بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده منابع طبیعی

پراکنش و فراوانی کلروفیل a با استفاده از تکنیک RS در سواحل جنوبی دریای خزر

پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات

احسان اولادی

اساتید راهنما :

دکتر امیدوار فرهادیان

دکتر حسن نصرالله زاده ساروی

۱۳۹۱

چکیده

دریای خزر به عنوان بزرگترین دریاچه جهان همواره اهمیت زیادی دارد. ورود مواد مغذی فراوان سبب افزایش بار آلی دریاچه شده است که این پدیده باعث افزایش فیتوپلانکتون‌ها در این دریا می گردد. بنابراین پراکنش و غلظت کلروفیل a که به عنوان شاخص زی‌توده فیتوپلانکتونی از اهمیت بسیار اساسی در مطالعات بیولوژیکی و کیفیت آب‌ها برخوردار است. مطالعه حاضر بر پراکنش و میزان کلروفیل a منطقه جنوبی دریاچه خزر تأکید دارد که تراکم فیتوپلانکتون‌ها، میزان کلروفیل a و شفافیت با استفاده از اندازه‌گیری‌های زمینی و تکنیک سنجش از دور (RS). نمونه‌برداری در مناطق مختلف منطقه جنوبی دریای خزر و در فصول مختلف (بهار، تابستان و پاییز) انجام شد. اندازه‌گیری‌ها و نتایج حاصله از داده های زمینی فصل بهار نشان داد، کمترین میزان کلروفیل a و تراکم فیتوپلانکتون‌ها در قسمت شرقی و بیشترین آن در سمت غرب خزر جنوبی می‌باشد. همچنین اطلاعات به دست آمده بیانگر آن بود که بیشترین میزان کلروفیل a منطقه امیرآباد در فصل پاییز و کمترین آن در تابستان بوده است. پردازش تصاویر دریافتی از ماهواره‌های MODIS و IRS نیز نشان داد که در منطقه جنوبی دریای خزر هرچه از شرق به سمت غرب نزدیک می شویم میزان کلروفیل a و کدورت افزایش یافته و از میزان شفافیت آب کاسته می‌شود که بیانگر افزایش بار آلی این منطقه می‌باشد. همچنین این تصاویر نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a و پراکنش فیتوپلانکتون‌های دریای خزر، منطقه امیرآباد در فصل پاییز می‌باشد که با اطلاعات به دست آمده از داده‌های زمینی مطابقت داشت. این تحقیق نشان داد که در ماهواره‌ی MODIS، باند ۲ قدرت تفکیک پذیری و دقت اندازه‌گیری بالاتری را در پراکنش فیتوپلانکتون‌ها و کلروفیل a نسبت به باند ۱ دارا می باشد. در اطلاعات مستخرج از ماهواره‌ی IRS نیز مشاهده گردیدکه سنجنده-ی LISS III عملکرد بهتری در مقایسه با سنجنده‌ی PAN دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می توان تغییرات اکولوژیکی، بیولوژیکی و افزایش و پراکنش میزان کلروفیل a به لحاظ افزایش ورود بار آلی زیاد به دریاچه خزر را می‌توان مشخص نمود.

کلمات کلیدی: کلروفیل a ، شفافیت، ماهواره، سنجش از دور، دریای خزر، ایران

فصل اول

مقدمه

۱-۱-کلیات

دریای خزر به عنوان بزرگترین دریاچه جهان دارای حدود ۷۰۰۰ کیلومتر خط ساحلی است که ۸۱۳ کیلومتر طول آن در کشور ایران قرار دارد[۳۰]. دریاچه خزر که به علت پهناوری و وسعت، دریا نامیده می شود. دریای خزر با محیط زیست طبیعی یگانه دارای اهمیت بسیار برای جهان و به خصوص کشورهای اطراف آن است. وجود منابع بزرگ نفتی در داخل، یا نزدیک به دریای خزر موجب رشد صنعت نفت در منطقه خزر و تبدیل این صنعت به منبع اصلی اقتصادی برای کشور های اطراف شده است. ماهیگیری و تولید خاویار دومین صنعت مهم دریای خزر است و در سال‌های اخیر استحصال جهانی خاویار از این دریا حدود ۸۵٪ است و ماهیان خاویاری این دریا به منزله فسیل زنده از اهمیت بالای بیولوژیکی، ژنتیکی و تجاری برخوردار هستند[۶۶،۵۰،۱۰۳].

محیط زیست دریای خزر در اثر بهره برداری عظیم انسانی و تخلیه مقادیر زیادی از فاضلاب های شهری، صنعتی و کشاورزی تحت فشار بسیار زیاد است. مواد مغذی مانند فسفر و نیترات و سایر مواد زاید انسانی از طریق رودخانه‌ها، و یا ورود مستقیم به دریای خزر ریخته و محیط زیست دریایی و اکوسیستم دریای خزر را تهدید می‌کنند. وقوع غلظت‌های بالای فیتوپلانکتون[1] در محیط آبی در عکس العمل به ورود مواد مغذی گیاهان در اثر فعالیت‌های انسانی همراه با آثار مضر متعدد محیط زیستی است. بنابراین توزیع و غلظت کلروفیل a به عنوان شاخص زی‌توده فیتو-پلانکتون از اهمیت بسیار اساسی در مطالعات کیفیت آب و خصوصیات اکولوژیکی محیط‌های آبی برخوردار است. کلروفیل a مهم ترین رنگدانه فتوسنتزی است و در تمام فیتوپلانکتون‌ها وجود دارد، بنابراین می تواند به عنوان شاخص زی‌توده فیتوپلانکتون استفاده شود[۱۰۳،۷۰].

---

[1] Phytoplankton

فیتوپلانکتون‌ها با چشم غیر مسلح قابل روئیت نیستند و در مجاورت نور خورشید با جذب گاز کربنیک و مواد مغذی از آب، عمل فتوسنتز را انجام می‌دهند. فیتوپلانکتون‌ها از مهم ترین عناصر هر اکوسیستم آبی بوده که بر رژیم هیدرو بیولوژیک منابع آبی تاثیر عمده ای دارند[۱۷]. این موجودات در پایین ترین قسمت هرم غذایی قرار دارند و تولید زئوپلانکتون، بنتوزها و دتریت ها همگی وا بسته به این موجودات می باشند. لذا، تولید طبیعی سایر ماهیان نیز چه در محیط پرورشی و چه در محیط طبیعی به این موجودات بستگی دارد. آنها برای رشد خود به نور، رطوبت، موادغذایی (نیتروژن وفسفر)، pH و درجه حرارت مطلوب بعلاوه عدم حضور مواد سمی نیاز دارند[۵۸]. مواد مورد نیاز فیتوپلانکتون‌ها، توسط محیط آبی پیرامون آنها تامین می‌شود. این مواد، از غشای نمیه تراوای سلولی عبور کرده و در دسترس سلول قرار می‌گیرند[۹۶]. ساختار جمعیت‌های فتوسنتزکننده در اکوسیستم‌های آبزی پویا بوده و دائما از نظر زی‌توده و ترکیب گونه‌ای دچار تغییر می‌شود[۱۰۰]. زی‌توده، پراکنش و ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون به طور مداوم با تغییر در دمای محیط، نور، دسترسی به مواد غذایی، فصل و حتی زمان روز تغییر می‌کند[۵۹]. در صورت فراهم بودن تمام موارد بالا، فیتوپلانکتون به رشد سریع خود ادامه خواهند داد. زمانی که یک یا بیشتر از یکی از اینها برای رشد در دسترس نباشد، حاصلخیزی جلبکی توسط آن شرایط محدود می‌شود[۸۷].

از طرف دیگر رشد بیش از حد فیتوپلانکتون ممکن است اثرات منفی روی کیفیت آب داشته باشد[۴۶،۷۵]. آنها مستقیما روی ویژگی‌های آب از قبیل رنگ، بو، طعم، اکسیژن محلول وکدورت آب اثر می‌گذارند[۴۰]. یکی از دلایل اصلی اندازه‌گیری زی‌توده فیتوپلانکتون در دریا، تخمین میزان تولیدات اولیه است[۶۳]. کلروفیل a که رنگدانه اصلی فرایند فتوسنتزی در فیتوپلانکتون‌های دریایی است که با اندازه‌گیری آن نه تنها می توان زی‌توده آنها را تخمین زد بلکه یک شاخص واقعی قابل روئیت برای حالت های تروفی[1] یک اکوسیستم آبی بشمار می‌رود. رنگدانه اصلی برای فرآیند فتوسنتز در فیتوپلانکتونها، کلروفیل a می باشد. در تحقیقات کاربردی آب، چندین روش جهت تخمین مقدار زیتوده جلبک وجود دارد که یکی از آنها اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a است، که از طریق اسپکتروسکوپی اندازه‌گیری می‌شود[۵۷،۵۲]. همچنین به وسیله کلروفیل a می توان حالتهای تروفیک یک اکوسیستم آبی را تخمین زد[۹۸،۴۹].

