مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب

اتاق بازرگانی صنایع معادن و کشاورزی ایران

شناخت قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و کارآیی آن: آموزه‌هایی برای ایران

مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب

شناسنامه گزارش

عنوان:

شناخت قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و کارآیی آن: آموزه‌هایی برای ایران

تهیه کنندگان: حامد کتابچی، داود محمودزاده، رضا نامور و المیرا ولی‌پور

مسئول پروژه: راحله ملکیان

ناظر علمی: عباس کشاورز

تاریخ انتشار: مرداد ماه ۱۴۰۱

طبقه‌بندی موضوعی: آب

واژه‌های کلیدی: برنامه پایداری، مدیریت محلی، بیلان منابع آب، مشارکت، معیار پایداری، ارزیابی کارآیی

نشانی: تهران، خیابان طالقانی، نبش خیابان موسوی (فرصت)، پلاک ۱۷۵

واحدهای استفاده شده در گزارش

یک اینچ معادل ۲/۵۴ سانتیمتر است.

یک فوت معادل ۳۰/۴۸ سانتیمتر است.

یک کیلومترمکعب معادل ۱۰۰۰ میلیون مترمکعب است.

یک آکر فوت معادل ۱۲۳۳/۵ مترمکعب است.

چکیده

با توسعه بی‌رویه در حوضه‌های آبریز، برداشت از منابع آب زیرزمینی و سطحی در کشور افزایش یافته و رقابت میان مصرف‌کنندگان نیز برای دستیابی به این منابع بیشتر شده است. مشکلات افت سطح تراز، کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی و فرونشست زمین در کشور، ضرورت رجوع به تجربیات، سیاست‌ها و قوانینی که در سطح جهانی برای مشکلات مشابه، مورد توجه بوده‌اند را بیش از پیش نموده است. بنابراین تلاش برای بهره‌برداری و بومی‌سازی آنها جهت حل مسائل مرتبط با بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی در کشور، لازم است. در این میان ایالت کالیفرنیا که از نظر اقلیم و همچنین مشکلات منابع آب زیرزمینی تا حدودی مشابه ایران است، برنامه‌هایی را برای مدیریت منابع آب زیرزمینی خود در دست انجام دارد.

قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی کالیفرنیا در سال ۲۰۱۴ در زمان خشکسالی‌های اخیر کالیفرنیا به تصویب رسید. این قانون به شکلی اساسی، نقش‌ها، مسئولیت‌ها و اختیارات سازمان‌های محلی مسئول پیاده‌سازی مدیریت آب زیرزمینی در کالیفرنیا و ادارات ایالتی ناظر را دگرگون کرده است. از این‌رو بررسی این قانون و همچنین برنامه‌ها و اقدامات آن برای جمع‌بندی آموزه‌هایی از آنها برای ایران ضروری و مهم به نظر می‌رسد که در این مطالعه مدنظر قرار گرفته است. شناخت قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و ویژگی‌ها و کارآیی آن و کسب آموزه‌هایی از آن برای استفاده در کشور در راستای بهبود وضعیت پایداری منابع آب زیرزمینی از اهداف اصلی این مطالعه است.

سیر تکوینی تدوین و تصویب قوانین مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا در این مطالعه در قرن اخیر مورد بررسی قرار گرفت. جدیدترین قانون، قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا در سال ۲۰۱۴ است که سازمان‌های محلی پایداری آب‌های زیرزمینی را موظف می‌کند که برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی را برای جلوگیری از «نتایج نامطلوب» آب‌های زیرزمینی و سایر تأثیرات آن‌ها تدوین نمایند. براساس بررسی مستندات هدف قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی از بین بردن اثرات نامطلوب استفاده از آب‌های زیرزمینی در طول ۲۰ سال می‌باشد که این اثرات نامطلوب بر اساس افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش ذخیره آب‌های زیرزمینی، ورود آب دریا به آبخوان‌های ساحلی (پیشروی آب شور)، کاهش کیفیت آب، فرونشست زمین و کاهش کاربرد مفید آب‌های سطحی سنجیده می‌شود.

ارزیابی و پایش گزارش‌های تهیه شده برنامه پایداری که با الگوی گزارش‌دهی مشخصی هستند؛ از اصول مهم در این برنامه‌ها است که در طول اجرای این قانون، این گزارش‌ها بر اساس معیارها و زیرمعیارهایی امتیازدهی شده و در صورت نیاز پروژه‌ها و برنامه‌های عملیاتی تعریف شده مورد بازنگری قرار داده می‌شوند. از این‌رو برنامه تهیه شده در طول اجرای قانون پایش شده و در صورت نیاز اصلاحات و یا تغییرات مورد نیاز بر روی آنها صورت می‌پذیرد. در این مطالعه، برنامه‌های پایداری چهار حوضه در ایالت کالیفرنیا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نکات و آموزه‌های آن مورد بررسی قرار گرفت. از مهم‌ترین نکات و آموزه‌های قابل بومی شدن در ایران می‌توان توجه به برآورد هزینه‌ها و نحوه تأمین مالی برای اجرای برنامه‌ها و اقدامات مدیریتی بصورت مشخص، داشتن الگوی مشخص برای تهیه بیلان و مدل مفهومی، نحوه طراحی شبکه پایش، تعریف برنامه‌ها و اقدامات مدیریتی و نحوه پیاده‌سازی آنها، اطلاع‌رسانی و آگاهی‌رسانی با تأکید بر اصل مدیریت مشارکتی محلی اشاره نمود.

کلمات کلیدی: برنامه پایداری، مدیریت محلی، بیلان منابع آب، مشارکت، معیار پایداری، ارزیابی کارآیی

فهرست مطالب

چکیده ..... أ
فهرست مطالب ..... ب
فهرست جدول‌ها ..... ث
فهرست شکل‌ها ..... ج
خلاصه مدیریتی ..... ح
۱. فصل اول کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- ضرورت و اهمیت ۲
۱-۳- اهداف ۲
۱-۴- سؤالات اصلی و فرعی ۳
۱-۵- فرضیه‌ها ۴
۱-۶- نتایج کاربردی مورد انتظار و جنبه نوآوری ۴
۲. فصل دوم معرفی و پیشینه ۵
۲-۱- مقدمه ۶
۲-۲- منابع آب کالیفرنیا ۶
۲-۳- مفاهیم اساسی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی ۱۰
۲-۴- سیر تکوینی تدوین و تصویب قوانین ۱۱
۲-۴-۱- برنامه مدیریت آب کشاورزی ۱۲
۲-۴-۲- برنامه مدیریت آب شهری ۱۳
۲-۴-۳- برنامه مدیریت املاح و نیترات ۱۳
۲-۴-۴- برنامه پایش و ارزیابی آب‌های زیرزمینی و قانون پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی ۱۵
۲-۴-۵- برنامه ایالتی پایش تراز آب زیرزمینی ۱۵
۲-۴-۶- برنامه‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی ۱۶
۲-۴-۷- قانون مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب ۱۷
۲-۵- قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا ۲۱
۲-۶- چشم‌انداز، اهداف و معیارهای قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی ۲۲
۲-۷- ویژگی‌های فنی، نهادی و سازمانی ۲۵
۲-۷-۱- سازمان‌های ایالتی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی ۲۵
۲-۷-۲- فرآیند اجرای قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی ۲۶
۲-۷-۳- گروداران مورد هدف ۳۳
۲-۷-۴- تفاهم‌نامه‌ها و قراردادهای همکاری ۳۴
۲-۸- عوامل موفقیت ۳۵
۲-۹- نقدها و چالش‌های اجرای قانون ۳۷
۳. فصل سوم برنامه‌ها و اقدامات ۴۰

۳-۱- آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا ۴۱
۳-۲- اجزای برنامه‌ها (زمانی و مکانی) ۴۲
۳-۲-۱- ابزارهای نظارتی ۴۶
۳-۲-۲- ابزارهای تشویقی ۴۶
۳-۲-۳- ابزارهای حمایتی و حفاظت از منابع آب ۴۷
۳-۲-۴- ابزار آموزش و اطلاع رسانی ۴۷
۳-۳- فرآیند تدوین معیارها ۴۸
۳-۴- ارزیابی اقدامات ۵۶
۳-۵- نحوه نظارت و پایش ۵۸
۳-۶- گزارش‌دهی ۶۰
۴. فصل چهارم پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت پایدار ۶۳
۴-۱- مقدمه ۶۴
۴-۲- نگاهی بر آمار ۶۹
۴-۲-۱- لزوم تهیه مدل مفهومی و اهداف آن ۷۰
۴-۲-۲- نحوه تدوین بیلان منابع آب ۷۳
۴-۲-۳- راهکارهای کنترل مصرف آب ۷۵
۴-۲-۴- رویکرد تخصیص منابع آب ۷۶
۴-۲-۵- پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی ۷۷
۴-۲-۶- ارزشگذاری آب ۸۲
۴-۲-۷- نحوه تأمین مالی ۸۲
۴-۲-۸- کنترل اجرای قوانین و برنامه‌ها ۸۳
۴-۳- جمع‌بندی ۸۴
۵. فصل پنجم جمع‌بندی ۸۵
۵-۱- مقدمه ۸۶
۵-۲- نگاهی بر آموزه‌های مهم ۸۶
۵-۳- نکات قابل بومی‌سازی ۸۸
۵-۴- پیشنهادها ۸۹
۶. مراجع ۹۳

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱- خلاصه اطلاعات آب‌های ورودی و مصرفی ایالت کالیفرنیا (واحد: میلیارد مترمکعب)..... ۹
جدول ۳-۱- رتبه‌بندی آبخوان‌های کالیفرنیا..... ۴۱
جدول ۴-۱- معیارهای پایداری با هدف ارزیابی حوضه‌ها..... ۶۵
جدول ۴-۲- فرآیند رتبه‌بندی و ارزیابی معیارها و زیرمعیارها..... ۶۶
جدول ۴-۳- امتیاز ارزیابی معیارها و زیرمعیارها در چهار حوضه مورد بررسی..... ۶۹
جدول ۴-۴- نام حوضه و دوره زمانی استفاده شده..... ۷۴
جدول ۴-۵- رویکرد توصیه شده تخصیص منابع آب در حوضه‌ها..... ۷۷
جدول ۴-۶- پروژه‌های تعریف شده در راستای افزایش تغذیه منابع آب زیرزمینی و کاهش مصرف..... ۷۸

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱- سری زمانی بارندگی سالانه در ایالت کالیفرنیا (GCR, 2021)..... ۷
شکل ۲-۲- حجم میانگین بلندمدت (حدود ۵۰ سال) آب ذخیره شده در ایالت کالیفرنیا..... ۷
شکل ۲-۳- روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در ۳ سال از پاییز ۲۰۱۸ تا پاییز ۲۰۲۱..... ۷
شکل ۲-۴- روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در ۵ سال از پاییز ۲۰۱۶ تا پاییز ۲۰۲۱..... ۸
شکل ۲-۵- روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در ۱۰ سال از پاییز ۲۰۱۱ تا پاییز ۲۰۲۱ ..... ۸
شکل ۲-۶- روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در ۲۰ سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۱..... ۹
شکل ۲-۷- مراحل اجرای قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی..... ۲۲
شکل ۲-۸- سازمان‌های مجری پایداری آب‌های زیرزمینی..... ۲۶
شکل ۲-۹- مراحل تهیه و پیاده‌سازی برنامه پایداری ۲۷
شکل ۲-۱۰- برنامه زمانی تهیه برنامه‌های پایداری توسط GSA در حوضه‌هایی با اولویت بالا و متوسط ۲۸
شکل ۲-۱۱- سه روش برای تشکیل سازمان‌های پایداری و تدوین برنامه‌ها و ارسال آنها..... ۲۹
شکل ۳-۱- رتبه‌بندی آبخوان‌های کالیفرنیا..... ۴۱
شکل ۳-۲- آبخوان‌های با شرایط بحرانی..... ۴۲
شکل ۳-۳- محرک‌های ثابت برای مدیریت آب‌های زیرزمینی..... ۵۳
شکل ۴-۱- گزارش و موقعیت حوضه‌های برنامه‌های پایداری مورد بررسی در مطالعه حاضر..... ۶۴
شکل ۴-۲- بلوک دیاراگرام سه‌بعدی از مدل مفهومی هیدرولوژیکی Greater Kaweah..... ۷۱
شکل ۴-۳- پیشرفت مفهومی فعالیت‌های مورد نیاز حوضه برای افزایش پایداری حوضه..... ۷۲
شکل ۴-۴- ارتباط متقابل بین مدل مفهومی هیدرلوژیکی حوضه و سایر اجزای مورد نیاز ۷۲
شکل ۴-۵- مدل‌های مفهومی تهیه بیلان منابع آب در حوضه‌ها و بررسی اثرات بر سیستم آب زیرزمینی... ۷۳
شکل ۴-۶- خلاصه بیلان هیدرولوژیکی زیرحوضه Kaweah..... ۷۵
شکل ۴-۷- نرخ‌های هزینه آب در مناطق مختلف کالیفرنیا (برگرفته از AQUAOSO, 2021)..... ۸۲

خلاصه مدیریتی

بیش از ۳۶ میلیون شهروند ایالت کالیفرنیا از منابع عمومی مشترک (CPR[1])، آب مناسب شرب تهیه می‌کنند. حدود ۹۰ درصد سیستم‌های آب عمومی، بخشی از منابع آب خود را از آب‌های زیرزمینی تهیه می‌کنند. لذا حفظ کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی اهمیت حیاتی دارد. کالیفرنیا با چالش‌های زیادی در سال‌های آینده در مدیریت منابع آب خود مواجه خواهد بود. از جمله این مسائل، اثرات تغییرات اقلیم در مدیریت منابع آب و تغییرات خصوصیات جریان آب رودخانه‌ها، افزایش سطح آب دریاها و تغییرات ذخایر برف است. همچنین افزایش تقاضای آب در اثر رشد جمعیت به برنامه‌ریزی مناسب نیاز دارد. افت تراز آب‌های زیرزمینی و آلودگی آن و مدیریت افزایش املاح و نیترات در آب‌های زیرزمینی نیازمند توجه است. استفاده از منابع جایگزین آب نظیر آب باران، پسآب‌ها، آب‌های شور و لب‌شور، فرصت‌های مناسبی برای تأمین آب مورد نیاز کالیفرنیا ایجاد خواهد کرد. مدیریت پروژه‌های انتقال آب و محدودیت‌های زیست‌محیطی ایجاد شده اخیر برای بسیاری از مصرف‌کنندگان آب در مناطق خشک مرکزی و جنوب ایالت محدودیت‌های زیادی ایجاد کرده است. از تصویب قانون سیستم حقابه آب‌های سطحی کالیفرنیا در سال ۱۹۱۴ میلادی (۱۲۹۳ شمسی) مدت صد سال گذشت تا قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا در نتیجه خشکسالی‌های پی در پی شدید (سال‌های ۲۰۱۲ الی ۲۰۱۴) در سال ۲۰۱۴ تصویب شود. در طی صد سال فاصله زمانی بین تصویب این دو قانون اقدامات دیگری جهت مدیریت آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا انجام شده است ولی هیچ یک با وجود مهم بودن، جامعیت و تأثیر قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی سال ۲۰۱۴ را نداشته است. لذا با توجه به معضلات مشابه در ایران برای مدیریت آب‌های زیرزمینی، در این مطالعه به شناخت این قانون و کسب آموزه‌هایی قابل بومی شدن در ایران از آن تمرکز شده است. نکات مهم کسب شده در این مطالعه در ادامه به صورت تیتروار اشاره می‌شود:

- بطور کلی درک و شناخت کافی از وضعیت منابع آب زیرزمینی در تأمین نیاز روزافزون مصرف‌کنندگان مختلف آب و مقابله با مسائل کمبود آب، امری مهم و ضروری است. یکی از موانع اصلی برای برنامه‌ریزی جهت استفاده پایدار از این منابع، (۱) نقص در داده و اطلاعات پایه، (۲) عدم مدیریت و برنامه‌ریزی و (۳) عدم قانونگذاری صحیح در خصوص نحوه توسعه وابسته به این منابع است. در سال‌های اخیر به منظور جلوگیری از اضافه برداشت آب زیرزمینی و پیامدهای نامطلوب آن، رویکرد جدید «مدیریت پایدار آب زیرزمینی» پیشنهاد شده است.
- در کالیفرنیا، برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی (برنامه راهبردی)، نقش‌ها و مسئولیت‌های منابع آب را تحت قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی توصیف می‌کند و اقدامات مرتبط با آن را در برنامه اقدام آب کالیفرنیا تشریح می‌کند. اداره منابع آب کالیفرنیا (DWR)[2] و اداره کنترل منابع آب، دو سازمان دولتی هستند که به اجرای قوانین اخیر در مورد آب‌های زیرزمینی کمک می‌کنند. نقش اصلی اداره منابع آب، ارائه راهنمایی، تدوین ضوابط و پشتیبانی از سازمان‌های محلی در سراسر کالیفرنیا برای کمک به آنها برای دستیابی به آینده‌ای پایدار در مدیریت آب است. نقش اداره کنترل منابع آب نظارت بر ضوابط تعیین شده به منظور حمایت و پشتیبانی از برنامه‌های مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی است. سازمان‌های پایداری محلی آب‌های زیرزمینی نیز مدیریت آب در محدوده‌های مشخص شده از طریق تهیه برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی را به عهده دارند. برای تحقق این هدف باید چندین کار با تاریخ‌های مشخص شده توسط این ادارات و سازمان‌ها انجام شود.

1 Common-pool resources (CPR)
2 California Department of Water Resources (DWR)

- سیر تکوینی تدوین و تصویب قوانین مدیریت پایدار منابع آب در کالیفرنیا در این مطالعه با بررسی برنامه مدیریت آب کشاورزی، برنامه مدیریت آب شهری، برنامه مدیریت املاح و نیترات، برنامه پایش و ارزیابی آب‌های زیرزمینی و قانون پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی، برنامه ایالتی پایش تراز آب زیرزمینی، برنامه‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی، قانون مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب و با جزییات بیشتر قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا مورد بررسی قرار گرفت. نکته مهمی که در این بررسی به آن پی برده شد، دردسترس بودن داده و اطلاعات و همچنین شفافیت و قابل اتکا بودن آن برای همه گرودارن است که باید مورد توجه باشد.
- سازمان‌های محلی پایداری آب‌های زیرزمینی موظف هستند برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی را برای جلوگیری از «نتایج نامطلوب» آب‌های زیرزمینی و سایر تأثیرات آن‌ها تدوین نمایند. هدف قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی از بین بردن اثرات نامطلوب استفاده از آب‌های زیرزمینی در طول ۲۰ سال می‌باشد که این اثرات نامطلوب (معیارها) شامل افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش ذخیره آب‌های زیرزمینی، ورود آب دریا به آبخوان‌های ساحلی (پیشروی آب شور)، کاهش کیفیت آب، فرونشست زمین و کاهش کاربرد مفید آب‌های سطحی است.
- قانون پایداری آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا یک طرح نیست بلکه قانون مصوب ایالت کالیفرنیا است که لازم الاجرا می‌باشد. سازمان‌های ایالتی و محلی مرتبط با این قانون سعی در اجرا و پیاده کردن این قانون دارند. این قانون جدید بوده و برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی اخیراً تهیه شده یا در دست تهیه است، لذا مشکلات کار و پیامدهای منفی احتمالی هنوز فرصت کافی برای بروز نداشته است.
- عوامل موفقیت اجرای این قانون به عواملی مانند متعادل کردن تأمین و تقاضای آب، مدیریت هماهنگ آب حوضه، نظارت بر اجرای مقررات، تنظیم مقررات و تهیه معیارها، تثبیت حوضه، بهبود مدیریت داده‌ها، تأمین بودجه و منابع، ارتباطات و دسترسی و پرداختن به عدم‌قطعیت‌ها بستگی دارد. البته باید تأکید داشت که تصویب قانون پایداری آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و تهیه برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی به خودی خود یک موفقیت چشمگیر و قابل تقدیر است. همچنین گرودارن و سازمان‌های کشاورزی با توجه به اینکه قانون پایداری تصویب شده است و در دست اجرا است، اقدامی برای لغو قانون نداشته‌اند. اما به روش‌های مختلف سعی در حفظ منافع خود داشته‌اند. البته در اجرای این قانون در ۲۰ سال آتی برخی چالش‌ها پیش‌بینی می‌شود ولی اگر این قانون منجر به پایداری بخشی از آب‌های زیرزمینی ایالت شود یک موفقیت خواهد بود.
- بر اساس قانون پایداری آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا، برنامه‌های پایداری برای ۱۲۷ آبخوان با اولویت بالا و متوسط شامل این اجزا هستند: مدل مفهومی آبخوان، بیلان آب بر اساس داده و بر اساس مدل، معیارهای مدیریت پایدار مشتمل بر اهداف پایداری و حدأقل ضوابط و اهداف قابل اندازه‌گیری، شبکه پایش آب‌های زیرزمینی، تأمین مالی برنامه پایداری و پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت پایدار.
- ابزارهای مدیریت آب زیرزمینی به چهار دسته مجزا تقسیم می‌شوند: ابزارهای نظارتی، ابزارهای تشویقی، ابزارهای حمایتی و حفاظتی از منابع آب و آموزش و اطلاع‌رسانی.
- اهداف قابل اندازه‌گیری مؤثر این موارد را مدنظر قرار می‌دهند: تعیین شرایط اولیه، تعیین آستانه‌های کمی، ایجاد محرک‌های محافظتی که نیاز به اقدام قبل از رسیدن به یک آستانه دارد، اندازه‌گیری و نظارت منظم، محاسبه عدم‌قطعیت، سازگاری با شرایط متغیر و اطلاعات جدید. باید توجه داشت که از یک فرآیند ثابت برای شناسایی و تعیین اهداف و آستانه‌های نتایج نامطلوب «معنادار و غیرمنطقی» باید بهره جست.

- نظارت و پایش و گزارش‌دهی طبق الگوی مشخص و با تواتر زمانی طبق برنامه از وظایف اصلی سازمان‌های محلی مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی است.
- تعداد برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی که تا اوایل سال ۲۰۲۲ تهیه و به اداره منابع آب ایالت کالیفرنیا برای بررسی و تأیید ارسال شده ۱۱۲ برنامه پایداری است. از این تعداد ۴۲ برنامه توسط این اداره بررسی شده و سایر آنها در دست بررسی است. از برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی که اداره منابع آب ایالت بررسی کرده است تعداد ۳۴ برنامه ناقص اعلام شده و ۸ برنامه مورد تأیید قرار گرفته است. سازمان‌های پایداری باید در ضمن روند بررسی و تصویب برنامه‌های پایداری توسط ایالت، برنامه‌های پایداری خود را اجرا کرده و گزارش‌های سالیانه خود را به اداره منابع آب ارسال کنند.
- در این مطالعه برنامه‌های مدیریت پایدار چهار حوضه Northern and Central Delta-Mendota Region (3)، Salinas Valley Basin (180–400) (11)، North Kings (14) و Greater Kaweah (20) بررسی شده است. در چهار برنامه پایداری مورد بررسی، مشخصات حوضه، مدل‌های مفهومی هیدرلوژیکی تهیه شده، نحوه تدوین بیلان منابع آب، معیارهای پایداری تدوین شده، راهکارهای کنترل مصرف آب، نحوه ارزشگذاری آب، پروژه‌های تدوین شده و اجزای آنها، نحوه تأمین منابع مالی، الگوهای مشارکتی پیاده شده مورد بررسی قرار گرفتند.
- بررسی گزارش‌های برنامه‌های پایداری، بیانگر این است که برای هر یک از پروژه‌های تعریف شده هزینه‌های آنها برآورد شده و همچنین نحوه تأمین مالی پروژه‌ها مشخص شده است. بطور کلی سازمان‌های دولتی و خصوصی، مالکان زمین، خیران، منابع محلی، سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی هر حوضه، دفتر خدمات اضطراری از محل صندوق‌های محلی، دفتر احیای ایالات متحده آمریکا از محل صندوق‌های محلی، برنامه تأمین مالی بازیافت آب، برنامه کمک هزینه مدیریت یکپارچه آب منطقه‌ای، برنامه کمک هزینه بهبود زیرساخت‌های آب برای کشور از جمله سازمان‌هایی هستند که نحوه تأمین مالی پروژه‌ها را برعهده دارند.
- برخی از چالش‌های اجرای قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی را در این موارد خلاصه نمود: تداخل وظایف سازمانی و مشخص نبودن وظایف سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی در خصوص کیفیت آب‌های زیرزمینی و فرونشست زمین، تغییر کاربری اراضی کشاورزی، هزینه بالای اجرای برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی، تغییرات آب و هوایی کالیفرنیا و احتمال وقوع خشکسالی‌های طولانی و پی در پی، هزینه‌های سنگین رفع مسایل و چالش‌های حقوقی و رسیدن به راه‌حل مناسب موارد اختلاف، اما باید توجه داشت که قانون پایداری آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا در سال‌های ابتدایی اجرا قرار دارد و چالش‌های اجرا و راه‌حل‌های آنها در چند سال آتی روشن‌تر خواهد شد.
- تهیه برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی اقدامی پرهزینه بوده است. سازمان‌های محلی مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی با استفاده از منابع مالی محلی و کمک‌های مالی و فنی ایالت تاکنون توانسته‌اند برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی خود را تهیه کنند. تهیه هریک برنامه پایداری نیاز به نیروی انسانی زیاد که معمولا شامل پنج الی پانزده هزار نفرساعت مهندسی مشاور و یک الی سه هزار نفرساعت کارفرما است.
- اجرای برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی در حوضه‌های مورد بررسی مانند سایر حوضه‌های کالیفرنیا در طول ۲۰ سال اجرای این برنامه‌ها نیاز به چند صد میلیارد دلار بودجه و چند هزار نفر اشتغال مستقیم دارد. برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی باید نشان بدهند که در طول بیست سال اجرای برنامه و تا سال ۲۰۴۰ بتوانند آبخوان تحت برنامه خود را به پایداری برسانند. اجرای برنامه‌های پایداری باید شامل برنامه و اجرای پایش آبخوان، گزارش پیشرفت سالیانه و به‌روز کردن برنامه پایداری در هر پنج سال یک‌بار باشد.

