

نقش سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در مدیریت آب و منابع طبیعی برای بهره‌برداری پایدار

ایمان حاجی‌راد^{*}

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

سنجش از دور (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزارهای قدرتمندی هستند که فرصت‌های فراوانی را برای نظارت، مدیریت آب و منابع طبیعی در سطوح مختلف زمانی، طیفی و مکانی فراهم می‌آورند. این فناوری‌ها به مدیران این امکان را می‌دهند تا اطلاعات دقیق و به‌روز از وضعیت منابع موجود در مناطق وسیع و در زمان‌های مختلف به‌دست آورند، که برای تصمیم‌گیری‌های مؤثر در راستای حفظ و بهره‌برداری پایدار از این منابع ضروری است. با توجه به پیشرفت‌های روزافزون در این حوزه و تنوع روزافزون منابع تصویری و تکنیک‌های تحلیلی، ضروری است که مدیران منابع آب و منابع طبیعی توانایی‌های تخصصی این ابزارها را به‌خوبی بشناسند و از آنها بهره‌برداری کنند. این امر به آنها کمک می‌کند تا بتوانند از داده‌های سنجش از دور و GIS به‌طور مؤثری در مدیریت منابع مختلف مانند کشاورزی، منابع آب، جنگل‌ها، خاک‌ها، مدیریت بلایای طبیعی و مدیریت منابع شهری استفاده کنند. در این مقاله، به بررسی کاربردهای مختلف سنجش از دور و GIS در زمینه‌های گوناگون مدیریت منابع آب و منابع طبیعی پرداخته شده است. به‌ویژه، نحوه استفاده از این فناوری‌ها در کشاورزی برای بهینه‌سازی مصرف منابع، در مدیریت منابع آبی برای نظارت بر کیفیت و کمیت آب، در حفاظت از جنگل‌ها و ارزیابی سلامت اکوسیستم‌های طبیعی، و همچنین در پیش‌بینی و مدیریت بلایای طبیعی مانند سیل و زلزله توضیح داده شده است. اطلاعات حاصل از سنجش از دور و GIS می‌تواند به مدیران منابع طبیعی کمک کند تا تصمیمات بهتری بگیرند و با همکاری مؤثرتر با دانشمندان و متخصصان سنجش از دور، تکنیک‌های پیشرفته را برای رسیدن به اهداف نظارتی و مدیریتی به کار گیرند. این همکاری‌ها می‌تواند به توسعه راهکارهایی برای نظارت مستمر و پایدار بر منابع طبیعی منجر شود و از تخریب این منابع در بلندمدت جلوگیری کند.

واژگان کلیدی: سنجش از دور، GIS، منابع طبیعی، منابع آب.

۱- مقدمه

سیستم‌های آبیاری، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین در جهان هستند و حدود ۷۰ درصد از کل آب موجود برای تولید ۳۰ تا ۴۰ درصد از محصولات اساسی جهان استفاده می‌شود. از آنجا که کمبود آب به تهدیدی جدی تبدیل شده و رقابت میان مصرف‌کنندگان مختلف آب آغاز شده است، مدیریت بهینه آبیاری برای افزایش بهره‌وری آب اهمیت زیادی پیدا کرده است. برای بهبود بهره‌وری آب در مقیاس‌های مختلف، از مزرعه تا حوضه‌های رودخانه‌ای، لازم است که مدیریت مبتنی بر دانش جامع و دقیق انجام شود. سرمایه‌گذاری در افزایش تولید و بهره‌برداری بهینه از آب آبیاری تنها در صورتی از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر است که عملکرد سیستم آبیاری از نظر کمی و کیفی قابل ارزیابی باشد (Boru et al., ۲۰۲۴).

اطلاعات مربوط به عملکرد سیستم‌های آبیاری، از مقیاس مزرعه تا حوضه رودخانه، به دلیل تنوع زیاد در کاربری زمین، شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های خاک، رطوبت خاک، میزان مصرف آب و الگوی کشت، اغلب قابل اعتماد نیست. اگرچه این اطلاعات می‌تواند از طریق بررسی‌های میدانی جمع‌آوری شود، اما این روش‌ها به دلیل زمان‌بر بودن، محدود بودن و اغلب غیرقابل استفاده بودن برای مناطق وسیع، نمی‌تواند به‌طور کامل نیازها را برطرف کنند. علاوه بر این، داده‌های میدانی به دلیل تغییرات مداوم در مدیریت زمین و آب ممکن است خیلی زود منسوخ شوند. به همین دلیل، استفاده از فناوری سنجش از دور ماهواره‌ای به عنوان یک گزینه مناسب مطرح شده است. این فناوری می‌تواند به‌طور منظم و دقیق اطلاعات لازم را از شرایط آب و خاک و کشاورزی در مقیاس‌های مختلف، از مزرعه تا حوضه رودخانه، فراهم کند. این اطلاعات به مدیران کمک می‌کند تا سیستم‌های آبیاری را به‌طور مؤثرتری بررسی و طراحی کنند. در نهایت، ایجاد یک سیستم پایش کارآمد که بتواند تهدیدات احتمالی برای پایداری سیستم‌های آبیاری را شناسایی کند، برای موفقیت در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب ضروری است (Masud & Bastiaanssen, ۲۰۱۷).

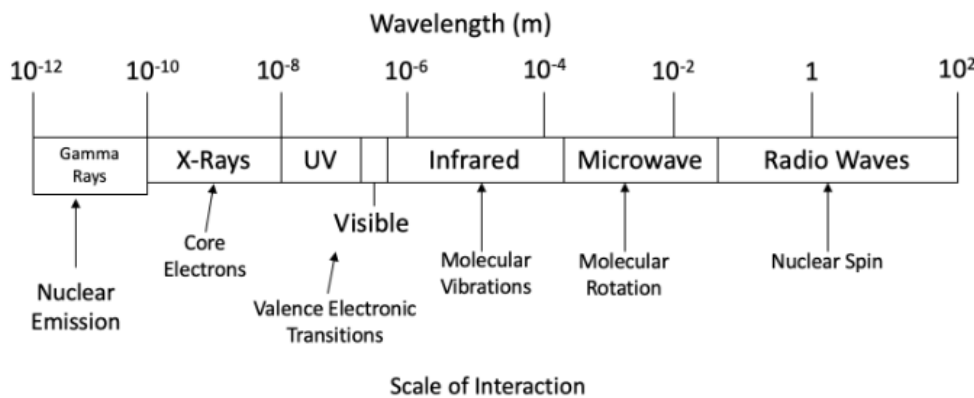
در سال‌های اخیر، داده‌های سنجش از دور به‌طور گسترده در زمینه‌های مختلف مدیریت آب و منابع طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است. دسترسی به داده‌های سنجش از دور از سنسورهای مختلف و پلتفرم‌های گوناگون، با طیف وسیعی از وضوح‌های مکانی، زمانی، رادئومتریکی و طیفی، سنجش از دور را به یکی از بهترین منابع داده برای مطالعات و کاربردهای مقیاس بزرگ تبدیل کرده است. داده‌های جامع و دقیق ارائه‌شده توسط سنجش از دور اکنون به عنوان ورودی مدل‌سازی فرآیندهای محیط‌زیستی استفاده می‌شود. استفاده یکپارچه از داده‌های سنجش از دور، GPS و GIS به مشاوران، مدیران منابع طبیعی و پژوهشگران در سازمان‌های دولتی، نهادهای حفاظتی و صنایع کمک می‌کند تا برنامه‌های مدیریتی مؤثری را برای کاربردهای مختلف مدیریت منابع طبیعی توسعه دهند. این فناوری‌ها ابزارهای مؤثری برای مطالعه تغییرات پوشش زمین، تراکم جنگل‌ها، تغییرات مورفولوژی سواحل، وضعیت صخره‌های مرجانی و تنوع زیستی جزایر حتی در مناطق دورافتاده هستند (Kumar et al., ۲۰۱۵; Sishodia et al., ۲۰۲۰).