سنجش از دور[2] (RS) علم وکسب اطلاعات بدون تماس نزدیک با آنهاست. امروزه سنجش از دور به عنوان یک ابزار بسیار قوی مطرح بوده که جایگاه خاصی در پایش منابع طبیعی بخصوص پایش منابع آب دارا می باشد. با توجه به اینکه وسعت بسیار زیادی از سطح زمین پوشیده از آب است جهت مطالعات منابع آب، اقدامات میدانی کاری پردردسر و پرهزینه بوده جایگاه خود را به پردازش تصاویر ماهواره ای داده است. 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 در آب، تلاطم آب و تغییرات حرارتی در طول روز بر میزان بازتاب انرژی از آب موثر است. کاربرد سنجش از دور در پایش منابع آب را می توان 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 اشاره کرد. و در مورد ارزیابی‌های کیفی به بررسی و اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی مانند شوری آب، مواد معلق و رسوب، رنگ آب، فیتوپلانکتون و جلبک‌ها، کلروفیل a و غیره اشاره نمود[۱۶]. با توجه به طولانی بودن سواحل جنوبی دریای خزر تخمین تولید فیتوپلانکتون‌ها به روش سنتی و یا

[1] Trophy
[2] Remote Sensing

اقدامات میدانی امری وقت گیر، پردردسر، پرهزینه و گاهی اوقات بعلت عدم دسترسی به تمام نقاط این دریاچه، امکان پذیر نمی‌باشد. انسان به مرور زمان پی به محدودیت خود در جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات زمینی برده و همواره به دنبال روش‌های پیشرفته تر برای جمع آوری اطلاعات و شناخت بهتر منابع بوده است. لذا، امروزه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (RS) به عنوان یک ابزار بسیار قوی جایگاه خاصی در پایش منابع آبی و به تبع آن اندازه‌گیری پراکنش فیتوپلانکتون‌ها دارا می باشد که می تواند پاسخگوی محدودیت های فوق الذکر باشد. این تصاویر با پوشش سطح وسیعی از منابع آبی، تکراری بودن داده‌ها در طول سال، کم هزینه بودن و بررسی مناطقی که امکان اندازه گیری مستقیم نباشد می تواند با سرعت بالایی حجم زیادی از اطلاعات منابع آبی را توسط نرم افزارهایی که قادر به تفسیر این تصاویر می باشند تجزیه تحلیل نموده و اطلاعات مورد نیاز را در اختیار کاربران قرار دهد. اقداماتی نظیر بررسی مطالعات شوری آب، مواد معلق و رسوب، رنگ آب، وجود فیتوپلانکتون‌ها و جلبکها و میزان کلروفیل a از جمله اقداماتی هستند که می‌توانند به کمک تصاویر ماهواره‌ای مورد تجزیه تحلیل قرار گیرند[۷۴،۸۶].

۱-۲- اهداف

مطالعه پراکنش و میزان کلروفیل a با استفاده از تکنیک های RS در دریای خزر، در این تحقیق برای پوشش دادن به اهداف زیر انجام شد:

۱- تعیین و شناسایی پراکنش و محل تمرکز کلروفیل a با استفاده از تکنیک RS

۲- تعیین قابلیت و دقت داده‌های ماهواره‌ای و تعیین باندهای مناسب جهت شناسایی غلظت، پراکنش و محل تمرکز کلروفیل a

۳- مقایسه داده‌های میدانی با داده‌های اخذ شده از ماهواره برای تعیین تراکم و پراکنش کلروفیل a

فصل دوم
بررسی منابع

۲-۱-دریای خزر

دریای خزر، آبگیر بسته‌ای در نیمکره شمالی کره زمین در امتداد شمالی- جنوبی و حول مدار نصف النهار شرقی ۵۰ درجه، که بالاترین نقطه آن در عرض جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و پایین ترین نقطه آن در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی می‌باشد. کشورهای همسایه این دریا به ترتیب از جنوب به شرق عبارتند از: ایران در جنوب، ترکمنستان و قزاقستان در شرق و شمال شرقی، روسیه در شمال غرب و غرب و آذربایجان در غرب می‌باشند. به دلیل این که بزرگترین دریاچه جهان است در اصطلاح آن را دریا می‌نامند. از منابع مهم این دریا؛ ذخایر نفت و گاز موجود در زیر بستر دریا و همچنین انواع ماهیان خاویاری را می‌توان نام برد. دریای خزر بزرگترین پیکره آب های داخلی جهان محسوب می شود که در حال حاضر دارای سطحی حدود ۲۷ متر پایین تر از دریای آزاد می باشد. طول آن بین ۱۰۳۰ تا ۱۲۰۰ کیلومتر و عرض آن بین ۲۰۸ تا ۴۸۰ کیلومتر است. مساحت آن با توجه به تغییرات سطح آن متفاوت بوده و در حال حاضر حدود ۳۷۸ هزار کیلومتر مربع بر آورد می‌شود. عمق متوسط این دریا حدود ۱۸۰ متر است که در قسمت‌های جنوبی به حدود ۱۰۰۰ متر و در قسمت های شمالی تنها به چندین متر می رسد. بدین ترتیب حجم آن حدود ۷۸۱ هزار کیلومتر مکعب برآورد می‌شود[۱۹،۳۰]. از نقطه نظر پستی و بلندی، بستر دریای خزر در قسمت جنوبی به سه قسمت فلات قاره[1]، شیب قاره[2]و بستر عمیق[3] تقسیم می شود. در دریای خزر دو منطقه عمیق به نام‌های گودال دربند در خزر میانی (۷۸۸ متر) و دیگری به نام گودال جنوبی خزر (۱۰۲۵ متر) وجود دارد. نمک‌های محلول در آب دریای خزر با آب اقیانوس‌ها متفاوت است. در حاشیه شرقی خزر میانی کولاب قره بغاز قرار دارد که با ویژگی‌های خاص خود بر عجایب طبیعی بزرگ‌ترین دریاچه افزوده است. این کولاب به صحرای گرم و خشک ترکمنستان مشرف است. از ۶۳۸۰ کیلومتر طول سواحل خزر حدود ۹۲۲ کیلومتر از آستارا تا رود اترک متعلق به ایران است. دریای خزر محیط بسته‌ای است که با آب های آزاد ارتباط نداشته و پیکره آبی آن در درون حوضه خود محبوس می‌باشد. بدین جهت اعمال نیروی جاذبه کشندی بر سطح اقیانوس‌ها، به آن منتقل نگردیده و صرفا نیروی اندکی متناسب با مساحت وحجم حوضه به آن اعمال می‌گردد. دریای خزر دارای ذخایر

[1] Continental shelf
[2] Continental slope
[3] Abyssal

نفت و گاز است و کل ذخایر اثبات شده نفت در این دریا ۵۰ میلیارد بشکه یعنی حدود۴ درصد از کل ذخایر نفت است[۱۹].

محیط زیست دریای خزر در اثر بهره برداری عظیم انسانی و تخلیه مقادیر زیادی فاضلاب شهری، صنعتی و کشاورزی تحت فشار بسیار زیاد است. فلزات سنگین، هیدروکربن‌های نفتی، حشره‌کش‌ها، مواد مغذی مانند فسفر و نیترات و سایر مواد زاید انسانی از طریق رود خانه‌ها، یا ورود مستقیم به دریای خزر می‌ریزند و محیط زیست آن را تهدید می‌کنند. وقوع غلظت‌های بالای فیتوپلانکتون‌ها که در عکس العمل نسبت به ورود مواد مغذی گیاهان (بخصوص فسفر) ناشی از فعالیت‌های انسانی رخ می‌دهد موجب آثار مضر متعدد در محیط های دریایی شده و در نتیجه مطالعه مقادیر غلظت کلروفیل a توزیع و تغییرات فصلی آن از اهمیت ویژه در مطالعات محیط زیستی برخوردار است[۷۰،۱۰۳]. مطالعه محققین دیگر نیز نشان داد که سطح تروفیکی دریای خزر در طی سال های اخیر از الیگوتروفیکی به سوی مزویوتروفیکی سوق داده شد. ادامه‌ی این روند تروفیکی به سوی یوتروفی آلودگی بیولوژیکی دریای خزر و گسترش گونه‌های مضر را در پی خواهد داشت. محاسبه‌ی شاخص ساپروبی بر اساس گونه های فیتوپلانکتونی نیز نشان داد که افزایش جمعیت گونه‌های جلبک‌های سبز-آبی موجب ایجاد محیطی با آلودگی متوسط تا شدید در دریای خزر می‌گردد[۷۹].

۲-۱- ۱- آب و هوا و حوضه آبریز دریای خزر

با توجه به گسترش طولی و عرضی دریای خزر، آب و هوای متفاوتی بر مناطق ساحلی و بخش‌های مختلف آن حاکم است. در جنوب دریای خزر، آب و هوای خزری یا هیرکانین حاکم است که معرف رطوبت و بارش بالا است. ماکزیمم درجه حرارت هوا در مرداد ماه و حداقل آن در بهمن مشاهده می‌شود. بادهای با جهت شمالی و شمال غربی، پایدارترین بادها در دریای خزر بوده و بادهای غالب در بخش عمده ای از سال هستند[۷۰]. میانگین بارش سالانه به ۱۸۵۰ میلی متر (بندر انزلی) ولی در بندر ترکمن در شرق دریا به ۳۵۰ الی ۴۰۰ میلی متر می رسد. میزان تبخیر از غرب به شرق افزایش و بارندگی کاهش می‌یابد. به طور کلی، در تمام سطح دریا و نقاط ساحلی، میزان بارش از جنوب به شمال و از غرب به شرق کاهش می‌یابد. مناطق جنوبی دریای خزر دارای آب و هوای نیمه حاره‌ای با تابستان‌های مرطوب و گرم و زمستان‌های معتدل هستند[۷۰،۷۱]. در بخش جنوبی دریای خزر بادهای قوی به ندرت مشاهده می‌شوند و بادهای ضعیف ۹۰٪ زمان وقوع را به خود اختصاص داده‌اند. در این ناحیه روز های طوفانی باد با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه بیشتر از ۲۰ تا ۳۰ روز در سال نیستند[۷۰]. درجه حرارت سطحی آب در بخش جنوبی دریای خزر دارای حداقل ۹ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد در فوریه (بهمن) و ماکزیمم بیش از ۲۷ درجه سانتی‌گراد در ماه اوت (مرداد) است[۹۷].

