

## کاربرد فناوری فضایی در مدیریت منابع آب



### مقدمه

در نتیجه تغییر اقلیم و مدیریت نادرست منابع آبی، فشار بر این منابع به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش است؛ مدیریت ناصحیح منابع آبی پیامدهای مخرب اقتصادی و اجتماعی فراوانی به‌همراه دارد که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- آثار مخرب بر سلامت و روان جامعه،
- کاهش تولیدات کشاورزی و تهدید امنیت غذایی،
- کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و فرونشست و مشکلات ناشی از آن،
- تأثیر بر اکوسیستم‌های گیاهی و جانوری و تنوع زیستی.

هر کدام از موارد فوق سبب اعمال هزینه‌های ناخواسته اقتصادی-اجتماعی بر جوامع می‌شود.

کشور ایران به‌دلیل قرارگیری در کمربند خشک و نیمه‌خشک، ویژگی‌های خاص جغرافیایی، توزیع نابرابر منابع آبی، عدم تناسب سنجی کشت محصولات کشاورزی در نقاط مختلف کشور و غیره با مشکلات عدیده‌ای در بحث آب روبه‌رو است؛ به‌طوری که در سال‌های اخیر پهنه‌های آبی (دریاچه ارومیه، دریاچه بختگان، دریاچه زریوار، تالاب هامون و ...) و سفره‌های زیرزمینی کشور با کاهش شدید سطح مواجه شده‌اند از طرفی با کاهش سطح این منابع و خشکسالی در معرض قرار گرفتن در مخاطرات اشاره شده در بالا قرار گرفته است؛ بنابراین مدیریت صحیح منابع آب و استفاده از فناوری نوین در راستای بهبود این مدیریت از نیازهای اساسی کشور است.

امروزه فناوری‌های نوین از جمله فناوری فضایی با در اختیار گذاشتن داده‌های قابل اطمینان و به‌روز امکان مدیریت بهتر این منابع را فراهم آورده است. تکنولوژی سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با فراهم آوردن تصاویر با سطح پوشش وسیع، تکرارپذیری بالا و در اختیار گذاشتن داده‌های متنوع، انقلاب مهمی در دستیابی به اطلاعات به‌روز، پردازش، آنالیز و کمک به تصمیم‌گیری‌های مدیریتی فراهم آورده است که در مقایسه با سایر روش‌های جمع‌آوری داده بسیار مقرون به‌صرفه و سریع است.

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان به‌صورت منظم (روزانه، هفتگی، ماهیانه و ...) و در مقیاس‌های مختلف مکانی ویژگی‌های کمی و کیفی آب، پویایی فرآیندهای هیدرولوژیکی، تبخیر و تعرق، شوری، دمای سطح آب و زمین، پایش سطح برف و یخچال‌ها، رطوبت خاک و ... را پایش نمود و با توجه به تکرارپذیری تصاویر، امکان بررسی بلندمدت تغییرات فراهم شده است و این اطلاعات کمک شایانی به مدیریت صحیح منابع می‌نماید. در ادامه به چند نمونه از کاربردهای سنجش از دور در مدیریت منابع آب اشاره می‌شود.

### کاربردهای سنجش از دور در مدیریت منابع آب

#### پایش مساحت آب‌های سطحی

آب‌های سطحی بخش مهمی از چرخه هیدرولوژیکی را تشکیل می‌دهند و زندگی موجودات، توسعه اقتصادی در بخش صنعت و کشاورزی به آن وابسته است؛ بنابراین پایش مداوم سطح و تغییرات آن برای مدیریت این منابع ضروری است؛ استفاده از روش‌های سنتی برای این منظور بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر بوده، بنابراین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سبب کاهش وقت و هزینه شده و با فراهم آوردن تصاویر متعدد از منطقه اطلاعات با ارزشی را در اختیار مدیران قرار می‌دهد. بدین منظور سامانه‌های پایش سطح آب منابع مختلف از جمله دریاچه، سد و غیره در سطح دنیا ایجاد شده است.

