

بررسی نظام شبکه پایش آب زیرزمینی در ایران و کشورهای منتخب و آسیب‌شناسی مبتنی بر آن

سعیده سامانی^{۱*}

۱-دکتری هیدروژئولوژی، پژوهشکده منابع آب، موسسه تحقیقات آب

نویسنده مسئول: samani_1386s@yahoo.com

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۰۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۰۴

چکیده

پایش فرآیندی نظارتی با طرحی علمی و پویا بر مبنای مشاهده، آماربرداری، اندازه‌گیری و ثبت داده، در جهت شناخت کمی و کیفی منابع آب برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب است. پایش بلندمدت بدون انجام فرآیند ارزیابی، آسیب‌شناسی و بهینه‌سازی، منجر به عدم مدیریت صحیح داده‌های خروجی، ناکارآمدی سیستم و سبب افزایش هزینه پایش می‌گردد. یکی از گام‌های ضروری در آسیب‌شناسی شبکه‌های پایش، تعیین وضعیت پارامترهای اندازه‌گیری و تواتر آن‌ها با توجه به هدف شبکه پایش است. از این رو بر اساس ارزیابی نیازهای اطلاعاتی به‌خصوص در مطالعات منابع آب زیرزمینی و بخش محاسبات بیلان آب زیرزمینی، این مقاله به بررسی نظام شبکه پایش آب زیرزمینی و آسیب‌شناسی آن در کشور پرداخته است. این ارزیابی از طریق مقایسه شبکه پایش آب زیرزمینی داخلی با شبکه پایش در برخی از کشورهای دنیا با درجه توسعه‌یافتگی متفاوت صورت گرفته است. در انتها بعد از آسیب‌شناسی شبکه پایش فعلی با توجه به تجارب جهانی و مقایسه آن‌ها با وضع موجود در ایران، پیشنهادهایی در چهار زمینه (مدیریت اطلاعات مرتبط با شبکه پایش آب زیرزمینی از طریق شناخت کامل نیاز اطلاعاتی شبکه، طراحی، راه‌اندازی و اجرای سامانه یکپارچه مدیریت اطلاعات آب و به‌روزرسانی تجهیزات و فناوری‌های ایستگاه‌های اندازه‌گیری متناسب با استانداردهای جهانی؛ ۲) مدیریت نیروی انسانی از طریق جذب نیروی انسانی توانمند متناسب با نیاز در بخش نصب تجهیزات، جمع‌آوری و انتقال اطلاعات، ثبت و پردازش داده به همراه ایجاد انگیزش نیروی انسانی و تقویت رویکردهای مشارکت مردمی؛ ۳) مدیریت ساختار سازمانی در کشور و ۴) مدیریت مالی از طریق تقویت توان مالی نظام مطالعات منابع آب کشور به‌منظور پیاده‌سازی شبکه پایش بهینه در کشور، ارائه گردیده است. بر اساس مقایسه انجام‌شده در شبکه پایش کشور با سایر کشورهای پیشرو در زمینه اندازه‌گیری و پایش منابع آب زیرزمینی نتیجه‌گیری می‌شود که در شبکه پایش فعلی نواقصی وجود دارد که می‌توان با الگوبرداری از این کشورها آرشو غنی و قابل‌اعتماد از داده‌های منابع آب زیرزمینی با طول دوره تاریخی مناسب برای آینده تولید کرد و با به‌کارگیری آن‌ها، امور مربوط به برنامه‌ریزی و توسعه در بخش منابع آب را به‌صورت بهینه انجام داد.

واژه‌های کلیدی: نظام شبکه پایش آب زیرزمینی، آسیب‌شناسی، مؤلفه‌های پایش، تواتر اندازه‌گیری.

۱- مقدمه

برخوردار است. الزامات این حفاظت کمی و کیفی، کنترل

مستمر مقادیر برداشت، بررسی روند تغییرات سطح آب

زیرزمینی و آگاهی از تغییرات کیفیت آب و منابع آلاینده و روند

در فرایند توسعه پایدار حفاظت کمی و کیفی از منابع آب

زیرزمینی و مدیریت مطلوب این منابع از اهمیت زیادی

از یک سازه آبی، تغییرات عمده در برداشت آب، تغییرات قابل توجه کاربری زمین و غیره. به طور کلی آسیب شناسی و به دنبال آن بهینه سازی شبکه پایش اهداف زیر را دنبال می کند: سوق دادن پایش به سمت اهداف خاص مدیریتی و نیاز کاربران؛ کاهش و یا افزایش پارامترهای اندازه گیری؛ کاهش یا افزایش تواتر اندازه گیری؛ بهینه کردن موقعیت های نمونه برداری؛ حذف هم پوشانی فعالیت سازمان های مختلف؛ افزایش بازده عملیات صحرایی و آزمایشگاهی؛ و ایجاد حداکثر دقت در تخمین سطح ایستایی در نقاط فاقد آمار. در راستای رسیدن به این اهداف فرایند زیر می تواند به عنوان پایه ای جهت جامعیت بخشیدن و بهینه سازی فعالیت های پایش فعلی به کار رود: شناسایی کامل فعالیت های پایش فعلی و تاریخی و شناسایی، ارزیابی و اولویت بندی پارامترهای آب و نیازهای اطلاعاتی در محدوده مطالعاتی (پیرسون و همکاران، ۲۰۱۱).

ارزیابی یک برنامه پایش آب باید با این سؤال آغاز شود که "پایش به چه منظوری صورت می گیرد؟" به بیان دیگر ارائه تفسیر روشن از اهداف و مقاصد پایش، نخستین و اساسی ترین گام در تمام مراحل است. بدین منظور در این مقاله ارزیابی شبکه پایش با تمرکز بر اهداف، سوابق و نیازهای مطالعات منابع آب در ایران و تعیین پارامترهای ضروری و تواتر بهینه آنها صورت گرفته است. در راستای پیشبرد این اهداف، ابتدا ارزیابی از وضعیت فعلی ایستگاه های سنجش کمی و کیفی آب زیرزمینی در ایران و همچنین پارامترها و تواتر اندازه گیری آنها انجام شده است. در این بخش تلاش گردید تا از مراجع موجود و قابل دسترس استفاده گردد. در این مقاله علاوه بر شرح مختصر انواع ایستگاه های سنجش کمی و کیفی آب و هواشناسی در ایران و پارامترهای موجود و تواتر اندازه گیری در آنها جهت آسیب شناسی شبکه پایش آب زیرزمینی، نگاهی به وضعیت شبکه پایش در برخی از کشورهای دنیا با درجه توسعه یافتگی متفاوت نیز داشته ایم. در انتها بعد از آسیب شناسی شبکه پایش فعلی با توجه به تجارب جهانی و مقایسه آنها با وضع موجود

نفوذ آن، است. علاوه بر این برای استمرار یا توسعه بهره برداری از آب های زیرزمینی، برای انواع مصارف و اهداف مختلف و همچنین ایجاد هرگونه سازه آبی، نیاز به جمع آوری، ذخیره، تحلیل و نتیجه گیری اطلاعات از مجموعه ویژگی های کمی و کیفی آبخوان است. رسیدن به هدف مذکور، تنها با انجام عملیات رفتار سنجی یا پایش کمی و کیفی آب های زیرزمینی امکان پذیر خواهد بود. با استفاده از پایش آب زیرزمینی، می توان به اطلاعاتی از قبیل خصوصیات زمین شناسی و هیدروژئولوژیک آبخوان، توزیع بار هیدرولیکی در زمان و مکان، میزان جریان و جهت جریان آب زیرزمینی، کیفیت آب و میزان ماده آلوده کننده و خصوصیات منبع آلوده کننده دست یافت و با کمک داده های پایش می توان به مطالعات پتانسیل منابع آب، مطالعات توسعه منابع آب، مطالعات خشک سالی و تغییر اقلیم، مطالعات مربوط به طراحی پروژه های آبی (سازه ای و غیر سازه ای)، تعیین وضعیت آبخوان ها و بررسی تغییرات زمانی و مکانی کمی و کیفی منابع آب، مدیریت کمی و کیفی منابع آب و تعیین ضوابط حداکثر عمق برداشت آب، پرداخت (جاسما و همکاران، ۲۰۰۶).

آسیب شناسی شبکه پایش درواقع ارزیابی نیاز در شبکه پایش در راستای بهینه سازی شبکه پایش است، این فرایند در راستای تصمیم گیری برای داشتن بهترین ترکیب در بین ایستگاه های موجود هست و با این تفکر آغاز می شود که شبکه موجود، پایه خوبی برای طراحی و برنامه ریزی یک شبکه جدید نیست. به دلایل مختلف ممکن است نیاز به بازنگری و اصلاح برنامه پایش باشد. در صورت وجود عوامل زیر، آسیب شناسی و در نهایت بهینه سازی شبکه پایش لازم و ضروری است: عدم دستیابی به اهداف پایش از پیش تعیین شده؛ عدم تولید داده های مناسب به دلیل نامناسب بودن اجزای برنامه پایش مانند نامناسب بودن موقعیت ایستگاه ها، پارامترها، دوره های پایش و غیره؛ بروز تغییرات طبیعی یا انسان ساخت در سطح آبخوان که بر اجزای برنامه پایش اثرگذارند مانند ایجاد یک منبع آلاینده، بهره برداری

طولانی مدت سطح آب، داده‌های ضروری مورد نیاز جهت ارزیابی تغییرات در منابع را در طول زمان، توسعه مدل‌های آب زیرزمینی و روند پیش‌بینی و طراحی، پیاده‌سازی و نظارت بر اثربخشی برنامه‌های مدیریت و حفاظت از منابع آب را فراهم می‌نماید (تیلور و الی، ۲۰۰۲).

اهداف شبکه پایش کمی شامل دو سطح مدیریتی و فنی است: اهداف مدیریتی بر ارزیابی، مدیریت و توسعه منابع آب زیرزمینی جهت تأمین آب آشامیدنی، بهینه‌سازی تولید محصولات زراعی و همچنین حفاظت از مناطق طبیعی و بازسازی تالاب‌ها متمرکز است. اهداف فنی عبارت‌اند از تعیین جهت جریان آب‌های زیرزمینی، شناسایی مناطق نفوذ و نشست، تعیین میزان ارتباط بین آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی، تهیه مدل‌های آب زیرزمینی و غیره (جاسما و رولفسن، ۲۰۰۴).