همان طور که قبلا نیز گفته شد، حوزه آبریز دریای خزر شامل بیش از ۳۰۰ رشته نهر و رودخانه است. از این میان، در استان مازندران ۸۰ رودخانه و در استان گیلان نیز حدود ۶۰ رودخانه مهم وجود دارد. بیشتر رودخانه ها کم عمق و باریک بوده و طول آنها از چند کیلومتر تجاوز نمی‌نماید. بدین ترتیب میزان متوسط شوری آب دریای خزر حدود ۱۳ قسمت در هزار و آب آن جزو آب های لب شور محسوب می‌گردد[۲۵].

۲-۱-۲- میزان اکسیژن، pH و شوری دریای خزر

منبع عمده اکسیژن محلول آب دریای خزر، به مانند سایر پیکره‌های دریایی، جو و فتوسنتز گیاهان می‌باشد که مقدار آن با شدت فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی فرق می‌کند. میزان اکسیژن سطحی در نقاط مختلف و همچنین در اعماق متفاوت است. اکسیژن خزر میانی از خزر جنوبی بیشتر است، زیرا جریان عمودی آب این قسمت از خزر جنوبی بیشتر می‌باشد. در سواحل جنوبی ایران، میزان اکسیژن ۸/۴۷ میلی گرم در لیتر بوده و میزان اکسیژن از شرق به غرب افزایش می یابد. میزان بالای اکسیژن، حاکی از غنی بودن آب های سطحی ساحلی از اکسیژن محلول می‌باشد. بدین جهت قسمت‌های جنوبی سواحل دریای خزر، محیط مساعدی برای جانوران دریایی، خصوصا پلانکتون‌ها به شمار می‌رود. میانگین pH آب های سطحی کل دریای خزر از ۸.۲ تا ۸.۶ و در لایه های عمیق از ۷/۹ تا ۸/۱ متغیر است[۱۹].

دریای خزر با توجه به منشاء تاریخی آبهای آن(دریایی)، ورودی آب های شیرین از رودخانه‌ها و همچنین قرار داشتن در عرض‌های مختلف جغرافیایی، که باعث تغییر شدید درجه حرارت آن می‌گردد دارای شوری متفاوتی است و میزان این شوری در نقاط مختلف دریا و همچنین بر حسب فصل کاملا تغییر می‌نماید. در قسمت شمالی میزان آن از ۰/۱ در هزار در دهانه رود ولگا و اورال، تا ۱۰-۱۱ در هزار در مرز آن با قسمت خزر میانی تغییر می‌نماید، ولی میانگین آن حدود ۱۲/۶ تا ۱۳/۵ قسمت در هزار است که از قسمت های شمالی‌تر به جنوبی و از غرب به شرق افزایش می‌یابد، شوری در بخش جنوبی دریای خزر بین ۱۲ تا ۱۳ قسمت در هزار تغییر می‌کند. بدین ترتیب میزان متوسط شوری آب دریای خزر حدود ۱۳ قسمت در هزار و آب آن جزو آب‌های لب شور محسوب می-گردد[۶۵،۷۱،۹۷].

۲-۱-۳- ماهیان دریای خزر

دریای خزر از نظر صید ماهی اهمیت بسیار دارد در این دریاچه حدود ۱۰۰ گونه ماهی شناسایی شده است که درحال حاضر تنها حدود ۱۵ نوع آن مورد بهره‌برداری است. از این میان، شگ ماهیان، کپور ماهیان و گاو ماهیان دارای بیشترین فراوانی‌اند و بیش از ۷۰ درصد از کل ماهیان خزر را تشکیل می‌دهند. فون ماهیان خزر مختلف و متعلق به آب شیرین، مهاجرین دریای سیاه و آزوف می باشند. برخی از گونه‌ها کمیاب و نسل آنها در معرض خطر است که از جمله می توان به انواع ماهیان خاویاری (۵ گونه) و ماهی آزاد خزر اشاره نمود که ماهیان خاویاری جزو گونه‌های حفاظت شده می‌باشند. ماهیان خاویاری آن دارای شهرت جهانی هستند. سالیانه حدود ۳۰۰ تن خاویار از صید این ماهی‌ها به دست می‌آید. حدود ۹۰ درصد خاویار جهان نیز از این دریاچه به دست می‌آید[۲۵،۳۰]. مهمترین ماهیان دریای خزر شامل ماهی آزاد، ماهی سفید، اردک ماهی، ازون برون یا خاویار(سه نوع ماهی دارای خاویار در دریای خزر وجود دارد به نام: بلوگا استروژن، آسترا استروژن، سورو گا استروژن. از میان این سه ماهی سورگااستروژن به زبان ترکی یعنی ازون برون ، ازهمه معروف تر است)، سوف، سیم، کپور، کفال، کلمه، کولی، قزل آل، شک ماهی یا هرنیگ، کیلکا و همچنین نوع‌های دیگر ماهی مانند فیل ماهی و ماش ... در دریای خزر یافت می‌شود[۲۵].

۲-۱- ۴- میزان پلانکتون‌های گیاهی و جانوری دریای خزر

به آن دسته از جانوران و گیاهان میکروسکوپی تا ماکروسکوپی معلق و شناور که در آب توسط جریان آب جا به جا می‌شوند، پلانکتون گفته می‌شود. پلانکتون‌های گیاهی در حقیقت زنجیره اصلی حیات را در دریا تشکیل می‌دهند. در دریای خزر بطور کلی حدود ۴۹۹ گونه فیتوپلانکتون شناسایی شده است که از این میان، دیاتومه‌ها دارای ۱۱۱ گونه، سیانوفیت‌ها ۱۰۲ گونه، کلروفیت‌ها ۱۲۷ گونه، پیروفیت‌ها ۲۷ گونه، کریزوفیت‌ها ۱ گونه و اوگلنوفیت ها دارای ۵ گونه می‌باشند. از این میان دریای خزر شمالی ۴۱۴ گونه، خزر میانی ۲۲۵ گونه و در خزر جنوبی ۷۱ گونه مشاهده شده است. با این ترتیب تنوع گونه‌ای از شمال به سمت جنوب دریا کاهش می‌یابد که علت آن کاهش تعداد گونه‌های آب شیرین است. فراوانترین گروه‌های فیتوپلانکتونی دیاتومه‌ها هستند. میزان تولیدات فیتوپلانکتونی در خزر جنوبی ۰/۲۷ گرم در متر مکعب در شبانه روز و یا حدود ۹۸/۵ گرم در متر مکعب در طول سال برآورد شده است که حداکثر تولیدات در فصل پاییز با ۲/۳۹گرم در متر مکعب در شبانه روز است. جلبک های دریای خزر که جزو گیاهان پست محسوب می‌شوند، به صورت پریاخته، تک سلولی و گاهی اوقات دارای ساختمان بافتی می‌باشند. انواع مختلف آنها در دریای خزر شامل: جلبک‌های سبز آبی، جلبک‌های زرد طلایی، جلبک‌های سبز، جلبک‌های قهوه ای و جلبک‌های قرمز می‌باشند[۱۹].

افزایش میزان آب ورودی ولگا باعث افزایش غلظت کلروفیل a در منطقهٔ شمالی دریای خزر با تأخیر فاز در حدود دو ماه می شود. به نظر می‌رسد که افزایش ورودی آب ولگا باعث ورود بیشتر مواد مغذی شده و منجر به افزایش زی‌توده فیتوپلانکتون می‌شود[۸۱].

غلظت کلروفیل a در بخش شمالی دریای خزر به صورت مثبت با درجهٔ حرارت سطح آب هماهنگ است. این هماهنگی می تواند ناشی از هماهنگی بین ورودی ولگا و رشد فیتوپلانکتون‌ها از یک سو و هماهنگی بین درجهٔ حرارت سطح آب و ورودی ولگا از سوی دیگر باشد. تغییرات غلظت کلروفیل a در بخش شمالی دریای خزر با یک تأخیر زمانی ۴ ماهه به صورت مثبت با تغییرات تنش باد هماهنگ است و به نظر می رسد که تنش باد شدید منجر به تعلیق رسوبات کف در نواحی کم عمق، غنی شدن ستون آب با مواد مغذی و سبب تحریک رشد فیتوپلانکتونها می شود[۸۱].

پلانکتون‌های جانوری شامل گروهی از چراکنندگان فیتوپلانکتونی (گیاه خوار)، تغذیه کننده از دیگر گروه‌های زئوپلانکتونی (گوشت خوار) و یا همه چیز خوارند. بسیاری از زئوپلانکتون ها تا حدی قادر به شنا کردن هستند و می‌توانند مسافت‌های کوتاهی را با سرعت زیاد شکارشان را تعقیب کنند و یا از دست جانوران شکارچی بگریزند ولی همانند فیتوپلانکتون‌ها جا به جایی آنها به واسطه جریانات آب صورت می‌گیرد. به عبارتی حرکات آن‌ها در مقایسه با جریانات آبی قابل اغماض است، بنابراین جزء ارگانیزم های پلانکتونی محسوب می‌شوند. پلانکتون‌های جانوری دومین زنجیره غذایی دریای خزر را تشکیل می‌دهند. از نظر تنوع گونه‌ای، دریای خزر غنی نبوده و تعداد آنها بین ۲۱۵ تا ۲۳۵ گونه ذکر شده است که از این میان، مژکداران با ۱۳۵ گونه فراوانترین‌اند. در ردیف‌های بعدی، روتیفرها، آنتن منشعب‌ها، پاروپایان و غیره قرار دارند. در خزر جنوبی در تمام طول سال کوپه پودها (پاروپایان) گروه غالبند که درفصل بهار ۹۸/۴ و در فصل تابستان ۶۸/۱ درصد از کل توده زنده را به خود اختصاص می-دهند[۴۱،۱۹].