دفتر مطالعات  
زیربنایی

سایر دفاتر:  
مطالعات انرژی،  
صنعت و معدن

گروه آب

گزارش دهم  
دی‌ماه ۱۴۰۰

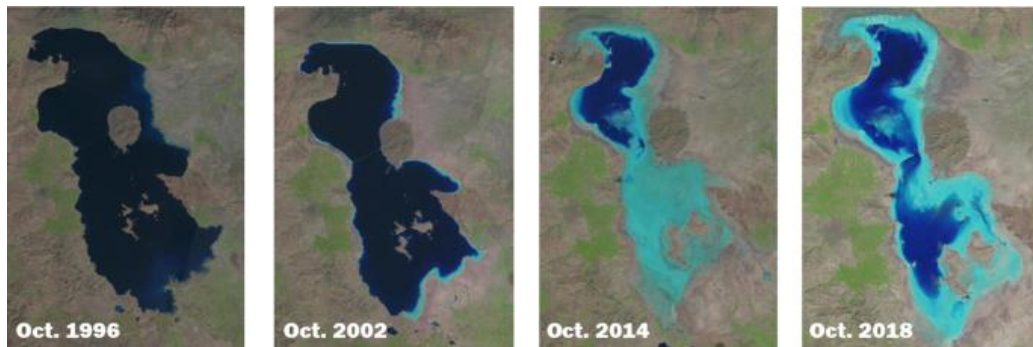
مشخصات گزارش

شماره مسلسل:  
۲۵۰۱۸۰۶۱

تاریخ انتشار:  
۱۴۰۰/۱۱/۱۸



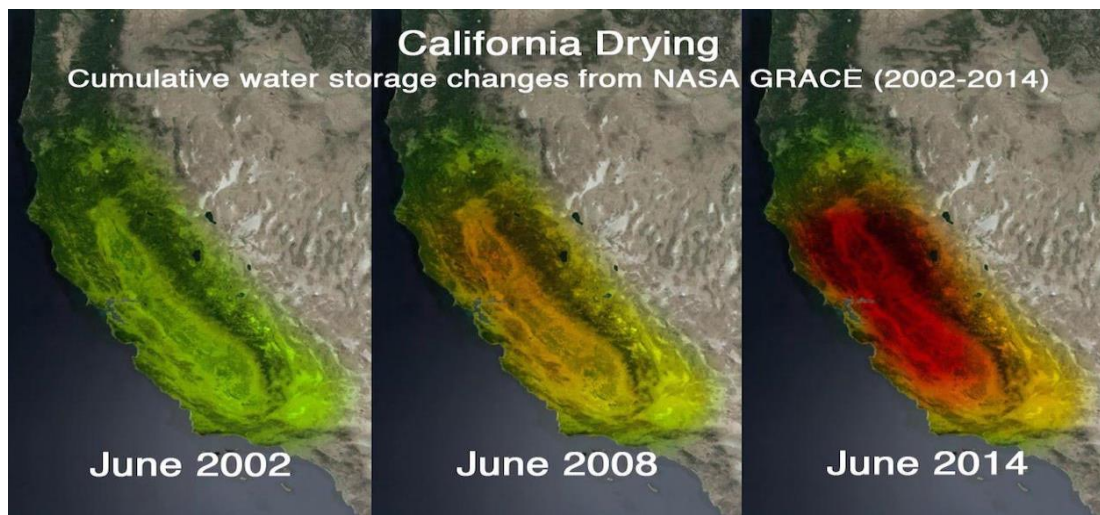
شکل ۱. پایش تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه در بازه زمانی ۲۲ ساله (Schmidt et al., 2021)