متغیرهای اندازه‌گیری در شبکه پایش کمی

پارامترهای شبکه پایش کمی جهت ارزیابی سطح آب زیرزمینی و وضعیت تخلیه آبخوان و بررسی ارتباط متقابل بین آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی موجود عبارت‌اند از: راهنمای چارچوب ارزیابی منابع آب، ۲۰۰۹: سطح آب‌های زیرزمینی در چاه‌های مشاهداتی؛ بارش و مؤلفه‌های مورد نیاز برای محاسبه تبخیر-تعرق (جهت محاسبه تغذیه آب‌های زیرزمینی)؛ ویژگی‌های جریان و / یا سطوح آب‌های سطحی؛ سطوح آب در تالاب‌ها و دریاچه‌های وابسته به آب زیرزمینی؛ محاسبه میزان نشست از سیستم‌های تصفیه فاضلاب و مؤلفه‌های بیلان آب زیرزمینی (تغذیه طبیعی و مصنوعی، جریان‌های ورودی زیرزمینی، تخلیه، برداشت)، همچنین به داده‌های زمانی ایستگاه‌های هیدرومتری و رطوبت خاک نیز نیاز است (ون لانن، ۱۹۹۸). از داده‌های رطوبت خاک در روش بیلان آب خاک برای محاسبه تغذیه آب زیرزمینی استفاده می‌گردد (کومار، ۲۰۰۳). پارامترهای اندازه‌گیری در شبکه پایش پیرومتری کنونی در سطح آبخوان‌های کشور شامل سطح آب زیرزمینی در آبخوان

در ایران، پیشنهادهایی جهت تکمیل و اصلاح شبکه پایش در کشور ارائه گردیده است.

۲- مواد و روش‌ها و پیشینه تحقیق

در این مطالعه از طریق مراحل زیر نظام شبکه پایش آب زیرزمینی در ایران مورد بررسی قرار خواهد گرفت و از طریق مقایسه وضعیت آن با کشورهای منتخب، آسیب‌شناسی مبتنی بر آن صورت خواهد گرفت: الف) بررسی وضعیت نظام فعلی شبکه پایش منابع آب زیرزمینی: در این بخش با استفاده از دستورالعمل‌های موجود داخلی و بین‌المللی شبکه‌های پایش آب زیرزمینی معرفی و بر اساس آمار و اطلاعات ارائه شده توسط دفتر مطالعات پایه منابع آب، وضعیت فعلی شبکه پایش کشور ارائه خواهد گردید؛ ب) نمایش وضعیت شبکه پایش آب در سایر کشورها: هدف اصلی این بخش از گزارش، مقایسه عملکرد نظام شبکه پایش منابع آب زیرزمینی در کشور با واحدهای مشابه در سایر کشورهاست. استفاده از تجارب بین‌المللی می‌تواند در دستیابی به شرایط مطلوب با صرف هزینه و زمان کم کمک نماید و ج) ارزیابی و آسیب‌شناسی شبکه پایش منابع آب زیرزمینی در کشور: با تکمیل مرحله شناخت وضعیت موجود شبکه پایش منابع آب زیرزمینی کشور و بررسی تجارب سایر کشورها در این حوزه، ارزیابی و آسیب‌شناسی وضعیت فعلی انجام می‌شود.

معرفی ایستگاه‌های پایش، متغیرها و تواتر اندازه‌گیری آن‌ها

در ایران و استانداردهای بین‌المللی

شبکه پایش کمی منابع آب زیرزمینی

آبخوان سیستم دینامیکی است که به‌طور مداوم به تغییرات کوتاه‌مدت و بلندمدت در شرایط آب و هوایی، برداشت آب زیرزمینی و کاربری اراضی پاسخ می‌دهد. اندازه‌گیری سطح آب از چاه‌های مشاهداتی، منبع اصلی کسب اطلاعات مربوط به تنش‌های هیدرولوژیکی تأثیرگذار روی آبخوان‌ها هستند و نشان می‌دهند که چگونه این تنش‌ها تغذیه، ذخیره‌سازی و تخلیه آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اندازه‌گیری‌های

اولین عامل مؤثر در تناوب نمونه‌برداری هدف پایش و نیاز متخصص به داده‌های تولیدشده است. ون لانن (1998) دیگر عوامل مؤثر در تناوب اندازه‌گیری را نوع تغذیه و فرکانس تغذیه، فاصله نسبت به مکان‌های تغذیه و دسترسی به مکان و امکانات موجود معرفی کردند و در آبخوان‌هایی با دینامیک نامشخص، اندازه‌گیری هفتگی سطح آب را پیشنهاد نمودند. در شکل ۱ فاکتورهای مؤثر در انتخاب تواتر اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی ارائه شده است (تیلور و الی، 2002).

آزاد و فشار پیزومتریک در آبخوان تحت فشار (نسبت به سطح دریا یا سطح مبنا) است.

دوره‌های زمانی اندازه‌گیری در شبکه پایش کمی

تناوب اندازه‌گیری سطح آب یکی از مهم‌ترین ملاحظات در برنامه پایش سطح آب زیرزمینی است. هرچند که تناوب اندازه‌گیری اغلب تحت تأثیر ملاحظات اقتصادی قرار می‌گیرد، ولی باید تا حد ممکن با توجه به تغییرات پیش‌بینی شده در نوسانات سطح آب در چاه‌های مشاهداتی و میزان جزئیات موردنیاز در تشخیص ویژگی هیدرولوژیکی آبخوان، تعیین گردد.



شکل ۱: فاکتورهای مؤثر در انتخاب تواتر اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی (تیلور و الی، 2002)

آبخوان‌های کشور به صورت ماهانه صورت می‌گیرد. بدیهی است که اندازه‌گیری بیش از یک‌بار در ماه بستگی به اهداف مطالعه، برنامه‌ها و پروژه‌های مختلف در یک محدوده دارد (تیلور و الی، 2002).

۲- پایش پیوسته: با توجه به اینکه ارقام سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای محدوده‌های مطالعاتی زیربنای مطالعات را تشکیل می‌دهد، لذا نصب ادوات اتوماتیک اندازه‌گیری بر روی چاه‌های مشاهداتی علاوه بر دقت و اطمینان از رقم سطح آب، امکان

پایش سطح آب زیرزمینی به دو صورت پیوسته و دوره‌ای صورت می‌گیرد (تیلور و الی، 2002):

۱- پایش دوره‌ای: پایش هفتگی، ماهانه و سالانه که این پایش یا به صورت دستی یا از طریق سنسورهای الکترونیکی صورت می‌گیرد. بزرگ‌ترین مشکل این اندازه‌گیری‌ها: عدم شناسایی پاسخ هیدرولیکی به استرس‌های کوتاه‌مدت ممکن است که در فواصل بین اندازه‌گیری‌ها رخ دهد. انجام اندازه‌گیری دوره‌ای از سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای در حال حاضر در سطح

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 و از استانداردهای کیفیت قابل استفاده برای آن پهنه آبی تخطی نکند (کوواویلر، 2009).

پارامترهای کیفی در شبکه پایش کیفی

کیفیت آب‌های زیرزمینی با تعداد زیادی از پارامترها، از جمله پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مشخص می‌شود. انتخاب نوع پارامترها در شبکه پایش کیفی به هدف پایش بستگی دارد. هدف پایش ممکن است به صورت کلی تعیین ویژگی‌های عمومی آب زیرزمینی جهت مشخص کردن وضعیت واقعی و پتانسیل استفاده از آبخوان باشد، و یا ممکن است یک هدف خاص و مشخص‌تر مانند انجام مطالعات کیفیت آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر آلودگی باشد و یا اقدامات اصلاحی را دنبال کند. پیچیدگی مشکلات کیفیت آب زیرزمینی معمولاً با شدت توسعه آب‌های زیرزمینی افزایش می‌یابد و همچنین در این حالت نیاز به جمع‌آوری داده‌های خاص‌تر نیز خواهد داشت (جاسما و همکاران، 2006). موارد زیر در انتخاب متغیرهای نمونه‌برداری باید در نظر گرفته شود (فرنک، 1997): اهداف پایش؛ کاربری اراضی؛ فرایندهای فیزیکی، زمین‌شناختی و شیمیایی؛ دسترسی به تجهیزات اندازه‌گیری مناسب؛ سادگی نمونه‌برداری، نگهداری و حمل نمونه‌ها؛ هزینه تحلیل آزمایشگاهی؛ نوع کاربری آب در محدوده مطالعاتی؛ و پارامترهای آلاینده احتمالی از هر منبع آلاینده. پارامترهایی که در منابع مختلف در شبکه‌های پایش کیفی جهت ارزیابی پایه منابع آب بررسی می‌شوند در جدول ۱ آمده است. پارامترهایی که در حال حاضر در شبکه پایش کیفی در آبخوان‌های سطح کشور اندازه‌گیری می‌شود شامل هدایت الکتریکی، pH، درجه حرارت، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، جامدات محلول، کلراید، سولفات، کربنات، بیکربنات است. البته پارامترهایی مانند آمونیوم، نیترات، نیتريت، آهن، سلیس پارامترهایی هستند که به صورت اختصاصی در برخی از شبکه‌های پایش کیفی در سطح

داشتن آمار سطح آب در هر زمان را فراهم می‌سازد. درواقع این ابزار باعث پایش پیوسته با فرکانس موردنظر خواهد شد و منجر به ثبت یک رزولوشن بالایی از نوسانات سطح آب می‌شود. هیدروگراف حاصل از این نوع اندازه‌گیری برای شناسایی تأثیر استرس‌های مختلف روی سیستم آبخوان و ایجاد برآورد صحیح از نوسانات حداقل و حداکثر کاربرد دارد. در چاه‌هایی که پاسخ هیدرولیکی آبخوان به استرس کند است و فرکانس و بزرگی نوسانات سطح آب محدود است، اندازه‌گیری پیوسته الزامی ندارد. پایش شبکه کمی پیزومتری از طریق ادوات اتوماتیک در موارد زیر به بهبود مطالعات کمک زیادی خواهد کرد: در مناطقی که از آب زیرزمینی به عنوان آب شرب استفاده می‌شود؛ نصب در چاه‌های مشاهداتی جدید به خصوص در مناطقی که پاسخ هیدرولیکی آبخوان به استرس سریع است؛ جهت شناسایی بزرگی و فرکانس نوسانات و استرس‌های وارده بر آبخوان؛ پایش نوسانات سطح آب زیرزمینی در زمان خشک‌سالی و دیگر بحران‌های دوره‌ای در حالتی که پاسخ هیدرولیکی بالایی به استرس وجود دارد؛ چاه‌هایی که به دلیل بعد مسافت و شرایط بد آب و هوایی امکان دسترسی آسان را ندارند؛ واقع شدن یک دستگاه ثبات در یک زون هیدروژئولوژی جهت ایجاد پوشش مناسب شبکه به خصوص در ورودی‌ها و خروجی‌های آبخوان؛ چاه‌هایی که در بالادست و پایین‌دست طرح‌های بزرگ مانند سد و تغذیه مصنوعی واقع شده‌اند. انجام اندازه‌گیری پیوسته از سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای در حال حاضر در سطح آبخوان‌های کشور به صورت پراکنده و در برخی نقاط در حال انجام است (تیلور و الی، 2002).