۲-۲- پلانکتون‌ها

اصطلاح پلانکتون به معنی موجودات شناور و آزاد میکروسکوپی موجود در آب اعم از گیاهی و جانوری است. زئوپلانکتون‌ها در همه لایه‌های اکوسیستم آبی از سطح تا ژرف‌ترین نقاط نمونه‌برداری شده‌اند، در حالی که پراکنش فیتوپلانکتون‌ها به لایه نورگیر آب تا عمق بحرانی نور محدود شده است. در اکوسیستم‌های دریایی پلانکتون‌ها نقش اساسی به عهده دارند و بخش عمده‌ای از فعالیت‌های تحقیقاتی در حیطه علم اکولوژی دریا بر روی بررسی پلانکتونی متمرکز می‌باشد. اولین مطالعات بر روی پلانکتون‌های دریایی توسط تومپسون در سال ۱۸۳۰ و چارلز مولر در سال ۱۸۴۵ صورت گرفت ولی تا سال ۱۸۸۷ واژه پلانکتون هنوز مرسوم نبود. مولر در حین تحقیق بر روی بیولوژی ستاره دریایی و صید لارو ستاره‌های دریایی متوجه وجود توده عظیمی از ارگانیزم های معلق در آب گردید. بعدها ارنست هگل به مطالعه پلانکتون‌ها پرداخت[۶۹،۳۸،۶۷]. پلانکتون‌ها را می‌توان از جنبه‌های مختلف به گروه‌های متعددی تقسیم بندی کرد. اندازه پلانکتون‌ها یکی از فاکتورهای مشترک و عمومی در تقسیم بندی پلانکتون‌هاست. به طور نمونه پلانکتون‌ها را می‌توان به اولتراپلانکتون [1] (کوچک‌تر از ۲ میکرون)، نانوپلانکتون[2](بین ۲ تا ۲۰ میکرون)، میکروپلانکتون[3] (۲۰ تا ۲۰۰ میکرون)، ماکروپلانکتون[4] (۲۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرون) و مگا پلانکتون[5](بزرگ‌تر از ۲۰۰۰ میکرون) تقسیم‌بندی کرد[۶۹،۳۸،۶۷]. اولتراپلانکتون‌ها بیشتر شامل باکتری‌ها و ویروس‌ها می‌باشند. نانوپلانکتون‌ها و میکروپلانکتون‌ها اغلب فتوسنتز کننده و اتوتروف می‌باشند و جزء فیتوپلانکتون‌ها می‌باشند. در حالی که زئوپلانکتون‌ها اغلب جزء میکرو، ماکرو و یا مگاپلانکتون‌ها می‌باشند. بجز فیتوپلانکتون‌های منطقه کرانه‌ای اندازه سایر فیتوپلانکتون‌ها بین ۲ تا ۲۰۰ میکرون می‌باشد. پلانکتون‌ها به ندرت کروی بوده و بسیاری از آن‌ها دارای زوائد خار مانندی می‌باشند. این حالت در شناوری آن‌ها تاثیرگذار است، ضمن اینکه باعث افزایش سطح آن‌ها می‌شود و قابلیت جذب مواد مغذی توسط آن‌ها افزایش می‌یابد، همچنین بدین طریق مانع از شکار شدن آن‌ها نیز می‌شود[۶۹،۳۸،۶۷].

بررسی پراکندگی و انبوه پلانکتون‌ها در سطح مناطق وسیع دریاها در تعیین پراکنش ماهیان تجاری نقش بسزایی دارد. پلانکتون‌ها از چند سانتیمتری سطح آب تا دشت اقیانوسی دیده می‌شوند، اما بیشترین تراکم آن‌ها در ناحیه نورگیر می‌باشد. بر اساس نتایج نمونه برداری‌هایی که انجام می‌شود چنین تصور می‌رود که پراکندگی پلانکتون‌ها در همه نقاط دریاهای باز یکسان نیست. در حقیقت اغلب پراکندگی فیتوپلانکتون‌ها و تراکم آن‌ها در نقاط مختلف یک منطقه نامنظم‌تر از پراکندگی و تراکم زئوپلانکتون‌ها در آن منطقه می‌باشد. علت آن شاید مربوط به تغذیه زئوپلانکتون‌ها و یا در نتیجه ترشح آنتی بیوتیک‌هایی است که توسط پلانکتون‌ها صورت می‌گیرد. بعضی از اکولوژیست‌ها معتقدند که مقدار پراکندگی‌های فصلی فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌های هر منطقه را می‌توان بر اساس فاکتورهای محدود کننده محیطی و زیستی تعیین نمود. این عوامل محدود کننده شامل نور، گرما، تلاطم یا اغتشاشات آبی، تهی سازی فسفات‌ها، تنفس یا مصرف اکسیژن توسط فیتوپلانکتون‌ها و تغذیه زئوپلانکتون‌ها از فیتوپلانکتون‌ها می‌باشند[۶۹،۳۸،۶۷].

---

[1] Ultraplankton
[2] Nanoplankton
[3] Microplankton
[4] Macroplankton
[5] Megaplankton

۲-۲-۱-فیتوپلانکتون‌ها

بیش از ۷۰ درصد از سطح زمین را آب فراگرفته است. حیات در تمامی اکوسیستم های آبی(شور و شیرین) به تولید کنندگان وابسته است. جلبک ها گروه بزرگی از موجودات ساده در منابع آبی هستند که مانند گیاهان، حاوی کلروفیل a هستند و قابلیت فتوسنتز دارند، اما برخلاف آنها فاقد ریشه، ساقه، برگ و گل هستند. جلبک ها به دو دسته پر سلولی و تک سلولی تقسیم می‌شوند. بیشتر جلبک هایی که در آب زندگی می‌کنند تک سلولی هستند. به این جلبک‌های تک سلولی که در آب شناورند، فیتوپلانکتون می‌گویند. فیتوپلانکتون‌ها در تمامی آب‌ها اعم از شور، شیرین، نمکزارها با مواد غذایی کم و زیاد و حتی در آب‌های سرد قطبی و چشمه‌های آب گرم تا ۸۰ درجه سانتیگراد قادر به زندگی می‌باشند. فیتوپلانکتون‌ها دسته‌ای از پلانکتون‌ها هستند که قادر به ساخت مواد آلی می باشند، این موجودات به دو فرم پلانکتونی و کفزی مشاهده می‌شوند. گروههای اصلی فیتوپلانکتون‌ها عبارتند از: دیاتومه‌ها (شاخه باسیلاریوفیتا)، جلبک‌های قهوه‌ای- سبز (شاخه کریزوفیتا)، جلبک‌های سبز (کلروفیتا)، جلبک‌های آبی- سبز (سیانوفیتا)، دینوفلاژلاتها (پیروفیکوفیتا)، کریپتوموناس (کریپتوفیتا) و میکروفلاژلاتها (اگلنوفیتا ، سینوفیتا) .در تمامی مخازن آبی پایه هرم غذایی گیاهان ماکروفیت و فیتو پلانکتون‌ها می‌باشند[۳]. فیتوپلانکتون‌ها گیاهان تک سلولی تا چند سلولی هستند که به کمک نور خورشید و با استفاده از مواد معدنی و آلی محلول و معلق در ستون آب رشد کرده و تکثیر می یابند و خودشان نیز به وسیله گیاه‌خواران فیلتر کننده مورد استفاده قرار می گیرند. در هر اکوسیستم آبی فیتوپلانکتون‌ها به لحاظ تولید مواد آلی و قرار گرفتن در قاعده هرم انرژی جزء ذخایر مهم و با ارزش به شمار می‌روند و سایر موجودات ضمن وابستگی به یکدیگر در زنجیره غذایی به طور مستقیم و غیر مستقیم به فیتوپلانکتون‌ها وابسته‌اند ، بنابراین شناخت آنها در هر منبع آبی از این لحاظ از اهمیت ویژه ای برخوردار است [۴۸].
ترکیب جنس‌ها و تغییرات فصلی آنها به فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی وابسته است. تغییر در ترکیب جنس ها و غالبیت فیتوپلانکتون‌ها می تواند توسط مکانیزم های متفاوتی مانند محدودیت دمایی ، میزان نور ، مواد مغذی و ته نشینی آنها و مصرف توسط زئوپلانکتون‌ها و غیره رخ دهد[۸۰]. وجود ترموکلاین شدید بخصوص در فصل تابستان موجب محدودیت مواد مغذی مورد نیاز رشد فیتوپلانکتون‌ها در لایه سطحی آب می شود[۸۱].