### بررسی تغییرات آب‌های زیرزمینی

محدودیت منابع آب‌های سطحی کشور و مدیریت نادرست این منابع سبب بهره‌برداری بیش از اندازه از آب‌های زیرزمینی شده و خسارات جبران‌ناپذیری در سال‌های اخیر به این منابع محدود وارده شده است که جلوگیری از این روند نیازمند برنامه‌ریزی و اقدام فوری است؛ زیرا بی‌توجهی به این بخش سبب اعمال فشار به بخش تولید، امنیت غذایی، افزایش مهاجرت، فرونشست و تهدیدات مالی و جانی ناشی از آن خواهد شد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای GRACE امکان بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در بازه زمانی ۱۵ ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۵) فراهم شده است. بنابراین با بررسی تغییرات ذخیره آب‌های زیرزمینی در نقاط مختلف کشور اولویت‌بندی اقدام‌های سریع مدیریتی باید در دستور کار قرار گیرد. شکل ۲ بررسی تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی در مرکز کالیفرنیا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در فاصله زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ را نشان می‌دهد، مناطق با رنگ سبز کمترین تغییر و رنگ قرمز بیشترین کاهش سطح آب در منطقه را نشان می‌دهد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات هواشناسی و جریان سطحی آب می‌توان به نتایج ارزشمندی در مورد سطح این منابع رسید که در شکل زیر نمونه‌ای از آن مشاهده می‌شود.

شکل ۲. پایش تغییرات آب‌های زیرزمینی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (University of California)



## بررسی کیفیت منابع آبی

همان‌طور که اشاره شد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای علاوه بر کمیت، می‌توان کیفیت منابع آبی را نیز بررسی نمود. با توجه به اهمیت بالای کیفیت منابع آبی در زندگی بشر، پایش مستمر کیفیت این منابع ضرورت دارد. با به‌کارگیری فناوری فضایی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اطلاعات زمانی- مکانی مورد نیاز برای نظارت مستمر بر تغییرات کیفیت منابع آبی فراهم می‌شود.

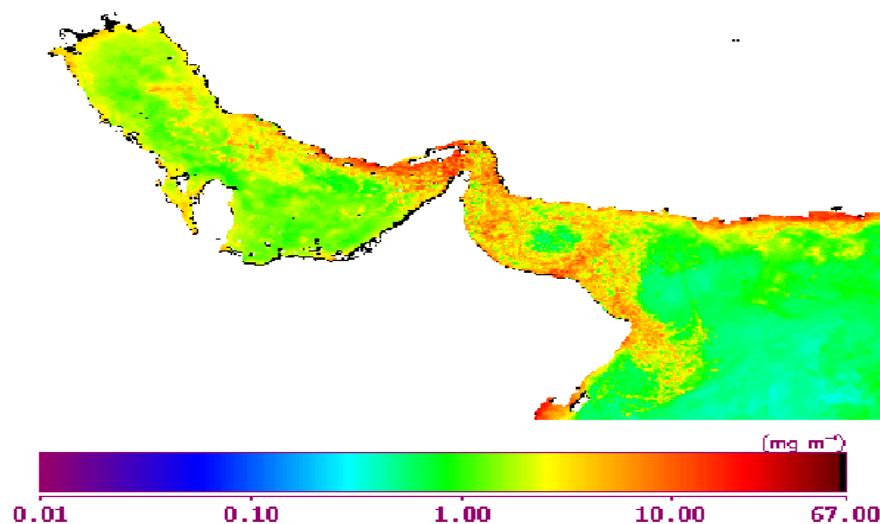
پایش مستمر پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب از جمله شفافیت، کلروفیل، رسوبات معلق، دما، ماده آلی محلول رنگی و غیره در سطح وسیع بسیار هزینه‌بردار است و داده‌های به‌دست آمده در روش‌های سنتی به‌صورت گسسته و نقطه‌ای جمع‌آوری می‌شده است. اما با به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای پایش روزانه این پارامترها با هزینه کم و در مقیاس‌های مختلف مکانی فراهم شده است.