- در تهیه برنامه پایداری برای هر حوضه، این موارد مهم باید ملحوظ شود: هزینه‌های اجرا، سازمان‌های حمایت کننده مالی از برنامه‌های پایداری (اسپانسرها)، آگاهی و اطلاع‌رسانی، تعریف و توصیف شرایط جغرافیایی و زمین شناسی (برای نمونه تدوین مدل مفومی و بیلان حوضه)، تعریف اهداف پایداری برای حوضه و زیرحوضه، برنامه پایش (بر اساس شاخص‌های پایداری تعریف شده)، شناسایی و توصیف نتایج نامطلوب برای شاخص‌های پایداری، شناسایی و توصیف حدأقل آستانه‌ها و اهداف قابل اندازه‌گیری برای هر شاخص پایداری، تعریف و شناسایی پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی پیشنهاد شده.
- در گزارش برنامه‌های پایداری باید این موارد حائز اهمیت مورد توجه باشد: ارائه خلاصه کلی از شرایط فعلی منابع آب زیرزمینی و توصیف هر شاخص پایداری برای حدأقل آستانه‌ها و اهداف قابل اندازه‌گیری، خلاصه پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی اجرا شده و تأثیر موضعی و کلی آنها بر شرایط آب‌های زیرزمینی، بررسی عناصر برنامه مشمول بازنگری و بازنگری‌های احتمالی، از جمله حدأقل آستانه‌ها و اهداف قابل اندازه‌گیری، بر اساس اطلاعات جدید که از زمان ارزیابی برنامه قبلی به دست آمده است، ارزیابی مشخصات حوضه و هرگونه تغییر مورد نیاز در آن بر اساس داده‌های جدید و ارزیابی‌های بیلان آب، از جمله شرایط احتمالی اضافه برداشت‌ها، تشریح تغییرات در شبکه پایش و بهبود آن برای رفع خلاءهای اطلاعاتی، تشریح هر گونه اطلاعات جدیدی که از زمان تصویب برنامه یا ارزیابی پنج ساله قبلی دردسترس یا توسعه یافته و اینکه آیا چنین اطلاعاتی نیاز به تغییر در برنامه فعلی دارد یا خیر، تشریح هرگونه اصلاحیه برنامه تکمیل شده یا پیشنهادی، خلاصه اقدامات برنامه پایداری هر حوضه در مورد اجرای برنامه، از جمله هر گونه دستور یا مقررات مربوطه صادر شده و هر گونه اقدام قانونی یا اجرایی نسبت بهره‌برداران آب‌های زیرزمینی.
- از جمله نکات قابل بومی‌سازی که می‌تواند در ایران مورد توجه باشد می‌توان به این موارد اشاره نمود:
  - برآورد هزینه‌ها و نحوه تأمین مالی برای اجرای برنامه‌ها و اقدامات مدیریتی، بر اساس مطالعه برنامه پایداری هر حوضه، در ابتدای هر برنامه هزینه‌ها برآورد شده و نحوه تأمین مالی هزینه‌ها که شامل سازمان‌های خصوصی و دولتی، کمک‌های خیریه و ... بوده مشخص شده است،
  - برای هر حوضه در کشور که از منظر منابع آب زیرزمینی بحرانی بوده اجزای برنامه پایداری می‌تواند مورد توجه و بومی‌سازی شود. برای نمونه نحوه تعریف معیارها و مفهوم پایداری، تهیه بیلان و مدل مفهومی، نحوه تهیه شبکه پایش (به جهت پایش وضعیت و همچنین رفع خلاءهای اطلاعاتی)، تعریف برنامه‌ها و اقدامات مدیریتی و نحوه پیاده‌سازی آنها، می‌توانند مدنظر باشند،
  - پایداری هر حوضه برای شناخت وضعیت منابع آب زیرزمینی در سه دوره زمانی تاریخی، فعلی و آینده به برآورد بیلان محدوده‌های تحت نظارت خود پرداخته است که برای پیش‌بینی بیلان آب در آینده بیشتر از مدل‌های عددی و شبیه‌سازی منابع آب زیرزمینی استفاده نموده‌اند،
  - در تعریف برنامه‌ها و اقدامات مدیریتی لازم به ذکر است که بر اساس برنامه زمانبندی مشخص، جزئیات هر برنامه با اجزای آن مشخص شده است. این اجزا شامل نوع پروژه، محل پروژه، سازمان مجری، شرح پروژه، هدف قابل اندازه‌گیری، شرایط و ضوابط اجرا، فرآیند اطلاع‌رسانی عمومی و آگاهی‌رسانی، برآورد مزایای پروژه، فرآیند صدور مجوز و تنظیم مقررات، وضعیت و زمانبندی، مزایای مورد انتظار و شاخص‌های پایداری هدفمند، منبع آب و اطمینان‌پذیری آن، مرجع قانونی مورد نیاز، هزینه‌ها و تأمین مالی، مدیریت

برداشت آب‌های زیرزمینی و سطوح عدم‌قطعیت، است. برای هر برنامه نیز اقدامات مدیریتی آن به همراه برنامه عملیاتی تشریح شده است،

- نحوه اطلاع‌رسانی عمومی و برگزاری جلسات برای پیاده‌سازی و اجرای قانون نیز که با استفاده از روش‌ها و رویکردهای مختلفی در هر حوضه انجام شده می‌تواند برای بومی‌سازی در کشور مورد توجه باشد،
- نحوه گزارش‌دهی و همچنین ارزیابی‌های سالانه و پنج سال یک‌بار که توسط سازمان هر برنامه پایداری انجام می‌شود به جهت پایش وضعیت منابع آب زیرزمینی نیز مهم بوده و قابل بومی‌سازی است.

- پیشنهادهایی برای بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی کشور با توجه به تجربیات قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا قابل ارائه است که می‌توان به این موارد اشاره نمود:
  - لزوم ایجاد و تصویب قوانین و مقررات مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی با تأکید بر اصل مدیریت محلی آب‌های زیرزمینی و با تأکید بر حل مسئله تعارض منافع در سازمان‌های موجود آب کشور،
  - لزوم شکل‌گیری یک نهاد فرابخشی در قالب نهادهای موجود یا با ترکیب آنها و تأکید بر نقش نظارتی و حمایتی این نهاد و سازمان‌های دولتی مربوطه،
  - لزوم شکل‌گیری سازمان پایداری آب زیرزمینی محلی با مشارکت شرکت‌های محلی، سایر بهره‌برداران و گرودارن آب‌های زیرزمینی در یک حوضه،
  - اولویت‌بندی و تعیین حوضه‌های بحرانی با توجه به محدودیت‌های طبیعی و هیدروژئولوژیکی (میزان منابع آب تجدیدشونده براساس جمعیت و میزان مصارف، ساختار زمین‌شناسی، افت کمّی‌وکیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی و ...)؛ فرهنگی و اجتماعی (ازهم‌گسیختگی سنت‌های فرهنگی حاکم بر بهره‌برداری منابع، ضعف سرمایه اجتماعی، بی‌تأثیر بودن نقش بهره‌برداران در مدیریت و برنامه‌ریزی، معیشت‌های جایگزین و ...)، اقتصادی (اندازه‌گیری دقیق پارامترها، بهبود بهره‌برداری، امنیت غذایی، امنیت آبی، بهبود بهره‌وری و بازده اقتصادی منابع آب و ...) و سیاسی در حوضه‌های آبی مشترک و مستقل در مقیاس‌های منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی،
  - تعریف پایداری آب‌های زیرزمینی با توجه به تجمیع و تلفیق دیدگاه‌های علمی، فیزیکی، حقوقی، مدیران و ناظران آبی در هر حوضه آبریز توسط سازمان محلی و با مشارکت گرودارن محلی،
  - تعریف ارزش‌های اصلی (ابزاری، ذاتی، ارتباطی، زیبایی‌شناختی، عدالت، سلامت‌عمومی، تاب‌آوری و توافق گروهی) برای تصمیم‌گیری متناسب با شرایط هر حوضه آبریز توسط سازمان محلی و با مشارکت گرودارن محلی با تأکید بر اصول حفظ زیست‌بوم و محیط زیست،
  - تعیین عوامل پایداری با توجه به موجودی آب‌های زیرزمینی در حوضه‌های آبریز، عوامل عملکرد و حکمرانی آبخوان با توجه به عواقب غیرقابل قبول نظیر افت شدید آب‌های زیرزمینی، فرونشست، افت کیفیت آب‌های زیرزمینی، کاهش آب‌های سطحی، پیشروی آب شور در مناطق ساحلی و کاهش ذخایر راهبردی برای برداشت آب در هر حوضه آبریز با توجه به شرایط هیدرولوژیکی، محیط زیستی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی،

- تعریف مقیاس زمانی برای برنامه‌ریزی برنامه‌های پایداری و توجه به تحقق پایداری با توجه به امکان و زمان تجدیدپذیری هر آبخوان و تعریف افق برنامه‌ریزی یا مقیاس زمانی ارزیابی با توجه به عوامل عملکرد و حکمرانی آبخوان مخصوص هر حوضه آبریز،
- تعریف منابع مالی مشخص اجرای برنامه.

با الگوبرداری و بومی کردن تجربیات برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا با توجه به مواردی که اشاره شد، می‌توان در مطالعات آتی بر روی پیشنهادهای مطرح شده تمرکز کرد و برای نمونه سعی نمود که برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی یک یا چند محدوده مطالعاتی در کشور را در راستای بهبود برنامه‌های فعلی احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی تدوین نمود. الگوهای شبیه‌سازی منابع آب زیرزمینی، تهیه بیلان، فرآیندهای مشارکتی محلی، توجه به انتخاب محلی افق زمانی، اهداف و معیارهای پایداری در این روند می‌تواند مورد توجه و مقایسه باشد. بررسی جزیی و مبتنی بر یک یا چند موضوع خاص مانند نحوه تشویق یا مقید کردن گروداران به مشارکت در اجرای قانون؛ نحوه بررسی اثربخشی قانون؛ چگونگی نهادینه کردن اعمال مدیریت محلی؛ نحوه پرداختن به موضوع تعارض منافع سازمان‌ها و نهادها؛ نقش سازمان‌های مردم‌نهاد؛ نقش مباحث و نهادهای محیط‌زیستی؛ چگونگی اقتداربخشی و تداوم‌بخشی به اجرای قوانین از تجربیات مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا برای استفاده در کشور می‌تواند از گام‌های بعدی برای غنی کردن چنین مطالعاتی باشد و همچنین انتخاب کشورهای منتخب صاحب تجربه در مورد حل معضلات منابع آب زیرزمینی و بررسی آموزه‌های آنها برای ایران نیز در این روند، سودمند خواهد بود.

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

گزارش حاضر برای بررسی اجمالی و اولیه از قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی (SGMA)[1] کالیفرنیا (SGMA, 2014) تهیه شده است. با توجه به مشکلات منابع آب زیرزمینی در کشور از جمله (۱) افت سطح تراز، (۲) کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی و (۳) فرونشست زمین، مدنظر است با مراجعه به تجربیات موجود در سطح بین‌المللی شامل سیاست‌ها و قوانین وضع شده برای مشکلات مشابه، در راستای بهره‌برداری و بومی‌سازی آنها جهت حل مسائل مرتبط با بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی در کشور تلاش شود. در این راستا، این مطالعه با هدف شناخت قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و کارآیی آن و بررسی و تبیین آموزه‌هایی از آن برای کشور تعریف شده است.

۱-۲- ضرورت و اهمیت

با توسعه بی‌رویه در حوضه‌های آبریز (خصوصاً توسعه زمین‌های کشاورزی)، برداشت از منابع آب زیرزمینی و سطحی در کشور افزایش یافته و رقابت میان مصرف‌کنندگان (مانند شهری، صنایع و کشاورزی) نیز برای دستیابی به این منابع بیشتر شده است. از طرفی دیگر کاهش اطمینان در مورد دسترسی پایدار به جریان‌های آب زیرزمینی و سطحی در آینده نیز محتمل است. از این‌رو بررسی نحوه مدیریت این منابع با شرایط به وجود آمده و محتمل در آینده، بر حسب تجربیات در سطح بین‌المللی لازم به توجه است. در این میان ایالت کالیفرنیا برنامه‌هایی را به جهت مدیریت منابع آب زیرزمینی خود در دستور کار قرار داده است. قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی کالیفرنیا در سال ۲۰۱۴ در دوره خشکسالی پی در پی کالیفرنیا به تصویب رسید. این قانون به شکل اساسی نقش‌ها، مسئولیت‌ها و اختیارات سازمان‌های محلیِ[2] مسئول پیاده‌سازی مدیریت آب زیرزمینی در کالیفرنیا و ادارات ایالتی ناظر را دگرگون کرده است. از این‌رو بررسی این قانون و همچنین برنامه‌ها و اقدامات آن برای جمع‌بندی آموزه‌هایی از آنها برای ایران ضروری و مهم به نظر می‌رسد که در این مطالعه مدنظر قرار گرفته است.

۱-۳- اهداف

بطور کلی درک و شناخت کافی از وضعیت منابع آب زیرزمینی در تأمین نیاز روزافزون مصرف‌کنندگان مختلف آب و مقابله با مسائل کمبود آب، امری مهم و ضروری است. با توجه به این مسئله مهم، می‌توان گفت که یکی از موانع اصلی برای برنامه‌ریزی جهت استفاده پایدار از این منابع، عدم مدیریت و برنامه‌ریزی در یک سطح و در سطح دیگر عدم قانونگذاری صحیح در خصوص نحوه توسعه وابسته به این منابع است. در سال‌های اخیر به منظور جلوگیری از اضافه برداشت آب زیرزمینی و پیامدهای نامطلوب آن، رویکرد جدید «مدیریت پایدار آب زیرزمینی» پیشنهاد شده است (Langridge and Daniels, 2017). یکی از مناطق پیشرو در پیاده‌سازی رویکرد مدیریت پایدار آب زیرزمینی،

1 Sustainable Groundwater Management Act (SGMA)
2 Local Agencies

ایالت کالیفرنیا می‌باشد. به دلیل داشتن شرایط نسبتاً مشابه (از نظر اقلیمی) این ایالت با کشور ایران، نحوه قانونگذاری و مدیریت این منابع به جهت بررسی و استفاده از آموزه‌ها، مدنظر این پژوهش است. از اهداف مهمی که در این مطالعه مدنظر است:

- انجام مرحله شناخت قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و ویژگی‌ها و کارآیی آن
- کسب آموزه‌هایی از آن برای استفاده در کشور در راستای بهبود وضعیت پایداری منابع آب زیرزمینی

برنامه راهبردی پایداری آب‌های زیرزمینی، نقش‌ها و مسئولیت‌های منابع آب را تحت قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی توصیف می‌کند و اقدامات مرتبط با آن را در برنامه اقدام آب کالیفرنیا تشریح می‌کند. اداره منابع آب کالیفرنیا (DWR) و اداره کنترل منابع آب، دو سازمان دولتی هستند که به اجرای قوانین اخیر در مورد آب‌های زیرزمینی کمک می‌کنند. نقش اصلی اداره منابع آب، ارائه راهنمایی و پشتیبانی از سازمان‌های محلی در سراسر کالیفرنیا برای کمک به آنها برای دستیابی به آینده‌ای پایدار در مدیریت آب است. برای تحقق این هدف باید چندین کار با تاریخ‌های مشخص شده در SGMA انجام شود. این برنامه راهبردی شامل موارد زیر است:

- شرایط فعلی آب‌های زیرزمینی در ایالت را توصیف می‌کند، ماهیت ناپایدار شیوه‌های مدیریت فعلی را نشان می‌دهد و نیاز اساسی برای اقدام را تنظیم می‌کند.
- قوانین و سایر محرک‌های سیاستی را تعیین می‌کند.
- عوامل موفقیت در رفع چالش‌های کلیدی مدیریت آب‌های زیرزمینی در کالیفرنیا را شناسایی می‌کند.
- مفاهیم راهبردی لازم برای اجرای برنامه و اقدامات اداره منابع آب برای رسیدن به اهداف را مشخص می‌کنند.
- یک برنامه اولیه برای ارتباطات اداره منابع آب با سازمان‌های همکار، سازمان‌های منطقه‌ای و محلی، گرودارن و عموم ارائه می‌دهد.

انجام این مطالعه پتانسیل لازم برای ایجاد بستری مناسب به جهت کمک به قانونگذاری با هدف مدیریت و برنامه‌ریزی برای استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی را ایجاد می‌کند. از این‌رو، نتایج این مطالعه می‌تواند به شناخت قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و ویژگی‌ها و کارآیی آن کمک کرده و آموزه‌هایی از آن برای استفاده در کشور در راستای بهبود وضعیت پایداری منابع آب زیرزمینی را ارائه دهد.

۱-۴- سؤالات اصلی و فرعی

برای تحقق اهداف اشاره شده در راستای شناخت قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و بررسی کارآیی آن برای ایران و کسب آموزه‌های لازم، در این مطالعه سعی شده است که به سؤالات زیر پاسخ داده شود:

- قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا چگونه تدوین شده و چه مراحلی برای آن طی شده است؟
- مراحل برنامه‌ریزی و اجرای قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا چگونه بوده است؟
- کارآیی و نتایج اجرای قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا چیست؟

با بررسی اسناد سیر قوانین تکوینی مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و ساختار آنها، مقالات منتشر شده مرتبط با قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا، برنامه‌های پایداری در چند آبخوان مختلف ایالت کالیفرنیا مبتنی بر اعمال قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا، گزارش‌های مربوط به ایالت کالیفرنیا مبتنی بر قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا، ارزیابی‌های سالانه مربوط به ایالت کالیفرنیا براساس قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا، کتاب‌ها، پایان‌نامه‌ها و مقالات منتشر شده فارسی با مرجع قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا به این سؤالات پاسخ داده می‌شود.

۱-۵- فرضیه‌ها

شناخت تجربیات بدست آمده در مراحل مختلف قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا (از تدوین و تصویب تا برنامه‌ریزی و اجرا) می‌تواند در آسیب‌شناسی و بهبود رویکردهای احیاء، تعادل‌بخشی و بهبود وضعیت پایداری منابع آب زیرزمینی کشور استفاده شده و بومی‌سازی برخی از آموزه‌های کسب شده می‌تواند در تسریع و جلوگیری از سعی و خطا در سیاستگذاری‌ها، مفید واقع شود. لذا با این فرضیه، این مطالعه انجام می‌شود. بدیهی است شرایط اقلیمی، فرهنگی، قوانین و ساختار کالیفرنیا و ایران متفاوت بوده و باید به بومی کردن تجربیات نیز توجه داشت.

۱-۶- نتایج کاربردی مورد انتظار و جنبه نوآوری

انجام این مطالعه در مرحله اول سلسله مطالعات بهره‌گیری از تجربیات جهانی در راستای بهبود برنامه‌های احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور انجام می‌شود و این انتظار است که در موارد زیر، نتایج و یافته‌های عملیاتی و کاربردی بدست آید:

- شناخت قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و ویژگی‌های آن
- کسب آموزه‌های مهم و احصاء موارد و نکات قابل بومی‌سازی قانون مزبور در ایران در راستای بهبود وضعیت مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی کشور
- پیشنهادهایی برای نحوه بکارگیری آموزه‌های بدست آمده در راستای بهبود وضعیت مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی کشور
- استفاده از رویکردها و تجربیات قابل بهره‌گیری (قابل بومی شدن) در قوانین، سیاستگذاری‌ها، آسیب‌شناسی‌ها، برنامه‌ها و اقدامات علمی و عملی در حوزه مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کشور

اصلی‌ترین رویکرد جدید و نوآوری در انجام این مطالعه، توجه به ملاحظات قابلیت عملیاتی و اجرا شدن آموزه‌ها در شرایط ایران است که بومی شدن تجربیات نوین ایالت کالیفرنیا در حوزه مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی را هدف قرار داده است.

فصل دوم

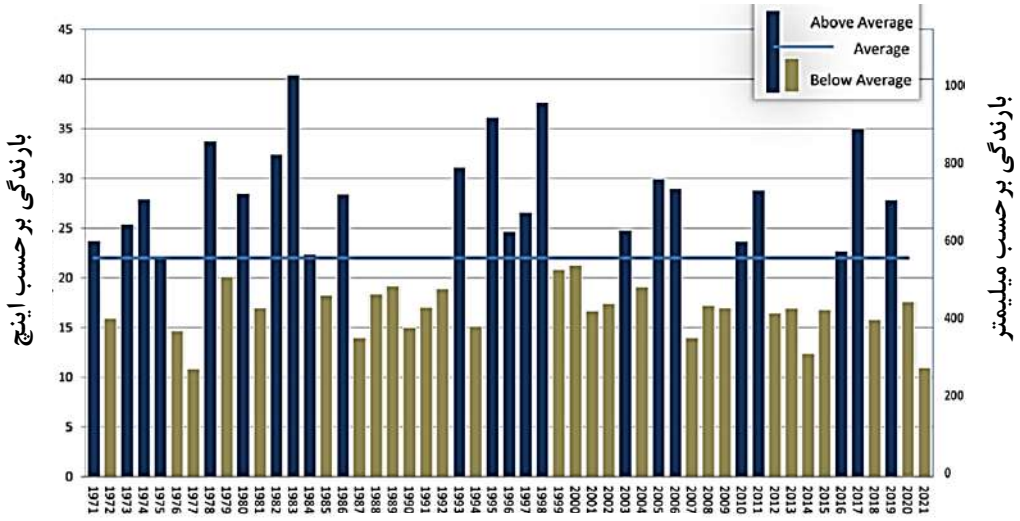
معرفی و پیشینه

۲-۱- مقدمه

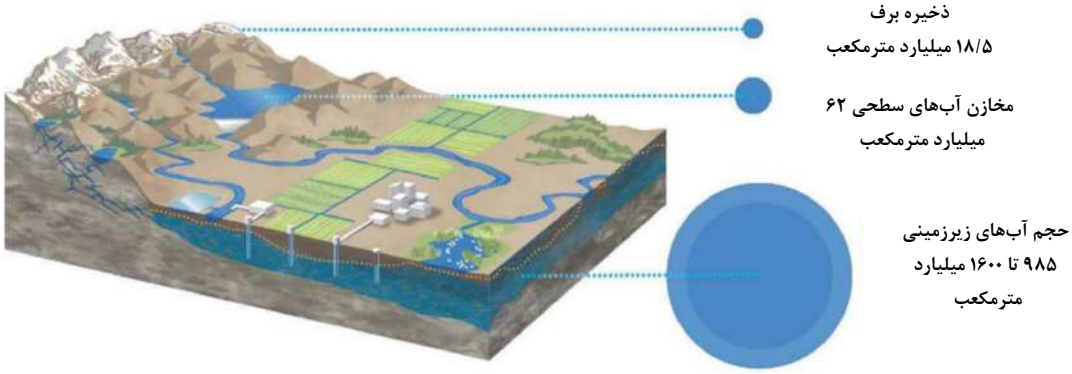
در مدیریت منابع آب، ارائه یک برنامه مدیریتی واحد با در نظر گرفتن شرایط و مشخصه‌های هر منطقه/محدوده مطالعاتی، امکان‌پذیر نیست. از این‌رو برنامه مدیریتی باید با توجه به محدودیت‌ها و ملاحظات سیاسی، اقتصادی و اجتماعی و همچنین مسائل فنی هر منطقه/محدوده صورت گیرد. بر اساس رویکردهای موجود در مدیریت منابع آب می‌توان به شیوه سنتی اشاره نمود که در آن تصمیمات به صورت مرکزی اتخاذ شده و سپس در ساختار سلسله مراتبی به سطوح پایین‌تر منتقل می‌شود (مشابه با رویکرد بالا به پایین) و ارتباطات بین سطوح کاملاً به صورت رسمی و بالا به پایین تعریف شده است. در مقابل این رویکرد، می‌توان رویکرد تعاملی/مشارکتی را مطرح نمود که در آن حضور و مشارکت گروداران در همه مراحل برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری، بهره‌برداری و ارزیابی مورد توجه قرار می‌گیرد. نمونه‌ای از این رویکرد را می‌توان در برنامه ایالت کالیفرنیا برای مدیریت منابع آب زیرزمینی مشاهده نمود که در ادامه مدنظر است با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گیرد.