۲- سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

۲-۱- سنجش از دور

سنجش از دور را می‌توان به عنوان علم و هنر به دست آوردن اطلاعات (طیفی، مکانی یا زمانی) درباره اجسام یا مناطق فیزیکی بدون تماس مستقیم با آن‌ها تعریف کرد. در این فرآیند، از طیف الکترومغناطیسی برای تصویربرداری از زمین، اقیانوس و جو استفاده می‌شود، به‌طوری‌که تابش الکترومغناطیسی (EMR) در طول موج‌های مختلف (مرئی، قرمز، نزدیک به مادون قرمز، مادون قرمز حرارتی،

مایکروویو) برای جمع آوری داده ها به کار گرفته می شود، همان طور که در شکل (۱) نشان داده شده است. امضای طیفی منحصر به فرد هر جسم بر روی سطح زمین می تواند در این طول موج ها شناسایی شده و برای تولید اطلاعات کمی در مورد فرآیندهای هیدرولوژیکی تحلیل و تفسیر شود (Masud & Bastiaanssen, ۲۰۱۷).



شکل ۱- طیف الکترومغناطیسی طبقه بندی طول موج ها و فرکانس ها (Masud & Bastiaanssen, ۲۰۱۷)

۲-۲- سیستم اطلاعات جغرافیایی

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری است که برای نقشه برداری مکانی اشیاء استفاده می شود و ترکیبی از علوم فضایی، نظرسنجی و نقشه برداری را شامل می شود. از GIS می توان برای مدیریت داده ها و همچنین یکپارچه سازی و تجزیه و تحلیل داده های مکانی به دست آمده از منابع مختلف (مانند بررسی های میدانی و سنجش از دور) با ساختارها، وضوح ها و پیش بینی های متنوع بهره برد. در دهه گذشته، استفاده از سنجش از دور و GIS در مدیریت منابع آب به طور قابل توجهی گسترش یافته است. داده های هیدرولوژیکی به راحتی از ماهواره ها قابل دسترسی هستند و در زمینه مشکلات آب آبیاری، تصاویر ماهواره ای با وضوح بالا تا متوسط، اطلاعات ارزشمندی از اجزای مختلف هیدرولوژیکی برای بهبود مدیریت منابع آب فراهم می کنند (Chouhan, ۲۰۱۷).

۳- کاربرد در کشاورزی

در سال های اخیر، پلتفرم های سنجش از دور نقش برجسته تری در ارزیابی های لحظه ای از چشم اندازهای کشاورزی ایفا کرده اند. کشاورزی دقیق، که بر مدیریت متغیرهای درون مزرعه بر اساس شرایط مکانی تمرکز دارد، به عنوان یک سیستم تولیدی نوین مطرح است. این سیستم از ابزارها و منابع اطلاعاتی پیشرفته ای بهره می گیرد که توسط فناوری های مدرن ارائه شده اند. از جمله این ابزارها می توان به سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS)، سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، دستگاه های پایش عملکرد، حسگرهای مرتبط با خاک، گیاه و آفات، فناوری سنجش از دور و ابزارهای نرخ متغیر برای استفاده بهینه از نهاده ها اشاره کرد (Kumar et al., ۲۰۱۵).

سنجش از دور ماهواره ای، در کنار سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به طور گسترده برای شناسایی تغییرات کاربری و پوشش زمین مورد استفاده قرار گرفته و به عنوان ابزاری قدرتمند و مؤثر شناخته شده است. این فناوری داده های چندطیفی و چندزمانه را به شکلی مقرون به صرفه تولید کرده و آن ها را به اطلاعات ارزشمندی برای پایش و تحلیل الگوهای توسعه زمین تبدیل می کند. فناوری GIS نیز محیطی انعطاف پذیر برای ذخیره سازی، تحلیل و نمایش داده های دیجیتال فراهم می آورد و نقشی کلیدی در شناسایی تغییرات و توسعه

پایگاه‌های داده ایفا می‌کند. تصاویر ماهواره‌ای در پایش انواع کاربری زمین، از طریق طبقه‌بندی طیفی یا برآورد ویژگی‌های بیوفیزیکی سطوح زمین با استفاده از روابط بازتاب‌های طیفی یا شاخص‌ها، به کار گرفته شده‌اند (Masud & Bastiaanssen, ۲۰۱۷).

۴- کاربرد در علوم خاک

در طبیعت، ویژگی‌های خاک از نظر مکانی به شدت متغیر هستند؛ بنابراین، برای افزایش دقت و بهره‌گیری مؤثرتر، ضروری است این ویژگی‌ها به صورت متغیرهای پیوسته تخمین زده شوند، نه صرفاً به عنوان مقادیر نقطه‌ای (Babaeian et al., ۲۰۱۹). از سوی دیگر، روش‌های سنتی برای تحلیل و تفسیر خاک بسیار زمان‌بر، پرزحمت و در نتیجه هزینه‌بر هستند. به همین دلیل، روش کریجینگ و انواع آن به عنوان تکنیک‌های پیشرفته درون‌یابی مکانی برای ارزیابی منابع زمین شناخته شده‌اند (Zhang et al., ۲۰۲۰). با پیشرفت سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فناوری سنجش از دور، تکنیک‌های پیشرفته‌ای برای پیش‌بینی و نقشه‌برداری خاک توسعه یافته‌اند. در این روش‌ها، اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای کیفیت خاک از طریق تحلیل رگرسیون با شاخص‌های استخراج‌شده از داده‌های ماهواره‌ای ترکیب شده و نتایج به صورت مکانی به مناطق بزرگ‌تر تعمیم داده می‌شوند. نقشه‌های مکانی حاصل نیز ورودی ارزشمندی برای مدل‌های توزیع‌شده مکانی به شمار می‌روند. به عنوان نمونه، Krishan et al. (۲۰۰۹) با بهره‌گیری از اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، شیب و وضعیت فرسایش به دست آمده از داده‌های سنجش از دور، چهار دسته اصلی تخریب زمین شامل مناطق بدون تخریب، تخریب متوسط، تخریب شده و به شدت تخریب شده را شناسایی کردند. به طور مشابه، فناوری سنجش از دور و GIS نیز توسط Velmurugan & Carlos (۲۰۰۹) به طور موفقیت‌آمیزی برای نقشه‌برداری منابع طبیعی و مطالعات طبقه‌بندی خاک به کار گرفته شد.