شبکه پایش کیفی منابع آب زیرزمینی

پایش کیفی فرایند برنامه‌ریزی شده نمونه‌برداری و سنجش کیفی نمونه‌ها جهت ارزیابی کیفیت آب برای مقاصد مشخص است. هدف اصلی شبکه پایش دستیابی به وضعیت خوب برای همه پهنه‌های آب زیرزمینی و اطمینان از عدم تخریب این منابع در آینده است. منظور از وضعیت خوب یعنی

دارای روند کاهشی باشد، نمونه‌برداری به‌صورت دو بار در سال ادامه می‌یابد.

تواتر نمونه‌برداری از منابع تأمین آب زیرزمینی شامل چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و چشمه‌ها و قنات بر اساس مقایسه‌های اقتصادی فنی و نتایج کیفی آب در طی سال‌های قبل و روند تغییرات یک یا چند پارامتر در طول زمان و بر اساس تجربه و تحلیل‌های آماری توصیه می‌گردد. همچنین در هر اقلیم و منطقه زمین‌شناسی مشخص، بر اساس پارامترهایی نظیر فاصله آلاینده‌های فیزیکی شیمیایی یا میکروبی از منبع تأمین آب مورد پایش، نفوذپذیری خاک منطقه، میزان تخلخل خاک، میزان و شدت بارندگی در سال، تواتر نمونه‌برداری تعیین می‌گردد و ممکن است در هر منطقه و اقلیمی متفاوت باشد (دستورالعمل تعیین تناوب نمونه‌برداری، ۱۳۸۹). در حال حاضر در منابع انتخابی کیفی در سطح کشور نمونه‌برداری به‌صورت فصلی انجام می‌گیرد.

کشور اندازه‌گیری می‌شوند (گزارش جاماب، ۱۳۸۲). بر اساس گزارش‌های ارائه‌شده در جدول ۱، پارامترهایی که در مطالعات پایه منابع آب، در کشورهای مختلف اندازه‌گیری می‌شوند شامل: هدایت الکتریکی، pH، EH، DO، درجه حرارت، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، جامدات محلول، کلراید، سولفات، کربنات، بیکربنات، فسفات، آمونیوم، نترات، نیتريت، آهن، سلیس، منگنز، آلومینیوم و فلور هستند.

دوره‌های زمانی اندازه‌گیری در شبکه پایش کیفی

طبق توصیه سازمان حفاظت محیط‌زیست کالیفرنیا، ویلیامسون (2004) تناوب نمونه‌برداری کیفی منابع آب زیرزمینی باید به شرح زیر باشد: در چاه‌هایی که میزان آلودگی در آن‌ها از نظر آماری ثابت و پایدار بوده و یا روند کاهشی داشته، دو بار در سال نمونه‌برداری آنیون‌ها و کاتیون‌ها صورت می‌گیرد و برای چاه‌های جدیدالاحداث در ابتدا نمونه‌برداری فصلی انجام گیرد و در صورتی که آلودگی فیزیکی شیمیایی از نظر آماری ثابت و یا

جدول ۱: پارامترهای موردنیاز در شبکه‌های پایش کیفی جهت ارزیابی پایه منابع آب

Parameters	Current parameters of groundwater quality monitoring Networks in Iran	Guideline on: Groundwater monitoring for general reference purposes (Sharma and Streetly, 2006)	Proposed Groundwater Monitoring Network (basic assessment) (EEA, 2008)	Guidelines for conducting water resources assessment (basic water quality parameter) (Miloradov and Marjanovic, 1998)	Hydrogeological reporting, Government of Western Australia, Major components analysis, November 2009	Variables used for basic groundwater monitoring (UNEP/WHO, 1996)
pH	*	*	*	*	*	*
EC	*	*	*	*	*	*
EH		*	*		*	*
Temperature	*	*	*	*	*	*
DO		*	*	*	*	*
Ca	*	*	*	*	*	*
Mg	*	*	*	*	*	*
Na	*	*	*	*	*	*
K	*	*	*	*	*	*
HCO ₃	*	*	*	*	*	*
SO ₄	*	*	*	*	*	*
Cl	*	*	*	*	*	*
SiO ₂		*				*
NH ₄		*	*	*	*	*
NO ₃		*	*	*	*	*
NO ₂		*	*	*	*	*
PO ₄		*	*	*	*	*
Mn		*			*	
Fe		*			*	
Al					*	
F						*
Total organic carbon			*			

صنعت پایش منابع آب اذعان داشتند که استانداردها و روش‌های سازمان USGS آمریکا را به‌عنوان الگو انتخاب و پیاده‌سازی

نتایج گزارشی با عنوان بررسی صنعت پایش منابع آب در ۹۰ کشور نشان داده است که ۶۶٪ از مشارکت‌کنندگان در بررسی

کرده‌اند. همچنین ۴۳٪ و ۳۹٪ از مشارکت‌کنندگان نیز استانداردهای WMO^{۳۲} را به‌عنوان مبنا انتخاب کرده‌اند. از طرف دیگر کشورهای اروپایی و آسیایی دارای طولانی‌ترین دوره پایش منابع آب سطحی بوده و انتخاب کشور در این مناطق جهت مطالعات تطبیقی حائز اهمیت است (شیکلومانو، ۱۹۹۷). در فرایند آسیب‌شناسی شبکه پایش شناسایی نقاط اشتراک و اختلاف با استفاده از تجربه سایر کشورها می‌تواند کمک شایانی به بهره‌وری بهتر داشته باشد. مطالعه‌ی تطبیقی، مقایسه‌ی دو یا چند موضوع برای کشف نقاط اشتراک و اختلاف آن‌ها، برای رسیدن به هدف تحقیق است. با توجه به اهمیت مطالعات تطبیقی شناسایی دامنه تطبیق بسیار حائز اهمیت است. بر این اساس کشورهای مختلف در سطح دنیا می‌تواند جهت ارزیابی وضعیت نظام مطالعات پایه منابع آب موردبررسی و تحلیل قرار گیرند. لذا در این مطالعه، کشورهای پیش‌تاز در زمینه شبکه پایش مشخص‌شده و شبکه‌های پایش کمی و کیفی در آن کشورها موردبررسی قرار گرفته است. از این‌رو کشورهای آمریکا، استرالیا، چین، سوئد، دانمارک، فرانسه و کره جنوبی به‌عنوان کشورهای پیشرو و کشور هند به‌عنوان کشور در حال توسعه در مطالعات شبکه پایش آب انتخاب گردیدند. وضعیت شبکه پایش کمی و کیفی در این کشورها در جداول ۲ تا ۴ ارائه گردیده است. در کشور آمریکا در ۵۰ ایالت مجموعاً حدود ۱/۵ میلیون ایستگاه پایش منابع آب (سطحی، زیرزمینی، مصارف آب و وضعیت کیفی آب) وجود دارد. از میان ۱/۵ میلیون ایستگاه پایش منابع آب، حدود ۸۵۰۰۰۰ ایستگاه مربوط به چاه‌های پایش منابع آب زیرزمینی است که در آرشیو پایگاه داده سازمان USGS بایگانی‌شده است. در شبکه پایش کمی سطح آب زیرزمینی در ۴۸۱۳ حلقه چاه به‌صورت تناوب دوره‌ای، در ۷۹۳۹ با تناوب روزانه و در ۱۷۰۲ حلقه چاه به‌صورت بهنگام اندازه‌گیری می‌شود. داده‌های بهنگام تراز سطح آب زیرزمینی در بازه‌های زمانی ۱۵ تا ۶۰ دقیقه‌ای برداشت‌شده و داده‌ها در

هر ۱ ساعت به‌صورت خودکار ارسال می‌گردند. داده‌ها از سایت به ادارات USGS از طریق ماهواره، تلفن و / یا رادیو ارسال می‌گردند و در عرض چند دقیقه پس از ورود قابل‌مشاهده است. در شبکه پایش کیفی در ۲۴ سایت انتخابی کیفی آب زیرزمینی (سه سایت در ایالت کالیفرنیا، سه سایت در ایالت دلاور، سه سایت در ایالات نیومکزیکو، سه سایت در ایالت نیوهمپشایر، سه سایت در ایالت ارگان، دو سایت در ایالت تنسی، سه سایت در ایالت تنسی و چهار سایت در ایالت ویسکانسین)، به‌طور پیوسته خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب شامل pH، هدایت الکتریکی، نیتрат، درجه حرارت، اکسیژن محلول و درصد اشباع اکسیژن محلول ثبت می‌گردد و در آرشیو پایگاه داده سازمان USGS بایگانی می‌گردد.

در استرالیا در حال حاضر اطلاعات آب زیرزمینی از حدود ۷۸۰ هزار چاهک یا گمانه توسط سازمان هواشناسی استرالیا جمع‌آوری و به‌صورت آزاد در اختیار کاربران قرار داده می‌شود. این اطلاعات شامل داده‌های مربوط به پایش کمی و کیفی آبخوان‌ها، اطلس اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی و غیره است. داده‌های پایه که عموماً در پایش منابع آب زیرزمینی ثبت و جمع‌آوری می‌شود شامل اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی با تناوب اندازه‌گیری ۶ بار در سال، پارامترهای کیفی شامل فلزات سنگین، پارامترهای میکروبی، آلودگی و سایر خصوصیات شیمیایی- فیزیکی با تناوب اندازه‌گیری سالانه هستند. به‌طور کلی در هر ایستگاه و یا گمانه اندازه‌گیری، ۶۲ پارامتر به‌طور متوسط اندازه‌گیری می‌شود و این در حالی است که در برخی از اندازه‌گیری‌ها، تا تعداد ۲۲۰ پارامتر نیز اندازه‌گیری می‌شود. این اطلاعات به‌صورت آنلاین از سایت سازمان هواشناسی استرالیا دریافت شده است^{۳۳}.