۲-۲- منابع آب کالیفرنیا

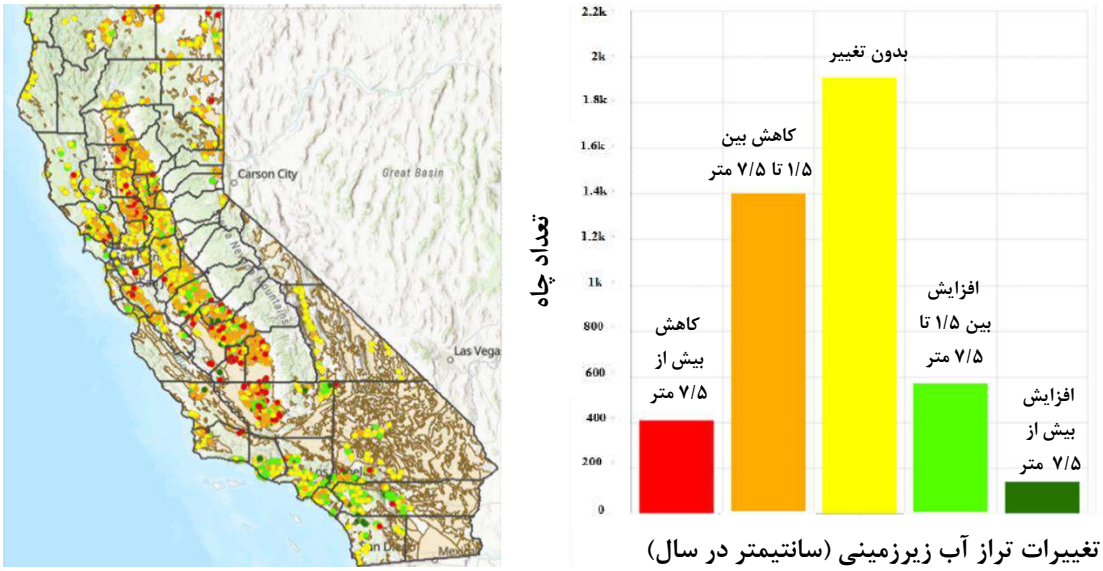
ایالت کالیفرنیا با میانگین بارش سالانه حدود ۵۵۰ میلیمتر همواره تحت تأثیر شرایط پرآبی و کم آبی بوده است. در طول پنجاه سال گذشته، دوره‌های خشکسالی یک ساله الی شش ساله و دوره‌های پرآبی یک ساله الی چهار ساله به صورت متناوب اتفاق افتاده که در شکل ۲–۱ نشان داده شده است. حجم میانگین آب ذخیره شده در سه منبع اصلی آب ایالت کالیفرنیا در شکل ۲–۲ ارائه شده است. حجم آب‌های زیرزمینی قابل استفاده چندین برابر حجم مخازن آب‌های سطحی است و در سال‌های خشکسالی بسیار بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد که منجر به افت بیشتر تراز آب‌های زیرزمینی در بعضی مناطق شده است. در نتیجه هفت سال خشکسالی در ده سال اخیر، تراز آب‌های زیرزمینی در بسیاری از مناطق کاهش داشته است. سال ۲۰۲۱ رتبه دوم خشکسالی بعد از خشکسالی سال ۱۹۷۸ را در پنجاه سال اخیر دارد. همچنین سال ۲۰۲۰ رتبه پنجم خشکسالی در پنجاه سال اخیر را دارد. در نتیجه خشکسالی شدید سال ۲۰۲۱، تراز آب در بیش از ۶۲ درصد چاه‌های مشاهده‌ای، پایین‌تر از سطح میانگین بوده و در ۲۱ درصد این چاه‌ها تراز آب در پایین‌ترین سطح خود قرار داشته است. تعداد چاه‌های خشک شده و تعداد چاه‌های آب شرب و کشاورزی حفر شده در سال ۲۰۲۱ بیش از هر سال دیگر در پنج سال گذشته بوده است. شکل ۲–۳ الی شکل ۲–۶ روند تغییرات تراز آب‌های زیرزمینی در ۳، ۵، ۱۰ و ۲۰ سال گذشته در مناطق مختلف ایالت را نشان می‌دهند. تراز آب زیرزمینی در مناطق کشاورزی عمدتاً روند نزولی داشته است (CGC, 2021). تخصیص منابع آب در کالیفرنیا در اواسط قرن بیستم مربوط به بخش کشاورزی با بیش از ۵۰ درصد سهم بوده است. با تصویب قوانین جدید آب در اوایل دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی، تخصیص منابع آب به بخش محیط‌زیست و شهری افزایش یافت، بطوری که سهم تخصیص منابع آب به محیط‌زیست به ۵۰ درصد رسید و سهم کشاورزی به ۳۹ درصد کاهش یافت. البته با افزایش بازدهی مصرف آب در بخش کشاورزی و شهری، کاهش تخصیص منابع آب در این دو بخش تا حدی جبران گردیده است.



شکل ۲–۱– سری زمانی بارندگی سالانه در ایالت کالیفرنیا (GCR, 2021)

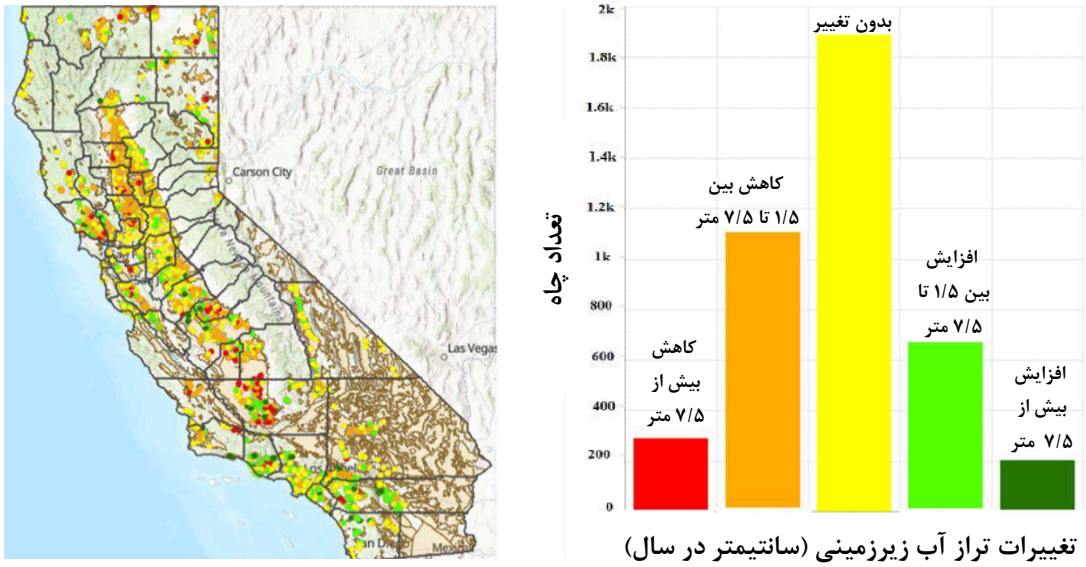


شکل ۲–۲– حجم میانگین بلندمدت (حدود ۵۰ سال) آب ذخیره شده در ایالت کالیفرنیا (GCR, 2021)



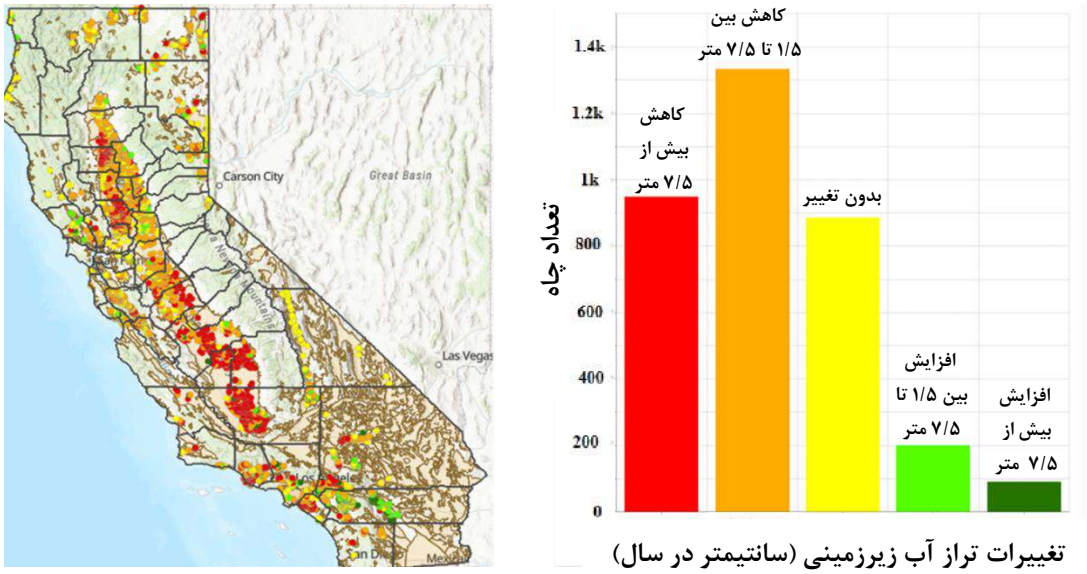
شکل ۲–۳– روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در ۳ سال از پاییز ۲۰۱۸ تا پاییز ۲۰۲۱

(منبع: **California's Groundwater Live**)



شکل ۲–۴– روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در ۵ سال از پاییز ۲۰۱۶ تا پاییز ۲۰۲۱

(منبع: California's Groundwater Live)

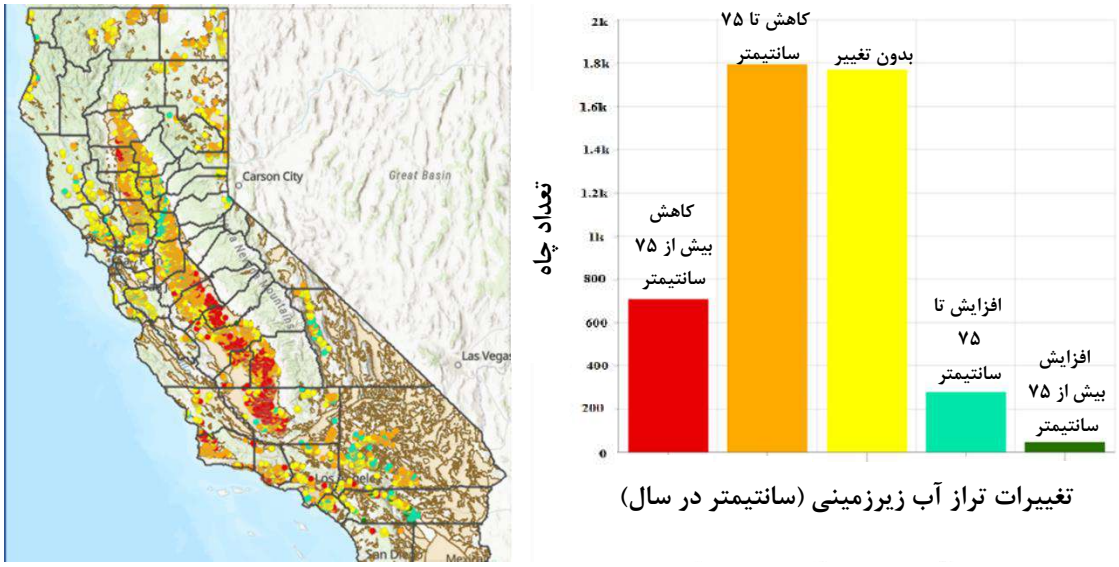


شکل ۲–۵– روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در ۱۰ سال از پاییز ۲۰۱۱ تا پاییز ۲۰۲۱

(منبع: California's Groundwater Live)

در سال‌های نرمال و عادی بطور متوسط بیش از ۶۵ درصد مصارف آب در کالیفرنیا از آب‌های سطحی تأمین می‌شود و تنها ۳۰ درصد از مصارف را منابع آب زیرزمینی تأمین می‌کند. این در حالی است که در دوره خشکسالی در یک دهه اخیر، بیشترین مصارف آب در کالیفرنیا از منابع آب زیرزمینی با ۶۰ تا ۶۵ درصد تأمین شده است. این نشان دهنده این است که از حدود سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵، افت آب‌های زیرزمینی مخصوصاً در مناطق مرکزی این ایالت بسیار زیاد بوده و صدمات بسیاری را از لحاظ کمی و کیفی به منابع آب زیرزمینی وارد نموده است. از حدود یک قرن

گذشته برای تأمین نیاز آبی، برای کنترل و ذخیره آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین برای انتقال آب از شمال به جنوب کالیفرنیا حجم قابل توجهی از تأسیسات آب‌های سطحی ساخته شده است. این تأسیسات در سال حدود ۴۹ کیلومترمکعب آب سطحی را مدیریت کرده که عمدتاً برای انتقال آب از شمال به جنوب کالیفرنیا کاربرد دارد. در این ایالت نزدیک به هزار سد با ظرفیت‌های مختلف مخازن وجود دارد که از این تعداد، حدود ۵۰ سد اصلی هستند که حدود ۲۰ سد متعلق به دولت فدرال بوده و ۳۰ سد دیگر توسط بخش خصوصی و یا منابع مالی ایالت کالیفرنیا ساخته شده‌اند (تقوی، ۱۳۹۹). در جدول ۲–۱ خلاصه اطلاعات آب‌های ورودی و مصرفی ایالت کالیفرنیا ارائه شده است.



شکل ۲–۶– روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در ۲۰ سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۱ (منبع: **California's Groundwater Live**)

جدول ۲–۱– خلاصه اطلاعات آب‌های ورودی و مصرفی ایالت کالیفرنیا (واحد: میلیارد مترمکعب)

منابع آبی	سال پرآبی	سال میانگین	سال کم آبی
آب‌های ورودی (بارندگی، واردات، رودخانه‌های مرزی)	۴۱۵	۲۳۵	۱۸۰
آب مصرفی (آب شهری، آب کشاورزی و مصارف زیست‌محیطی)	۱۱۵	۹۵	۸۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

اهمیت آب‌های زیرزمینی در کالیفرنیا را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- کالیفرنیا هر سال به طور متوسط ۲۰۰ میلیون آکر فوت (یک آکر فوت آب برای تأمین آب کافی برای یک سال برای دو تا چهار خانواده کافی است- یک آکر فوت معادل ۱۲۳۳/۵ مترمکعب است) بارندگی دریافت می‌کند (DWR, 2013).
- حدود ۷۰ میلیون آکر فوت از نزولات جوی به رودخانه‌ها و نهرها تخلیه می‌شود یا به منابع آب زیرزمینی نفوذ می‌کند؛ مابقی از طریق تبخیر و تعرق گیاهان از بین می‌رود.

- بین سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰، آب‌های زیرزمینی بیش از ۱۶ میلیون آکر فوت در سال یا تقریباً ۳۸ درصد از منابع آب ایالت را تأمین می‌کردند (DWR, 2013). این درصد در سال‌های خشک به ۵۰ درصد از منابع آب ایالت و در سال‌های خشکسالی به ۶۰ درصد افزایش می‌یابد (DWR, 2013; DWR, 2014).
- در استفاده از آب‌های زیرزمینی تنوع گسترده‌ای در سراسر ایالت وجود دارد؛ بین ۹ تا ۸۶ درصد از کل آب تأمین شده بر اساس مناطق هیدرولوژیکی مختلف، مصرف می‌شود.
- بخش‌های کشاورزی، شهری و تالاب‌های مدیریت شده به ترتیب تقریباً ۷۶ درصد، ۲۱ درصد و ۲ درصد از کل آب‌های زیرزمینی در ایالت را مصرف می‌کنند (DWR, 2013).
- بسیاری از حوضه‌های آب زیرزمینی در سراسر ایالت، آب‌های زیرزمینی را به صورت تلفیقی مدیریت می‌کنند، سفره‌های زیرزمینی را در طول سال‌های خشک، زمانی که جریان‌های آب سطحی کاهش می‌یابد، پایین می‌آورند، و سفره‌های زیرزمینی را در طول سال‌های تر تغذیه می‌کنند (به عنوان مثال، منطقه آبی دره سانتا کلارا، منطقه آبی اورنج کانتی).

۲-۳- مفاهیم اساسی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی

از جمله اولین تلاش‌ها برای درک پایداری آب‌های زیرزمینی، معرفی اصطلاح «آبدهی مطمئن» می‌باشد. اصطلاح «آبدهی مطمئن» از قانون پایستگی جرم پیروی نمی‌کند و یک مفهوم ذهنی است و به برداشت هر کاربر بستگی دارد که به دلیل حضور بازیگران متنوع با اهداف مختلف، واضح و شفاف نیست. این اصطلاح و تعریف آن، تغییرات زیادی را با توجه به پیامدهای نامطلوب بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و افت کمی و کیفی آب‌ها تجربه کرده و به اصطلاح «آبدهی پایدار» تبدیل شده است. با انتقال از مفهوم «آبدهی مطمئن» به «آبدهی پایدار»، با تأکید بر اینکه سیستم آب‌های زیرزمینی در سیستم هیدرولوژیکی گسترده‌تری قرار گرفته و با توسعه روابط آب‌های زیرزمینی و سایر اجزای مدیریتی، مفهوم مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی با توجه ویژه به افت تراز آب‌های زیرزمینی، تغییرات کیفیت آب و حتی تغییر حق‌آبه‌ها تکامل یافته و تغییراتی در روند تعریف مفهوم پایداری آب‌های زیرزمینی ایجاد شده است (داوری و درخشان، ۱۳۹۷؛ ولی‌پور و کتابچی، ۱۴۰۰).

مفهوم آبدهی پایدار[1] از مفاهیم اساسی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی می‌باشد. آبدهی پایدار را اداره منابع آب کالیفرنیا بدین شرح تعریف نموده است: حداکثر مقدار آب زیرزمینی قابل برداشت سالانه که بر پایه تحلیل یک دوره مدیریتی بلندمدت برای یک حوضه آبریز معین محاسبه می‌شود و برداشت به این میزان بصورت سالانه پیامدهای نامطلوب[2] نخواهد داشت (DWR, 2015؛ داوری و درخشان، ۱۳۹۷). اما، پیاده‌سازی مدیریت آب زیرزمینی بر مبنای «آبدهی پایدار» همچنان یک چالش اساسی است. لذا مبتنی بر این تعریف، مفهوم «مدیریت پایدار آب زیرزمینی» به این شرح تعریف گردید: مدیریت و استفاده از آب زیرزمینی به گونه‌ای که در افق یک برنامه برداشت بلندمدت و در طول پیاده‌سازی این برنامه پیامدهای نامطلوب وقوع نیابد (DWR, 2015). اگر چه که کل ذخیره آب زیرزمینی با

1 Sustainable Yield
2 Undesirable Results

کیفیت مناسب در کالیفرنیا بین ۱×۱۰^{۶} تا $۱/۶\times۱۰^{۶}$ میلیون مترمکعب تخمین زده شده است، اما توسعه برداشت از آب زیرزمینی با توجه به کل آب موجود در آبخوان‌ها گمراه کننده است؛ زیرا فقط به یک جنبه آن توجه شده و از عوامل محدود کننده دیگر مانند شرایط فیزیکی، کیفی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی آب زیرزمینی غفلت گردیده است (DWR, 2003). در واقع این سؤال که «چه مقدار از کل ذخیره آب زیرزمینی برای بهره‌برداری پایدار قابل استفاده است» بدون جواب بوده و پاسخ آن نیازمند توجه به تمامی جوانب مزبور است. بنابراین توجه به کلیه محدودیت‌های برداشت از آب زیرزمینی مبنایی برای SGMA قرار گرفت.

کالیفرنیا در بیش از یک قرن اخیر همواره با مشکلات عدیده و نزاع‌های مختلفی در خصوص منابع آب مواجه بوده است. مهم‌ترین این مسائل مربوط می‌شود به اینکه اولاً کم‌آبی چقدر است؟ خصوصاً در جنوب کالیفرنیا که بدلیل جمعیت بالا مناطق پرمصرف را تشکیل می‌دهد. دوم، مسئله زمانبندی کم‌آبی از لحاظ فصلی و خشکسالی‌های بلند مدت است که در کالیفرنیا رخ داده است. در حال حاضر کالیفرنیا در خشکسالی بلندمدت خصوصاً در ارتباط با وضعیت مخازن آب‌های زیرزمینی به سر می‌برد. نزاع بر سر آب در کالیفرنیا عمدتاً بر سر این است که آب به چه مصرفی برسد و اینکه چه قشری از منابع آب استفاده کنند و این آب به چه قیمتی به گروه‌های مصارف مختلف ارائه شود. در کنار همه مشکلات آب در کالیفرنیا علاوه بر رشد جمعیت، مسئله فرسودگی زیرساخت‌های توزیع آب و همچنین سازه‌های آبی یک موضوع جدی است. این در حالی است که یافتن منابع آب جدید و همچنین بالا بردن بازدهی مصرف منابع آب موجود نیز از دغدغه‌های جدی مدیریتی در این ایالت است. در حال حاضر سعی می‌شود تا چگونگی مقابله با خشکسالی و شرایط تغییر اقلیم در تمامی برنامه‌ریزی‌های کالیفرنیا لحاظ شود (تقوی، ۱۳۹۹).

۲-۴- سیر تکوینی تدوین و تصویب قوانین

قبل از سال ۱۹۰۳، دادگاه‌های کالیفرنیا به طور کلی قانون عرفی انگلیسی را به کار می‌بردند که مالک زمین هر چیزی را که در سطح ملک او از «اعماق زمین و تا آسمان» است را در اختیار داشت. این قانون که به قانون «مالکیت مطلق» شناخته می‌شد، منجر به برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی توسط مالک زمین شد. در پاسخ به اتکای رو به رشد به منابع آب و پیامدهای آن، رسیدگی قضایی به عنوان یک ابزار مدیریت در دهه ۱۹۲۰ آغاز شد. به عبارتی در سال ۱۹۱۴ کالیفرنیا یک چارچوب قانونی شامل قوانینی برای ساماندهی سیستم حقابه منابع آب سطحی را تصویب کرد. با توجه به اینکه در این قانون، سیستم مشخصی برای برداشت آب زیرزمینی تعریف نشده بود؛ در نتیجه در دهه ۱۹۴۰ با افت تراز آب‌های زیرزمینی و فرونشست ناشی از آن مواجه شدند. از این‌رو در سال ۱۹۸۷، کمیسیونی برای بررسی قانون حقوق آب کالیفرنیا تشکیل شد. در واقع چارچوب اساسی قانون قبلی حفظ و به تغییراتی به منظور رسیدگی به نقص‌های این قانون پرداخته شد. اکثر این تغییرات مربوط به اقدامات پیشنهادی کمیسیون در زمینه مدیریت آب‌های زیرزمینی بود. بر اساس این قوانین و تا دهه ۱۹۹۰ سیاست‌های مدیریت آب زیرزمینی در کالیفرنیا به مرور زمان اصلاح و تکمیل شد و به دلیل خشکسالی های طولانی و نیاز به جابجایی آب از یک منطقه به منطقه دیگر بازارهای آب در کالیفرنیا شکل گرفت. در دهه، ۱۹۹۰ قانونگذاران کالیفرنیا، حفاظت از این منابع آب زیرزمینی را به

طور جدی مورد توجه قرار دادند. در سال ۱۹۹۲ با تصویب لایحه AB 3030 قانون مدیریت آب زیرزمینی در شورای قانونگذاری کالیفرنیا به تصویب رسید و کمک‌های مالی برای دستگاه‌های محلی برای تشویق به مدیریت داوطلبانه آب زیرزمینی فراهم آمد و روش‌شناسی تهیه برنامه مدیریت آب زیرزمینی ارائه شد. لایحه AB 3030 شامل ۱۲ مؤلفه مدیریت آب زیرزمینی بود که توسط اداره منابع آب در برنامه مدیریت آب کالیفرنیا در طی سال ۱۸۷۳ تصویب شده است.

در ادامه به اجمال سیر تدوین چند قانون در زمینه مدیریت منابع آب در ایالت کالیفرنیا بررسی می‌شود که با تعمیم و اصلاحات انجام شده، قوانین فعلی، تدوین و به اجرا رسیدند.

۲-۴-۱- برنامه مدیریت آب کشاورزی[1]

بر اساس قوانین برنامه مدیریت آب کشاورزی مصوب سال‌های ۱۹۸۶ و ۲۰۰۹ و قانون حفاظت و نگهداری آب سال ۲۰۱۸، سازمان‌ها و ادارات و مؤسسات عمومی و یا خصوصی که برای ۴ هزار هکتار و یا بیشتر زمین کشاورزی آب آبیاری تأمین می‌کنند، لازم است برای منطقه خود برنامه مدیریت آب کشاورزی تهیه کرده و هر پنج سال یک‌بار برنامه خود را به‌روز نمایند. تهیه برنامه‌های مدیریت آب کشاورزی برای مؤسساتی که برای ۴ الی ۱۰ هزار هکتار زمین کشاورزی تأمین آب کشاورزی می‌کنند در صورتی که برای تهیه برنامه از ایالت کمک مالی دریافت کرده باشند، الزامی است.

برنامه‌های مدیریت آب کشاورزی باید شامل موارد زیر باشد:

- شرح منطقه تحت مدیریت و نحوه مدیریت و عملیات مؤسسه تأمین کننده آب کشاورزی
- میزان مصارف مختلف آب در منطقه تحت مدیریت برای کشاورزی، محیط زیست، تفریحی، صنعتی و شهری، تغذیه آبخوان
- کیفیت و میزان منابع آب مورد استفاده شامل آب سطحی، آب زیرزمینی، آب بازیافتی، و نحوه پایش کیفیت آب مورد استفاده
- بیلان آب شامل منابع و میزان آب دریافتی، میزان مصارف مختلف آب، میزان دیگر خروجی‌های آب نظیر تبخیر
- اهداف مدیریت آب و میزان بهره‌وری و بازدهی آب کشاورزی
- اقدامات افزایش بازدهی مصرف آب شامل اقدامات انجام شده و برنامه اجرای اقدامات آتی

در حال حاضر حدود ۷۵ برنامه مدیریت آب کشاورزی در کالیفرنیا تهیه و هر پنج سال یک‌بار به‌روز می‌شود. با توجه به اجرای برنامه مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در ایالت، هماهنگی برنامه‌های مدیریت آب کشاورزی باید با

1 Agricultural Water Management Plan (AWMP)

برنامه‌های مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی هماهنگی و همخوانی داشته باشد که در ادامه به عنوان موضوع اصلی این مطالعه بررسی خواهد شد.

۲-۴-۲- برنامه مدیریت آب شهری[1]

با تصویب قانون برنامه مدیریت آب شهری کالیفرنیا در سال ۱۹۸۳، شرکت‌ها و مؤسسات تأمین‌کننده آب شهری که برای بیش از ۳۰۰۰ انشعاب آب تأمین می‌کنند و یا بیش از ۳/۷ میلیون مترمکعب در سال و یا میانگین ۱۰ هزار مترمکعب در روز برای مصارف شهری آب تأمین می‌کنند باید برنامه مدیریت آب شهری تهیه کرده و هر پنج سال ی یک‌بار آن را به‌روز کنند. این برنامه‌ها باید قابلیت اطمینان[2] منابع آب خود را برای سال‌های نرمال، خشکسالی و چند خشکسالی مداوم نشان بدهند. قانون برنامه مدیریت آب شهری با توجه به مشکلات منابع آب ایالت نظیر خشکسالی‌های طولانی و اضافه برداشت از آب زیرزمینی تغییر و توسعه پیدا کرده است. یک برنامه مدیریت آب شهری که خوب تهیه شده باشد می‌تواند به مدیران، مردم و نمایندگان‌شان تصویر مناسبی از شرایط و مدیریت آب شهری منطقه در گذشته، حال و آینده ارائه نماید. با توجه به خشکسالی‌های اخیر در کالیفرنیا و موارد جدید قانون برنامه مدیریت آب شهری، این برنامه‌ها باید شامل ارزیابی قابلیت اطمینان منابع آب تحت شرایط خشکسالی در پنج سال متوالی باشد. همچنین برنامه‌های مدیریت آب شهری باید شامل ارزیابی ریسک زمین لرزه برای تأسیسات آب شهری و برنامه مدیریت کاهش اثرات زمین لرزه باشد. میزان انرژی لازم برای تأمین، تصفیه، ذخیره‌سازی، و انتقال آب و همچنین برنامه اضطراری کاهش آب از جمله موارد لازم برنامه‌های مدیریت آب شهری است.