۵- کاربرد در پایش نیاز آبیاری محصولات کشاورزی

کشاورزی به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب، بیش از ۷۰٪ از منابع آب شیرین جهان را به خود اختصاص می‌دهد. از این رو، آب آبیاری نقشی حیاتی در افزایش بهره‌وری اراضی کشاورزی ایفا می‌کند. در این میان، مؤلفه‌ی تبخیر-تعرق (ET) که یکی از اجزای کلیدی بیلان آبی است، سهم عمده‌ای در تلفات آب دارد. این مؤلفه در زمینه‌های مختلف محیط‌زیستی اهمیت ویژه‌ای دارد؛ از جمله بهینه‌سازی مصرف آب در آبیاری، ارزیابی کارایی سیستم‌های آبیاری و تشخیص کمبود آب در محصولات کشاورزی. زمان‌بندی نامناسب آبیاری و کاربرد ناکافی آب، عوامل جهانی هستند که تولید کشاورزی را در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کنند. در مواجهه با این مشکلات، فناوری سنجش از دور به عنوان ابزاری مؤثر برای پایش اراضی آبیاری‌شده در شرایط اقلیمی و مکان‌های مختلف در چند دهه اخیر مطرح شده است. این فناوری با پایش وضعیت آب گیاهان، اندازه‌گیری نرخ‌های تبخیر-تعرق و برآورد ضرایب محصول، به تعیین زمان و میزان آبیاری کمک می‌کند. استفاده مؤثر از آب‌های سطحی و پایش مصرف آب با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، موضوعی با اهمیت برای سیاست‌گذاران برای مدیریت آبیاری است (Kumar et al., ۲۰۱۵).

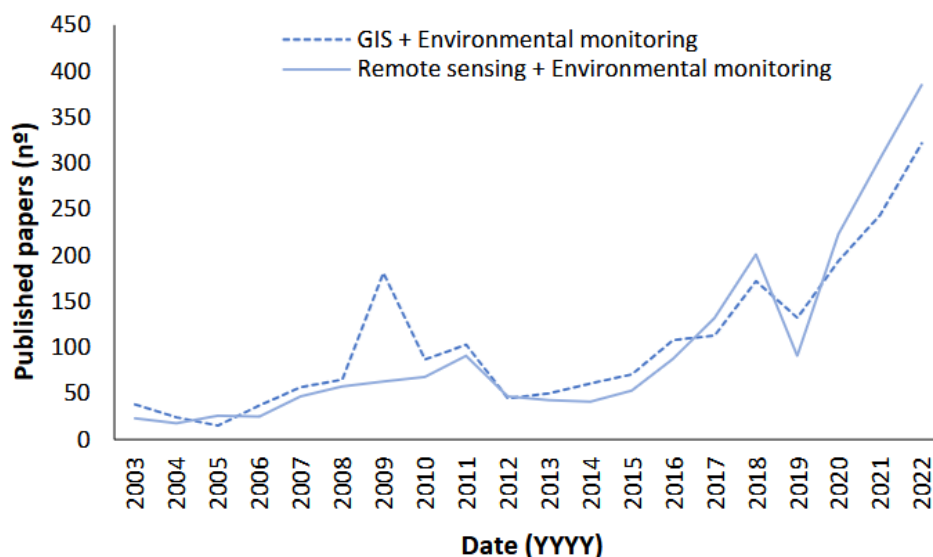
۶- کاربرد در مدل‌سازی محصولات زراعی

ترکیب مدل‌های زراعی و فناوری سنجش از دور، امکان ارزیابی متغیرهای عملکرد محصول را در هر مرحله زمانی شبیه‌سازی مدل فراهم می‌کند. این ترکیب به ما اجازه می‌دهد تا با استفاده از داده‌های سنجش از دور، پارامترهای گمشده مدل را در مقیاس مزرعه تکمیل کنیم (Kasampalis et al., ۲۰۱۸). علاوه بر این، دریافت داده‌ها از مدل‌های زراعی در مقیاس مزرعه و سنجش از دور، امکان انتقال نتایج از مقیاس مزرعه به مقیاس منطقه‌ای را فراهم می‌کند. روش‌های مختلفی برای استفاده از داده‌های سنجش از دور در ترکیب با مدل‌های

زراعی پیشنهاد شده است. یکی از این روش‌ها، برآورد شاخص سطح برگ (LAI) از طریق سنجش از دور برای کالیبراسیون مدل‌های زراعی است. روش دیگر، پیش‌بینی زود هنگام عملکرد نهایی محصول است که نیازمند داده‌های مکرر سنجش از دور در طول فصل رشد برای استفاده در مدل‌های زراعی می‌باشد. به عنوان مثال، Baret et al. (۲۰۰۶) با ترکیب مشاهدات سنجش از دور و مدل‌های زراعی، به وسیله روش‌های هم‌سازی، به کمی‌سازی تنش‌های گیاهی پرداختند. مدل‌های زراعی و خاک با استفاده از GIS می‌توانند برای شناسایی انتشار متان از مزارع به کار روند. به طور مشابه، از این ترکیب برای برآورد تولید جهانی غذا و تأثیرات گرمایش جهانی با استفاده از GIS و مدل‌های زراعی استفاده می‌شود. برای کاهش عدم قطعیت مدل‌های زراعی با استفاده از سنجش از دور، می‌توان از تصاویر سنجش از دور برای طبقه‌بندی مزارع کشاورزی و انواع محصولات استفاده کرد. در این روش، مدل‌های زراعی متناسب با این طبقه‌بندی و داده‌های ورودی خاک انتخاب می‌شوند. همچنین، سنجش از دور می‌تواند برای برآورد شاخص‌های رشد محصول که می‌توانند با مدل‌های زراعی ترکیب شوند، به کار رود (Kasampalis et al., ۲۰۱۸).

۷- کاربرد در محیط‌زیست

در سال‌های اخیر، سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به ابزارهای حیاتی در حوزه پایش محیط‌زیست تبدیل شده‌اند. شکل (۲) روند انتشار مقالات علمی مرتبط با استفاده از سنجش از دور و GIS در پایش محیط‌زیست طی دو دهه گذشته را بر اساس داده‌های وبسایت worldwidescience.org نشان می‌دهد. این نمودار حاکی از آن است که میزان استفاده از این دو فناوری تقریباً به صورت هم‌زمان رشد داشته است. همچنین، افزایش تعداد مقالات منتشر شده در سال‌های اخیر بیانگر علاقه‌مندی فزاینده به این حوزه-هاست. رشد مداوم این فناوری‌ها را می‌توان به کاربردهای گسترده آن‌ها در زمینه‌هایی همچون مدیریت منابع آب (Chawla et al., ۲۰۲۰)، پایش کیفیت هوا (Wei et al., ۲۰۲۰)، مطالعات خاک (Babaeian et al., ۲۰۱۹)، کشاورزی (Sishodia et al., ۲۰۲۰)، اکوسیستم‌های دریایی و زمینی (Lechner et al., ۲۰۲۰) و پایش شهری (Mohd Noor et al., ۲۰۱۸) نسبت داد.



شکل ۲- مقالات منتشر شده در این موضوعات که طی دو دهه گذشته مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Parra, ۲۰۲۲)

۸- کاربرد در مدیریت منابع آب

آب منبعی حیاتی برای زندگی انسان به حساب می آید. در سال های اخیر، دسترسی به آب شیرین کاهش یافته و در عین حال، نیاز جمعیت در حال رشد افزایش یافته است. بنابراین، ضروری است که مصرف آب را به دقت پایش کرده و درک بهتری از آن داشته باشیم تا بتوانیم استراتژی ها و زیرساخت های مؤثری برای مدیریت منابع آب توسعه دهیم (Sharma et al., ۲۰۲۴). برای درک بهتر از چرخه آب و فرآیندهای مرتبط با آن، نیاز به رویکردی جامع داریم که از دانش رشته های مختلف استفاده کند. مطالعات در مقیاس مزرعه می توانند اطلاعات اولیه ای درباره این فرآیندها ارائه دهند، اما تصمیم گیری های مهم در سطوح منطقه ای و ملی انجام می شود. بنابراین، لازم است که این مطالعات به صورت منطقی به سطوح بزرگ تر گسترش یابند.