فیتوپلانکتون‌ها بر اساس اندازه سلول بر حسب میکرومتر با استفاده از پیشوندهای ماکرو-(بزرگتر از ۲۰۰ میکرومتر)، میکرو- (۲۰۰-۲۰ میکرومتر)، نانو- (۲۰-۲ میکرومتر) و پیکو- (۲-۰/۲ میکرومتر) تقسیم‌بندی می‌شوند. منحنی رشد فیتوپلانکتون‌ها همانند منحنی رشد باکتریها و دیگر تک سلولی‌ها است که به طریق غیرجنسی وبه روش تقسیم دوتایی[1] تکثیر می‌شوند[۳]. فیتوپلانکتون‌ها بدون شک برای اکوسیستم‌های آبی نقش حیاتی دارند، زیرا بخش اعظمی از غذای زئوپلانکتون‌ها را شامل می‌شوند، زئوپلانکتون‌ها نیز به نوبه خود غذای اصلی ماهیان به شمار می روند. تحقیقات روی ساختار جوامع فیتوپلانکتونی جهت درک ثبات و توسعه موقعیت تروفیک و تولید دارای اهمیت است[۳۴]. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری زی‌توده جلبکی و فیتوپلانکتون‌ها وجود دارد. یکی از این روش‌ها، اندازه‌گیری کلروفیل a می‌باشد[۴۳،۹۹]. کلروفیل a رنگدانه‌ای است که اجازه می‌دهد گیاهان نور خورشید را تبدیل به فتوسنتز کنند. بدلیل اینکه اندازه‌گیری زی‌توده حقیقی جلبک‌ها و خزه‌ها در آب بسیار مشکل است، اندازه‌گیری میزان کلروفیل a می‌تواند نشان دهنده میزان زی‌توده جلبک‌ها در آب قلمداد گردد. افزایش میزان کلروفیل a سبب کاهش انرژی بازتابی در طول موج آبی و افزایش آن در طول موج سبز می‌گردد. کلروفیل

[1] Amitosis

a در همه جلبک‌های یوکاریوت و جلبک‌های سبز- آبی پروکاریوت (سیانوباکتریا) رنگدانه غالب است، بعلاوه سهولت اندازه‌گیری از علل مقبولیت استفاده از آن است و شاخصی قابل اطمینان است که به خوبی برای تخمین زی-توده فیتو پلانکتون در یک محیط آبی پذیرفته شده و به میزان زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد[۴۲]. محاسبه زی-توده فیتوپلانکتون از روی کلروفیل a، پی آمدی مهم در علوم آبی است[۵۶]. استفاده از غلظت کلروفیل a به عنوان تخمینی از زی‌توده جلبکی هم از نظر تکنیک ساده است، هم سرعت عمل بیشتری دارد و همچنین در تمام تولید کنندگان اولیه مشترک است. تقریبا تمام مدل های مواد اولیه، از کلروفیل a به عنوان شاخص خود از زی‌توده فیتوپلانکتون استفاده می‌کنند[۶۳]. فسفر و نیتروژن از مواد مغذی مهم در اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌آیند. از اولین روز های بررسی اکولوژی فیتوپلانکتون، مواد غذایی به عنوان متغیرهای کنترل کننده جامعه و زی‌توده فیتوپلانکتون بیان شده‌اند. مواد غذایی بسیاری ممکن است رشد و ذخیره جلبکی را در سیستم های آبی محدود کنند. از بین مواد مغذی فسفر، نیتروژن، کربن و سیلیکات نقش مهمتری را در تولید و زی‌توده جوامع جلبکی نشان می-دهند و بعلاوه نشان داده شده است که از بین این عناصر فسفر و نیتروژن در رشد فیتوپلانکتون‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار هستند و اغلب نیز در آب به میزان کافی وجود ندارد (سالماسو، ۲۰۰۲) و کمبود این دو عنصر، رشد فیتوپلانکتون‌ها را در اکوسیستم های آبی محدود می‌کند[۵۶]. فسفر یکی از مهمترین مواد غذایی است که در رشد و زی‌توده جلبک را در دریاچه‌ها و مخازن آبی محدود می‌کند[۴۲].

فیتوپلانکتون‌ها به دامنه طیف وسیعی از عوامل استرس‌زای محیطی حساس‌اند، گروه‌های مختلف و حتی اعضای یک گروه نیز باهم تفاوت دارند، مثلا بعضی از گونه‌های دیاتومه نسبت به عوامل آلاینده حساس هستند و برخی دیگر از آنها نسبت به این عوامل مقاوم می‌باشند. بعضی از فیتوپلانکتون‌ها کیفیت آب را توسط تولید مواد سمی کاهش می-دهند که این مواد دلیل مرگ بی‌مهرگان آبزی و ماهیان می‌شوند که علاوه بر اثرات فوق این مواد برای سلامتی انسان مضر می‌باشند. فیتوپلانکتون‌های اکوسیستم‌های آبی در دوره‌های کوتاه زمانی(هفته‌ای یا فصلی) دچار تغییراتی می-گردند. Sommer و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که برخی از این تغییرات که توالی های فصلی نامیده می‌شوند در اثر فعالیت‌های موجوداتی مانند زئوپلانکتون‌ها، ماهیان و ... دستخوش تغییر می‌گردند[۹۲]. Odum (۱۹۸۶) نشان داد که اکوسیستم‌های آبی در طی دوره‌های طولانی مدت تحت تاثیر توالی‌های اتوژنیک (درون زا) یک حالت غذایی کمتر و تنوع بالاتری را نشان می‌دهند، که بین تنوع و مواد غذایی ارتباط وجود دارد[۸۲]. آلاینده‌ها با تغییر در اندازه جمعیت‌های گونه‌ها باعث کاهش تنوع، پیچیدگی و ثبات اجتماعات فیتوپلانکتونی می‌شوند. فیتوپلانکتون-ها به خاطر داشتن نقش سازنده در انرژی اکوسیستم و چرخش بیوژئوشیمیایی مواد یک تصویر کامل منحصر بفردی از وضعیت اکوسیستم و تاثیر آن در موجودات زنده بالاتر نشان می‌دهند و در واقع هر گونه تغییر در ساختار اجتماع آنها را می‌توان به عنوان نوعی اختار اولیه محسوب کرد. تعدادی از محققان نیز استفاده از فیتوپلانکتون‌ها را برای ارزیابی کیفیت آب دریاچه پیشنهاد کرده‌اند. به نظر این محققان فیتوپلانکتون‌ها به خاطر رشد و واکنش سریع نسبت به مواد آلاینده اهمیت زیادی در برنامه‌های مدیریتی جهت نظارت بر کیفیت آب دارند[۷۳].

از آنجائیکه کدورت عامل موثر بر شفافیت می باشد و اینکه در شرایطی که علت اصلی کدورت، پلانکتونی باشند، افزایش یا کاهش میزان شفافیت، تغییر در فراوانی پلانکتونی را به همراه دارد، لذا در چنین شرایطی شفافیت دریاچه ها شاخص خوبی برای جمعیت پلانکتونی محسوب می‌گردد[۴۴]. مطالعه دریاچه‌های مختلف نشان داد که یک

رابطه هیپربولیک معنی‌داری بین عمق شفافیت دریاچه با زی‌توده جلبک از طریق اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a وجود دارد[۵۹]. سکشی دیسک[1]، وسیله‌ای ساده و ارزان، ولی مهم در اندازه‌گیری زی‌توده فیتوپلانکتون-هاست[۶۱]. با اندازه‌گیری سکشی دیسک برآورد مناسبی از تراکم پلانکتون برای مدیریت دریاچه و یا استخر در شرایطی که منبع اصلی کدورت آب پلانکتون باشد حاصل می‌شود[۳۶]. ذرات جلبکی روی نفوذ نور در آب، و در نتیجه روی عمق سکشی دیسک تاثیر می‌گذارند[۴۲]. رابطه هیپربولیک معنی داری بین شفافیت دریاچه که توسط سکشی دیسک اندازه‌گیری می‌شود و زی‌توده جلبکی که توسط غلظت‌های کلروفیل a اندازه‌گیری می‌شود وجود دارد[۵۱]. نصرالله زاده ساروی و حسینی (۱۳۸۳) با بررسی روی حوضه جنوبی دریای خزر بین کلروفیل a و عمق سکشی دیسک ارتباط منفی مشاهده کردند. به طوری که در ماه‌های گرم سال تشکیل شکوفایی توسط جلبک‌ها بیش از هر زمان دیگری است که در مطالعات مختلف نیز این امر مشهود است[۳۱]. مطالعات سبک آرا و مکارمی نشان داد جمعیت فیتوپلانکتون از بهار روند صعودی داشته و در تابستان به اوج خود می رسد. در فصل پاییز، جمعیت فیتوپلانکتونی نسبت به فصل تابستان کمتر و میزان آن با کاهش دما به تدریج کم می‌شود[۱۷]. گلدمن (۱۹۷۷)، با بررسی روی اثر درجه حرارت بر رشد فیتوپلانکتون ثابت کرد همبستگی مثبتی بین میزان رشد فیتوپلانکتون با دما وجود دارد. دما بر اکثر واکنش های شیمیایی که در آب اتفاق می‌افتد و بر گونه ها تاثیر می‌گذارد. بر این اساس رشد انبوه جلبک‌ها غالبا در آب گرم صورت می‌گیرد. در بسیاری از دریاچه‌های معتدله، حداکثر فراوانی و شکوفایی فیتوپلانکتون در تابستان ، یا در بهار و تابستان گزارش شده است[۵۴]. آکتان و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه الگوهای پراکنش، تخمین زی‌توده و پراکنش فیتوپلانکتون در خلیج یوتروف ایزمیت، بین کلروفیل a و زی‌توده فیتو پلانکتون همبستگی معنی داری به دست آوردند. در تحقیقات آنها پراکنش زمانی و مکانی فراوانی و زی‌توده فیتوپلانکتون مشابه کلروفیل a بود[۳۵]. گنجیان و مخلوق (۱۳۸۲) مشاهده کردند زی‌توده فیتوپلانکتونی کل، در حوضه جنوبی دریای خزر از بهار تا تابستان روند افزایشی داشته و از پاییز تا زمستان، روند نزولی دارد[۲۶].

