جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی

نشریه شماره ۶۲۰

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

http://seso.moe.org.ir

۱۳۹۱

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۹۱/۱۰۸۵۴۷
	تاریخ: ۱۳۹۱/۱۲/۱۹

موضوع: دستورالعمل پایش کیفیت آب های زیرزمینی

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویبنامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۶۲۰ امور نظام فنی، با عنوان « **دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی** » از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۲/۰۵/۱ اجباری است.

بهروز مرادی

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

٤- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email:info@nezamfanni.ir **web:** nezamfanni.ir/

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

منابع آب زیرزمینی حدود یک سوم منابع آب کشور است، لیکن این منابع تامین کننده حدود ۵۰ درصد مصارف آب کل کشور می‌باشد. در بسیاری از نقاط شهری و روستایی کشور آب‌های زیرزمینی تنها تامین کننده آب است.

عدم آگاهی از وضعیت کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌تواند مشکلاتی را برای مدیریت منابع آب از نظر وضعیت بهداشتی و سلامت مردم و هم‌چنین توسعه‌های مورد نیاز در هر منطقه ایجاد نماید، لذا آگاهی از وضعیت کیفیت آب‌های زیرزمینی، تغییرات و کنترل آن یکی از نیازهای مدیریتی بوده و بسیار حایز اهمیت می‌باشد.

در این راستا و با توجه به برنامه‌های مصوب آب کشور، توسعه و تجهیز شبکه‌های آماربرداری از منابع آب کشور از نظر کمی و کیفی و ایجاد و توسعه شبکه‌های اندازه‌گیری منابع آلوده کننده آب و تقویت مبانی مدیریت کیفی آب، مستلزم نظام‌مند نمودن این مهم بر طبق استانداردها و ضوابط مربوط می‌باشد.

باتوجه به اهمیت کیفیت منابع آب زیرزمینی و هم‌چنین کافی نبودن دستورالعمل‌های قبلی موجود در زمینه پایش کیفیت مذکور، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه نشریه «دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی» را با هماهنگی امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور در دستور کار قرار داد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی اجرایی کشور به این معاونت ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب ۴۲۲۳۹/ت ۳۳۴۹۷ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

نشریه حاضر با هدف افزایش صحت برنامه‌های اندازه‌گیری و پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی، یکسان‌سازی روش‌ها و اطمینان از اطلاعات پایش و امکان مقایسه آنها با هم و پیشگیری از موازی کاری و فعالیت‌های غیرصحیح تدوین شده است.

بدین‌وسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت رییس امور نظام فنی جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان محترم امورنظام فنی و نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس محمد ابراهیم‌نیا و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزدمنان توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران را آرزومند می‌باشد.

امیداست متخصصان و کارشناسان با ابراز نظرات خود درخصوص این نشریه ما را در اصلاحات بعدی یاری فرمایند.

معاون نظارت راهبردی

زمستان ۱۳۹۱

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی (نشریه شماره ۶۲۰)

مجری: دانشگاه تربیت مدرس

مولف اصلی: نادر نجمی	شرکت مهندسی ایمن محیط اسپادانا	فوق‌لیسانس محیط زیست

اعضای گروه تهیه‌کننده:

محمد ساکی‌زاده	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس مهندسی محیط زیست
نادر نجمی	شرکت مهندسی ایمن محیط اسپادانا	فوق‌لیسانس محیط زیست
سیدحسین هاشمی	دانشگاه شهید بهشتی	دکترای مهندسی محیط زیست

اعضای گروه نظارت:

عبدالوحید آغاسی	دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی	دکترای منابع آب
عالیه ثابت‌رفتار	کارشناس آزاد	دکترای علوم محیط زیست
مهین کاظم‌زاده	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور – وزارت نیرو	لیسانس مهندسی راه و ساختمان

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی محیط زیست طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

کامران اسماعیلی	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق‌لیسانس مهندسی عمران – محیط زیست
محمدعلی حامدی	شرکت مهندسین مشاور رویان	دکترای برنامه‌ریزی توسعه منطقه‌ای
جواد حسن‌نژاد	شرکت مدیریت منابع آب ایران	فوق‌لیسانس مدیریت محیط زیست
بهروز دهزاد	دانشگاه شهید بهشتی	دکترای اکولوژی آب‌های داخلی
نادیا روستایی	سازمان حفاظت محیط زیست	فوق‌لیسانس مهندسی شیمی
الهام رسولپور	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور– وزارت نیرو	فوق‌لیسانس برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست
محمد محمدی	دانشگاه جامع علمی‌کاربردی	دکترای ارزیابی و آمایش محیط زیست
سیدرضا یعقوبی	شرکت اندیشه زلال	فوق‌لیسانس مهندسی محیط زیست

اعضای گروه هدایت و راهبردی پروژه:

خشایار اسفندیاری	رییس گروه امور نظام فنی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی
ساناز سرافراز	کارشناس منابع آب امور نظام فنی

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول- کلیات	**۳**
۱-۱- مفاهیم و تعاریف	۵
۱-۱-۱- پایش کیفیت آب	۵
۱-۱-۲- آلودگی	۵
۱-۱-۳- آلاینده	۵
۱-۱-۴- منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای	۵
۱-۲- الزامات و اهداف حفاظت آب زیرزمینی	۵
۱-۲-۱- ساختار برنامه پایش	۶
۱-۲-۲- اهداف پایش	۷
۱-۳- مشکلات کیفیت منابع آب زیرزمینی در ایران و نحوه تعیین اهداف برنامه پایش	۹
فصل دوم- طراحی برنامه پایش کیفیت منابع آب زیرزمینی و عوامل موثر بر آن	**۱۱**
۲-۱- کلیات	۱۳
۲-۱-۱- مدل مفهومی	۱۳
۲-۲- تعیین مقیاس، عمق و محدوده مطالعات	۱۴
۲-۲-۱- تعیین مقیاس	۱۴
۲-۲-۲- تعیین محدوده مطالعات	۱۶
۲-۳- بررسی اولیه سوابق و مطالعات انجام شده	۱۹
۲-۴- بررسی اطلاعات و داده‌های کاربری آب زیرزمینی	۱۹
۲-۵- بررسی وضعیت کمی آبخوان	۱۹
۲-۶- بررسی مطالعات ژئوهیدرولوژی، زمین‌شناسی (تعیین سازندها و عوامل طبیعی موثر بر کیفیت شیمیایی آب)	۱۹
۲-۷- فرایندهای تاثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی	۲۰
۲-۸- منابع آلاینده آب‌های زیرزمینی در ایران	۲۲
۲-۹- آلاینده‌های آب، اثرات و منشا آنها	۲۳
۲-۱۰- شناسایی، بررسی، ارزیابی و اولویت‌بندی منابع آلاینده	۲۳
۲-۱۱- ارزیابی پتانسیل نفوذ آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی در ناحیه اشباع و غیراشباع	۲۴
۲-۱۱-۱- تعیین شعاع جانبی تاثیر	۲۵
۲-۱۲- روش تعیین آسیب پذیری ذاتی دشت‌ها	۲۶

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۱۳- پارامترهای پایش	۲۶
۲-۱۳-۱- تعیین حداقل پارامترهای لازم	۲۶
۲-۱۴- پارامترهای متاثر از منابع آلاینده	۲۸
۲-۱۵- پارامترهای معمول برای ارزیابی بلند مدت کیفیت آب زیر زمینی	۳۰
۲-۱۵-۱- انواع پایش زوال طبیعی	۳۱
۲-۱۶- بازده زوال طبیعی	۳۱
۲-۱۷- ایستگاه‌های پایش (شبکه نمونه‌برداری)	۳۲
۲-۱۷-۱- انتخاب تعداد نقاط نمونه‌برداری	۳۲
۲-۱۷-۲- مکان‌یابی ایستگاه‌های پایش	۳۳
۲-۱۸- تواتر پایش	۳۶
۲-۱۹- بررسی و برآورد منابع مورد نیاز (مالی، نیروی انسانی و تدارکات)	۳۶
۲-۲۰- سایر مشخصات برنامه‌های پایش پیشنهادی	۳۹
۲-۲۰-۱- نمونه‌برداری و اندازه‌گیری	۳۹
۲-۲۰-۲- روش نمونه‌برداری	۳۹
۲-۲۰-۳- تجهیزات نمونه‌برداری	۴۰
۲-۲۰-۴- ثبت مشاهدات میدانی	۴۰
۲-۲۰-۵- نگهداری نمونه‌ها	۴۱
۲-۲۰-۶- حمل نمونه‌ها	۴۱
۲-۲۱- تضمین کیفیت و کنترل کیفیت در نمونه‌برداری	۴۲
۲-۲۱-۱- زنجیره ثبت اطلاعات	۴۲
فصل سوم- ایمنی	**٤٥**
۳-۱- ایمنی در فعالیت‌های میدانی	۴۷
فصل چهارم- نحوه ثبت و نگهداری اطلاعات میدانی و نتایج اندازه‌گیری میدانی و آزمایشگاهی	**٤٩**
۴-۱- کاربرگ‌های ثبت اطلاعات میدانی و نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی و آزمایشگاه	۵۱
فصل پنجم- عملیات آزمایشگاهی و نکاتی درخصوص بهره‌برداری، ایمنی تجهیزات، آزمایش، واسنجی، نیروی انسانی و داده‌های مورد نیاز	**۵۵**
۵-۱- دریافت نمونه توسط آزمایشگاه	۵۷
۵-۲- روش انجام آزمایش‌ها	۵۷

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۳- برخی نکات کلیدی در خصوص بهره‌برداری، ایمنی تجهیزات، آزمایش، واسنجی، نیروی انسانی و داده‌های مورد نیاز	۵۸
فصل ششم- تجزیه و تحلیل داده‌ها و گزارش‌دهی	**۵۹**
۶-۱- کلیات	۶۱
۶-۲- بررسی داده‌ها	۶۱
۶-۳- بررسی کیفیت و اعتبار داده‌ها	۶۲
۶-۳-۱- تشخیص نوع داده‌ها	۶۲
۶-۳-۲- اعتبار سنجی داده‌ها	۶۳
۶-۴- تحلیل داده‌ها	۶۴
۶-۴-۱- روش‌های آماری پارامتریک و غیر پارامتریک	۶۵
۶-۴-۲- روش‌های ترسیمی برای ارزیابی رفتار پلوم آلاینده‌ها	۶۵
۶-۴-۳- روش‌های آماری برای ارزیابی رفتار پلوم	۶۸
۶-۵- آزمون‌های روند	۶۹
۶-۵-۱- محاسبه روند با استفاده از رگرسیون خطی	۷۰
۶-۵-۲- آزمون اختلاف بین گروه های داده	۷۰
۶-۶- مقایسه داده‌ها با استانداردها/ معیارهای کیفیت آب	۷۱
۶-۷- محاسبه و ارزیابی شاخص‌های کیفیت آب	۷۱
فصل هفتم - ارائه داده‌ها و اطلاعات	**۷۳**
۷-۱- کلیات	۷۵
۷-۲- جدول‌های داده‌ها و اطلاعات	۷۵
۷-۳- نمودارهای داده‌ها و اطلاعات	۷۵
۷-۳-۱- نمودار جعبه‌ای	۷۶
۷-۳-۲- نمودار توزیعی	۷۶
۷-۳-۳- نمودار پروفیل	۷۷
۷-۳-۴- نمودار استیف	۷۷
۷-۳-۵- نمودار ستاره	۷۸
۷-۳-۶- نمودار پایپر	۷۹
۷-۴- تهیه و ارائه گزارش	۸۰
۷-۴-۱- ساختار پیشنهادی برای تهیه گزارش‌ها	۸۱

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۷-۵- ارائه پیشنهادات و راهکارها با توجه به حساسیت‌های مختلف محلی، منطقه‌ای یا ملی	۸۲
فصل هشتم - نحوه ثبت داده‌ها در بانک داده‌ها	**۸۳**
۸-۱- کلیات	۸۵
۸-۲- نگهداری داده‌ها و اطلاعات	۸۵
۸-۳- نحوه به روز نگهداری داده‌ها و اطلاعات	۸۶
۸-۴- بررسی و نحوه گردش اطلاعات و تدوین چارچوب تشکیلاتی تبادل داده‌ها بین زیرمجموعه‌های وزارت نیرو با زیرمجموعه‌های سازمان حفاظت محیط زیست	۸۶
فصل نهم - بازنگری برنامه پایش و اصلاح شبکه پایش	**۸۷**
۹-۱- کلیات	۸۹
۹-۲- تغییر ایستگاه‌ها	۸۹
۹-۳- تغییر در پارامترها	۸۹
۹-۴- پایش و ارزشیابی شبکه‌های پایش در سطوح مختلف محلی، منطقه‌ای و ملی	۹۰
منابع و مراجع	**۹۱**

فهرست جدول‌ها و کاربرگ‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۲-۱- ویژگی‌های ارزیابی با مقیاس گسترده واحدهای هیدروژئولوژیک	۱۵
جدول ۲-۲- ویژگی‌های ارزیابی با مقیاس گسترده اثر کاربری زمین	۱۵
جدول ۲-۳- ویژگی‌های ارزیابی با مقیاس محلی کیفیت آب زیرزمینی	۱۶
جدول ۲-۴- فرایندهای غالب موثر بر انتقال و سرنوشت آلاینده‌ها و اثرات بالقوه آنها بر ترکیب آب زیرزمینی	۲۱
جدول ۲-۵- پارامترهای تیپ شناسی یک آبخوان بر اساس ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی و سرنوشت و رفتار آلاینده‌ها در آب زیرزمینی	۲۲
جدول ۲-۶- اولویت‌بندی منابع آلاینده برای هر آلاینده بر اساس بار آلودگی، غلظت آلاینده، نحوه تخلیه و مدت زمان تخلیه	۲۴
جدول ۲-۷- فهرست پارامترهای عمومی پایش کیفیت آب زیرزمینی	۲۶
جدول ۲-۸- شاخص‌های کلیدی پیشنهادی در ارتباط با نوع پایش و موضوعات مربوط	۲۸
جدول ۲-۹- پارامترهای شاخص بر اساس نوع منبع آلاینده	۲۸
جدول ۲-۱۰- پارامترهای کیفیت آب پیشنهادی در پایش سازگاری برای کاربری‌های مختلف آب زیرزمینی	۲۹
جدول ۲-۱۱- پارامترهای ارزیابی بازدهی بلندمدت زوال طبیعی در آب زیرزمینی	۳۱

omoorepeyman.ir

فهرست جدول‌ها و کاربرگ‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۲-۱۲- آنالیزهای تکمیلی برای ارزیابی بازده بلند مدت زوال طبیعی در آب زیر زمینی	۳۲
جدول ۲-۱۳- حداقل تواتر پیشنهادی برای پایش کیفیت آب زیرزمینی	۳۶
جدول ۲-۱۴- نیروی انسانی موردنیاز برای پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی	۳۸
کاربرگ ۴-۱- فرم مشخصات ایستگاه نمونه‌برداری	۵۱
کاربرگ ۴-۲- اندازه گیری پارامترهای میدانی	۵۲
کاربرگ ۴-۳- اندازه‌گیری پارامترهای آزمایشگاهی	۵۳
جدول ۷-۱- نتایج و اطلاعات آماری پایش کیفیت آب	۸۰

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار ۱-۱- الگوریتم برنامه پایش و روابط بین آنها	۷
شکل ۲-۱- مارپیچ مدل مفهومی	۱۳
نمودار ۲-۱- نمودار جریان طراحی سیستم پایش و نحوه تعیین محدوده پایش هدف	۱۸
نمودار ۲-۲- فرایند انتخاب پارامترهای پایش کیفیت آب زیرزمینی	۲۷
شکل ۶-۱- نمایش رفتار پلوم محلول با روندهای غلظت در طول زمان برای ایستگاه‌های پایش در همسایگی منبع، وسط پلوم و نقاط دور پلوم	۶۵
شکل ۶-۲- نقشه‌های هم غلظت نشان‌دهنده توزیع آلاینده در زمان های مختلف	۶۶
شکل ۶-۳- موقعیت نمونه‌برداری در سطح و عمق برای تغییرات زمانی و فضایی غلظت آلاینده‌ها	۶۷
نمودار ۶-۱- نمودار تغییرات غلظت آلاینده در یک ایستگاه با زمان و در نیمرخ پایین	۶۸
نمودار ۷-۱- مثالی از یک نمودار جعبه‌ای	۷۶
نمودار ۷-۲- مثالی از یک نمودار توزیعی	۷۶
نمودار ۷-۳- مثالی از یک نمودار پروفیل	۷۷
نمودار ۷-۴- مثالی از نمودار استیف	۷۸
نمودار ۷-۵- مثالی از یک نمودار ستاره	۷۸
نمودار ۷-۶- مثالی از یک نمودار پایپر	۷۹

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

آب یکی از اجزای حیاتی زندگی است که برای بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی ضروری است. بر اساس داده‌های منتشره حدود سه درصد از آب موجود در کره زمین آب شیرین می‌باشد و فقط ۰/۳۶ درصد آن قابل استفاده می‌باشد. آب زیرزمینی در واقع فراوان‌ترین منبع قابل دسترس آب شیرین در دنیا است که ۹۷ درصد منابع آب شیرین دنیا را (بجز یخ‌های قطبی و یخچال‌ها) تشکیل می‌دهد و گاهی ثروت پنهان نامیده می‌شود که وجود و اهمیت آن به خوبی شناخته نشده است، در نتیجه اقدامات لازم برای حفاظت و مدیریت آن با روش‌هایی از لحاظ زیست محیطی پایدار، یا انجام نمی‌شود یا بسیار دیر انجام می‌شود و اغلب به هنگام وقوع خشکسالی در برخی مناطق، اهمیت آن بیش‌تر مشخص می‌شود.

در گذشته تصور می‌شد خاک‌ها و سنگ‌های روی پهنه‌های آب زیرزمینی حفاظت کافی برای کیفیت آب زیرزمینی را فراهم می‌کنند. ولی پژوهش‌های علمی و بررسی‌ها نشان داده است که آلاینده‌ها می‌توانند از درون خاک و ناحیه غیر اشباع نفوذ کرده و وارد آب زیرزمینی شوند. هنگامی که آب زیرزمینی آلوده می‌شود، در بسیاری از مواقع ده‌ها سال یا بیش‌تر طول می‌کشد تا آلودگی رفع شده و آب کیفیت مطلوب خود را بازیابد. دلیل این موضوع زمان ماند بسیار طولانی آب به دلیل حرکت آهسته آن از میان زمین و نرخ پایین فرایندهای زوال آلاینده‌ها است [۱].

ارزیابی و پایش کیفیت آب زیرزمینی همواره چالشی مهم می باشد که با مشکلات ویژه‌ای همراه است. در واقع درک این موضوع که در زیرزمین چه چیزی در حال رخ دادن است، کار دشواری است. با وجود اهمیت منابع آب زیرزمینی برای تامین آب و نقش کلیدی آنها در پایداری برخی اکوسیستم‌های آبی، بسیاری از دولت‌ها در زمینه سرمایه‌گذاری برای پایش و حفاظت آن و تدوین قوانین مناسب کوتاهی می‌کنند.

آب زیرزمینی، یک ذخیره مهم آب برای کاربردهای مختلف به شمار می‌رود. متاسفانه برای دهه‌ها و شاید قرن‌ها به دلیل دفع نامناسب زایدات جامد و مایع در محیط زیست بخشی از آب‌های زیرزمینی آلوده شده‌اند.

به هنگام بررسی و پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی تشخیص موارد زیر می‌تواند مطرح باشد:

- آیا آب زیرزمینی تحت تاثیر فعالیت‌های آلوده‌کننده بالقوه و بار آلودگی ورودی از سطح زمین قرار دارد؟
- وضعیت موجود و روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی چگونه است؟
- آلاینده‌ها تا چه عمقی در زیرزمین و محدوده‌ای در سطح آبخوان گسترش یافته‌اند؟
- آیا کیفیت آب برای کاربری‌های تعیین شده مناسب است؟

- هدف

هدف از تهیه این دستورالعمل بیان چارچوب، ساختار، اجزا، روش‌ها و سایر ملاحظات اساسی برای پایش کیفیت منابع آب زیرزمینی می‌باشد.

omoorepeyman.ir

- دامنه کاربرد

گستره این دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی کشور بوده و به‌عنوان معیار و ضابطه‌ای برای این‌گونه طرح‌ها کاربرد دارد.

مهم‌ترین کاربرد این دستورالعمل برای ارگان‌ها و سازمان‌هایی است که مسوولیت برنامه‌ریزی، کنترل و نظارت بر کیفیت منابع آب زیرزمینی کشور را عهده‌دار می‌باشند.

omoorepeyman.ir

فصل ۱

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- مفاهیم و تعاریف

۱-۱-۱- پایش کیفیت آب[1]

فرایند برنامه‌ریزی شده نمونه‌برداری، سنجش ویژگی‌های کیفی نمونه‌ها و ثبت نتایج یا ارسال آنها یا (هر دو) است که اغلب با هدف تایید ارزیابی کیفیت آب برای مقاصد مشخص می‌باشد [۲].

نکته: تایید ارزیابی، تعیین وضعیت یا روند نیازمند تحلیل داده‌ها و تولید اطلاعات است، بنابراین تحلیل داده‌ها یک بخش اساسی پایش می‌باشد.

۱-۱-۲- آلودگی[2]

براساس آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب (مصوبه شماره ۱۸۲۴۱/ ت ۷۱ ه مورخ ۱۳۷۳/۳/۱۶ هیات وزیران)، آلودگی آب یعنی «تغییر مواد محلول یا معلق یا درجه حرارت و دیگر خواص فیزیکی و شیمیایی و زیستی آب در حدی که آن را برای مصرفی که برای آن مقرر است مضر یا غیرمفید سازد.»

۱-۱-۳- آلاینده[3]

براساس آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب (مصوبه شماره ۱۸۲۴۱/ ت ۷۱ ه مورخ ۱۳۷۳/۳/۱۶ هیات وزیران)، آلوده‌کننده آب یعنی «هر نوع مواد یا عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی که باعث آلودگی آب شده یا به آلودگی آن بیافزاید.»

۱-۱-٤- منابع آلاینده نقطه‌ای[4] و غیرنقطه‌ای[5]

منابع آلاینده نقطه‌ای منابعی هستند که از یک محل مشخص به محیط پذیرنده وارد می‌شوند و به راحتی قابل شناسایی هستند مانند فاضلاب خروجی صنایع، نیروگاه‌ها یا تصفیه‌خانه فاضلاب شهری. منابع آلاینده غیرنقطه‌ای منابعی هستند که محل ورود آنها به طبیعت از طریق یک گستره کم و بیش مشخص می‌باشد و به‌طور معمول به صورت زه‌آب یا روان‌آب می‌باشند. از جمله این منابع شامل زمین‌های کشاورزی، مناطق جنگل زدایی شده، معادن، جاده‌ها و مناطق شهری می‌باشند.

۱-۲- الزامات و اهداف حفاظت آب زیرزمینی

قوانین متعددی برای حفاظت آب‌های زیرزمینی در ایران و دنیا وجود دارند که به منظور حفاظت از محیط زیست و کنترل فعالیت‌های انسانی وضع شده اند.

1- Water Quality Monitoring
2- Pollution
3- Pollutant
4- Point Souce
5- Non-Point Source

omoorepeyman.ir

براساس قوانین جامعه اروپا در زمینه حفاظت، هدف اصلی دستیابی به وضعیت خوب[1] برای همه پهنه‌های آب زیرزمینی و اطمینان از عدم تخریب این منابع در آینده می‌باشد. منظور از وضعیت خوب عبارت است از[2]:

«ترکیب آب زیرزمینی به گونه‌ای باشد که آلاینده‌ها، اثرات شوری یا سایر تداخل‌ها (به صورت تغییر در هدایت الکتریکی) در پهنه آب زیرزمینی مشاهده نشود، از استانداردهای کیفیت قابل استفاده برای آن پهنه آبی تخطی نکند و منجر به عدم دستیابی به اهداف زیست محیطی جامعه اروپا برای آب‌های سطحی وابسته نشود، هیچ کاهش عمده‌ای در کیفیت اکولوژیکی یا شیمیایی چنین پهنه‌های آبی مشاهده نشود، یا خسارت عمده به اکوسیستم‌های خاکی که به طور مستقیم به پهنه آب زیرزمینی وابسته‌اند، وارد نشود».

سایر اهداف حفاظت از آب زیرزمینی که توسط جامعه اروپا تدوین شده‌اند، عبارتند از جلوگیری یا محدود کردن ورود آلاینده‌ها و انجام اقدامات لازم برای کاهش قابل توجه و پایدار غلظت آلاینده‌ها [۱].

یکی از اجزای اصلی در تهیه و اجرای سیاست های مناسب و استراتژی های مدیریتی برای کیفیت آب زیرزمینی داشتن مستندات و مدارک خوب است. این مستندات می‌توانند از منابع مختلفی به دست آیند، اما اساسی ترین مدارک از پایش موثر آب زیرزمینی به دست می آیند. پایش می‌تواند موارد زیر را توضیح دهد:

- توصیف ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی
- تعیین وجود و توزیع مکانی آلاینده‌ها
- تعیین روند غلظت آلاینده‌ها و مواد طبیعی در طول زمان
- سنجش اثر بخشی اقدامات جلوگیری‌کننده یا محدودکننده

پایش می‌تواند در مقیاس‌های مختلفی انجام شود، با این وجود، همه فعالیت‌های پایش باید به صورت مکمل در نظر گرفته شوند و مستندات برای تعیین ویژگی‌های همه عناصر رابطه منبع- مسیر- کاربر[3] را در برگیرد.

۱-۲-۱- ساختار برنامه پایش

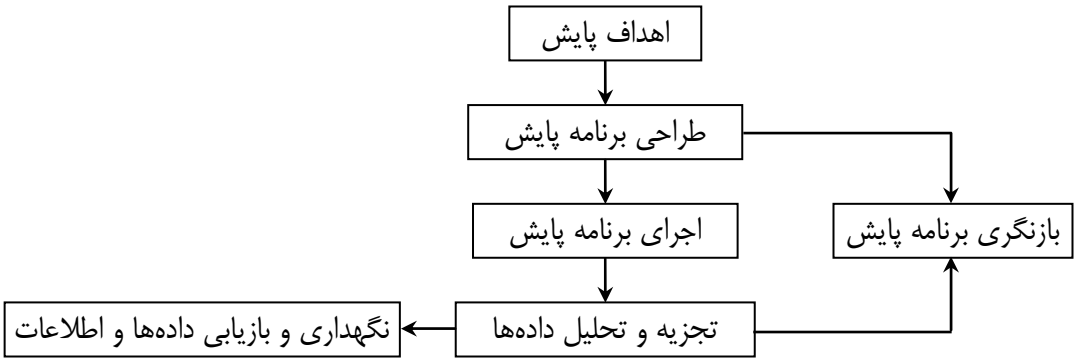
ساختار برنامه پایش باید در بر گیرنده همه موضوع‌های اساسی در پایش باشد. به‌عبارتی برنامه پایش باید به سوالات اساسی زیر پاسخ دهد:

- چرا پایش انجام می‌شود؟
- چه چیزهایی پایش می‌شود؟
- چگونه باید پایش انجام شود؟
- چه زمانی باید پایش انجام شود؟
- کجا باید پایش شود؟
- چه کسی باید پایش کند؟

نمودار (۱-۱) جریان برنامه اجرایی پایش و اجزای اصلی برنامه پایش را نمایش می‌دهد.

1- Good Status
2- Water Framework Directive (WFD), Annex V. 2.3.2
3- Source-Pathway-Receptor

omoorepeyman.ir



نمودار ۱-۱- الگوریتم برنامه پایش و روابط بین آنها

۱-۲-۲- اهداف پایش

طراحی برنامه‌های پایش و فعالیت‌ها باید بر اساس اهداف مشخص و از پیش معین باشند. به طور معمول این برنامه‌ها با تهیه یک طرح مطالعاتی همراه هستند که در آن اهداف برنامه پایش، محدوده مطالعاتی و مدل/ درک مفهومی ارائه می‌شود. یک برنامه پایش ممکن است یک یا چند هدف داشته باشد. مهم‌ترین اهداف پایش عبارتند از:

- بررسی وضعیت پایه آب
- بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای کاربری‌های مختلف (برای مثال شرب)
- به دست آوردن اطلاعاتی در خصوص فرایندهای هیدروژئولوژیکی منطقه
- ارزیابی تاثیر منابع آلاینده بر کیفیت آب زیرزمینی
- بررسی روندهای کوتاه مدت یا بلند مدت کیفیت آب زیرزمینی

مهم‌ترین انواع پایش با توجه به هدف عبارتند از:

- پایش وضعیت پایه[1]

هدف اصلی این پایش شناسایی شرایط پایه در سیستم آب است به عبارتی سطوح اولیه متغیرها/ پارامترها در منبع آب مشخص می‌شود. این پایش به منظور شناخت شرایط کیفیت آب در یک محدوده جغرافیایی معین انجام می‌شود، به همین دلیل بیش از آن که یک پایش کامل باشد یک فهرست برداری یا ارزیابی از وضع موجود است، زیرا تغییرات را در طول زمان نشان نمی‌دهد. این پایش اغلب در دشت‌هایی انجام می‌شود که اطلاعات کیفی در مورد آن وجود ندارد و تاکنون نمونه‌برداری و سنجش در آن انجام نشده است.

- پایش اثر[2]

ارزیابی تاثیر فعالیت‌های مختلف بر کیفیت آب و بررسی روند تاثیرپذیری محیط در اثر ورود آلاینده‌ها ناشی از فعالیت‌های انسانی و وقایع طبیعی هدف این پایش می‌باشد. پایش اثر به دو صورت کوتاه مدت و بلند مدت انجام می‌شود. پایش اثر کوتاه مدت اغلب

1- Baseline Monitoring
2- Impact Monitoring

omoorepeyman.ir

مواقعی انجام می‌شود که حادثه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی یا وقایع طبیعی رخ می‌دهد و ممکن است بر کیفیت آب اثر گذارد. پایش اثر بلند مدت، برای ارزیابی اثر فعالیت‌های انسانی یا طبیعی در یک دشت یا آبخوان انجام می‌شود.

در صورتی که هدف اجرای پایش بررسی اثرات یک طرح توسعه باشد، بهتر است پیش از اجرای طرح توسعه برنامه پایش وضعیت پایه انجام شود تا داده‌های مورد نیاز برای ارزیابی اثر فعالیت در زمان اجرای پروژه و پس از آن تولید شود.

نکته: بسیاری از روش‌های آزمایش یک حداقل سطح آشکارسازی دارند، بنابراین قادر نیستند بگویند یک ماده وجود دارد یا نه (غلظت برابر صفر). از طرفی اغلب محل پایش آب زیرزمینی نمی‌تواند به طور دقیق کنار محل ورود آلاینده باشد، بنابراین اندازه‌گیری حداکثر اثر روی کیفیت آب زیرزمینی امکان‌پذیر نیست [۳].

- پایش روند[1]

پایش روند برای تشخیص تغییرات احتمالی کیفیت آب در طول زمان تحت تاثیر عوامل مختلف، انجام می‌شود. اندازه‌گیری‌ها به طور مستمر و با فاصله زمانی مشخص انجام می‌شود تا محدوده و روند تغییرات یک پارامتر در طول زمان اغلب ۱۰ ساله یا بیشتر، مشخص شود. برای اطمینان از تشخیص صحیح روندها، لازم است برنامه پایش کمترین تغییر را در طول زمان داشته باشد و عناصر یا اجزای برنامه مانند محل ایستگاه‌ها، تناوب نمونه‌برداری، زمان نمونه‌برداری، روش‌های نمونه‌برداری و آنالیز و تجزیه و تحلیل آنها ثابت باشد [۴].