مدل های هیدرولوژیکی معمولاً برای این منظور استفاده می شوند، اما اغلب با مشکلاتی مانند کمبود داده ها یا کیفیت پایین ورودی ها مواجه هستند. تکنولوژی های سنجنش از دور می توانند ابزارهای مفیدی برای تکمیل این داده ها در مناطق با اطلاعات محدود باشند. با استفاده از ماهواره ها و حسگرهای پیشرفته، می توانیم داده های پیوسته ای درباره اجزای مختلف چرخه آب به دست آوریم که برای مدل سازی هیدرولوژیکی ضروری هستند. این داده ها می توانند شکاف های اطلاعاتی موجود را پر کنند و به ما در مدیریت بهتر منابع آب کمک کنند. بنابراین، استفاده از داده های ماهواره ای و تکنیک های محاسباتی پیشرفته می تواند نقش مهمی در حال و آینده منابع آب ایفا کند.

با استفاده از داده های ماهواره ای و سیستم های اطلاعات جغرافیایی، می توان منابع آبی مانند رودخانه ها، دریاچه ها، سدها و مخازن را به صورت سه بعدی نقشه برداری کرد. این نقشه ها می توانند اطلاعاتی درباره توزیع مکانی منابع آب در اختیار قرار دهند. مراجع ذی ربط می توانند از این اطلاعات برای شناسایی مناطق یا نواحی که نیاز به حفاظت و مدیریت مؤثر دارند، استفاده کنند و تصمیم گیری هایی در مورد مدیریت پایدار منابع آب در این مناطق اتخاذ نمایند. همچنین، استفاده از GIS در مدیریت منابع آب به جمع آوری و تحلیل داده های مرتبط با منابع آب، مانند تغییرات سطح آب، کیفیت آب و استفاده از منابع، کمک می کند. این اطلاعات می توانند به شناسایی مناطق بحرانی، برنامه ریزی برای استفاده بهینه از منابع و پیش بینی بحران های آبی کمک کنند. علاوه بر این، سنجنش از دور با استفاده از تصاویر ماهواره ای، اطلاعات دقیقی درباره منابع آبی فراهم می کند که می تواند در نظارت بر تغییرات سطح آب، کیفیت آب و مدیریت منابع آب در مناطق مختلف مؤثر باشد. در نتیجه، ترکیب داده های ماهواره ای و GIS ابزارهای قدرتمندی برای مدیریت مؤثر منابع آب فراهم می کند که می تواند به تصمیم گیری های بهتر و پایدارتر در این زمینه منجر شود (Lubczynski et al., ۲۰۲۴).

۸-۱- ارزیابی دسترسی به منابع آب

مدیریت منابع آب، به عنوان یکی از ارکان اصلی مدیریت یکپارچه منابع (IRM)، نیازمند ابزارهای پیشرفته ای است که بتواند داده های دقیق و تحلیل های جامع ارائه دهند. فناوری های سنجنش از دور (RS) و سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در این زمینه نقش کلیدی ایفا کرده و به عنوان ابزارهایی مؤثر برای پایش، ارزیابی و مدیریت بهینه منابع آب شناخته می شوند (Joy et al., ۲۰۲۱). داده های حاصل از سنجنش از دور، شامل تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی، ابزاری کارآمد برای بررسی منابع سطحی آب، از جمله دریاچه ها، رودخانه ها و مخازن هستند. این داده ها با استفاده از سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) تجزیه و تحلیل می شوند تا قابلیت هایی همچون محاسبه ظرفیت ذخیره سازی، برآورد سطوح و حجم آب، و پایش تغییرات منابع آبی در طول زمان فراهم شود (Lahon et al., ۲۰۲۳). ترکیب این فناوری ها امکان ارزیابی جامع دسترسی به آب را برای مصارف مختلف، از جمله آبیاری، تأمین آب شرب و استفاده های صنعتی فراهم می آورد. این رویکرد یکپارچه، نقشی اساسی در توسعه و اجرای شیوه های مدیریتی بهینه برای حفاظت و بهره برداری پایدار از منابع آبی ایفا می کند (شکل ۲).

۲-۸- پایش کیفیت آب

برای مدیریت و بهبود کیفیت آب به منظور مصارف انسانی، نظارت منظم بر کیفیت آب ضروری است. در حال حاضر، اندازه گیری های در محل و تحلیل های آزمایشگاهی نمونه های آب برای ارزیابی کیفیت آب استفاده می شوند. هرچند این اندازه گیری ها برای یک لحظه و مکان خاص دقیق هستند، اما دیدگاهی از کیفیت آب به لحاظ مکانی یا زمانی که برای ارزیابی یا مدیریت دقیق منابع آبی لازم است، ارائه نمی دهند. علاوه بر این، این روش ها هزینه بر و زمان بر هستند و نمی توانند نیازهای نظارتی منطقه ای یا ملی را برآورده کنند (Behmel et al., ۲۰۱۶).

فناوری های سنجش از دور (RS) به عنوان ابزاری قدرتمند، اطلاعات ارزشمندی درباره پارامترهای کیفیت آب مانند کدورت، غلظت کلروفیل، دما، و میزان اکسیژن محلول ارائه می دهند. این تکنیک ها با استفاده از حسگرهای نوری و حرارتی نصب شده بر روی قایق ها، هواپیماها و ماهواره ها، داده های مکانی و زمانی دقیقی را برای پایش تغییرات کیفیت آب فراهم می کنند. حسگرهای RS با ثبت امضاهای طیفی منابع آبی، امکان شناسایی و پایش تغییرات کیفیت آب را به طور مستمر فراهم می سازند (Singh, ۲۰۱۷).

روابط تجربی میان غلظت ذرات معلق و تابش یا انعکاس نیز توسعه یافته اند تا بتوان کیفیت آب را برای دوره های زمانی مختلف پیش بینی کرد. این روابط برای اندازه گیری غلظت کلروفیل و دیگر پارامترهای کیفیت آب به صورت مکانی و زمانی استفاده می شوند، که این رویکرد به توسعه راهکارهای مدیریتی برای بهبود کیفیت آب کمک می کند. علاوه بر این، سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) با تحلیل داده های مکانی مربوط به کیفیت آب، شناسایی مناطق با کیفیت پایین و ارائه اطلاعات لازم برای تصمیم گیری در زمینه اقدامات تصفیه آب و کنترل آلودگی را تسهیل می کنند (Volpe et al., ۲۰۱۱).

۸-۳- تقاضا و تخصیص منابع آب

فناوری های سنجش از دور (RS) و سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) با بهره گیری از داده های مکانی، در برآورد تقاضای آب و تخصیص بهینه منابع آبی نقش مؤثری دارند. داده های سنجش از دور می توانند الگوهای کاربری اراضی، انواع کشت و میزان تبخیر و تعرق را شناسایی کرده و به برآورد تقاضای آب در بخش کشاورزی کمک کنند. پلتفرم های GIS نیز با ادغام داده های منابع مختلف، امکان شناسایی نقاط بحرانی تقاضای آب و تدوین استراتژی های بهینه برای تخصیص منابع آبی را فراهم می کنند (Bwambale et al., ۲۰۲۲).