در کشور چین نظارت بر آب‌های زیرزمینی در اوایل دهه ۱۹۵۰ آغاز شد و یک شبکه متشکل از ۲۳،۸۰۰ چاه پایش در سطح ملی، سطح استانی و سطح محلی تأسیس شد. این تعداد چاه

^{۳۳} http://www.bom.gov.au/inside/org_structure.shtml

^{۳۲} World Meteorological Organization

۳۱ استان را با مجموع وسعت یک میلیون کیلومترمربع را پوشش می‌دهد. در حال حاضر، پایش آب‌های زیرزمینی در چین عمدتاً توسط وزارت زمین و منابع سازمان‌دهی می‌شود. وزارت منابع آب و وزارت ساخت‌وساز نیز نظارت جزئی آب‌های زیرزمینی را برای هدف خاص خود انجام می‌دهند (هی و لی، ۲۰۰۶). در شبکه پایش کمی سطح آب استاتیک و عمق آب‌های زیرزمینی اندازه‌گیری می‌شود. علاوه بر این، در بخش مرکزی مخروط افت، در چاه‌های بهره‌برداری، سطح آب دینامیک نیز اندازه‌گیری می‌شود. سطح آب در چاه‌های محدوده شهری هر ۵ روز یکبار اندازه‌گیری می‌شوند، در حالی که در دیگر چاه‌ها هر ۱۰ روز یکبار مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند. چاه‌های پایش کیفی در مناطق تغذیه، تخلیه، مناطق مهم آبخوان و مناطقی با مشکلات زمین-محیط زیستی مانند آلودگی آب‌های زیرزمینی، نفوذ آب‌شور دریا و بیماری‌های بومی واقع شده‌اند. کیفیت آب‌های زیرزمینی دو بار در سال (فصل خشک و مرطوب) در آبخوان‌های کم‌عمق و مناطقی با نوسان زیاد و یکبار سال در آبخوان‌های عمیق و مناطق با نوسانات کم، مورد بررسی قرار می‌گیرد. پارامترهای pH، هدایت الکتریکی، نیتрат، نیتريت، فسفات، آرسنیک، کروم، آهن، جیوه، منگنز، فنول، سولفات، کلرید، باکتری کلی‌فرم، سختی کل و دما در آب زیرزمینی در شبکه پایش کیفی این کشور آنالیز می‌شود (هی و لی، ۲۰۰۶).

در سوئد، سازمان زمین‌شناسی سوئد (SGU) مسئول ارزیابی وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی و پایش منظم منابع آب زیرزمینی است. در شبکه پایش کمی این کشور عمق آب زیرزمینی در ۴۰۰ حلقه چاه با تناوب دو بار در ماه اندازه‌گیری می‌گردد. در ۳۰ شبکه پایش کیفی آنالیز کاتیون‌ها، آنیون‌ها و انواع فلزات سنگین با تناوب دو بار در سال انجام می‌گیرد. در شبکه پایش این کشور ۶۰۸ شبکه مرجع کیفی نیز وجود دارد که در ایستگاه‌های روند آن پارامترهای pH، فسفات، نیترات، فلوئور، کلر، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، آهن، منگنز،

سلیس، آلومینیوم با تناوب دو بار در سال و در ایستگاه‌های دوره‌ای پارامترهای pH، فسفات، نیترات، فلوئور، کلر، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، آهن، منگنز، سلیس، آلومینیوم، مس، روی، سرب، کادمیوم، کروم، نیکل، کبالت، آرسنیک و جیوه، هر ۶ سال یکبار اندازه‌گیری می‌گردند. این اطلاعات از سامانه آنلاین سازمان زمین‌شناسی سوئد دریافت شده است^{۳۴}.

در دانمارک شبکه پایش آب زیرزمینی در ۷۴ حوضه آبریز توزیع گردیده است. بیشتر شبکه‌های پایش در بخش‌های روستایی توزیع شده‌اند و توزیع اندکی در بخش‌های شهری وجود دارد. در شبکه پایش کمی در این کشور در مساحت ۴۳۲۱۶ کیلومترمربع حدود ۲۰۰ حلقه چاه مشاهداتی وجود دارد. اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی در چاه‌ها در این شبکه جهت بررسی نوسانات محلی سطح آب زیرزمینی به‌صورت ماهانه صورت می‌گیرد. در شبکه پایش کیفی داده‌های کیفی آب زیرزمینی در کشور دانمارک از ۱۱۰۰ چاه پایش جمع‌آوری می‌گردد. پارامترهایی که در این شبکه اندازه‌گیری می‌شوند شامل ۲۶ پارامتر اصلی (مانند کلرید، نیترات، سولفات، آمونیاک و آهن)، ۱۴ عنصر کمیاب غیر معدنی (مانند آرسنیک، مس و نیکل)، ۲۳ دسته از آلودگی‌های آلی میکرو (مانند هیدروکربن‌های معطر، حلال‌های کلر و فنل) و ۳۴ نوع از ترکیبات ایجادشده از آفت‌کش‌ها هستند (جورگرسن و استاکمار، ۲۰۰۹).

در کشور فرانسه، شبکه کمی برای پایش وضعیت عمومی کمیت آب زیرزمینی است، که در سال ۲۰۰۶ از ۱۶۷۴ حلقه چاه مشاهده‌ای تشکیل شده است. در این شبکه سطح آب اندازه‌گیری می‌گردد. تناوب اندازه‌گیری در آبخوان‌های تحت فشار یکبار در ماه و در آبخوان‌های آزاد یکبار در هفته است (دستورالعمل ارزیابی منابع آب، ۲۰۰۹). سه نوع شبکه پایش کیفی در فرانسه وجود دارد: (۱) شبکه پایش عمومی: جز شبکه پایش نظارتی در دستورالعمل چارچوب آب است. این

³⁴ <https://www.sgu.se/en/>

برای آبخوان‌ها در دوره‌های خشک‌سالی اخیر است (لی و ون، 2016).

اگرچه از چندین دهه قبل دولت هند منابع آب را پایش می‌نموده است، اما در انتشار داده‌ها با مشکلات متعددی روبرو بوده است. از این‌رو در سال ۲۰۰۸، هیئت مرکزی آب هند و مرکز ملی سنجش‌ازدور به‌طور مشترک پروژه‌ای^{۳۵} را طراحی نمودند. در این پروژه تمام داده‌های آب و هواشناسی با فرمت استاندارد و یکپارچه تحت فرمت GIS در پایگاه داده^{۳۶} ثبت‌شده و انتشار می‌یابد. در این پایگاه داده لایه اطلاعات آب زیرزمینی شامل تراز سطح آب زیرزمینی، نوسانات فصلی و مشخصات چاه‌های پایش است. داده‌های تاریخی پایش تراز سطح آب زیرزمینی در بیش از ۳۰۰۰۰ حلقه چاه مشاهده‌ای از سال ۱۹۹۴ تاکنون توسط بخش مرکزی آب زیرزمینی و واحدهای ایالتی آب زیرزمینی اندازه‌گیری شده است و در وب‌سایت مربوطه انتشار یافته است. این شبکه در سال ۲۰۱۷ شامل ۲۳۱۲۵ حلقه چاه مشاهده‌ای است که در سراسر کشور واقع شده‌اند. سطح آب‌های زیرزمینی توسط بخش مرکزی آب زیرزمینی چهار بار در سال در ماه ژانویه، مارس یا آوریل یا مه، اوت و نوامبر اندازه‌گیری می‌شود. نمونه‌های آب زیرزمینی از این چاه‌های مشاهده‌ای یک‌بار در سال در ماه مارس یا آوریل یا مه، برای به دست آوردن اطلاعات تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در مقیاس منطقه‌ای، جهت ایجاد پایگاه داده در برنامه‌های توسعه و مدیریت آب زیرزمینی برای ۶ پارامتر هدایت الکتریکی، کلر، فلوراید، آهن، آرسنیک و نیترات مورد آنالیز قرار می‌گیرد (CWC, 2014).

شبکه در سال ۲۰۰۶ شامل ۱۷۷۵ حلقه چاه پایش بوده است. پارامترهایی که در این شبکه اندازه‌گیری می‌شوند شامل: دما، EC، Eh، pH و یون‌های اصلی می‌باشند. تناوب اندازه‌گیری در این شبکه در آبخوان تحت فشار یک‌بار در سال و در آبخوان آزاد دو بار در سال است. شبکه بهداشتی: بر اساس الزامات آب شرب و نظارت بر آب‌های بدون تصفیه است. این شبکه شامل ۳۴۰۰ حلقه چاه پایش است. در این شبکه پارامترهای بیولوژیکی با تناوب ۱۲ بار در سال اندازه‌گیری می‌گردد. (۳) شبکه‌های تأثیر: جز شبکه پایش عملیاتی در دستورالعمل چارچوب آب هستند. در این شبکه غلظت نیترات، آفت‌کش‌ها و منابع آلودگی نقطه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. این شبکه از ۳۰۵۲ حلقه چاه پایش تشکیل شده است. تناوب اندازه‌گیری در این شبکه هر چهار سال یک‌بار به‌صورت فصلی است (دستورالعمل ارزیابی منابع آب، 2009).