- پایش سازگاری[2]

هدف پایش سازگاری اطمینان از انطباق کیفیت آب با الزامات قانونی یا نیازمندی‌های کاربران آب می‌باشد. پایش سازگاری شامل شش مرحله می‌باشد:

- مراقبت یا نظارت[3]: بازرسی اولیه مانند مشاهدات میدانی به منظور کسب اطلاعات کلی پیش از ورود تجهیزات پایش به منطقه
- بازرسی[4]: مرور داده‌ها و اطلاعات قبلی، مشاهدات، نمونه‌برداری، آنالیز، مصاحبه و غیره در منطقه
- بررسی[5]: کامل تر از مرحله بازرسی است و در صورت احتمال وجود آلودگی جدی آب انجام می‌شود.
- بررسی سوابق[6]: بررسی همه داده‌ها و اطلاعات موجود جمع‌آوری شده از منطقه (اطلاعات می‌تواند از مجموع مراحل قبلی یا هرکدام از آنها به دست آمده باشد).
- جمع‌آوری اطلاعات موردنظر[7]: کسب اطلاعات دقیق تر درباره موضوع موردنظر یا شرایط محیطی
- اصلاح پایش سازگاری[8]: اصلاح مراحل قبلی

1- Trend Monitoring
2- Compliance Monitoring
3- Surveillance
4- Inspection
5- Investigation
6- Record Reviews
7- Targeted Information Gathering
8- Remediation Compliance Monitoring

omoorepeyman.ir

۱-۳- مشکلات کیفیت منابع آب زیرزمینی در ایران و نحوه تعیین اهداف برنامه پایش

سوابق و بررسی‌ها نشان می‌دهند مشکلات اصلی کیفیت منابع آب زیرزمینی کشور عبارتند از:

- **نامشخص بودن کیفیت منابع آب زیرزمینی:** در اغلب مناطق کشور اندازه‌گیری کمی یا کیفی آب‌های زیرزمینی انجام شده است. با این وجود اغلب این اندازه‌گیری‌ها پارامترهای محدودی مانند برخی آنیون‌ها و کاتیون‌ها را دربرمی‌گیرد و در بسیاری از مناطق داده‌های بسیار محدودی در زمینه سایر پارامترها مانند فلزات سنگین، سموم و هیدروکربورها وجود دارد. هم‌چنین در برخی مناطق اندازه‌گیری‌ها به صورت موردی یا در یک بازه زمانی کوتاه انجام شده است. بنابراین اطلاعات کافی در مورد شرایط پایه و روند تغییرات کیفیت آب در بسیاری از مناطق وجود ندارد.
- **افزایش شوری آب:** این مشکل در اغلب مناطق مشاهده می‌شود و مهم‌ترین دلیل آن افزایش برداشت آب و کاهش ذخایر آب زیرزمینی و کاهش نزولات جوی می‌باشد. برای بررسی کیفیت آب در این مناطق پایش روند و در صورت استفاده از آب زیرزمینی برای کاربری های مختلف پایش سازگاری باید انجام شود.

علاوه بر موارد بالا مشکلات متنوع دیگری اغلب به صورت محلی یا موردی موجب کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی شده است. از جمله می‌توان به وجود سازندهای زمین‌شناسی نامناسب مانند سازند گچساران، نشت هیدروکربورهای نفتی از پالایشگاه‌ها، انبارهای نفت و جایگاه‌های توزیع سوخت نظیر آلودگی آب‌های زیرزمینی جنوب تهران بر اثر نشت نفت از پالایشگاه تهران، توسعه ناکافی تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و در نتیجه آلودگی منابع آب زیرزمینی به نیترات در شهرهایی مانند اراک، مشهد و تهران ناشی از تخلیه فاضلاب به چاه‌های جذبی، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات و ورود آنها به منابع آب زیرزمینی و در انتها تخلیه پساب‌های صنعتی اشاره کرد.

بدین ترتیب با توجه به نوع مشکلات و مسایل مربوط به کیفیت منابع آب زیرزمینی ممکن است اهداف مختلفی مانند آنچه در بخش اهداف پایش (بند ۱-۲) ذکر شد یا بجز آن تعریف و بر اساس آن برنامه طراحی و به اجرا گذاشته شود.

برای تعیین هدف/ اهداف برنامه پایش باید به این سوال پاسخ گفت:

- چه سوال یا مشکلی به وجود آمده است که برای پاسخ‌گویی به آن نیاز به پایش است؟

مثال‌های زیر می‌توانند به درک این موضوع کمک کنند:

سوال/ مشکل	نوع پایش پیشنهادی
آیا فعالیت‌های صنعتی در منطقه کیفیت آب زیرزمینی را تحت تاثیر قرار داده است؟	پایش اثر
آیا به دلیل تغییرات آب و هوایی کیفیت آب زیرزمینی در حال تغییر است؟	پایش روند
آیا کیفیت آب زیرزمینی برای کاربری شرب مناسب است؟	پایش سازگاری

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۲

طراحی برنامه پایش کیفیت منابع آب زیرزمینی و عوامل موثر بر آن

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱- کلیات

پس از تعیین هدف/ اهداف برنامه پایش باید طراحی برنامه پایش انجام شود. بدین منظور لازم است تا در ابتدا یک مدل مفهومی از سیستم آب زیرزمینی، آلاینده‌های آن و عوامل و فرایندهای تاثیر گذار بر آنها تهیه شود.

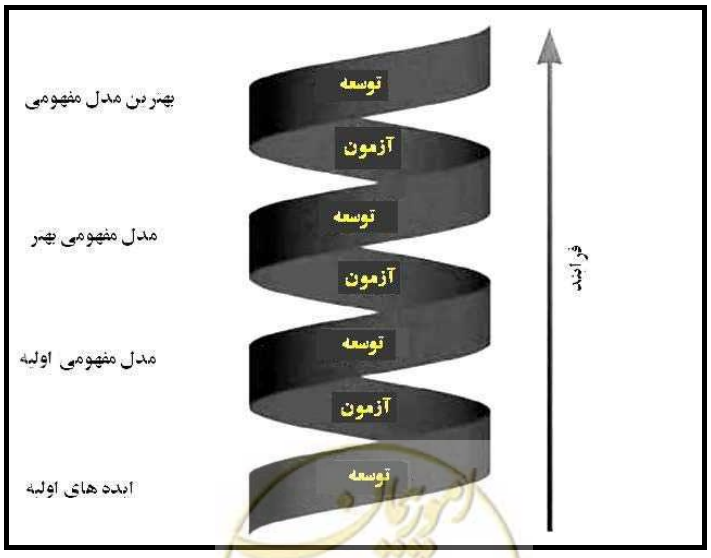
۲-۱-۱- مدل مفهومی

آبخوان‌ها و پهنه‌های آب زیرزمینی سیستم‌های سه‌بعدی پیچیده‌ای هستند. بنابراین برای ارزیابی مناسب و مدیریت مخاطرات ناشی از فعالیت‌های مرتبط با کیفیت آب زیرزمینی در سطح زمین، درک سیستم آب زیرزمینی و این که چگونه رفتار می‌کند و چگونه با محیط آبی در سطح اندرکنش دارد، بسیار مهم است. پیش‌بینی رفتار آلاینده‌ها همان طور که از منبع به طرف کاربران/ استفاده‌کنندگان حرکت می‌کنند، با فهم فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی که بر روی آنها تاثیر می‌گذارند، آسان‌تر خواهد بود. این موضوع به عنوان درک مفهومی یا مدل مفهومی شناخته می‌شود [۵]. این درک کلید مدیریت سیستم‌های آب زیرزمینی است.

توجه به این نکته مهم است که مدل مفهومی الزاما همراه با شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای ریاضی یا تحلیلی نیست، گرچه در موقعیت‌های پیچیده ممکن است این سطح از ارزیابی نیاز باشد. در بیش‌تر حالت‌ها یک توصیف به نسبت ساده یا توصیف بصری سه‌بعدی سیستم آب زیرزمینی و رابطه آن با منابع، مسیرها و دریافت‌کننده‌ها کفایت می‌کند.

بدین ترتیب مدل مفهومی بیانی ساده از سیستم آب زیرزمینی است که می‌تواند شامل اطلاعاتی درباره زمین‌شناسی، مسیرهای جریان آب زیرزمینی، کیفیت پایه آب زیرزمینی، منابع آلاینده (حجم‌ها و غلظت‌ها برای هر تخلیه)، روش‌های تخلیه، دریافت‌کننده‌ها، به علاوه هر فرایند انتقال و سرنوشت احتمالی تاثیرگذار روی آلاینده‌ها باشد. پس از تهیه مدل مفهومی انجام هر گونه ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی امکان‌پذیر است [۱].

به منظور افزایش دقت مدل مفهومی می‌توان اطلاعات گردآوری شده را آزمود تا مشخص شود آیا فرض‌ها درباره چگونگی عملکرد واقعی سیستم آب زیرزمینی درست هستند یا خیر و به دنبال آن مدل مفهومی می‌تواند بازنگری شود و بهبود یابد (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱- مارپیچ مدل مفهومی [۱]

omoorepeyman.ir

کلیدی‌ترین مواردی که باید در مدل مفهومی در نظر گرفت عبارتند از:

- طبیعت فیزیکی، شیمیایی و زیستی تخلیه‌ها یا منابع آلاینده
- ویژگی‌های هیدرولوژیکی و کیفی آبخوان
- فرایندهای زیرسطحی مانند ترقیق و زوال که هنگام حرکت رو به پایین آلاینده‌ها به سمت آبخوان یا بـه همـراه جریـان آب زیرزمینی بر آن اثر می‌گذارند.
- موقعیت همه کاربران و رابطه آنها با جریان آب زیرزمینی
- استانداردها/ معیارهای محیط زیستی (برای کیفیت آب) که برای کاربر آب قابل استفاده هستند.

مهم‌ترین کاربری هایی کـه بایـد مـورد توجـه قـرار گیرنـد، عبارتنـد از شـرب، صـنعت، کشـاورزی، پهنـه‌هـای آب سـطحی و اکوسیستم‌های خاکی وابسته به آب زیرزمینی مانند تالاب‌هایی که به وسیله پهنه‌های آب زیرزمینی تغذیه می‌شوند [۱].

۲-۲- تعیین مقیاس، عمق و محدوده مطالعات

۲-۲-۱- تعیین مقیاس مطالعات

برنامه‌های پایش می‌توانند در دو مقیاس محلی[1] که در آن یک یا چند چاه و محیط بلافصل آن را در نظـر مـی‌گیرنـد و مقیـاس گسترده[2] که در آن یک یا چند واحد هیدروژئولوژیک مدنظر است، اجرا شوند. انتخاب مقیاس مناسب برای پایش بـه هـدف/ اهـداف پایش بستگی دارد. هم چنین انتخاب محدوده پایش هدف، از مهم‌ترین گام‌ها در طراحی برنامه پایش است. مفهوم «محدوده پـایش هدف» برای هدایت پایشگر به سمت انتخاب ایستگاه‌ها/ چاه‌ها و عمق‌هایی که بیش‌ترین احتمال دستیابی بـه داده‌هـای مـورد نیـاز برای رسیدن به هدف پایش در آنها وجود دارد، به‌کار می‌رود [۶].

نکته: به هنگام تهیه برنامه پایش «مقیاس پروژه» نباید برای تعیین سطح بودجه و حجم کارها در نظر گرفته شود.

ارزیابی‌های با مقیاس گسترده برای بررسی وجود و توزیع پارامترهای کیفیت آب در واحـدهای هیـدروژئولوژیک و ارزیـابی تـاثیر کاربری زمین بر کیفیت آب زیرزمینی به‌کار می‌روند.

ارزیابی کیفیت آب در واحدهای هیدروژئولوژیک به طور معمول با پوشش فضایی گسترده و تعداد زیاد پارامترها شناخته می‌شوند. هدف این بررسی‌ها تهیه مستندات برای آلاینده‌های طبیعی و انسان ساخت است که در نمونه‌هـای آب یـک واحـد هیـدروژئولوژیک وجود دارند و شاخصی از غلظت و موقعیت جغرافیایی آنها را به دست می‌دهد. جـدول (۲-۱) ویژگـی‌هـای ارزیـابی‌هـای بـا مقیـاس گسترده واحدهای هیدروژئولوژیک را نشان می‌دهد [۶].

1- Local Scale
2- Broad Scale

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱- ویژگی‌های ارزیابی با مقیاس گسترده واحدهای هیدروژئولوژیک [٦]

ویژگی	توضیحات
هدف عمومی	تهیه داده‌های وضعیت موجود با بررسی گسترده کیفیت آب در یک یا چند واحد هیدروژئولوژیک هدف (توزیع فضایی اجزای کیفی).
محدوده هدف برای نمونه‌برداری	اغلب یک یا چند واحد هیدروژئولوژیک. در واحدهای هیدروژئولوژیک ضخیم که در آنها تغییرات کیفیت آب با عمق زیاد است، توصیه می‌شود واحد هیدروژئولوژیک به دو یا چند قسمت بر اساس عمق یا لیتولوژی یا هر دو تقسیم، و از هر بخش جداگانه نمونه‌برداری شود.
تعداد ایستگاه‌های پایش	حداقل ۳۰ ایستگاه. تعداد ایستگاه‌ها به کیفیت و تعداد پارامترها و تغییرات مکانی کیفیت آب بستگی دارد.
استراتژی انتخاب ایستگاه‌ها	انتخاب تصادفی و در صورت امکان از چند نوع محدوده به طوری که پوشش فضایی مطلوبی به دست آید، بسیار مطلوب است*.
استراتژی انتخاب تواتر نمونه‌برداری	اغلب ایستگاه‌ها فقط یک بار نمونه‌برداری می‌شوند مگر این که ارزیابی دوباره تکرار شود (به طور معمول ۱۰ سال یا بیش‌تر)، یا یک یا چند چاه برای پایش بلندمدت روند انتخاب و با تواتر ثابت نمونه‌برداری شوند.
انتخاب پارامترها	شامل تعداد زیادی پارامتر شامل حداقل پارامترهای توصیه شده در جدول (۲-۷) می‌باشد. همه پارامترها باید با کم‌ترین حد تشخیص ممکن آنالیز شوند.

* نمونه‌های آب هر نوع ایستگاه ممکن است تورش[1] خاص ولی نامعلومی داشته باشند. مزیت نمونه‌برداری از یک نوع ایستگاه این است که همه نمونه‌ها تورش مشابه خواهند داشت در حالی که در صورت نمونه‌برداری از انواع ایستگاه‌های مختلف ترکیبی از تورش‌ها وجود خواهد داشت.

ارزیابی با مقیاس گسترده تاثیر کاربری زمین، اغلب اثرات منابع غیرنقطه‌ای را بر کیفیت آب‌های زیرزمینی کم‌عمق مانند نواحی کشاورزی، یا هم زمان اثرات تعداد زیادی منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای مانند نواحی شهری و حومه را نشان می‌دهد. جدول (۲-۲) ویژگی‌های ارزیابی‌های با مقیاس گسترده اثر کاربری زمین را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۲- ویژگی‌های ارزیابی با مقیاس گسترده اثر کاربری زمین [٦]

ویژگی	توضیحات
هدف عمومی	بررسی عوامل طبیعی و انسانی که کیفیت آب زیرزمینی را در نزدیکی سطح آب واقع در زیر کاربری‌های مختلف زمین تحت تاثیر قرار می‌دهند.
محدوده هدف برای نمونه‌برداری	بین سطح آب و عمق مشخصی زیر سطح آب (برای مثال ۷.۵ تا ۱۰ متر) در ایستگاه‌های واقع در محدوده کاربری زمین هدف.
تعداد ایستگاه‌های پایش	حداقل ۳۰ چاه برای یک واحد هیدرولوژئولوژیک مشخص و یک ترکیب کاربری زمین معین.
استراتژی انتخاب ایستگاه‌ها	انتخاب تصادفی از میان ایستگاه‌ها (چاه‌ها)ی موجود. برای انتخاب ایستگاه‌های جدید بسیار مناسب است*.
استراتژی انتخاب تواتر نمونه‌برداری	اغلب ایستگاه‌ها فقط یک بار نمونه‌برداری می‌شوند مگر این که ارزیابی دوباره تکرار شود (به طور معمول ۱۰ سال یا بیش‌تر)، یا یک یا چند چاه برای پایش بلند مدت روند انتخاب و با تواتر ثابت نمونه‌برداری شوند.
انتخاب پارامترها	بیش‌ترین تعداد پارامترها شامل حداقل پارامترهای توصیه شده در جدول (۲-۷) می‌باشد. همه پارامترها باید با کم‌ترین حد تشخیص ممکن آنالیز شوند.

* نمونه‌های آب هر نوع ایستگاه ممکن است تورش خاص ولی نامعلومی داشته باشند. مزیت نمونه‌برداری از یک نوع ایستگاه این است که همه نمونه‌ها تورش مشابه خواهند داشت در حالی که در صورت نمونه‌برداری از انواع ایستگاه‌های مختلف ترکیبی از تورش‌ها وجود خواهد داشت.

پایش‌های با مقیاس محلی برای نواحی و بخش‌هایی از واحدهای هیدروژئولوژیک استفاده می‌شود که در آنها پتانسیل آلودگی بالایی وجود دارد و انتظار تغییرات زیادی در کیفیت آب می رود. جدول (۲-۳) ویژگی‌های پایش های با مقیاس محلی (در سطح کم‌تر از ۲.۵ کیلومتر مربع تا چندین کیلومتر مربع) را نشان می‌دهد. به دلیل اهداف مختلف پایش‌های با مقیاس محلی ویژگی‌های ارائه شده بسیار عمومی هستند. بسیاری از مطالعات با مقیاس محلی به ویژه روی واحدهای هیدروژئولوژیک سطحی نیازمند احداث ایستگاه‌ها (چاه‌ها)ی جدیدی هستند که موقعیت آنها به وسیله الگوی جریان در سیستم‌های محلی آب زیرزمینی تعیین می‌شود. مثال‌هایی از پایش با مقیاس محلی عبارتند از:

1- Bias

omoorepeyman.ir

- ارزیابی‌های با مقیاس محلی
- پایش پیش آگاهی‌دهنده،
- پایش منابع نقطه‌ای آلودگی
- مطالعات کیفیت آب مسیر – جریان[1]
- مطالعات در مقیاس محلی اندرکنش‌ها بین آب زیرزمینی و آب سطحی

جدول ۲-۳- ویژگی‌های ارزیابی با مقیاس محلی کیفیت آب زیرزمینی [٦]

ویژگی	توضیحات
هدف عمومی	اهداف مختلف از ارزیابی وجود و توزیع اجزای کیفیت آب در مقیاس محلی در نواحی سطحی پیچیده تا پژوهش روی انتقال و زوال پارامترهای انتخابی، به ویژه در واحدهای هیدروژئولوژیک سطحی. بسیاری از مطالعات کیفیت آب در مقیاس محلی در رابطه با حرکت آلاینده‌ها با جریان اب زیرزمینی هستند.
محدوده هدف برای نمونه‌برداری	در اغلب موارد بخش کوچکی از واحد هیدروژئولوژیک سطحی.
تعداد ایستگاه‌های پایش	تعداد ایستگاه‌های پایش متغیر، بستگی به اهداف و نحوه طراحی برنامه پایش دارد.
استراتژی انتخاب ایستگاه‌ها	بستگی به اهداف پایش دارد. موقعیت چاه‌های جدید ممکن است به صورت تصادفی یا غیرتصادفی (برای مثال بر اساس جریان‌های محلی آب زیرزمینی و ویژگی‌های فیزیکی و محلی مانند پهنه‌های آب سطحی و منابع آلودگی) انتخاب شود.
استراتژی انتخاب تواتر نمونه‌برداری	بستگی به اهداف مطالعات دارد. اهداف بسیاری از مطالعات با مقیاس محلی نیازمند نمونه‌برداری‌های متعدد از حداقل چند چاه است.
انتخاب پارامترها	حداقل پارامترهای ذکر شده در جدول ۲-۷ به علاوه پارامترهای اضافی برای دستیابی به اهداف مطالعات

۲-۲-۲- تعیین محدوده مطالعات

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، انتخاب محدوده مطالعات به هدف برنامه پایش بستگی دارد. در مطالعات با مقیاس گسترده محدوده هدف اغلب یک آبخوان یا چند آبخوان مجاور هم که با آبخوان موردنظر ارتباط دارند، است در حالی که در مطالعات با مقیاس محلی بخشی از یک واحد هیدروژئولوژیک مدنظر است. در ادامه نحوه تعیین محدوده مطالعات هدف را برای مطالعات با مقیاس محلی ارائه می‌شود.

۲-۲-۲-۱- نحوه تعیین محدوده مطالعات هدف برای برنامه‌های پایش با مقیاس محلی

محدوده پایش هدف باید لایه (یا لایه‌هایی) باشد که در آن احتمال قابل قبولی وجود دارد که اگر ایستگاه در محل مناسبی قرار گیرد، با آلاینده‌های در حال حرکت تلاقی کند. این ناحیه هدف، اغلب در واحد زمین‌شناسی اشباع که در آن سرعت جریان آب زیرزمینی بیش‌ترین مقدار است، قرار دارد. مروری بر ویژگی‌های منابع آلاینده، به همراه مدل‌های مفهومی و تعیین شبکه جریان می‌تواند به انتخاب محدوده کمک کند [۳].

نمودار (۲-۱) گام‌های متوالی پیشنهادی برای انتخاب محدوده پایش هدف را با استفاده از اطلاعات ویژگی‌های تاسیسات، زمین‌شناسی و هیدرولیکی جمع‌آوری شده در بررسی های میدانی اولیه نشان می‌دهد [۳].

1- Flow-path

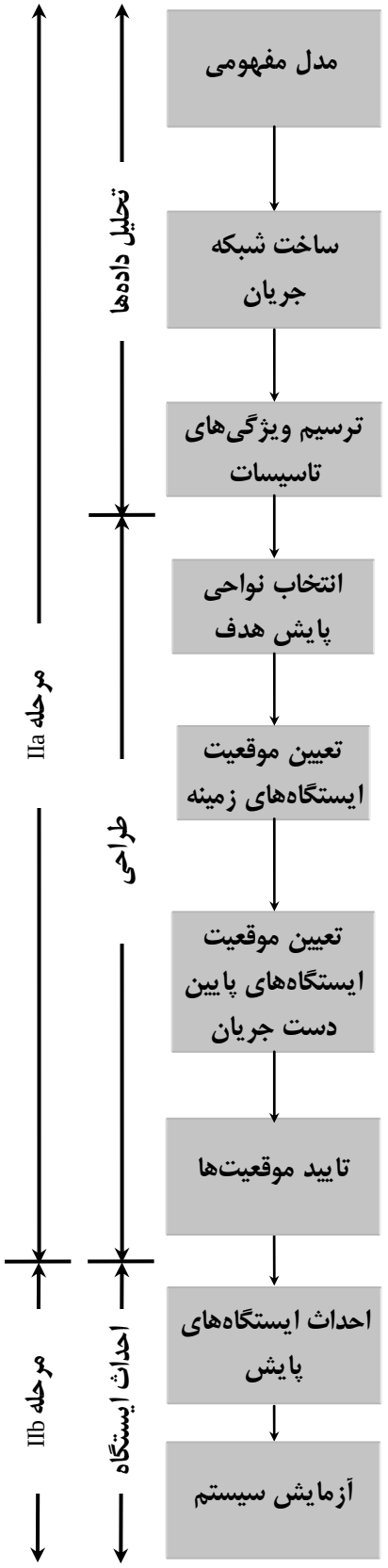
omoorepeyman.ir

- **گام اول- ثبت ویژگی‌های محل روی یک نقشه توپوگرافی پایه:** ویژگی‌های محل باید با اطلاعات نقشه های زمین‌شناسی و خاک مقایسه شود تا محل مهم‌ترین بخش های تاسیسات در ارتباط با توزیع مواد زمین‌شناسی سطحی تعیین شود. همه نواحی تغذیه یا تخلیه (نهرها، تالاب ها، یا سایر آب های سطحی) باید نشان داده شود.
- **گام دوم- تهیه مقطع عرضی و توسعه مدل مفهومی:** مقاطع باید بر اساس مغزه‌های لوگ یا تراورس‌های (مسیرهای) ژئوفیزیکی تهیه شوند. این مقاطع باید با موقعیت ویژگی‌های محل و تاسیسات انطباق داده شوند. موقعیت تاسیسات باید روی سطح مقطع واحدهای زمین‌شناسی حساس یا مسیر جریان آب زیرزمینی رسم شود. مدل مفهومی باید برای تهیه چهارچوب زمین‌شناسی محل تهیه شود و توزیع مواد زمین‌شناسی با هدایت هیدرولیکی متفاوت را نشان دهد.
- **گام سوم- استفاده از شبکه جریان برای تعیین جهت جریان آب زیرزمینی:** توصیف شبکه جریان به تعیین گرادیان و جهت جریان آب زیرزمینی در بالاترین آبخوان کمک می‌کند. نرخ جریان در طول مسیر می‌تواند از اطلاعات فراهم شده توسط شبکه جریان محاسبه شود. گرادیان‌های عمودی می‌تواند برای تخمین محدوده‌های هدف از طریق مقایسه ارتفاع نسبی آب بین واحدها استفاده شود. ارتباطات داخلی[1] بین آبخوان‌ها می‌تواند از روابط بین هدایت‌های هیدرولیکی و هدهای هیدرولیکی برای واحدهای تعیین شده در مدل‌های مفهومی تخمین زده شود.
- **گام چهارم- انتخاب محدوده پایش هدف:** واحدی که تعریف قانونی بالاترین آبخوان را دربرمی‌گیرد، و هم‌چنین حرکت افقی اولیه آب زیرزمینی را در زیر یا مجاورت تاسیسات نشان می‌دهد، محدوده پایش هدف اولیه را نشان خواهد داد. این واحد احتمالا شامل مواد تراوا که به سایر واحدهای تراوا یا نواحی محلی تخلیه می‌کند، خواهد بود. طراح برنامه باید مسیر جریان بین بالاترین آبخوان و محتمل‌ترین محدوده‌های حرکت آب زیرزمینی اطراف تاسیسات را تعیین کند. این محدوده‌ها که به طور معمول بالاترین هدایت هیدرولیکی را دارند، می‌توانند محل تمرکز سیستم پایش اثر باشند. اگر بالادست‌ترین آبخوان با سایر آبخوان‌ها ارتباط داخلی داشته باشد، این آبخوان‌ها نیز باید پایش شوند تا برای کاربران آب زیرزمینی پایین دست درباره کیفیت آب اطمینان حاصل شود.

این روش چهار گامی برای انتخاب محدوده پایش هدف باید انعطاف‌پذیری کافی برای لحاظ اثرات زیست محیطی ناشی از تغییرات فصلی در گرادیان یا ناشی از برنامه‌های آتی برای توسعه یا تغییر پیکربندی تاسیسات برداشت آب را داشته باشد. محدوده پایش هدف ممکن است شامل فقط بخشی از یک آبخوان بسیار ضخیم (برای مثال بیش از ۱۰ متر) باشد یا ممکن است چند واحد زمین‌شناسی را در برگیرد و محل‌های مناسب برای قرارگیری ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد [۳].

1- Interconnections

omoorepeyman.ir



زمین‌شناسی/ هیدروژئولوژی
- زمین شناسی سطحی (توپوگرافی و نوع/ عمق)
- سنگ شناسی و ضخامت آبخوان
- نوع تشکیلات زمین شناسی (چینه شناسی و ساختار محلی)
- نواحی تخلیه و تغذیه
- هدایت هیدرولیکی و تخلخل واحد(های) محصور/ آبخوان

تعیین جهت جریان آب زیر زمینی
- با استفاده از اختلاف ارتفاع پیزومتریک و/ یا پتانسیومتریک
- با استفاده از اختلاف ارتفاع هیدرولیکی نسبی بین واحدها
- جهت جریان سه بعدی با استفاده از خطوط جریان و هم پتانسیل
- ارتباط بین آبخوان ها
- سرعت حرکت آب زیر زمینی

ویژگی‌های تاسیسات
- نقشه پایه ویژگی‌ها
- مقاطع سنگ‌شناسی
- پیاده سازی موقعیت تاسیسات و مقایسه با مسیرهای جریان

نواحی پایش هدف
- بالادست آبخوان
- تعیین همه مسیرهای جریان قابل توجه

کیفیت آب منبع
- طراحی براساس گرادیان جریان
- طراحی براساس غلظت های زمینه
- تعداد ایستگاه‌ها باید مبنای آماری داشته باشد.

مبانی طراحی
- زمین شناسی و نواحی تراوا
- تحلیل شبکه جریان
- نواحی پایش هدف
- مرز نواحی تخلیه آلاینده‌ها

معیارهای انتخاب موقعیت‌ها
- الزامات ملی و منطقه‌ای (استانی)
- الزامات قانونی و مجوزها
- بین نواحی تخلیه آلاینده ها و کاربران پایین دست

احداث ایستگاه‌ها (در صورت لزوم)
- بر اساس نشریه استاندارد ۱۵۴ یا مشابه
- به روزرسانی مدل مفهومی هیدروژئولوژیکی
- مستندسازی اقدامات

آزمایش و بهره‌برداری از سیستم
- آزمایش بازده همه ایستگاه‌ها (چاه‌ها)
- استفاده از دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری
- توقف بهره‌برداری از ایستگاه‌های با موقعیت نادرست

نمودار ۲-۱- نمودار جریان طراحی سیستم پایش و نحوه تعیین محدوده پایش هدف [۳]

omoorepeyman.ir

۲-۳- بررسی اولیه سوابق و مطالعات انجام شده

برای انجام پایش کیفیت آب زیرزمینی پس از تعیین هدف و نوع پایش و محدوده مطالعاتی، لازم است سوابق و مطالعات مرتبط قبلی جمع‌آوری شود. به طور کلی این اطلاعات شامل ویژگی‌های هیدروژئولوژی، وضعیت کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی، منابع آلاینده و کاربری اراضی در محدوده مطالعات می‌باشد. پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز باید آنها طبقه‌بندی و به بانک‌های اطلاعاتی وارد شوند. پس از آن با بررسی اطلاعات وضعیت آبخوان و روند تغییرات کیفیت آب در گذشته تعیین می‌شود.

۲-٤- بررسی اطلاعات و داده‌های کاربری آب زیرزمینی

بررسی کاربری‌های آب از دو جنبه اهمیت دارد. اول آن که نوع و میزان آب برای هر نوع کاربری می‌تواند به شناسایی نوع آلودگی‌ها، سهم هر کدام از منابع آلاینده تاثیرگذار و تغییرات احتمالی آنها کمک کند. دوم این که بررسی روند مقدار مصرف آب هر کاربری در یک دوره زمانی مشخص و مقایسه آن با بارش‌ها و سایر منابع تغذیه در محدوده مطالعاتی می‌تواند به بررسی تغییرات کیفی ناشی از تغییرات سطح آب زیرزمینی کمک کند.

۲-۵- بررسی وضعیت کمی آبخوان

بررسی وضعیت کمی آبخوان از دو جنبه اهمیت دارد:

- در صورت کاهش کمیت آب در اثر مصارف بیش از حد یا کاهش تغذیه، خطر افزایش شوری یا کاهش کیفیت آب زیرزمینی به دلایل مختلف مانند نفوذ آب شور وجود دارد.
- از طرف دیگر با فرض ثابت بودن حجم آلاینده‌های ورودی به آبخوان، کاهش مقدار آب موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها به ویژه در آبخوان‌های محصور که میزان تبادل آنها با منابع سطحی (دریا، دریاچه، رودخانه) کم است، خواهد شد.

بنابراین لازم است وضعیت کمی آبخوان تا حد امکان با استفاده از روش‌های علمی برآورد و روند تغییرات آنها ثبت و مشخص شود.

۲-٦- بررسی مطالعات ژئوهیدرولوژی، زمین‌شناسی (تعیین سازندها و عوامل طبیعی موثر بر کیفیت شیمیایی آب)

یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار بر کیفیت منابع آب زیرزمینی نوع سازندهای منطقه و وضعیت شیمیایی زمین‌شناسی منطقه می‌باشد. سنگ‌های آهکی – گچی و نمکی که در کشور ما به ویژه در دشت‌های مرکزی کشور زیاد هستند موجب افزایش شوری و مواد محلول می‌شود. در مناطقی که فعالیت‌های آتشفشانی دارند و در اغلب آنها مانند مناطق اردبیل، مشکین شهر، تفتان (سراوان و خاش) چشمه‌های آب گرم وجود دارد، گوگرد به صورت محلول (سولفات) یا به صورت گاز هیدروژن سولفید در آب می‌باشد که به صورت لکه‌های زرد رنگ در مظهر چشمه‌ها یا رودهای منشعب از آنها مشاهده می‌شود. در مناطق البرز مرکزی و مناطقی که در مجاورت تالاب‌ها و خورها و به ویژه باتلاق‌ها باشد احتمال وجود گاز هیدروژن سولفید و سایر ترکیبات گوگردی در آب‌های سطحی

omoorepeyman.ir

وجود دارد، احتمال وجود آنها در آب‌های زیرزمینی نیز می‌باشد. در مناطقی که سازندهای آن حاوی کانی‌های فلزی مانند آهن، روی، سرب، مس، طلا و فلزات دیگر باشد، احتمال وجود فلزات سنگین در آبخوان‌های آن منطقه وجود خواهد داشت. لازم به ذکر است در صورت انجام فعالیت‌های معدنکاوی، احتمال افزایش فلزات سنگین در آبخوان وجود دارد.

در مناطقی که سازندهای کربن دار (به صورت رگه‌های کربن) که در اغلب آنها معادن زغال سنگ (فعال یا غیر فعال) وجود دارد، احتمال وجود ترکیبات کربن به همراه ترکیبات گوگرد وجود دارد. این مورد بیش‌تر در منطقه البرز مرکزی، استان‌های آذربایجان غربی و شرقی و طبس وجود دارد.

در مناطقی نیز به علت وجود کانی های خاص مانند ارپیمنت[1] و رالگار[2] به صورت طبیعی در آبخوان‌های آن منطقه آرسنیک وجود دارد. در مناطقی از استان کردستان مانند دشت‌های قروه، بیجار و دهگلان، هم چنین شمال شهر کاشمر در استان خراسان جنوبی آرسنیک در آب های زیرزمینی مشاهده شده است.