شکل ۲-۱ این تصویر توسط اداره منابع آب کالیفرنیا برای کاربردهایی نظیر آبیاری، تأمین آب شرب و مصارف صنعتی استفاده شده است (Lakra et al., ۲۰۲۴)

۸-۴- نقشه برداری سیلاب و ارزیابی ریسک

فناوری‌های سنجش از دور (RS) و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در نقشه‌برداری سیلاب و ارزیابی خطرات آن نقش کلیدی ایفا می‌کنند، زیرا اطلاعات دقیق و به‌روز از مناطق آسیب‌پذیر در برابر سیلاب ارائه می‌دهند. داده‌های سنجش از دور، شامل تصاویر راداری و اپتیک، برای شناسایی میزان گسترش سیلاب و تغییرات سطح آب در هنگام وقوع سیلاب‌ها استفاده می‌شوند. ابزارهای GIS نیز با تحلیل ویژگی‌های زمین‌شناسی، کاربری اراضی و داده‌های هیدرولوژیکی، به ارزیابی ریسک سیلاب، شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و پشتیبانی از برنامه‌ریزی برای مدیریت بهینه سیلاب کمک می‌کنند (Al-Omari et al., ۲۰۲۴).

۸-۵- مدیریت زیرساخت های آبی

فناوری های سنجش از دور (RS) و سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مدیریت سیستم های زیرساخت آبی همچون سدها، کانال ها و خطوط لوله نقش مهمی ایفا می کنند. داده های سنجش از دور می توانند برای نظارت بر وضعیت زیرساخت های آبی، شناسایی نشت ها و ارزیابی کارایی سیستم های توزیع آب به کار گرفته شوند. همچنین پلتفرم های GIS با مدیریت مکانی داده های زیرساختی، به بهینه سازی برنامه های نگهداری و تسهیل تصمیم گیری در زمینه گسترش یا نوسازی زیرساخت ها کمک می کنند (Gulati et al., ۲۰۲۳).

۹- مدیریت جنگل و تجزیه و تحلیل زیستگاه حیات وحش

جنگل ها بخش حیاتی از اکوسیستم ما هستند و تأثیرات زیادی بر زندگی انسان ها دارند. با وجود اهمیت فراوان آن ها، جنگل های جهان با سرعت نگران کننده ای در حال کاهش هستند. جنگل ها به عنوان یک منبع تجدیدپذیر، می توانند از طریق مدیریت پایدار دوباره احیا شوند. بنابراین، با استفاده از داده های سنجش از دور و تکنیک های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، یک مدیر جنگل می تواند اطلاعاتی در مورد پوشش جنگل، انواع جنگل های موجود در یک منطقه خاص، میزان نفوذ انسان به اراضی جنگلی/مناطق حفاظت شده، نفوذ شرایط بیابانی و موارد دیگر تولید کند. این اطلاعات برای تدوین برنامه های مدیریت جنگل و در فرآیند تصمیم گیری جهت اطمینان از اجرای سیاست های مؤثر برای کنترل و هدایت نحوه استفاده از منابع جنگلی ضروری است. همچنین، با استفاده از داده های سنجش از دور و تحلیل چندمعیاری، می توان وضعیت و تناسب سایت ها یا مناطق جنگلی برای گونه های خاص حیات وحش را ارزیابی کرد. از طرفی، مدیریت منابع جنگلی شامل بهره برداری پایدار و حفاظت از اکوسیستم های جنگلی است. فناوری های سنجش از دور (RS) و سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) تحولی شگرف در مدیریت منابع جنگلی ایجاد کرده اند و ابزارهای ارزشمندی برای پایش، ارزیابی، برنامه ریزی و حفاظت از جنگل ها فراهم می کنند (Meraj et al., ۲۰۲۲).

۱-۹- پایش جنگل و تشخیص تغییرات

داده های سنجش از دور، به ویژه تصاویر ماهواره ای، امکان پایش مستمر پوشش جنگلی، جنگل زدایی و تخریب جنگل ها را فراهم می آورند. از طریق تحلیل سری های زمانی، این فناوری قادر است تغییرات پوشش جنگلی را شناسایی، مناطق جنگل زدایی را تعیین و رشد مجدد جنگل ها را پایش کند (Tomar et al., ۲۰۲۱). ابزارهای GIS با تحلیل مکانی و تهیه نقشه های تغییرات پوشش جنگلی، به پایش و مدیریت مؤثر جنگل ها کمک می کنند.

۲-۹- ارزیابی و نقشه برداری جنگل

فناوری های RS و GIS نقش مهمی در ارزیابی جنگل ها دارند و اطلاعات دقیق و به روز درباره ویژگی های جنگل مانند گونه های درختی، ارتفاع تاج پوش و بیومس ارائه می دهند. داده های RS، از جمله تصاویر LiDAR و راداری، جزئیات دقیقی از ساختار و ترکیب جنگل ها ثبت می کنند (Ahmad et al., ۲۰۲۳). ابزارهای GIS نیز با ادغام این داده ها با سایر مجموعه های داده مکانی، امکان تهیه نقشه های جامع و ارزیابی دقیق موجودی جنگل ها را فراهم می سازند (شکل ۳).