## پایش کلروفیل a (Chl a)

کشند سرخ یا شکوفایی جلبکی، پدیده‌ای است که بر اثر ازدیاد سریع جمعیت انواعی از جلبک‌های مضر میکروسکوپی (گونه‌ای از فیتوپلانکتون‌ها) ایجاد شده و سبب تأثیر بر سیستم تنفسی ماهیان و درنهایت مرگ آنها می‌شود. کشند سرخ به‌صورت غیرمستقیم با کاهش اکسیژن محلول در آب نیز حیات آبزیان را به مخاطره می‌اندازد و همچنین بر تأسیسات موجود در آب اثر می‌گذارد. علاوه بر این بر سلامت انسان نیز تأثیرات مخربی گذاشته که از جمله می‌توان به مشکلات گوارشی، تأثیر بر اعصاب و غیره اشاره کرد. در واقع می‌توان گفت که کشند سرخ علاوه بر زیان‌های اقتصادی و زیست‌محیطی بر سلامت انسان نیز تأثیرگذار است. بنابراین پایش مستمر کشند سرخ همواره یکی از دغدغه‌های مدیران و تصمیم‌گیران این بخش بوده است.

پایش مستمر کشند سرخ به روش‌های سنتی بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بردار است. بنابراین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و به‌کارگیری علم سنجش از دور با کمترین هزینه نظارت منظم بر کشندهای سرخ امکانپذیر شده است. شاخص‌های متنوعی برای شناسایی کشند سرخ توسعه یافته‌اند که شاخص کلروفیل a یا Chl a یکی از مهم‌ترین این شاخص‌هاست که با استفاده از آن غلظت کلروفیل a در آب را محاسبه نموده و خطر ایجاد کشند سرخ را مشخص می‌کنند (شکل ۳).

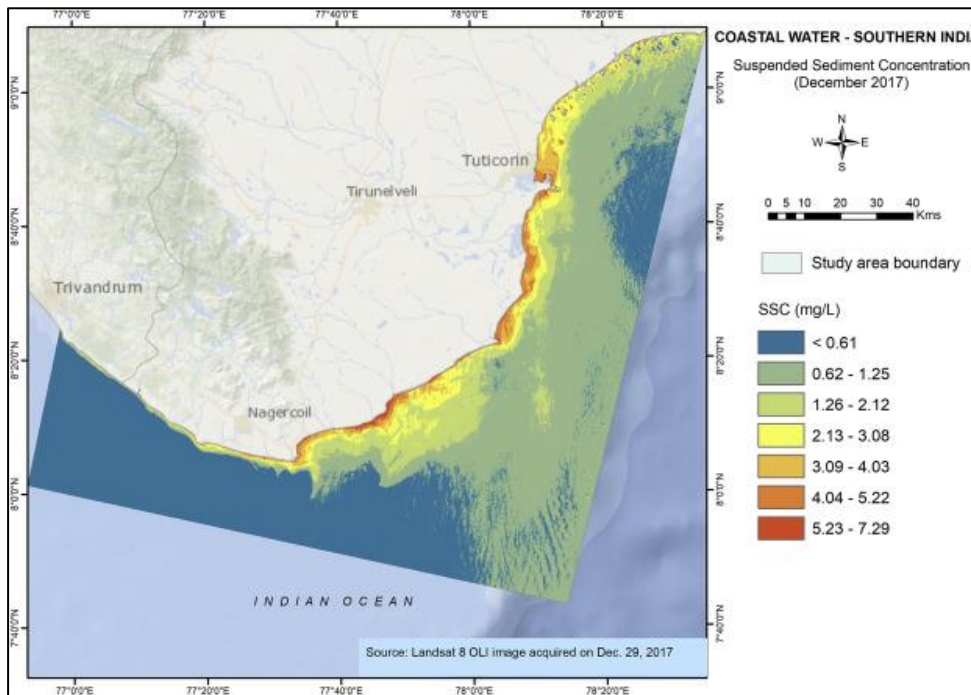
شکل ۳. پایش کشند سرخ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (Hamzehei et al., 2013)



## پایش غلظت رسوبات معلق در آب

میزان غلظت رسوبات معلق از پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب است به علاوه میزان بالای غلظت این رسوبات بر عملکرد سازه‌ها و تجهیزات هیدرولیکی تأثیرگذار است. بنابراین باید به صورت مستمر پایش گردد؛ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای غلظت رسوبات معلق به صورت کمی برآورد شده و با سرعت بالا، هزینه کم و امکان تکرارپذیری دوره‌ای اطلاعات با ارزشی در اختیار مدیران قرار می‌دهد.

