای تکوین تکنولوژی سنجش از دور همه ساله محصول کشاورزی کشور آمریکا و تمام کشورهای جهان را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برآورد می‌کند تا برای برنامه‌ریزی بازار و تولید اطلاعات مفید و لازم را بدست آورد. افزون بر این مطالعه میزان انهدام جنگل‌ها و یا میزان پیشرفت جنگل‌کاری از کاربردهای دیگر این تصاویر است.

۱- ۳- مطالعات منابع آب

مطالعه آب‌های سطحی منطقه و تهیه نقشه آبراهه ها، بررسی تغییر مسیر رودخانه ها بر اثر عوامل طبیعی یا مصنوعی، تخمین میزان آب سطحی هر منطقه از جمله جالب‌ترین کاربرد داده‌های ماهواره ای است. کشور ما از جمله کشورهایی است که با وجود داشتن منابع آب‌های سطحی در بسیاری مناطق از مشکل کم آبی رنج می‌برد، که استفاده از تکنولوژی نوین و بدست آوردن اطلاعات دقیق می‌تواند راه‌گشای استفاده بهتر از منابع آب کشور باشد.

۱- ۴- مطالعات دریایی

از تکنولوژی سنجش از دور بخصوص در چند زمینه مهم کاربردهای دریایی می توان استفاده کرد که ازآن جمله مطالعات دوره های پیشروی و پسروی کرانه دریا؛ مطالعات عمومی ویژگی‌ها و خصوصیات توده‌های آبی مثل نقشه دمای سطح و رنگ آب و نقشه تراکم میزان کلروفیل و پلانکتون و مطالعات مربوط به تأثیر سایر پدیده ها بر دریا، از جمله وضعیت حرکت و تندی امواج دریا و غیره هستند. تا به حال، سنجنده ها و ماهواره های مخصوصی فقط برای مطالعات دریاها و اقیانوس ها طراحی و ساخته شده است. مهمترین این ماهواره‌ها عبارتند از ماهواره «مویس» ژاپن و ماهواره «سی ست» آمریکا.

۱- ۵- مطالعه بلایای طبیعی

امروزه برآورد میزان خسارت ناشی از بلایای طبیعی از قبیل سیل، زلزله، آتشفشان، طوفان وغیره با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای بسیار متداول است. تعیین راهبرد مناسب برای جلوگیری و کاهش خسارت بلایای طبیعی از جمله دیگر کاربردهای داده‌های ماهواره ای است.

۱- ۶- باستان‌شناسی

با استفاده از پردازش داده های ماهواره ای، ضمن بررسی عارضه‌های زمینی ناشی از کاووش‌های باستانی می توان هر گونه مداخله در حریم آثار تاریخی و فرهنگی را کنترل و نظارت نمود.

۱- ۷- هواشناسی

ماهواره های هواشناسی وضعیت هوای زمین را بررسی می‌کنند و ابزار مهمی برای پیش بینی وضع هوا به شمار می آیند به نحوی که می توان با استفاده از آنها انواع وقایع طبیعی نظیر طوفان، گردباد، سیل، برف، گردباد و خشکسالی را برآورد نمود و به موقع اخطار داد.

۱- ۸- مطالعه تغییرات دوره‌ای

برخی از پدیده ها و عوارض سطح زمین در طی دوره‌های زمانی تغییر می‌یابند. علت این تغییرات می‌تواند عوامل طبیعی مانند سیل، آتشفشان، زلزله، تغییرات آب و هوایی، یا عوامل مصنوعی مانند دخالت انسان در محیط زیست باشد. برای مثال تغییر سطح آب دریای خزر در طی کی دوره ۱۰ تا ۲۰ ساله، تغییر میزان سطح پوشش و جنگل‌ها درشمال کشور و تغییر پوشش گیاهی نخل در جنوب کشور و میزان آسیب آنها در دوران جنگ را می‌توان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با دقت بسیار زیادی مطالعه کرد.

مطالعه میزان تغییرات و تخریب منابع در سال‌های گذشته و امکان‌سنجی و پیش‌بینی این تغییرات در سال‌های آینده می‌تواند در برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع، کنترل و مهار تغییرات غیر اصولی در آینده گام مهمی باشد. در چند سال اخیر بعلت تغییرات پوشش گیاهی در مناطق غربی کشور موجب ورود ریزگردها به کشور شده و مشکلات زیادی را برای ساکنین شهرهای غربی و حتی مرکزی کشور بوجود آورده است. بر همین اساس، منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در غربی‌ترین ناحیه کشور انتخاب شده است. در این تحقیق برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره ای آماده محصول مودیس برای سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ استفاده شده است.