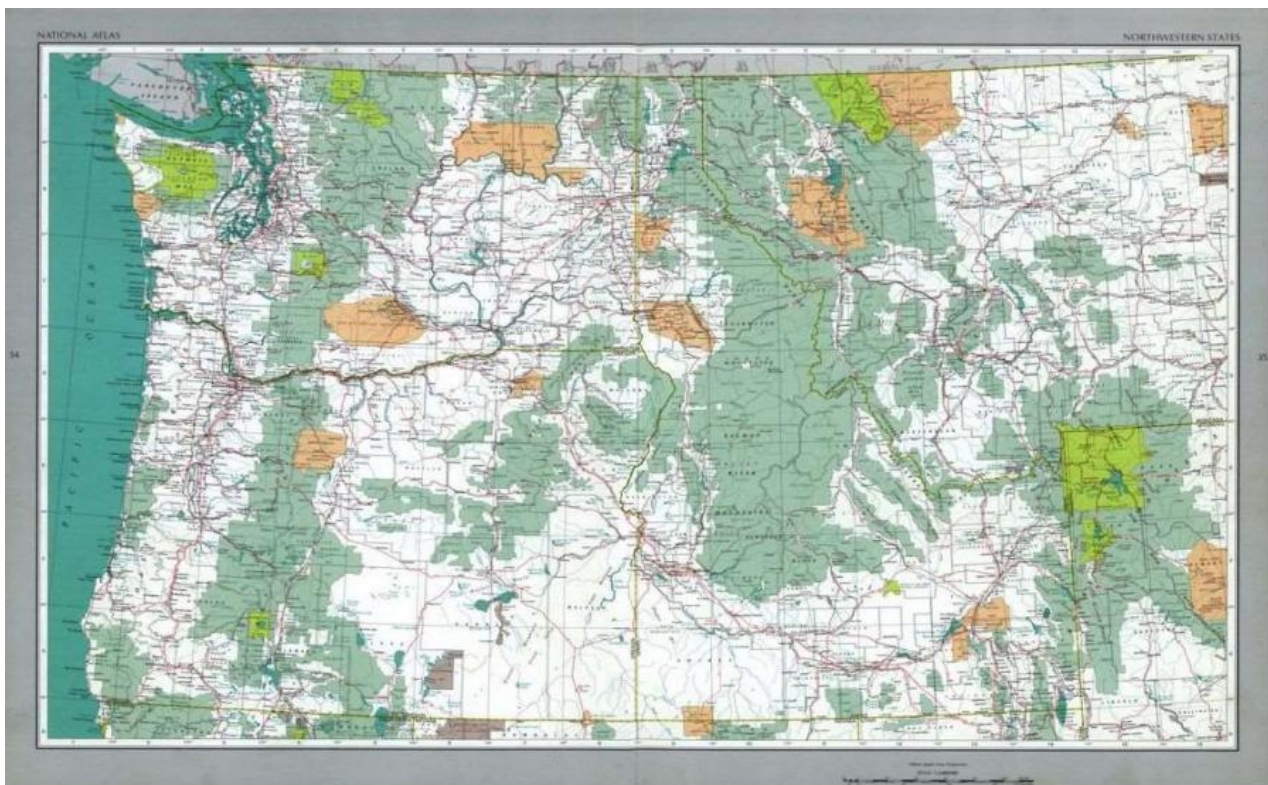
۹-۳- مدیریت آتش سوزی جنگل

فناوری های سنجش از دور (RS) و سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزارهای پیشرفته ای برای شناسایی لحظه ای آتش سوزی، پایش گسترش آتش و ارزیابی خسارت های ناشی از آن فراهم می کنند (Nieć et al., ۲۰۱۵). این داده های لحظه ای به تصمیم گیرندگان کمک

می‌کند تا واکنش‌های مؤثری در برابر آتش‌سوزی برنامه‌ریزی کرده، منابع اطفای حریق را به مناطق بحرانی اختصاص داده و ارزیابی‌های پس از آتش‌سوزی را انجام دهند. این رویکرد به مدیریت کارآمدتر و مؤثرتر آتش‌سوزی‌های جنگلی کمک کرده و می‌تواند تأثیرات آنها را کاهش داده و به بازیابی سریع‌تر اکوسیستم یاری رساند. حسگرهای RS قادرند ناهنجاری‌های حرارتی و ستون‌های دود ناشی از آتش‌سوزی را شناسایی کنند. ابزارهای GIS نیز با ارائه قابلیت تجسم و تحلیل داده‌های آتش‌سوزی، از برنامه‌ریزی واکنش به آتش، تخصیص منابع و ارزیابی‌های پس از آتش‌سوزی پشتیبانی می‌کنند (Lakra et al., ۲۰۲۴).

۹-۴- حفاظت از تنوع زیستی

فناوری‌های RS و GIS اطلاعات مکانی ارزشمندی درباره انواع زیستگاه‌ها، پراکنش گونه‌ها و پویایی اکوسیستم‌ها ارائه می‌دهند [۲۷]. این داده‌ها می‌توانند برای نقشه‌برداری و پایش مناطق غنی از تنوع زیستی، شناسایی تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها و ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر اکوسیستم‌ها استفاده شوند. با ادغام این اطلاعات با سایر لایه‌های زیست‌محیطی در پلتفرم‌های GIS، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند برنامه‌ریزی‌های حفاظتی را تسهیل کرده و تصمیم‌های آگاهانه‌ای در زمینه تخصیص منابع، اتخاذ تدابیر حفاظتی و توسعه سیاست‌ها اتخاذ کنند (Ensenbach et al., ۲۰۲۳).



شکل ۳- این تصویر برای ارزیابی، نقشه‌برداری، برنامه‌ریزی و حفاظت از جنگل‌ها در ایالت‌های شمال غربی ایالات متحده آمریکا مورد استفاده قرار گرفته است (Lakra et al., ۲۰۲۴)

۱۰- کاربرد در مدیریت بلایای طبیعی

برای مدیریت بلایای طبیعی مانند سیل، زلزله، فوران‌های آتشفشانی و رانش زمین، نیاز به داده‌های مکانی چندزمانه و گسترده است. در این زمینه، سنجش از دور ماهواره‌ای ابزاری ایده‌آل است که اطلاعات را برای نواحی وسیع و در بازه‌های زمانی کوتاه ارائه می‌دهد و

می توان از آن در مراحل مختلف مدیریت بحران مانند پیشگیری، آمادگی، امداد، بازسازی، هشدار زودهنگام و نظارت استفاده کرد. علاوه بر سنجش از دور، تکنیک های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای مدیریت مجموعه های داده های فضایی وسیع ضروری است و به همین دلیل در مدیریت بحران اهمیت بیشتری یافته اند (Teodoro & Duarte, ۲۰۲۲).

۱۱- مدیریت منابع شهری

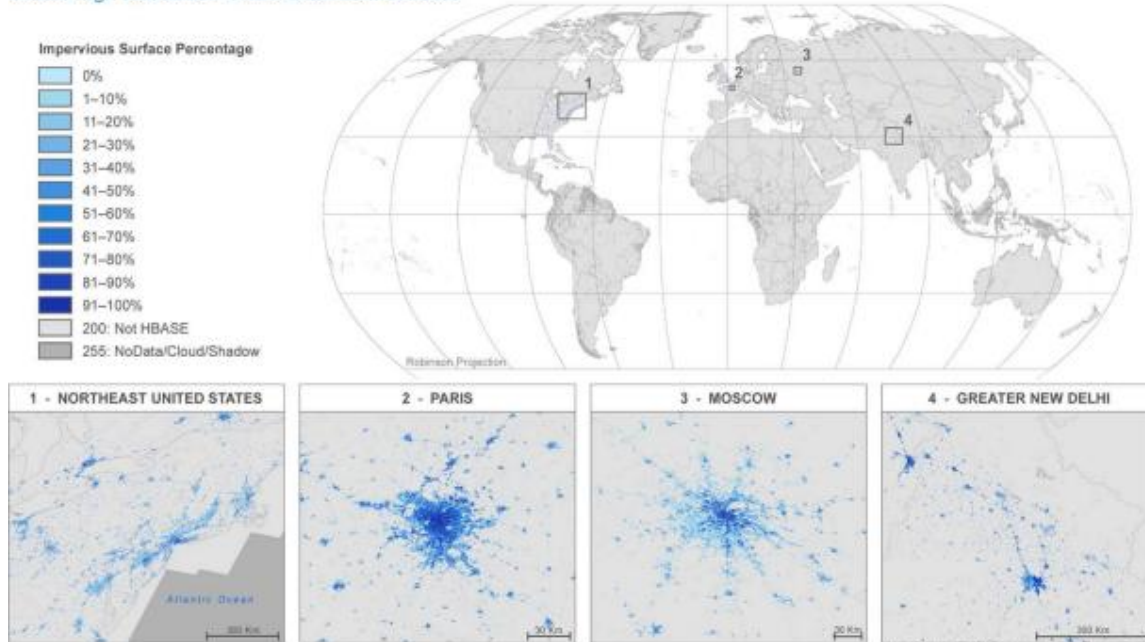
مدیریت منابع شهری بر بهره برداری بهینه از منابعی مانند انرژی، آب، زیرساخت ها و زمین در مناطق شهری تمرکز دارد. فناوری های سنجش از دور (RS) و سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان ابزارهایی ارزشمند، نقشی کلیدی در برنامه ریزی شهری، مدیریت زیرساخت ها و دستیابی به پایداری محیط زیستی ایفا می کنند (Kumar et al., ۲۰۲۱).