سیستم پایش آب زیرزمینی در کره از سال ۱۹۹۶ آغاز به کار کرده است. در حال حاضر ۶ شبکه پایش شبکه ملی، شبکه پایش کیفی آب زیرزمینی، شبکه پایش نفوذ آب دریا، شبکه پایش آب روستایی، شبکه پایش کمکی و شبکه پایش آب شرب تحت نظارت ارگان‌های دولتی مختلف و با اهداف متفاوت در این کشور در حال فعالیت است. این شبکه‌های پایش شامل ۶۰۰۰ ایستگاه پایش هستند که برخی از آن‌ها به دیتالاگر مجهز هستند. داده‌های این شبکه‌های پایش از طریق وب‌سایت در اختیار عموم قرار دارند و هدف اصلی این شبکه‌های پایش اعمال طرح‌های مدیریتی آب زیرزمینی و ایجاد وضعیت ایمن

³⁶ <http://www.india-wris.nrsc.gov.in/>

³⁵ India-WRIS WebGIS

جدول ۲: نظام شبکه پایش کمی و کیفی در سه کشور آمریکا، استرالیا و چین

نام کشور	متولی	نوع شبکه	پارامترهای اندازه‌گیری	تعداد ایستگاه‌های فعال	تناوب اندازه‌گیری	نوع تجهیزات	نوع انتقال داده	نوع انتشار اطلاعات	رفرنس
آمریکا	سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS)	شبکه پایش کمی	تراز سطح آب زیرزمینی	۱۴۴۵۴	۴۸۱۳چاه مشاهداتی با تناوب دوره‌ای، ۹۲۳۹ روزانه و ۱۷۰۲ پهنگام	دستی و خودکار	در داده‌ای پهنگام انتقال داده خودکار هر یک ساعت	انتشار اطلاعات پایش از طریق سیستم اطلاعات ملی آب (NWIS) صورت می‌گیرد که دارای زیر مجموعه آب زیرزمینی به نام GWSI است.	Taylor and Alley, 2002 and https://waterdata.usgs.gov/nwis
	سازمان زمین شناسی استرالیا	شبکه پایش آب	زیرزمینی		۲۴ سایت شامل سه سایت در ایالت کالیفرنیا، سه سایت در ایالت دالور، سه سایت در ایالات نیومکزیکو، سه سایت در ایالت نیوهمپشایر، سه سایت در ایالت آرگان، دو سایت در ایالت تنسی، سه سایت در ایالت تنسی و چهار سایت در ایالت ویسکانسین	خودکار	خودکار	ساعتی	
استرالیا	سازمان هوشناسی استرالیا	شبکه پایش منابع آب	زیرزمینی	۷۸۰۰۰	فلزات سنگین، پارامترهای میکروبی، آلودگی و سایر خصوصیات شیمیایی- فیزیکی	دستی	دستی	سازمان هوشناسی استرالیا پایگاه اینترنتی انتشار داده در بخش هوشناسی و منابع آب (در قالب GIS) دارد و امکان پایش پهنگام و انتشار داده‌ها به صورت برخط در آن میسر است.	http://www.ho.m.gov.au/inside/eng_sincur/es.htm
	وزارت منابع آب چین	شبکه پایش آب	زیرزمینی	۲۳۸۰۰	pH، هدایت الکتریکی، نیترات، نیتریت، فسفات، آرسنیک، کروم، آهن، جیوه، منگنز، فنیل، سولفات، کلرید، باکتری کلی‌فرم، سختی کل و دما	دستی	دستی	محدوده شهری هر ۵ روز یک بار در دیگر جاها هر ۱۰ روز یک بار دو بار در سال (فصل خشک و مرطوب) در ایخوان های کم عمق و مناطقی با نوسان زیاد و یک بار سال در ایخوان‌های عمیق و مناطق با نوسانات کم	He and Li, 2006 and http://www.mwr.gov.cn/english

جدول ۳: نظام شبکه پایش کمی و کیفی در چهار کشور سوئد، دانمارک، فرانسه و کره جنوبی

نام کشور	متولی	نوع شبکه	پارامترهای اندازه‌گیری	تعداد ایستگاه‌های فعال	تناوب اندازه‌گیری	نوع تجهیزات	نوع انتقال داده	نوع انتشار اطلاعات	رفرنس
سوئد	سازمان زمین‌شناسی سوئد (SGU)	شبکه پایش منابع آب زیرزمینی	عمق آب زیرزمینی	۴۰۰	دو بار در ماه	دستی	ایمیل	انتشار آنلاین در سامانه اطلاعاتی SGU	https://www.sgu.se/en/
		شبکه پایش کیفی	آنالیز کاتیون‌ها، آنیون‌ها و انواع فلزات سنگین	۳۰	دو بار در سال	دستی	دستی	اطلاعات به صورت رایگان در دسترس نیستند	
سوئد	سازمان زمین‌شناسی سوئد (SGU)	شبکه مرجع کیفی	ایستگاه‌های روند	۸۰	دو بار در سال	دستی	دستی	انتشار آنلاین در سامانه اطلاعاتی SGU	Jorgensen and Stockmar, 2009
		شبکه مرجع کیفی	ایستگاه‌های دوره‌ای	۵۲۸	هر ۶ سال یک بار	دستی	دستی	انتشار آنلاین در سامانه اطلاعاتی (GEUS)	
دانمارک	سازمان زمین شناسی دانمارک (GEUS)	شبکه پایش منابع آب زیرزمینی	پارامترهای اصلی	۱۱۰۰	یک بار در سال و در حوضه‌های کشاورزی ۶ بار در سال	دستی	دستی	انتشار آنلاین در سامانه اطلاعاتی (GEUS)	Guidance, WFD, 2009
		کیفی	عناصر کمیاب غیر معدنی آلودگی‌های آبی میکرو آفت کش‌ها		دو سال یک بار سه سال یک بار یک بار در سال	دستی دستی دستی	دستی	انتشار آنلاین در وب سایت	
فرانسه	سازمان آب زیر نظر وزارت محیط زیست	شبکه پایش منابع آب زیرزمینی	کمی	۱۶۷۴	ایخوان آزاد با تناوب هفتگی و در ایخوان تحت فشار با تناوب ماهانه	دستی	دستی	انتشار آنلاین	Lee and Kwon, 2016
		کیفی، پایش عمومی	شامل دما، pH، Eh، هدایت الکتریکی و یون‌های اصلی	۱۷۷۵	در ایخوان تحت فشار یک بار در سال و در ایخوان آزاد دو بار در سال	دستی	دستی	انتشار آنلاین در وب سایت	
کره جنوبی	وزارت زمین، زیرساخت و حمل و نقل کشور کره	شبکه پایش ملی (NGMN)	سطح آب، دما و هدایت الکتریکی، در ۱۶۶ ایستگاه این شبکه، دو چاه پایش برای ایخوان کم عمق و ایخوان عمیق وجود دارد و در ۳۸۶ ایستگاه فقط ایخوان عمیق پایش می‌گردد	۵۵۲	ساعتی	خودکار	خودکار	انتشار آنلاین در وب سایت	Lee and Kwon, 2016
	وزارت محیط زیست	شبکه پایش کیفیت آب زیرزمینی (GQMN)	انحصاری ملی روستایی محلی	۵۰۸ ۵۵۲ ۶۰ ۲۰۲۱	چهاربار در سال دو بار در سال دو بار در سال دو بار در سال	دستی دستی دستی دستی	دستی	انتشار آنلاین در وب سایت	
کره جنوبی	وزارت کشاورزی، غذا و امور روستایی	شبکه پایش آب دریا (SIMN)	سطح آب، هدایت الکتریکی، دما، بیکربنات، کلر و یون برم و ید	۱۳۹	یک بار در سال	دستی	دستی	انتشار آنلاین در وب سایت	Lee and Kwon, 2016
	وزارت کشاورزی، غذا و امور روستایی	شبکه پایش آب روستایی (RGMN)	یون‌های اصلی مانند سدیم، منیزیم، کلر، پتاسیم، سولفات، بی‌کربنات و نیترات	۱۷۶	یک بار در سال	دستی	دستی	انتشار آنلاین در وب سایت	
کره جنوبی	دولت محلی	شبکه پایش کمکی (SGMN)	سطح آب، دما و هدایت الکتریکی	۱۸۰۳	ماهانه	خودکار	خودکار	انتشار آنلاین در وب سایت	Lee and Kwon, 2016
	وزارت محیط زیست	شبکه پایش آب شرب (DWMN)	۵۱ پارامتر از جمله اورانیوم هر ۳ ماه یک بار و ۴۷ پارامتر دیگر هر یک سال یک بار	۱۸۹	سالانه	دستی	دستی	انتشار آنلاین در وب سایت	

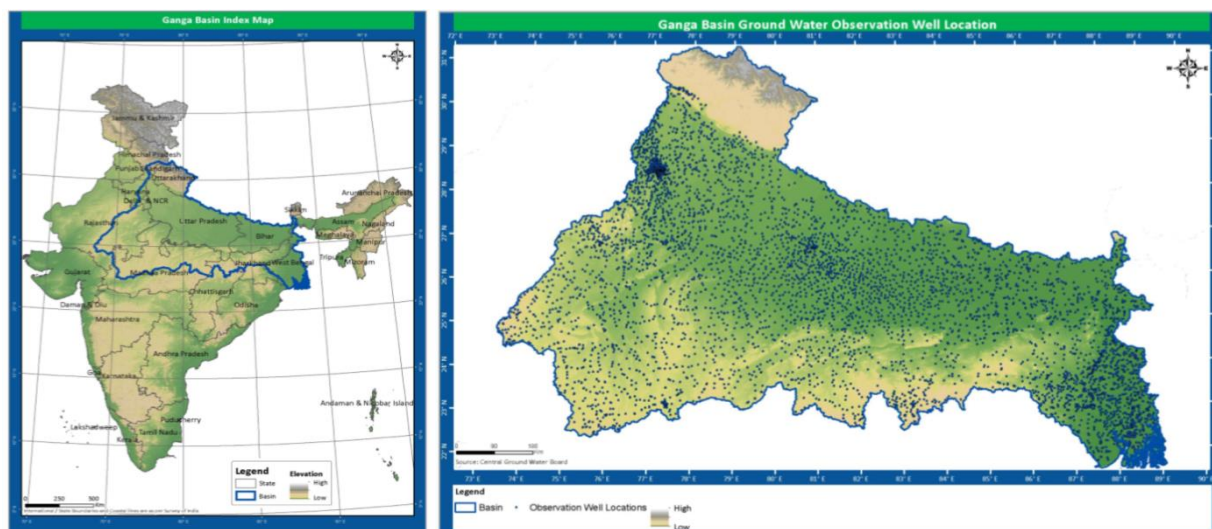
جدول ۴: نظام شبکه پایش کمی و کیفی در کشور هند و ایران