میزان حساسیت جانداران دریایی نسبت به آلودگی ناشی از نفت متفاوت است. کلاً برخی ماهی‌ها می‌توانند در صورت آلوده شدن آب ، محل زندگی خود را تغییر دهند. همچنین پستانداران دریایی به علت برخورداری از تحرک زیاد و احتمال کم برخورد با آلودگی نفتی کمتر صدمه می‌بینند. اما گونه‌های کوچکتر جانداران دریایی دچار مشکلاتی خواهند بود. لکه‌های نفتی‌ساز و کار فیتوپلانکتون‌ها را با مشکل روبه رو می کند. با ایجاد یک لکه نفتی، کدورت آب بالا می‌رود و در نتیجه نور کمی به اعماق آب می‌رسد و همچنین سبب کاهش میزان اکسیژن حل شده می‌شود، بنابراین فیتوپلانکتون‌ها با توان کمی به فتوسنتز می‌پردازند(در بسیاری موارد اصلا فتوسنتز انجام نمی شود) و نخستین حلقه از زنجیره غذایی تخریب می‌شود. در مرحله اول در نقاطی که آلودگی نفتی به حد متوسط است، تمایل به افزایش زاد و ولد در پلانکتون‌های گیاهی به وجود می‌آید که علت آن افزایش هیدروکربن‌های معدنی با ازت موجود در نفت و کم شدن جمعیت پلانکتون‌ها است. بعد از مرحله اولیه تمرکز شدید نفت بویژه وقتی که دارای ترکیبات معطر با نقطه جوش پایین باشد به شدت برای پلانکتون‌ها سمی است.گزارشی که در مورد آلودگی آب دریای خزر و اثرات آن وجود دارد نشان می‌دهد که آلودگی باعث حذف پلانکتون‌های گیاهی از زنجیره غذایی دریاها می‌شود. در نتیجه باعث کاهش ذخایر پلانکتون‌های حیوانی و سرانجام در ذخایر شیلاتی شده است. نفت با جریانهای باد جابجا می شود و در اثر این جابجایی یک تماس کوتاه بین نفت و ارگانیزم های دریایی

[1] Sechi disk

برقرار می شود. تماس ۵ دقیقه ای بین فیتو پلانکتون‌ها و آب دریا با آلودگی ۰/۱ میلی لیتر بر لیتر مازوت ، باعث کاهش رشد و تکثیر این فیتوپلانکتون می‌گردد. اثرات آلودگی بر زئوپلانکتون‌ها ، باعث فعالیت کمتر و کم شدن تعداد آنها می‌شود[۱۰].

۲-۲-۲- شکوفایی جلبک‌ها

اصطلاح شکوفایی جلبک‌های مضر در گذشته به شکوفایی گفته می‌شد که سبب ایجاد کشند قرمز می گردید و رنگ آب را تغییر می‌داد. اما امروزه به هرگونه شکوفایی که سبب ظهور اثرات منفی (هرگونه صدمه و سمیت) در ماهی و سایر موجودات آبزی (صنعت آبزی پروری و شیلاتی)، محیط زیست و سلامت انسانی شود اطلاق می‌گردد. در شهریور ماه سال ۱۳۸۴ شکوفایی بی‌سابقه جلبکی در آبهای غربی، مرکزی و ساحلی ایران در دریای خزر مشاهده شد. علل تشکیل این لکه عظیم جلبکی شناخته شده نیست ولی برای شکوفا شدن جلبک های سیانوفیسه عوامل مختلف و پیچیده ای می بایست در آب وجود داشته باشد از جمله می توان حضور آلاینده‌ها ، مواد مغذی فراوان و دمای مناسب آب برای تکثیر و تولید مثل سریع این جلبک های سبز- آبی را نام برد[۷۹،۷۸،۲۸]. این پدیده ناشی از یک جلبک تک سلولی یا یک فیتوپلانکتون تک سلولی از نوع جلبک های سبز آبی یا سیانوباکترها است که از نظر اندازه بسیار کوچک و ریز و در واقع کوچک‌ترین نوع فیتوپلانکتون‌ها هستند و از این رو شناسایی آن ها بسیار مشکل است. اما رشد بی رویه آنها نشان از یک حادثه غیر طبیعی در محیط دریا دارد، زیرا در صورت ایجاد شرایط مناسب زیستی از جمله حرارت کافی، وفور حجم موادی چون فسفات، نیترات و سیلیسیوم که در فاضلاب‌های خانگی به وفور یافت می‌شود، جمعیت این موجودات دریایی به شدت افزایش می‌یابد . این جلبک‌ها در صورت تکثیر گسترده به اصطلاح بلوم[1] یا شکوفا می‌شوند. این پدیده باعث بروز مشکلاتی نظیر ایجاد طعم و بوی بد در آب و مسدود شدن فیلترها در کارخانه‌های تصفیه آب می‌شود. از میان پنج هزار گونه فیتوپلانکتونی دریایی در حدود ۳۰۰ گونه می تواند در یک زمان و در یک محل وجود داشته و تحت شرایط مساعد نور، درجه حرارت، مواد مغذی شکوفا شده و سبب تغییر رنگ آب شوند[۲۹].

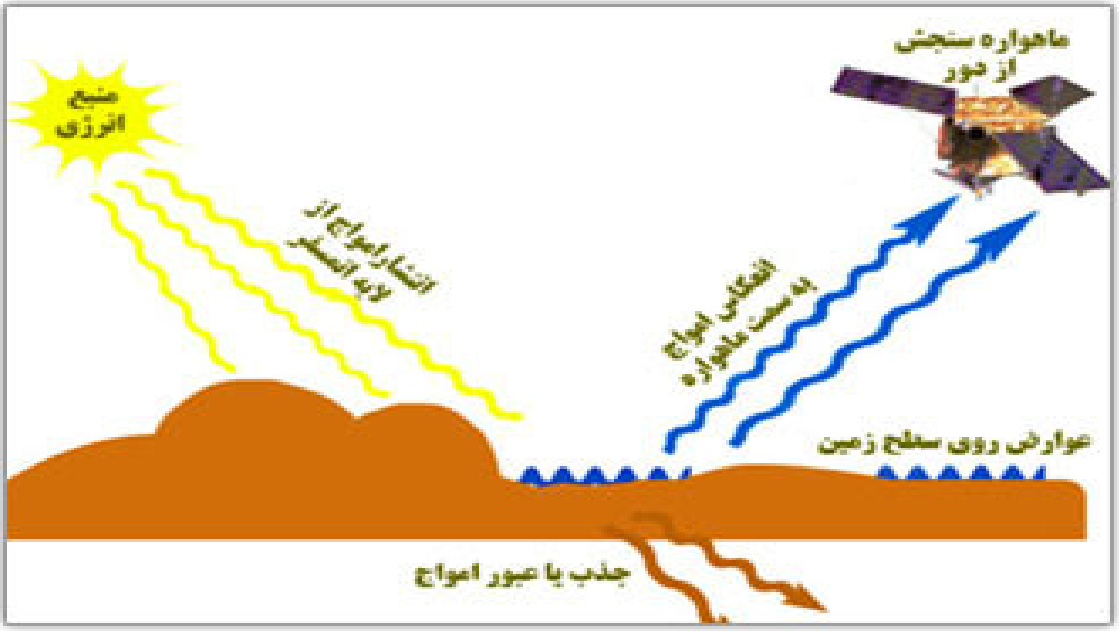
باید کشورمان مجهز به سیستم پایش دائمی باشد. این پایش می تواند با استفاده از ماهواره و از طریق استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام شود. تردیدی نیست که استفاده از علم اقیانوس‌شناسی ماهواره‌ای یکی از ابزارهای قدرتمند برای پایش پیش آگهی است. وقتی عکس‌های ماهواره‌ای مربوط به یک ماه پیش از بروز پدیده کشند سرخ تا کنون بررسی می‌شوند، ملاحظه می شود که که این امکان وجود داشته تا با مطالعه آن عکس ها اطلاع یافت که این پدیده در حال اتفاق است[۲۹]. درکشورهای مختلف دنیا خصوصاً در امریکا و اروپا مواد مغذی زیادی ناشی از فاضلاب-های کشاورزی، صنعتی و شهری وارد دریا می‌شود که مکررا منجر به شکوفایی جلبکی می‌گردد. پایش شکوفایی در کشورهای آمریکا، اسپانیا، فرانسه، انگلستان، ایتالیا و یونان بصورت مستمر با هدف کنترل تأثیرات منفی شکوفایی جلبکی بر محیط زیست دریایی انجام می‌پذیرد. وقوع شکوفایی جلبکی در دریای خزر حائظ اهمیت بوده و نشان دهنده یک اعلام خطر دیگر زیست محیطی برای دریای خزر می‌باشد. ممکن است شکوفایی جلبکی با وقوع پدیده

[1] Bloom

های دیگر دریای خزر، مثل مرگ و میر دسته جمعی فک ها و ماهیان دریای خزر و کاهش سریع ذخایر ماهیان خاویاری این دریا، در ارتباط باشد. غلظت کلروفیل a که شاخصی از زی‌توده تولیدکنندگان اولیه فیتوپلانکتون می-باشد[۷۹،۷۸،۲۸]. اگر تعداد بسیار زیادی از آنها در آب تجمع داشته باشند گاهی منجر به بروز پدیده شکوفایی جلبکی می شوند که اثرات منفی این پدیده بر محیط آبی و آبزیان عبارتند: تغییرات میزان اکسیژن و گاز کربنیک ، مرگ و میر انبوه ماهیان، آبزیان و دیگر موجودات، توقف و لطمه به فعالیت های پرورش آبزیان، مسمومیت آبزیان و دیگر غذاهای دریایی می‌باشد[۱۰۱]. همچنین بلوم جلبکی، می تواند مواد شیمیایی تولید کند که باعث ایجاد طعم بد در ماهی می شوند[۳۹].