۱۱-۱- برنامه ریزی شهری و مدیریت کاربری اراضی

فناوری های سنجش از دور (RS) و سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در برنامه ریزی شهری نقش حیاتی دارند، زیرا اطلاعات دقیقی مکانی درباره کاربری اراضی، پوشش زمین و توزیع جمعیت فراهم می آورند. داده های سنجش از دور می توانند برای ایجاد نقشه های دقیق کاربری و پوشش زمین، شناسایی مناطق مناسب برای گسترش یا بازتوسعه شهری (شکل ۴) و ارزیابی تراکم جمعیت و الگوهای رشد آن مورد استفاده قرار گیرند. پلتفرم های GIS با ادغام داده های مختلف مکانی، فرآیندهای مدیریت کاربری اراضی، تنظیم مقررات منطقه بندی و برنامه ریزی زیرساخت ها را تسهیل می کنند (Parra, ۲۰۲۲).

Global Man-made Impervious Surface (GMIS) Dataset From Landsat, 2010: Impervious Surface Percentage

Global High Resolution Urban Data from Landsat



The Global Man-made Impervious Surface (GMIS) Dataset From Landsat, part of the Global High Resolution Urban Data from Landsat collection, consists of global estimates of fractional impervious cover derived from the Global Land Survey (GLS) Landsat dataset for the target year 2010. The GMIS dataset consists of two components: 1) global percent of impervious cover; and 2) per-pixel associated uncertainty for the global impervious cover. These layers are co-registered to the same spatial extent at a common 30m spatial resolution. The spatial extent covers the entire globe except Antarctica and some small islands. This dataset is one of the first global, 30m datasets of man-made impervious cover to be derived from the GLS data for 2010 and is a companion dataset to the Global Human Built-up And Settlement Extent (HBASE) dataset.

Center for International Earth Science Information Network
Data Source: Brown de Colstoun, E. C., G. Huang, P. Wang, J. C. Tilton, B. Tan, J. Phillips, S. Niemczura, P.-Y. Ling, and R. E. Wolfe. 2017. Global Man-made Impervious Surface (GMIS) Dataset From Landsat. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). <https://doi.org/10.7927/H4P55KKF>.
© 2017. The Trustees of Columbia University in the City of New York.

شکل ۴- روش مورد استفاده برای پردازش و نمایش مناطق نفوذناپذیر جهانی با بهره‌گیری از داده‌های Landsat را نشان می‌دهد (Lakra et al., ۲۰۲۴)

۱۲- نتیجه‌گیری

با افزایش روزافزون فشار بر منابع طبیعی به دلیل رشد جمعیت انسانی و گسترش فعالیت‌های اقتصادی، نیاز به ابزارهای کارآمد برای مدیریت این منابع محدود بیش از پیش احساس می‌شود. در این راستا، فناوری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان ابزارهایی پیشرفته و قابل اعتماد مطرح شده‌اند. این فناوری‌ها امکان جمع‌آوری، تحلیل و تفسیر داده‌های مکانی را با دقت بالا فراهم کرده و به شناسایی عوامل مؤثر بر استفاده از منابع طبیعی کمک می‌کنند. اطلاعات حاصل از این فناوری‌ها، پایه‌ای محکم برای تحلیل شرایط موجود و پیش‌بینی تغییرات آتی در اکوسیستم‌ها ارائه می‌دهد. استفاده از این داده‌ها به تصمیم‌گیران و مدیران منابع طبیعی این امکان را می‌دهد تا با درک بهتر روابط پیچیده میان عوامل محیطی و انسانی، سیاست‌ها و اقدامات مؤثرتری را برای مدیریت پایدار منابع تدوین کنند. از این رو، بهره‌گیری از فناوری‌های مذکور نه تنها می‌تواند به بهبود بهره‌وری منابع آب و منابع طبیعی کمک کند، بلکه تضمینی برای تأمین نیازهای نسل حاضر و حفظ این منابع ارزشمند برای نسل‌های آینده نیز خواهد بود. این رویکرد جامع به مدیریت منابع آب و منابع طبیعی، راه‌حلی کلیدی برای مقابله با چالش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی در دنیای امروز به شمار می‌رود.

۱۳- منابع

- 1- Ahmad, T., Gupta, S. K., Singh, S. K., Meraj, G., Kumar, P., & Kanga, S. (۲۰۲۳). Unveiling nature's resilience: exploring vegetation dynamics during the COVID-۱۹ era in Jharkhand, India, with the Google Earth Engine. *Climate*, 11(۹), ۱۸۷.
- 2- Al-Omari, A. A., Shatnawi, N. N., Shbeeb, N. I., Istrati, D., Lagaros, N. D., & Abdalla, K. M. (۲۰۲۴). Utilizing Remote Sensing and GIS Techniques for Flood Hazard Mapping and Risk Assessment. *Civil Engineering Journal*, 10(۵), ۱۴۲۳-۱۴۳۶.
- 3- Babaeian, E., Sadeghi, M., Jones, S. B., Montzka, C., Vereecken, H., & Tuller, M. (۲۰۱۹). Ground, proximal, and satellite remote sensing of soil moisture. *Reviews of Geophysics*, 57(۲), ۵۳۰-۶۱۶.
- 4- Baret, F., Houlès, V., & Guerif, M. (۲۰۰۷). Quantification of plant stress using remote sensing observations and crop models: the case of nitrogen management. *Journal of experimental botany*, 58(۴), ۸۶۹-۸۸۰.
- 5- Behmel, S., Damour, M., Ludwig, R., & Rodriguez, M. J. (۲۰۱۶). Water quality monitoring strategies—A review and future perspectives. *Science of the Total Environment*, 571, ۱۳۱۲-۱۳۲۹.
- 6- Boru, G. W., Birhan, T. S., & Beyene, T. L. (۲۰۲۴). Integrated effects of furrow irrigation systems and irrigation regimes on water productivity of onion (*Allium Cepa* L.) crop in a semi-arid area. *Heliyon*, 10(۲۱).
- 7- Bwambale, E., Naangmenyele, Z., Iradukunda, P., Agboka, K. M., Houessou-Dossou, E. A., Akansake, D. A., ... & Chikabvumbwa, S. R. (۲۰۲۲). Towards precision irrigation management: A review of GIS, remote sensing and emerging technologies. *Cogent Engineering*, 9(۱), ۲۱۰۰۵۷۳.
- 8- Chawla, I., Karthikeyan, L., & Mishra, A. K. (۲۰۲۰). A review of remote sensing applications for water security: Quantity, quality, and extremes. *Journal of Hydrology*, 585, ۱۲۴۸۲۶.
- 9- Chouhan, T. S. (۲۰۱۷). *Remote Sensing and GIS GPS Based Resource Management*. Scientific Publishers.
- 10- Ensenbach, S., Pechmann, A., & Frey, T. (۲۰۲۳, May). Implementing geophysical and geochemical data in multi-criteria analysis for prioritization of munition dump site clearance. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (pp. EGU-۱۴۲۷۱).
- 11- Gulati, B., Sharma, R., Kanga, S., Singh, S. K., Sajan, B., Meraj, G., & Ramanathan, A. L. (۲۰۲۳). Unraveling the relationship between stubble burning and air quality degradation in Punjab: A temporal and spatial analysis (۲۰۱۹-۲۰۲۲). *Journal of Climate Change*, 9(۲), ۴۳-۵۳.