یکی از مهم‌ترین اقدامات برای طراحی برنامه پایش، شناسایی سازندهای زمین‌شناسی منطقه با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه (با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰۰) و در صورت وجود کلیه سوابق مطالعات زمین‌شناسی و ژئوهیدرولوژی منطقه که توسط سازمان‌های زمین‌شناسی، شرکت‌های آب منطقه‌ای، اداره کشاورزی یا سایر نهادها انجام شده است، می‌باشد. لازم است یک کارشناس زمین‌شناسی یا متخصص آب‌های زیرزمینی وضعیت سازندهای منطقه را بررسی و احتمال وجود سازندهای خاص تاثیرگذار یا احتمال وجود عناصر خاص را در سازندهای منطقه بررسی کند.

هم‌چنین شناسایی معادن موجود در منطقه شامل معادن در حال بهره‌برداری، متروکه، یا در حال مطالعه و اکتشاف و چشمه‌های آب‌های گرم یا معدنی باید شناسایی شود.

نکته: استفاده از راهنمایی مردم بومی منطقه برای شناسایی موارد بالا می‌تواند مفید باشد.

۲-۷- فرایندهای تاثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی

یک آبخوان تنها یک ظرف آب نیست بلکه می‌توان آن را یک راکتور (بیو)زمین شیمیایی در نظر گرفت که ترکیب شیمیایی آب و غلظت آلاینده‌های درون آن در طول زمان بر اثر فرایندهای بین آب- سنگ- توده زیستی[3] تغییر می‌کند. ترکیب شیمیایی طبیعی آب زیرزمینی به شیمی آب باران، تبخیر و تعرق پیش از تغذیه، و واکنش‌های مختلف آب زیرزمینی با مواد معدنی، سیالات و گازهای درون زمین، با یا بدون باکتری‌ها، ماتریس آبخوان و ترکیب ویژه شیمیایی و معدنی آن بستگی دارد. هم چنین مدت زمان تماس آب با سنگ نیز به دلیل سرعت پایین بسیاری از واکنش‌های زمین شیمیایی اهمیت دارد. طبیعت شیمیایی اولیه آب می‌تواند تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی، به ویژه از طریق ورود آلاینده‌ها که ممکن است با ماتریس آبخوان واکنش دهند، در هر دو ناحیه اشباع و غیراشباع، به شدت تغییر کند [۱].

کاهش آلودگی می‌تواند در طی فیلتراسیون، ته‌نشینی ذرات معلق و نفوذ که وابسته به ویژگی‌های فیزیکی (خواص ماتریس) و هیدرودینامیک آبخوان است، رخ دهد. فراریت به‌جز مواردی که تبدیل جزء غیرفرار به فرار در داخل آب رخ می‌دهد (برای مثال تبدیل

1- Orpiment (As_2S_3)
2- Realgar (α-As_4S_4)
3- Biomass

omoorepeyman.ir

نیترات به گاز نیتروژن)، بیش‌تر به خواص آلاینده و نه آبخوان یا آب زیرزمینی بستگی دارد. فرایندهای (بیو)زمین شیمیایی که سرنوشت آلاینده‌ها را در طی انتقال به آب زیرزمینی تعیین می‌کنند، عبارتند از انحلال[1] ته‌نشینی، جذب، تشکیل کمپلکس، تبادل یون، تخریب غیرزیستی[2] یا زیستی[3] جدول (۲-۴). این فرایندها به طبیعت آبخوان (کانی‌ها، ترکیب شیمیایی، محتوای مواد آلی، حضور باکتری‌ها) و طبیعت آب زیرزمینی که به ترکیب آبخوان وابسته است، بستگی دارند [۱].

جدول ۲-٤- فرایندهای غالب موثر بر انتقال و سرنوشت آلاینده‌ها و اثرات بالقوه آنها بر ترکیب آب زیرزمینی [۱]

فرایند	توصیف و وابستگی	اثر بالقوه بر آلودگی
ته‌نشینی	به ترکیب آب زیرزمینی بستگی دارد. هنگامی که محلول فوق اشباع می‌شود مواد اشباع کننده وارد فاز جامد می‌شوند.	می‌تواند موجب عدم تحرک آلاینده‌ها، به ویژه از طریق هم رسوبی[4] برای مثال با هیدروکسیدها یا کربنات‌ها شود.
انحلال	فعالیت‌های انسانی می‌تواند موجب کاهش غلظت برخی مواد به زیر حد اشباع و در نتیجه انحلال و ورود برخی آلاینده از فاز جامد به آب و در نتیجه تغییر ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی شود.	می‌تواند غلظت آلاینده‌های خاص ماتریس[5] را افزایش دهد.
تشکیل کمپلکس	به ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی بستگی دارد. می‌تواند توسط ترکیبات مختلف محلول مانند کلرید، سولفات، بی کربنات، مواد آلی و ... به وجود آید.	می‌تواند حلالیت آلاینده‌ها را افزایش دهد.
جذب	می‌تواند بر روی مواد آلی، اکسیدهای معدنی و رس های معدنی رخ دهد.	می‌تواند موجب تاخیر در انتقال آلاینده شود.
تبادل یونی	آلاینده‌ها با کاتیون‌هایی که در ابتدا در سطح مواد معدنی آبخوان جذب شده اند به ویژه رس‌ها تبادل می‌شوند. به طور معکوس، یک کاتیون غیر مضر می‌تواند با یک ترکیب طبیعی مضر/ نامطلوب که در ابتدا در رس‌های معدنی وجود داشته است، مبادله شود.	می‌تواند موجب عدم تحرک آلاینده، یا اگر جذب وورود آلاینده برگشت پذیر باشد موجب تاخیر در حرک آن، شود. ممکن است افزایش غلظت ترکیبات طبیعی نامطلوب را در آب زیرزمینی به همراه داشته باشد.
تخریب غیرزیستی	تبدیل شیمیایی مانند فرایندهای هیدرولیز یا اکسایش و کاهش. می‌تواند روی آلاینده‌های با منشا انسانی رخ دهد. می‌تواند شامل موادی که به طور طبیعی در آب زیرزمینی یا آبخوان وجود دارند، باشد.	می‌تواند غلظت آلاینده را کاهش دهد. می‌تواند یک آلاینده را به مواد خطرناک تبدیل کند. می‌تواند موجب نشت مواد خطرناک که به طور طبیعی وجود دارند و پیش از این در ماتریس آبخوان ساکن بودند (برای مثال به دلیل افزایش pH یا اکسایش سولفید ناشی از دنیتریفیکاسیون هتروتروف‌ها)، به فاز آب شود.
تخریب زیستی	واکنش‌های اکسایش- کاهش میکروبی که تخریب/ تغییر آلاینده‌ها یا مواد طبیعی را در پی دارند. به طور معمول نرخ واکنش آنها نسبت به تخریب غیرزیستی بالاتر است.	می‌تواند غلظت آلاینده را کاهش دهد. می‌تواند آلاینده را به مواد خطرناک تبدیل کند. می‌تواند موجب نشت مواد خطرناک که به طور طبیعی وجود دارند و پیش از این در ماتریس آبخوان ساکن بودند، به فاز آب شود.

- شناخت نوع منبع آب زیرزمینی[6] بر اساس سرنوشت آلاینده‌ها

با توجه به واکنش‌های محتمل مختلف شیمیایی و بیوشیمیایی آلاینده‌ها، تعیین نوع منبع آب زیرزمینی بر اساس دو گروه از پارامترها به شرح زیر، قابل انجام است جدول (۲-۵):

1- Dissolution
2- Abiotic
3- Biotic
4- Co-Precipitation
5- Matrix-Specified Pollutants
6- Typology

omoorepeyman.ir

- پارامترهای اولیه مانند لیتولوژی و شوری که به منشاء ترکیبات مربوط هستند و منجر به تعیین ۱۰ واحد ابتدایی می‌شوند،
- پارامترهای ثانویه مانند هیدرودینامیک، شرایط اکسایش و کاهش، سن زمین‌شناسی، و به ویژه مواد آبخوان از جمله مواد آلی، اکسیدها و مواد معدنی سولفیدی که به فرایندها مربوط می‌شوند.

پارامترهای ثانویه می‌توانند به ارزیابی تغییرات ترکیب آب زیرزمینی کمک کنند.

برای اطلاعات بیش‌تر در مورد آلاینده‌های مختلف و سرنوشت آنها به مرجع [۷] رجوع کنید.

جدول ۲-۵- پارامترهای تیپ شناسی یک آبخوان بر اساس ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی و سرنوشت و رفتار آلاینده‌ها در آب زیرزمینی [۱]

۱۰ واحد ابتدایی	پارامترهای ثانویه	گروه های تلفیقی
سنگ آهک	شرایط اکسایش- کاهش	گروه کربناته
سنگ گچ		گروه تحکیم نیافته[1]
شن و گراول		
مارن و رس	رخدادهای ویژه: مواد آلی، رس‌ها، اکسیدها، مواد معدنی سولفیدی	گروه ماسه سنگ
ماسه سنگ		
پی سنگ‌های کریستالی[2]		گروه سنگ‌های سخت
شیست‌ها	عمر زمین‌شناسی	تبخیری‌ها
سنگ‌های آتشفشانی		
مواد تبخیری		
تحت تاثیر شوری[3]	هیدرودینامیک‌ها (تغذیه، زمان ماند، نشت) و خواص فیزیکی	تحت تاثیر شوری

۲-۸- منابع آلاینده آب‌های زیرزمینی در ایران

منابع آلاینده آب‌های زیرزمینی شامل منابع طبیعی و انسان ساخت می‌باشد.

- **منابع آلاینده طبیعی:** آتشفشان‌ها، سازندهای زمین‌شناسی، چشمه‌های آب گرم و گوگردی و مخازن هیدروکربوری مهم‌ترین منابع آلاینده طبیعی آب‌های زیرزمینی می‌باشند. آتشفشان‌ها و چشمه‌های آب گرم و گوگردی اغلب در مناطق آتشفشانی مانند کوه‌های سبلان و سهند در استان‌های آذربایجان و اردبیل، تفتان در استان سیستان و بلوچستان، محلات در استان مرکزی، دماوند در استان تهران واقع شده‌اند. افزایش فعالیت یا هرگونه تغییر در فعالیت‌های آتشفشانی (درون زمینی) می‌تواند موجب تغییر درجه حرارت آب‌های زیرزمینی مرتبط با این منابع و در نتیجه تغییر مواد محلول (ترکیبات گوگردی، فلزات سنگین و غیره) در آب‌های زیرزمینی شود. هم‌چنین در برخی مناطق کشور آب‌های گرم و معدنی وجود دارند که این موضوع به دلیل وجود کانسارهای خاص در سازندهای در برگیرنده آب زیرزمینی می‌باشد. وجود برخی مواد در این چشمه‌ها موجب محدودیت کاربرد آب برای کاربری‌های شرب، کشاورزی یا صنعت می‌شود. این مشکل در مناطقی از استان‌های زنجان و کرمان مشاهده شده است.
- **منابع آلاینده انسان ساخت:** نشت و تخلیه مواد آلاینده به آب‌های زیرزمینی می‌تواند موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی شود. اغلب فعالیت‌های انسان و منابع آلاینده انسان ساخت بر روی سطح زمین قرار دارند. هر چند فعالیت‌های

1- Unconsolidated
2- Crystalline Basement
3- Saline Influence

omoorepeyman.ir

زیرسطحی انسانی نیز می‌توانند کیفیت آب‌های زیرزمینی را بـه شـدت تحـت تـاثیر قـرار دهنـد. فعالیـت‌هـای مختلـف آلاینده‌های متفاوتی ایجاد می‌کنند. زمین‌های کشاورزی، مجتمع‌های کشت و صنعت، دام‌پروری، کشتارگاه‌ها و واحدهای فراوری محصولات دامی، سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی، واحدهای صـنعتی و معـدنی، تصـفیه‌خانـه‌هـای فاضـلاب، دفنگاه‌های زباله، مخازن نگهداری هیدروکربورها و ضایعات صنعتی و غیره از فعالیت‌هایی هستند که مـی‌تواننـد موجـب آلودگی آب‌های زیرزمینی شوند. هم‌چنین اجرای پروژه‌های عمرانی مانند سدها و بهره‌برداری از آنها می‌توانند بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی اثر گذارند. علاوه‌بر موارد بـالا، در برخـی نـواحی کشـور تـداخل آب شـور و شـیرین ناشـی از بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی یک مشکل اساسی به‌شمار می‌رود.

۲-۹- آلاینده‌های آب، اثرات و منشا آنها

آب‌های زیرزمینی ممکن است تحت تاثیر منابع مختلف و انواع آلاینده‌ها قرار گیرند. برای مثال مخازن زیر سطحی، فعالیت‌هـای کشاورزی، محل‌های دفن زباله شهری، دفع غیر بهداشـتی زبالـه، محـل‌هـای نگهـداری پسـماندهای خطرنـاک، دفـع پسـماندهای رادیواکتیو، چاه‌های سپتیک و فاضلاب‌های شهری، نشت آلودگی ناشی از فعالیت‌های صنعتی، حفر چاه‌های نفـت و گـاز، لولـه‌هـای انتقال نفت، معدنکاوی و زهکشی معادن، چاه‌های تزریق، نمک پاشی روی سطوح جاده‌هـا در فصـل زمسـتان، از جملـه مهـم‌تـرین تهدیدها برای منابع آب زیرزمینی به شمار می‌روند. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد آلاینده‌های آب و اثرات و منشا آنها به مراجـع [۳] و [۷] رجوع کنید.

۲-۱۰- شناسایی، بررسی، ارزیابی و اولویت‌بندی منابع آلاینده

برای شناسایی، بررسی و ارزیابی منابع آلاینده باید اقدامات زیر را به ترتیب برای محدوده هدف پایش انجام داد:

- تعیین موقعیت کاربری‌های مختلف (اراضی زراعی، باغ، مرتع، دامداری، سکونت گاه‌های شهری و روستایی، چشـمه‌هـای آب معدنی و آب گرم، واحدهای صنعتی، مخازن و تاسیسات پالایش نفـت و گـاز، خطـوط انتقـال نفـت و گـاز، معـادن، زمین‌های بایر، جاده‌ها، امکانات گردشگری و خدماتی، راه‌های ارتباطی، تعمیرگاه‌ها، سدها، سایر سازه‌هـای آبـی و سـایر فعالیت‌های انسانی و طبیعی تاثیر گذار بر کیفیت آب زیرزمینی) بر روی نقشه محدوده هـدف پـایش بـا مقیـاس مناسـب (ترجیحا ۱:۲۵۰۰۰ یا کم‌تر)، و تعیین ویژگی‌های آنها (شامل تعداد، طول یا مساحت، مقدار و مشخصات، مقـدار، نحـوه، و مدت زمان تخلیه به منابع آب زیرزمینی، نحوه تامین آب مصرفی و مقدار آن)،

نکته: جمع‌آوری اطلاعات در مورد کاربری‌ها می‌تواند با استفاده از گزارش‌ها و اطلاعات موجـود انجـام و از طریـق بررسـی‌هـا و مشاهدات میدانی صحت آن ارزیابی شود.

- تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و سازندهای منطقه و در صورت وجـود نقشـه‌هـای ژئوهیـدرولوژی و تعیـین محـدوده‌هـای احتمالی حاوی مواد خطرناک در سازندهای منطقه بر روی نقشه‌ها
- مشخص کردن وضعیت کمی و الزامات کیفی مصارف آب زیرزمینی یا به عبارت دیگر تعیین مقدار و کیفیت آب مورد نیاز

omoorepeyman.ir

- الویت‌بندی منابع آلاینده برای هر آلاینده بر اساس بار آلودگی، غلظت آلاینده، نحوه تخلیه و مدت زمان تخلیه به شرح جدول (۲-۶):

جدول ۲-٦- اولویت‌بندی منابع آلاینده برای هر آلاینده بر اساس بار آلودگی، غلظت آلاینده، نحوه تخلیه و مدت زمان تخلیه

رتبه	بار آلودگی*	غلظت آلاینده**	نحوه تخلیه	مدت زمان تخلیه در سال
۵	> ۳ mean	> ۵ MCL	تخلیه غیرنقطه‌ای به آب زیرزمینی	۱۲ ماه
۴	۳-۲ mean	۵-۳ MCL	تخلیه نقطه‌ای به آب زیرزمینی	۹-۱۲ ماه
۳	۲-۱ mean	۳-۱/۵ MCL	تخلیه غیرنقطه‌ای به آب‌های سطحی در ارتباط با آب زیرزمینی	۶-۹ ماه
۲	۱-۰/۵ mean	۱/۵-۱ MCL	تخلیه نقطه‌ای به آب‌های سطحی در ارتباط به آب زیرزمینی	۳-۶ ماه
۱	< ۰/۵ mean	< ۱ MCL	-	۳ ماه >

* mean: میانگین بارهای آلودگی برآورد شده برای منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در محدوده هدف پایش

** MCL[1]: حداکثر مقدار مجاز برای شرب. در اینجا منظور آن است که غلظت آلاینده چند برابر مقدار MCL است. فهرست پارامترها، مقادیر MCL و یکای آنها در استاندارد ملی به شماره ۱۰۵۳ تجدید نظر پنجم با عنوان «آب آشامیدنی - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی» آمده است.

برای تعیین الویت هر منبع آلاینده با توجه به جدول (۲-۳) برای هر یک از عوامل موثر رتبه منبع را تعیین و رتبه کلی منبع از جمع رتبه‌ها برای هر عامل به دست می‌آید. منبع آلاینده با بیش‌ترین رتبه، بالاترین الویت را خواهد داشت.

نکته ۱: جدول (۲-۶) فقط منابع آلاینده را بر اساس ویژگی‌های آلاینده‌هایی که تخلیه می‌شوند، الویت‌بندی می‌کند. در بسیاری از موارد تاثیر منبع آلاینده بر کیفیت آب زیرزمینی علاوه بر ویژگی‌های منبع آلاینده به ویژگی‌های آبخوان (هدایت هیدرولیکی و مدت زمان انتقال آلاینده) و تغییر شکل آلاینده در مسیر انتقال (بر اثر واکنش‌های فیزیکی، ژئوشیمیایی و بیوشیمیایی) نیز بستگی دارد.

نکته ۲: بخشی از داده‌ها و اطلاعاتی که برای الویت‌بندی منابع آلاینده نیاز است به هنگام تهیه مدل مفهومی جمع‌آوری می‌شوند. هم چنین نتایج الویت‌بندی منابع آلاینده می‌تواند در مدل مفهومی استفاده شود.

۲-۱۱- ارزیابی پتانسیل نفوذ آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی در ناحیه اشباع و غیراشباع

برای بررسی پتانسیل نفوذ آلاینده‌ها به هنگام وقوع آلودگی روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که یکی از آنها «منطقه جانبی تاثیر[2]» می‌باشد. شعاع جانبی تاثیر[3] فاصله افقی بین مرکز یک چاه تا حاشیه خارجی مخروط افت[4] می‌باشد. به عبارت دیگر، این منطقه به عنوان فاصله بین چاه تا جایی که حرکت آب زیرزمینی به سوی چاه وجود ندارد (جایی که کاهشی در سطح آب زیرزمینی وجود ندارد) تعریف می‌شود. منطقه جانبی تاثیر در واقع وسعت تاثیر مخروط افت را تعیین می‌کند.

گرادیان هیدرولیکی در منطقه جانبی تاثیر هر چه به چاه نزدیک‌تر شود، زیادتر است. بنابراین شناسایی و حفاظت از منطقه جانبی تاثیر از نظر حفاظت آب‌های زیرزمینی بسیار حیاتی است.

1- Maximum Contamination Level
2- Lateral Area of Influence, LAI
3- Lateral Radius of Influence, LRI
4- Cone of Depression

omoorepeyman.ir

۲-۱۱-۱- تعیین شعاع جانبی تاثیر

روش‌های مختلفی برای تعیین شعاع جانبی تاثیر پیشنهاد شده است که به برخی از آنها به اختصار اشاره می‌شود. یکی از این روش‌ها استفاده از معادلات سرعت جریان می‌باشد. برای آبخوان آزاد آبرفتی[1] یا آبخوان‌های آزاد با بستر سنگی فاقد درز و شکاف[2]، شعاع جانبی تاثیر را می‌توان با فرمول زیر محاسبه کرد [۸]:

$$r = \sqrt{\frac{Qt}{811.6nH}}$$

که در آن:

r: شعاع جانبی تاثیر برحسب متر

Q: بده روزانه در چاه تحت شرایط عملیاتی نرمال برحسب متر مکعب بر ثانیه

t: مدت زمانی که چاه تحت شرایط نرمال به وسیله پمپ تخلیه می‌شود برحسب ثانیه

H: فاصله باز[3] یا طول صافی چاه[4] برحسب متر

n: تخلخل آبخوان، (ماسه: ۰/۲۱، شن: ۰/۱۹، شن و ماسه:۰/۱۵، ماسه سنگ: ۰/۰۶، سنگ آهک دولومیت‌های اولیه و دولومیت‌های ثانویه: ۰/۱۸)

چنان‌چه اطلاعات مربوط به ویژگی‌های هیدرودینامیک آبخوان در اختیار باشد، می‌توان از رابطه زیر نیز شعاع جانبی تاثیر را محاسبه کرد [۸].

$$r = \sqrt{\frac{uTt}{1.3406S}}$$

که در آن:

r: شعاع جانبی تاثیر برحسب متر

T: ضریب قابلیت انتقال آبخوان[5] برحسب مترمکعب بر روز بر متر

t: مدت زمانی که چاه تحت شرایط عملیاتی نرمال به وسیله پمپ تخلیه می‌شود برحسب ثانیه

S: ضریب ذخیره یا ضریب آبدهی ویژه، بدون بعد

u: پارامتر بدون بعد وابسته به تابع چاه W(u)

$$W(u) = \frac{T(h_0 - h)}{114.6Q}$$

که در آن:

W(u): تابع چاه

(h_0-h): مقدار افت در چاه مشاهده ای یا پیزومتر بر حسب متر

Q: نرخ پمپاژ چاه تولید تحت شرایط عملیاتی نرمال برحسب مترمکعب بر روز

1- Unconfined Unconsolidated Aquifers
2- Unconfined Non-Fractured Bedrock Aquifers
3- Open Interval
4- Length of Well Screen
5- Aquifer Transmissivity

omoorepeyman.ir

۲-۱۲- روش تعیین آسیب پذیری ذاتی دشت‌ها

برای تعیین آسیب‌پذیری ذاتی دشت‌ها روش‌های مختلفی مانند DRASTIC وجود دارد که در آن با استفاده از داده‌های عمق سطح آب، تغذیه خالص، توپوگرافی، هدایت هیدرولیکی، تاثیر منطقه غیراشباع، محیط خاک و محیط آبخوان شاخص آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان یا حساسیت دشت محاسبه می‌شود. نتایج مطالعات تعیین حساسیت می‌تواند در طراحی برنامه پایش به ویژه تعیین اولویت‌های پایش، تواتر پایش، نوع پارامترها، تعیین وضعیت افزایش شدت آلودگی و کاهش ترقیق و جهت انتشار آلودگی و برخی موارد دیگر کمک کند.

شرکت مدیریت منابع آب کشور و طرح ضوابط و معیارهای فنی آب و آبفا مطالعاتی را برای تعیین حریم کیفی منابع آب زیرزمینی و تعیین حساسیت دشت‌های کشور انجام و دستورالعمل تعیین حساسیت دشت‌ها را تهیه و منتشر کرده‌اند، برای جزییات بیش‌تر به مرجع [۹] رجوع شود.

۲-۱۳- پارامترهای پایش

به هنگام انتخاب پارامترهای پایش توجه به موارد زیر ضروری است:

- هدف/ اهداف پایش
- درجه حرارت و pH نیز هر چند ممکن است جزو پارامترهای هدف نباشند، ولی باید اندازه‌گیری شوند، چرا که بر سایر پارامترهای کیفیت آب و فرایندهای موثر بر آنها تاثیر می‌گذارند. به این پارارمترها متغیرهای حالت[1] می‌گویند.
- نوع کاربری آب در پایش سازگاری
- پارامترهای آلاینده احتمالی از هر منبع آلاینده در پایش اثر

۲-۱۳-۱- تعیین حداقل پارامترهای لازم

- پارامترهای عمومی کیفیت آب

جدول (۲-۷) پارامترهای عمومی که در همه برنامه‌های پایش کیفیت آب زیرزمینی باید اندازه‌گیری شوند، را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۷- فهرست پارامترهای عمومی پایش کیفیت آب زیرزمینی [٦]

پارامتر	توضیحات
هدایت الکتریکی، pH، درجه حرارت، اکسیژن محلول[2]، قلیاییت	این پارامترها به همراه یون‌های عمده ویژگی‌های پایه شیمی آب را در یک محیط هیدروژئولوژیک نشان می‌دهند.
کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، جامدات محلول، کلراید، سولفات، کربنات، بی‌کربنات، سختی کل	یون‌های عمده تناسب عمومی آب را برای کاربری‌های مختلف نشان می‌دهند. هم‌چنین، این یون‌ها تاحدی ژئوشیمی پایه آب را تعیین و امکان محاسبه موازنه یونی را فراهم می‌کنند.
نیترات و نیتریت، آمونیم، اورتوفسفات	ترکیبات نیتروژن و فسفر در غلظت‌های بالا نسبت به غلظت‌های زمینه معمول بالقوه آلاینده و شاخصی برای بیان اثر فعالیت‌های انسانی بر کیفیت آب در بسیاری از محیطها هستند.

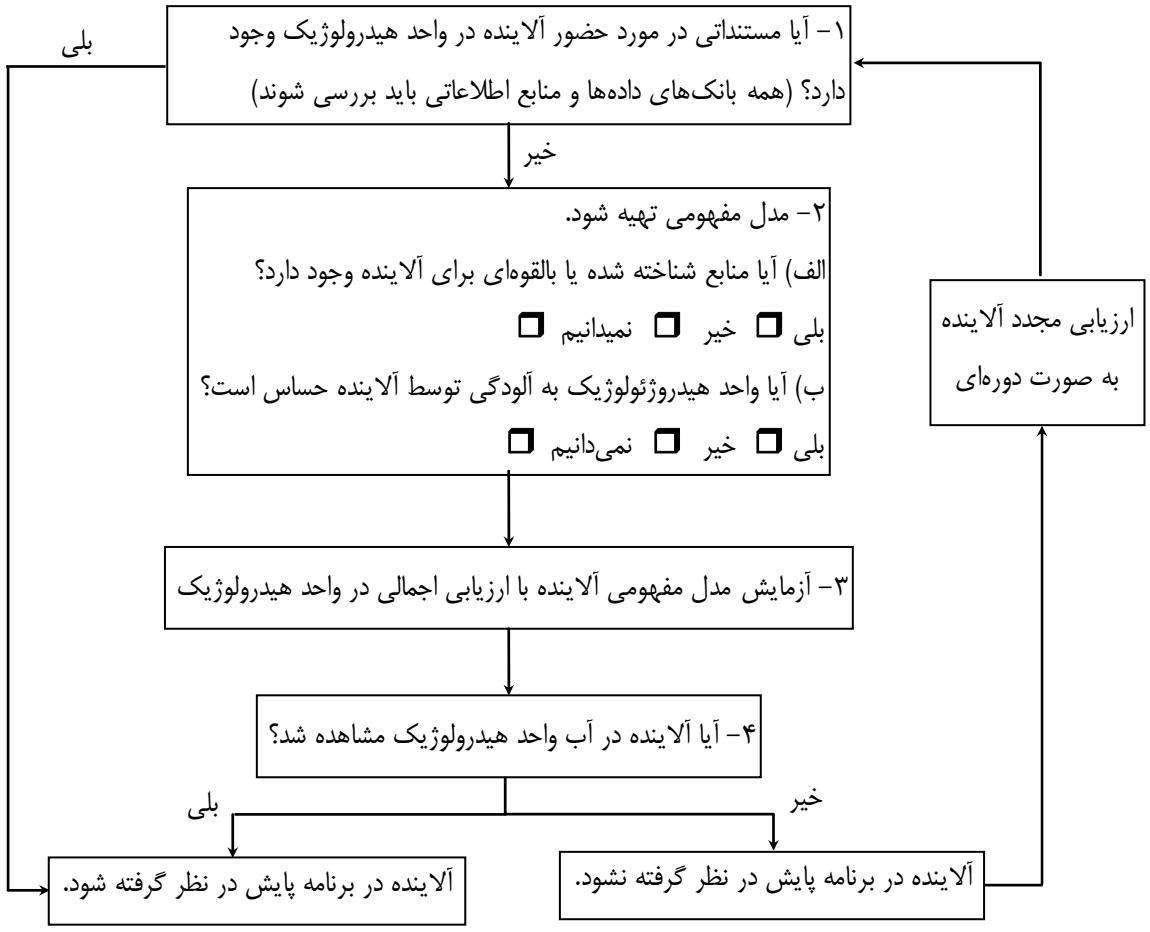
1- State Variable

۲- به‌دلیل تاثیر بسیار مهم غلظت اکسیژن محلول بر کیفیت آب زیرزمینی به‌ویژه از طریق تغییر ظرفیت فلزات سنگین و سمی، اثر بر سوخت‌وساز باکتریایی مواد آلی محلول و فرایندهایی مانند نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون، اندازه‌گیری آن بایستی به عنوان یکی از پارامترهای اصلی در اغلب برنامه‌های پایش لحاظ شود. هم‌چنین توجه به این نکته ضروری است که غلظت اکسیژن محلول در اعماق مختلف آب می‌تواند متفاوت باشد.

omoorepeyman.ir

- پارامترهای شاخص

از آنجا که نمی‌توان تمام پارامترهایی که ممکن است در یک سیستم آب زیرزمینی طبیعی یا آلوده وجود داشته باشند را سنجید، در یک فرایند انتخاب باید تعداد پارامترها را کاهش داد. پارامترهای شاخص به عنوان مقدار تعیین‌کننده‌ای که می توانند کارایی روش‌های کنترل و کاهش را نشان دهند یا نرخ و وضعیت گسترش آلودگی را کمی کنند، به‌کار می‌روند. به طور کلی پارامترهای شاخص باید حرکت آب زیرزمینی یا تغییر در کیفیت آب را به روشی ساده و قابل فهم بیان کنند. نمودار (۲-۲) فرایند انتخاب پارامترهای کیفیت آب را برای یک برنامه پایش نشان می‌دهد.



نمودار ۲-۲- فرایند انتخاب پارامترهای پایش کیفیت آب زیرزمینی [٦]

- پارامترهای شاخص پایش

در برنامه‌های پایش نیاز به انتخاب پارامترهایی است که کیفیت طبیعی آب را نشان دهند، یا ممکن است تغییر کنند، یا اثر منفی بر کاربری آب دارند. این پارامترها را، «شاخص[1]» می‌نامند.

به هنگام انتخاب پارامترهای شاخص باید مقدار طبیعی آنها را در آب زیر زمینی مد نظر داشت.

1- Indicators

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۸) می‌تواند به عنوان یک راهنما برای انتخاب پارامترهای پایش با اهداف مختلف استفاده شود. لازم به ذکر است انتخاب پارامترها باید بر اساس نمودار فرایند انتخاب پارامترها نمودار (۲-۲) و مدل مفهومی پایش انجام شود.

جدول ۲-۸- شاخص‌های کلیدی پیشنهادی در ارتباط با نوع پایش و موضوعات مربوط

نوع پایش	شرح	پارامترهای شاخص
پایه	مدیریت و ارزیابی منبع آب زیرزمینی هر ناحیه	هدایت الکتریکی، pH، کاتیون‌های عمده (کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، منگنز، آمونیم) و آنیون‌های عمده (کربنات، بی‌کربنات، سولفات، نیترات، نیتریت، کلراید، فلوراید، سیلیس)، فلزات سنگین و سمی (با توجه به نوع سازندها و فعالیت‌های انسانی)، سموم، هیدروکربورها، پتانسیل اکسایش و کاهش، هیدروژن سولفاید، درجه حرارت، اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن خواهی شیمیایی، کربن آلی کل، قلیاییت، آلاینده‌های نوظهور مانند متیل ترشیری بوتیل اتر (MTBE)
	شوری	هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، pH.
	آلودگی بیولوژیک	اشرشیاکلی، استرپتوکوک مدفوعی، کلی‌فرم کل، کلی‌فرم مدفوعی، ویروس‌ها، تخم نماتد زنده.
	باکتری‌های آهن	اندازه‌گیری آهن کل، آهن محلول و دو گونه باکتری‌های Gallionella Crenothrix , Leptothrix
پایش اثر	کشاورزی	مواد مغذی (نیترات و نیتریت، آمونیم، اورتوفسفات)، شوری، هدایت الکتریکی، سموم (با توجه به مدل مفهومی)، آنیون‌ها و کاتیون‌های عمده، قلیاییت، درجه حرارت، باکتری‌ها (اشرشیاکلی، کلی‌فرم کل و کلی‌فرم مدفوعی)، اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، مواد آلی.
	صنایع و معادن مختلف	بر اساس نوع صنعت تعیین می‌شود.
	فرسایش	pH، گازهای محلول (دی اکسید کربن، اکسیژن محلول، هیدروژن سولفاید)، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، آهن کل، آهن محلول، آنیون‌ها و کاتیون‌های عمده، پتانسیل اکسایش و کاهش.
پایش روند	برای پایش روند کوتاه مدت از داده‌های پایش پایه پس از غربالگری می‌توان استفاده کرد. برای پایش روند بلندمدت به بخش ارزیابی بلند مدت رجوع کنید.	