۲-۳- سنجش از دور (RS)

سنجش از دور چیست ؟ علم و هنر کسب اطلاعات از پدیده ها یا اجسام بدون تماس فیزیکی با آنها را سنجش از دور گویند. در اصل این علم را به معنای شناسائی از راه دور تعریف می‌کنند. فن استفاده از هوا و فضا برای جمع-آوری داده‌های زمینی و مطالعه و شناسایی این منابع بصورت گسترده مورد استفاده‌ی کشورهای مختلف قرار می گیرد و در زمان های کوتاه حجم قابل ملاحظه‌ای از داده‌های زمینی جمع‌آوری گردیده که این داده‌ها اساس برنامه ریزی‌های مختلف را تشکیل می‌دهد. استفاده از داده‌های سنجش از دور از جمله تصاویر ماهواره‌ای با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد آن مانند استفاده از طیف‌های مختلف الکترومغناطیسی، دید وسیع و یکپارچه بخصوص از مناطق غیر قابل دسترس، پوشش‌های تکراری برای دستیابی به تداوم مشکلات به وجود آمده مانند سیل طوفان و غیره، سرعت انتقال داده‌ها، امکان استفاده از نرم افزارها و سخت افزارهای مختلف باعث توجه روز افزون به این علم در حال پیشرفت شده است. داده‌های مورد استفاده در RS یا ماهیت تصویری دارند که شامل عکس‌های هوایی یا فضایی‌اند، یعنی انعکاسات اشعه الکترومغناطیسی از روی اجسام بر صفحه فیلمی که در دوربین هواپیما یا فضاپیما قرار گرفته اثر گذاشته و پس از ظهور فیلم به صورت عکس و اسلاید واقع می‌شود، یا اینکه ماهیت رقومی دارند، یعنی بازتاب اشعه الکترومغناطیسی از پدیده‌های منابع زمینی،به وسیله سنجنده‌های ماهواره‌ها ثبت شده و پس از ارسال به ایستگاه زمینی و انجام تصحیحات و پردازش‌های لازم تبدیل به تصویر می‌شود. در واقع منبع اصلی این اشعه یا تشعشعات الکترومغناطیسی خورشید است، که بر سطح اجسام تابیده و انعکاس آن از سطح اجسام یا پدیده‌ها به وسیله سنجنده‌ها ثبت می‌شود. و در یک طول موج خاص اجسام مختلف دارای بازتاب های متفاوتی هستند و هر جسم خاص مشخصه طیفی خاص خود را دارد[۸،۱۶]. در شکل۲-۱ شمای کلی از نحوه کارکرد ماهواره سنجش از دور نشان داده شده است.



شکل ۲-۱- نحوه کارکرد ماهواره سنجش از دور[۲].

ماهواره‌ها به دو گروه ماهواره‌های منابع زمینی و ماهواره‌های محیطی تقسیم می‌شوند. عمده تفاوت این دو گروه در پهنای نوار برداشت، تفکیک مکانی و مدت زمان پوشش کامل زمین می باشد. از جمله ماهواره‌های گروه منابع زمینی می توان به لندست، اسپات، IRS و ماهواره‌های گروه محیطی، به ماهواره‌های هواشناسی (NOAA، Nimbus، Tos، Titros) و ماهواره‌های اقیانوس‌شناسی Seasat اشاره نمود[۱۳]. پس از ساخت ماهواره، آنها را توسط یک ماهواره بر، موشک یا شاتل فضایی به فضا پرتاب می‌کنند تا در مدار معین خود بر حول محور زمین قرار گیرند. ماهواره‌هایی که حول محور مدار زمین در گردشند تنها زمانی می‌توانند در مدار خود باقی بمانند که شتاب آنها با نیروی گرانش جرمی (به طور مثال زمین) که به دور آن می چرخند، تناسب و تعادل داشته و تحت تاثیر آن باشند. در صورتی که شتاب ماهواره بیشتر از گرانش زمین باشد، ماهواره در مسیری مستقیم از زمین دور می شود و بالعکس اگر شتاب ماهواره کمتر باشد به سمت زمین کشیده خواهد شد. پس از اتمام عمر ماموریت ماهواره، آنها معمولاً در نقاط خاصی از جمله اقیانوس‌ها ساقط می‌شوند. البته پیش از سقوط هنگام برخورد با مولکول‌های خارجی ترین لایه اتمسفر سرعت ماهواره کم شده و در این زمان نیروی گرانش، ماهواره را به سمت لایه های داخلی اتمسفر می‌کشاند و این امر باعث می شود در اثر حرارت بسیار زیاد بخش اعظم ماهواره سوخته و باقی مانده احتمالی آن در نقاط از پیش تعیین شده ای که اکثراً در اقیانوس ها و دریاهای آزاد است، سقوط می‌کند. امروزه ماهواره‌ها تنها برای کسب داده‌ها از زمین کاربرد ندارند، بعنوان مثال هم اکنون چندین ماهواره پیشرفته علمی تحقیقاتی بر گرد خورشید و اجرام منظومه خورشیدی در حال پروازند و داده‌های خود را از آن اجرام به مراکز مدیریت ماهواره خود در زمین ارسال می‌کنند[۸،۱۶،۱۱]. در کلیه‌ی کاربردهای سنجش از دور، حداقل موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد: ۱- تعریفی روشن از مسائل موجود ۲- ارزیابی توان موجود برای نشان دادن و تصحیح مسائل با استفاده از تکنیک سنجش از دور ۳- انطباق روش‌های مناسب جمع‌آوری داده‌های سنجش از دور با اهداف مورد نظر ۴- تعیین روش های تفسیر داده‌ها به منظور استفاده از آنها و تعیین داده‌های مرجع مورد نیاز ۵- شناسایی معیارهایی که بتوان کیفیت داده‌های جمع‌آوری شده را با نظر کارشناسی مورد بررسی قرار داد. سنجنده‌ها از نظر عملکرد به دو دسته فعال و

غیرفعال تقسیم می‌شوند. سنجنده‌های نوع غیرفعال منبع انرژی طبیعی را برای ثبت پدیده‌ها استفاده می‌کنند مانند سنجنده‌های رادیومتر، ترمومتر، یا اسپکترومتر که مثلا در نوع ترمومتر امواج حرارتی ساطع شده از سطح پدیده ها را که منبع اصلی آن به طور عمده انرژی خورشید است را دریافت و ثبت می‌نماید. اما سنجنده‌های نوع فعال از منبع انرژی مصنوعی استفاده می‌کنند مثلا رادارها که برای بررسی یک پدیده امواج صوتی به سمت آن ارسال کرده و امواج برگشتی را ثبت و ماهیت پدیده را ثبت می‌کند. تصاویر ارسالی از سنجنده‌ها تحت عنوان داده خام می‌باشند که این داده‌ها را بوسیله رایانه و نرم افزارهای خاصی پردازش می‌کنند، از جمله این نرم افزارها ERDAS Imagine است و تصاویر پردازش شده برای سایر اهداف به برنامه های دیگری از جمله GIS قابل انتقال می باشد[۸،۱۶،۱۱].