- ۱۲- Joy, J., Kanga, S., Singh, S. K., & Sudhanshu, S. (۲۰۲۱). Cadastral level soil and water conservation priority zonation using geospatial technology. *International Journal of Agriculture System*, 9(۱), ۱۰-۲۶.
- ۱۳- Kasampalis, D. A., Alexandridis, T. K., Deva, C., Challinor, A., Moshou, D., & Zalidis, G. (۲۰۱۸). Contribution of remote sensing on crop models: a review. *Journal of Imaging*, 4(۴), ۵۲.
- ۱۴- Krishan, G., Kushwaha, S. P. S., & Velmurugan, A. (۲۰۰۹). Land degradation mapping in the upper catchment of river Tons. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37, ۱۱۹-۱۲۸.
- ۱۵- Kumar, A., Kanga, S., Taloor, A. K., Singh, S. K., & Durin, B. (۲۰۲۱). Surface runoff estimation of Sind river basin using integrated SCS-CN and GIS techniques. *HydroResearch*, 4, ۶۱-۷۴.
- ۱۶- Kumar, N., Yamaç, S. S., & Velmurugan, A. (۲۰۱۵). Applications of remote sensing and GIS in natural resource management. *Journal of the Andaman Science Association*, 20(۱), ۱-۶.
- ۱۷- Lahon, D., Sahariah, D., Debnath, J., Nath, N., Meraj, G., Farooq, M., ... & Chand, K. (۲۰۲۲). Growth of water hyacinth biomass and its impact on the floristic composition of aquatic plants in a wetland ecosystem of the Brahmaputra floodplain of Assam, India. *PeerJ*, 11, e۱۴۸۱۱.
- ۱۸- Lakra, D., Singh, S. K., Gupta, S. K., & Kanga, S. (۲۰۲۴). Enhancing integrated resource management through remote sensing and GIS. *Journal of Geography and Cartography*, 7(۱), ۴۲۶۵.
- ۱۹- Lechner, A. M., Foody, G. M., & Boyd, D. S. (۲۰۲۰). Applications in remote sensing to forest ecology and management. *One Earth*, 2(۵), ۴۰۵-۴۱۲.
- ۲۰- Lubczynski, M. W., Leblanc, M., & Batelaan, O. (۲۰۲۴). Remote sensing and hydrogeophysics give a new impetus to integrated hydrological models: A review. *Journal of Hydrology*, ۱۳۰۹۰۱.
- ۲۱- Masud, M. J., & Bastiaanssen, W. G. (۲۰۱۷). Remote sensing and GIS applications in water resources management. *Water resources management*, ۳۵۱-۳۷۳.
- ۲۲- Meraj, G., Singh, S. K., Kanga, S., & Islam, M. N. (۲۰۲۲). Modeling on comparison of ecosystem services concepts, tools, methods and their ecological-economic implications: A review. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8(۱), ۱۵-۳۴.
- ۲۳- Mohd Noor, N., Abdullah, A., & Hashim, M. (۲۰۱۸, July). Remote sensing UAV/drones and its applications for urban areas: A review. In *IOP conference series: Earth and environmental science* (Vol. ۱۶۹, p. ۰۱۲۰۰۳). IOP Publishing.
- ۲۴- Nieć, M., Uberman, R., Saługa, P. W., & Galos, K. (۲۰۱۵). The basic problems of mineral resources valuation methodologies within the framework of System of Integrated Environmental and Economic Accounts. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi-Mineral Resources Management*.
- ۲۵- Parra, L. (۲۰۲۲). Remote sensing and GIS in environmental monitoring. *Applied Sciences*, 12(۱۶), ۸۰۴۵.
- ۲۶- Sharma, K., Rajan, S., & Nayak, S. K. (۲۰۲۴). Water pollution: Primary sources and associated human health hazards with special emphasis on rural areas. In *Water Resources Management for Rural Development* (pp. ۳-۱۴). Elsevier.
- ۲۷- Singh, S. K. (۲۰۱۷). Evaluation of flood and waterlogging dynamics in indo-gangetic plain using geospatial technique: a review. *Open Access International Journal of Science and Engineering*, 2(۳), ۱-۷.
- ۲۸- Sishodia, R. P., Ray, R. L., & Singh, S. K. (۲۰۲۰). Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote sensing*, 12(۱۹), ۳۱۳۶.
- ۲۹- Teodoro, A. C., & Duarte, L. (۲۰۲۲). The role of satellite remote sensing in natural disaster management. In *Nanotechnology-based smart remote sensing networks for disaster prevention* (pp. ۱۸۹-۲۱۶). Elsevier.
- ۳۰- Tomar, J. S., Kranjčić, N., Durin, B., Kanga, S., & Singh, S. K. (۲۰۲۱). Forest fire hazards vulnerability and risk assessment in Sirmaur district forest of Himachal Pradesh (India): A geospatial approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(۷), ۴۴۷.
- ۳۱- Velmurugan, A., & Carlos, G. G. (۲۰۰۹). Soil resource assessment and mapping using remote sensing and GIS. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37, ۵۱۱-۵۲۵.
- ۳۲- Volpe, V., Silvestri, S., & Marani, M. (۲۰۱۱). Remote sensing retrieval of suspended sediment concentration in shallow waters. *Remote sensing of Environment*, 115(۱), ۴۴-۵۴.
- ۳۳- Wei, X., Chang, N. B., Bai, K., & Gao, W. (۲۰۲۰). Satellite remote sensing of aerosol optical depth: Advances, challenges, and perspectives. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(۱۶), ۱۶۴۰-۱۷۲۵.
- ۳۴- Zhang, Y., Ji, W., Saurette, D. D., Easher, T. H., Li, H., Shi, Z., ... & Biswas, A. (۲۰۲۰). Three-dimensional digital soil mapping of multiple soil properties at a field-scale using regression kriging. *Geoderma*, 366, ۱۱۴۲۵۳.

The Role of Remote Sensing and Geographic Information Systems in Water and Natural Resource Management for Sustainable Utilization

Iman Hajirad^{۱*}

۱- Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

ABSTRACT

Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) are powerful tools that provide numerous opportunities for monitoring and managing water and natural resources across various temporal, spectral, and spatial scales. These technologies enable managers to obtain accurate and up-to-date information about the status of resources over large areas and at different times. Such information is essential for making effective decisions aimed at the conservation and sustainable utilization of these resources. Given the continuous advancements in this field and the increasing diversity of imaging sources and analytical techniques, it is crucial for water and natural resource managers to thoroughly understand the specialized capabilities of these tools and utilize them effectively. This expertise allows managers to efficiently use RS and GIS data for managing diverse resources such as agriculture, water resources, forests, soils, disaster management, and urban resource management. This paper explores the various applications of Remote Sensing and GIS in different domains of water and natural resource management. Specifically, it explains how these technologies are utilized in agriculture to optimize resource consumption, in water resource management to monitor water quality and quantity, in forest conservation to evaluate ecosystem health, and in predicting and managing natural disasters such as floods and earthquakes. The insights derived from RS and GIS can assist natural resource managers in making more informed decisions and collaborating effectively with scientists and Remote Sensing experts to employ advanced techniques for achieving monitoring and management objectives. Such collaborations can lead to the development of solutions for continuous and sustainable monitoring of natural resources, ultimately preventing their degradation in the long term.

Keywords: Remote sensing, GIS, natural resources, water resources.

^{۱*} Corresponding author