۲-۱۴- پارامترهای متاثر از منابع آلاینده

به هنگام انتخاب پارامترهای مناسب برای مطالعه آب‌های زیرزمینی باید به سه نکته کلیدی توجه کرد:

الف- نحوه ارتباط پارامتر با اهداف پایش

ب- دقت مورد نظر

ج- هزینه

به عنوان یک راهنمای اولیه برخی از پارامترهای پیشنهادی در جدول ۲-۹ ارائه شده‌اند.

جدول ۲-۹- پارامترهای شاخص بر اساس نوع منبع آلاینده [۱۰]

ردیف	نوع منبع آلاینده	پارامترهای شاخص
۱	مواد زاید مدفوعی انسان و حیوان (فاضلاب‌های انسانی و پساب‌ها دامداری‌ها و کشتارگاه‌ها)	کلی‌فرم کل، کلی‌فرم مدفوعی، اشرشیاکلی، آمونیاک، نیترات و نیتریت.
۲	اراضی زراعی و کشاورزی	آمونیاک، نیترات، جیوه معدنی، آرسنیک، اورتوفسفات، سموم، شوری، جامدات محلول.
۳	پالایشگاه‌ها و صنایع نفتی و مراکز توزیع نفت	هیدروکربن‌های آروماتیک، هیدروکربن‌های هالوژنه، فنل‌ها، کلروفنل‌ها، کل مواد نفتی، هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی (PAHs) ، متیل ترشیری بوتیل اتر (MTBE)، سلنیم، کادمیوم، آرسنیک، آنتیموان، وانادیم.

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۲-۹- پارامترهای شاخص بر اساس نوع منبع آلاینده [۱۰]

ردیف	نوع منبع آلاینده	پارامترهای شاخص
۴	صنایع شیمیایی و پتروشیمی و پلاستیک[۱]	زایلن‌ها، تولوئن، بی‌فنل‌های چندکلره، دی اتیل هگزین، ۱و۲ دی کلرو اتیلن، ارتو دی کلرو بنزن، ۱و۲ دی کلرو اتیلن، سیس-۱ و۲ دی کلرو اتیلن، ترانس-۱ و۲ دی کلرو اتیلن، دی کلرو متان، ۱و۲ دی کلرو پروپان، دی اتیل هگزین، سیانید، کلروبنزن، ونیل کلراید و تتراکلر اتیلن، استرین (لاستیک و پلاستیک)، سایر مواد شیمیایی مصرفی، واسطه و تولیدی در واحدهای شیمیایی و پتروشیمیایی.
۵	کارخانه‌های فولاد و ذوب فلزات	باریم، برلیوم، کادمیوم، کروم، سیانید، سایر مواد مصرفی، واسطه و تولیدی.
۶	معادن و فراوری معادن غیرآهنی و حفاری	تالیم، سلنیم، فلوراید (آلومینوم)، باریم، آنتیموان (سرامیک‌سازی) و سایر مواد مصرفی، واسطه و تولیدی.
۷	صنایع برق و الکترونیک و باتری‌سازی	آنتیموان، برلیوم، کادمیوم، تالیم، سایر مواد مصرفی، واسطه و تولیدی.
۸	صنایع چوب و کاغذ	پنتاکلرو فنل و سایر مواد مصرفی، واسطه و تولیدی.
۹	نساجی و خشکشویی‌ها	۱و۲و۴ تری کلرو بنزن، تتراکلرو اتیلن یا پر کلرواتیلن.
۱۰	صنایع دارویی	تالیم و سایر مواد مصرفی، واسطه و تولیدی.
۱۱	سیستم‌های ذخیره‌سازی و انتقال آب و تصفیه آب و فاضلاب	کادمیوم، مس، فلوراید، آکریلامید، آلاکلر، بنزوپیرن، تری هالومتان، آزبست.
۱۲	فرسایش	کادمیوم، کروم، مس، جیوه معدنی، نیترات، سلنیم، آرسنیک، باریم.
۱۳	دفنگاه‌های بهداشتی[۲]	pH، آنیون‌ها و کاتیون‌های عمده، فلزات سنگین و سمی (نقره، باریم، آرسنیک، آهن، کروم، سیانید، سلنیم، سرب، جیوه، منگنز، کرم، نیکل، کادمیم)، نیترات، آمونیم، بی‌کربنات، فلوراید، اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی شیمیایی، هدایت الکتریکی، کربن آلی کل، ترکیبات آلی فرار، درجه حرارت، قلیاییت

جدول (۲-۱۰) پارامترهای پیشنهادی پایش سازگاری برای کاربری‌های شرب، کشاورزی و صنعت را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱۰- پارامترهای کیفیت آب پیشنهادی در پایش سازگاری برای کاربری‌های مختلف آب زیرزمینی [۱۱]

ردیف	نوع کاربری	پارامترها
۱	شرب	کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی، سیانوباکتری‌ها، اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی بیولوژیکی، اکسیژن خواهی شیمیایی، pH، کدورت، بو، رنگ، مزه، سختی، قلیاییت، کاتیون‌ها و آنیون‌های عمده، فلزات سنگین، مواد آلی، رادیواکتیویته، کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، مواد جامد معلق.
۲	کشاورزی (شامل دامداری)	اشرشیاکلی، کلیفرم مدفوعی، کلی‌فرم کل، pH، شوری، هدایت الکتریکی، کاتیون‌ها و آنیون‌های عمده، مواد مغذی (نیترات و نیتریت، آمونیم، اورتوفسفات)، اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن خواهی شیمیایی، مواد آلیفلزات سنگین.
۳	صنعت	با توجه به نوع صنعت متفاوت است. با این وجود می‌توان از پارامترهایی مانند pH، رنگ، کدورت، مزه، سختی، کاتیون‌ها و آنیون‌های عمده، جامدات محلول و آهن کل نام برد.
۴	تفرج	باکتری‌ها (کلی‌فرم کل، کلی‌فرم مدفوعی، اشرشیاکلی)، جلبک، pH، رنگ، بو، شوری، مواد مغذی (نیتریت و نیترات، آمونیم، اورتوفسفات)، مواد سمی.
۵	اکوسیستم‌ها و حیات وحش	pH، اکسیژن محلول، شوری، مواد معلق، کدورت، رنگ، مواد مغذی (نیتریت و نیترات، آمونیم، اورتوفسفات)، مواد سمی

پس از انتخاب پارامترها باید حد تشخیص آنها را با توجه به موارد زیر تعیین کرد:

- اهداف پروژه و برنامه پایش. برای مثال اگر هدف پروژه پایش سازگاری باشد حد تشخیص باید مطابق استانداردهای تعیین شده برای کیفیت آب برای کاربری‌های مورد نظر باشد.

۱- در صنایع شیمیایی بر اساس نوع محصولات نهایی، محصولات واسطه، مواد شیمیایی مصرفی می‌توان نوع پارامترهای شاخص آنها به صورت دقیق مشخص کرد که این موضوع باید در مرحله جمع آوری اطلاعات مد نظر قرار گیرد. به خصوص موادی که در مخازن نگهداری می شود احتمال نشت آنها به آب های زیرزمینی وجود دارد.

۲- به طور معمول آنالیز کیفیت آب زیر زمینی برای ارزیابی اثر دفنگاه های بهداشتی شامل پارامترهایی است که به طور طبیعی در غلظت بیش از یک پی پی ام یا بیش از مقادیر طبیعی در آب زیر زمینی وجود دارند.

omoorepeyman.ir

- روش آنالیز نمونه. انتخاب روش آنالیز باید با توجه به هزینه، تجهیزات در دسترس و از همه مهم‌تر اهداف برنامه پایش انجام شود. در برخی موارد انتخاب حد تشخیص نامناسب (بالا) موجب می‌شود که تغییر مقدار پارامتر با زمان یا تخطی آن از حدود مجاز تشخیص داده نشود. از طرفی اغلب دستیابی به حدود تشخیص بسیار پایین (کم‌تر از مقدار مورد نیاز) ممکن است افزایش هزینه‌ها را در پی داشته باشد.

نکته: کلیه داده‌های به دست آمده را باید با توجه به حد تشخیص تفسیر کرد.

۲-۱۵- پارامترهای معمول برای ارزیابی بلندمدت کیفیت آب زیر زمینی

در ارزیابی بلندمدت کیفیت آب زیرزمینی اغلب تغییر کیفیت آب ناشی از فرایندهای زوال طبیعی مورد توجه هستند. بر اساس تعریف انجمن مواد و آزمون آمریکا[1] زوال طبیعی عبارت است از کاهش جرم یا غلظت یک ترکیب در آب زیرزمینی در طول زمان یا فاصله از منبع آلاینده مورد نظر به دلیل فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی مانند تخریب بیولوژیکی[2]، پخش[3]، ترقیق[4]، جذب[5] و فراریت[6] که به طور طبیعی رخ می‌دهند [۳].

برنامه پایش باید بتواند بازده این فرایندها را ارزیابی و ثبت کند تا به طور موثری از آنها بتوان در تدوین استراتژی‌های کنترل و کاهش آلودگی استفاده کرد. برنامه پایش باید به گونه‌ای طراحی شود که بتواند رفتار پلوم[7] آلودگی با زمان را پایش و وقوع فرایندهای زوال طبیعی با نرخ مناسب برای حفاظت کاربران بالقوه در پایین دست را تایید کند. مبانی فنی پایش بلند مدت به نوع و ویژگی‌های مواد شیمیایی مورد نظر و فرایندهای زوال طبیعی آنها بستگی دارد.

اهداف پایش زوال طبیعی مشابه اهداف سایر پایش‌ها حداقل موارد زیر می‌باشد:

- آیا نرخ زوال طبیعی در حد انتظار می‌باشد؟
- تشخیص تغییر در شرایط محیط زیست (مانند هیدروژئولوژی، ژئوشیمیایی، میکروبیولوژیکی، یا سایر تغییرات) که ممکن است موجب کاهش یا افزایش بازده فرایندهای زوال طبیعی شود.
- تعیین هر گونه مواد بالقوه سمی و محصولات تبدیلات آنها
- تایید این که پلوم آلاینده محلول گسترش نیافته است.
- تایید این که هیچ اثر غیر قابل قبولی روی کاربران پایین دست وجود ندارد.
- تشخیص ورود (انتشار) آلاینده‌هایی به محیط زیست که می‌توانند مخاطرات غیر قابل قبولی برای کاربر داشته باشند یا به طور موثری زوال طبیعی را تحت تاثیر قرار دهند.
- ارزیابی میزان اثر گذاری کنترل های قانونی به‌کار گرفته شده برای حفاظت کاربران بالقوه
- تایید میزان پیشرفت در جهت دستیابی به اهداف پاکسازی

1- American Society for Testing and Materials, ASTM
2- Biodegradation
3- Dispersion
4- Dilution
5- Adsorption
6- Volatilization
7- Plume

omoorepeyman.ir

۲-۱۵-۱- انواع پایش زوال طبیعی

برای دستیابی به اهداف بالا سه نوع برنامه پایش به شرح زیر تعریف شده است:

- پایش تعیین وضعیت پایه برای توصیف موقعیت و وضعیت آلودگی و کمک به پیش‌بینی رفتار آتی آن
- پایش اعتبار برای تعیین صحت و دقت پیش‌بینی‌های رفتار آتی
- پایش بلند مدت برای بررسی رفتار و تغییرات پلوم آلودگی در طول زمان

۲-۱۶- بازده زوال طبیعی[1]

جدول (۲-۱۱) پارامترهای معمول آب زیرزمینی برای ارزیابی زوال طبیعی را نشان می‌دهند. فهرست پیشنهادی در این جدول شامل پارامترهای آلاینده و زمین شیمیایی[2] است. همان طور که در جدول آمده است، برخی پارامترها برای تائید صحت پایش، برخی برای پایش بلند مدت، و برخی برای هر دو منظور هستند.

باید توجه داشت که ممکن است نیاز به اصلاح یا تکمیل این فهرست بر اساس شرایط محلی باشد. علاوه بر پارامترهای جدول (۲-۱۱)، ممکن است فهرست جدول (۲-۱۲) برای پایش زوال طبیعی در محل‌هایی که فعل و انفعالات زوال به راحتی در آنها مشاهده نمی‌شود، مفید باشد.

جدول ۲-۱۱- پارامترهای ارزیابی بازدهی بلندمدت زوال طبیعی در آب زیرزمینی* [۱]

پارامتر	کاربرد
مواد شیمیایی نگران کننده[3]	برای تعیین حضور ترکیبات مولد[4] و ثانویه[5] و نرخ‌های زوال
اکسیژن محلول	به طور معمول غلظت کم‌تر از ۱ میلی‌گرم در لیتر نشان‌دهنده شرایط بی‌هوازی است.
نیترات	اولین تامین‌کننده اکسیژن در شرایط آنوکسیک (اکسیژن محلول کم‌تر از یک میلی گرم بر لیتر). برای کاهش آهن (۳) نباید وجود داشته باشد.
آهن دو ظرفیتی	نشان دهنده فرایند زوال ناشی از کاهش شدید اکسیژن، نیترات و منگنز. برای کلرزدایی غیر زیستی[6] در شرایط کاهش لازم است.
سولفات	دومین تامین کننده اکسیژن در شرایط آنوکسیک.
سولفید	برای کلرزدایی غیرزیستی در شرایط کاهش لازم است.
پتانسیل اکسیداسیون و احیا	بر/ از واکنش‌های بیولوژیکی تاثیر می گذارد و تاثیر می پذیرد.
متان، اتان، اتن	وجود متان می‌تواند نشان دهنده تجزیه بیولوژیکی بی هوازی باشد. اتان و اتن محصولات ثانویه کلرزدایی کامل هستند.
pH	برای تفسیر داده‌های غلظت کربنات و برخی پارامترهای دیگر لازم است. معیار پایداری چاه.
درجه حرارت	پارامتری اساسی برای محاسبات ترمودینامیکی. متغیر حالت.
هدایت الکتریکی	پارامتر عمومی کیفیت آب که متناسب با مقدار یون‌های محلول در آب است.

* همه پارامترها برای هر محل یا هر نوبت نمونه‌برداری نیاز نیستند.

1- Performance of Natural Attenuation
2- Geochemistry
۳- مواد شیمیایی نگران‌کننده به موادی گفته می‌شود که خطری شناخته شده یا احتمالی برای سلامت انسان دارند مانند موادی که در فهرست آلاینده‌های آلی مقاوم (POPs) وجود دارد (Chemicals Of Concern, COC).
4- Parent Compounds
5- Daughter Compounds
6- Abiotic Reductive Dechlorination

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۲- آنالیزهای تکمیلی برای ارزیابی بازده بلند مدت زوال طبیعی در آب زیرزمینی [۱]

پارامتر	کاربرد
منگنز	ممکن است نشان‌دهنده تجزیه بی‌هوازی ناشی از کمبود شدید اکسیژن و نیترات باشد. در صورت وجود هیدروژن سولفید و غلظت بالای کلسیم می‌تواند تداخل رخ دهد.
قلیاییت بی کربنات و کربنات	پارامتر عمومی کیفیت آب برای سنجش ظرفیت بافری آب و نشانه‌ای[1] برای تایید برداشت تمام نمونه‌ها از یک سیستم آب زیرزمینی.
کربن آلی محلول[2]	برای طبقه‌بندی پلوم و ارزیابی پتانسیل زوال ارگانیزم‌های زنده بیولوژیکی و میکروبیولوژیکی.
کربن غیرآلی محلول[3]	افزایش غلظت کربن غیرآلی محلول بیش از غلظت زمینه در منابع آب زیرزمینی که پاکسازی بیولوژیکی شده‌اند، یک اثر انگشت[4] به وجود می‌آورد. دی اکسید کربن متداول ترین محصول نهایی تجزیه بیولوژیکی هیدروکربن‌ها است. کربن غیرآلی محلول مجموع دی اکسید کربن محلول، اسید کربنیک، بی‌کربنات و کربنات است.
آنیون‌ها (کلراید، فلوراید، سولفات، نیترات، بی‌کربنات، کربنات، بروماید)	به همراه کاتیون‌ها می‌تواند برای تعیین واحدهای مختلف هیدرولوژیک و نواحی تحت تاثیر آلودگی بکار رود.
کاتیون‌ها (کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، منگنز و آهن)	به همراه آنیون‌ها می‌تواند برای تعیین واحدهای مختلف هیدرولوژیک و نواحی تحت تاثیر آلودگی بکار رود.
کلراید	محصول نهایی احیای ترکیبات آلی کلردار. می‌تواند به عنوان ردیاب استفاده شود.
هیدروژن	تعیین وقوع فرایند پذیرش الکترون در ترمینال جریان[5] و در صورت وجود هیدروژن کافی کلرزدایی کاهنده.
استیلن	محصول کلرزدایی کاهنده با سولفیدهای آهن توسط ارگانیزم‌های زنده.
اسیدهای چرب فرار[6]	نشانه بیولوژیکی[7] سوخت و ساز بی‌هوازی. باکتری‌های بی‌هوازی حین تخمیر این ترکیبات را تولید می‌کنند.
اسیدهای چرب فسفولیپید[8]	وضعیت توده زیستی میکروبی، ساختار جامعه و حالت فیزیولوژیکی را نشان می‌دهند.
DGGE[9]	تعیین میکروارگانیزم‌های غالب در آب زیر زمینی
ایزوتوپ‌ها	کمک به توضیح مسیر وقوع فرایندها

۲-۱۷- ایستگاه‌های پایش (شبکه نمونه‌برداری)

۲-۱۷-۱- انتخاب تعداد نقاط نمونه‌برداری

تعداد نقاط نمونه‌برداری به وسعت محدوده مطالعاتی، پیچیدگی هیدروژئولوژیکی محیط، وضعیت منابع آلاینده و کاربران آب بستگی دارد. ورای بررسی‌های اجمالی، تعداد نقاط نمونه‌برداری به اهداف پروژه و روش تحلیل داده‌ها بستگی دارد. برای مثال اگر هدف ارزیابی کیفیت آب یک آبخوان باشد، باید نمونه‌برداری از تعداد کافی نقاط انجام شود تا توزیع آماری پارامترهای کیفیت آب به دست آید. مهم‌ترین عامل در انتخاب تعداد نقاط نمونه‌برداری شناخت یا پیش‌بینی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی است. چرا که اگر تغییرات مکانی زیاد باشد، تعداد بیش‌تری نقطه باید نمونه‌برداری شوند.

1- Marker
2- Dissolved Organic Carbon, DOC
3- Dissolved Inorganic Carbon, DIC
4- Finger Print
5- Current Terminal Electron Accepting Process
6- Volatile Fatty Acids, VFAs
7- Biomarker
8- Phospholipid Fatty Acids, PLFAs
9- Denaturing Gradient Gel Electrophoresis, DGGE

omoorepeyman.ir

در بررسی‌های اجمالی و پایش پایه اغلب حداقل تعداد ایستگاه‌های نمونه‌برداری برابر با ۱۰ تا ۳۰ نقطه است. تعداد کم‌تر (۱۰ نقطه) برای آبخوان‌های آزاد که در آنها تغییرات (مکانی) در مقیاس محلی کم است، و تعداد بیش‌تر (۳۰ نقطه) برای آبخوان‌های سطحی آلوده مناسب است [۶].

در پایش روند، در صورتی که تغییرات مکانی قابل توجه نباشد و با لحاظ سایر عوامل موثر که پیش‌تر بیان شدند، یک ایستگاه به ازای هر ۲۵ تا ۱۰۰ کیلومترمربع توصیه می‌شود. هم‌چنین در صورتی که تغییرات مکانی قابل توجه باشد یا تعیین دقیق نرخ تغییرات پارامترهای کیفیت آب مد نظر باشد، یک ایستگاه به ازای هر ۱۰ تا ۲۵ کیلومتر مربع توصیه می‌شود.

در پایش اثر، تعداد ایستگاه‌ها به موقعیت عوامل تاثیر گذار بر کیفیت آب و سایر عوامل موثر که پیش‌تر بیان شدند، بستگی دارد و باید بر اساس مدل مفهومی که تهیه می‌شود، تعداد نقاط نمونه‌برداری تعیین شوند.

به طور کلی در پایش سازگاری تعداد ایستگاه‌ها به موقعیت منابع برداشت آب و سایر عوامل بیان شده، بستگی دارد.

افزایش تعداد نقاط نمونه‌برداری، در صورتی که درست انتخاب شوند، می‌تواند اطلاعات بیش‌تری از وضعیت آب‌های زیرزمینی منطقه به دست دهد. اما محدودیت‌های منابع مالی، اجرایی و زمانی موجب محدود شدن تعداد نقاط نمونه‌برداری می‌شود و باید تلاش شود تا با انتخاب مناسب‌ترین نقاط نمونه‌برداری وضعیت واقعی آبخوان مورد مطالعه نشان داده شود.

نکته: در صورتی که موقعیت نقاط نمونه‌برداری درست انتخاب نشود، افزایش تعداد نقاط می‌تواند موجب تولید اطلاعات گمراه‌کننده شود.

۲-۱۷-۲- مکان‌یابی ایستگاه‌های پایش

مکان‌یابی ایستگاه‌های پایش با توجه به هدف و نوع پایش متفاوت می‌باشد. در پایش وضعیت پایه به عنوان اولین سطح پایش، در صورت عدم وجود اطلاعات اولیه و برای شناخت کیفیت زمینه آب‌های زیرزمینی باید کل آبخوان را به عنوان محدوده پایش هدف در نظر گرفت و سپس آن را به نواحی تقریبا مشابه تقسیم کرد.

باید توجه داشت که داده‌های به دست آمده از یک ایستگاه پایش پایه در صورتی قابل تعمیم به کل منطقه است که منطقه از نظر وضعیت سازندهای زمین‌شناسی تقریبا مشابه ناحیه‌ای که ایستگاه در آن قرار دارد باشد، نوع کاربری اراضی و فعالیت‌های واقع در منطقه مشابه ناحیه‌ای که ایستگاه در آن قرار دارد باشد، و نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در سایر ایستگاه‌های واقع در منطقه در حدودی مشابه ایستگاه مورد نظر باشد. در این صورت می‌توان ایستگاه منتخب را به عنوان ایستگاه شاخص منطقه در نظر گرفت. لازم به ذکر است که این موضوع به نتایج اندازه‌گیری‌های دوره‌ای در منطقه بستگی دارد.

نکته ۱: در صورتی که داده‌های تاریخی برای ایستگاه‌های منتخب واقع در یک منطقه موجود نباشد، باید بررسی اجمالی انجام و نتایج آن در انتخاب موقعیت ایستگاه‌ها مورد توجه قرار گیرد.

نکته ۲: پس از هر دوره نمونه‌برداری باید نتایج بررسی و در صورت لزوم تعداد و موقعیت نقاط نمونه‌برداری اصلاح شود، چرا که هرگونه تغییر در منابع آلاینده انسانی، وضعیت تعمیم داده‌های ایستگاه شاخص را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

به طور خلاصه برد تعمیم داده‌های یک ایستگاه پایش پایه به عوامل زیر بستگی دارد:

- نوع و سازندهای زمین‌شناسی دشت یا منطقه

omoorepeyman.ir

- نوع و بار آلودگی منابع آلاینده انسان ساخت (کشاورزی، صنعتی، معدنی و غیره)
- کاربری اراضی منطقه
- وضعیت دشت از نظر گرادیان هیدرولیکی
- نوع آبخوان منطقه
- فاصله با منابع آلاینده

نکته ۳: در صورت وجود چاه‌های نمونه‌برداری و داده‌های تاریخی، تا حد امکان باید از آنها به عنوان ایستگاه‌های پایش استفاده شود. بدین منظور لازم است برنامه پایش مطابق دستورالعمل ارائه شده طراحی و موقعیت چاه‌ها و سایر مشخصات برنامه تعیین شوند. پس از آن باید انطباق موقعیت، عمق و سایر مشخصات چاه‌های موجود با معیارهای مورد نظر بررسی شود و در صورت انطباق، می‌توان از این چاه‌ها به عنوان ایستگاه‌های نمونه‌برداری استفاده کرد.

نکته ۴: عمق چاه‌ها با توجه به عمق و ضخامت لایه آبدار مورد نظر و عمقی که احتمال مشاهده آلاینده‌های هدف در آن وجود دارد، تعیین می‌شود.

نکته ۵: در صورت نیاز به تعیین شرایط طبیعی آب زیرزمینی ممکن است نیاز به نمونه‌برداری در جهت بالادست ناحیه آلودگی باشد.

به طور معمول پراکنش نقاط نمونه‌برداری بر اساس سه روش تصادفی، سطح بندی و جهت بندی انتخاب می‌شود [۶].

- روش تصادفی: از چاه‌ها، چشمه‌ها و چاه قنات‌های منطقه تعداد مورد نیاز به صورت تصادفی انتخاب می‌شود.
- روش ناحیه‌بندی: در این روش منطقه مورد مطالعه به نواحی تا حد امکان مشابه تقسیم و تعداد ایستگاه‌ها در هر ناحیه متناسب با مساحت آن انتخاب می‌شود.
- روش جهت‌بندی: در این روش جهت حرکت یا گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی تعیین و سپس بر اساس موقعیت منابع موجود و مسیر حرکت جریان آب زیرزمینی، ایستگاه‌ها در مسیر حرکت آب از بالا دست منابع آلاینده تا پایین دست این منابع و نقاط برداشت آب در راستای جهت جریان انتخاب می‌شوند. در صورت عدم وجود منبع، می‌توان در مسیر حرکت آب زیرزمینی چاه حفر کرد.

لازم به ذکر است که در یک محدوده پایش هدف می‌توان با تلفیقی از این سه روش به شرح زیر ایستگاه‌ها را انتخاب کرد:

- جهت‌بندی حرکت آب‌های زیرزمینی در کل محدوده پایش هدف یا آبخوان
- سطح‌بندی منطقه به نواحی تا حد ممکن مشابه. با توجه به جهت حرکت آب می‌توان ناحیه‌های مشابه را شناسایی کرد.
- انتخاب تعداد ایستگاه‌ها در هر ناحیه با توجه به مساحت آنها
- انتخاب نقاط نمونه‌برداری به صورت تصادفی در هرکدام از نواحی

بدیهی است برای کاهش هزینه و مشکلات اجرایی پس از انتخاب مکان‌های مناسب برای نمونه‌برداری بر اساس روش‌های فوق باید به این موضوع توجه کرد که حتی‌الامکان از منابع موجود که از نظر فنی مناسب هستند، استفاده کرد.

الف- سایر موارد در مکانیابی ایستگاه‌های پایش

از آنجا که موقعیت ایستگاه‌های پایش در مسیر جریان آلودگی بر اساس داده‌های هیدرولوژیک تعیین می‌شود بنابراین مسیر جریان آلودگی را باید به دقت و در سه بعد تعیین کرد. به هنگام حفر چاه‌ها، تاکید اصلی باید روی جمع‌آوری داده‌های دقیق از رقوم سطح آب زیرزمینی باشد.

omoorepeyman.ir

نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که نقاط نمونه‌برداری در شبکه پایش آب‌های زیرزمینی محدود به نواحی هستند که دسترسی به آبخوان وجود دارد. به عبارت دیگر در درجه اول نمونه‌ها را باید از چاه‌های موجود برداشت. هم چنین اگر از عدم نفوذ آلودگی از طریق آب‌های سطحی اطمینان باشد، چشمه‌ها را نیز می‌توان به عنوان ایستگاه‌های نمونه‌برداری انتخاب کرد.

نکته ۶: از آنجا که چشمه‌ها اغلب توسط آبخوان‌های کم عمق تغذیه می‌شوند بنابراین بعد از بارش‌های سنگین احتمال تغییر کیفیت آب در آنها وجود دارد.

سایر ایستگاه‌ها چاه‌های گمانه‌ای[1] هستند که برای بررسی ویژگی‌های آبخوان احداث می‌شوند، و به دلیل هزینه بالای احداث تنها در صورت لزوم باید احداث شوند.

ب- عمق نمونه‌برداری

در برخی موارد کیفیت آب در اعماق مختلف آبخوان متفاوت است. برای مثال به طور معمول در واحدهای هیدروژئولوژیک ضخیم تغییرات کیفیت آب با عمق زیاد است، یا اطلاعات موجود نشان می دهند که غلظت آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی به شدت با عمق کاهش می یابند.

عمق نمونه‌برداری به هدف/ اهداف پایش بستگی دارد. برای مثال در صورتی که هدف پایش ارزیابی کیفیت آب برای یک کاربری خاص مانند کشاورزی می‌باشد، نمونه‌برداری ممکن است در عمقی که برداشت آب انجام می‌شود، صورت گیرد، یا در یک پایش روند خاص نمونه‌برداری در عمقی که بیش‌ترین احتمال آلودگی وجود دارد، انجام شود. با این وجود در اغلب برنامه‌های پایش نیاز است تا کیفیت آب در اعماق مختلف تعیین شود. در این حالت عمق (های) نمونه‌برداری به شرح زیر تعیین می‌شوند [۶]:

- برای آبخوان‌های سطحی ترجیحا در دو عمق یکی حدود سه متر زیر سطح ایستابی و دیگری حدود ۱۲ متر زیر سطح ایستابی
- در واحدهای هیدرولوژیک ضخیم که تغییرات کیفیت آب با عمق زیاد است، واحد هیدرولوژیک بر اساس عمق یا ویژگی‌های سنگ شناسی یا هر دو، به دو یا چند قسمت تقسیم و در هر قسمت جداگانه نمونه‌برداری انجام شود.

نکته ۷: توجه به این نکته ضروری است که اغلب آلوده ترین ناحیه در نزدیکی سطح تا عمق چند ده متری قرار دارد که دلیل آن نزدیکی به منابع آلاینده است. در حالی که اغلب چاه‌ها برای جلوگیری از آلودگی در اعماق بیش‌تر قرار دارند. بنابراین ممکن است نیاز به حفر چاه‌های جدید برای شناسایی این آلودگی‌ها باشد.

نکته ۸: به هنگام نمونه‌برداری از چاه‌هایی که با عمق زیاد (تا چند صد متر) حفر شده‌اند، ممکن است نمونه برداشت شده مخلوطی از آب ورودی به چاه از اعماق مختلف و با کیفیت‌های متفاوت باشد. در این حالت تشخیص کیفیت آب در یک لایه مشخص غیرممکن است و در صورت نیاز به تعیین کیفیت آب در اعماق مختلف یا یک لایه خاص ممکن است نیاز به حفر چاه‌های جدید باشد.

نکته ۹: در تمامی سنجش‌ها باید عمق سطح ایستابی، عمق کف چاه، و عمق نمونه‌برداری ثبت شود.

omoorepeyman.ir

1- Boreholes

۲-۱۸- تواتر پایش

تواتر اندازه‌گیری کیفیت آب‌های زیرزمینی به هدف پایش و نرخ تغییرات کیفیت آب بستگی دارد. ذکر این نکته ضروری است که به طور معمول گرادیان تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی نسبت به آب‌های سطحی کم‌تر است. در برخی سازندها عواملی وجود دارد که موجب تغییرات فصلی کیفیت آب می‌شوند در حالی که در سایر موارد به ویژه در مناطقی کـه سـازند آلـوده اسـت، ممکـن اسـت تغییرات ساعتی یا روزانه کیفیت آب رخ دهد.