۲- مواد و روش بررسی

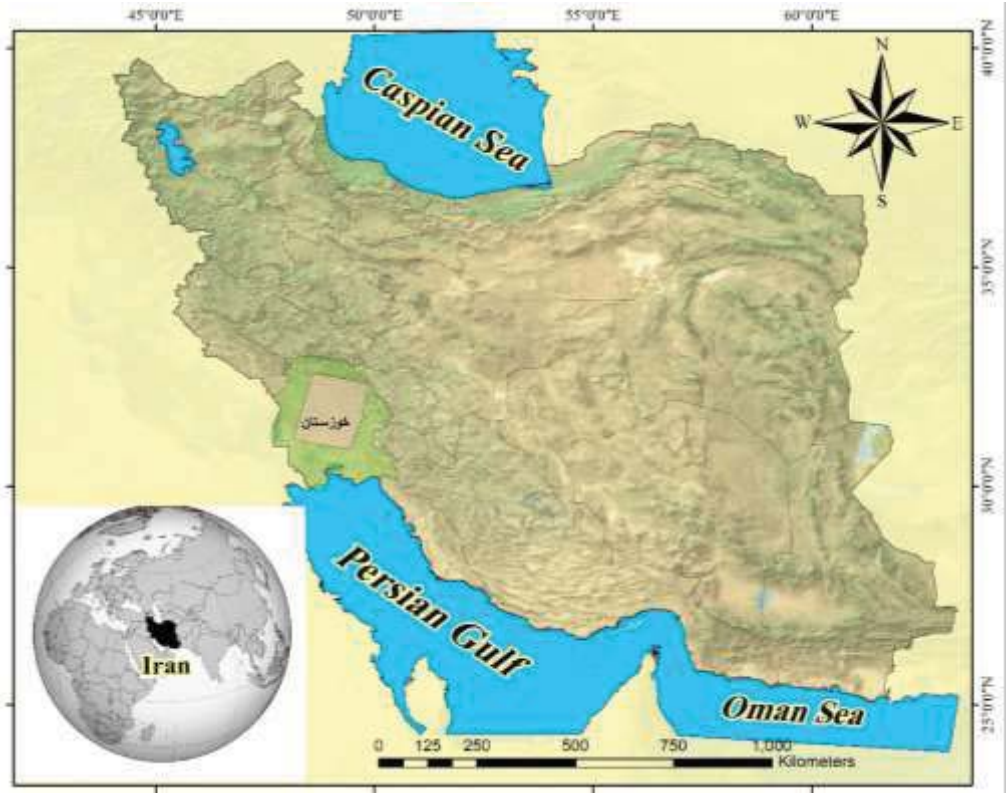
۲-۱- معرفی محدوده مورد مطالعه

بمنظور انجام تمرین مربوطه در ابتدا می‌بایست با توجه به وسعت محدوده پروژه (حوضه آبریز) و دقت کار مورد نیاز، تصاویر ماهواره‌ای مربوط را تهیه نمود. در این تمرین از یک Scene از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 با قدرت مکانی (رزولوشن) ۳۰ متری و باند پن شارپنینگ ۱۵ متری در Path=165 و Row=38 استفاده می‌شود.

همچنین جهت کاهش وسعت محدوده مطالعاتی و سادگی کار در پروژه حاضر بخشی از کل تصویر در داخل استان خوزستان و نیز بخش کوچکی از رودخانه پیچانرودی کارون بعنوان رودخانه مطالعاتی انتخاب شده و پردازش‌ها صورت می‌گیرد.

خوزستان یکی از استان‌های واقع در جنوب غرب کشور است که در آن رودخانه‌های فصلی و دائمی زیادی جریان دارد و از مهمترین‌های آن می‌توان به زهره، کارون، کرخه و اروندرود اشاره نمود. حوضه رودخانه کارون بزرگ با توجه به شرایط و ویژگی‌های هیدورلوژیکی و هیدروژئولوژیکی و بر اساس تقسیمات مدیریت منابع آب کشور شامل ۴۲ محدوده مطالعاتی بوده که ۱۳ عدد از آنها با مساحت ۲۷,۳۲۵ کیلومترمربع در این استان قرار گرفته است.

شکل ۱: موقعیت استان خوزستان در ایران



شکل ۲: موقعیت ایران و استان خوزستان در کره زمین