نام کشور	متولی	نوع شبکه	پارامترهای اندازه گیری	تعداد ایستگاه های فعال	تناوب اندازه گیری	نوع تجهیزات	نوع انتقال داده	نوع انتشار اطلاعات	رفرنس
هند	اداره مرکزی آب زیرزمینی CGWB	شبکه پایش آب زیرزمینی	سطح آب زیرزمینی	۲۳۱۲۵	چهار بار در سال	دستی	دستی	انتشار اطلاعات در وبگاه WRIS صورت می گیرد. در این وبگاه داده های آب و هواشناسی با فرمت استاندارد و یکپارچه تحت فرمت GIS در پایگاه داده ثبت شده و انتشار می یابد. در این پایگاه اطلاعاتی، ۹۵ لایه در فرمت GIS وجود دارد.	CWC, 2014 and http://http://cwc.gov.in
			هدایت الکتریکی، کلر، فلوراید، آهن، آرسنیک و نیترات	۲۳۱۲۵	یک بار در سال	دستی	دستی		
			سطح آب زیرزمینی در آبخوان آزاد و فشار پیژومتریک در آبخوان تحت فشار (نسبت به سطح دریا یا سطح مینا)	۱۵۴۰۸	به صورت ماهانه	دستی	دستی		
ایران	وزارت نیرو	شبکه پایش آب زیرزمینی	هدایت الکتریکی، pH، درجه حرارت، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، جامدات محلول، کلراید، سولفات، کربنات، بی کربنات می باشد. البته پارامترهایی مانند آمونیوم، نیترات، نیتريت، آهن، سلیس صورت اختصاصی در برخی از شبکه های پایش کیفی در سطح کشور اندازه گیری می شوند.	۱۸۰۰	فصلی	دستی	دستی	سامانه ارائه آمار و گزارش که در آن برخی آمار و اطلاعات به تفکیک حوضه های آبریز درجه دو (و یا استان ها) به همراه آخرین گزارش های بیان اطللس منابع آب محدوده های مطالعاتی در دسترس عموم قرار دارد.	http://wrs.wir.mir/amar/login.asp

۵۲۵۰۲۰ میلیون مترمکعب ارزیابی شده است. در حوضه گنگ ۵۷۴۵ چاه مشاهده ای موجود است که سطح آب زیرزمینی در آن ها به صورت فصلی اندازه گیری می شود. نمونه های آب زیرزمینی از این چاه های مشاهده ای یکبار در سال برای ۶ پارامتر هدایت الکتریکی، کلر، فلوراید، آهن، آرسنیک و نیترات مورد آنالیز قرار می گیرد (CWC, 2014).

مقایسه موردی شبکه پایش حوضه آبریز دریاچه نمک با حوضه رودخانه گنگ در کشور هند
حوضه رودخانه گنگ^{۳۷}، بزرگ ترین حوضه هند با مساحت ۸۶۱۴۵۲ کیلومتر مربع است و ۱۱ ایالت این کشور شامل اوتاراکند، اوتار پرادش، هاریانا، هیمماچال پرادش، دهلی، بیهار، جارکند، راجستان، مادیا پرادش، چاتیسگار و بنگال غربی را در برمی گیرد. این حوضه دارای طول زهکشی کل در حدود ۶۲۴۲۳۵ کیلومتر است. میانگین پتانسیل منابع آب حوضه

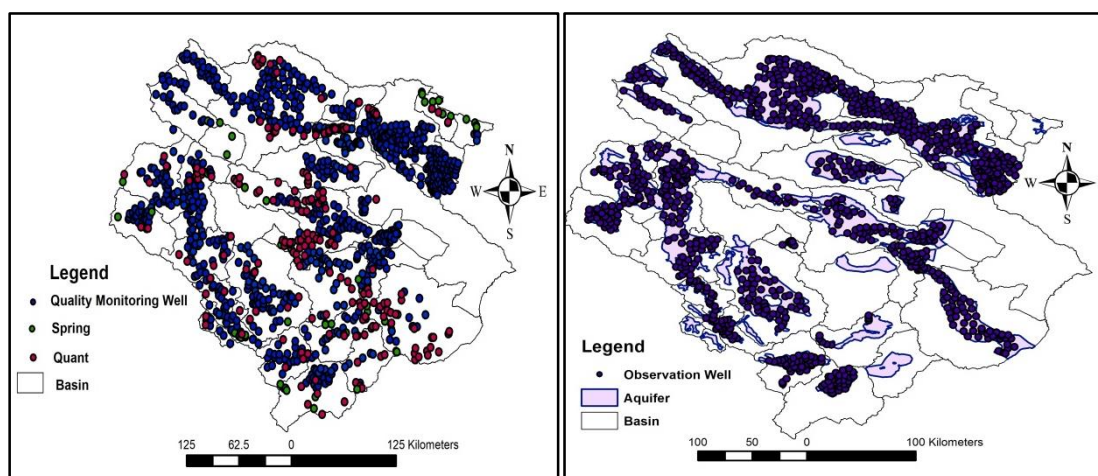
³⁷ Ganga



شکل ۲: موقعیت حوزه رودخانه گنگ و چاه‌های مشاهده‌ای در این حوزه (CWC, 2014)

شازند، اراک، خمین، گلپایگان، خوانسار، محلات، میمه، دلیجان، آشتیان، تفرش، ساوه، قم و کاشان در حوزه جنوبی یعنی واقع شده‌اند. این حوزه آبریز از ۳۶ محدوده مطالعاتی تشکیل شده است. در حال حاضر ۱۱۸۶ حلقه چاه مشاهده‌ای برای اندازه‌گیری ماهانه سطح آب در این حوزه آبریز واقع شده است. همچنین تعداد ۸۰۷ چاه انتخابی کیفی نیز در این حوزه وجود دارد که کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی به صورت فصلی در آن‌ها اندازه‌گیری می‌گردد. از این تعداد ۴۲۵ مورد مربوط به چاه‌های عمیق، ۱۵۹ چاه نیمه عمیق، ۱۷۴ قنات و ۴۹ چشمه است (گزارش جاماب، ۱۳۸۵).

حوزه آبریز دریاچه نمک در داخل ارتفاعات واقع بین البرز مرکزی و زاگرس قرار گرفته است. در تقسیم‌بندی‌های مرکز مطالعات پایه منابع آب به عنوان اولین حوزه از فلات مرکزی و با کد ۴۱ مشخص می‌گردد. مساحت این حوزه ۹۱۵۲۷ کیلومترمربع است. حوزه دریاچه نمک به دو منطقه شمالی و جنوبی قابل تقسیم است: منطقه شمالی شامل حوزه آبریز رودخانه‌های شور-کرج-جاجرود است که شهرهای ابهر، تاکستان، قزوین، آبیک، هشتگرد، کرج، تهران و ورامین در آن قرار دارند و منطقه جنوبی شامل حوزه‌های آبریز رودخانه‌های قم، قره‌چای و کویرهای اراک و کاشان است. شهرهای همدان،



شکل ۳: چاه‌های مشاهده‌ای و انتخابی کیفی در حوزه آبریز دریاچه نمک

۳- نتایج

آسیب‌شناسی وضع موجود

در مقایسه شبکه پایش آب زیرزمینی در کشور با کشورهای فوق‌الذکر و بر اساس استانداردهای بین‌المللی ذکرشده موارد زیر در جهت آسیب‌شناسی شبکه پایش قابل ذکر است:

- آبخوان‌های آزاد و تحت فشاری که در بسیاری از محدوده‌های مطالعاتی کشور موجود می‌باشند، اکثراً تغذیه جانبی یکسانی را دارا هستند، زیرا این آبخوان‌ها در حاشیه ارتفاعات عموماً در ارتباط با یکدیگر می‌باشند. به عبارت دیگر در نواحی ابتدای دشت فقط یک آبخوان آزاد یا ناحیه تک آبخوانی بوده و در بخش‌های میان دشتی و پایان دشتی است که علاوه بر آبخوان آزاد یک یا چند آبخوان تحت فشار یا ناحیه چند آبخوانی شکل می‌گیرد. با توجه به اینکه منشأ تغذیه کلیه این آبخوان‌ها یکی است لذا به عنوان یک سیستم آب زیرزمینی منظور شده و تفکیک و تعیین حدود هر آبخوان بسیار مشکل و مطالعه هریک به صورت مجزا صورت نگرفته است. لذا باگذشت بیش از ۴۰ سال از مطالعات آب زیرزمینی در سطح کشور، هنوز اقدام لازم برای اندازه‌گیری فشار پیژومتری آبخوان‌های تحت فشار انجام نشده است و همان‌طور که گفته شد به صورت یک سیستم واحد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- در اغلب مناطق کشور اندازه‌گیری کیفی آب‌های زیرزمینی انجام شده است، با این وجود اغلب این اندازه‌گیری‌ها پارامترهای محدودی مانند برخی آنیون‌ها و کاتیون‌ها را در برمی‌گیرد. تواتر نمونه‌برداری در شبکه کیفی در سطح کشور در همه نقاط به صورت منظم نیست و متأسفانه این نمونه‌برداری‌ها در اکثر مناطق فاقد سری زمانی منظم جهت تفسیر اطلاعات هستند و در ضمن در شبکه‌های پایش کیفی میزان شدت تغییرات کیفی برای انتخاب تواتر نمونه‌برداری در نقاط مختلف در نظر گرفته نشده است. بنابراین اطلاعات کافی در مورد شرایط پایه و روند تغییرات کیفیت آب در بسیاری از آبخوان‌های کشور وجود ندارد.

- در برخی موارد کیفیت آب در اعماق مختلف آبخوان متفاوت است. برای مثال به‌طور معمول در واحدهای هیدروژئولوژیک ضخیم تغییرات کیفیت آب با عمق زیاد است، یا اطلاعات موجود نشان می‌دهند که غلظت آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی به‌شدت با عمق کاهش می‌یابند. متأسفانه در شبکه پایش کیفی کنونی پایش از اعماق مختلف آبخوان انجام نمی‌گیرد درحالی‌که در بیشتر کشورهای فوق‌الذکر نمونه‌برداری کیفی از اعماق مختلف صورت می‌گیرد.

- مشکل افزایش شوری آب در اغلب آبخوان‌ها در سطح کشور مشاهده می‌شود و مهم‌ترین دلیل آن افزایش برداشت آب و کاهش ذخایر آب زیرزمینی و کاهش نزولات جوی است. علاوه بر این مشکلات متنوع دیگری وجود دارد که 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 جایگاه توزیع سوخت نظیر آلودگی آب‌های زیرزمینی جنوب تهران بر اثر نشت نفت از پالایشگاه تهران، توسعه ناکافی تأسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و در نتیجه آلودگی منابع آب زیرزمینی به نترات 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 مشکل و مسائل مربوط به کیفیت منابع آب زیرزمینی اهداف برنامه پایش کیفی متفاوت و بر اساس آن باید طراحی صورت گیرد. متأسفانه در حال حاضر در طراحی شبکه‌های کیفی موجود در کشور اهداف پایش و کاربری اراضی در انتخاب پارامترهای پایش در نقاط مختلف در نظر گرفته نشده است.