برای حفاظت کیفیت منابع آب زیرزمینی بررسی تغییرات زمانی در مطالعات پایش آب‌های زیرزمینی یـک عامـل کلیـدی اسـت. برای تعیین نرخ تغییرات کیفیت آب، پایش مداوم pH، درجه حرارت و هدایت الکتریکی در برخی ایستگاه‌های شاخص ضروری است. اطلاعات به دست آمده از این ایستگاه‌ها را می‌توان برای تعیین تواتر پایش بهینه استفاده کرد. جدول (۲-۱۳) حداقل تواتر پیشنهادی برای انواع پایش را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱۳- حداقل تواتر پیشنهادی برای پایش کیفیت آب زیرزمینی

نوع پایش	تواتر پیشنهادی	توضیحات
بررسی اجمالی	یک نوبت	بررسی اجمالی اغلب یک نوبت انجام می‌شود. در برخی موارد برای شناخت بهتر آبخوان ممکـن اسـت پـایش تکـرار شود.
پایش وضعیت پایه	سالانه	با توجه به زمان ماند هیدرولیکی آب در آبخوان ممکن است تواترهای طـولانی تـر (معـادل زمـان هیـدرولیکی) نیـز انتخاب شود. در هر حال تواتر بیش از ۱۰ سال توصیه نمی‌شود.
پایش روند	سالانه دوبار یا فصلی	در صورتی که آبخوان تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی یا تغییرات فصلی نباشد (برای مثال در مناطق با اقلیم خشـک)، می‌توان از تواتر سالانه دوبار (فصول خشک و تر) استفاده کرد. در صورت وجود تغییرات فصلی (برای مثال در مناطق با اقلیم مرطوب یا نیمه بیابانی) یا فعالیت‌های تاثیرگذار انسانی و نیز نوسانات تغذیه و تخلیـه آبخـوان، تـواتر فصـلی توصیه می‌شود.
پایش سازگاری	کـــاربری شـــرب: بـــرای کیفیـــت باکتریولوژیک هفتگی یا روزانـه، سـایر پارامترها ماهانه سایر کاربری‌ها: فصلی	گاهی به دلیل اهمیت کاربری‌های آب به ویژه کاربری شرب و بـه منظـور جلـوگیری از انتقـال هرگونـه آلـودگی از تواترهای بسیار کوتاه هفتگی، روزانه و حتی کم‌تر نیز استفاده می‌شود. در این حالت تواتر پایش نـه بـر اسـاس نـرخ تغییرات پارامترها بلکه بر اساس احتمال وقوع حوادث آلودگی احتمالی و مدت زمان مورد نیاز برای مقابله با آنها تعیین می‌شود.
پایش اثر	فعالیت‌های دایمی: فصلی فعالیت‌های فصلی: به هنگـام فعالیـت ماهانه، پس از آن فصلی تخلیه‌های ناگهانی: بر اسـاس سـرعت حرکت آب و نرخ زوال آلاینده	فعالیت‌های دایمی مانند تخلیه فاضلاب‌های خانگی به چاه‌های جاذب فعالیت‌های فصلی مانند فعالیت‌های کشاورزی در تخلیه‌های ناگهانی مانند حوادث تاثیرگذار بر کیفیت منابع آب زیرزمینی پایش باید بلافاصله پـس از وقـوع حادثـه شروع و تا زمان اطمینان از رفع خطر و دستیابی به حدود مجاز ادامه یابد. از آنجا که ماهیت و محدوده تاثیر حوادث و فرایندهای موثر بر آلاینده‌های ناشی از آنها بسیار متفاوت است، ارائه یک تواتر پایش ممکن نیست و در اغلب مـوارد محدودیت‌های بودجه‌ای و تجهیزاتی از عوامل تاثیرگذار بر تواتر پایش هستند.

۲-۱۹- بررسی و برآورد منابع مورد نیاز (مالی، نیروی انسانی و تدارکات)

طراحی برنامه پایش نیازمند تعیین و تامین منابع مالی، نیروی انسانی و تدارکات مورد نیاز به شرح زیر است:

الف-منابع مالی: هزینه‌های پایش شامل هزینه‌هـای عملیـات میـدانی، عملیـات آزمایشـگاهی، هزینـه‌هـای نیـروی انسـانی و کارشناسی، و هزینه‌های تدارکات است که باید محاسبه و تامین شود. منابع مالی موجود می‌تواند بر تعداد ایستگاه‌هـا، تـواتر پایش و تعداد پارامترها تاثیر گذارد. به طور معمول هزینه کارشناسی بر اساس نفر/ روز یا نفر ماه و هزینه عملیات میدانی بر حسب تعداد روز و نوع آنالیزهای میدانی باید انجام شود، و هزینه عملیات آزمایشگاهی بر اساس تعرفه‌های آزمایشـگاه‌هـای

omoorepeyman.ir

طرف قرارداد محاسبه می‌شود. هزینه‌های تدارکات جداگانه و براساس نوع تدارکات و امکانات مورد نیاز و بر اساس قیمت‌های جاری در بازار محاسبه می‌شود.

ب- **تدارکات:** ابتدا باید در منطقه (استان یا استان‌ها مجاور نزدیک به آبخوان مورد مطالعه) آزمایشگاه‌های توانمند و دارای تاییدیه از مراجع ذی‌صلاح[1] شناسایی شوند. آزمایشگاه‌ها باید فاصله مناسب را تا آبخوان مورد مطالعه و ایستگاه‌ها داشته باشد تا امکان حمل نمونه‌ها برداشت شده از چاه‌ها به آزمایشگاه در زمان قابل قبول وجود داشته باشد. لازم است مدت زمان حمل با در نظر گرفتن سرعت مجاز وسیله نقلیه، وضعیت راه ارتباطی و تاخیرهای احتمالی ناشی از مشکلات پیش‌بینی نشده، محاسبه شود.

نکته ۱: زمان تقریبی مورد نیاز برای رسیدن به موقعیت‌های مورد نظر، نمونه‌برداری، اندازه‌گیری‌های میدانی، آماده‌سازی و حمل نمونه‌ها، و سایر زمان‌های احتمالی باید به هنگام بازدید میدانی و ارزیابی اولیه منطقه و با زمان‌سنجی محاسبه شود.

نکته ۲: اندازه‌گیری برخی پارامترها باید در محل انجام شود. در این موارد لازم است کارشناس آموزش دیده و تجهیزات مورد نیاز گروه نمونه‌برداری را همراهی کند.

سپس تجهیزات و امکانات آزمایشگاهی و امکان آنالیز پارامترهای مختلف، وضعیت نیروی انسانی آزمایشگاه و تخصص و تجارب در هر آزمایشگاه مشخص شود. هم‌چنین سوابق و تجارب کاری آن آزمایشگاه به ویژه کارهای مشابه و روش‌های تضمین کیفیت و کنترل کیفیت آزمایشگاه و وجود استانداردهای مدیریتی برای آزمایشگاه مهم هستند و باید بررسی شود.

پس از ارزشیابی آزمایشگاه‌ها، یک یا چند آزمایشگاه به عنوان آزمایشگاه همکار برای سنجش پارامترهای مورد نظر انتخاب می‌شوند. لازم است نتیجه بررسی‌ها، نگهداری و به روز شود تا در برنامه‌های پایش کیفیت آب در آینده استفاده شوند. برای انتخاب آزمایشگاه‌ها باید اقدامات زیر انجام شود:

- شناسایی کلیه آزمایشگاه‌های موجود در منطقه
- استعلام از آزمایشگاه‌ها و دریافت اطلاعات درخصوص موارد زیر:
  - نوع تجهیزات و امکانات نمونه‌برداری، حمل و نگهداری نمونه‌ها، آنالیز نمونه‌ها
  - نوع پارامترهای قابل اندازه‌گیری، دقت اندازه‌گیری‌ها و ظرفیت انجام کار برای هر کدام
  - چارت کارشناسی
  - گواهی نامه‌ها، استانداردهای سیستم‌های مدیریتی و تضمین کیفیت
  - سوابق، تجارب و فهرست مشتریان
  - دستورالعمل‌ها و استانداردهای مورد استفاده برای انجام آنالیزها
  - تاییدیه‌های واسنجی تجهیزات و دستورالعمل‌های موجود تضمین کیفیت و کنترل کیفیت
  - موقعیت مکانی و وسعت آزمایشگاه
  - مسیرهای دسترسی به آزمایشگاه و ساعت‌های کار

۱- در حال حاضر موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مرجع ملی تعیین شرایط آزمایشگاه‌های استاندارد می‌باشد. علاوه بر این سازمان حفاظت محیط‌زیست اقدام به صدور مجوز آزمایشگاه معتمد برای آزمایشگاه‌های فعال در زمینه سنجش‌های زیست‌محیطی می‌کند.

omoorepeyman.ir

- روش گزارش‌دهی و نمونه فرم های مربوط
- نحوه و مقررات همکاری
- تعرفه‌های نمونه‌برداری و آنالیز

– بررسی و بازدید از آزمایشگاه‌ها و کنترل مستندات ارائه شده

– انتخاب آزمایشگاه(های) همکار

ج- **حمل و نقل:** وضعیت امکانات حمل و نقل موجود از نظر نوع، تعداد، مجهز بودن به امکانات لازم، قدرت مناسب، داشتن فضای کافی و لوازم ایمنی از عواملی است که در برنامه‌های پایش اهمیت دارند. با توجه به وضعیت منطقه مورد مطالعه و موقعیت و تعداد ایستگاه‌ها، باید امکانات حمل و نقل مناسب انتخاب و هزینه‌های آنها در طراحی برنامه پایش لحاظ شود. در این راستا باید سریعترین، مطمئن‌ترین، ایمن‌ترین راه ارتباطی بین ایستگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها انتخاب و پس از بررسی میدانی آن وسایل حمل و نقل مورد نیاز شناسایی شوند.

د- **کنترل کیفیت:** یکی از نیازمندی‌های برنامه پایش موضوع کنترل کیفیت عملیات آماده‌سازی، نمونه‌برداری، نگهداری، حمل و نقل، عملیات میدانی و آزمایشگاهی می‌باشد. انجام کنترل کیفیت مراحل مختلف پایش، نیازمند منابع مالی، تجهیزات و نیروی انسانی می‌باشد که باید در نظر گرفته شود.

هـ- **نیروی انسانی:** برای پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی نیاز به تخصص‌های مختلف طبق جدول (۲-۱۴) می‌باشد که به شرح زیر است.

جدول ۲-۱٤- نیروی انسانی موردنیاز برای پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی

ردیف	تخصص	توضیحات
۱	منابع آب، آبهای زیرزمینی	رئیس گروه، طراحی و اجرای برنامه پایش
۲	محیط زیست با تخصص آلاینده‌ها و کیفیت منابع آب	شناسایی و بررسی فعالیت‌های تاثیرگذار، فرایندهای آلاینده‌های، تهیه مدل مفهومی، کمک به طراحی و اجرای برنامه پایش
۳	شیمی با تخصص آنالیز آب	تعیین روش‌های حمل، نگهداری، آماده‌سازی، آنالیزهای میدانی و آزمایشگاهی، کنترل کیفیت نمونه‌برداری و آنالیز، ارزیابی آزمایشگاه‌های همکار
۴	آمار	طراحی برنامه پایش و تحلیل آماری داده‌ها
۵	رایانه با تخصص بانک های اطلاعاتی و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS	تهیه بانک داده‌ها و اطلاعات، تهیه نقشه‌های کیفیت آب وپراکنش آلاینده‌ها
۶	تکنسین نمونه‌برداری	نمونه‌برداری، حمل، نگهداری نمونه‌ها، آماده‌سازی و آنالیزهای میدانی
۷	راننده	حمل و نقل

نکته ۱: نیروی انسانی مورد نیاز بدون احتساب کارکنان آزمایشگاه‌ها که آنالیز نمونه‌ها را انجام می‌دهند، می‌باشد. به طور معمول تعداد کارکنان آزمایشگاه متناسب با حجم کار و توسط مسوول آزمایشگاه تعیین می‌شود و دستمزد آنها در هزینه آزمایش‌ها مستتر است.

نکته ۲: در این‌جا هزینه احداث و نگهداری چاه‌های موردنیاز لحاظ نشده‌است و این هزینه‌ها باید جداگانه محاسبه شوند.

نکته ۳: در برنامه‌های پایش محدود ممکن است برخی وظایف درهم ادغام شوند و تعداد نیروی انسانی مورد نیاز کاهش یابد (برای مثال حذف راننده و واگذاری مسوولیت آن به تکنسین نمونه‌بردار). در مقابل در برنامه‌های پایش گسترده ممکن است نیاز به چندین نفر برای هر تخصص باشد. هم چنین محدودیت‌های زمانی و بودجه‌ای می‌تواند بر نیروی انسانی مورد نیاز تاثیرگذار باشد.

omoorepeyman.ir

۲-۲۰- سایر مشخصات برنامه‌های پایش پیشنهادی

۲-۲۰-۱- نمونه‌برداری و اندازه‌گیری

هدف از نمونه‌برداری از آب زیرزمینی، برداشت نمونه‌ها از آب زیرزمینی است که باید نمونه‌ها نماینده مناسبی از شرایط محلی آب زیرزمینی باشند و کم‌ترین تغییر را در ویژگی‌های شیمیایی آب زیرزمینی حین نمونه‌برداری و آماده‌سازی‌های بعدی از خود نشان دهند. تجربه نشان داده است، که تفاوت‌های موجود در رفتار کارکنان، روش‌های نمونه‌برداری، نوع تجهیزات نمونه‌برداری و انجام فعالیت‌های نمونه‌برداری می‌تواند موجب تغییر کیفیت آب شود. بنابراین روش‌های مختلفی برای نمونه‌برداری از آب زیرزمینی استفاده می‌شود و یک روش بهینه که در تمامی برنامه‌های پایش آب زیرزمینی قابل استفاده باشد، تاکنون ارائه نشده است. به هنگام انتخاب روش بهینه موارد زیر را باید مد نظر قرار داد:

- شرایط و ویژگی‌های ایستگاه‌های نمونه‌برداری
- رقوم سطح آب زیرزمینی
- نوع و غلظت آلاینده ها
- مسیرهای جریان آب زیرزمینی
- عمق نمونه‌برداری
- ایمنی و بهداشت کارکنان

از سوی دیگر، برخی اطلاعات میدانی مانند عمق آب زیرزمینی و عمق چاه را باید پیش از احداث چاه تعیین کرد.

علاوه براین، اندازه‌گیری برخی پارامترها مانند درجه‌حرارت و اکسیژن محلول باید در محل یا درون چاه انجام شود. در این موارد نیازی به نمونه‌برداری نیست و باید دستگاه اندازه‌گیری به‌درون چاه فرستاده شود یا در همان محل چاه اندازه‌گیری انجام شود.

نکته: همگام با توسعه دانش و فناوری، دستگاه‌ها و تجهیزات جدیدی به بازار عرضه می‌شوند که قابلیت اندازه‌گیری برخی پارامترها را در محل یا در درون چاه دارند. استفاده از این دستگاه‌ها می‌تواند موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها شود. با این وجود لازم است پیش از استفاده از این تجهیزات از انطباق آنها با نیازهای برنامه پایش و نیز تایید عملکرد آنها توسط مراجع معتبر بین‌المللی اطمینان یافت.

۲-۲۰-۲- روش نمونه‌برداری

روش‌های نمونه‌برداری از آب زیرزمینی به شرایط و ویژگی‌های منطقه مانند کیفیت داده‌های مورد نظر، نحوه دسترسی به چاه‌های نمونه‌برداری، نوع تجهیزات در دسترس و پارامترهای کیفیت آب مورد نظر بستگی دارد. پیش از انجام نمونه‌برداری باید روش و تجهیزات نمونه‌برداری را تعیین کرد.

برای اطلاعات بیش‌تر به مرجع شماره [۱۲] نشریه شماره ۱۸۷ «دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آب‌های زیرزمینی» رجوع شود.

omoorepeyman.ir

۲-۲۰-۳- تجهیزات نمونه‌برداری

تجهیزات برداشت نمونه به برخی از عوامل مانند قطر داخلی چاه، نحوه دسترسی به چاه نمونه‌برداری، عمق آب، عمق نمونه‌برداری، حجم آب موجود در چاه و نوع آلاینده‌ها بستگی دارد. برخی از تجهیزات نمونه‌برداری می‌توانند موجب فرار جزء مورد اندازه‌گیری شوند یا با ایجاد تغییر در کیفیت نمونه موجب خطا در نتایج برخی پارامترها مانند pH، اکسیژن محلول، پتانسیل اکسیداسیون و احیا، هدایت الکتریکی ویژه، غلظت فلزات، ترکیبات فرار و گازهای محلول شوند. نوع تجهیزات مورد استفاده در نمونه‌برداری را باید به گونه‌ای انتخاب کرد که کم‌ترین اثر منفی را بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی نمونه داشته باشد. هم چنین پیش از انتخاب تجهیزات باید نوع آلاینده‌ها و حد تشخیص را به دقت تعیین کرد. علاوه بر این، تجهیزات مورد استفاده باید به گونه‌ای انتخاب شوند که با ایجاد کم‌ترین نوسان در آب زیرزمینی (که باعث افزایش کدورت، تبخیر ترکیبات فرار و اکسیژن محلول آب می‌شود) بتوان نمونه‌برداری کرد [۳] و [۱۳].

برای آشنایی با انواع تجهیزات مورد استفاده در نمونه‌برداری از آب زیرزمینی به نشریه شماره ۱۸۷ دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آب‌های زیرزمینی [۱۲] و مراجع [۳] و [۱۳] رجوع کنید.

نکته ۱: به‌دلیل تاثیر اغتشاش ناشی از برهم خوردن آب به هنگام نمونه برداری و سایر عوامل بر غلظت اکسیژن محلول و درجه‌حرارت، اکیدا توصیه می‌شود این پارامترها با استفاده از تجهیزات مناسب در درون چاه اندازه‌گیری شوند. هم‌چنین اندازه‌گیری پارامترهایی مانند هدایت الکتریکی، pH و پتانسیل اکسیداسیون و احیا بهتر است در محل انجام شوند.

نکته ۲: جنس تجهیزات نمونه‌برداری باید به گونه‌ای باشد که موجب آلودگی آب نشود. توصیه می‌شود جنس تجهیزات به ویژه محفظه نگهداری آب مشابه جنس ظروف نگهداری نمونه باشد.

نکته ۳: تجهیزات نمونه‌برداری باید مشابه ظروف نگهداری نمونه‌های شستشو و آماده‌سازی شوند. برای جزییات بیش‌تر در مورد دستورالعمل‌های شستشو و آماده‌سازی ظروف نمونه‌برداری به مراجع [۱۴] و [۱۵] رجوع شود.

۲-۲۰-۴- ثبت مشاهدات میدانی

عملیات نمونه‌برداری خوب همیشه شامل ثبت با جزییات مشاهدات و عملیات میدانی است. وجود یک دفتر یادداشت میدانی برای هر پروژه الزامی است. ثبت اطلاعات و مشاهدات میدانی بخشی از زنجیره ثبت اطلاعات می‌باشد، بنابراین تمام اطلاعات ثبت شده در دفتر یادداشت میدانی باید به محض رسیدن به آزمایشگاه، به پایگاه داده‌ها منتقل شوند.

اطلاعاتی که باید ثبت شوند عبارتند از:

- تاریخ و زمان دقیق حضور و ترک محل
- شرایط آب و هوایی شامل بارش، باد، درجه حرارت
- حوادث و پدیده‌های طبیعی مانند طوفان و زلزله یا انسان ساخت مانند تخلیه‌های ناگهانی در منطقه
- اتفاقات و شرایط غیر معمول از قبیل رنگ یا بوی آب، نشانه‌هایی از ورود مواد خارجی در سیستم مانند روغن در سطح آب، تغییر قابل توجه سطح آب یا ریزش دیواره‌های چاه یا تخریب آن
- هرگونه انحراف از دستور کار استاندارد مانند تغییر موقعیت ایستگاه، تغییر روش آماده‌سازی

omoorepeyman.ir

در صورت بروز شرایط غیرمعمول گروه باید نمونه‌های اضافی بردارد. اگر نمونه‌های اضافی از محلی غیر از نقاط از پیش تعیین شده جمع‌آوری می‌شوند، آن نقاط باید به طور کامل توصیف و مشخصات آنها ثبت شود. این اطلاعات در تفسیر نتایج مفید خواهد بود. دفترچه‌های یادداشت میدانی برای اقدامات اجرایی بسیار با ارزش هستند و باید سعی شود که به شکل مناسبی نگهداری شوند. متصدیان نمونه‌برداری باید یک دفترچه یادداشت داشته باشند که در آن کلیه جزییات مربوط را به هنگام نمونه‌برداری یادداشت کنند. بعد از پر شدن این دفترچه‌ها از دور انداختن آنها باید پرهیز کرد. از آنجا که این دفترچه‌ها حاوی داده‌ها و اطلاعات خام اولیه می‌باشند، می‌توانند به منظور کنترل‌های آتی استفاده شوند. اطلاعات زیر باید به دقت در این دفترچه ثبت شوند:

- اطلاعات مربوط به تجهیزات نمونه‌برداری شامل نوع تجهیزات، جنس ظروف، زمان و نحوه شستشو و آماده‌سازی
- نوع نمونه‌های جمع‌آوری شده
- نوع محاسبات، نحوه انجام آنها و نتایج به دست آمده (شامل استانداردها، یکاهای مورد استفاده و غیره)
- اطلاعات تکمیلی (هر نوع شرایط غیرعادی در مکان و زمان نمونه‌برداری). چنان‌چه قرار است موقعیت ایستگاه‌های منتخب تغییر کند، موضوع باید با دلیل و دقیق شرح داده شود. از طرفی پیش از انجام این کار باید با کارشناسان و هماهنگ کننده برنامه مشورت و تاییدیه آنها دریافت شود. به منظور سهولت استفاده از اطلاعات دفترچه باید ترتیب انجام فعالیت‌ها ذکر شود.

نکته: جدول‌های ثبت مشاهدات و داده‌های سنجش‌های میدانی در فصل ۴ ارائه شده‌اند.

۲-۲۰-۵- نگهداری نمونه‌ها

هدف از نگهداری نمونه‌ها ایجاد تاخیر در فرایندهایی (فیزیکی، شیمیایی و زیستی) است که می‌توانند موجب تغییر در ویژگی‌های نمونه شوند. روش‌های نگهداری نمونه‌ها را تنها زمانی باید استفاده کرد که امکان آنالیز سریع نمونه وجود نداشته باشد. چنان‌چه نیاز به نگهداری نمونه باشد این کار را باید تا حد امکان بلافاصله پس از جمع‌آوری انجام داد. با این وجود باید توجه داشت که استفاده روش‌های نگهداری تا حدودی می‌تواند موجب تغییر ویژگی‌های نمونه شود. برای مثال، کاهش pH نمونه با استفاده از اسید می‌تواند موجب تغییر ماهیت فلزات سنگین شود. روش‌های آماده‌سازی و نگهداری نمونه‌ها برای هر پارامتر متفاوت است و باید بر اساس استانداردها و مراجع معتبر انجام شوند. برای اطلاعات بیش‌تر به مراجع [۱۴] و [۱۵] رجوع کنید.

نکته: در دفترچه یادداشت عملیات میدانی و روی برچسب بطری‌ها باید کارهای انجام شده روی نمونه برای نگهداری شامل نوع و مقدار مواد افزوده شده، نحوه انجام فیلتراسیون، درجه حرارت نگهداری نمونه و مدت زمان مجاز برای نگهداری نوشته شود.

۲-۲۰-۶- حمل نمونه‌ها

به هنگام نمونه‌برداری توجه به حداکثر زمان نگهداری نمونه‌ها پیش از انجام آنالیز بسیار ضروری است. بنابراین نمونه‌ها را باید در مدت زمان مجاز که در استانداردهای آماده‌سازی و نگهداری بیان شده است به آزمایشگاه تحویل داد تا بلافاصله اقدام به آنالیز آنها شود. هم چنین توجه به نکات زیر ضروری است:

- اطمینان از محکم و بدون نشتی بودن درب بطری‌ها برای جلوگیری از ریختن نمونه‌ها حین حمل

omoorepeyman.ir

- حفاظت نمونه‌ها از حرارت و نور خورشید
- نگهداری ظروف شیشه‌ای به گونه‌ای که احتمال ضربه خوردن و شکستن آنها حین حمل حداقل باشد.
- اطمینان از کیفیت برچسب زنی روی بطری‌ها
- آماده‌سازی نمونه‌ها پیش از حمل (در صورت نیاز)

برای اطلاعات بیش‌تر به مرجع [۱۴] رجوع شود.

۲-۲۱- تضمین کیفیت و کنترل کیفیت در نمونه‌برداری

تضمین کیفیت نشان می‌دهد که روش درست و مناسب برای انجام کار انتخاب شده است. در مقابل کنترل کیفیت بیانگر درست انجام دادن روش انتخابی است. در مجموع با اجرای برنامه‌های تضمین کیفیت و کنترل کیفیت از تولید داده‌ها و اطلاعات قابل اعتماد می‌توان اطمینان یافت.

رعایت مجموعه دستورالعمل های ارائه شده در این استاندارد و سایر استانداردهای ارجاع داده شده برای انتخاب تجهیزات مناسب، نحوه برداشت، آماده‌سازی و نگهداری و حمل نمونه‌ها می‌تواند کیفیت نمونه‌برداری و دستیابی به اهداف تعیین شده را تضمین کند. در مقابل کنترل کیفیت نیازمند انجام عملیات متعددی مانند برداشت نمونه‌های اضافی می‌باشد که به دلیل مشابهت آن با کنترل کیفیت نمونه‌برداری در برنامه پایش آب‌های سطحی برای جزییات بیش‌تر به نشریه شماره ۵۲۲ دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با عنوان «دستورالعمل پایش کیفیت آب های سطحی (جاری)» رجوع شود.

۲-۲۱-۱- زنجیره ثبت اطلاعات[1]

به طور معمول جمع‌آوری و آنالیز نمونه‌ها مستلزم سرمایه، تجهیزات کارکنان و تجهیزات قابل توجهی است. بنابراین اگر اطلاعات ناکافی یا نامناسب جمع‌آوری شود نتیجه‌ای جز اتلاف سرمایه، انرژی و وقت به دنبال نخواهد داشت.

هدف از زنجیره ثبت اطلاعات مستند کردن تمامی مراحل انجام کار شامل نمونه‌برداری، آماده‌سازی، نگهداری، حمل، تحویل به آزمایشگاه، آزمایش و گزارش‌دهی است تا در صورت وجود هر گونه سوال یا ابهام امکان کنترل و پیگیری دقیق تمام مراحل وجود داشته باشد. به طور معمول زنجیره ثبت اطلاعات چهار بخش دارد:

الف- ثبت زنجیره اطلاعات: برای ثبت اسناد مورد نیاز از زمان شروع جمع‌آوری نمونه، یک کاربرگ مربوط به زنجیره اطلاعات موجود برای هر نمونه یا گروه نمونه‌های جمع‌آوری شده جداگانه پر می‌شود. این کاربرگ‌ها می‌توانند شامل اطلاعات زیر باشند:

کد نمونه، عنوان پروژه، تاریخ و زمان دقیق جمع‌آوری نمونه، تعداد و نوع ظروف نمونه‌برداری، روش نگهداری نمونه‌ها، روش انتقال نمونه‌ها از منطقه به آزمایشگاه، شرایط نمونه‌ها به هنگام دریافت توسط آزمایشگاه، توضیحات ویژه، نام و امضاء جمع‌آوری‌کننده نمونه، امضای کلیه افرادی که در ثبت زنجیره اطلاعات همکاری داشته‌اند.

1- Chain of Custody

omoorepeyman.ir

ب- **برچسب‌گذاری نمونه‌ها:** برای جلوگیری از جابه‌جایی و گم شدن، نمونه‌ها برچسب‌گذاری می‌شوند[۱]. برچسب‌ها را باید قبل یا به هنگام نمونه‌برداری بر روی ظروف چسباند و از عدم کنده و پاره شدن آنها به هنگام نگهداری، جابه‌جایی و انتقال اطمینان یافت. برچسب‌ها باید حداقل حاوی اطلاعات زیر باشند:

کد نمونه، نوع منبع نمونه‌برداری، کد یا موقعیت منبع نمونه‌برداری شده، نام یا کد پروژه، امضای نمونه‌بردار، عمق نمونه‌برداری از سطح زمین بر حسب متر، تاریخ و زمان دقیق نمونه‌برداری، نوع مواد استفاده شده برای تثبیت نمونه‌ها

ج- **کاربرگ ثبت فعالیت‌های میدانی:** کلیه اطلاعات مربوط به فعالیت‌های میدانی باید تا حد امکان در کاربرگ‌های مربوط به فعالیت‌های میدانی ثبت شود. اطلاعات مهم به شرح زیر می‌باشد:

عنوان پروژه، هدف از انجام نمونه‌برداری، کد نمونه(ها)، عمق (اعماق) نمونه‌برداری از سطح زمین برحسب متر، موقعیت، ویژگی‌ها و تصاویر مربوط به نقاط نمونه‌برداری، تعداد و حجم نمونه‌های برداشت شده، روش نمونه‌برداری، روش نگهداری نمونه‌ها شامل نوع و مقدار مواد و ظروف، تاریخ و زمان نمونه‌برداری، مشاهدات میدانی، نوع و مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری‌های میدانی، نتیجه اندازه‌گیری‌های میدانی، روش‌های استفاده شده برای جلوگیری از آلودگی نمونه‌ها، توضیحات ویژه

د- **کاربرگ درخواست آنالیز نمونه‌ها**

این کاربرگ برگه‌ای است که نوع آنالیزهای مورد نیاز و شرح کار آزمایشگاه را مشخص می‌کند. در این کاربرگ پارامترهایی که باید اندازه‌گیری شوند، تعداد، کد نمونه(ها) و نوع نمونه‌های ارسالی به آزمایشگاه ثبت می‌شود.

۱- به‌جای برچسب‌زنی می توان اطلاعات را بر روی یک کارت مقوایی سوراخ‌دار به ابعاد ۱۰ در ۵ سانتی‌متر نوشت و کارت را با استفاده از ریسمان مناسب به بطری گره زد. همچنین توصیه می‌شود برای جلوگیری از پاک شدن اطلاعات از مداد استفاده شود.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۳

ایمنی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱- ایمنی در فعالیت‌های میدانی

اطمینان از ایمنی در کارهای میدانی نیازمند شناخت کامل خطرات بالقوه و آگاهی کامل از مقررات و دستورالعمل‌های مربوط دارد. کارکنان درگیر در فعالیت‌های میدانی با خطرات زیادی از قبیل تصادف جاده‌ای، سقوط در چاه یا قنات، تماس بدن با مواد شیمیایی، تماس با مواد آلوده، بیماری‌های ناشی از آب آلوده، رویارویی با حیوانات خطرناک و گزنده، جراحت ناشی از کار با تجهیزات، سقوط از ارتفاع در مناطق صعب‌العبور، جراحت ناشی از لیز خوردن، خفه شدن در مناطق مردابی و لجن‌زار و گرمازدگی و سرمازدگی در فصول گرم و سرد مواجه هستند.

تضمین ایمنی و سلامت کارکنان از مهم‌ترین موارد به هنگام اجرای برنامه پایش است و مسوولیت آن با مجری برنامه پایش است. هدف از این کار ایجاد شرایطی مطمئن برای پیشگیری از خطر، جراحت یا از دست دادن افراد و انتخاب روش برخورد مناسب با خطرات و حوادث می‌باشد.

افرادی که به منطقه یا ایستگاه‌ها سرکشی می‌کنند باید وضعیت منطقه را از نظر ایمنی بررسی و اطلاعات جدید را ثبت و به مجری برنامه پایش گزارش کنند تا دستورالعمل‌های ایمنی بر اساس این اطلاعات بازنگری شود. در هر حال رعایت موارد زیر ضروری است:

- همواره کار به اتفاق حداقل یک همراه انجام شود.
- همواره باید موقعیت شخص به سایر اعضای گروه اطلاع داده شود.
- همواره شماره تلفن‌های ضروری همراه تیم باشد.
- افراد تیم باید از موقعیت نزدیک‌ترین مراکز بهداشتی و اضطراری (اورژانسی) و نحوه رسیدن سریع به آنجا از محلی که مشغول به کار هستند را فرا گیرند.
- یکی از اعضای گروه به عنوان مسوول جمع‌آوری اطلاعات پزشکی و بهداشتی و نحوه ارائه کمک‌های اولیه در موارد ضروری انتخاب شود. این شخص باید دوره‌های لازم را در زمینه کمک‌های اولیه گذرانده باشد.
- همواره یک جعبه کمک‌های اولیه همراه گروه باشد و از وضعیت سلامت هر یک از اعضای گروه (ناراحتی‌های قلبی، واکنش‌های آلرژیک نسبت برخی گیاهان، نیش زنبور و ...) اطلاع دقیق کسب شود.
- به پیش‌بینی وضع هوا توجه شود، زیرا احتمال خطر برای گروه پایش وجود خواهد داشت.
- برای نمونه‌برداری وارد چاه یا قنات نشده زیرا احتمال ریزش دیواره های آن وجود دارد.
- برخی اشیا مانند کیف دستی و کلیدها در جای مطمئن حمل شود (مانند کیف‌های کمری). بی‌احتیاطی می‌تواند موجب سقوط این اشیا به داخل چاه شود.
- برای نمونه‌برداری هرگز نباید به محدوده خصوصی افراد بدون اجازه آنها وارد شد. برای این منظور بهتر است ضمن همراه داشتن کارت شناسایی تا حد امکان از چاه‌های عمومی نمونه‌برداری شود. (در زمان انتخاب ایستگاه‌ها باید توجه داشت که ایستگاه‌های نمونه‌برداری را خارج از محدوده‌های خصوصی انتخاب کرد و در صورت نیاز به انتخاب ایستگاه در محدوده‌های خصوصی هماهنگی‌های لازم انجام شود).

omoorepeyman.ir

- سعی شود با استفاده از نقشه‌های دستی یا GPS اطمینان حاصل شود که در محل صحیح نمونه‌برداری می‌شود.
- همواره باید مراقب حمله حیوانات وحشی، سگ‌های هار، زنبورگزیدگی و مارگزیدگی بود. از اقداماتی که به هنگام بروز چنین حوادثی باید انجام شود، آگاهی کافی کسب شود.
- هرگز از آب رودخانه‌ها، چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌های مشکوک برای آشامیدن استفاده نشود. برای این منظور پیش از شروع به کار آب کافی همراه گروه باشد و از آن استفاده شود. در صورت نیاز به آب آشامیدنی از منابع آبی که افراد بومی استفاده می‌کنند، استفاده شود.
- بعد از پایان عملیات دست‌ها با صابون خوب شسته شود.
- از آن‌جا که تماس بدن با آب‌های بسیار آلوده می‌تواند خطرناک باشد، پیش از نمونه‌برداری از چنین محل‌هایی هماهنگی‌های لازم با مسوول گروه به عمل آید.
- هنگام نمونه‌برداری از چاه‌ها یا قنات‌هایی که دیواره‌های آنها ریزشی است دقت کافی به عمل آید.
- در هر مرحله از نمونه‌برداری چنان‌چه احساس خطر شود باید عملیات متوقف و محل به سرعت ترک شود. همواره ایمنی و سلامت فرد به هر کار و موضوعی اولویت دارد.