در حال حاضر حدود ۴۰۰ برنامه مدیریت آب شهری در کالیفرنیا تهیه و هر پنج سال یکبار به‌روز می‌شود. همانند برنامه‌های مدیریت آب کشاورزی، برنامه‌های مدیریت آب شهری نیز باید با برنامه‌های مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی هماهنگی و همخوانی داشته باشد.

۲-۴-۳- برنامه مدیریت املاح و نیترات[3]

با تصویب سیاست آب بازیافتی در سال ۲۰۰۹ توسط اداره کنترل منابع آب[4]، تهیه برنامه‌های مدیریت املاح و نیترات برای آبخوان‌های کالیفرنیا ابلاغ شد. هدف از سیاستگذاری سال ۲۰۰۹ تشویق به استفاده بیشتر از آب بازیافتی بود به نحوی که قوانین کیفیت آب ایالتی و فدرال اجرا شود. برای دستیابی به این هدف، از مواد سیاست سال ۲۰۰۹ یک ماده مربوط به الزام تهیه برنامه‌های مدیریت املاح و نیترات بود به نحوی که املاح و نیترات از تمام منابع در سطح آبخوان و حوضه آبریز به نحوی مدیریت شود که بتوان از دسترسی به اهداف کیفیت آب و حفاظت از مصارف مفید اطمینان حاصل شود. نظر به اینکه ابعاد، پیچیدگی هیدروژولوژیکی، و املاح آبخوان‌ها متفاوت است، سیاست سال

1 Urban Water Management Plan (UWMP)
2 Water Supply Reliability
3 Salt and Nutrient Management Plan (SNMP)
4 State Water Resources Control Board (State Board)

۲۰۰۹ تهیه برنامه‌های مناسب مدیریت املاح و نیترات را به صورت محلی و توسط گرووداران محلی[1]در نظر گرفت تا شرایط ویژه محلی در برنامه گنجانده شود. در سال ۲۰۰۹ سیاست تدوین دستورالعمل تهیه برنامه مدیریت املاح و نیترات مطرح شد که این برنامه اجزای زیر را شامل می‌شود:

- برنامه پایش در سطح آبخوان که شامل شبکه مناسب از چاه‌ها برای ارزیابی کیفیت آب و تعیین اینکه غلظت املاح و نیترات با اهداف کیفیت آب متناسب است.
- توصیف اهداف بازیافت آب
- تعیین منابع املاح و نیترات، و برآورد بارگذاری املاح و نیترات، ظرفیت آلاینده‌پذیری[2]آبخوان، انتقال و حرکت املاح و نیترات در آبخوان
- نحوه اجرای اقدامات پایدار مدیریت املاح و نیترات در آبخوان
- ارزیابی عدم کاهش کیفیت که نشان دهد که مجموع اقدامات گنجانده شده در برنامه، سیاست عدم کاهش کیفیت را تأمین می‌کند.

سیاست سال ۲۰۰۹ نحوه و روش انجام اجزای برنامه‌های مدیریت املاح و نیترات را مشخص نکرد و این کار را برعهده گرووداران و تصویب ادارات محلی کنترل کیفیت منابع آب قرار داد. طبق برنامه سیاست سال ۲۰۰۹ باید اولین برنامه‌های مدیریت املاح و نیترات در عرض پنج سال و تا سال ۲۰۱۶ تهیه می‌شدند.

نظر به اینکه بیشتر برنامه‌های مدیریت املاح و نیترات با روش‌های خیلی ساده بیلان جرم املاح[3]تهیه شدند و برخی کمبودهای سیاست سال ۲۰۰۹، اداره کنترل منابع آب در سال ۲۰۱۸ سیاست تکمیلی کنترل کیفیت آب برای آب بازیافتی[4]را تصویب کرد. همانند سیاست سال ۲۰۰۹، هدف سیاست سال ۲۰۱۸ هم تشویق استفاده ایمن از آب بازیافتی از منابع فاضلاب به نحوی که قوانین ایالتی و فدرال کیفیت آب را اجرا کرده و از محیط زیست و بهداشت عمومی حفاظت نماید. براساس سیاست سال ۲۰۱۸، میزان استفاده سالیانه از آب بازیافتی از ۸۸۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۱۵ به یک میلیارد و ۸۵۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۲۰ و سه میلیارد و ۸۴ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۳۰ می‌رسد.

همانند سیاست قبلی، سیاست سال ۲۰۱۸ نیز اجزای برنامه‌های مدیریت املاح و نیترات را مشخص کرد. بیشتر اجزای برنامه مدیریت املاح و نیترات سیاست سال ۲۰۱۸ همانند سیاست سال ۲۰۰۹ است ولی جزییات بیشتری و زمان برنامه‌ریزی طولانی‌تری را در نظر گرفته است که به مجموعه‌ای از خصوصیات محلی نظیر ابعاد آبخوان، کیفیت منابع آب، تغذیه آبخوان با رواناب ناشی از باران[5]هیدروژئولوژی و کیفیت آب آبخوان بستگی دارد. برخی از برنامه‌های

1 Local stakeholders
2 Assimilative capacity
3 Mass-balance
4 Water Quality Control Policy for Recycled Water (Recycled Water Policy)
5 Stormwater recharge

مدیریت املاح و نیترات که تا سال ۲۰۱۶ تهیه شده است در دست اجرا است و تعداد معدودی که در دور قبلی تأیید نشده است باید بازبینی و اصلاح شود.

۲-۴-۴- برنامه پایش و ارزیابی آب‌های زیرزمینی و قانون پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی[1]

قانون پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی در سال‌های ۱۹۹۹ الی ۲۰۰۱ تصویب شد و در نتیجه آن برنامه پایش و ارزیابی آب‌های زیرزمینی (گاما) توسط اداره کنترل منابع آب ایالت با هدف بهبود پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی و در دسترس عموم قراردادن اطلاعات کیفیت آب‌های زیرزمینی و حمایت از برنامه‌ها و پروژه‌هایی که مرتبط با کیفیت آب‌های زیرزمینی است ایجاد گردید. از شروع برنامه گاما بیش از ۳۵ منطقه و دو هزار و سیصد چاه که ۹۸ منابع آب‌های زیرزمینی ایالت را پوشش می‌دهند مورد نمونه‌برداری قرار گرفته‌اند. سیستم اطلاعات آب‌های زیرزمینی گاما شامل بیش از ۸۷ میلیون داده کیفی آب‌های زیرزمینی شده است که بیشتر این داده ها بصورت برخط در دسترس عموم است. اطلاعات کیفیت آب زیرزمینی گاما برای پروژه‌ها و برنامه‌های مختلف نظیر استفاده از آب بازیافتی، برنامه‌های مدیریت املاح و نیترات و تدوین برنامه‌های مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود.

۲-۴-۵- برنامه ایالتی پایش تراز آب زیرزمینی[2]

در سال ۲۰۰۹ قانون برنامه ایالتی پایش تراز آب زیرزمینی به تصویب رسید که طبق این برنامه روند تغییرات سالیانه و بلندمدت تراز آب زیرزمینی در آبخوان‌های ایالت را ارزیابی کرد. هدف این برنامه پایش تمام آبخوان‌های کالیفرنیا تحت یک مدیریت محلی و با کمک اداره منابع آب ایالت و دردسترس قراردادن اطلاعات جمع‌آوری شده برای عموم مردم است. براساس این برنامه، اداره منابع آب ایالتی بانک اطلاعاتی برخطی ایجاد کرده است که به کاربران دسترسی به اطلاعات زیر را می‌دهد:

- فهرست سازمان‌های محلی که با این برنامه پایش همکاری می‌کنند.
- برنامه‌های پایش آب‌های زیرزمینی و برنامه‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی
- امکان جستجو و نمایش داده‌های تراز آب‌های زیرزمینی به صورت جدول و هیدروگراف
- اطلاعات مربوط به چاه های پایش آب زیرزمینی
- نمایش نقشه مکان‌های چاه‌های پایش آب زیرزمینی
- دریافت اطلاعات چاه های پایش، داده های آب زیرزمینی، هیدروگراف و نقشه‌های چاه‌های پایش

1 Groundwater Ambient Monitoring and Assessment Program (GAMA) and the Groundwater Quality Monitoring Act of 2001

2 California Statewide Groundwater Elevation Monitoring (CASGEM) Program

۲-۴-۶- برنامه‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی[1]

یکی از اهداف کلی سازمان حفاظت محیطزیست آمریکا جلوگیری از اثرات نامطلوب برای سلامت انسان و محیطزیست و حفاظت از تمامیت آب‌های زیرزمینی کشور است. براساس این هدف در اوایل دهه ۱۹۹۰، سازمان حفاظت از محیطزیست آمریکا برنامه‌های جامع ایالتی برای حفاظت از آب‌های زیرزمینی[2]را برای رسیدن به یک روش جامع و مؤثر و کارا برای حفاظت منابع آب زیرزمینی کشور ارائه کرد. در همین راستا در اواخر سال ۱۹۹۲، قانون مدیریت آب‌های زیرزمینی[3]در مجلس کالیفرنیا به تصویب رسید و از سال ۱۹۹۳ به اجرا در آمد. طبق این قانون سازمان‌های محلی علاوه بر اختیارات قبلی، قدرت بیشتری برای مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی بدست آوردند. قانون مدیریت آب‌های زیرزمینی تمام حوضه‌های آب‌های زیرزمینی ایالت که توسط اداره منابع آب کالیفرنیا مشخص شده‌اند را شامل می‌شود. طبق این قانون هر سازمان محلی که خدمات آب[4]در منطقه تحت حمایت خود ارائه می‌کند می‌تواند یک برنامه مدیریت آب‌های زیرزمینی را تهیه و اجرا کند. لازم به ذکر است که منطقه تحت حمایت سازمان محلی شامل تمام این مناطق یا بخشی از آن است که در یک حوضه آب زیرزمینی قرار گرفته است. پس از تصویب هر برنامه مدیریت آب‌های زیرزمینی، سازمان مربوطه می‌تواند هزینه اجرای برنامه مدیریت آب‌های زیرزمینی را از مصرف‌کنندگان دریافت کند. از اقدامات اصلی قانون مدیریت آب‌های زیرزمینی مصوب سال ۱۹۹۲ در خصوص سازمان‌های محلی که در یک حوضه آب‌های زیرزمینی واحد قرار دارند، تشویق این سازمان‌ها به تهیه و اجرای برنامه مدیریت آب‌های زیرزمینی هماهنگ است. طبق قانونی در سال ۱۹۹۹، اداره منابع آب ایالت چهارده برنامه جزیی مدیریت آب‌های زیرزمینی را مشخص کرد. این چهارده برنامه جزیی شامل بررسی مشخصات منطقه‌ای که برنامه برای آن تهیه شده، تدوین اهداف مدیریت حوضه، تدوین یک برنامه پایش آب‌های زیرزمینی و زمان‌بندی گزارش‌ها و بررسی‌های مجدد برنامه مدیریت آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

در اوایل دهه ۲۰۰۰، قانونی به اجرا درآمد که اگر سازمان‌های تهیه‌کننده برنامه‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی بخواهند واجد شرایط دریافت کمک‌های مالی از ایالت برای اجرای پروژه‌های کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی باشند، باید این سازمان‌ها یک برنامه مدیریت آب‌های زیرزمینی تهیه و اجرا کنند که شامل پنج موضوع زیر باشد:

- برنامه همکاری با سازمان‌های محلی دیگر که در حوضه آب‌های زیرزمینی مربوط به برنامه قرار دارند.
- ارائه نقشه حوضه آب‌های زیرزمینی و منطقه مدیریتی سازمان محلی که برای آن برنامه مدیریت آب‌های زیرزمینی را تهیه کرده است. نقشه ارائه شده باید شامل منطقه دیگر سازمان‌های محلی باشد.

1 Groundwater Management Plan (GWMP)

2 Comprehensive State Ground Water Protection Programs (CSGWPPs) – Final Comprehensive State Ground Water Protection Program Guidance, EPA (Dec 1992) EPA 100-R-93-001; Protecting the Nation’s Groundwater: EPA’s Strategy for the 1990s, The Final Report of the EPA Ground-Water Task Force (July 1991) 21Z-1020.

3 Assembly Bill (AB) 3030

۴ خدمات فروش آب، کنترل سیلاب، تغذیه آب‌های زیرزمینی و یا مدیریت آب‌های زیرزمینی

- تهیه اهداف مدیریت آب‌های زیرزمینی برای حوضه مربوطه.
- برنامه باید شامل پایش و مدیریت تراز آب‌های زیرزمینی، کیفیت آب‌های زیرزمینی، فرونشست زمین، تغییرات کمی و کیفی آب‌های سطحی که بر سطح و کیفیت آب‌های زیرزمینی مؤثر است و یا به واسطه برداشت آب‌های زیرزمینی ایجاد شده است.
- تدوین دستورالعمل پایش که قابلیت پیگیری تغییرات موارد ذکر شده در موضوع فوق و اهداف برنامه که در موضوع سوم آمده است را داشته باشد.

در طول چندین سال اجرای قانون مدیریت آب‌های زیرزمینی، تعداد زیادی برنامه‌های محلی مدیریت آب‌های زیرزمینی توسط سازمان‌های مربوط به آب‌های زیرزمینی تهیه و به دفعات به‌روز شده است. این برنامه‌ها با هدف برنامه‌ریزی و اقدامات هماهنگ در خصوص پایش، استفاده و مدیریت آبخوان‌ها با هدف پایداری بلندمدت آب‌های زیرزمینی تهیه شدند اما خشکسالی‌های شدید سال‌های ۲۰۱۲ الی ۲۰۱۴ و نیاز به اصلاح روش‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی، منجر به تصویب قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در سال ۲۰۱۴ شد که در ادامه به تفصیل بررسی می‌شود. طبق قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی برای آبخوان‌های با اولویت متوسط و بالا باید برنامه‌های مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی جایگزین برنامه‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی شود. آبخوان‌های با اولویت کم و خیلی کم که شامل قانون سال ۲۰۱۴ نیستند می‌توانند تهیه برنامه‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی را ادامه دهند.

۲-۴-۷- قانون مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب[1]

در سال ۲۰۰۲ قانون مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب در مجلس سنای کالیفرنیا به تصویب رسید. نظر به شباهت این قانون با قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی مصوب ۲۰۱۴، جزییات این قانون و اجرای آن در بیست سال گذشته در این مطالعه آمده است.

طبق قانون مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب، ادارات و سازمان‌های محلی و منطقه‌ای آب تشویق به همکاری جهت مدیریت آب‌های محلی و وارداتی جهت اصلاح کیفیت، کمیت و قابلیت اطمینان این منابع شدند. این قانون اختیارات لازم را برای تنظیم برنامه‌های مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب ایجاد کرد ولی انگیزه لازم را برای تهیه و اجرای این برنامه‌ها ارائه نکرد. لذا در همان سال با تصویب پیشنهاد لایحه امنیت آبی، آب آشامیدنی پاک و حفاظت از سواحل مبلغ ۵۰۰ میلیون دلار بابت تهیه و اجرای برنامه‌های مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب از طریق اوراق قرضه تأمین گردید. در سال ۲۰۰۴ دستورالعمل اجرای پروژه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب و نحوه تخصیص بودجه ۵۰۰ میلیون دلاری آن توسط اداره منابع آب کالیفرنیا و اداره کنترل کیفیت منابع آب ایالت تهیه گردید. طبق این دستورالعمل، بودجه مصوب به طریق رقابتی و برای تهیه و اجرای برنامه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای و جهت پروژه‌های حفاظت از سیل، حفاظت و بهبود کیفیت آب و بهبود امنیت آبی با کاهش وابستگی به آب وارداتی در اختیار مناطق مختلف ایالت قرار می‌گرفت. به واسطه این دستورالعمل و امکان تأمین بودجه برخی از پروژه‌ها، انگیزه مناسبی

1 Integrated Regional Water Management (IRWM)

برای سازمان‌ها و ادارات محلی برای مشارکت در این روش جدید برنامه‌ریزی آب و رقابت برای اخذ منابع مالی مورد نیازشان ایجاد گردید. به موجب این دستورالعمل، الزاماتی برای تهیه برنامه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب برای سازمان‌های منطقه‌ای شرکت کننده در پروژه تدوین گردید. برخی از این الزامات به قرار زیر است:

- برنامه باید توسط سه یا چند سازمان منطقه‌ای دارای اختیارات قانونی مدیریت آب تهیه شود.
- اهداف و اولویت‌های مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب معرفی گردد.
- راهبردهای مدیریت آب به صورت یکپارچه برای دستیابی به اهداف منطقه‌ای تنظیم گردد.
- تعامل با شهروندان از جمله قشرهای آسیب‌پذیر و محروم و مشارکت گروداران در نظر گرفته شود.

علاوه بر تخصیص بودجه نیم میلیارد دلاری سال ۲۰۰۴، مبلغ یک میلیارد دلار دیگر در سال ۲۰۰۶ برای برنامه‌ریزی و اجرای پروژه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب از طریق اوراق قرضه اختصاص یافت. این بودجه از طریق قانون آب آشامیدنی سالم، کیفیت و منابع آب، کنترل سیلاب، و حفاظت رودخانه و سواحل برای ایجاد انگیزه بیشتر جهت اجرای مدیریت پیوسته منطقه‌ای منابع آب تأمین گردید.

پس از تصویب و اجرای قانون مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب، مدیریت منطقه‌ای منابع آب با مدیریت و کمک‌های مالی و فنی اداره منابع آب و همکاری سازمان‌های محلی، متحول و به رشد قابل توجهی در سطح ایالت رسیده است. کمک‌های اداره منابع آب ایالت به اختصار شامل موارد زیر بوده است:

- تهیه دستورالعمل برای نحوه ایجاد مناطق مدیریت یکپارچه و تصویب آن مناطق
- تهیه دستورالعمل برای تنظیم و اجرای برنامه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب
- بررسی و تصویب برنامه‌های مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب و تخصیص بودجه بر اساس رقابت و نمره اکتسابی هر منطقه
- ارائه کمک‌های فنی و کارشناسی به سازمان‌های منطقه‌ای برای تهیه و اجرای برنامه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب

تأسیس مناطق مدیریت یکپارچه منابع آب: در راستای مشارکت در پروژه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب و رقابت برای دریافت بودجه از اداره منابع آب ایالت، ابتدا ضرورت داشت هر منطقه طبق دستورالعمل آن اداره اقدام به تأسیس و تأیید منطقه مدیریت یکپارچه منابع آب خود نماید. این مناطق باید شامل اعضای گوناگونی باشد که در مدیریت، هدایت و تأثیر بر مدیریت منطقه‌ای آب دارای مسئولیت باشند. بعضی از ویژگی‌های مطلوب مناطق مدیریت یکپارچه منابع آب عبارتند از: (۱) منطقه باید یکپارچه و شامل منطقه فعالیت چند سازمان محلی بوده و بتوان فعالیت های مدیریت آب را بطور یکپارچه انجام داد؛ (۲) محدوده مورد نظر شامل اجزای طبیعی و ساخته شده منابع آب بوده و حوضه‌های آبریز را در نظر بگیرد؛ (۳) منطقه باید یک ساختار مدیریت مؤثر و معقول برای تدوین و اجرای برنامه

مدیریت یکپارچه منابع آب داشته باشد؛ (۴) منطقه جهت مدیریت یکپارچه منابع آب و تداوم بلندمدت آن و نه فقط برای استفاده از منابع مالی ایالت در کوتاه‌مدت ایجاد گردد.

ایجاد گروه مدیریت: هر منطقه باید برای خود یک گروه مدیریت منطقه‌ای[1] ایجاد کرده و مدیریت یکپارچه منابع آب را توسط این گروه اعمال کند. وظایف قانونی اعضای گروه مدیریت در خصوص منابع و مدیریت آب (از قبیل تأمین آب، مدیریت کیفیت آب، تصفیه پسآب‌ها، مدیریت و کنترل سیلاب) مشخص بوده و نوع و سطح مسئولیت هر یک در مدیریت یکپارچه منابع آب تعیین می‌گردد. نقش اعضای گروه مدیریت و سایر گرودارن حقوقی و حقیقی در تدوین، همکاری، تصمیم‌گیری و تأیید برنامه مدیریت یکپارچه منابع آب منطقه باید مشخص باشد. هر عضو حقوقی گروه باید برنامه مدیریت یکپارچه منابع آب منطقه را در سازمان خود به تصویب برساند. در صورتی که منطقه‌ای بطور مداوم و به مدت طولانی غیرفعال بوده و یا نتواند به فعالیت‌های مدیریت یکپارچه ادامه دهد، ممکن است عضویتش معلق گردد. همچنین لازم است هر گروه مدیریت، برنامه‌ای برای اطلاع شهروندان از برنامه مدیریت یکپارچه منابع آب منطقه و نحوه مشارکت آنان داشته باشد. ساختار تشکیلاتی هر گروه مدیریت جهت پایداری در مدیریت یکپارچه منابع آب در زمان وجود منابع مالی ایالت و پس از اتمام آن باید مشخص گردد. نحوه تصمیم‌گیری گروه و مشارکت اعضا در آن در خصوص اهداف، پروژه‌ها، تأمین مالی فعالیت‌ها و اجرای برنامه مدیریت یکپارچه منابع آب منطقه‌ای گروه لازم است تدوین گردد.

تدوین برنامه‌های مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب: پس از مشخص‌شدن منطقه مدیریت یکپارچه منابع آب و تشکیل گروه مدیریت منطقه، گروه‌ها پس از تنظیم تقاضا برای تدوین برنامه مدیریت یکپارچه منابع آب منطقه خود بر اساس دستورالعمل اداره منابع آب ایالت از آن اداره تقاضای تأمین بودجه لازم را کردند. اداره منابع آب کالیفرنیا پس از بررسی و رتبه‌بندی تقاضاها به ترتیب رتبه و امتیاز گروه‌ها، بودجه بعضی از مناطق را که شرایط لازم را کسب کرده بودند تأمین کرد. از شرایط لازم برای برنامه‌های مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب در نظر گرفتن بهره‌وری[2] و قابلیت اطمینان[3] منابع آب، کیفیت آب، کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی، اکوسیستم و حفاظت از حوضه آبریز و نیازهای بخش‌های آسیب‌پذیر بود. همچنین برنامه‌ها باید اولویت‌های ایالت در زمینه آمادگی برای خشکسالی، بهره‌وری در مصرف آب، اقدامات اجرایی در خصوص تغییرات اقلیم، حفاظت از محیط زیست، مدیریت یکپارچه سیل، حفاظت از کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی و تقسیم عادلانه منافع را در نظر می‌گرفتند تا برنامه‌های منطقه‌ای شامل اهداف ایالت در سطح مناطق نیز باشد. در برنامه‌های مدیریت یکپارچه منابع آب، مناطق از داده‌ها و ابزار تحلیلی[4] نظیر مدل‌های ریاضی و کامپیوتری منابع آب برای تنظیم و انتخاب پروژه‌های آبی منطقه استفاده شده است.

1 Regional Water Management Group (RWMG)
2 Efficiency
3 Reliability
4 Analytical tools

اجرای پروژه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب در کالیفرنیا در چند سال گذشته روشی نوینی را برای مدیریت منابع آب پیش‌روی مدیران و مسئولان آب گذاشته است. مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب در برخی مناطق پیشرفت خوبی داشته ولی در بعضی مناطق پیشرفت این نحوه مدیریت، جزیی و یا نامحسوس بوده است. در ادامه اجرای پروژه مدیریت یکپارچه ارائه می‌گردد.

تعداد مناطق مدیریت پیوسته منابع آب: برخی از سازمان‌ها و ادارات محلی، منافع مشارکت و همکاری در برنامه‌ریزی برای مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب را درک کرده و جهت ادامه این کار اقدام کرده‌اند. بر خلاف گروه اول، در برخی مناطق، سازمان‌های منطقه‌ای بیشتر برای انگیزه‌های مادی با این پروژه همکاری کرده‌اند. به هر حال در نتیجه اجرای پروژه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب، سطح مدیریت منابع آب در ایالت بهبود پیدا کرده است. مناطق مصوب و تأیید شده برای اجرای مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب، ۸۷ درصد مساحت و ۹۹ درصد جمعیت ایالت را شامل می‌شود. مساحت مناطق مدیریت یکپارچه منابع آب تصویب شده متغیر بوده و مساحت بزرگ‌ترین منطقه بیش از ۵۰ هزار کیلومترمربع و کوچک‌ترین منطقه حدوداً ۷۰۰ کیلومترمربع است.

برنامه‌ریزی‌های محلی آب: با وجود انجام پروژه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب در کالیفرنیا، برنامه‌ریزی‌های محلی هنوز از اهمیت لازم برخوردار بوده و کماکان ادامه خواهد داشت. چرا که تمامی مسایل مدیریت منابع آب منطقه‌ای نیست و برنامه‌ریزی خوب محلی می‌تواند در کمک به مدیریت یکپارچه منابع آب مؤثر باشد.

نیازهای متفاوت مناطق: از آنجایی‌که مناطق مختلف خصوصیات متفاوت دارند، نیازها و خواسته‌های آنان نیز عمدتاً متفاوت است. پروژه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب باید اجازه دهد که نیازهای خاص هر منطقه تعیین شده و راه حل‌هایی با منافع متعدد تنظیم گردد.

ساختار مدیریت مناطق: مناطق مختلف نیازها و چالش‌های متفاوتی دارند ولی لازم است یک راهکار منسجم و مؤثر برای همکاری بین سازمان‌های محلی متعدد و با منافع مختلف و یا مشترک، ارائه شود. ایجاد ساختار مدیریت مناطق مستلزم صرف وقت و منابع قابل توجهی می‌باشد. تعیین یک ساختار اداری و مدیریتی مؤثر و یک روند تصمیم‌گیری مناسب برای یک منطقه مدیریت یکپارچه منابع آب به اطمینان و تفاهم متقابل اعضای منطقه نیاز دارد و این در طول زمان میسر خواهد شد.

شروع پروژه‌های مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب: پروژه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب در کالیفرنیا نمی‌توانست بدون کمک‌های مالی و کارشناسی ایالت انجام شود. برای سازمان‌های محلی که با بودجه و پرسنل محدود کار می‌کنند مدیریت یکپارچه منابع آب یک کار اضافی برای این سازمان‌ها تلقی می‌شود و بدون مشوق‌های مالی و فنی از ایالت یا سازمان‌های کشوری نمی‌توانند در این مورد مشارکت نمایند.