- یکی از اهداف عمومی و پایه شبکه‌های پایش آب استحصال اطلاعات به‌موقع کمی و قابل‌مقایسه در مقیاس‌های زمانی و مکانی است. اهداف باید به‌روشنی تعریف شوند و اطمینان دهند

منتقل می‌گردد. این عامل باعث می‌شود که اطلاعات موجود در پایگاه‌های داده ایجاد شده توسط دفتر مطالعات پایه منابع آب، به روز و بهنگام نباشد. علاوه موضوع تأخیر در انتقال داده، نبود سامانه یکپارچه مدیریت اطلاعات از ذخیره و ثبت داده تا تحلیل و پردازش اطلاعات آب یکی از مشکلات اصلی شبکه پایش آب زیرزمینی در کشور است.

- عدم اندازه‌گیری سطح دینامیک آب زیرزمینی در ایران، این اندازه‌گیری در کشور چین در بخش مرکزی مخروط افت، در چاه‌های بهره‌برداری صورت می‌گیرد و جهت برآورد واکنش آبخوان نسبت به استرس‌های وارده مفید خواهد بود.

- محدودیت‌های مربوط به دسترسی به تجهیزات و تکنولوژی‌های روز دنیا به دلیل تحریم‌های خارجی نیز مانع از توسعه و بهینه‌سازی شبکه پایش به شکل بهینه و مطلوب می‌گردد.

- ضعف واحد تحقیق و توسعه دفتر مطالعات پایه منابع آب به‌منظور شناسایی نیازهای آینده اطلاعاتی بخش آب کشور و بهینه‌سازی شبکه پایش با توجه به آن نیازمندی‌ها از جمله موارد دیگر مربوط به آسیب‌شناسی شبکه پایش است.

- شبکه‌های پایش آب زیرزمینی توسط متخصصان بر اساس الزامات مدیریتی طراحی می‌شوند، اما محدودیت‌های مالی اغلب بزرگ‌ترین مشکل در عدم اجرای طرح ارائه شده هستند و درواقع همین مسئله هزینه و نیاز به تجهیزات خاص، مانع از شناسایی کامل سیستم‌های آب زیرزمینی می‌شود.

- نگرش محرمانه بودن برخی از اطلاعات منابع آب و عدم امکان در دسترس قرار گرفتن برای عموم جامعه از مهم‌ترین مشکلات موجود در کشور است که مانع از ارائه طرح‌های پژوهشی دقیق توسط دانشگاهیان در جهت حل مشکلات شبکه پایش و منابع آب زیرزمینی در کشور می‌گردد.

پیشنهادات

در این بخش بعد از آسیب‌شناسی شبکه پایش فعلی با توجه به تجارب جهانی و مقایسه آن‌ها با وضع موجود در ایران، اقدامات

که فقط داده‌های ضروری جمع‌آوری شده و اطلاعات مورد نیاز و مناسب جهت کاربران به دست می‌آید. به بیان دیگر در طراحی و تعریف مؤلفه‌های شبکه پایش توجه به این نکته اهمیت دارد که هدف نهایی از پایش باید تأمین اطلاعات باشد و نه تولید داده. از تمرکز بر جمع‌آوری داده باید قویاً اجتناب شود و توجه بیشتری به تحلیل و استفاده‌های بعدی از داده‌ها به‌منظور تولید اطلاعات معطوف گردد. از جمع‌آوری داده‌هایی که اطلاعاتی از آن‌ها تولید نمی‌شود یا به بیان دیگر مصرف‌کننده آن‌ها قابل‌شناسایی نیست باید جلوگیری نمود. این امر علاوه بر افزایش بازده شبکه هزینه‌های پایش را کاهش می‌دهد. درواقع این اتفاق در حال حاضر برای داده‌های ثبت پیوسته سطح آب زیرزمینی در سطح کشور روی داده است و این داده‌ها بدون در نظر گرفتن هدف کاربری و نیاز متخصصین در حال اندازه‌گیری می‌باشند. این در حالی هست که دسترسی سخت به برخی از ایستگاه‌های پایش منابع آب زیرزمین در کشور وجود دارد و کمبود سیستم‌های پایش از راه دور (ایستگاه‌های خودکار) در آن‌ها مشهود است.

- انتقال داده در زنجیره تأمین داده و اطلاعات در مطالعات پایه منابع آب یکی از ملزومات اصلی است که نوع خودکار آن می‌تواند باعث تسریع بسیاری از فعالیت‌ها و برنامه‌های داخل و خارج مطالعات پایه منابع آب گردد. در حال حاضر با توجه به مکانیکی بودن تعداد زیادی از ایستگاه‌های پایش منابع آب و عدم ایجاد زیرساخت مناسب ارتباطی در کشور، انتقال داده‌ها به صورتی دستی و کاغذی انجام می‌شود. در حال حاضر پس از ثبت داده‌ها در ایستگاه‌های آب و هواشناسی توسط متصدیان در پایان هرماه، کل داده‌های ثبت شده در دفاتر توسط کارشناسان آب منطقه‌ای یا شرکت‌های مشاور از متصدیان دریافت می‌شود. در ایستگاه‌هایی که تجهیزات مجهز به ثبت اندازه‌گیری هستند (مکانیکی و الکترونیکی)، داده‌های آن‌ها نیز در آخر ماه توسط کارشناس منطقه‌ای با استفاده از رایانه استخراج و به دفاتر مطالعات پایه شرکت‌های آب منطقه‌ای

پیشنهادی در جهت بهینه‌سازی وضعیت موجود شبکه پایش آب زیرزمینی در کشور در قالب چهار راهبرد اصلی به همراه زیرمجموعه آن‌ها ارائه گردیده است:

(۱) مدیریت و به‌روزرسانی داده‌ها، اطلاعات مرتبط با شبکه پایش آب

- با توجه به اینکه در حال حاضر در سطح کشور با موضوع آلودگی منابع آب به‌صورت بالقوه و بالفعل روبرو هستیم، اطلاع به‌موقع از آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی از طریق شبکه پایش کیفی محلی امکان‌پذیر خواهد بود. این شبکه باید متشکل از چاه‌های مشاهده‌ای باشد که طی برنامه زمانی مدون، علمی و مشخص با توجه به پراکندگی مراکز آلاینده، آب زیرزمینی را دائماً نمونه‌برداری و آنالیز نماید و این برنامه، منجر به سرعت عمل در شناسایی آلودگی، منبع و گسترش آلودگی خواهد شد. - برای شناسایی، بررسی و ارزیابی منابع آلاینده، پارامترهای اختصاصی هر محدوده مطالعاتی باید بر اساس نزدیکی منابع انتخابی به نوع منبع آلودگی و کاربری اراضی (اراضی زراعی، باغ، مرتع، دامداری، سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی، چشمه‌های آب‌معدنی و آب گرم، واحدهای صنعتی، مخازن و تأسیسات پالایش نفت و گاز، خطوط انتقال نفت و گاز، معادن، زمین‌های بایر، جاده‌ها، امکانات گردشگری و خدماتی، راه‌های ارتباطی، تعمیرگاه‌ها، سدها، سایر سازه‌های آبی و سایر فعالیت‌های انسانی و طبیعی تأثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی) هدایت هیدرولیکی، نرخ تغذیه و سازندهای تأثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی، تعیین گردد.

- در برنامه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی نیاز است تا کیفیت آب در اعماق مختلف تعیین شود. در این حالت عمق‌های نمونه‌برداری به شرح زیر است: در آبخوان‌های سطحی ترجیحاً در دو عمق یکی حدود ۳ متر زیر سطح ایستابی و دیگری حدود ۱۲ متر زیر سطح ایستابی باید نمونه‌برداری انجام گیرد. درحالی‌که در واحدهای هیدروژئولوژیکی ضخیم، واحد بر اساس

عمق و ویژگی سنگ‌شناسی به دو یا چند قسمت تقسیم و در هر قسمت جداگانه نمونه‌برداری انجام گیرد (فرنک، ۱۹۹۷).

- استفاده از پتانسیل داده‌های سنجش‌ازدور: برنامه‌های کاربردی معمول در سنجش‌ازدور شامل نقشه‌برداری زمین‌شناسی کواترنری، کاربری اراضی، تعیین نوع محصولات، شور شدگی خاک و فرونشست زمین و تخمین میزان واقعی تبخیر در مزرعه و سطح آبخوان و بررسی تغییرات ذخیره آبخوان است (کمپر و همکاران، ۲۰۰۶). ادغام شبکه پایش آب زیرزمینی با داده‌های سنجش‌ازدور منجر به ارزیابی تأثیر تغییرات آب و هوایی و توسعه اجتماعی- اقتصادی روی منابع آب زیرزمینی خواهد شد.

- استفاده از سیستم‌های پایش کیفی خودکار آب زیرزمینی برای نظارت بر سایت‌های شناخته‌شده یا بالقوه آلودگی مانند محل‌های مجاور دفن زباله‌ها و سایر تأسیسات موجود با امکان ایجاد آلودگی به‌عنوان سیستم‌های هشداردهنده زودهنگام نظارت بر کیفیت آب‌های زیرزمینی به‌خصوص در نزدیکی چاه‌های تأمین آب عمومی، پیشنهاد می‌گردد. به‌عنوان مثال Robowell یک فرآیند خودکار برای پایش و ثبت پارامترهای کیفی دمای آب، pH، هدایت الکتریکی ویژه، اکسیژن محلول و آمونیوم توسط انجام پمپاژ یک چاه یا نمونه‌برداری چندمرحله‌ای است و پروتکل‌های مورد انتظار برای نمونه‌گیری دستی را برآورده می‌کند (گراناتو و اسمیت، ۱۹۹۹). در این زمینه می‌توان از شبکه پایش کیفی خودکار آب زیرزمینی در آمریکا الگوبرداری نمود.