به دلیل مشابهت سایر موارد و کاربرگ‌های مربوط با نشریه شماره ۵۲۲ دفتر نظام فنی و اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با عنوان «دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های سطحی (جاری)»، از ذکر سایر موارد خودداری و لازم است برای اطلاعات تکمیلی و کاربرگ‌های مربوط به این نشریه رجوع شود.

omoorepeyman.ir

فصل ۴

نحوه ثبت و نگهداری اطلاعات میدانی و نتایج اندازه‌گیری میدانی و آزمایشگاهی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

٤-۱- کاربرگ‌های ثبت اطلاعات میدانی و نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی و آزمایشگاه

مشخص بودن وضعیت ایستگاه نمونه‌برداری و تغییرات آن در دوره اندازه‌گیری ضروری می‌باشد. اطلاعات مربوط به وضعیت ایستگاه می‌تواند موجب تغییر یا اصلاح ایستگاه‌های منتخب، نحوه نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل داده‌ها شود. انجام موارد زیر ضروری است:

- بخش الف کاربرگ (۴-۱) ویژگی‌های ایستگاه نمونه‌برداری، تکمیل و پیش از عملیات نمونه‌برداری به تعداد کافی تکثیر شود.
- در هر نوبت نمونه‌برداری برای هر کدام از ایستگاه‌ها، بخش ب کاربرگ (۴-۱) تکمیل شود. در بخش توضیحات ضروری فرم، پدیده‌ها و تغییراتی که در فاصله زمانی بین نمونه‌برداری قبلی و فعلی در زمینه موارد بخش الف کاربرگ رخ داده است، ذکر شوند. هم‌چنین مواردی مانند تخلیه آلاینده‌ها، تغییرات سطح ایستابی چاه‌ها، احداث تاسیسات پمپاژ آب، فعالیت‌های عمرانی در ناحیه‌ای که چاه در آن قرار دارد، یا هر موردی که می‌تواند موجب تغییر کیفیت آب زیرزمینی یا برنامه پایش از نظر موقعیت و تعداد ایستگاه‌ها یا پارامترهای پایش شود، ذکر می‌شود.
- مشکلات دسترسی به ایستگاه و اندازه‌گیری‌ها باید به دقت ثبت تا اقدامات اصلاحی انجام شود و در صورت تکرار مشکل عدم دسترسی، موقعیت ایستگاه باید تغییر کند.

کاربرگ ٤-۱- فرم مشخصات ایستگاه نمونه‌برداری[۱]

الف – ویژگی‌های ایستگاه نمونه‌برداری

کد ایستگاه:	نام آبخوان یا دشت:
نام محدوده مطالعاتی:	کد محدوده مطالعاتی:
نام مشاهده کننده:	تاریخ مشاهده:
استان:	نام منطقه:
نزدیک‌ترین شهر:	نزدیک‌ترین آبادی:
مختصات جغرافیایی: E: N:	ارتفاع سطح زمین از سطح دریا (متر): Z:
نشانی و نحوه دسترسی:	
نام مالک منطقه و تلفن آن (درصورت وجود مالک):	
نام و نوع نزدیک‌ترین جاده:	جهت و فاصله تا نزدیک‌ترین جاده:
نام و فاصله نزدیک‌ترین مرکز اوژانس:	شماره تلفن اورژانس:
نام و فاصله نزدیک‌ترین مرکز پلیس:	شماره تلفن پلیس:
فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه یا چاه در بالادست دشت:	
فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه یا چاه در پایین دست دشت:	
نوع منبع: چاه ❐ چشمه ❐ مادر چاه ❐	وضعیت کاربری منطقه:
عمق چاه (متر):	وضعیت چاه: فعال ❐ متروکه ❐
توضیحات ضروری:	

۱- بخش الف این کاربرگ پس از بررسی اولیه آبخوان و شناسایی ایستگاه‌ها، پیش از نمونه‌برداری در دفتر تکمیل می‌شود.

omoorepeyman.ir

ب- وضعیت نمونه‌برداری

تاریخ نمونه‌برداری:		
آیا نمونه‌برداری انجام شد؟ ❐ بله ❐ خیر		
دلیل عدم برداشت نمونه: ❐ خشک بودن چاه یا مادر چاه قنات ❐ عدم امکان دسترسی (مشکلات ایمنی) ❐ خطر ریزش دیواره‌های چاه ❐ سایر موارد (ذکر شود)		
نوع نمونه‌برداری	❐ شیمیایی	❐ بیولوژیکی
	❐ فیزیکی	❐ سایر
مشکلات دسترسی به ایستگاه	❐ مغروق شدن	❐ تالابی و باتلاقی
	❐ وجود گل و لای در مسیر	❐ سایر (ذکر شود) .....
توضیحات ضروری:		
نام و نام خانوادگی‌نمونه بردار:	امضای نمونه‌بردار: تاریخ:	

- کاربرگ‌های ثبت نتایج اندازه‌گیری کیفیت آب

دو نوع کاربرگ ثبت نتایج اندازه‌گیری باید تهیه شود:

• کاربرگ ثبت نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی

کاربرگ (۴-۲) برای ثبت نتایج اندازه‌گیری پارامترهایی که در محل اندازه‌گیری می‌شوند، استفاده و باید در زمان اندازه‌گیری تکمیل شود. ثبت وضعیت واسنجی دستگاه‌های اندازه‌گیری میدانی بسیار مهم است و باید اطلاعات در این کاربرگ ثبت شود.

• کاربرگ ثبت نتایج اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

کاربرگ (۴-۲) برای ثبت نتایج اندازه‌گیری پارامترهایی است که در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شوند. پس از ثبت نتایج، کارشناس و مسوول آزمایشگاه باید با ذکر نام و امضای خود نتایج را تایید کنند.

نکته: برخی آزمایشگاه‌ها داده‌ها را در کاربرگ‌های مخصوص خود ثبت می‌کنند. در این حالت لازم است اطمینان یافت که اطلاعات مورد نیاز که در کاربرگ (۴-۳) ذکر شده‌اند، در کاربرگ‌های مخصوص آزمایشگاه نیز وجود دارند. در غیر این صورت باید با آزمایشگاه هماهنگی لازم به عمل آید تا اطلاعات اضافی مورد نیاز را نیز ثبت کند.

کاربرگ ٤-۲- اندازه گیری پارامترهای میدانی

الف – ویژگی‌های محل

نام/ کد پروژه:	کد ایستگاه:	
نام مشاهده کننده:	نام دشت یا منطقه:	
مختصات جغرافیایی: E: N:	ارتفاع سطح زمین از سطح دریا (متر):	Z:
شرایط آب و هوایی:		
توضیحات:		

omoorepeyman.ir

ب – زمان نمونه‌برداری

تاریخ:	ساعت:

توجه: در صورت داشتن نقص فنی تجهیزات اندازه‌گیری یا عدم واسنجی از اندازه‌گیری خودداری شود.

ج – اندازه‌گیری‌های میدانی

پارامتر	مقدار	خطا	تجهیزات		واسنجی		
			نام/ مدل دستگاه	شماره تجهیزات	تاریخ آخرین واسنجی	مهلت واسنجی	وضعیت
عمق سطح ایستابی، متر							
عمق کف چاه، متر							
عمق نمونه‌برداری، متر							
در جه حرارت هوا، °C							
درجه حرارت آب، °C							
هدایت الکتریکی، µS/cm							
pH							
ORP, mV							
کدورت، NTU							
اکسیژن محلول، mg/l							

نام و نام خانوادگی و امضای کارشناس: نام و نام خانوادگی و امضای سرپرست گروه:

کاربرگ ٤-۳- اندازه‌گیری پارامترهای آزمایشگاهی

الف – نام ایستگاه

کد ایستگاه:	کد/ نام پروژه:

ب – زمان نمونه‌برداری

تاریخ:	ساعت:

ج – وضعیت ظروف نمونه‌برداری

نوع ظرف	کد ظرف	تعداد	نحوه آماده‌سازی	پارامترهای مورد نظر

د – اندازه گیری آزمایشگاهی

نام پارامتر	یکا	کد ظرف	روش آنالیز	نام دستگاه	وضعیت واسنجی	مقدار	خطا

توضیحات:

نام و نام خانوادگی و امضاء کارشناس آزمایشگاه: نام و نام خانوادگی و امضای مسوول آزمایشگاه:

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۵

عملیات آزمایشگاهی و نکاتی درخصوص بهره‌برداری، ایمنی تجهیزات، آزمایش، واسنجی، نیروی انسانی و داده‌های مورد نیاز

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۵-۱- دریافت نمونه توسط آزمایشگاه

کارکنان آزمایشگاه باید به هنگام دریافت نمونه موارد زیر را به دقت بررسی کنند:

- نمونه‌ها در بطری‌های مناسب تحویل شوند
- تمام جزییات لازم روی برچسب بطری‌های نمونه درج شده باشد.
- به منظور کسب نتایج قابل اعتماد، باید نمونه‌ها در مدت زمان مقرر به آزمایشگاه رسانده شود.
- نمونه‌ها مطابق روش‌های استاندارد آماده‌سازی و تثبیت شده باشند (در صورت نیاز).
- به هنگام انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌ها در درجه حرارت مناسب قرار گرفته باشند.

هم‌چنین پس از دریافت نمونه‌ها باید از موارد زیر اطمینان یافت:

- ثبت مشخصات نمونه‌ها در بانک اطلاعاتی یا دفتر آزمایشگاه بلافاصله پس از ورود نمونه‌ها به آزمایشگاه و نگهداری آنها در یخچال در درجه حرارت مناسب (به طور معمول چهار درجه سیلسیوس)

نکته: در مواردی که مدت زمان نگهداری نمونه‌ها یا شرایط نگهداری آنها پیش از تحویل به آزمایشگاه موجب کسب نتایج غیر قابل اعتماد می‌شود، کارکنان آزمایشگاه باید از پذیرش نمونه‌ها خودداری کنند.

- نگهداری نمونه‌های باکتریولوژیک در درجه حرارت چهار درجه سیلسیوس بلافاصله پس ورود به آزمایشگاه و شروع آنالیزها تا پیش از زمان مشخص شده در استاندارد مرجع

نکته: در آزمایش‌های باکتریولوژیک، هر نمونه‌ای که بعد از زمان مشخص شده در استاندارد مرجع به آزمایشگاه انتقال یابد یا زمان سرد کردن نمونه پس از جمع‌آوری بیش از زمان مشخص شده در استاندارد مرجع طول کشیده باشد، باید دور ریخته شود.

۵-۲- روش انجام آزمایش‌ها

روش مناسب برای آنالیز هر پارامتر در بخش تضمین کیفیت و با توجه به تداخل‌ها، حدود غلظت مورد انتظار، حد تشخیص، دقت، تجهیزات در دسترس، هزینه‌ها و سایر موارد تعیین می‌شود. به طور معمول آنالیزها باید بر اساس روش‌های توصیه شده توسط سازمان‌ها و نهادهایی که مسوولیت انتشار روش‌های استاندارد را بر عهده دارند، انجام شود. برای جزییات بیش‌تر به مرجع [۱۴] رجوع شود.

نکته ۱: برخی روش‌های منتشره توسط سازمان بین‌المللی استاندارد، توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران معادل‌سازی و به فارسی منتشر شده‌اند. برای اطلاعات بیش‌تر به سایت این موسسه به نشانی www.isiri.rog رجوع شود.

نکته ۲: روش‌های استاندارد به صورت دوره‌ای بازنگری و به روز می‌شوند. توصیه می‌شود از آخرین ویرایش منتشر شده استفاده شود.

omoorepeyman.ir

۵-۳- برخی نکات کلیدی در خصوص بهره‌برداری، ایمنی تجهیزات، آزمایش، واسنجی، نیروی انسانی و داده‌های مورد نیاز

- برای آشنایی و آگاهی از روش صحیح استفاده و نگهداری از تجهیزات میدانی و آزمایشگاهی پیش از شروع کار باید دفترچه‌های راهنمای آنها مطالعه و جزییات مهم یادداشت شود. حتی در صورت آشنایی با دستگاه و نحوه کارکرد آن، توصیه می‌شود دوباره این مدارک مرور و اطمینان حاصل شود که چیزی از قلم نیافتاده است.
- از کالیبره بودن تجهیزات میدانی و آزمایشگاهی اطمینان حاصل شود. برای واسنجی باید موارد زیر را مد نظر قرار داد:

- برای برخی تجهیزات لازم است از خدمات شرکت‌های متخصص در واسنجی تجهیزات که مجوزهای لازم را از شرکت‌های سازنده یا موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران دارند، استفاده شود. برای سایر تجهیزات باید مطابق دستورالعمل‌های سازنده یا استاندارد تجهیزات کالیبره شوند. دستورالعمل‌های واسنجی باید همواره در دسترس باشند.
  نکته: از اتکا به حافظه جدا خودداری شود. لازم است تمامی موارد ثبت و در هر نوبت واسنجی یا آنالیز جزییات کار به دقت از روی دستورالعمل‌های مکتوب انجام شوند.
- برای اطمینان از صحت واسنجی و کیفیت داده‌ها می‌توان از روش‌های کنترل بین آزمایشگاهی با همکاری سایر آزمایشگاه‌ها استفاده شود.
- تجهیزات میدانی باید پیش از عزیمت به منطقه کالیبره و در محل اندازه‌گیری کنترل شوند. در صورت نیاز به واسنجی در محل باید مواد، وسایل و دستورالعمل‌های مربوط را به همراه داشت.
  نکته: توصیه می‌شود مواد، وسایل و دستورالعمل‌های واسنجی برای پارامترهایی که در محل اندازه‌گیری می‌شوند، همیشه همراه تیم باشد.
- در صورت ثبت نتایجی که به نظر غیر منطقی می باشند، ابتدا واسنجی تجهیزات کنترل و سپس اندازه‌گیری تکرار شود. در صورت تکرار نتایج قبلی ضمن درج آنها در کاربرگ‌های مربوط و ذکر عبارت «مشکوک» می‌توان برای بررسی بیش‌تر نمونه/ نمونه‌هایی برای تکرار آزمایش‌ها در آزمایشگاه برداشت نمود.
  نکته: به هیچ وجه اجازه تغییر یا حذف نتایج به ظاهر غیرمنطقی نیست. باید در نظر داشت که ممکن است برای مشاهده این نتایج دلیلی وجود داشته باشد.
- در هر بار اندازه‌گیری باید انجام واسنجی، زمان و مهلت آن در کاربرگ مربوط ثبت شود.
- هر یک از تجهیزات باید کاربرگ شناسایی داشته باشد که در آزمایشگاه به همراه دستورالعمل‌های بهره‌برداری، نگهداری و واسنجی نگهداری می‌شود. مشخصات فنی، شرکت پشتیبانی کننده، تاریخچه واسنجی و مشکلات احتمالی آنها در این کاربرگ شناسایی ثبت می‌شود. استفاده کنندگان باید پیش از استفاده از تجهیزات، کاربرگ شناسایی آن را بررسی کنند و از وضعیت آن آگاهی کامل داشته باشند.

omoorepeyman.ir

فصل ۶

تجزیه و تحلیل داده‌ها و گزارش‌دهی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

٦-١- کلیات

آخرین مرحله در فرایند ارزیابی کیفیت آب تحلیل و تفسیر داده‌ها و تهیه گزارش می‌باشد. این مرحله اهمیت زیادی دارد زیرا میزان موفقیت فرایند پایش را در رسیدن به اهداف تعیین شده نشان می‌دهد. هم چنین این مرحله اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری را فراهم می‌کند. انتخاب بهترین راه برای حل مشکل کیفیت آب، ارزیابی وضعیت محیط زیست منطقه یا بررسی میزان بهبود صورت گرفته در کیفیت آب، به این بخش بستگی دارد.

علی‌رغم این که امروزه نقش رایانه‌ها در کمک به فرایند آنالیز داده‌ها و ارائه نتایج امکان‌پذیر می‌باشد اما با این وجود چنین فعالیت‌هایی هم چنان نیازمند نیروی انسانی است. هم چنین انجام این مرحله نیازمند اطلاع کامل از تاریخچه بررسی‌های کیفیت آب و روش‌های آماری است. وجود رایانه و نرم‌افزارهای آماری باعث شده که به تحلیل و تفسیر داده‌ها توجه کافی نشود. از این گذشته نحوه تلفیق این مرحله با سایر مراحل انجام گرفته از دیگر مشکلات پیش روی می‌باشد.

تحلیل، ذخیره و بازیابی داده‌های کیفیت آب به طراحی یک سیستم ذخیره اطلاعات کیفیت آب نیاز دارد که با در نظر گرفتن ملاحظات مختلف باید انجام شود. داده‌ها باید به روشی ذخیره شود که ضمن حفظ صحت آنها، سرعت بالایی برای بازیابی داشته باشند. پیش از ظهور و پیدایش رایانه‌ها داده‌های کیفیت آب جمع‌آوری شده در پرونده‌های ویژه‌ای مانند دفترچه‌های آزمایشگاهی ذخیره می شدند. به هنگام کار در پروژه های کوچک این سیستم می‌تواند جوابگو باشد اما در هنگام کار در مقیاس گسترده، برای مثال ملی، دیگر این روش کارایی نخواهد داشت. هر چند که ارائه یک سیستم واحد که نیازهای مربوط به کلیه واحدهای درگیر در فرایند ارزیابی کیفیت آب را فراهم آورد دشوار است.

٦-٢- بررسی داده‌ها

بررسی و تایید داده‌های جمع‌آوری شده باید برای اطمینان از صحت داده‌ها انجام شود. مراحل بررسی داده‌ها و تایید آنها به شرح زیر است:

- بازنگری داده‌های میدانی: مسوول برنامه پایش باید داده‌های میدانی را بازنگری، غربال گری و واقعی بودن آنها را با استفاده از فهرست کنترل‌هایی که در آن سوالات اساسی زیر مطرح می‌شود، کنترل کند:

- آیا نتایج به دست آمده قابل پیش‌بینی یا قابل انتظار بوده‌اند؟ اگر غیر قابل انتظارند، آیا احتمال و امکان‌پذیر بودن آنها وجود دارد یا خیر؟
- آیا مشاهدات و گزارش‌هایی مبنی بر تغییر شدید کیفیت آب در آن زمان وجود دارد تا پارامتر مربوط بتواند در حد غیر قابل انتظار باشد؟
- آیا پارامترهای مرتبط با پارامتر مورد بررسی نیز تغییر قابل توجهی داشته‌اند یا خیر؟
- آیا داده‌های به دست آمده با توجه به داده‌های قبلی آن ایستگاه یا اطلاعات ایستگاه‌های مجاور یا مشابه تفاوت چشمگیری داشته است؟

omoorepeyman.ir

- آیا داده‌ها کامل هستند؟ در صورتی که داده‌ها ناقص باشد باید دلایل آن را پیگیری کرد. ممکن است دستورالعمل‌ها به راحتی قابل فهم یا اجرا نباشد. در کاربرگ‌های داده‌ها باید کلیه اطلاعات مربوط به مشخصات ایستگاه‌ها، گروه اجرایی، تاریخ، زمان و شرایط هواشناسی و هم چنین شرایط طبیعی و انسان ساخت به ویژه حوادث یا پدیده‌های مختلف ذکر شوند.
- آیا کلیه داده‌ها و اندازه‌گیری‌ها بر اساس یکای صحیح بوده است؟ برای کاهش خطا باید از تبدیل داده‌ها از یک یکا به یکای دیگر خودداری کرد.

در هر حال اگر داده‌های به دست آمده با توجه به نظر افراد با تجربه غیر قابل قبول هستند باید به آنها شک کرد.

- بازنگری داده‌ها در بانک داده‌ها: داده‌ها به هنگام ثبت در بانک باید بررسی و در فرم‌ها و جدول‌های ویژه‌ای که طراحی شده‌اند، وارد شوند. برای کنترل داده‌ها می‌توان با انجام محاسبات ساده مانند تعیین میانه، میانگین، محدوده و انحراف استاندارد از بروز اشتباه جلوگیری کرد. در صورت وجود داده‌های غیر عادی که آنها را نمی‌توان براساس داده‌های میدانی و سایر اطلاعات، توجیه کرد، باید آنها را وارد بانک کرد و تایید و یا عدم تایید آنها مشخص و در صورت عدم تایید به عنوان داده مشکوک علامت‌گذاری شود.
- بازنگری نتایج نهایی: پس از ورود داده‌ها به بانک، مرحله بعد تهیه گزارش است. در این مرحله نیز باید نقص‌ها، مشکلات و ابهام‌ها را یافت. بدین منظور باید بررسی‌های زیر را انجام داد:
  - بازنگری یافته‌ها با توجه به داده‌های سال‌های قبل
  - جستجوی داده‌های پرت در نمودارها و نقشه‌ها

نکته: از حذف داده‌ها به دلیل نظرات شخصی جدا خودداری شود. یافته‌ها باید حتی اگر غیرعادی و قابل تشریح و توجیه هم نباشند، بررسی شود.

در هر حال گزارش‌های تهیه شده باید پیش از ارائه به استفاده‌کنندگان بررسی شوند و به آنها اطمینان کامل داشت. گزارش‌ها باید شرایط کیفی آبخوان را به صورت واقعی و دقیق نشان دهند.

- سیستم شماره‌گذاری (کدینگ)

- سیستم شماره گذاری برای ذخیره، نگهداری و ردیابی داده‌ها سودمند است. باید اطمینان یافت که سیستم شماره گذاری به راحتی قابل فهم و استفاده می‌باشد.

نکته: در حال حاضر در شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب کشور یک سیستم شماره‌گذاری استاندارد برای دشت‌ها و آبخوان‌های کشور وجود دارد. بنابراین توصیه می‌شود که از همان سیستم استفاده شود.

٦-٣- بررسی کیفیت و اعتبار داده‌ها

٦-٣-١- تشخیص نوع داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری شده در مطالعات مربوط به کیفیت آب انواع مختلف و بسیاری از آنها توزیع غیر نرمال دارند. شناسایی نوع توزیع داده‌ها اهمیت زیادی دارد زیرا پیش فرض بسیاری از روش‌های آماری بر اساس قرار گرفتن داده‌ها در یکی از انواع توزیع‌ها است.

omoorepeyman.ir

چنان‌چه الگوی اولیه توزیع داده‌ها تشخیص داده نشود، استفاده از روش‌های آماری غیر پارامتریک ارجحیت دارد. هم‌چنین پیش از استفاده از روش‌های آماری برای داده‌های بدون توزیع نرمال می‌توان آنها را با استفاده از انواع تبدیل‌ها دارای توزیع نرمال کرد. در غیراین صورت باید از روش‌های غیرپارامتریک که در آنها هیچ پیش فرضی در مورد توزیع داده‌ها وجود ندارد، استفاده کرد.

نکته: در هر بار آنالیز داده‌ها باید توزیع داده‌ها برای هر پارامتر کنترل شود. چرا که با افزایش یا کاهش تعداد داده‌ها یا تغییر پارامتر توزیع آنها ممکن است تغییر کند. علاوه بر این در صورتی که با انجام برخی تبدیلات (مانند استفاده از لگاریتم داده)، امکان تبدیل توزیع داده‌ها به نرمال وجود داشته باشد، استفاده از روش‌های مبتنی بر توزیع نرمال ارجحیت دارد.

برای اطلاعات بیش‌تر به مراجع [۱۶] و [۱۷] و [۱۸] و [۱۹] رجوع شود.

٦-۳-۲- اعتبار سنجی داده‌ها

برای استفاده از داده‌های کیفیت آب موجود در بانک داده‌ها، لازم است میزان دقت و صحت آنها مشخص باشد. تجربه نشان داده است که بخش وسیعی از اشتباه‌ها مربوط به زمان انتقال داده‌ها از آزمایشگاه به کاربرگ مخصوص رخ می‌دهد. بنابراین دقت در شماره‌گذاری، ثبت داده‌ها در کاربرگ و ورود آنها به رایانه بسیار مهم است. هم چنین باید در همه مراحل برای هر پارامتر از یک یکا استفاده شود (مانند ppm، ppb یا میلی گرم در لیتر و غیره) و از تغییر یکا در مراحل مختلف تا حد امکان خودداری شود.

نکته: توجه به این نکته ضروری است که تمامی مراحل بررسی کیفیت آب از برنامه‌ریزی، جمع‌آوری نمونه و حمل تا اندازه‌گیری‌های میدانی و آزمایشگاهی و ذخیره داده‌ها بر کیفیت داده‌ها موثر هستند.

رعایت موارد زیر به هنگام ورود و ثبت داده‌ها الزامی است:

- ارقام معنی دار: ارقام معنی دار، تعداد رقم‌هایی است که بدون در نظر گرفتن ممیز آن عدد را تشکیل می‌دهند. اغلب داده‌های کیفیت آب با تعداد زیاد و توجیه ناپذیر ارقام معنی دار ثبت می‌شوند. یکی از دلایل این امر می‌تواند دقت بسیار بالاتر از حد نیاز دستگاه اندازه‌گیری یا ثبت داده با تعداد ارقام معنی داری که متناسب با دقت مورد نیاز نیست، باشد (مانند pH=۷/۳۷۴۲). رعایت اعتدال بین میزان دقت مورد نیاز و تعداد ارقام معنی دار یک نکته کلیدی در مطالعات کیفیت آب می‌باشد.
- گرد کردن ارقام: زمانی که تعداد ارقام معنی‌دار تولیدی بیش از تعداد مورد نیاز است کاهش تعداد ارقام معنی‌دار ثبت شده می‌تواند یک گام ارزشمند تلقی شود. این کار گرد کردن می‌باشد و اغلب بر روی ارقام با کم‌ترین معنی اعمال می‌شود. به هنگام میانگین‌گیری یا سایر محاسبات مشابه، باید گرد کردن بر اساس تعداد اعداد سمت راست ممیز اعداد استفاده شده در محاسبه میانگین (یا شاخص‌های دیگر) انجام شود. در صورتی که تعداد ارقام سمت راست ممیز عدد محاسبه شده بیش از اعداد اولیه باشد، ممکن است این اعداد صحت لازم را نداشته باشند.
- داده‌های پرت[1]: در مطالعات کیفیت آب ممکن است با مقادیری مواجه شود که به نظر می‌آید خارج از محدوده قابل قبول هستند. با این وجود در برخی از موارد وجود چنین داده‌هایی در مجموعه اندازه‌گیری شده محتمل است. در چنین مواردی تشخیص این که آیا این داده‌ها جزو داده‌های پرت هستند که باید اصلاح یا حذف شوند بسیار حیاتی است. داده پرت، داده‌ای است که با الگوی عمومی مجموعه داده‌های موجود همخوانی ندارد.

1- Outliers

omoorepeyman.ir

نکته: برخی شاخص‌های آماری مانند میانه که یک شاخص مرکزی غیر پارامتری است متاثر از حضور داده‌های پرت در مجموعه داده‌ها نمی‌باشد در حالی که میانگین تحت تاثیر داده‌های پرت قرار می‌گیرد.

مشکلی که وجود دارد چگونگی تمایز بین داده‌های پرت واقعی که جزو مجموعه داده‌ها هستند و داده‌های پرت که ناشی از اشتباه به هنگام نمونه‌بردای و یادداشت‌برداری و سایر موارد رخ می‌دهند، است. موشکافی به هنگام اعتبارسنجی داده‌ها و دقت در ورود داده‌ها به بانک داده‌ها از جمله کارهایی است که می‌تواند از بروز داده‌های پرت در مجموعه داده‌ها جلوگیری کند یا تعداد آنها را کاهش دهد. به عبارت دیگر در صورت اجرای روش‌های کنترل کیفیت در مراحل مختلف نباید داده‌های پرت تولید شوند. روش‌های مختلفی برای تشخیص داده‌های پرت پیشنهاد شده است. برای جزییات بیش‌تر به مراجع [۱۷] و [۱۹] رجوع شود.

با این وجود توجه به این نکته ضروری است که تحت شرایطی ممکن است واقعا مقادیری خارج از محدوده‌های به ظاهر قابل قبول مشاهده شوند. بنابراین کنترل داده‌ها توسط یک کارشناس متخصص کیفیت آب و آشنا به ویژگی‌های منطقه می‌تواند به غربالگری داده‌ها و شناسایی داده‌های پرت کمک کند.

نکته: داده‌های پرت به هیچ عنوان حذف نمی‌شوند، بلکه داده‌های مشکوک یا پرت نیاز به بررسی و دقت بیش‌تر دارند.

- حد تشخیص: گاهی مقدار پارامترهای کیفیت آب پایین تر از حد تشخیص دستگاه اندازه‌گیری یا روش به‌کار گرفته شده هستند. به طور معمول این مقادیر را می‌توان به صورت تشخیص داده نشده[1] یا کم‌تر از یک مقدار معین[2] گزارش کرد. بدین ترتیب مقادیری که در محدوده پایین الگوی توزیع داده‌ها قرار دارند به طور غیرطبیعی پنهان شده‌اند و به اصطلاح داده‌های سانسور شده می‌نامند. این موضوع می‌تواند موجب تحریف اساسی نتایج تحلیل‌های آماری شود. روش‌های مختلفی برای نحوه لحاظ مقادیر کم‌تر از حد تشخیص در محاسبات آماری پیشنهاد شده است. برای اطلاعات بییشتر به مراجع [۱۶] و [۱۹] رجوع شود.

٦-٤- تحلیل داده‌ها

آمار توصیفی به منظور خلاصه کردن مجموعه داده‌های کیفیت آب به اشکال ساده تر و قابل فهم‌تر مانند میانه یا میانگین و پاسخ به سوال‌ها درباره ماهیت داده‌ها به‌کار می رود. برخی سوال‌ها عبارتند از:

- وضعیت کلی کیفیت آب در محل نمونه‌برداری چگونه است؟
- آیا کیفیت آب رو به بهبود یا رو به زوال است؟
- ارتباط بین مقادیر متغیرهای مختلف چگونه است؟
- آیا می‌توان با توجه به وضعیت گذشته کیفیت آب وضعیت آن را در آینده پیش‌بینی کرد؟

برای پاسخ به این سوال‌ها و سایر سوال‌ها می‌توان از روش‌های آماری مانند محاسبه همبستگی‌ها، رگرسیون، تحلیل روند و غیره استفاده کرد.

omoorepeyman.ir

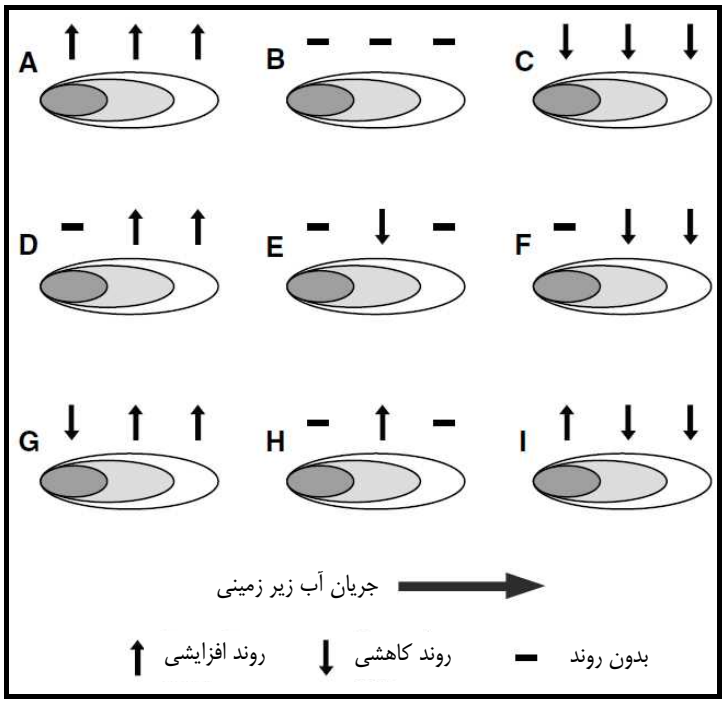
1- Not Detected, ND
2- Less Than Values, LT

٦-٤-١- روش‌های آماری پارامتریک و غیر پارامتریک

روش‌های آماری پارامتریک و غیر پارامتریک توسط افرادی که فاقد اطلاعات کافی از روش‌های آماری پیشرفته هستند، استفاده می‌شود. چون داده‌های کیفیت آب اغلب توزیع نرمال ندارند، استفاده از روش‌های غیرپارامتریک ارجحیت دارد. با این وجود استفاده از روش‌های پارامتریک به همراه اعمال تغییر بر روی داده‌ها (برای تبدیل توزیع آنها به توزیع نرمال) نیز عمومیت دارد. در عمل پیش از انتخاب یکی از این روش‌ها باید الگوی توزیع فراوانی داده‌های کیفیت آب تعیین شود.