تداوم پروژه‌های مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب: مدیریت آب در کالیفرنیا در اثر اجرای پروژه مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب بهبود پیدا کرده است ولی اثرات بلندمدت و تداوم آن در آینده مشخص خواهد شد چرا

که مدیریت یکپارچه منطقه‌ای منابع آب یک راه حل و روش مدیریت بلندمدت است. اثرات مفید تدوین و اجرای این برنامه مدیریت در بلندمدت و در صورت همکاری گروه کثیری از سازمان‌های محلی و منطقه‌ای نمایان خواهد شد. در این صورت است که ادامه این نوع مدیریت بدون کمک‌های مالی ایالت امکانپذیر خواهد شد.

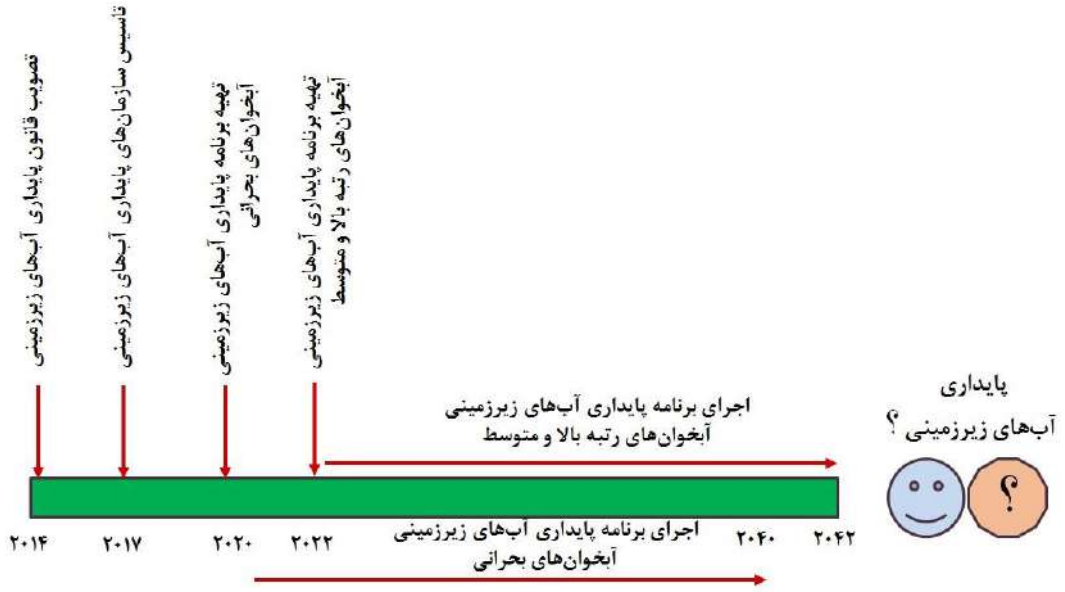
در ادامه در سال ۲۰۰۹ لایحه مصوب سنا (CASGEM)، برنامه پایش سراسری تراز آب‌های زیرزمینی به منظور ارزیابی روندهای فصلی و بلندمدت در سرتاسر کالیفرنیا به تصویب رسید. در سال ۲۰۱۱ لایحه ۳۵۹ در شورای قانونگذاری کالیفرنیا به تصویب رسید. در طی این لایحه، دستگاه‌های محلی باید محدوده‌های تغذیه در برنامه مدیریت آب زیرزمینی را مشخص نمایند تا بتوانند از بودجه ایالتی برای پروژه‌های آب زیرزمینی بهره‌مند شوند. در طی این دو لایحه بین نظام‌های مدیریت محلی و ایالتی یکپارچگی صورت گرفت. در سال ۲۰۱۲ کالیفرنیا بعد از خشکسالی سال ۱۹۷۷، شدیدترین خشکسالی را تجربه کرد. کمبودهای شدید تأمین از منابع آب سطحی به پمپاژ بیشتر آب زیرزمینی انجامید. از این‌رو در سال ۲۰۱۴، با اضافه‌شدن دو قانون «برنامه عمل برای آب در کالیفرنیا» و «برنامه مدیریت خشکسالی» به برنامه پایش سراسری تراز آب زیرزمینی، قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا به تصویب رسید. بر اساس این قانون باید تمامی مناطق و محدوده‌ها جهت پایدارسازی و تثبیت منابع آب زیرزمینی تا سال ۲۰۴۰ مشخص و اولویت‌بندی شوند که موضوع اصلی این مطالعه است.

۲-۵- قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا

قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی که نقطه عطفی در سیاست آب کالیفرنیا می‌باشد، نقطه اوج چندین دهه برنامه‌ریزی و مجموعه قوانینی است که در نتیجه و استمرار تحولات تاریخی و سیاست‌های پیشین در منابع آب ایجاد شده است. در واقع مدیریت آب زیرزمینی در کالیفرنیا را می‌توان به سه بازه زمانی کلی تقسیم نمود: دوره بلندمدت مدیریت محلی آب زیرزمینی از ۱۹۰۰ تا ۱۹۸۰، دوره مدیریت در سطح محلی به همراه تشویق به کنش بهره‌برداران از ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ و دوره اجباری کردن اقدامات و اجرای قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی از ۲۰۱۴ به بعد. در نهایت این قانون در سال ۲۰۱۵ با لحاظ تغییراتی به منظور تشکیل سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی به اجرا درآمد.

این قانون با توجه به مشکلات شدید خشکسالی سال‌های ۲۰۱۲ الی ۲۰۱۴ و کم‌اثربودن قوانین موجود در خصوص پایداری آب‌های زیرزمینی و نیاز به استفاده مفید بلندمدت از این منبع مهم آب، پس از گذشت ۱۰۰ سال از تصویب قانون سیستم حقابه آب‌های سطحی سال ۱۹۱۴، در سال ۲۰۱۴ به تصویب رسید. از خصوصیات این قانون جدید، الزامی‌بودن مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی و ترویج کنترل و مدیریت محلی آب‌های زیرزمینی است. طبق این قانون، با حفظ نقش هدایتی، حمایتی و پلیسی حوزه ستادی، مدیریت پایدار به سازمان‌های محلی و استفاده‌کنندگان از آب‌های زیرزمینی واگذار شده است. طبق این قانون یک الی چند سازمان محلی مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی با قدرت قانونی برای اجرای مدیریت پایدار برای هر آبخوان ایجاد گردیده است. این سازمان‌های محلی طبق قانون پایداری آب‌های زیرزمینی برنامه‌های پایداری با زمانبندی مشخص برای رسیدن به پایداری را تهیه کرده‌اند.

در شکل ۲–۷ مراحل اجرای قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی، آمده است (نامور، ۱۳۹۹) که در ادامه به جزییات آن پرداخته می‌شود. پایداری آب‌های زیرزمینی در سیاست‌ها، قوانین و مقررات مربوط به آب‌های زیرزمینی در تعدادی از نقاط مختلف جهان مانند استرالیا، کلمبیا، کالیفرنیا، فرانسه، آلمان، هاوایی، ماساچوست، هلند و آفریقای جنوبی گنجانده شده است. اهداف پایداری آب‌های زیرزمینی، به عنوان یک ابزار سیاست‌گذاری، ممکن است متغیر باشد؛ اغلب به منظور جلوگیری از اضافه برداشت آب زیرزمینی پیاده‌سازی می‌شود و ممکن است شامل اقدامات برای اطمینان از تأمین آب در آینده یا محافظت از سیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی باشد. با این حال، فقدان ارتباطات میان‌رشته‌ای بشدت بر تعاملات بین سیاست‌گذاری و کنترل پایداری آب‌های زیرزمینی تأثیرگذار است. علیرغم اینکه ابزار سیاستگذاری در چندین دستورالعمل و بخشنامه آبی در خیلی از کشورها گنجانده شده است، اما اجرای سیاست پایداری آب‌های زیرزمینی به روشی پویا و یکپارچه هم برای مدیران آب‌های زیرزمینی، هم برای قانون‌گذاران و هم برای جامعه علمی همچنان چالش‌برانگیز است. برای نمونه، قانون آب آفریقای جنوبی اگرچه به عنوان یکی از پیش‌روترین بخش‌های قانونگذاری محیط‌زیستی در جهان شناخته می‌شود، اما در مورد اهداف محیط‌زیستی آن هنوز ابهام وجود دارد. همچنین، چارچوب آب اتحادیه اروپا بدون مدیریت عملی و واقعی آب‌های زیرزمینی در سطح عملیاتی، به بهبود پایداری آب‌های زیرزمینی کمک چندانی نمی‌کند. در حوضه موری‌دارلینگ که با دستور کار اصلاحات آب استرالیا با موفقیت آبخوان‌های بیش از حد بهره‌برداری شده به سطح پایدار محیط‌زیستی برگردانده شده است، اما اقلیت‌هایی در استرالیا هنوز به این برنامه‌های آبی یا فرآیندهای آن اعتماد کامل ندارند (ولی‌پور و کتابچی، ۱۴۰۰).



شکل ۲–۷– مراحل اجرای قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی

۲-۶- چشم‌انداز، اهداف و معیارهای قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی

قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا به ارتباط متقابل آب‌های سطحی و زیرزمینی تأکید می‌کند، اما ایالت کالیفرنیا برای برقراری ارتباط مؤثر بین سیستم‌های حقوقی و مدیریتی که در طی دهه‌های قبل به طور مستقل

و جداگانه فعالیت نموده‌اند، به سال‌ها زمان نیاز دارد. به طور کلی هدف قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی ۲۰۱۴، مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در حوضه‌های آب زیرزمینی کالیفرنیا توسط سازمان‌های عمومی محلی و سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی است. بر اساس مطالب فوق، از خصوصیات قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- الزام به مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی
- ترویج کنترل و مدیریت محلی آب‌های زیرزمینی

این قانون، سازمان‌های محلی پایداری آب‌های زیرزمینی را موظف می‌کند که برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی (GSPs[1]) را برای جلوگیری از «نتایج نامطلوب» آب‌های زیرزمینی و سایر تأثیرات آن‌ها تدوین نمایند. براساس بررسی مستندات هدف قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی از بین‌بردن اثرات نامطلوب استفاده از آب‌های زیرزمینی در طول ۲۰ سال می‌باشد که این اثرات نامطلوب (معیارها) شامل موارد زیر است (SGMA, 2014):

- افت شدید تراز آب‌های زیرزمینی
- کاهش ذخیره آب‌های زیرزمینی
- ورود آب دریا به آبخوان‌های ساحلی (پیشروی آب شور)
- کاهش کیفیت آب
- فرونشست زمین
- کاهش کاربرد مفید آب‌های سطحی

در خصوص معیارها و عوامل بحرانی در ادامه توضیحات هر یک ارائه شده است:

- اولین عامل بحرانی کاهش آبدهی آب زیرزمینی[2](افت مزمن) بوده، که به «نرخ کاهش تراز آب زیرزمینی بر مبنای روند تاریخی نوسانات تراز آب زیرزمینی» گفته می‌شود. این عامل بحرانی بر اساس تغییرات سطح آب زیرزمینی قابل تبیین است. افت مزمن قابل توجه و نامعقول تراز آب زیرزمینی که منجر به افت آبدهی شود معیاری برای کنترل برداشت از آب زیرزمینی می‌باشد. این معیار، پیشران‌های اصلی برای تغییر دیگر معیارهای برداشت از آب زیرزمینی محسوب می‌شود. در واقع پنج معیار دیگر متأثر از تغییر این معیار اصلی هستند.
- به هم‌پیوستگی بسیار شدید بین منابع آب سطحی و آب زیرزمینی بر کسی پوشیده نیست. عامل بحرانی دوم اشاره به این موضوع دارد. کاهش قابل توجه و نامعقول آب زیرزمینی که منجر به خسارت کاربردهای مفید از منابع آب سطحی شود، معیاری برای مورد توجه قرار دادن عامل بحرانی دوم می‌باشد. این معیار شامل به هم خوردن ارتباط طبیعی این دو منبع است به گونه‌ای که برداشت بیش از حد از منبع اول (آب زیرزمینی) موجب کاهش جریانات منبع دوم (منابع آب سطحی) و در نتیجه متضرر شدن حقابه‌داران منابع آب سطحی شود. این عامل بحرانی به موقعیت، کمیت و میزان تبادلات این دو منبع وابسته است. لازم به ذکر است که

1 Groundwater Sustainability Plans (GSPs)
2 Chronic Lowering of Groundwater Levels

اداره منابع آب تهیه مدل‌هایی برای تخمین تبادلات منابع آب سطحی و زیرزمینی برای هر برنامه مدیریت پایدار آب زیرزمینی را ضروری اعلام نموده است.

- عامل بحرانی سوم به تغییر کیفیت آب زیرزمینی ناشی از پیشروی آب شور دریاها به سمت آبخوان اشاره دارد. اگرچه که این عامل بحرانی بیشتر در مناطق ساحلی و نزدیک به دریا مطرح می‌باشد اما اضافه برداشت از آب زیرزمینی در بسیاری از آبخوان‌ها و مخصوصاً آبخوان‌های متصل به کویر و آب‌های شور نیز وقوع پیامدهای نامطلوب ناشی از این عامل بحرانی را محتمل نموده است. تغییر قابل توجه و نامعقول تراکم خطوط هم‌شوری معیاری برای مورد بررسی قراردادن این عامل بحرانی است.
- تغییر کیفیت آب ممکن است که ناشی از پیشروی آب شور به آبخوان نباشد بلکه عوامل بیرونی مثل ورود آلودگی‌های انسانی به آب زیرزمینی و یا تغییر کیفیت ناشی از شوری خودالقایی آبخوان در اثر اضافه برداشت باشد. تغییر قابل توجه و نامعقول تراکم خطوط هم‌شوری انواع عناصر موجود در آب معیار مورد بررسی قرار دادن این عامل بحرانی است.
- عامل بحرانی پنجم اشاره به اهمیت تحلیل فرونشست در سطح زمینی ناشی از اضافه برداشت اشاره دارد. این عامل بحرانی به جنس آبخوان وابسته است و فرونشست قابل توجه و نامعقول سطح زمین که بر اساس تغییرات خطوط هم‌فرونشست در یک دوره زمانی مشخص می‌تواند معیاری برای ارزیابی این عامل بحرانی واقع شود.
- عامل بحرانی ششم به اضمحلال ذخایر تجدیدناپذیر آبخوان اشاره دارد. این ذخایره بخشی از آب زیرزمینی برای افزایش تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی بوده که در متون علمی به ذخیره راهبردی آب زیرزمینی نیز معروف است. ذخیره راهبردی آب زیرزمینی ابزاری کارآمد در مدیریت ریسک بلایایی طبیعی همچون خشکسالی است. بنابراین لازم است تا بخشی از ذخیره آب زیرزمینی برای افزایش تاب‌آوری توسعه در نظر گرفته شود. تحلیل کمبود تأمین آب برای مصارف در صورت وقوع خشکسالی و خشکسالی‌های خطرناکی که ممکن است بخاطر تغییر اقلیم به وقوع بپیوندند معیاری برای ارزیابی این عامل بحرانی است.

به طور خلاصه معیار پایداری با نداشتن هرگونه پیامد نامطلوب در حوضه در طول ۲۰ سال اجرای برنامه تعریف می‌شود. هر سازمان پایداری آب زیرزمینی باید برای هر یک از مؤلفه‌های پایداری، یک حد مجاز مشخص کند تا از به‌روز پیامدهای نامطلوب جلوگیری نماید. مؤلفه‌های پایداری شامل تراز آب زیرزمینی، ذخیره آب زیرزمینی، پیشروی آب شور دریا، کیفیت آب، فرونشست زمین و میزان آب سطحی در تبادل با آب زیرزمینی می‌باشد. اگر یک یا چند مؤلفه از مقدار حدأقلی تعیین شده پایین‌تر بیاید وضعیت نامطلوب بوجود آمده است. در برنامه پایداری باید برای هر یک از مؤلفه‌ها یک هدف قابل اندازه‌گیری تعیین شود که پس از ۲۰ سال با اجرای برنامه محقق گردد. روند تحقق این اهداف باید در بازه‌های کوتاه مدت پنج ساله مشخص گردد. این روند در حین اجرای برنامه توسط اداره منابع آب مورد ارزیابی قرار گرفته و در پایان هر پنج سال برنامه پایداری مورد بازنگری قرار می‌گیرد.

بر اساس هدف تعریف شده، خصوصیات کلی قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی شامل موارد زیر می‌باشد:

- ایجاد سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی
- تهیه و اجرای برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی

- دخالت سازمان‌های ایالتی در صورت عدم اجرای کامل قانون
- عدم نیاز به مطالعات زیست‌محیطی
- عدم تغییر حقابه‌ها

بطور کلی اهداف باید از لحاظ کاهش مصارف و بهترکردن استفاده از منابع آبی مشخص گردد. اینکه چه پروژه‌های باید از لحاظ کم‌کردن مصرف آب، برای مدیریت منابع و همچنین استفاده از منابع آب تعریف شود. در خصوص توزیع آب از مناطق با آب بیشتر به مناطقی با مصرف آب بیشتر، برنامه‌ها و پروژه‌های زیادی برای انتقال آب در سطح منطقه و ایالت تعریف شده است. این پروژه‌ها در سطح ایالت مطرح شده تا در مورد مالکیت آن، منطقه‌ای بودن یا ایالتی بودن آن، ساختار بودجه‌بندی و ساخت و سازها تصمیم گیری شود. علاوه بر این، در خصوص افزایش دسترسی به منابع آب، از طریق استفاده از آب‌های ساحلی و شور، شیرین‌سازی آب‌ها و باروری ابرها، استفاده از پسآب‌های شهری برای مصارف کشاورزی در این برنامه مدیریت یکپارچه منابع آب بسیار کار شده است (تقوی، ۱۳۹۹).

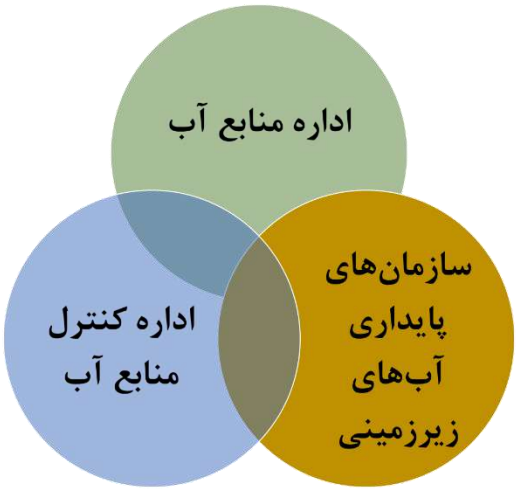
۲-۷- ویژگی‌های فنی، نهادی و سازمانی

۲-۷-۱- سازمان‌های ایالتی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی

در شکل ۲—۸، سازمان‌های مجری پایداری آب‌های زیرزمینی آمده است. قانون آب در سال ۲۰۰۲، مناطق دهگانه تقسیم‌بندی شده کالیفرنیا را موظف کرد که در هر حوضه آبریز یک سازماندهی خاصی را با همکاری مشترک همه سازمان‌ها و نهادها، تشکل‌های مردم نهاد انجام دهند تا برنامه‌ریزی به شکلی طراحی شود تا در نهایت با جمع‌بندی همه برنامه‌های مناطق به برنامه‌ریزی در سطح کل ایالت دست پیدا کنند. مؤلفه‌های اصلی همکاری بین این مناطق دهگانه شامل منابع آب، مصارف آب، کیفیت آب، مسائل اقتصادی و اجتماعی و نحوه همکاری با دولت بوده است. براساس تعامل و تعادلی که بین سازمان‌ها و اشخاص مختلف در هر منطقه شکل گرفته، سازماندهی خاصی ایجاد شده که نه تنها این گروه کنترل منابع آب را در دست دارند، بلکه کنترل کیفیت و مصارف را نیز در دست داشته و می‌توانند بهترین برنامه‌ریزی را برای منابع آب ترسیم کنند. مسلماً در سطح ایالت، نظارت کامل بر علملکرد این سازمان‌ها وجود داشته تا در صورت بروز نزاع، ایالت بتواند مشکل را حل کند (تقوی، ۱۳۹۹). براساس مطالعه پشتوان (۱۴۰۰)، اداره منابع آب کالیفرنیا، برابر قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی، دو نقش را در پشتیبانی از دستگاه‌های محلی در پیشبرد مدیریت پایدار آب زیرزمینی بر عهده دارد:

- ضابطه‌گذاری که شامل طراحی ضوابط مربوط به مرزهای حوضه و تهیه و ارزیابی برنامه پایداری آب زیرزمینی، گزارش پیشرفت سالانه و به‌روزسازی در هر پنج سال است.
- ارائه کمک‌های فنی که شامل تأمین اطلاعات فنی و مدل‌ها، ابزارهای برنامه‌ریزی و داده‌ها و پشتیبانی مالی از دستگاه‌های محلی است. همچنین، این قانون اختیار ضابطه‌گذاری و مداخله را به شورای ایالتی آب می‌دهد، در صورتی که تلاش دستگاه‌های محلی، بسنده نباشد یا اگر قادر به مدیریت پایدار استفاده آب زیرزمینی در حوضه مورد نظر نباشند.

قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی، ساختار حکمرانی جدیدی را برای مدیریت منابع آب زیرزمینی کالیفرنیا در سطح محلی مقرر کرده است. برابر قانون، تأسیس دستگاه‌های عمومی در سطح محلی اجازه داده شده است. برابر زمان‌بندی پیاده‌سازی قانون، در حوضه‌های آب زیرزمینی با اولویت بالا و متوسط، تا ۳۰ ژوئن ۲۰۱۷، دستگاه محلی مسئول مدیریت آب زیرزمینی باید تأسیس می‌شد. در این زمان قانونی، ۲۶۰ دستگاه مدیریت در ۱۴۳ حوضه آب زیرزمینی برای مدیریت این منابع تشکیل شد. در حوضه‌هایی که اولویت کم تا خیلی کم دارند، تأسیس دستگاه مدیریت توصیه می‌شود، اما برابر قانون الزامی نیست.



شکل ۲–۸– سازمان‌های مجری پایداری آب‌های زیرزمینی

نقش اداره منابع آب تدوین ضوابطی برای GSA[1]ها به منظور تهیه و پیاده‌سازی برنامه‌های پایداری است به همین منظور باید ضوابطی را برای تعیین مرزهای حوضه‌ها تدوین کنند. نقش سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی مدیریت آب در محدوده‌های مشخص شده از طریق تهیه برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی است. نقش اداره کنترل منابع آب نظارت بر ضوابط تعیین شده به منظور حمایت و پشتیبانی از برنامه‌های مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی است. نکته مهمی که در این بررسی به آن پی برده شد، دردسترس بودن داده و اطلاعات و همچنین شفافیت و قابل اتکا بودن آن برای همه گرودارن است که باید مورد توجه باشد.

۲-۷-۲- فرآیند اجرای قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی

مراحل اصلی تدوین و اجرای برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی در شکل ۲–۹ ارائه شده است. مرحله اول ایجاد بستر لازم برای تشکیل GSAها می‌باشد؛ در مرحله دوم GSAها توسط اداره منابع آب از نظر توانایی و ظرفیت‌های موجود مورد بررسی قرار گرفته و پس از تأیید، مراحل نوشتن برنامه‌های پایداری توسط GSA منتخب شروع می‌شود، در مرحله سوم برنامه‌های پایداری پیشنهادی توسط اداره منابع آب از نظر اجرایی بودن و مطابقت با قوانین و اهداف کلی پایداری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد؛ پس از تأیید برنامه‌های پایداری توسط اداره منابع آب در مرحله چهارم GSA

[1] Groundwater Sustainability Agencies (GSAs)

گزارش مراحل و نتایج حاصل از اجرای برنامه‌های پایداری را به اداره منابع آب ارسال نموده در این مرحله در صورت لزوم برنامه‌های پایداری بازبینی و اصلاح می‌گردند (داوری و درخشان، ۱۳۹۷). چهار مرحله کلی را می‌توان بصورت زیر خلاصه نمود:

- مرحله اول تشکیل و هماهنگی GSA شامل تراز مجدد حوضه‌ها (با توجه به اصلاحات مرزی حوضه در صورت لزوم) و ایجاد حاکمیت حوضه از طریق تشکیل GSAها است.
- مرحله دوم آماده‌سازی و ارسال برنامه‌های پایداری شامل توسعه و پذیرش برنامه‌های پایداری توسط GSAها می‌شود. مراحل اول و دوم فعالیت‌های محلی هستند که باید با رعایت نقاط عطف قانونی مورد نیاز SGMA تکمیل شوند. تاریخ‌های نقطه عطف کلیدی در جدول زمانی شکل ۲–۱۰ مربوط آمده است.
- مرحله سوم بررسی و ارزیابی برنامه‌های پایداری یک فعالیت مبتنی بر اداره منابع آب است که در آن کارکنان اداره منابع آب، برنامه‌های پایداری را برای تعیین کفایت بررسی و ارزیابی خواهند کرد.
- مرحله چهارم پیاده‌سازی و گزارش‌دهی به صورت محلی انجام می‌شود و شامل تهیه گزارش‌های سالانه و ارزیابی‌های برنامه‌های پایداری است که هر پنج سال یک‌بار در طول اجرای برنامه‌های پایداری تکمیل می‌شود.