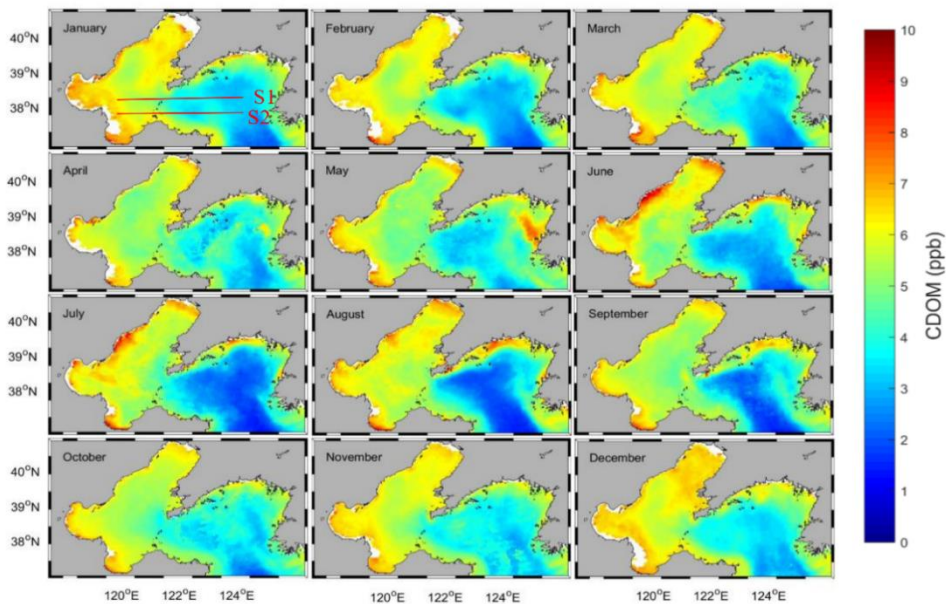
شکل ۴. پایش غلظت رسوبات معلق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (Seenipandi et al., 2021)



## پایش ماده آلی محلول رنگی (CDOM)

اندازه‌گیری ماده آلی محلول رنگی (CDOM) یکی از شاخص‌های مهم در بررسی کیفیت آب است؛ مقادیر بالای این پارامتر نور موجود در لایه‌های آب را کاهش داده و بر حیات آبزیان تأثیرگذار است. بنابراین پایش مستمر آنها در مدیریت چرخه آبزیان ضروری است و با تغییر در مقادیر می‌توان اقدام‌های لازم در این زمینه را انجام داد؛ تصاویر ماهواره‌ای در سطوح وسیع با امکان تکرارپذیری و بررسی سری زمانی امکان پایش ماده آلی محلول رنگی را ممکن ساخته است. شکل ۵ مقادیر اندازه‌گیری ماده آلی محلول رنگی (CDOM) در کشور چین را نشان می‌دهد.