٦-٤-٢- روش‌های ترسیمی برای ارزیابی رفتار پلوم آلاینده‌ها

روش‌های ترسیمی ابزاری ضروری برای ارزیابی رفتار پلوم هستند. روش‌های متعددی برای ارائه داده‌هایی که بیانگر تغییر در غلظت آلاینده‌ها و پیکربندی پلوم در طول زمان هستند، وجود دارد. متداول ترین آنها عبارتند از: رسم غلظت آلاینده‌ها در برابر فاصله برای ایستگاه‌های مختلف در طول مسیر جریان برای نوبت های نمونه‌برداری مختلف شکل (۶-۱)، تهیه نقشه‌های هم مقدار[1] غلظت آلاینده در زمان‌های مختلف که برای تعیین توزیع فضایی آلاینده در طول زمان مفید هستند شکل (۶-۲). موقعیت نمونه‌برداری در سطح و عمق برای تعیین تغییرات زمانی و فضایی غلظت آلاینده‌ها شکل (۶-۳) و نمودار تغییرات غلظت آلاینده در یک ایستگاه با زمان و در نیمرخ پایین نمودار (۶-۱).



شکل ٦-١- نمایش رفتار پلوم محلول با روندهای غلظت در طول زمان برای ایستگاه‌های پایش در همسایگی منبع، وسط پلوم و نقاط دور پلوم [۳]

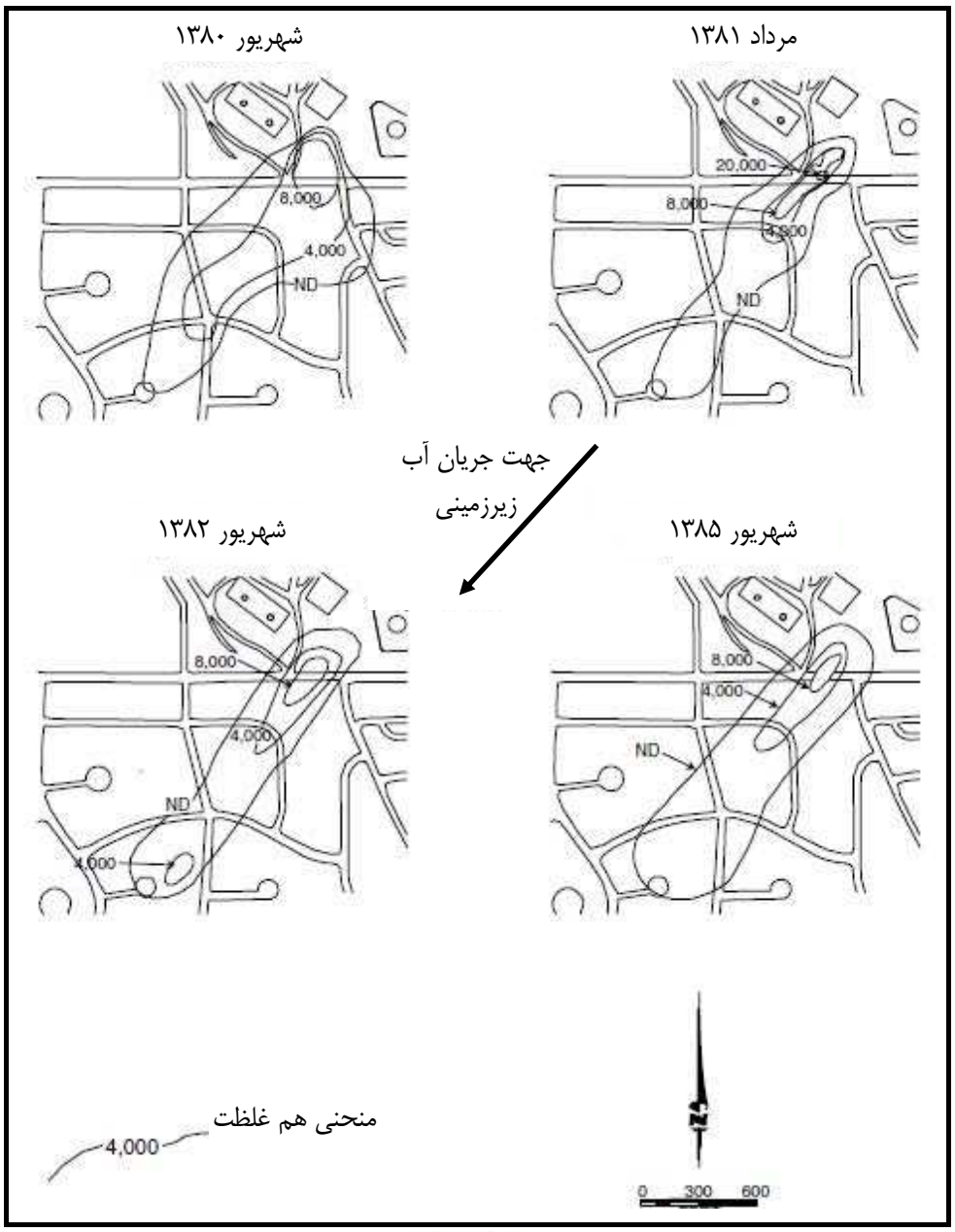
نکته ۱: داده‌های مورد استفاده برای رسم نقشه های هم غلظت باید در یک فصل جمع‌آوری شده باشند تا از اثر تغییرات فصلی به ویژه اثر تغذیه آبخوان بر کیفیت آب جلوگیری شود.

1- Isopleth

omoorepeyman.ir

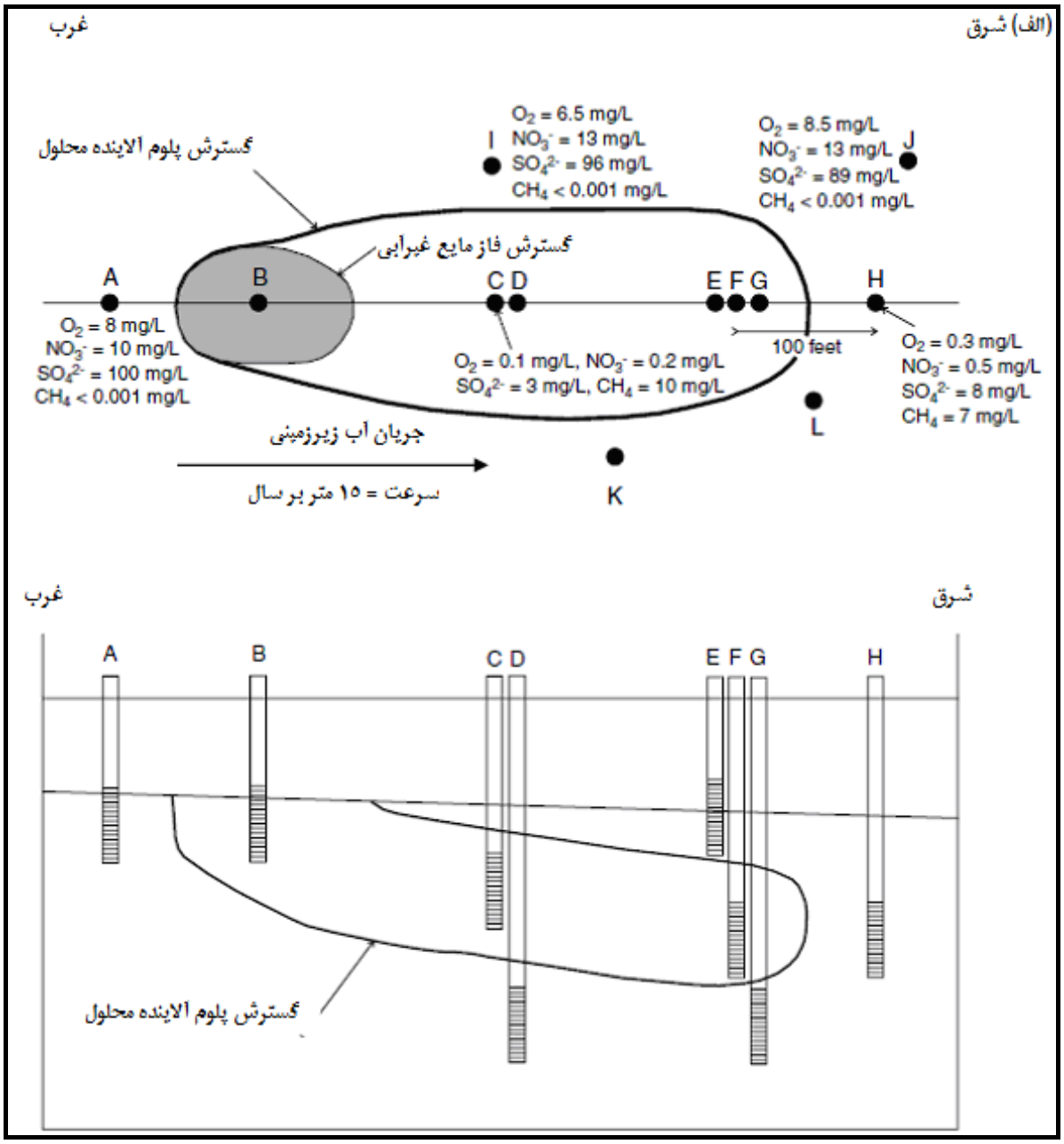
نکته ۲: در صورت رسم داده‌ها در مقابل فاصله برای ایستگاه‌های مختلف انتخاب درست موقعیت چاه‌ها اهمیت دارد. برای اطمینان از صحت موقعیت های انتخابی می‌توان از داده‌های ژئوشیمیایی استفاده کرد.

نکته ۳: در صورت استفاده از روش رسم داده‌ها در مقابل زمان، دوره زمانی انتخابی باید به گونه‌ای باشد که اثر فعالیت‌های طبیعی و انسان ساخت قابل مقایسه باشد. به عبارت دیگر تداخلی در ارزیابی اثر فعالیت‌های مختلف یا وقایع متفاوت مانند دوره‌های پرآبی و کم‌آبی شدید به وجود نیاید.



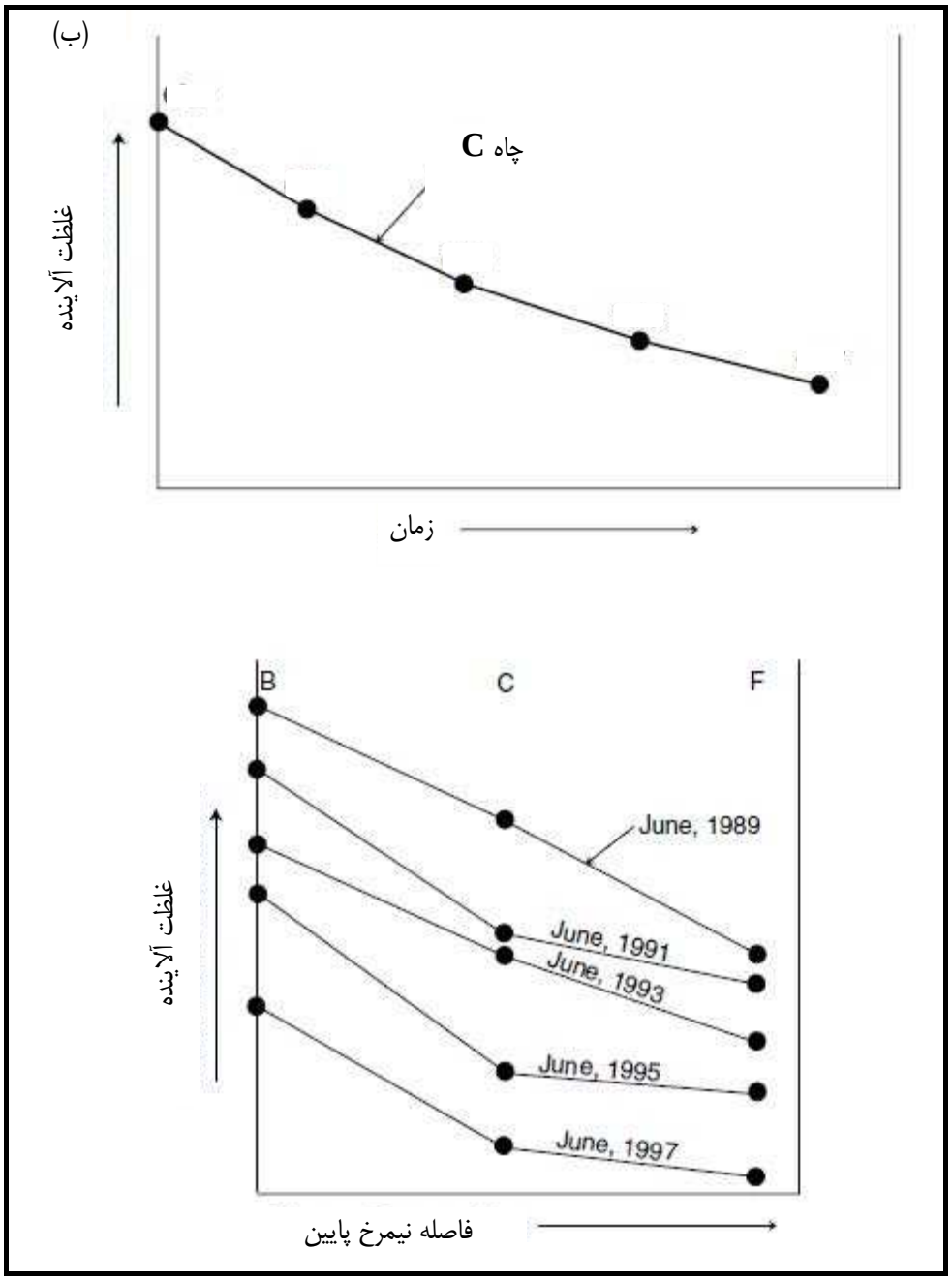
شکل ٦-۲- نقشه‌های هم غلظت نشان‌دهنده توزیع آلاینده در زمان های مختلف [۳]

omoorepeyman.ir



شکل ٦-٣- موقعیت نمونه‌برداری در سطح و عمق برای تغییرات زمانی و فضایی غلظت آلاینده‌ها

omoorepeyman.ir



نمودار ٦-١- نمودار تغییرات غلظت آلاینده در یک ایستگاه با زمان و در نیمرخ پایین [۳]

٦-٤-٣- روش‌های آماری برای ارزیابی رفتار پلوم

روش‌های آماری ابزارهای قدرتمندی برای تعیین اهمیت تغییرات و روندها در داده‌های کیفیت آب زیرزمینی هستند. استفاده از روش‌های آماری مختلف نیازمند آگاهی درباره ماهیت داده‌ها است و اغلب با توجه به تعداد داده‌های در دسترس محدود می‌شود. روش‌های پارامتریک به اندازه نمونه حساس هستند. با این وجود در بسیاری از مواقع به ویژه زمانی که مجموعه داده‌ها کوچک است، روش‌های غیر پارامتریک به همان خوبی یا بهتر از روش‌های پارامتریک جواب می‌دهند.

omoorepeyman.ir

۶-۵- آزمون‌های روند

آزمون مان- کندال[1] برای بررسی وجود یا عدم وجود روند در غلظت در طول زمان برای هر ایستگاه پایش منفرد استفاده می‌شود. این آزمون بر منطق رگرسیون خطی غیر پارامتریک استوار است. روش اصلی و زیرمجموعه‌های آن (مانند آزمون فصلی مان- کندال) نیاز به چهار یا بیش‌تر نوبت نمونه‌برداری دارند. نتایج این آزمون نشان می‌دهد روند افزایشی یا کاهشی قابل توجهی در غلظت پارامتر در یک ایستگاه بر حسب زمان وجود دارد یا خیر. باید توجه داشت که «مهم بودن» نتیجه آزمون به سطح اطمینان در نظر گرفته شده بستگی دارد.

آزمون مان-کندال برای تعداد ۴ تا ۴۰ داده بسیار مناسب است و نسبت به داده‌های کمبود و مقادیر کم‌تر از حد تشخیص حساسیت ندارد. داده‌های کمبود را به سادگی می‌توان نادیده گرفت، چرا که روی نتیجه آزمون تاثیری ندارند و مقادیر کم‌تر از حد تشخیص را می‌توان با یک مقدار متداول کم‌تر از مقدار کوچک‌ترین غلظت در سری داده‌ها جایگزین کرد. اگر چند حد تشخیص برای یک پارامتر وجود داشته باشد، داده‌ها باید بر اساس بالاترین حد تشخیص سانسور شوند.

در حالتی که بیش از ۴۰ داده در دسترس باشد، آزمون اصلاح شده مان- کندال را می‌توان استفاده کرد.

نکته: یک ملاحظه عمومی برای استفاده از آزمون مان- کندال این است که نتیجه غیر مهم به معنی وجود شرایط پایا نیست، چرا که این نتیجه می‌تواند ناشی از غلظت هایی در ایستگاه پایش باشد که واقعا پایا هستند و یا ناشی از کمبود داده‌ها باشد. عدم توانایی در اثبات فرض آزمون به معنای اثبات عدم وجود روند نیست، بلکه به معنای آن است که مدارک در دسترس برای نتیجه گیری این که روند در یک سطح اطمینان معین وجود دارد، کافی نیستند.

وجود تغییرات فصلی در سری‌های زمانی داده‌های کیفیت آب زیرزمینی می‌تواند موجب دشواری در تشخیص روندها شود چرا که می‌تواند موجب ایجاد تغییرات کوتاه مدت ناشی از نوسان در سطح آب و سایر اثرات فصلی شود که به صورت نوفه زمینه[2] در آزمون مان- کندال ظاهر می‌شود.

اگر منبع اثرات فصلی را بتوان تشخیص داد، یک راه ساده حذف این اثرات نرمال کردن داده‌های غلظت نسبت به تغییرات منبع است. برای مثال، اگر کیفیت آب زیرزمینی با تراز سطح آب در ایستگاه‌های پایش ارتباط داشته باشد، می‌توان با تقسیم غلظت‌ها بر سطح آب، داده‌ها را نرمال کرد. هم چنین روش‌های پیچیده‌تری نیز برای نرمال کردن وجود دارد.

آزمون کندال فصلی آزمون اصلاح شده مان- کندال است که برای حل مساله تغییرات کوتاه مدت فصلی به‌کار می‌رود و امکان ارزیابی روند کلی را در سری‌های زمانی فراهم می‌کند. در آزمون کندال فصلی، آزمون مان- کندال برای هر فصل جداگانه به‌کار می‌رود، سپس نتایج برای آزمون کلی ترکیب می‌شوند. برای مثال هر فصل خودش یک روند مثبت نشان می‌دهد، که هیچ یک به تنهایی مهم نیست، اما آماره کندال فصلی کلی می‌تواند بسیار مهم باشد. این آزمون همه مزایای آزمون مان- کندال را دارد، اما به دلیل حذف تغییرات کوتاه مدت ناشی از فصلی بودن، قوی‌تر است.

1- Mann-Kendall
2- Backgroud Noise

omoorepeyman.ir

یک محدودیت عملی برای استفاده از روش کندال فصلی به‌منظور ارزیابی داده‌های کیفیت آب زیرزمینی در پایش بلند مدت عدم دسترسی به داده‌های فصلی است. بنابراین اگر تواتر نمونه‌برداری به سالانه یا نیم سال تغییر کند، ممکن است داده‌های فصلی از دست بروند. اگر به هنگام تهیه مدل مفهومی یا در مراحل اولیه برنامه پایش اثرات فصلی شناسایی شود، ادامه پایش به صورت فصلی می‌تواند شناسایی اثرات فصلی بر نتایج روند و تعیین تواتر مناسب برای پایش‌های بعدی را تضمین کند. برای اطلاعات بیش‌تر به مرجع [۳] رجوع کنید.

نکته ۱: هنگامی که فصول متوالی همبستگی دارند، باید تصحیحی بر اساس کوواریانس بین فصول انجام شود.

نکته ۲: علاوه بر این، تعداد داده‌ها برای هر فصل و تعداد فصولی که باید در نظر گرفته شوند می‌توانند بر نتایج آزمون کندال فصلی تاثیر گذارند. به طور معمول حداقل باید داده‌های سه سال را در نظر گرفته شود.

٦-٥-١- محاسبه روند با استفاده از رگرسیون خطی

در صورتی که داده‌ها توزیع نرمال و خود داده‌ها یا تبدیل آنها (برای مثال لگاریتم داده‌ها) روندی خطی داشته باشد، به ترتیب زیر می‌توان روند تغییرات با زمان را به دست آورد:

- داده‌ها (یا تبدیل آنها) را بر حسب زمان چیده می‌شوند (یا رسم می‌شوند)،
- بهترین خط را با استفاده از تکنیک رگرسیون خطی بر آنها برازش می‌شود. ضریب زاویه خط به دست آمده شیب تغییرات روند را نشان می‌دهد.
- اگر برای هر داده مقدار به دست آمده از معادله خط را از مقدار داده کسر شود، مقادیر باقیمانده نشان دهنده تغییرات فصلی به علاوه نویز خواهد بود. انتظار می رود مقادیر باقیمانده فاقد یک روند باشند.

٦-٥-٢- آزمون اختلاف بین گروه‌های داده

آزمون اهمیت اختلاف بین گروه‌های داده یک آزمون آماری متداول برای ارزیابی داده‌های کیفیت آب زیرزمینی است. چند روش غیر پارامتریک برای انجام این مقایسه وجود دارد. روش مناسب به تعداد گروه‌هایی که باید مقایسه شوند و جفت بودن[1] داده‌ها بستگی دارد. همه این روش‌ها مبتنی بر آزمون t استیودنت[2] هستند.

برای مثال این آزمون می‌تواند برای مقایسه مجموعه داده‌هایی که زودتر جمع‌آوری شده اند با مجموعه داده‌هایی که دیرتر جمع‌آوری شده‌اند یا مقایسه غلظت‌ها برای چند ایستگاه پایش در دو زمان مختلف یا مقایسه غلظت‌ها در یک ایستگاه در دو دوره زمانی مختلف به‌کار رود (برای مثال نتایج پایش فصلی برای یک سال با نتایج مربوط به سالی دیگر). چنین مقایسه‌ای می‌تواند حضور یا عدم حضور یک روند پله‌ای را در مجموعه داده‌ها نشان دهد.

آزمون U مان- ویتنی[3] که آزمون جمع رتبه ویلکوکسن نیز نامیده می‌شود، به طور معمول برای تعیین روندهای پله‌ای استفاده می‌شود. کاربرد معمول این آزمون مقایسه غلظت‌ها در ایستگاه‌های پایش منفرد در یک دوره زمانی با یک دوره زمانی دیگر است

1- Paired
2- T-student
3- Mann-Whitney U- test

omoorepeyman.ir

(برای مثال نتایج پایش فصلی برای یک سال با سالی دیگر). آزمون U مان- ویتنی بر این فرض استوار است که دو مجموعه داده‌ها مستقل هستند. با این وجود، در کاربرد معمول این آزمون برای ارزیابی زوال طبیعی، داده‌های دو گروه در واقع می‌توانند مستقل نباشند. استفاده از آزمون U مان- ویتنی باید در موقعیت‌هایی که در بالا اشاره شد و مواردی که مجموعه داده‌ها را می‌توان مستقل فرض کرد، استفاده شود.

از سایر آزمون‌های قابل استفاده برای مجموعه داده‌هایی که مستقل نیستند می‌توان به آزمون‌های نمونه جفتی[1] مانند آزمون علامت[2] یا آزمون رتبه علامت‌دار ویلکوکسن[3] (نباید با آزمون جمع رتبه ویلکوکسن اشتباه گرفته شود) نام برد.

در این میان آزمون علامت انعطاف‌پذیرتر است چرا که هیچ فرضی در مورد توزیع داده‌ها ندارد و می‌تواند شامل چند داده با مقدار کم‌تر از حد تشخیص نیز باشد. با این وجود قابلیت کم‌تری برای تشخیص تفاوت بین مجموعه‌ها دارد. هم‌چنین در نمونه‌های کوچک آزمون علامت کاربرد کم‌تری دارد. آزمون رتبه علامت‌دار ویلکوکسن روش قدرتمندتری است با این وجود لازم است داده‌ها توزیع متقارن داشته باشند یا به یک توزیع متقارن تبدیل شوند.

٦-٦- مقایسه داده‌ها با استانداردها/ معیارهای کیفیت آب

هنگامی که ارزیابی کیفیت آب برای کاربری‌های مختلف مانند شرب، صنعت و کشاورزی مطرح است، می‌توان مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده را با استانداردها/ معیارهای قابل قبول برای کاربری‌های هدف مقایسه کرد. از جمله استانداردها/ معیارهای قابل استفاده می‌توان معیارهای فائو برای کاربری کشاورزی، و نشریه استاندارد شماره ۴۶۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با عنوان «راهنمای طبقه‌بندی کیفیت آب خام، پساب‌ها و آب‌های برگشتی برای مصرف صنعتی و تفرجی» و نشریه استاندارد ملی شماره ۱۰۵۳ تجدیدنظر پنجم برای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب شرب اشاره کرد. به طور معمول در این موارد تعداد دفعات و مقدار تخطی از حدود قابل قبول مورد توجه است.

٦-٧- طبقه‌بندی و ارزیابی کیفیت آب بر اساس شاخص‌های کیفیت آب

یکی دیگر از روش‌های تحلیل داده‌های کیفیت آب زیرزمینی و طبقه‌بندی و ارزیابی کیفیت آب بر اساس شاخص‌های کیفیت آب می‌باشد. تاکنون شاخص‌های متعددی برای کاربری‌های خاص یا عمومی ارائه شده است. از جمله معروف‌ترین آنها می‌توان به شاخص ویلکوکس برای ارزیابی کیفیت آب از نظر املاح محلول برای کاربری کشاورزی، شاخص شولر برای ارزیابی کیفیت آب از نظر املاح محلول برای کاربری شرب اشاره کرد. هم‌چنین سازمان حفاظت محیط زیست دو شاخص کیفیت آب برای آب‌های زیرزمینی ایران با نام‌های $IRWQI_{GC}$ برای پارامترهای متداول و $IRWQI_{GT}$ برای پارامترهای سمی منتشر کرده است. برای جزییات بیش‌تر به مرجع [۲۱] رجوع شود.

1- Paired Sample Test
2- Sign Test
3- Wilcoxon Signed Rank Test

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۷

ارائه داده‌ها و اطلاعات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۷-۱- کلیات

داده‌ها و اطلاعات را می‌توان در قالب جدول‌ها، نمودارها و نقشه‌های مختلف نمایش داد. انتخاب روش مناسب برای ارائه داده‌ها به هدف پایش، نوع و تعداد داده‌ها و تا حدی سلیقه تهیه کننده، بستگی دارد.

۷-۲- جدول‌های داده‌ها و اطلاعات

با استفاده از جدول‌ها می‌توان سری‌های زمانی داده‌ها و اطلاعات حاصل از تحلیل داده‌ها را ارائه داد. به هنگام تهیه جدول‌ها، داده باید شامل تاریخ نمونه‌برداری، مشخصات کامل موقعیت‌های نمونه‌برداری یا کد آنها، یکاها، و مقادیر پارامترها، شاخص‌ها و مقادیر محاسبه شده (مانند آماره‌های مختلف) و در صورت نیاز حدود مقادیر مجاز باشد. هم‌چنین عنوان جدول باید صریح و گویای محتوای آن باشد. جدول (۷-۱) یک نمونه را نشان می‌دهد.

هم‌چنین با رنگ‌آمیزی خانه‌های جدول می‌توان داده‌ها/ اطلاعات را طبقه‌بندی کرد. برای مثال مقادیر بالاتر از استاندارد را رنگ تیره و مقادیر پایین‌تر را با رنگ روشن نشان داد.

۷-۳- نمودارهای داده‌ها و اطلاعات

علاوه بر جدول، داده‌ها و اطلاعات را می‌توان با استفاده از نمودارهای مختلف نمایش داد. از متداول‌ترین انواع نمودارها برای توصیف داده‌های کیفیت آب می‌توان به نمودارهای جعبه‌ای[۱]، توزیعی[۲]، پروفیل[۳]، استیف[۴]، ستاره[۵]، کایت[۶] و پایپر[۷] اشاره کرد. اغلب این نمودارها برای توصیف کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب بر اساس یون‌های عمده توسعه یافته‌اند. با این وجود برخی نمودارها مانند جعبه‌ای و توزیعی را می‌توان برای انواع داده‌ها کیفیت آب استفاده کرد.

به هنگام تهیه نمودارها باید به موارد زیر توجه داشت:

- هر نمودار باید با یک هدف مشخص و شفاف باشد.
- باید نقاط داده بر روی نمودار متناسب با ارزش واقعی آنها باشد و موجب از بین رفتن معنی نمودار نشود (به عبارت دیگر در صورتی که ارزش عددی فاصله‌ها یا زمان‌ها مهم است، محور افقی باید بتواند این موضوع را نشان دهد).
- ساده باشد تا موجب خطا برای خواننده مطالب نشود (برای مثال نمودارهای سه بعدی اگر مناسب رسم نشوند، می‌توانند موجب گمراهی شوند).
- عناصر نمودار محدود باشد (منظور تعداد داده‌ها نمی‌باشد بلکه نوع آنها است).

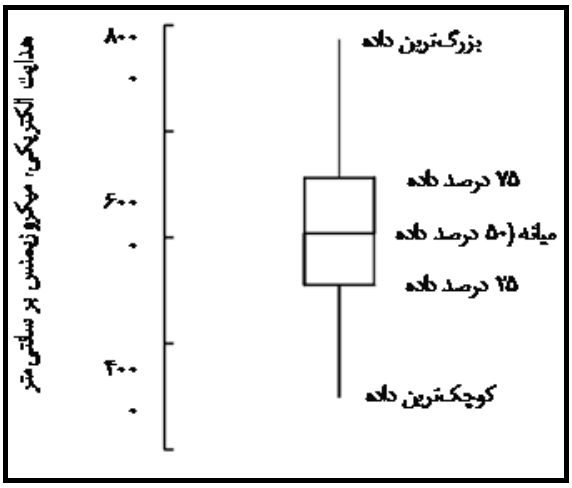
1- Box Plot
2- Scatter Plot
3- Profile Plot
4- Stiff Diagram
5- Star Plot
6- Kite Diagram
7- Piper Diagram

omoorepeyman.ir

- عنوان نمودار ساده و برای داده‌ها/ اطلاعات نشان داده شده در نمودار کافی باشد. بهتر است نمودارها راهنما داشته باشند.
- استفاده از رنگ‌های مختلف و هاشور می‌تواند به تفکیک بهتر داده‌ها/ اطلاعات ارائه شده کمک کند.

۷-۳-۱- نمودار جعبه‌ای

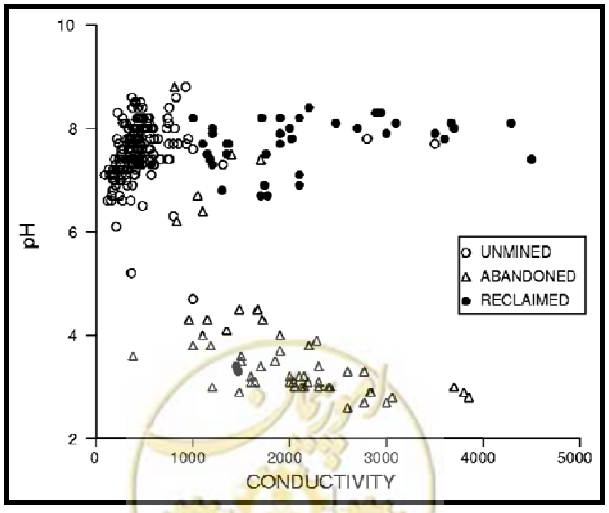
نمودار جعبه‌ای می‌تواند به طور موثری ویژگی‌های داده‌ها برای یک متغیر منفرد و داده‌های پرت را برای بررسی بیش‌تر نشان دهد. این نمودار برای داده‌های با توزیع غیرنرمال بسیار مناسب است. در این روش محدوده تغییرات شامل چارک اول و سوم، میانگین و میانه، و تعداد داده‌ها مشخص می‌شود. نمودار (۷-۱) مثالی از نمودار جعبه‌ای را نشان می‌دهد.