شکل ۲–۹– مراحل تهیه و پیاده‌سازی برنامه پایداری به منظور دستیابی به اهداف پایداری آب‌های زیرزمینی

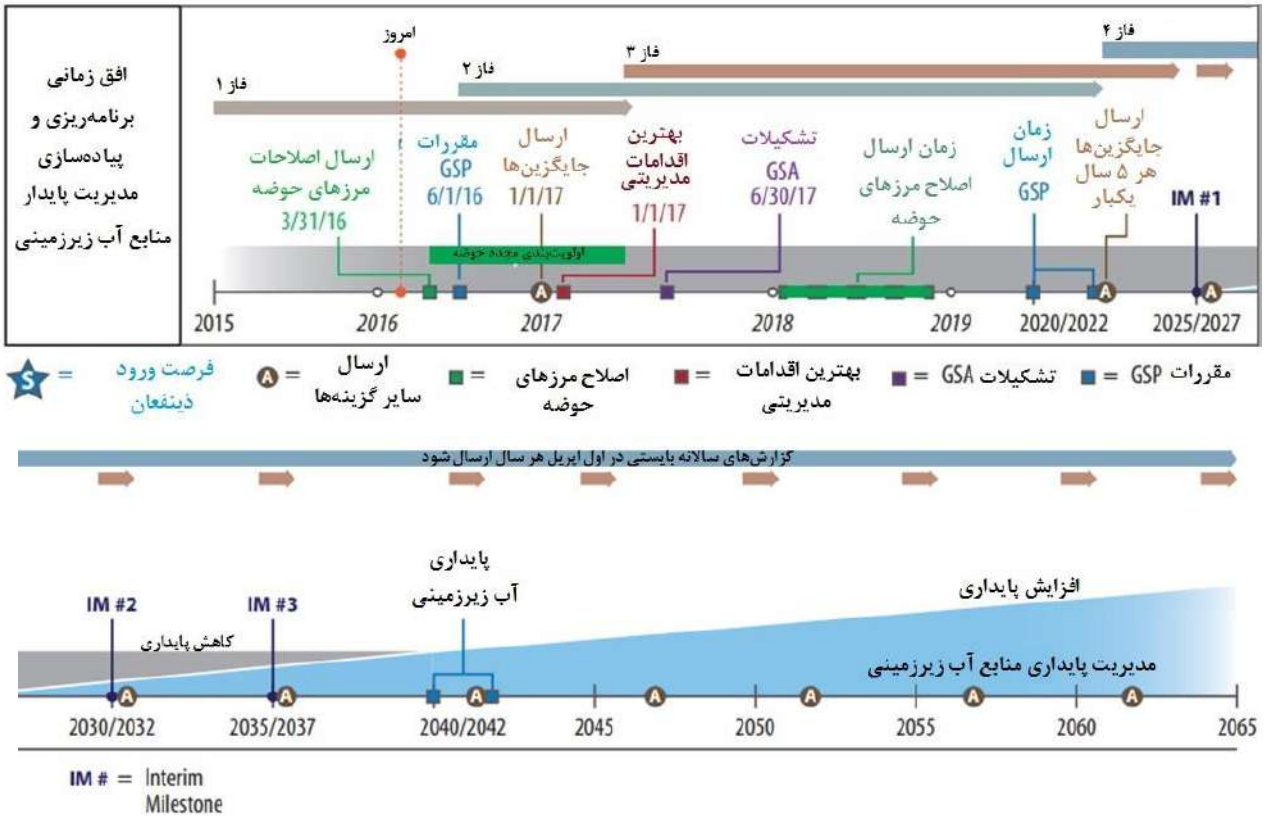
بطور کلی فرآیند تهیه و پیاده‌سازی برنامه پایداری را می‌توان به دو بخش همانطور که در شکل ۲–۱۰ نشان داده شده است، تقسیم کرد.

مراحل تشکیل GSAها و ساختار حکمرانی: در سال ۲۰۱۴، اداره منابع آب، ۵۱۵ حوضه با اولویت بالا، متوسط و پایین را مشخص نمود که ۴۳ حوضه به عنوان اولویت بالا و ۸۴ حوضه به عنوان اولویت متوسط طبقه‌بندی شده است. حوضه‌های باقیمانده به عنوان اولویت کم یا بسیار کم طبقه‌بندی می‌شوند. اگر چه دولت این حوضه‌ها را تشویق می‌کند تا برنامه‌های پایداری را تهیه کنند، اما تهیه آنها تحت SGMA مورد نیاز نیست. پمپاژ بدون محدودیت آب زیرزمینی در حوضه‌های با اولویت کم و بسیار پایین در آینده می‌تواند منجر به اثرات نامطلوب شود، این مورد یکی از ضعف‌های قانون فعلی می‌باشد که به آن توجه نشده است.

حوضه‌هایی که اولویت بالا و متوسط دارند، ملزمند برنامه پایداری آب زیرزمینی را به اداره منابع آب ارائه نمایند و هر پنج سال، برنامه را بازنگری کنند تا میزان تحقق پایداری برای حوضه مورد نظر مشخص شود. حوضه‌هایی که در

وضعیت اضافه برداشت بحرانی قرار دارند، ملزم شدند تا سال ۲۰۲۰ و دیگر حوضه‌هایی که اولویت بالا و متوسط دارند، باید تا سال ۲۰۲۲ برنامه پایداری آب زیرزمینی را ارائه نمایند و تا سال ۲۰۴۰ به پایداری آب زیرزمینی دست یابند.

برای ترویج کنترل و مدیریت محلی آب‌های زیرزمینی، (۱) تأسیس سازمان‌های مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی، (۲) قدرت قانونی برای اجرای مدیریت پایدار، (۳) تهیه برنامه‌های پایداری و (۴) زمان‌بندی مشخص برای رسیدن به پایداری، در این قانون مدنظر است.



شکل ۲–۱۰– برنامه زمانی تهیه برنامه‌های پایداری توسط GSA در حوضه‌هایی با اولویت بالا و متوسط

مرحله اول: تشکیل و هماهنگی GSAها

طبق قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی، تشکیل GSA در یک حوضه و مدیریت آن می‌تواند به سه شکل زیر انجام شود که در شکل ۲–۱۱ نشان داده شده است.

- در کل حوضه یک سازمان پایداری آب زیرزمینی تشکیل شود و تمامی کاربران، گرودارن و شرکت‌های محلی حوضه در آن مشارکت داشته باشند.
- در یک حوضه چند سازمان پایداری آب زیرزمینی تشکیل و برای کل حوضه یک برنامه پایداری آب زیرزمینی مشترک تهیه شود.

- در یک حوضه چند سازمان پایداری آب زیرزمینی تشکیل شود و هر کدام یک برنامه پایداری آماده کنند، بطوریکه یک تفاهمنامه همکاری بین سازمان‌های پایداری آب زیرزمینی حوضه تدوین و در آن مسئولیت‌های هر کدام مشخص شود.

هر GSA باید با توجه به شرایط خاص حوضه خود برای هر یک از این مؤلفه‌ها، یک حد مجاز مشخص کند که در حقیقت بیانگر مرز بین شرایط مطلوب و نامطلوب است. اگر یک یا چند مؤلفه از حد مجاز تعیین شده فراتر رود وضعیت نامطلوب بوجود آمده است. همچنین در برنامه پایداری باید برای هر یک از مؤلفه‌ها یک هدف قابل اندازه‌گیری تعیین شود که در افق ۲۰ ساله محقق شود (CWC, 2014). به طور خلاصه GSAها برای تعریف نتایج نامطلوب و همچنین برای جلوگیری از درگیری‌های محلی یا مداخله دولت نیاز دارند که با تمام کاربران و بهره‌برداران آب‌های زیرزمینی و نماینده گروداران در یک حوضه، همکاری مشترک داشته باشند. سازمان‌های محلی برای تصمیم‌گیری در مورد اقدامات مدیریتی، با چالش‌هایی نظیر تصمیم‌گیری برای اینکه، چه کسی حکمرانی خواهد کرد؟، چه کسی پمپاژ خواهد کرد؟ و چه کسی هزینه‌ها را پرداخت خواهد کرد؟ روبه‌رو هستند. برای پاسخ به این سؤالات، سازمان‌های محلی در یک حوضه باید به طور جمعی اهداف مبتنی بر علم را توسعه دهند که منافع همه سازمان‌های محلی، گروداران، مصرف‌کنندگان و بهره‌برداران آب‌های زیرزمینی و طرف‌های ذینفع را در نظر می‌گیرد.

شکل ۲–۱۱– سه روش برای تشکیل سازمان‌های پایداری و تدوین برنامه‌ها و ارسال آنها

سازمان‌های محلی و سایر بهره‌برداران در هر حوضه می‌توانند در تشکیل GSA مشارکت کنند. وظیفه GSA شامل مدیریت حوضه آبریز در زمینه توسعه و ارتباطات با ایجاد یک GSA، تهیه و پیاده‌سازی برنامه پایداری آب زیرزمینی و پایش، ارزیابی و گزارش‌دهی روند دستیابی به اهداف پایداری است. گام اول برای ایجاد یک GSA تعیین مرزهای حوضه و تهیه یک ساختار حکمرانی مناسب می‌باشد که از سال ۲۰۱۶ مطالعات اصلاح مرزهای حوضه‌ها شروع شده است. به منظور تهیه پیش‌نویس برنامه پایداری آب زیرزمینی باید تمامی گروداران همکاری نمایند تا در سال ۲۰۱۷ پیش‌نویس برنامه پایداری آب زیرزمینی به منظور بازبینی و ارزشیابی به اداره منابع آب ارسال گردد تا در نهایت در سال ۲۰۲۰ و ۲۰۲۲، برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی نهایی تصویب شود. در مرحله پیاده‌سازی و گزارش‌دهی،

سازمان‌های محلی گزارش سالیانه‌ای از عملکرد خود به اداره منابع آب تهیه و ارسال می‌کنند تا در صورت لزوم در دوره‌های مدیریتی پنج ساله مورد بازبینی قرار گیرند.

مرحله دوم: تهیه و ارسال برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی

پس از پوشش تصویب GSAها، در صورت وجود ارتباط هیدرولیکی حوضه با حوضه‌های مجاور ضروری است بخش مدیریت آب زیرزمینی و تهیه برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی با مدیران حوضه‌های مجاور در این مورد هماهنگ شوند. فرآیند هماهنگی همانند تهیه برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی با بازنگری دقیق مقررات و تعیین انتظارات بر اساس داده‌های موجود یا اسنادی مانند برنامه‌های مدیریت آب زیرزمینی موجود و برنامه‌های مدیریت یکپارچه آب منطقه‌ای انجام می‌شود. اولین اولویت این فرآیند توسعه بخش ارتباطات برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی به منظور شناسایی و مشارکت گرودارن می‌باشد. همچنین سازمان‌های کاربری اراضی (مانند شهرها و شهرستان ها) باید به منظور تدوین برنامه‌های کاربری اراضی قوانین و برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی حوضه را به رسمیت بشناسند و قبل از اصلاح یا اتخاذ برنامه‌های کلی با برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی محلی هماهنگ شوند. ادارات کاربری اراضی داده‌های مربوط به زمین، آب، بهره‌برداران و پیش‌بینی مصارف آب و کاربری‌های آتی حوضه را ارائه می‌دهند و ممکن است کاربری‌های اراضی فاقد نماینده در برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی، کاربران خرده‌مالک و جوامع محروم نیز تحت حمایت این سازمان باشند.

در طی مرحله دوم نظرات عمومی گرودارن جمع‌آوری و به اداره منابع آب ارائه می‌شود. به این صورت که

- هر شخصی می‌تواند نظرات خود را در مورد برنامه پیشنهادی یا پذیرفته شده به اداره منابع آب ارائه دهد.
- بر اساس کد آب بخش ۱۰۷۳۳/۴، اداره منابع آب باید یک دوره اظهار نظر حدأقل ۶۰ روزه برای یک برنامه تصویب شده که توسط بخش برای ارزیابی طبق بخش ۳۵۵/۲ پذیرفته شده است، تعیین کند.
- علاوه بر دوره اظهار نظر مورد نیاز در بخش کد آب ۱۰۷۳۳/۴، اداره منابع آب باید نظراتی را در مورد تصمیم سازمان برای تهیه برنامه‌ای که در بخش ۳۵۳/۶شرح داده شده است، از جمله نظرات در مورد عناصر برنامه پیشنهادی در دست بررسی توسط سازمان بپذیرد.
- نظرات باید از طریق اخطار کتبی، همراه با یک نسخه کپی از اظهار نظر ارائه شده به سازمان، به اداره منابع آب ارائه شود. سازمان‌ها یا نهادهای دولتی ارائه‌دهنده نظرات باید نام، آدرس و آدرس پست الکترونیکی شخص یا نهاد ارائه‌دهنده نظرات و اطلاعات را در صورت وجود درج کنند.
- نظرات دریافت شده توسط اداره منابع آب باید در وب‌سایت اداره منابع آب، نشان داده شود.
- اداره منابع آب ملزم به پاسخگویی به نظرات نیست، اما باید نظرات را به عنوان بخشی از ارزیابی خود از یک برنامه در نظر بگیرد.

نقش اداره منابع آب در طول مرحله دوم، یاری‌رسانی به GSAها به منظور تهیه برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی خواهد بود، از جمله:

- حمایت مالی: اداره منابع آب نزدیک به ۱۰۰ میلیون دلار بودجه پیشنهادی را برای حمایت از مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی تخصیص خواهد داد.
- تسهیلات: اداره منابع آب به ارائه خدمات تسهیل‌گری به سازمان‌های محلی در این دوره ادامه خواهد داد.
- پشتیبانی فنی با تأمین داده و اطلاعات حوضه: اداره منابع آب راهنمایی و پشتیبانی را در قالب مجموعه داده‌های متنوعی در مورد پارامترهای بحرانی، شاخص های پایداری و سایر اجزای بیلان آب ارائه می‌کند.
- پشتیبانی فنی به منظور پیش‌بینی بیلان آب: اداره منابع آب مدل شبیه‌سازی آب‌های زیرزمینی-سطحی (C2VSim) و مدل یکپارچه جریان آب (IWFM) را برای تهیه بیلان آب ارائه می‌کند.
- تهیه بهترین شیوه‌های مدیریتی (BMPs): اداره منابع آب موظف است الزامات قانونی BMPها را به منظور مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در تاریخ ۱ ژانویه ۲۰۱۷ منتشر نماید و لازم است قبل از این زمان، فرصتی برای اظهار نظر گرودارن و جلب نظر آن‌ها در نظر گرفته باشد.
- برآورد آب دردسترس: لازم است اداره منابع آب گزارشی را در مورد آب موجود به منظور تغذیه آب‌های زیرزمینی را در تاریخ ۳۱ دسامبر ۲۰۱۶ یا قبل از آن منتشر کند.
- به روز رسانی بولتن ۱۱۸: اداره منابع آب به‌روزرسانی‌های موقت و جامعی را برای بولتن ۱۱۸ ارائه می‌کند که شامل بازبینی و اصلاح مرز حوضه‌ها، به روزرسانی اولویت‌بندی حوضه‌ها بر اساس پایش وضعیت بحرانی حوضه‌ها و انتشار مجدد با تشریح شرایط اضافه برداشت از حوضه‌ها می‌باشد.
- مشاوره: اداره منابع آب تا حد ممکن برای ارتباط با GSAها برای ارائه راهنمایی در تهیه برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی و بکارگیری BMPها در حوضه آنها دردسترس خواهد بود.

بررسی شرایط آب زیرزمینی و وضعیت حوضه آبریز یکی از کارهای اصلی در این مرحله است. «وضعیت حوضه» شامل توصیفی از خصوصیات فیزیکی حوضه و شرایط پویای آب زیرزمینی و بیلان آب است. از این‌رو مدل مفهومی هیدروژئولوژیکی توصیفی برای توصیف شرایط استاتیکی وضعیت حوضه استفاده می‌شود. مدل مفهومی هیدروژئولوژیک درک کمی و کیفی از ویژگی‌های فیزیکی حوضه، نحوه واکنش آبخوان‌ها به تنش‌های هیدرولوژیکی در طول زمان و تعامل سیستم‌های آب سطحی و زیرزمینی در حوضه را ارائه می‌کند. به عنوان یک ابزار اطلاعاتی، مدل مفهومی هیدروژئولوژیکی مبنایی برای درک بیشتر گرودارن از رفتار آب‌های زیرزمینی و روابط علت و معلولی آن با سایر اجزای بیلان آب و حوضه می‌باشد. افزایش کیفیت و سطح جزئیات این مرحله متناسب با شرایط حوضه برای درک بهتر تغییرات طولانی مدت در رفتار آب زیرزمینی ضروری می‌باشد. شرایط پویای آب زیرزمینی با مقایسه اطلاعات تاریخی و کنونی آب زیرزمینی مرتبط با نتایج نامطلوب، از ۱ ژانویه ۲۰۱۵ توصیف می‌شود. شکاف‌های داده‌ها و عدم‌قطعیت داده‌ها که درک حوضه یا ارزیابی عملکرد برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی را محدود می‌کند، باید مورد توجه قرار گیرد. وضعیت حوضه همچنین شامل توصیف کمی از بیلان آب است که با محاسبه ورودی‌ها و خروجی‌ها ارائه می‌شود. حوضه های مشمول اضافه برداشت بحرانی باید مقدار اضافه برداشت را تعیین کنند. شرایط پایه مربوط به عرضه، تقاضا،

هیدرولوژی و قابلیت اطمینان تأمین آب سطحی به منظور درک شرایط پیش‌بینی شده آینده و تهیه اقدامات و پروژه‌های مدیریتی ایجاد خواهد شد.

مرحله سوم: بررسی و ارزیابی برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی

مرحله سوم شامل بازبینی و ارزیابی برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی می‌باشد. هر GSA باید یک برنامه پایداری آب زیرزمینی را تهیه کند و آن را به منظور بررسی و تأیید به اداره منابع آب ارسال کند. بر اساس تعداد برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی ارسالی، میزان و درجه هماهنگی، پیچیدگی مسائل و علم، و تعداد علایق عمومی محلی، زمان مورد نیاز برای تکمیل، پذیرش و بررسی اداره منابع آب و تأیید یک برنامه پایداری آب زیرزمینی می‌تواند قابل توجه باشد. یک سازمان محلی باید عناصر مختلف مورد نیاز را در این فرآیند در نظر بگیرد و مراحل برنامه‌ریزی را برای اطمینان از رعایت زمان‌ها در جدول برنامه‌زمانبندی SGMA در نظر بگیرد.

در این مرحله، اداره منابع آب به بررسی و ارزیابی برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی و گزینه‌های جایگزین می‌پردازد. اداره منابع آب برنامه‌ها را بررسی می‌کند تا اطمینان حاصل کند که آنها با مقررات SGMA، مطابقت دارند و احتمالاً به هدف پایداری حوضه دست می‌یابند. برنامه‌هایی که شامل تمام اجزای مورد نیاز SGMA نیستند، همانطور که در مقررات مشخص شده‌اند، یا حاوی اجزایی هستند که به اندازه کافی به آن پرداخته نشده‌اند، ممکن است مشمول مداخله SWRCB باشند. ارزیابی اداره منابع آب از پیشرفت GSA به سمت دستیابی به هدف پایداری بر پاسخگویی و اثربخشی GSA در انطباق کافی با مقررات، اجرای برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی تصویب شده آنها، گزارش پیشرفت آنها و انجام اقدامات زمانی و در جایی که از حدأقل آستانه فراتر می رود متکی است.

اداره منابع آب به دقت برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی را در طول دوره اجرایی ۲۰ ساله ارزیابی خواهد کرد. برنامه‌های اولیه در یک دوره ۲ ساله ارزیابی می‌شود. سه سطح ارزیابی اداره منابع آب شامل (۱) تأیید شده (۲) ناقص (نقص وجود دارد و ممکن است به موقع اصلاح شود) یا (۳) ناکافی (پس از مشورت با SWRCB) مدنظر است.

مرحله چهارم: پیاده‌سازی و گزارش‌دهی

مرحله چهارم مربوط به گزارش‌دهی از نحوه‌ی اجرای برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی به منظور تحقق اهداف پایداری SGMA می‌باشد. در این مرحله گزارش‌های سالانه و پنج سالانه توسط GSA به اداره منابع آب به منظور ارزیابی و بازبینی کلی ارسال می‌گردد. در این مرحله اداره منابع آب موظف است بر اساس نتایج اجرای برنامه و در صورت عدم تحقق اهداف میانی اقدامات اصلاحی تصویب و به GSAها ارسال کند. در هر گزارش سالانه و در هر ارزیابی مجدد برنامه پایداری آب زیرزمینی در طول دوره ۲۰۲۲/۲۰۲۰ تا ۲۰۴۲/۲۰۴۰ انجام خواهد شد. گزارش‌های سالانه شامل اطلاعات زیر است:

- خلاصه اجرایی، شامل اطلاعات کلی در مورد حوضه تحت پوشش

- شرح شرایط حوضه (به عنوان مثال عمق آب‌های زیرزمینی، مقدار برداشت آب‌های زیرزمینی، مقدار آب سطحی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی، کل مصرف آب، تغییر در ذخیره سازی آب‌های زیرزمینی)
- شرحی از پیشرفت در راستای اجرای برنامه پایداری آب زیرزمینی، از جمله دستیابی به نقاط عطف موقت و اجرای پروژه ها و یا اقدامات مدیریتی. گزارش سالانه باید از الگوی استاندارد پیروی کند و شامل اطلاعات فنی مورد نیاز SGMA باشد.

۲-۷-۳- گروداران مورد هدف

وقتی صحبت از منابع مشترک می‌شود، مشارکت گروداران مسیر ارزشمندی را به سوی اقدام جمعی مورد نیاز برای مدیریت پایدار چنین منابعی فراهم می‌کند. از طرفی فرآیند، مشارکت گروداران ابزار مهمی برای تقویت پذیرش، اعتماد و انطباق در تنظیمات تصمیم‌گیری است. مشارکت گروداران و کنش‌گران در طراحی، تدوین و اجرای قانون SGMA به عنوان عاملی مهم در این فرآیند، به منظور درک و مشارکت گروداران و نگرانی‌های آنها در فعالیت‌ها، تصمیم‌گیری یک سازمان یا گروه و اجرای هر چه بهتر قوانین بدون ایجاد تعارض و درگیری انجام می‌شود.

گروداران که شامل مالکان زمین، تأمین‌کنندگان آب شهری (که معمولاً دارای حقابه می‌باشند)، سیستم‌های آب عمومی، کاربران محلی، کاربران محیط‌زیست، کاربران آب‌های سطحی، دولت فدرال، قبایل بومی آمریکا در کالیفرنیا، جوامع محروم، و نهادهای نظارتی می‌باشند، تحت عنوان بهره‌برداران و مسئولان، جهت مشارکت در تهیه و اجرای برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی به GSA می‌توانند در فهرست علاقه‌مندان GSA عضو شوند. تمامی اقدامات مربوط به GSAها در اختیار اعضای این فهرست قرار داده می‌شود. بهره‌برداران یا گروداران آب‌های زیرزمینی شامل حقابه‌داران (حقابه‌بران مجاز و غیرمجاز، اکوسیستم و نسل‌های آینده) و غیرحقابه‌داران (اکوتوریسم) می‌باشد. مسئولان کسانی هستند که از آب بهره‌ای ندارند اما مسئولیت دارند که شامل شرکت‌ها و سازمان‌های آب منطقه‌ای، قوه قضائیه، دادگستری و ... می‌باشند. گروداران در محدوده‌های مدیریتی متفاوت هستند و به چند گروه خاص محدود نیستند اما به عنوان مثال می‌توان به عموم مردم، سازمان‌ها دولتی، مالکان چاه‌ها، شرکت‌های تأمین‌کننده منابع آب، خدمات و صنایع وابسته به منابع آب و نیازهای محیط‌زیستی اشاره کرد. کنش‌گران گروداران محسوب می‌شوند که در تصمیم گیری برای حوضه نقش مهمی ایفا می‌کنند. سمن‌ها یا گروه‌های مردم نهاد (مدافع حقوق اکوسیستم و نسل‌های آینده)، کشاورزان، اتحادیه کشاورزان، رئیس اتحادیه کشاورزان، مقامات دولتی و ... نمونه‌هایی از کنشگران هستند که بر اساس میزان نفوذ یا قدرتی که دارند، تأثیرگذاری متفاوتی بر تصمیم‌گیری‌ها دارند.

الزامات قانونی برای مشارکت گروداران در SGMA

خلاصه‌ای از الزامات قانونی برای مشارکت گروداران در SGMA در طول تشکیل GSA عبارتند از:

- «قبل از انتخاب به عنوان یک سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی، سازمان یا سازمان‌های محلی باید یک جلسه عمومی برگزار کنند» (CA Water Code Sec. 10723 (b)).

- «فهرستی از اشخاص ذینفع باید به همراه توضیحی در مورد چگونگی در نظر گرفتن منافع آنها ایجاد شود» (CA Water Code Sec. 10723.8.(a)(4)).

خلاصه‌ای از الزامات قانونی برای مشارکت گرواران در SGMA در طول تهیه و اجرای برنامه پایداری آب زیرزمینی عبارتند از:

- «یک سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی ممکن است پس از یک جلسه استماع عمومی، یک برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی را تصویب یا اصلاح کند» (CA Water Code Sec. 10728.4).
- «قبل از اعمال یا افزایش هزینه، یک سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی باید حدأقل یک جلسه عمومی برگزار کند» (CA Water Code Sec. 10730(b)(1)).
- «سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی باید فهرستی از افراد علاقه‌مند به دریافت اخطارهای مربوط به تهیه برنامه، اطلاعیه‌های جلسه و دردسترس بودن پیشنویس برنامه‌ها، نقشه‌ها و سایر اسناد مربوطه ایجاد و نگهداری کند» (CA Water Code Sec. 10723.4).
- «سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی باید بیانیه‌ای کتبی در اختیار عموم و اداره قرار دهد که نحوه مشارکت طرف‌های ذینفع در تهیه و اجرای برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی را شرح دهد» (CA Water Code Sec. 10727.8(a)).

خلاصه ای از الزامات قانونی برای مشارکت گرواران در SGMA در سراسر پیاده‌سازی عبارتند از:

- « سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی باید منافع همه مصرف کنندگان سودمند از آب‌های زیرزمینی را در نظر بگیرد» (CA Water Code Sec. 10723.2).
- «سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی باید مشارکت فعال عناصر اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی مختلف جمعیت در حوضه آب زیرزمینی را تشویق کند» (CA Water Code Sec. 10727.8(a)).

۲-۷-۴- تفاهم‌نامه‌ها و قراردادهای همکاری

به منظور دستیابی ایالت به اهداف پایداری آب‌های زیرزمینی قراردادهای بین سازمانی برای هماهنگی اقدامات مدیریتی و به اشتراک‌گذاری داده‌ها استفاده می‌شود. دو نوع تفاهم‌نامه بین سازمانی وجود دارد: تفاهم‌نامه‌های هماهنگی که الزامی است و تفاهم‌نامه‌های بین‌حوضه‌ای که اختیاری هستند.

تفاهم‌نامه‌های هماهنگی: در مواردی که GSA ها چندین برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی را در یک حوضه تهیه می‌کنند، باید یک تفاهم‌نامه هماهنگی واحد به اداره منابع آب ارائه شود. تفاهم‌نامه هماهنگی باید شامل اطلاعات لازم برای نشان دادن اینکه چگونه چندین برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی می‌توانند به هدف پایداری حوضه دست یابند باشد. الزامات خاص شامل موارد زیر است، اما محدود به این موارد نیست:

- چگونگی ارتباط با اداره منابع آب.
- مسئولیت هر GSA و روش های تبادل اطلاعات و حل و فصل تضاد بین GSA.