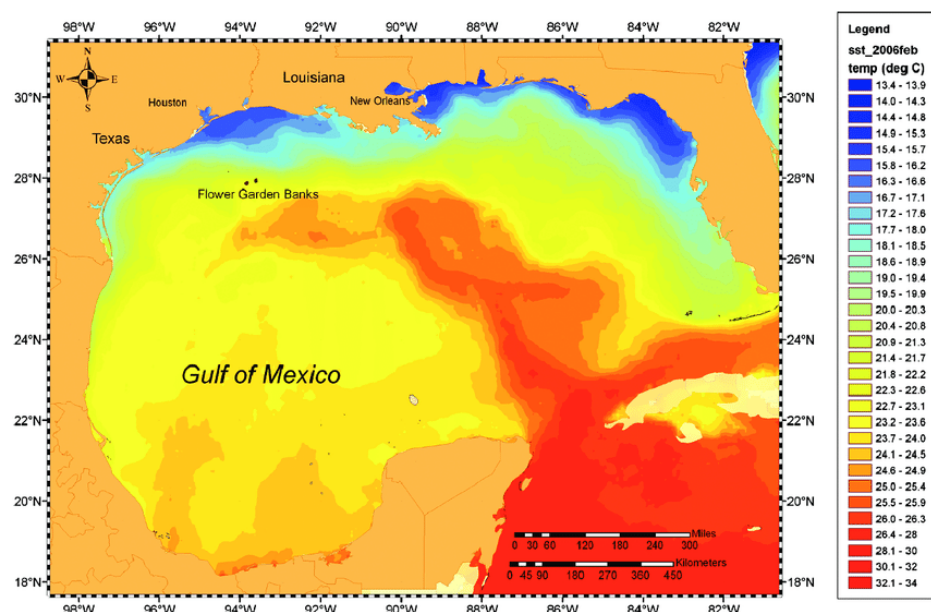
شکل ۵. پایش ماده آلی محلول رنگی (CDOM) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (Xiao et al., 2018)



### محاسبه و پایش دمای سطح آب

بررسی و محاسبه دمای سطح آب نقش مهمی در جریانات جوی و دریایی، حیات آبریزان، میزان مواد موجود در آب و غیره دارد. بنابراین این پارامتر بر اکوسیستم دریایی و زندگی انسان‌ها تأثیر مستقیم دارد و باید به‌طور منظم بررسی شود. مطالعه روند بلندمدت دمای سطح آب، آگاهی از روند تغییر اقلیم را ممکن می‌سازد به‌علاوه در پیش‌بینی‌های هواشناسی بسیار کاربردی است. اندازه‌گیری دمای سطح آب با روش‌های سنتی بسیار هزینه‌بردار و در مواردی غیرممکن است. فناوری فضایی و تصاویر ماهواره‌ای این محدودیت‌ها را از بین برده و به‌صورت روزانه امکان بررسی دمای سطح آب در هر نقطه امکانپذیر کرده است.

شکل ۶. محاسبه و پایش دمای سطح آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (Schmahl et al., 2008)



کاربردهای سنجش از دور در مدیریت آب بسیار متنوع بوده که در بالا به گوشه‌ای از آنها اشاره شده است، از سایر کاربردها می‌توان به موارد زیر به صورت خلاصه اشاره کرد:

در کشور ایران بیشترین آب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود و با توجه به استفاده از سیستم‌های سنتی آبیاری راندمان آن نسبت به کشورهای اروپایی بسیار پایین است. بنابراین با در نظر گرفتن تنش‌های آبی موجود در کشور، توجه به این بخش ضرورت دارد. با استفاده از سنجش از دور (کشاورزی دقیق و غیره) نیاز آبی در بخش‌های مختلف زمین سنجیده می‌شود و با توجه به نیاز هر قسمت آبیاری آن بخش صورت می‌گیرد؛ این در حالی است که در کشاورزی سنتی اقدام‌های مدیریتی یکسانی برای کل زمین به‌عنوان یک واحد یکنواخت اتخاذ می‌شود و موجب هدررفت آب خواهد شد. همچنین با استفاده از سنجش از دور می‌توان به بررسی تناسب اراضی برای کشت محصولات مختلف با در نظر گرفتن ویژگی‌های فیزیوگرافی، میانگین رطوبت خاک، بارش، تبخیر و تعرق و غیره پرداخت و با این کار علاوه بر کمک به افزایش تولید از هدررفت آب نیز جلوگیری نمود.