- اندازه‌گیری پارامتر Eh که برای تعیین وضعیت اکسایش و احیا آب به کار می‌رود به‌طوری‌که میزان 300Mv- وضعیت به‌شدت کاهشی و عدد 500Mv+ وضعیت به‌شدت اکسایشی را نشان می‌دهد. در حالت ایده آل، Eh حین نمونه‌گیری سر زمین اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری توسط یک الکترود غیر واکنشی (پلاتین) در ترکیب با یک الکترود مرجع انجام می‌شود. از عدد به‌دست‌آمده می‌توان توانایی آب را در اکسید و یا احیا کردن

اطلاعات، ثبت و پردازش داده از طریق نیازسنجی دقیق نیروی انسانی موردنیاز مطالعات منابع آب مطابق با وظایف محوله؛ افزایش تعامل با مراکز آموزشی کشور (خصوصاً وزارت عتف) جهت پرورش نیروهای کارآمد در این زمینه و همچنین ایجاد انگیزش نیروی انسانی و تقویت رویکردهای مشارکت مردمی.

۳) بهبود ساختار سازمانی و مدیریتی کشور:

- در حال حاضر برنامه مدیریتی منابع آب زیرزمینی در راستای توسعه پایدار منابع آب زیرزمینی و مدیریت یکپارچه منابع آب است که در این زمینه باید متناسب سازی فعالیت های پایش و تحلیل نظام شبکه پایش آب زیرزمینی با تغییرات اقلیمی (خشک سالی، سیلاب، ...) و وضعیت ناپایدار آبخوان های کشور صورت گیرد.

- شناسایی فرآیندهای موازی اداری در ساختار نظام شبکه پایش آب: در خصوص منابع آب شرب یک سری نمونه برداری ها و آزمایش هایی توسط شرکت های آب و فاضلاب مناطق صورت می گیرد. در صورت هماهنگی های لازم بین معاونت آب و فاضلاب و وزارت نیرو از نتایج به عمل آمده در خصوص آب شرب جهت حذف هم پوشانی فعالیت سازمان های مختلف می توان استفاده نمود.

۴) مدیریت مالی از طریق تقویت توان مالی نظام مطالعات منابع آب کشور به منظور پیاده سازی شبکه پایش بهینه در کشور از طریق افزایش اعتبارات دولتی و ارائه خدمات به منظور جذب درآمدهای ثانویه.

۴- بحث و نتیجه گیری

داده های جمع آوری شده در بخش منابع آب از طریق شبکه پایش باید قابل اعتماد باشد به طوری که از آن ها بتوان در تصمیم گیری و برنامه ریزی در همه سطوح مثل حفاظت و توسعه پایدار منابع آب و محیط زیست، رفاه اجتماعی و دستاوردهای اقتصادی استفاده کرد. لذا می بایست تلاش کرد تا همانند سایر کشورهای پیشرو در زمینه اندازه گیری و پایش منابع آب زیرزمینی، آرشو غنی و قابل اعتماد از داده های منابع آب

سموم، محاسبه نمود. این پارامتر در شبکه پایش فرانسه پایش می گردد. به طوری که در مقادیر منفی آب قابلیت حذف سموم را دارد.

- لازم به ذکر است که به دلیل تأثیر بسیار مهم غلظت اکسیژن محلول بر کیفیت آب زیرزمینی به ویژه از طریق تغییر ظرفیت فلزات سنگین و سمی، اثر بر سوخت و ساز باکتریایی مواد آلی محلول و فرایندهایی مانند نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون، اندازه گیری آن بایستی به عنوان یکی از پارامترهای اصلی در اغلب برنامه های پایش لحاظ شود. همچنین توجه به این نکته ضروری است که غلظت اکسیژن محلول در اعماق مختلف آب می تواند متفاوت باشد. این پارامتر در شبکه پایش آمریکا اندازه گیری می گردد.

- اندازه گیری دو پارامتر برم و ید در شبکه پایش کیفی علاوه بر پارامترهای هدایت الکتریکی، دما، بیکربنات و کلر، در آبخوان های ساحلی کمک زیادی به پایش نفوذ آب شور دریا خواهد کرد (الگو برداری از شبکه پایش نفوذ آب دریا در کشور کره).

- با توجه به استانداردهای بین المللی ذکر شده در جدول ۱، اندازه گیری نیترات و فسفات در مطالعات پایه منابع آب پیشنهاد می گردد و همین طور که مشاهده می گردد در شبکه پایش کیفی اکثر کشورهای ذکر شده این پارامترها به دلیل اهمیت زیاد آلودگی فعالیت های کشاورزی بر منابع آب زیرزمینی اندازه گیری می شوند.

- با توجه به اینکه یکی از اهداف شبکه پایش مطالعات پایه منابع آب و محاسبات بیلان آب زیرزمینی است، اندازه گیری رطوبت خاک و سطح آب در تالاب ها و دریاچه ها جهت افزایش دقت محاسبات بیلان آب زیرزمینی ضروری است. این در حالی است که این پارامترها در شبکه های پایش منابع آب در حال حاضر در سطح کشور اندازه گیری نمی گردد.

۲) مدیریت نیروی انسانی از طریق: جذب نیروی انسانی توانمند متناسب با نیاز در بخش نصب تجهیزات، جمع آوری و انتقال

- Department of Water Affairs and Forestry (DWAF) (2004) Guidelines for groundwater resources management in water management area, South Africa, volume 2.
- European Environment Agency (EEA) (2008) Ten Proposed Groundwater Monitoring Network.
- Franke OL (1997) Conceptual frameworks for ground-water-quality monitoring.
- Government of Western Australia (2009) Hydrogeological reporting associated with a groundwater well license.
- Granato GE, Smith KP (1999). Robowell: An automated process for monitoring ground water quality using established sampling protocols. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 19(4): 81-89.
- Directive WF (2003) Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC).
- Guidance, WFD (2009) Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document, (23).
- He Q, Li C (2006) Groundwater monitoring in China. In Asia-Pacific Web Conference, 1136-1143. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jousma G, Attanayake P, Chilton J, Margane A, Navarrete CM, Polemio M, Melo T, López Guerrero PN, Roelofsen F, Sharma SK, Streety M (2006) Guideline on: Groundwater monitoring for general reference purposes. International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC), Utrecht.
- Jousma G, Roelofsen FJ (2004) World-wide inventory on groundwater monitoring. Report nr. GP, 1.
- Jørgensen LF, Stockmarr J (2009) Groundwater monitoring in Denmark: characteristics, perspectives and comparison with other countries. *Hydrogeology Journal*, 17(4):827-842.
- Kemper K, Garduno H, Albert T, Foster S, Nanni M (2006) Groundwater monitoring requirements for managing aquifer response and quality threats.
- Koreimann C, Grath J, Winkler G, Nagy W, Vogel WR (1996) Groundwater Monitoring in Europe. European Topic Centre on Inland Waters. European Environment Agency (EEA), Copenhagen.
- Kumar CP (2003). Estimation of groundwater recharges using soil moisture balance approach. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2(1-2):53-58.
- Lee JY, Kwon K (2016) Current status of groundwater monitoring networks in Korea. *Water*, 8(4):168-178.
- Miloradov M, Marjanovic P (1998) Guidelines for conducting water resources assessment. A contribution to the International Hydrological Programme within the Project M. 1 (a)(IHP-IV). UNESCO Pub.
- Pearson S, Falteisek J, Berg, J (2011) Minnesota groundwater level monitoring network—guidance document for network development. Groundwater Level Monitoring Program.
- Okada MP (2005). Water Pollution Control Policy and Management: the Japanese Experience. Gyosei, Japan, 287pp.
- Quevauviller p (2009) Groundwater monitoring. USA: John Wiley & Sons.
- Taylor CJ and Alley WM (2002) Ground-water-level monitoring and the importance of long-term water-level data, 1217-2002. US Geological Survey.
- Report on the Basics and Criteria for Designing an Optimal Water Resource Measurement Network (2003), Volume I: Meteorological, Surface and Groundwater Studies, JAMAB Consulting Engineers.

زیرزمینی با طول دوره تاریخی مناسب برای آینده تولید کرد تا بتوان با به کارگیری آن، امور مربوط به برنامه ریزی و توسعه در بخش منابع آب را به صورت بهینه انجام داد.

در این مطالعه در راستای بهبود شبکه پایش آب زیرزمینی در ایران در ابتدا به شناسایی نظام شبکه پایش آب زیرزمینی و یافتن نقاط ضعف مجموعه از طریق تطبیق شبکه پایش موجود با کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، پرداخته شده است. قدم بعدی در این زمینه، تلاش در جهت رفع این نقاط ضعف و در نهایت حرکت به سمت اقدامات روبه جلو خواهد بود. اقدامات پیشنهادی در جهت بهینه سازی وضعیت شبکه پایش موجود آب زیرزمینی در کشور در قالب چهار راهبرد اصلی ارائه گردیده است: (۱) مدیریت اطلاعات مرتبط با شبکه پایش آب زیرزمینی از طریق شناخت کامل نیاز اطلاعاتی شبکه، طراحی، راه اندازی و اجرای سامانه یکپارچه مدیریت اطلاعات آب و به روز رسانی تجهیزات و فناوری های ایستگاه های اندازه گیری متناسب با استانداردهای جهانی؛ (۲) مدیریت نیروی انسانی از طریق جذب نیروی انسانی توانمند متناسب با نیاز در بخش نصب تجهیزات، جمع آوری و انتقال اطلاعات، ثبت و پردازش داده به همراه ایجاد انگیزش نیروی انسانی و تقویت رویکردهای مشارکت مردمی؛ (۳) مدیریت ساختار سازمانی در کشور و (۴) مدیریت مالی از طریق تقویت توان مالی نظام مطالعات منابع آب کشور به منظور پیاده سازی شبکه پایش بهینه در کشور.

۵- منابع

- دستورالعمل تواتر نمونه برداری منابع تأمین آب، ۱۳۸۹، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور معاونت نظارت بر بهره برداری.
- گزارش مبنای و معیارهای طراحی شبکه بهینه سنجش منابع آب، ۱۳۸۲، جلد اول: مطالعات هواشناسی، آب های سطحی و آب های زیرزمینی، شرکت مهندسين مشاور جاماب.
- گزارش مبنای و معیارهای طراحی شبکه بهینه سنجش منابع آب، ۱۳۸۵، گزارش حوضه آبریز دریاچه نمک، شرکت مهندسين مشاور جاماب.

Central water commission (CWC) (2014) Ganga Basin report.

- Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes .
- Van Lanen HA (1998) Monitoring for groundwater management in (semi-) arid regions.
- Williamson D (2004) California environmental protection agency.
- Shiklomanov IA (1997) Assessment of water resources and water availability in the world. Comprehensive Assessment of the Freshwater Re-sources of the World. UNEP/ WHO., 1996. Water Quality Monitoring – A practical guide to the Design and