- شرحی از نحوه استفاده GSAها از داده ها و روش های مشابه برای مفروضات در حمایت از تهیه برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی از جمله داده های عمق آب‌های زیرزمینی، بیلان آب و آبدهی پایدار.
- شرحی از نحوه پیاده‌سازی هماهنگ برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی که اهداف SGMA را برآورده می‌کند.
- رویه‌های ارسال برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی، اصلاحات برنامه‌ها، اطلاعات پشتیبانی، داده‌های پایش، رویه های گزارش سالانه و ارزیابی‌های دوره‌ای.
- شرح یک سیستم مدیریت داده هماهنگ.
- شناسایی مناطق تحت مدیریت در حوضه و سازمان‌های محلی که یک برنامه جایگزین را تهیه کرده‌اند.

تفاهم‌نامه‌های بین‌حوضه‌ای: تفاهم‌نامه‌های بین‌حوضه‌ای اختیاری هستند. دو یا چند GSA ممکن است برای ایجاد اهداف و تفاهم سازگار در مورد عناصر اساسی هر برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی یک تفاهم‌نامه بین‌حوضه‌ای منعقد کنند. تفاهم‌نامه‌های بین‌حوضه‌ای:

- الزامات این تفاهم‌نامه اختیاری است.
- در حوضه‌هایی که اتصال هیدرولیکی آب‌های زیرزمینی وجود دارد کاربرد دارد.
- تمام بخش‌های مرتبط حوضه شناسایی می‌شود.
- اطلاعات فنی را به اشتراک می‌گذارد.
- فرآیندی را برای حل تعارض فراهم می‌کند.

۲-۸- عوامل موفقیت

SGMA چارچوبی برای مدیریت بهتر منابع آب زیرزمینی را فراهم می‌کند. در اجرای SGMA چالش‌های زیادی وجود دارد، پرداختن به این موارد باعث موفقیت در مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی خواهد شد. شناسایی و درک این چالش ها بسیار مهم است زیرا اداره منابع آب با سازمان‌های ایالتی، فدرال و محلی، قبایل و سایر گروداران برای دستیابی به اهداف پایداری آب‌های زیرزمینی همکاری می‌کند. موفقیت به عوامل زیر بستگی دارد:

- متعادل کردن تأمین و تقاضای آب: آب‌های سطحی موجود و عملکرد آبخوان‌های زیرزمینی باید متعادل باشند تا از نیازهای فعلی و آینده زمین حمایت شود.
- مدیریت هماهنگ آب حوضه: انتقال از مدیریت زیرحوضه‌ها با منافع و اهداف متناقض به یک ساختار هماهنگ، به مدیریت پایدار آب در حوضه‌ها می‌انجامد.
- نظارت بر اجرای مقررات: مدیریت برداشت آب‌های زیرزمینی، تخصیص عادلانه منابع آب زیرزمینی، هماهنگی تغییرات کاربری اراضی در مقابل مدیریت منابع و کنترل توسعه آب‌های زیرزمینی.
- تنظیم مقررات و توسعه معیارها: اداره منابع آب فرصتی برای ارتقاء انعطاف‌پذیری مدیریت آب‌های زیرزمینی محلی یا منطقه‌ای می‌باشد در حالی که اطمینان حاصل می‌شود که با تدوین معیارها و مقررات مناسب و پشتیبانی، هدف نهایی مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در سطح کشور حاصل می‌شود.

- تثبیت حوضه: احیای منابع آب زیرزمینی ممکن است در برخی حوضه‌ها امکان پذیر باشد. موضوعات بحرانی شامل فرونشست زمین، شوری و غلظت مواد آلاینده باید مورد توجه قرار گیرد. با پرداختن به این تأثیرات و چالش‌ها، مدیران حوضه می‌توانند به پیشرفت‌های چشمگیری دست یابند.
- بهبود مدیریت داده‌ها: داده‌های دقیق و فراوانی برای تهیه، اجرا و دستیابی به اهداف SGMA لازم است. مدیریت داده‌ها شامل سیستم راهبردی و متمرکز بر شبکه‌های پایش آب‌های زیرزمینی، گزارش برداشت، مدل و توسعه ابزار و یک فرآیند استاندارد برای تعیین بیلان آب برای حوضه می‌باشد.
- تأمین بودجه و منابع: کمک‌های فوری، قابل‌اعتماد و بلند مدت و منابع مالی محلی، دستیابی به اهداف مدیریت آب زیرزمینی پایدار را فعال و پشتیبانی خواهند کرد. برخی از جوامع روستایی و محروم از تأمین بودجه کافی برای رسیدن به اهدافشان بهره‌مند خواهند شد.
- ارتباطات و دسترسی: با تقویت ارتباطات محکم بین نهادهای مختلف با نقش‌ها و مسئولیت‌های متفاوت و گروداران با منافع متفاوت و گاه متناقض، شانس بیشتری برای موفقیت خواهد داشت. انعطاف پذیری و همکاری باعث ایجاد اجماع در بین گروه‌های مختلف علاقه‌مند خواهد شد.
- عدم‌قطعیت: پرداختن به عدم‌قطعیت‌ها به طور مستقیم احتمال موفقیت، از جمله موارد مرتبط با داده‌ها، مدل‌سازی و اثرات بلندمدت تغییرات اقلیم را بهبود می‌بخشد. با این حال، باید تصدیق کرد که عدم‌قطعیت‌ها کاملاً از بین نخواهد رفت و بنابراین باید با پیشرفت دانش سیستم، مدیریت انطباق‌پذیر فراهم شود.

لازم به ذکر است که تصویب قانون پایداری آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا و تهیه برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی به خودی خود یک موفقیت چشمگیر و قابل تقدیر است. البته در اجرای این قانون در ۲۰ سال آتی برخی چالش‌ها پیش‌بینی می‌شود ولی اگر این قانون منجر به پایداری بخشی از آب‌های زیرزمینی ایالت شود یک موفقیت خواهد بود. بطور کلی تأسیس سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی و تهیه برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی از موارد موفقیت این قانون است. تهیه هر یک از برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی بین هزار تا پنج هزار نفرساعت وقت و هزینه در بر داشته است که عمدتاً با کمک‌های مالی[1] ایالت انجام شده است. اجرای هر یک از برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی نیاز به تعداد زیادی پروژه دارد که بدون کمک مالی ایالت امکان پذیر نمی‌باشد. کمک‌های مالی ایالت و مساعدت‌های فنی اداره منابع آب کالیفرنیا کمک بزرگی برای اجرای این قانون بوده است. تاکنون بیش از چند صد میلیون دلار کمک مالی از طرف ایالت به سازمان‌های پایداری آب زیرزمینی برای تهیه برنامه و اجرای برخی از پروژه‌های آنها انجام شده است. اجرای قانون پایداری آب‌های زیرزمینی در کالیفرنیا در ابتدای راه است و احتمال چالش‌هایی بر سر راه آن وجود دارد ولی احتمال عدم موفقیت این برنامه کم است. اجرای موفق این قانون در پنج سال آینده رسیدن به پایداری در بیست سال آینده را مشخص خواهد کرد.

[1] Sustainable Groundwater Management Grant Program (https://water.ca.gov/work-with-us/grants-and-loans/sustainable-groundwater)

۲-۹- نقدها و چالش‌های اجرای قانون

سازمان‌های ایالتی و محلی مرتبط با این قانون سعی در اجرا و پیاده کردن این قانون دارند. نظر به اینکه این قانون جدید بوده و برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی اخیراً تهیه شده است، مشکلات کار و پیامدهای منفی احتمالی هنوز فرصت کافی برای بروز نداشته است. پس از تصویب قانون پایداری آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا، مدتی طول کشیده است تا برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی تدوین شده و برای تصویب نهایی به اداره منابع آب کالیفرنیا ارایه گردد. تاکنون تعداد اندکی از برنامه‌های پایداری آبهای زیرزمینی توسط اداره منابع آب کالیفرنیا تصویب شده است. سایر برنامه‌ها در دست بررسی و یا برای اصلاح به سازمان‌های پایداری مربوطه ارسال شده است. تاکنون برای تغییر و یا اصلاح قانون پایداری اقدام حقوقی مؤثری صورت نگرفته است و این قانون کماکان در دست اجرا است. نظرات و دیدگاه‌های افراد حقوقی و گرودارن هر حوضه بیشتر معطوف به اثرگذاری در تدوین برنامه های پایداری بوده است و سعی کرده‌اند منافع ایشان در برنامه‌های پایداری گنجانده شود. برخی سازمان‌های مردم نهاد[1]نظیر سازمان حفاظت طبیعت[2]سعی کرده‌اند تا در زمینه کاری خود کمک‌های فنی لازم را برای تدوین و یا بررسی برنامه‌های پایداری را ارائه نمایند.[3] همچنین پژوهشکده‌ها و موسسات آموزش عالی گزارش‌هایی در خصوص بررسی برنامه‌های پایداری تهیه شده ارایه نموده‌اند. بعنوان مثال می‌توان از انستیتو سیاست عمومی[4]یاد کرد که وبینارها و گزارش‌های متعددی تهیه کرده است. در طول سال‌های تصویب قانون پایداری آب‌های زیرزمینی تا تهیه برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی، زمین‌های زیادی که قبلاً کشت نمی‌شد و یا محصولات سالیانه نظیر صیفی‌جات در آنها کاشت می‌شد به باغات بادام، گردو و پسته تبدیل شده است. این تغییر محصول به این کشاورزان قدرت بیشتری برای حفظ منافع خود می‌دهد. چرا که در سال‌های کم آبی حفظ باغات اولویت بالاتری نسبت به حفظ کشت صیفی‌جات خواهد داشت. درختان باغ را نمی‌توان بدون آب گذاشت ولی زمین صیفی‌جات را می‌شود در سال‌های کم آبی نکاشت. به هر حال در سال‌های اخیر، بیشتر سعی گرودارن منتقد این قانون در جهت حفظ حقوق و منافع خود در حوضه‌های مربوط به خود بوده است.

برخی از چالش‌های اجرای این قانون بصورت فهرست در پایین نیز آمده است:

- تداخل وظایف سازمانی و مشخص نبودن وظایف سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی در خصوص کیفیت آب‌های زیرزمینی و فرونشست زمین
- تغییر کاربری اراضی کشاورزی
- هزینه بالای اجرای برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی
- تغییرات آب و هوایی کالیفرنیا و احتمال وقوع خشکسالی‌های طولانی و پی در پی

[1] Non-Governmental Organization (NGO)

[2] The Nature Conservancy (TNC) nature.org

[3] به عنوان مثال می‌توان به گزارش SGMA Signals – Managing Groundwater for Nature استناد نمود.

[4] Public Policy Institute of California (PPIC.org)

- هزینه‌های سنگین رفع مسایل و چالش‌های حقوقی و رسیدن به راه‌حل مناسب موارد اختلاف

انتظار می‌رود که با توجه تأثیر این قانون بر صنعت کشاورزی، نقدهایی از طرف اتحادیه‌ها و سازمان‌های کشاورزی ارائه شود، بررسی‌ها در این خصوص نشان می‌دهد که گرودارن و سازمان‌های کشاورزی با توجه به اینکه قانون پایداری تصویب شده است و در دست اجرا است، اقدامی برای لغو قانون نداشته‌اند. اما به روش‌های مختلف سعی در حفظ منافع خود داشته‌اند. از این روش‌ها می توان به تغییر کشت زمین‌های کشاورزی به باغ‌های بادام، گردو و پسته اشاره کرد. همچنین در برخی از حوضه‌ها، برخی گروه‌های کشاورزی برای محدوده خود در درون یک حوضه اقدام به تشکیل سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی کرده‌اند تا بتوانند از منافع خود محافظت نمایند. برخی سازمان‌های کشاورزی راه‌حل‌های خارج از حوضه‌های خود نظیر انتقال آب از دیگر حوضه‌ها و یا ذخیره آب در دیگر حوضه‌ها برای استفاده در سال‌های کم آبی را در دست بررسی دارند.

با توجه به مساحت زیاد و گستردگی اراضی کشاورزی که باید از تولید کشاورزی فعلی خارج شود و یا تغییر کاربری داشته باشد، یک راهبرد واحد برای اینکار مناسب نخواهد بود. بلکه برای هر حوضه راه حلی مطابق شرایط آن حوضه اتخاذ گردد. تغییر کاربری به هر حال بخش لازمی از رسیدن به پایداری آب‌های زیرزمینی است و باید با حدأکثر منافع و حدأقل عواقب اجرا شود. تغییر کاربری اراضی کشاورزی اثرات اقتصادی نظیر کاهش اشتغال، اثرات بهداشتی، اثرات کشاورزی و زیست‌محیطی می‌تواند داشته باشد. در مقابل منافعی نظیر پایداری آب‌های زیرزمینی، منافع زیست‌محیطی، استفاده‌های اقتصادی غیرکشاورزی نظیر تولید برق خورشیدی و یا تبدیل مزارع به چراگاه‌های دیم را می‌توان بدست آورد. تغییر کاربری اراضی باید در سطح حوضه و با بیشترین منافع در جهت پایداری آب‌های زیرزمینی آن حوضه در نظر گرفته شود. برخی تغییرات کاربری اراضی بالقوه عبارتند از:

- کشت دیم و یا کم آب بر
- تعذیه آبخوان با سیلاب و منابع آبی دیگر
- چراگاه دیم
- ایجاد پارک و فضای تفریحات عمومی
- نکاشت موقت
- تولید انرژی خورشیدی
- مدیریت سیلاب
- تبدیل به مناطق شهری
- تبدیل اراضی به استفاده زیست‌محیطی نظیر مناطق تغذیه آبخوان با استفاده برای پرندگان مهاجر

سازمان پایداری آب زیرزمینی بعضی از حوضه‌ها، طرح‌هایی تهیه کرده است که با ذخیره کردن درآمدهای سازمان، زمین‌های کشاورزی که توسط کشاورزان به فروش گذاشته می‌شود را خریداری کرده و کاربری آن را به مصارف غیرآب‌بر تغییر دهد. بدین صورت در طول چند سال اراضی زیادی خریداری شده و بصورت داوطلبانه تغییر کاربری خواهد داد.

مشکل بزرگ تغییر کاربری اراضی کشاورزی، نیاز به بودجه کلان این طرح‌ها می‌باشد که معمولاً مساعدت‌های مالی ایالت برای خرید و تغییر کاربری اراضی را کافی نیست.

لازم به ذکر است که قانون پایداری آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا در سال‌های ابتدایی اجرا قرار دارد و چالش‌های اجرا و راه‌حل‌های آنها در چند سال آتی روشن‌تر خواهد شد.

فصل سوم

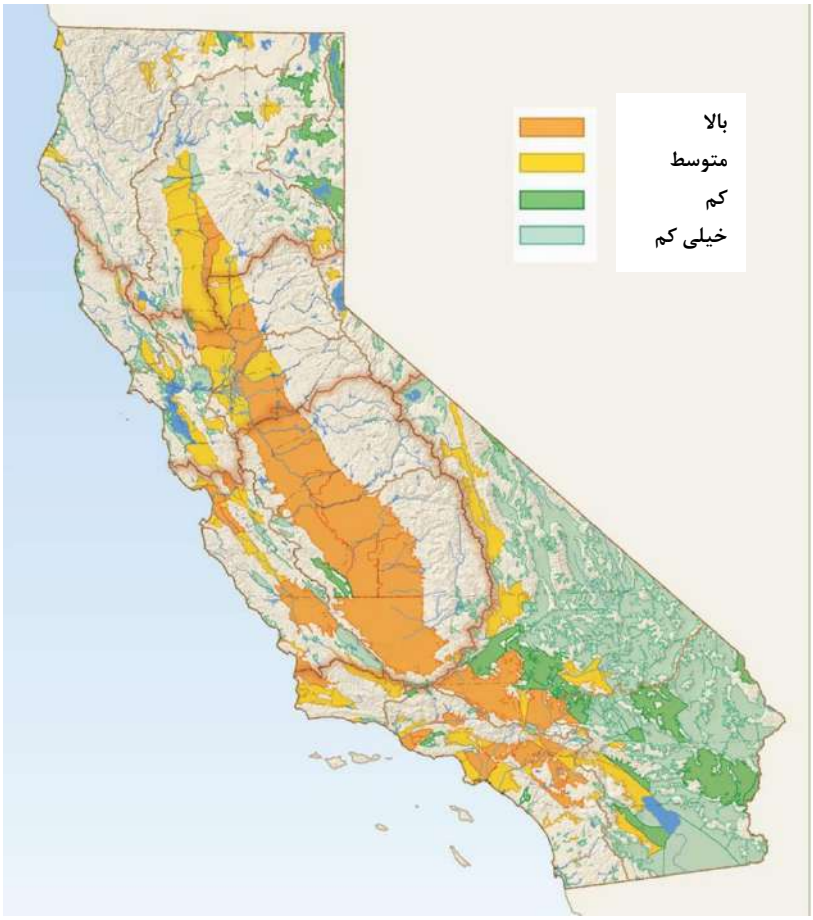
برنامه‌ها و اقدامات

۳-۱- آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا

آب‌های زیرزمینی در ایالت کالیفرنیا در ۵۱۵ آبخوان قرار دارد و اداره منابع آب کالیفرنیا این آبخوان‌ها را بر اساس میزان مصرف آب زیرزمینی و جمعیت متکی به آب زیرزمینی در هر آبخوان به چهار رتبه بالا، متوسط، کم و خیلی کم دسته‌بندی کرده است (جدول ۳-۱ و شکل ۳-۱).

جدول ۳-۱- رتبه‌بندی آبخوان‌های کالیفرنیا

رتبه بندی آبخوان	تعداد آبخوان	درصد از کل	
		مصرف آب زیرزمینی	جمعیت
بالا	43	69%	47%
متوسط	84	27%	41%
کم	27	3%	1%
خیلی کم	361	1%	11%
جمع	515	100%	100%



شکل ۳-۱- رتبه‌بندی آبخوان‌های کالیفرنیا

براساس قانون پایداری آب‌های زیرزمینی، ۱۲۷ آبخوان با رتبه بالا و متوسط باید برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی تهیه کنند. این ۱۲۷ آبخوان ۹۷ درصد مصرف آب‌های زیرزمینی ۸۸ درصد جمعیت ایالت را تأمین می‌کنند. علاوه بر این رتبه‌بندی و تعیین ۱۲۷ آبخوان شامل قانون پایداری، از بین آبخوان‌های با رتبه بالا و متوسط، تعداد ۲۱

آبخوان با شرایط بحرانی مشخص شده‌اند (شکل ۳–۲). آبخوان‌های با شرایط بحرانی بر اساس اثرات سوء در خصوص فرونشست زمین، پیشروی آب دریا به آبخوان‌های ساحلی، حرکت آب زیرزمینی با کیفیت پایین و غیرقابل استفاده شدن سایر آبخوان، افت تراز آب در سال‌های میانگین و پرآب، اثر سوء بر جمعیت ساکن در منطقه و اثر سوء بر رودخانه‌ها، انتخاب شدند. بر اساس این دو رتبه‌بندی، آبخوان‌های با شرایط بحرانی باید برنامه‌های پایداری خود را تا ژانویه ۲۰۲۰ و سایر آبخوان‌های با رتبه بالا و متوسط تا ژانویه ۲۰۲۲ تهیه می‌کردند.

شکل ۳–۲– آبخوان‌های با شرایط بحرانی

۳-۲- اجزای برنامه‌ها (زمانی و مکانی)

بر اساس قانون پایداری آب‌های زیرزمینی، برنامه‌های پایداری برای ۱۲۷ آبخوان با اولویت بالا و متوسط باید شامل اجزای زیر باشند:

- مدل مفهومی آبخوان[1]
- بیلان آب[2]
  - بیلان بر اساس داده
  - بیلان بر اساس مدل
- معیارهای مدیریت پایدار[3]
  - اهداف پایداری
  - حدأقل آستانه/ضوابط[4]و اهداف قابل اندازه‌گیری[5]
- شبکه پایش آب‌های زیرزمینی
- تأمین مالی برنامه پایداری
- پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت پایدار[6]

بطور خلاصه در قدم اول SGMA مواردی مانند الزام بر مدیریت اضافه برداشت‌ها در حوضه‌های دارای اولویت بالا و متوسط تا سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۲ و حمایت مالی و اختیار اعمال و اجرای قانون به GSAها را دنبال می‌کند. از این‌رو اداره منابع آب کالیفرنیا، تا سال ۲۰۱۶ ملزم به تدوین ضوابط و نحوه ارزیابی برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی و در صورت لزوم گزینه‌های جایگزین آن به منظور عملیاتی شدن قوانین می‌باشد. پیش‌نیاز لازم برای عملیاتی شدن این ضوابط و الزامات تعیین مرزهای حوضه‌ها به منظور جلوگیری از تعارض‌های احتمالی در مدیریت GSAها می‌باشد. اداره منابع آب کالیفرنیا وظایف متعددی را تحت قانون مدیریت آب‌های زیرزمینی پایدار بر عهده دارد:

- تعیین حوضه‌ها به عنوان اولویت بالا، متوسط، کم یا بسیار پایین تا ۳۱ ژانویه ۲۰۱۵.
- تصویب مقررات برای تنظیم مرزهای حوضه‌ها تا ۱ ژانویه ۲۰۱۶.
- تصویب مقررات برای ارزیابی کفایت برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی و تفاهم‌نامه‌های هماهنگی GSA تا ۱ ژوئن ۲۰۱۶.
- انتشار گزارشی از تخمینی از آب موجود حوضه‌ها برای تکمیل برنامه‌های مدیریتی آب‌های زیرزمینی تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۶.
- انتشار بهترین شیوه‌های مدیریت پایداری آب‌های زیرزمینی تا اول ژانویه ۲۰۱۷.

1 Conceptual Model
2 Water Budget
3 Sustainability Criteria
4 Minimum Thresholds
5 Measurable Objectives
6 Projects and Management Actions

به طور کلی اداره منابع آب ملزم است در تدوین و طراحی برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی، GSAها را حمایت کند. این حمایت‌ها عبارتند از: حمایت مالی، ارائه خدمات با هدف تسهیل‌گری، تأمین داده (ایجاد پایگاه داده و ابزارهای موردنیاز برای اندازه‌گیری عوامل)، تخمین بیلان حوضه (مدل‌های C2VSIM و IWFM) و میزان آب قابل تغذیه حوضه (تا سال ۲۰۱۶)، ارائه بهترین شیوه‌های مدیریتی تا قبل از ژانویه ۲۰۱۷، به‌روزرسانی برنامه‌ها (اصلاح مرزهای حوضه، به‌روزرسانی اولویت‌بندی حوضه‌ها و بررسی وضعیت اضافه برداشت از حوضه‌ها) و راهنمایی GSAها در چگونگی تدوین برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی و عملیاتی نمودن BMPها.

اگر در حوضه‌ای GSA تشکیل نشود یا برنامه‌های منطبق بر آن در تاریخ‌های معین اتخاذ یا اجرا نشود، اداره کنترل منابع آب ممکن است مداخله کند. در واقع اداره منابع آب پس از تصویب برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی در مقیاس محلی، GSAها را از نظر کفایت بررسی می‌کند. اداره منابع آب با توجه به شرایط زیر تشخیص می‌دهد که برنامه پایداری آب زیرزمینی مناسبی در حوضه وجود ندارد:

- هیچ سازمان محلی تا زمان ۳۰ ژوئن ۲۰۱۷، سازمان پایداری آب زیرزمینی برای حوضه تشکیل نداده باشد.
- هیچ برنامه پایداری آب زیرزمینی برای حوضه با اولویت بالا یا متوسط به منظور کنترل اضافه برداشت مزمن تا زمان ۳۱ ژانویه ۲۰۲۰ اتخاذ نشده باشد.
- هیچ برنامه پایداری آب زیرزمینی برای حوضه‌ای با اولویت بالا یا متوسط که در حال حاضر دارای اضافه برداشت بحرانی نیست تا زمان ۳۱ ژانویه ۲۰۲۲ اتخاذ نشده باشد.
- پس از ۳۱ ژانویه ۲۰۲۰، برنامه پایداری آب زیرزمینی برای یک حوضه در برداشت بحرانی نامناسب باشد یا برای دستیابی به پایداری اجرا نشود.
- پس از ۳۱ ژانویه ۲۰۲۲، برنامه پایداری آب زیرزمینی برای هر حوضه با اولویت بالا یا متوسط ناکافی باشد یا برای دستیابی به پایداری اجرا نشود و اداره کنترل منابع آب تشخیص می‌دهد که حوضه در شرایط اضافه برداشت بلندمدت است
- پس از ۳۱ ژانویه ۲۰۲۵، یک برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی ناکافی است یا برای دستیابی به پایداری اجرا نمی‌شود و اداره کنترل منابع آب تشخیص می‌دهد که برداشت آب‌های زیرزمینی منجر به کاهش قابل توجهی از آب‌های سطحی متصل به هم می‌شود.

اگر یک سازمان محلی نتواند در مدت ۱۸۰ روز به کمبود پاسخ دهد، اداره کنترل منابع آب مجاز به ایجاد و تهیه یک برنامه موقت است. این مسئله تا زمانی که یک سازمان محلی پایداری آب‌های زیرزمینی قادر به تصاحب و مدیریت پایدار حوضه باشد، باقی می‌ماند. به طور کلی وظایف اداره منابع آب ضمن تعریف اصول کلی SGMA، ارائه مفاهیم اساسی و استانداردهای فنی و گزارش‌دهی، روش‌های لازم (تعیین حوضه‌ها مدیریتی و ادارات منتخب، تفاهم‌نامه‌های هماهنگی، گزینه‌های جایگزین، و ارزیابی اقدامات مدیریتی)، ارزیابی دوره‌ای برنامه‌های مدیریتی GSAها و گزارش‌دهی از روند اجرای برنامه‌های مدیریتی، می‌باشد.