علاوه بر موارد فوق، سنجش از دور در مدیریت سیل و مشخص نمودن مناطق با ریسک بالای وقوع سیل کاربرد دارد؛ همچنین با استفاده از سنجش از دور می‌توان به بررسی مسیرهای انتقال آب، ویژگی‌های فیزیوگرافی منطقه و غیره پرداخت و از این طریق به مکانیابی احداث سیل‌بند و کنترل سیل و ذخیره آب حاصل از آن پرداخت.

### نتیجه‌گیری

فناوری فضایی و سنجش از دور در حوزه‌های مختلف از جمله مدیریت شهری، مدیریت منابع آب، پایش مخاطرات، اکتشاف معادن، هواشناسی، مدیریت کشاورزی، منابع طبیعی و غیره کاربرد دارد و با ویژگی‌هایی همانند تکرارپذیری بالا و پوشش وسیع، امکان پایش مستمر پدیده‌های مختلف را با کمترین هزینه فراهم آورده است.

در این گزارش به بخشی از توانمندی‌های فناوری سنجش از دور در مدیریت منابع آب اشاره شد. امکان بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی منابع آب، پویایی فرایندهای هیدرولوژیکی، تبخیر و تعرق، شوری، دمای سطح آب و زمین، پایش برف و یخچال‌ها، رطوبت خاک و غیره از کمک‌هایی است که فناوری فضایی به مدیریت بهینه منابع آب می‌کند.

با توجه به توانمندی‌های سنجش از دور، در سطح دنیا به صورت عملیاتی از این فناوری در حوزه‌های مختلف بهره‌برداری می‌شود، اما در سطح کشور ایران با وجود متخصصان توانمند در این حوزه و همچنین زیرساخت‌های موجود (آنتن دریافت تصاویر ماهواره‌ای و غیره) این بخش مغفول مانده و نیاز به توجه بیشتری دارد؛ بنابراین می‌توان از ظرفیت نهادهای متولی در راستای کاربردی نمودن این خدمات و توانمندسازی شرکت‌های دانش‌بنیان استفاده نمود و به مدیریت بخش‌های مختلف از جمله مدیریت منابع آب با استفاده از این فناوری پرداخت. در همین راستا سازمان فضایی ایران و پژوهشگاه فضایی با توجه به رسالت خود توسعه کاربردهای فضایی در بخش‌های مختلف کشور از جمله توسعه راهکارهای کشاورزی دقیق (کاهش مصرف آب و افزایش راندمان کشاورزی)، مدیریت بحران (سامانه پایش سیل و خشکسالی)، پایش بدنه‌های آبی کشور، پایش سطح اراضی کشاورزی، سیستم پشتیبان تصمیم (مانند خرید تضمینی گندم)، برآورد فرونشست و ... را در دستور کار قرار داده است و خدمات ارزشمندی نیز در این زمینه‌ها ارائه نموده است.

با عنایت به لزوم به‌کارگیری خدمات سنجش از دور در مقیاس ملی و فراسازمانی، ضرورت وجود ردیف بودجه اختصاصی در زمینه خدمات سنجش از دور به سازمان‌های متولی این امر نظیر سازمان فضایی ایران و پژوهشگاه فضایی ایران به چشم می‌خورد. این بودجه می‌تواند برای ارائه خدمات سنجش از دور در سطح ملی و با هدف شناساندن و افزایش بهره‌وری، در قالب تهیه اطلاعات و نقشه‌های مورد استفاده نهادها و وزارتخانه‌ها به صورت یکپارچه و استاندارد و همچنین توسعه سامانه‌های پایش کشور صرف شود؛ تا با ارائه اطلاعات دقیق و کاربردی به مدیریت بهینه منابع آب در کشور کمک نمود. علاوه بر آن، نظر به اجرای سیاست‌های اصل چهل و چهارم قانون اساسی و با توجه به ظرفیت قابل توجه شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در بخش صنایع ماهواره‌های سنجش از دور کشور مقتضی است دولت حمایت ویژه‌ای در تأمین بخشی از نیاز این حوزه با استفاده از توان تولید داخل اتخاذ کند.