با افزایش جمعیت در جهان و با وجود مخاطرات و نیازهایی که در ارتباط با منابع طبیعی رخ می‌دهد، انسان درصدد شناخت بیشتر آن برای بهره برداری و محافظت برآمده است. از طرفی انسان به مرور زمان پی به محدودیت خود در جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات زمینی برده و همواره به دنبال روش‌های پیشرفته تر برای جمع‌آوری اطلاعات و شناخت بهتر منابع بوده است. دو فن سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) از لحاظ عملکرد، وجوه مشترک زیادی دارند که مهمترین آنها جمع‌آوری داده، تحلیل، پردازش و نمایش اطلاعات جغرافیایی است. و این دو از لحاظ فنی و کاربردی ارتباط تنگاتنگی دارند و توسعه هر دو موازی با یکدیگر است. و پیشرفت هر دو منوط به یکدیگر است. به ویژه از سال ۱۹۸۰ که این دو علم ادغام شدند و امروزه ما شاهد کاربرد گسترده این دو در زمینه های مختلف علوم آبزی از جمله گیاه‌شناسی آبزی، لیمنولوژی، زیست شناسی دریایی، جریان شناسی و اقیانوس شناسی و... هستیم. که توانسته‌اند در زمینه ارزیابی، بهره برداری، حفاظت، پیش بینی فرایند های مختلف و برنامه ریزی و مدیریت پایدار بر این منابع کمک شایانی انجام دهند. امروزه سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به دلیل برخورداری از امکانات شناسایی، استخراج سریع اطلاعات و انعطاف پذیری در تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات، جایگاه ویژه‌ای در مطالعات ارزیابی پیدا نموده‌اند. بدیهی است که سنجش از دور و (GIS) مکمل یکدیگرند و هر دو بطور مستقل و جداگانه، بویژه در روزهای اولیه، تا اندازه‌ای پیشرفت داشتند. با پیوند فناوری، مفاهیم ونظریه‌های هر دو در (GIS) ، سیستم های اطلاعاتی غنی تر وپیشرفته و به روز را می توان برای استفاده در کاربردهای واقعی ایجاد نمود. تقریبا کلیه پروژه‌هایی که هم اکنون از داده‌های ماهواره‌ای استفاده می کنند یا با داده‌های محیطی سر و کار دارند، از توسعه و پیشرفت (GIS) سود می‌برند[۱۶،۹]. داده های حاصل از سنجنده‌ها که به زمین مخابره می‌شود و به عنوان داده‌های خام معروف‌اند[۱]، معمولا دارای ناهنجاری‌های هندسی و رادیومتری می‌باشند و قبل از اینکه استفاده شوند، باید مورد تصحیحاتی قرار گیرند. عمده خطاها ناشی از سکو، سنجنده و زمین می باشند. خطاهای ناشی از سنجنده شامل پانوراما ، جابجایی دسته های ۱۶ تایی خطوط اسکن ، از کارافتادگی آشکار سازها، راه راه شدگی تصویر ، خطای پیکسل های مزاحم است. خطا های ناشی از کره زمین شامل جابجایی ناشی از پستی و بلندی زمین و چرخش کره زمین می‌باشد[۷].

۲-۳-۱- مراحل مختلف بررسی داده‌های سنجش از دور

۱- جمع‌آوری داده‌ها: این مرحله شامل جمع‌آوری داده‌هایی مربوط به زمین‌شناسی و سیماشناسی منطقه، اطلاعات پایه توپوگرافی بر اساس نقشه‌های موجود و گردآوری داده های ماهواره‌ای لندست، اسپات و ... می‌باشد[۱۵].

۲- موزائیک، تصحیح هندسی و قطعه بندی داده ها: داده های ماهواره‌ای در مرحله تصحیح هندسی[1]با توجه به نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ تصحیح شده و در قالب شبکه UTM مختصات قرار می‌گیرند. این تصحیحات بر اساس انتخاب تعدادی نقطه کنترل زمینی(GCP) بر روی نقشه توپوگرافی و مشابه یابی آن بر روی داده‌های ماهواره‌ای مورد نظر انجام می‌شود. در این عملیات با استفاده از روش‌های آماری لازم، خطاهای موجود بین مختصات تصویر و مختصات زمینی پدیده‌ها به حداقل می‌رسد. داده‌های موجود دیگر نیز بر اساس داده‌های ماهواره ای تصحیح شده، با روش مشابه یابی تصویر به تصویر تصحیح گردیده و بر اساس محدوده های مورد نیاز بریده و قطعه‌بندی می‌شوند[۱۵].

۳- تلفیق داده‌های ماهواره‌ای: در این مرحله به عنوان مثال، تصاویر تصحیح شده Spot(تک باند) و TM(سه باندی) برای بدست آوردن تصویر رنگی با قدرت تفکیک زمینی ۱۰ متر یا به عبارتی داشتن پیکسل‌های ۱۰متری ضمن حفظ کردن سطح رنگی، ترکیب و در سه کانال قرار داده می‌شوند[۱۵].

۴- تجزیه و تحلیل داده‌های تصویری و داده‌های رقومی: همانطور که می‌دانیم فن دورسنجی دارای دو جزء اساسی یعنی جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها است. بطورکلی تجزیه و تحلیل داده تصویری عبارت است از بررسی پدیده‌های موجود در تصویر و استخراج اطلاعات مورد نظر از آن طبق یک روال منطقی. عمل تجزیه و تحلیل داده تصویری توسط شخص متخصص را تعبیر و تفسیر[1] گویند که ممکن است به وسیله چشم مسلح یا به کمک ابزارهای ویژه و همچنین با استفاده از سایر مراجع اطلاعاتی صورت گیرد. امروزه علاوه بر استفاده از تکنیک ها و ابزارهای ویژه تعبیر و تفسیر داده‌های تصویری ماهواره‌ها، روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌های رقومی ماهواره‌های منابع زمینی به کمک کامپیوتر نیز کاربرد وسیعی یافته‌اند[۱۵].

۵- پردازش داده‌های ماهواره‌ای: مرحله پردازش تصاویر با بکارگیری روش‌های ویژه‌ای مانند افزایش کنتراست، فیلترینگ، عملیات بین تصاویر و روش ایجاد تصاویر رنگی انجام می‌گیرد[۱۵].

۶- تفسیر داده‌ها: با اعمال روش های گفته شده، تصاویر رنگی مختلفی ساخته می‌شوند که پدیده‌های گوناگون را با توجه به اهداف مطالعه، شناسایی می‌کنند. این شناسایی بر اساس عوامل مختلف مانند رنگ، بافت، شکل، توپوگرافی، الگوی آبراهه، موقعیت زمین‌شناسی و ... انجام می‌گیرد. لازم به ذکر است حاصل مطالعات دورسنجی تشکیل تصاویری است که تشخیص پدیده‌ها در آنها فقط به صورت بصری [3]بوده و بر اساس اهداف مطالعات باید تفکیک آنها با لایه‌های وکتوری یا گرافیکی در رنگ‌های مختلف صورت گیرد[۱۵].

---

[1] Interpretation
[3] Visual

۲-۳-۲- انواع طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

برای تعیین طبقات آب توسط داده‌ها می‌توانیم مناطقی که دارای ترکیب متفاوت یا تیپ مختلف آبی هستند دو نوع طبقه‌بندی مشخص می‌کنند، طبقه‌بندی نظارت شده(supervised classify) و طبقه‌بندی نظارت نشده (unsupervised classify) داریم. تفاوت این دو نوع طبقه‌بندی نبود نقش ما در ارایه الگو در نوع نظارت نشده دارد. به طور کلی آب بر اساس یک دید کلی دیده می‌شود که مثلا به طور احتمالی در ۵ طبقه عمده مشاهده می‌شود و بر اساس تقسیمات انجام شده دقت کار مشخص می‌گردد. ولی در طبقه‌بندی نظارت شده متخصص اطلاعات مناطق آبی را می‌شناسد و اطلاعات کلی از مناطق تصویر داردکه این اطلاعات را به صورت نمونه‌های تعلیمی به سیستم معرفی می‌کند.

در طبقه‌بندی به روش نظارت شده سه ستون input، training و output وجود دارد ولی در طبقه‌بندی نظارت نشده فقط input و output وجود دارد.

برای طبقه‌بندی کردن تصویر مراحل زیر باید طی شود[۲].

Classify → session → photo →new session →supervised or unsupervised

۲-۳-۳- کاربرد های مهم سنجش از دور

سنجش از دور در بسیاری از زمینه های علمی و تحقیقاتی کاربردهای گسترده ای دارد. از جمله کاربردهای فن سنجش از دور می توان به استفاده از آن در زمین شناسی، آب شناسی، معدن، شیلات و آبزیان، کارتوگرافی، جغرافیا، مطالعات زیست شناسی، مطالعات زیست محیطی، سیستم های اطلاعات جغرافیایی، هواشناسی، کشاورزی، جنگل‌داری، توسعه اراضی و به طورکلی مدیریت منابع زمینی اشاره کرد. اولین کاربرد آن نیز در علوم نظامی بوده است. تصاویر و داده‌های سنجش از دور می‌تواند تغییرات دوره‌ای پدیده‌های سطح زمین را نشان دهد و در مواردی چون بررسی تغییر مسیر رودخانه‌ها، تغییر حد و مرز پیکره‌های آبی چون دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها، تغییر مورفولوژی سطح زمین و غیره بسیار کارساز است. افزون بر این یک سیستم سنجش از دور با توجه به این که بر اساس ثبت تغییرات واختلاف‌های بازتابش الکترومغناطیسی از پدیده‌های مختلف کار می‌کند، می‌تواند حد و مرز پدیده‌های زمینی اعم از مرز انواع خاکها، سنگها، گیاهان، محصولات کشاورزی گوناگون را مشخص کند. سنجش از دور در پیش بینی وضع هوا و اندازه‌گیری میزان خسارت ناشی ازبلایای طبیعی،کشف آلودگی آبها و لکه‌های نفتی در سطح دریا، اکتشافات معدنی نیز کاربرد دارد. بدون شک استفاده از این فناوری در مطالعات اکتشافی و منابع طبیعی و سایر موارد مذکور نه تنها سرعت انجام مطالعات را بیشتر می‌کند، بلکه از نظر دقت و هزینه و نیروی انسانی نیز بسیار با صرفه تر است[۱۶،۹].

با گسترس روز افزون نیازهای انسان در زمینه غذایی و بهره برداری بیش از اندازه از منابع آبی و در کنار آن گسترش مناطق شهری و صنعتی و به دنبال آن بالا رفتن میزان آلودگی نیاز به روش‌های جدیدتری که بتواند با سرعت بالاتر و هزینه کمتری مدیریت لازم را جهت بهره برداری، حفاظت و ارزیابی منابع آبی انجام دهد احساس می‌شود. در این بین با گسترش علم سنجش از دور و برنامه های مدیریتی همچون GIS این نیاز تا حد زیادی مرتفع گردیده و به طور