نمودار ۷-۱- مثالی از یک نمودار جعبه‌ای [۱۹]

۷-۳-۲- نمودار توزیعی

نمودار توزیعی به‌طور موثری رابطه بین دو متغیر و نقاط پرت را که به نظر رابطه بین آنها غیر معمول است نشان می‌دهد. به‌طور معمول محور افقی برای متغیر مستقل و محور عمودی برای متغیر وابسته به‌کار می‌رود. استفاده از این نوع نمودار برای مشاهده الگوی تغییرات داده‌ها و یافتن رابطه بین دو گروه داده مفید است. نمودار (۷-۲) مثالی از نمودار توزیعی را نشان می‌دهد.



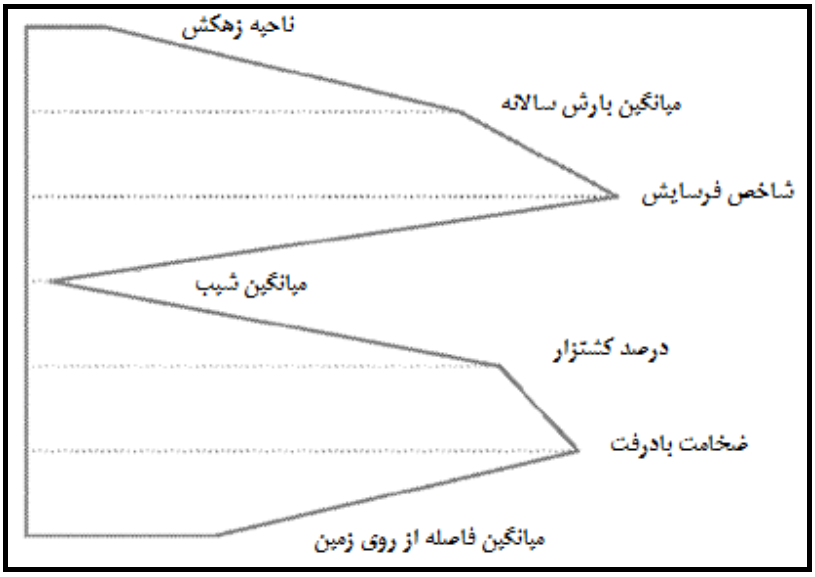
نمودار ۷-۲- مثالی از یک نمودار توزیعی [۱۹]

omoorepeyman.ir

موارد متعدد دیگری وجود دارد که رابطه بین بیش از دو متغیر همزمان مورد توجه است. از جمله می‌توان به تشابه‌ها و تفاوت‌ها بین گروه‌های مشاهده‌ای بر مبنای ۳ متغیر یا بیش‌تر یا تشخیص داده‌ها پرت برای چندین متغیر اشاره کرد. در این موارد نیز می‌توان از روش‌های گرافیکی استفاده کرد.

۷-۳-۳- نمودار پروفیل

این نمودار هر متغیر را روی یک محور جداگانه و موازی نشان می‌دهد. یک مشاهده به وسیله یک سری نقاط روی هر محور نشان داده می‌شود که به وسیله یک خط مستقیم که پروفیل را شکل می‌دهد بهم متصل می‌شوند. هر محور بر اساس محدود مقادیر مجموعه داده‌های ورودی به طور مستقل مقیاس‌بندی می‌شود. مقایسه بین مشاهدات به وسیله مقایسه پروفیل‌ها انجام می‌شود. نمودار (۷-۳) مثالی از یک نمودار پروفیل را نشان می‌دهد.

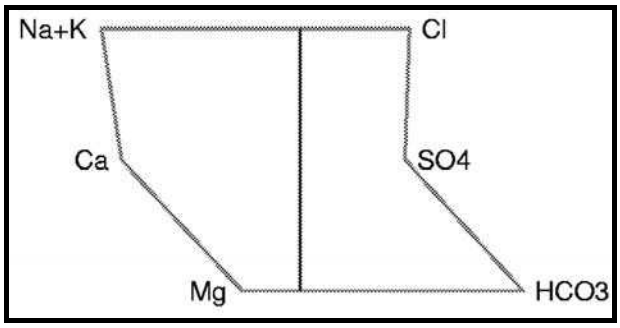


نمودار ۷-۳- مثالی از یک نمودار پروفیل [۱۹]

۷-۳-٤- نمودار استیف

نمودار استیف معروف ترین کاربرد نمودارهای پروفیل در منابع آب است. در یک نمودار استیف میلی اکی والان های اجزای اصلی کیفیت آب برای یک نمونه منفرد به گونه ای رسم می‌شود که پروفیل کاتیون در سمت چپ خط مرکزی و پروفیل آنیون در سمت راست قرار گیرد. مقایسه بین چند نمونه با مقایسه شکل نمودارهای استیف به راحتی و بر اساس چندین جزء کیفیت آب انجام می‌شود. نمودار (۷-۴) مثالی از نمودار استیف را نشان می‌دهد.

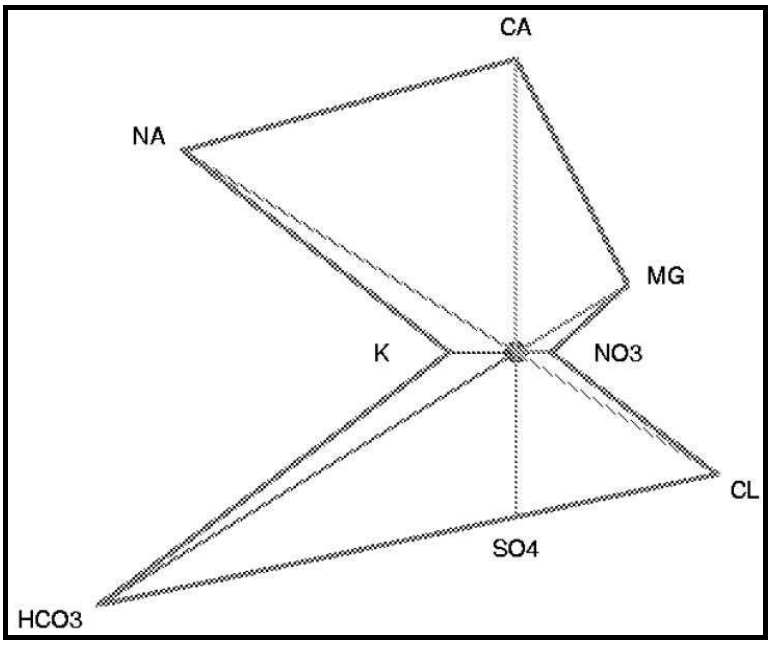
omoorepeyman.ir



نمودار ۷-٤- مثالی از نمودار استیف [۱۹]

۷-۳-۵- نمودار ستاره

روش دیگر نمایش چند محوره داده‌ها به جای استفاده از نمودار پروفیل نمایش آنها به صورت شعاعی از یک نقطه مرکزی است. در این روش یک مشاهده به وسیله یک نقطه روی هر محور نمایش داده می‌شود و این نقاط به وسیله قطعات خط متصل می‌شوند. شکل به دست آمده الگوی یک ستاره دارد و نمودار ستاره نامیده می‌شود. زاویه بین شعاع های ستاره $360^{\circ}/k$ است که k تعداد محورهایی است که باید رسم شوند. برای ایجاد بیش‌ترین تفاوت بصری بین مشاهدات شعاع‌ها باید بر اساس ویژگی‌هایشان گروه بندی شوند. بدین ترتیب مشاهدات غیرعادی به طور کامل متفاوت از سایر داده‌ها دیده می‌شوند. نمودار (۷-۵) مثالی از یک نمودار ستاره را نشان می‌دهد که کاتیون‌ها باهم در نیمه بالای ستاره و آنیون‌ها در پایین گروه‌بندی شده‌اند.



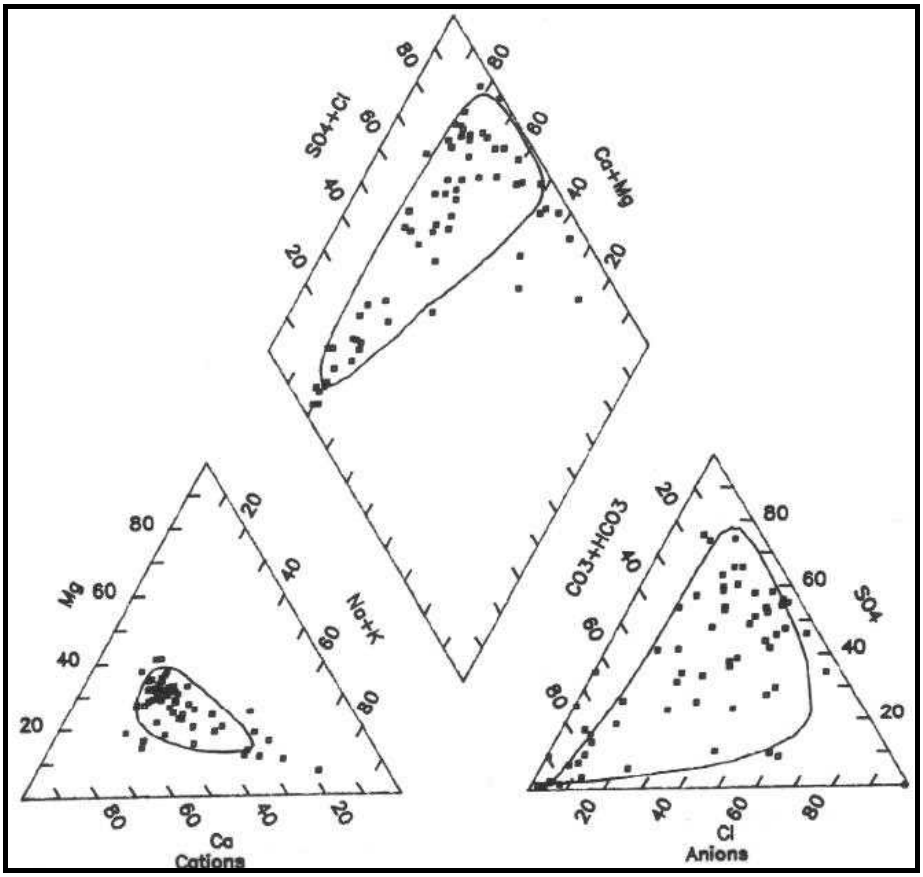
نمودار ۷-۵- مثالی از یک نمودار ستاره [۱۹]

نوع ساده شده نمودار ستاره که در آن تنها از چهار محور استفاده می‌شود نمودار کایت نام دارد که در آن کاتیون‌ها روی دو محور عمودی و آنیون‌ها روی دو محور افقی رسم می‌شوند. مزیت اولیه این نمودار سادگی آن است چرا که در آن فقط از چهار محور که مهم‌ترین ویژگی‌های داده‌ها را در خود پنهان کرده‌اند، استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir

۷-۳-٦- نمودار پایپر

نمودار پایپر برای توصیف ترکیب کاتیونی و آنیونی داده‌های کیفیت آب بر روی دو نمودار سه وجهی و ترکیب آنها بـر روی یـک نمودار لوزی استفاده می‌شود. هم چنین نمودار پایپر رابطه بین نمونه‌های آب را نیز نشان می‌دهد. برای مثال با طبقه‌بنـدی نمونـه‌هـا روی نمودار پایپر می‌توان واحدهای زمین‌شناسی با کیفیت شیمیایی آب مشابه و تغییرات کیفیت آب را در طول مسیر جریـان تعیـین کرد. نمودار پایپر بر نمودارهای استیف و ستاره مزیت دارد چرا که هر مشاهده به صورت فقط یک نقطه نشـان داده مـی‌شـود. بـدین ترتیب، تشابه‌ها و اختلاف‌ها در ترکیب بین تعداد زیادی مشاهده به سادگی در نمودار پایپر دیده می‌شود. نمودار (۷-۶) مثـالی از یـک نمودار پایپر را نشان می‌دهد.



نمودار ۷-٦- مثالی از یک نمودار پایپر [۱۹]

نکته: انتخاب نمودار مناسب بستگی به اهداف مطالعات دارد.

omoorepeyman.ir

جدول ۷-۱- نتایج و اطلاعات آماری پایش کیفیت آب

نام ایستگاه:	کد ایستگاه:
نام محدوده مطالعاتی:	کد محدوده مطالعاتی:
نوع چاه:	عمق کف چاه (متر):
عمق سطح ایستابی (متر):	عمق نمونه‌برداری (متر):
مختصات جغرافیایی: Z:	E: N:
نام آبخوان:	نام دشت:
نام استان:	
دوره نمونه‌برداری: از تاریخ / /	تا تاریخ / /

تاریخ	پارامترها							
	pH	EC $\mu S/cm^2$	Turbidity NTU	Temp °C	…. ….	…. ….	…. ….	…. ….
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
تعداد داده‌ها (N)								
شاخص‌های آماری								
تعداد نمونه‌های حذف شده یا مشکل دار								
تعداد نمونه‌های نهایی								
میانگین								
حداقل								
تاریخ حداقل								
میانه								
حداکثر								
تاریخ حداکثر								
انحراف معیار								
ضریب تغییرات								

۷-۳-۷- تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت آب

پهنه‌بندی روشی مناسب برای نمایش داده‌ها کیفیت آب یا اطلاعاتی مانند روند تغییرات پارامترها در قالب یک نقشه می‌باشد. داده‌ها یا اطلاعات می‌توانند به صورت مجزا و با استفاده از علایم مختلف یا به صورت پیوسته و با استفاده از رنگ‌های مختلف بر روی نقشه نشان داده شوند. در صورتی که هدف نمایش داده‌ها یا اطلاعات به‌صورت پیوسته باشد، لازم است با استفاده از روش‌های مناسب آماری یا زمین آمار مقادیر پارامترها در در فواصل بین نقاط نمونه‌برداری درون‌یابی شود. بدین منظور روش‌های مختلفی وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به روش‌های وزن‌دهی معکوس فاصله[1]، کریجینگ[2]، حداقل انحنا[3]، اصلاح‌شده شپرد[4]، همسایگی

1- Inverse Distance Weighting
2- Kriging
3- Minimum Curvature
4- Modified Shepard

omoorepeyman.ir

طبیعی[۱]، نزدیک‌ترین همسایه[۲]، رگرسیون چندجمله‌ای[۳]، توابع پایه شعاعی[۴]، مثلث‌بندی با درون‌یابی خطی[۵]، میانگین متحرک[۶]، داده‌های متریک[۷] و چند جمله‌ای محلی[۸] اشاره کرد. برای اطلاعات بیش‌تر به مرجع [۲۰] رجوع شود.

۷-٤- تهیه و ارائه گزارش

یکی از موضوع‌های اساسی در یک برنامه پایش کیفیت آب ارائه گزارش‌هایی حاوی یافته‌های مهم می‌باشد.

۷-٤-۱- ساختار پیشنهادی برای تهیه گزارش‌ها

گزارش پایش به گونه‌ای تهیه شود که هدف، چارچوب، روش‌ها و نتیجه‌گیری آن شفاف باشد. هم‌چنین به هنگام تهیه گزارش باید موارد زیر را رعایت کرد:

- بخش اصلی گزارش باید شامل مطالب اصلی باشد و در صورتی که حجم داده‌ها، و نگاره‌ها زیاد می‌باشد به گونه‌ای که موجب ایجاد ناپیوستگی در مطالب می‌شود، باید آنها را به پیوست‌ها انتقال داد. توصیه می‌شود در متن اصلی نتیجه تحلیل داده‌ها قرار داده شود.
- در گزارش باید هدف برنامه پایش، محدوده پایش، جزییات طراحی برنامه و ابزارها و روش‌ها، جزییات اجرای برنامه پایش، داده‌ها و نتایج به دست آمده، جزییات تحلیل داده‌ها، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری، پیوست‌ها، و مراجع و منابع مورد استفاده ارائه شوند.
- در ابتدای هر گزارش یک خلاصه گزارش شامل هدف، معرفی خلاصه محدوده، خلاصه ابزار و روش و یافته‌ها تهیه و قرار داده شود.
- گزارش باید فهرست مطالب، جداول، نمودارها، شکل‌ها، نقشه‌ها و نگاره‌ها را داشته باشد.
- به همراه هر گزارش کاغذی، نسخه نرم‌افزاری آن به همراه فایل داده‌ها در فرمت مناسب ارائه شود.

نکته ۱: توصیه می‌شود موارد ذکر شده در بالا به صورت گزارش‌های مجزا در مجلدهای جداگانه به صورت مرحله‌ای ارائه شوند.

نکته ۲: در ابتدای گزارش باید گروه کارشناسی و همکاران پروژه و مسوولیت آنها در پروژه معرفی شود.

1- Natural Neighbor
2- Nearest Neighbor
3- Polynomial Regression
4- Radial Basis Function Interpolation
5- Triangulation with Linear Interpolation
6- Moving Average
7- Data Metrics
8- Local Polynomial

omoorepeyman.ir

۷-۵- ارائه پیشنهادات و راهکارها با توجه به حساسیت‌های مختلف محلی، منطقه‌ای یا ملی

برنامه پایش باید شامل پیشنهادها و راهکارهایی برای بهبود عملکرد و کارایی خود برنامه پایش باشد و ارائه راهکار برای کنترل و کاهش آلودگی یا سایر موارد مشابه در چارچوب برنامه پایش نمی‌گنجد.

موارد مربوط به اصلاح و بازنگری پایش در بخش طراحی و اصلاح و بازنگری برنامه پایش ارائه شده است و از بیان دوباره آنها در اینجا خودداری می‌شود. تنها ذکر این نکته ضروری است که کنترل عملکرد برنامه باید به طور پیوسته به هنگام اجرای برنامه انجام و در هر مورد با هماهنگی گروه طراح، اصلاحات و بازنگری‌های لازم برای اطمینان از دستیابی به اهداف انجام شود.

omoorepeyman.ir

فصل ۸

نحوه ثبت داده‌ها در بانک داده‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۸-۱- کلیات

آبخوان‌های مختلف کشور در استان‌های مختلف واقع و تحت مدیریت شرکت‌های آب منطقه‌ای استانی هستند. در هر استان می‌توان داده‌های محدوده مطالعات یا آبخوان‌های تحت مدیریت را جمع‌آوری و در یک بانک داده ذخیره کرد.

تعدادی از آبخوان‌های کشور فراتر از یک استان هستند. در این حالت باید داده‌ها را در سطح استان‌ها جمع‌آوری ولی در سطح آبخوان تحلیل و تفسیر کرد. بنابراین توصیه می‌شود ساختار بانک داده‌ها به گونه‌ای باشد که تلفیق ثبت و طبقه‌بندی داده‌ها برای آبخوان‌ها و دشت‌ها به آسانی انجام شود. با این وجود امکان گزارش‌گیری برای هر محدوده انتخابی امکان‌پذیر باشد.

در صورت امکان بهتر است علاوه بر داده‌ها و نتایج آنالیزها امکان ثبت اطلاعات محدوده و ایستگاه‌های پایش، داده‌ها و اطلاعات پایه مورد استفاده در طراحی برنامه و اطلاعات ناشی از تحلیل‌ها و سایر موارد مانند داده‌های مکان دار در بانک داده‌ها و اطلاعات وجود داشته باشد، هر چند این کار ممکن است افزایش هزینه‌ها را به دنبال داشته باشد.

بدیهی است گزارش‌گیری‌ها باید به تفکیک فیلدها و پارامترهای مختلف (مانند پارامترها، ایستگاه‌ها و دوره‌های زمانی) امکان‌پذیر باشد. هم چنین گزارش‌ها می‌تواند بر اساس کل داده‌های اندازه‌گیری شده، متوسط دوره‌های زمانی (ماهیانه، فصلی و سالیانه)، حداکثر و حداقل یک پارامتر در یک دوره زمانی، انحراف معیار و یا سایر شاخص‌های آماری باشد.

۸-۲- نگهداری داده‌ها و اطلاعات

داده‌ها و اطلاعات را می‌توان به یک یا چند روش زیر نگهداری کرد:

- بایگانی برگه‌های داده‌ها و اطلاعات
- ثبت و نگهداری داده‌ها و اطلاعات بر روی لوح فشرده در دوره‌های زمانی معین (برای مثال هفتگی)
- ایجاد یک حافظه سخت‌افزاری در شبکه رایانه‌ای و نگهداری داده‌ها و اطلاعات در آن

انتخاب روش مناسب به امکانات موجود، محدودیت‌های بودجه ای و نیروی انسانی بستگی دارد و باید به هنگام طراحی برنامه روش نگهداری داده‌ها و اطلاعات مشخص شود.

در هر حال، داده‌های خام باید بدون هیچ‌گونه پردازشی مانند حذف داده‌های پرت، در بانک نگهداری و به هنگام نیاز به تحلیل و تفسیر آنها، پردازش داده‌ها را انجام و در صورت لزوم جداگانه ثبت و نگهداری شوند.

توصیه می‌شود، در صورتی که از بانک داده‌ها و اطلاعات رایانه‌ای استفاده می‌شود، امکان توسعه آتی آن و ارتباط با سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در نظر گرفته و از استانداردهای معینی برای ثبت و ذخیره سازی و بازیابی داده‌ها و اطلاعات استفاده شود.

علاوه بر این لازم است، با توجه به حساسیت داده‌ها و اطلاعات حاصل از پردازش آنها، سطوح مختلف دسترسی تعریف و به اجرا گذاشته شود. هم‌چنین لازم است سوابق دسترسی به داده‌ها و اطلاعات شامل مشخصات فردی، تاریخ و ساعت و مدت زمان دسترسی، نحوه دسترسی، نوع داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده، دلیل استفاده و سایر مواردی که ممکن است بخش‌های نظارتی لازم داشته باشند، ثبت شوند.

omoorepeyman.ir

۸-۳- نحوه به روز نگهداری داده‌ها و اطلاعات

جزییات برنامه به‌روز نگهداری داده‌ها و اطلاعات باید به هنگام طراحی برنامه پایش تعیین شود. با این وجود موارد زیر به عنوان یک راهنما باید مد نظر قرار گیرند:

- داده‌ها و نتایج میدانی و آزمایشگاهی تا دو روز کاری پس از دریافت آنها وارد بانک شوند. این داده‌ها نیاز به بازنگری ندارند.
- داده‌های و اطلاعات پایه محدوده و ایستگاه‌های پایش حداکثر یک هفته پس از دریافت وارد بانک شوند. این داده‌ها و اطلاعات در صورت تغییر و اعلام آن به مجری باید حداکثر تا دو روز کاری به هنگام شوند. در غیر این صورت در دوره‌های شش ماه بازنگری و کنترل شوند.
- محاسبات، تحلیل‌ها و آماره‌های مختلف تا حداکثر دو روز کاری پس از دریافت داده‌ها و نتایج جدید به روز شوند.

نکته: در برخی موارد که نیاز به اعلام سریع وضعیت است (مانند حوادث) دوره به روز رسانی می‌تواند تا حد ساعت یا کم‌تر از آن کاهش یابد.

۸-٤- بررسی و نحوه گردش اطلاعات و تدوین چارچوب تشکیلاتی تبادل داده‌ها بین زیرمجموعه‌های وزارت نیرو با زیرمجموعه‌های سازمان حفاظت محیط زیست

وضعیت بهینه آن است که امکان دسترسی کارشناسان، متخصصین، دانشجویان و سایر اقشار مردم علاقمند به تمام یا بخشی از داده‌ها و اطلاعات به صورت کنترل شده از طریق رایانه فراهم باشد. با این وجود ممکن است به دلیل برخی محدودیت‌ها این کار امکان‌پذیر نباشد.

در صورتی که از بانک‌های داده و اطلاعات رایانه‌ای و تحت شبکه استفاده شود می‌توان برای نهادها و افرادی که حق استفاده از تمام یا بخشی از داده‌ها و اطلاعات را دارند، با ایجاد نام کاربری و رمز ورود اجازه دسترسی به بانک را داد. برای مثال برای شرکت‌های آب منطقه‌ای هر استان می‌توان اجازه دسترسی به بانک داده‌ها و اطلاعات آبخوان‌های تحت نظارت آن استان یا آبخوان‌های مجاور را داد.

هم‌چنین اگر از بایگانی های کاغذی استفاده می‌شود، باید یک یا چند نسخه از گزارش در محل مناسبی مانند کتابخانه نگهداری و امکان دسترسی افراد مجاز به آن فراهم شود.

سازمان‌ها و نهادهای مرتبط مانند سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت بهداشت و زیرمجموعه‌های آنها نیز می‌توانند با ارسال درخواست به شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران یا شرکت‌های استانی به عنوان یک کاربر و از طریق شبکه سازمان امکان دسترسی داشته باشند.

نکته: پیشنهاد می‌شود به هنگام طراحی برنامه‌های پایش سازمان حفاظت محیط زیست و زیرمجموعه‌های آنها به عنوان یکی از ناظرین برنامه در نظر گرفته شوند. هم چنین باید امکان دسترسی آنها به داده‌ها و نتایج به دست آمده در هر مرحله از برنامه فراهم باشد.

omoorepeyman.ir

فصل ۹

بازنگری برنامه پایش و اصلاح شبکه پایش

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۹-۱- کلیات

به دلایل مختلف ممکن است نیاز به بازنگری و اصلاح برنامه پایش باشد. هم چنین برنامه پایش باید پویا باشد و در طول زمان بهبود یابد. بازنگری مبتنی بر داده‌ها، مشاهدات و اطمینان به گزارش‌های تهیه شده است. برخی دلایل بازنگری عبارتند از:

- عدم دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده
- عدم تولید داده‌های مناسب به دلیل نامناسب بودن اجزای برنامه پایش مانند نامناسب بودن موقعیت ایستگاه‌ها، پارامترها، دوره‌های پایش و غیره
- بروز تغییرات طبیعی یا انسان ساخت در سطح آبخوان که بر اجزای برنامه پایش اثر گذارند مانند ایجاد یک منبع آلاینده بهره‌برداری از یک سازه آبی، تغییرات عمده در برداشت آب، تغییرات قابل توجه کاربری زمین و غیره
- دسترسی به داده‌ها و اطلاعات جدید و ارزشمند که بر طراحی برنامه پایش اثر گذارند.

بازنگری برنامه پایش می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

۹-۱-۱- تغییر ایستگاه‌ها

- در صورتی که نتایج پایش دو ایستگاه مجاور به طور کامل مشابه باشد،
- در صورتی که تغییرات ایجاد شده در سطح آبخوان یا برنامه‌های توسعه آن آبخوان و یا نتایج پایش به صورتی باشد که نیاز به افزودن یک ایستگاه شود.
- در صورتی که داده‌ها و اطلاعات جدید نشان دهد موقعیت انتخابی ایستگاه نامناسب است یا تعداد ایستگاه‌های موجود کافی نیستند.

۹-۱-۲- تغییر پارامترها

- در صورتی که نتایج یک پارامتر به طور کامل در دوره پایش (حداقل یک سال) در کلیه ایستگاه‌ها میزان ناچیزی را نشان دهد.
- در صورتی که بتوان با اطمینان از رابطه یک پارامتر، پارامتر دیگری را با اطمینان قابل قبولی محاسبه کرد به عبارتی ضریب همبستگی بالایی بین یک پارامتر و پارامتر دیگر در تمام دوره پایش در کلیه ایستگاه‌ها مشاهده شود، می‌توان تواتر پایش آن پارامتر را کاهش داد.
- در صورتی که تغییرات ایجاد شده در سطح آبخوان یا برنامه‌های توسعه آن آبخوان و یا نتایج پایش به صورتی باشد که نیاز به افزودن یا حذف یک یا چند پارامتر باشد.
- در صورتی که داده‌ها و اطلاعات جدید نشان دهد نیاز به افزودن پارامترهای جدید برای دستیابی به اهداف است.

omoorepeyman.ir

۹-۲- پایش و ارزشیابی شبکه‌های پایش در سطوح مختلف محلی، منطقه‌ای و ملی

ارزشیابی شبکه‌های پایش برای کنترل فرایند برنامه پایش یک الزام است. برای ارزشیابی باید اقدامات زیر را انجام داد:

- ایجاد یک شبکه بازرسی در شرکت‌های آب منطقه‌ای استان‌های مختلف و شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران برای کنترل فرایند برنامه پایش در سطح استان‌ها و کشور با استفاده از نیروهای متخصص و با تجربه
- بازرسی دوره‌ای (تصادفی) در استان‌های مختلف برای بازدید و تهیه گزارش تطابق‌ها، نواقص و مغایرت‌ها با موضوع‌های زیر:
  - تکمیل کاربرگ‌های ثبت نتایج، کنترل مدارک تضمین کیفیت و کنترل کیفیت
  - ورود داده‌ها و اطلاعات به بانک داده‌ها و اطلاعات بر اساس برنامه زمانبندی
  - وضعیت سنجش ایستگاه‌ها، پارامترها و زمانبندی
  - اجرای صحیح دستورالعمل‌های نمونه‌برداری و آنالیز
  - کنترل رعایت مسایل ایمنی در نمونه‌برداری
  - کنترل تجهیزات و وسایل نمونه‌برداری و آزمایشگاهی (مناسب و کافی بودن تجهیزات، واسنجی)
  - کنترل تخصص و آگاهی افراد ذیربط

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع

1- P. Quevauviller. Groundwater monitoring. USA: John Wiley & Sons. 2009.

2- J. Bartram & R. Balance. Water quality monitoring- a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programs. Geneva: UNEP/WHO. 1996.

3- David M. Nielsen. Practical handbook of environmental site characterization and ground water monitoring, 2nd ed. USA: Taylor and Francis group; CRC Press. 2006.

4- N. Cavanagh et. al. Guidelines for Designing and Implementing a Water Quality Monitoring Program in British Columbia. British Columbia: Ministry of environment, lands and parks. 1998.

5- Jacob Bear & A. Verruijt. Modelling Groundwater Flow and Pollution. UK: Kluwer Academic Publishers. 1987.

6- O. L. Franke & the groundwater focus group of the intergovernment. Conceptual frameworks for groundwater quality monitoring. USA: USGS. 1997.

7- Lorna Fewtrell & Jamie Bantram. Water Quality: guidelines, standards and health, assessment of risk and risk management for water related infectious disease. Geneva: World Health Organization. 2001.

8- Shun Dar Lin. Water and wastewater calculations manual, 2nd ed. USA: Mc Graw Hill. 2007.

۹- مهندسین مشاور لار. چگونگی تعیین حریم‌های کیفی منابع آب زیرزمینی و برنامه‌ریزی جهت عملیاتی شدن آن. تهران: شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۷.

10- Australia and Newzland Agricultural and resources management council of. Guidelines for groundwater protection in Australia. NSW: Australian water and wastewater association. 1995.

11- UN/ECE. Guidelines on monitoring and assessment of trans-boundary ground-waters. Helsinki: UN/ECE task force on monitoring & assessment. 2000.

۱۲- معاونت امور فنی، دفتر امورفنی و تدوین معیارها، وزارت نیرو. دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آب‌های زیرزمینی، نشریه شماره ۱۸۷. تهران: انتشارات سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۸.

13- Michael J. Barcelona et. al. Practical guide for groundwater sampling. USA: USEPA. 1985.

14- Andrew D. Eaton & Mary Ann H. Franson. Standard methods for the examination of water and wastewater. USA: APHA. 2005.

15- Tom Deck, Shannon Gerardi & Silky S. Lbie. Literature review- Equipment evaluation of groundwater sampling and purging devices. Florida: Florida department of environmental protection; environmental assessment sector. 2001.

16- Paul Mac Berthouex & Linfield C. Brown. Statics for environmental engineers, 2nd ed. USA: Lewis publishers; CRC Press. 2002.

17- A. H. El-Shaarawi & R. E. Kwiatkowski. Statistical aspects of water quality monitoring. Canada: Elsevier. 1985.

18- Graham B. McBride. Using statistical methods for water management. New Jersey: John Wiley &Sons. 2005.

19- D. R. Hesel & R. M. Hirsch. Statistical methods in water resources. USA: USGS. 2002.

omoorepeyman.ir

20- Ch. Yang, S. Kao, P. Lee. Twelve different interpolation methods, Earth Sciences, Vol. 35, pp.778-785. 2004.

۲۱- سیدحسین هاشمی و همکاران، راهنمای محاسبه شاخص کیفیت منابع آب ایران، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۰.

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر ششصد عنوان نشریه تخصصی – فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی**nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Instruction for Ground Water Quality Monitoring

No.620

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs

Ministry of Energy
Bureau of Engineering and Technical Criteria for Water and Wastewater

nezamfanni.ir

http://seso.moe.org.ir

2013

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

این نشریه

این نشریه با عنوان «دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی» جهت تدوین یک دستورالعمل ملی، یکپارچه و مناسب برای طراحی برنامه پایش کیفیت منابع آب زیرزمینی تهیه شده است. این دستورالعمل در راستای اجرای برنامه پایش کیفیت منابع آب زیرزمینی با هدف ایجاد اطلاعات مناسب و قابل اعتماد از وضعیت کیفیت آب‌های زیرزمینی و استفاده از آن جهت مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب کشور، تدوین شده است.

omoorepeyman.ir