SGMA فرآیند و جدول زمانی را برای مقامات محلی برای دستیابی به مدیریت پایدار حوضه‌های آب زیرزمینی تعیین می‌کند. همچنین ابزارها، اختیارات و زمان‌هایی را برای برداشتن گام‌های لازم برای رسیدن به هدف ارائه می‌کند. برای سازمان‌های محلی درگیر در اجرا، الزامات قابل توجه است و می‌توان انتظار داشت که برای انجام آن، زمان نیاز باشد.

- مرحله اول: سازمان‌های محلی باید ظرف دو سال سازمان‌های محلی پایداری آب‌های زیرزمینی را تشکیل دهند.
- مرحله دوم: سازمان‌هایی که در حوضه‌هایی با اولویت بالا یا متوسط تلقی می‌شوند باید برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی (GSPs) را ظرف پنج تا هفت سال، بسته به اینکه یک حوضه دارای اضافه برداشت بحرانی است یا خیر، اتخاذ کنند. همچنین برنامه هیچ حوضه‌ای نباید اثرات منفی برای حوضه‌های دیگر ایجاد نماید و باید سطح قابل قبولی از معیارها و استانداردها را تضمین نماید.
- مرحله سوم: پس از انجام برنامه‌ها، سازمان‌های محلی ۲۰ سال فرصت دارند تا آنها را به طور کامل اجرا کنند و به هدف پایداری دست یابند. درواقع برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی باید حکمرانی برای رسیدن به اهداف پایداری را در حوضه خود ارائه و اجرا نمایند.
- نقش ایالت: اداره کنترل منابع آب ممکن است در صورتی که مردم محلی GSA تشکیل ندهند و یا در اتخاذ و اجرای برنامه کوتاهی کنند، مداخله کند. بنابراین برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی باید برنامه زمانی مناسبی به منظور اولویت‌بندی مسائل و رفع کمبود اطلاعات تدوین و اجرا نمایند در غیر این سوزن اداره کنترل منابع آب خود این وظیفه را به صورت موقت به عهده می‌گیرد.

این قانون به سازمان‌های محلی، ابزارهای جدیدی برای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی می‌دهد. به عنوان مثال، برای تحقق اهداف پایداری آب‌های زیرزمینی، سازمان‌ها ممکن است به موارد زیر نیاز داشته باشند:

- ثبت چاه‌ها و اندازه‌گیری برداشت‌ها
- گزارش برداشت سالانه
- اعمال محدودیت برای برداشت از چاه‌های آب زیرزمینی خصوصی
- ارزیابی هزینه‌ها برای اجرای برنامه‌های محلی مدیریت آب‌های زیرزمینی
- درخواست تجدید نظر در مرزهای حوضه، از جمله ایجاد زیرحوضه‌های جدید

این قانون گزینه‌هایی را برای سازمان‌های محلی برای تهیه برنامه‌های پایداری آب زیرزمینی فراهم می‌کند. سازمان‌ها ممکن است تصمیم بگیرند که یک برنامه واحد ایجاد کنند که کل حوضچه را پوشش می‌دهد یا چندین برنامه ایجاد شده توسط چندین سازمان را با هم ببندند.

یک برنامه باید شامل اهداف قابل اندازه‌گیری و اهداف میانکار[1] برای دستیابی به هدف پایداری حوضه در یک چارچوب زمانی ۲۰ ساله باشد. برنامه اداره منابع آب برای دستیابی به اهداف میانی در حوضه‌های با اولویت بالا تلاش برای رفع کمبود داده‌ها و مدیریت عرضه و تقاضای آب، افزایش برنامه‌های جایگزین برداشت از آب زیرزمینی، افزایش برنامه‌های تغذیه مصنوعی و مدیریت سیلاب‌ها به منظور تعادل‌بخشی و احیای آب‌های زیرزمینی می‌باشد. درواقع برنامه باید شامل توصیف فیزیکی حوضه، از جمله اطلاعات در مورد تراز آب زیرزمینی، کیفیت آب زیرزمینی، فرونشست، تعامل آب زیرزمینی و آب سطحی، داده‌های تاریخی و پیش‌بینی شده در مورد نیازها و منابع آب، مقررات نظارت و مدیریت و شرح چگونگی تأثیر این برنامه بر سایر برنامه‌ها، از جمله برنامه‌های جامع شهرستان و شهر باشد.

مجموعه ابزارهای مورد استفاده برای دستیابی به اهداف مدیریتی مناطق مدیریت آب زیرزمینی عموماً وابسته به هم هستند تا یک سیاست یا مقررات واحدی را برای تأثیرگذاری بر رفتار مصرف‌کنندگان آب دنبال کنند. ابزارهای مدیریت آب زیرزمینی به چهار دسته مجزا تقسیم می‌شوند: ابزارهای نظارتی، ابزارهای تشویقی، ابزارهای حمایتی و حفاظتی از منابع آب و آموزش و اطلاع‌رسانی.

۳-۲-۱- ابزارهای نظارتی

ابزارهای پیچیده‌تر به ویژه ابزارهای مبتنی بر انگیزه بر اساس ابزارهای نظارتی ساخته می‌شوند. ابزارهای نظارتی، مصرف‌کنندگان آب را ملزم به انجام اقدامات معینی می‌کنند و هدفشان این نیست که مشوق‌های مستقیم، مالی یا غیر آن، برای مصرف‌کنندگان آب ارائه کنند. به عنوان مثال می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- توقف (یا محدودیت) در حفر چاه‌های جدید یا زمین‌های تحت آبیاری
- سیستم مجوزدهی برای چاه
- حقوق آبیاری و تخصیص منابع آب
- صدور مجوز زمین‌های تحت آبیاری
- اندازه‌گیری چاه‌ها (گزارش یا پایش)
- الزامات آموزش مداوم

۳-۲-۲- ابزارهای تشویقی

برخی از ابزارهای مدیریت آب‌های زیرزمینی برای ایجاد انگیزه برای تأثیرگذاری بر تغییر رفتار مصرف آب طراحی شده‌اند. مالیات‌ها، کارمزدها یا هزینه‌های اضافی و همچنین شیوه‌های مدیریت انرژی نمونه‌هایی از ابزارهایی هستند که تشویق‌های مالی برای تغییر رفتار فراهم می‌کنند. ابزارهای دیگر مانند پروژه‌های بازنشستگی زمین، سیستم‌های اعتباری برای خنثی کردن توسعه آب‌های زیرزمینی جدید، سیستم‌های انتقال آب که به افراد امکان می‌دهد تا استفاده

1 Interim Milestone

از آب را به مکان و زمانی که نیاز است (برای مثال از طریق مبادله اعتبارات آب‌های زیرزمینی) و یا استفاده از مجوز در یک منطقه خاص جغرافیایی). در مواردی که مدیران آب‌های زیرزمینی به دنبال تشویق کاربران برای اتخاذ بهترین شیوه‌های مدیریتی هستند، برنامه‌های اشتراک هزینه نیز می‌توانند مشوق‌های مالی برای مشارکت در عین حال ترویج اعتماد بین کاربران و مدیران فراهم کنند. خلاصه‌ای از این ابزارها عبارتند از:

- مالیات ها، عوارض یا هزینه‌های اضافی
- پروژه های بازنشستگی زمین
- تغذیه آبخوان مدیریت شده (مدیریت زمین توسط مالک)
- سیستم‌های انتقال اعتبار، مجوزها یا حقوق
- شیوه‌های مدیریت انرژی

۳-۲-۳- ابزارهای حمایتی و حفاظت از منابع آب

مدیران آب اغلب اقدامات اضافی را در سطح حوضه یا منطقه برای دستیابی به استفاده پایدار از آب انجام می‌دهند. اقدامات تقویتی و حفاظتی تأمین آب می‌تواند سایر ابزارهای مدیریتی را که مستقیماً بر رفتار مصرف کننده آب تأثیر می‌گذارد، پشتیبانی یا تکمیل کند. برای مثال، نواحی آبی ممکن است پروژه‌های افزایش جریان آب را برای افزایش اثر حفاظت از مصرف‌کنندگان آب بر جریان‌های درون رودخانه دنبال کنند یا در سیستم‌های بازیافت آب سرمایه‌گذاری کنند که به تلاش‌های مشترک استفاده‌کنندگان آب برای تغذیه مجدد یک منبع آب زیرزمینی کمک می‌کند. تلاش‌های استفاده مشترک که توسط سازمان‌ها رهبری می‌شوند. برای مثال، ساخت و نگهداری حوضه‌های تغذیه اختصاصی - نیز در این دسته قرار می‌گیرند. خلاصه‌ای از این ابزارها عبارتند از:

- پروژه‌های افزایش جریان
- تغذیه آبخوان مدیریت شده
- ذخیره و بازیابی آب آبخوان
- ارتقاء زیرساخت‌ها توسط تأمین کنندگان منابع آب
- موانع پیشروی آب دریا
- استفاده از آب بازیافتی

۳-۲-۴- ابزار آموزش و اطلاع رسانی

مدیران آب می‌توانند به کاربران کمک کنند تا عواقب رفتار و فرصت‌های بهبود پایداری آب‌های زیرزمینی را از طریق ابتکار عمل و آموزش بهتر درک کنند. تلاش‌های متمرکز بر برجسته کردن شرایط و چالش‌های فعلی و آینده حوضه، مانند اضافه برداشت مداوم، می‌تواند یادگیری را ارتقا داده و تعامل را در جوامع افزایش دهد. چنین ابزارهایی

می‌توانند اشکال مختلفی داشته باشند، از جمله گزارش‌های اطلاعاتی، اسناد راهنمایی و وب‌سایت‌هایی که هدفشان آموزش کاربران آب در مورد بهترین شیوه‌های مدیریتی یا به‌روزرسانی اعضای جامعه در مورد ابتکارات و فعالیت‌های مدیریت مربوطه است. آموزش‌های هدفمند، کارگاه‌ها و کنفرانس‌هایی که شرکت‌کنندگان را در مورد موضوعات خاص متمرکز بر آب درگیر می‌کند یا تهیه برنامه درسی آموزشی که آموزش آب را در مدارس پیش می‌برد، نمونه‌های دیگری هستند. خلاصه‌ای از این ابزارها عبارتند از:

- برنامه‌های آموزشی و رویدادهای مشارکت جامعه
- گزارش ها و به روز رسانی‌های برنامه
- اسناد راهنمای BMP
- ابزارهای داده و وب‌سایت‌های اطلاعاتی

۳-۳- فرآیند تدوین معیارها

برنامه‌های اولیه پایداری آب‌های زیرزمینی به منظور دستیابی به پایداری حوضه؛ اهداف کمی را برای هر عامل بحرانی تعریف می‌کنند. این اهداف کمی توسط اداره منابع آب، در قالب اهداف مرحله‌ای در زمان تصویب برنامه‌های نهایی پایداری آب‌های زیرزمینی و همچنین در پایان دوره‌های ۵ ساله ارزیابی می‌شوند. در پایان هر دوره، وضعیت حوضه‌ها بر اساس نتایج حاصل توسط برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی به اداره منابع آب گزارش شده و در صورت لزوم مورد بازبینی واقع می‌شوند.

اداره منابع آب مقرراتی را برای تعیین معیارها تعریف می‌کند که برای هر شاخص پایداری به منظور ایجاد ثبات در حوضه آب زیرزمینی و همچنین برای حوضه‌های مجاور تعیین می‌شود. یک GSA ممکن است از عمق آب‌های زیرزمینی به عنوان معیار استفاده کند، اما باید همبستگی قابل توجهی بین عمق آب زیرزمینی و شاخص پایداری وجود داشته باشد. لازمه اجرای این فرایند درک حوضه و سازوکارهای وضع موجود است. GSAها به عنوان بخشی از این فرآیند، حداقل دو دسته در مورد هر شاخص به اداره منابع آب تحویل می‌دهند تا مطمئن شوند که همه شرایط و عدم قطعیت‌ها در مورد اینکه چه چیزی برای حوضه سازگار است، چه چیزی منجر به پایداری می‌شود و چه چیزی منجر به ناپایداری می‌شود، در نظر گرفته شده است.

از طرفی اجرای SGMA به تعدادی از عناصر حیاتی مدیریت آب‌های زیرزمینی بستگی دارد که برخی از آنها به وضوح توسط قانون تعریف نشده‌اند. یکی از این عناصر «اهداف قابل اندازه‌گیری» است. در این بخش استدلال می‌شود که اهداف قابل اندازه‌گیری ضروری هستند زیرا دستیابی به پایداری بدون تعریف معنای آن و نحوه ارزیابی آن، غیرممکن است.

بخش 10727.2(b)(2) کد آب کالیفرنیا، GSAها را ملزم می‌کند تا اهداف قابل اندازه‌گیری را در برنامه‌های پایداری خود تعیین کنند. اهداف قابل اندازه گیری به چند دلیل مهم هستند، از جمله:

- برای اندازه گیری پیشرفت طرح.
- ارائه چارچوبی که در آن از نتایج نامطلوب دوری شود یا اصلاح شود.

اهداف قابل اندازه‌گیری، هدفِ پایداری، مدیریت پایدار و بازدهی پایداری را تعریف می‌کنند که هدف آن جلوگیری از نتایج نامطلوب مانند پیشروی آب دریا و فرونشست زمین است. بسیاری از نتایج نامطلوب به هم مرتبط هستند و بنابراین به صورت همپوشانی‌دار نشان داده می‌شوند.

در واقع، اهداف قابل اندازه‌گیری و آبدهی پایدار به یکدیگر وابسته هستند زیرا SGMA آبدهی پایدار را تا حدی به عنوان اجتناب از نتایج نامطلوب تعریف می‌کند. با این حال، این قانون به طور خاص اهداف قابل اندازه‌گیری یا فرآیندی را که باید توسط آنها تنظیم و در طول زمان نظارت شود، تعریف نمی‌کند. در عوض، SGMA از اداره منابع آب می‌خواهد تا مقرراتی را برای تعریف بیشتر مواردی که باید در یک برنامه پایداری گنجانده شود، از جمله اهداف قابل اندازه‌گیری، اتخاذ کند. در این بخش پیامدهای اهداف قابل اندازه‌گیری در SGMA را بررسی و یک سری معیارها را برای ایجاد اهداف قابل اندازه‌گیری مؤثر و یک چارچوب اولیه برای چگونگی تهیه و گنجاندن آنها در برنامه‌های پایداری پیشنهاد می‌شود.

بررسی‌ها در برنامه‌های مدیریت آب زیرزمینی موجود و ادبیات مربوط به مدیریت آب‌های زیرزمینی و مدیریت تطبیقی نشان می‌دهد که اهداف قابل اندازه‌گیری مؤثر موارد زیر را انجام می‌دهند:

- تعیین شرایط اولیه
- تعیین آستانه‌های کمی
- ایجاد محرک‌های محافظتی که نیاز به اقدام قبل از رسیدن به یک آستانه دارد.
- اندازه‌گیری و نظارت منظم
- محاسبه عدم‌قطعیت
- سازگاری با شرایط متغیر و اطلاعات جدید

در ادامه هر یک از این جنبه‌های اهداف قابل اندازه‌گیری مؤثر با جزئیات بیشتری شرح داده می‌شود.

تعیین شرایط اولیه: برای اینکه بفهمید چگونه به جایی که می‌خواهید برسید، باید بدانید کجا بوده‌اید. شرایط اولیه ثابت می‌تواند به ویژه هنگام مدیریت یک منبع مشترک مانند آب‌های زیرزمینی مفید باشد. شرایط اولیه واضح می‌تواند به اطمینان از شفافیت و جلوگیری از نتایج نامطلوب مدیریت کمک کند. شرایط اولیه، نقاط مرجعی هستند که GSAها در هنگام تنظیم آستانه‌ها و محرک‌ها، تغییرات را بر اساس آن‌ها ارزیابی می‌کنند. درواقع شرایط اولیه نقطه شروع یا شرایط فعلی و تاریخی یک حوضه آب زیرزمینی است که GSAها برای تعیین اهداف قابل اندازه‌گیری آینده و ارزیابی پیشرفت و عملکرد از آن استفاده خواهند کرد. بنابراین، شرایط اولیه مسیر پایداری را مشخص می‌کند.

شرایط اولیه لازم به منظور تعریف آبدهی پایدار شامل ارزیابی اولیه‌ای از شرایط هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و مدیریتی بلندمدت تاریخی و فعلی در حوضه است و اداره منابع آب وظیفه دارد روش‌ها و فرضیات مناسب را برای توصیف و ارزیابی این شرایط شناسایی کند. با این حال، شرایط اولیه برای ارزیابی نتایج نامطلوب در حوضه‌های خاص ممکن است متفاوت باشد از این‌رو GSAها اختیار دارند تا نتایج نامطلوب رخ داده قبل از ۱ ژانویه ۲۰۱۵ را بررسی کنند. شایان ذکر است که ۱ ژانویه ۲۰۱۵، سال چهارم از یک خشکسالی استثنایی در کالیفرنیا می‌باشد و به همین دلیل می‌تواند به عنوان مبنایی برای شرایط خشکسالی در نظر گرفته شود.

هنگامی که شرایط اولیه تعیین شد، بر این اساس GSAها نتایج نامطلوب و غیرمنطقی را تعریف می‌کنند و یک جدول زمانی ۲۰ ساله برای دستیابی به شرایط پایدار را تعیین می‌کنند. با این حال، در بخش مجددا اداره منابع آب نقش مهمی در بررسی برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی دارد تا مشخص شود که آیا آنها به هدف پایداری حوضه دست می‌یابند یا خیر و همچنین اینکه آیا این وضعیت برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی بر توانایی حوضه مجاور برای اجرای برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی خود تأثیر منفی می‌گذارد یا خیر؛ آیا مانع دستیابی به اهداف پایداری در حوضه مجاور می‌شود یا خیر. بنابراین، اداره منابع آب ممکن است اختیارات محلی را به منظور اطمینان از تحقق مدیریت پایدار آب زیرزمینی در سراسر کشور محدود کند.

تنظیم آستانه‌های کمی: اهداف مدیریت حوضه آب زیرزمینی گذشته تحت عنوان معیارهای خاص تعریف وضعیت مطلوب حوضه تعریف می‌شوند. بررسی برنامه‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی گذشته حوضه‌ها نشان می‌دهد که اغلب اهداف تعیین شده به خوبی تعریف نشده‌اند، در واقع اغلب کیفی بودند تا اهداف کمی (نلسون، ۲۰۱۱؛ RMC 2014). به عنوان مثال، هدف موجود در یک برنامه، «محافظت و افزایش کیفیت آب‌های زیرزمینی» می‌باشد. اندازه‌گیری و ردیابی چنین عبارات کلی در طول زمان دشوار است و پیشرفت یک برنامه مدیریتی را به وضوح نشان نمی‌دهد.

ادبیات مدیریت تطبیقی و تجربیات عملیاتی کالیفرنیا بر نیاز به اهداف قابل اندازه‌گیری و کمی برای دو منظور تأکید دارند: اول اینکه، پیشرفت در جهت دستیابی به آنها قابل ارزیابی است؛ دوم، عملکردی که از اهداف منحرف می‌شود می‌تواند باعث تغییر جهت مدیریت شود. بیان صریح اهداف قابل اندازه‌گیری به جداسازی مدیریت تطبیقی از سعی و خطا کمک می‌کند، چرا که استفاده از اهداف قابل اندازه‌گیری گزینه‌های مدیریت را در طول زمان هدایت و توجیه می‌کند.

آبدهی مطمئن و آبدهی پایدار دو مفهوم برجسته در مدیریت آب‌های زیرزمینی هستند. هر دو مفهوم، به طور کلی، رابطه بین برداشت آب زیرزمینی (خروجی) و تغذیه آب زیرزمینی (ورودی) را بهبود می‌بخشند. آبدهی مطمئن، همانطور در درجه اول بر ذخیره و تراز آب‌های زیرزمینی متمرکز است و هدف از آبدهی مطمئن اغلب تطبیق مقدار برداشت آب زیرزمینی با تغذیه آب زیرزمینی بوده است. این هدف شرایط پیچیده هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و اجتماعی مدیریت آب‌های زیرزمینی را بیش از حد ساده فرض کرده و منجر به چالش های مدیریتی شد. به عنوان مثال، چندین منطقه آب زیرزمینی در کانزاس در ابتدا سیاست‌های آبدهی مطمئن را اعمال کردند که یک رویکرد بیلان جرم (تطبیق

نرخ متوسط تغذیه بلندمدت با نرخ برداشت آب زیرزمینی) را در پیش گرفتند. متأسفانه، این رویکرد منجر به تخلیه نهرها شد زیرا نرخ تغذیه بیش از حد تخمین زده شد و نهرها که مانند آب‌های زیرزمینی به جریان‌ها کمک می‌کند، در نظر گرفته نشده بود. بنابراین، این حوضه‌ها سیاست‌های خود را بمنظور دستیابی به آبدهی پایدار که نیازهای محیط زیست را هم در بر می‌گیرد، تغییر دادند. از این ساده‌سازی بیش از حد را به عنوان افسانه بیلان آب یاد شده است.

در اواخر دهه ۱۹۸۰، مفهوم توسعه پایدار - برآورده کردن نیازهای نسل حال حاضر بدون به خطر انداختن توانایی نسل های آینده برای برآوردن نیازهایشان - تغییر به مفهوم آبدهی پایدار را نشان داد. به طور کلی، آبدهی پایدار تلاشی برای تعیین معیاری است که می‌تواند انعطاف‌پذیری بلندمدت یک سیستم آب زیرزمینی را تضمین کند (رودستام و لنگریج، ۲۰۱۴). آبدهی پایدار نه تنها از تراز آب‌های زیرزمینی، بلکه از مزایای زیست‌محیطی و اجتماعی متعددی که آب‌های زیرزمینی فراهم می‌کنند، محافظت می‌کند، مانند کمک به جریان پایه، حفظ اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی، و محافظت در برابر فرونشست زمین و پیشروی آب شور دریا (مایمونه، ۲۰۰۴).

برای جلوگیری و مدیریت هر یک از نتایج نامطلوب تعریف شده در SGMA، باید اهداف قابل اندازه گیری در هر برنامه شناسایی شود. توجه به این نکته مهم است که SGMA وجود یک نتیجه نامطلوب، مانند کاهش تراز آب‌های زیرزمینی به عنوان نتیجه نامطلوب را تعریف نمی‌کند. بلکه برای ایجاد یک نتیجه نامطلوب، باید یک نتیجه «قابل توجه و غیرمنطقی» وجود داشته باشد. به عبارت دیگر، پیشروی آب دریا لزوماً به خودی خود یک نتیجه نامطلوب نیست، اما پیشروی آب دریا فراتر از یک مکان خاص یا بالاتر از یک نرخ معین ممکن است به عنوان یک سطح «قابل توجه و غیرمنطقی» از پیشروی آب دریا تعریف شود. بنابراین، هر برنامه برای کنترل نتایج نامطلوب «معنادار و غیرمنطقی»، باید آستانه‌های کمی را تعریف کند.

یک تعریف کلی از آستانه عبارت است از «سطح یا وضعیت هدف تعریف شده مبتنی بر اجتناب از نتایج غیرقابل قبول یا تغییر محیط زیستی قابل توجه تعریف شده در وضعیت سیستم» (پولوسکی و همکاران، ۲۰۱۱). آستانه‌ها شرایطی را نشان می‌دهند که فراتر از آن‌ها نتایج نامطلوب غیرقابل قبول ایجاد می‌شود. علاقه علمی و مدیریتی به استفاده از آستانه‌ها برای مدیریت منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها در چارچوب مدیریت تطبیقی در دهه گذشته افزایش یافته است. هنگامی که یک عامل بحرانی به مقدار آستانه نزدیک می‌شود یا از مقدار آستانه عبور می‌کند، یک سازمان مدیریتی با انواع اقدامات منطقی به منظور معکوس کردن روند و جلوگیری از نتایج غیرقابل قبول پاسخ می‌دهد.

تعیین آستانه‌های کمی برای مدیریت آب‌های زیرزمینی موضوع جدیدی نیست. تعدادی از برنامه‌های مدیریت آب زیرزمینی موجود و سایر اسناد برنامه‌ریزی در کالیفرنیا و در سراسر ایالات متحده از آستانه برای تعیین شیوه‌های مدیریت پایدار استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، در تگزاس، آستانه‌ها برای تعیین شرایط مطلوب آینده استفاده می‌شوند و اهداف خاصی را برای شرایط، مانند تراز آب زیرزمینی و حجم ذخیره آب زیرزمینی نشان می دهند (ماک و همکاران، ۲۰۰۸). هنگامی که شرایط مطلوب آینده مشخص شد، آنها وارد مدل‌های آب زیرزمینی می‌شوند تا حداکثر نرخ پمپاژ مجاز برای دستیابی به شرایط آینده مطلوب را برآورد کنند.

نمونه‌هایی از آستانه‌هایی که در حال حاضر در SGMA استفاده می‌شوند و حول شش نتیجه نامطلوب که در آن مشخص شده‌اند سازماندهی شده است وجود دارد. برای مثال به محدودیت‌هایی روی حجم آب قابل برداشت سالیانه، رعایت نرخ معین کاهش برداشت از آب‌های زیرزمینی، کنترل افت تراز آب زیرزمینی برای یک مقدار مشخص در یک بازه زمانی مشخص، حفظ تراز آب زیرزمینی (مثلاً مقدار معینی بالاتر از تراز آب دریا) در چاه‌های مشاهده‌ای نزدیک دریا به منظور جلوگیری از پیشروی آب شور، کنترل عدم تجاوز حد مشخصی از کیفیت آب در نقاط اندازه‌گیری مشخص، می‌توان اشاره نمود.

ایجاد محرک‌های محافظتی: یک مسئله رایج در استفاده از آستانه‌ها در مدیریت منابع طبیعی، در محلی است که یک نتیجه نامطلوب رخ داده است. به عنوان مثال، برخی از قوانین و مقررات به گونه‌ای طراحی شده‌اند که تا زمانی که از یک آستانه عبور نشود، هیچ اتفاقی نمی‌افتد. تقریباً در همه موارد، سازمان‌های مدیریتی مانند GSAها تمایل دارند تا شیوه‌های مدیریتی را قبل از رسیدن به یک نقطه اوج برگشت ناپذیر یا نامطلوب تغییر دهند. برای در نظر گرفتن عدم‌قطعیت و اطمینان از عدم تجاوز از آستانه‌ها، مدیران باید یک سیستم هشدار ایجاد کنند و در واکنش به آن اقدام کنند. محرک‌ها با شناسایی دقیق چگونگی، زمان و چرایی اقدامات مدیریتی چارچوب تصمیم‌گیری تطبیقی و در عین حال ساختارمندتر را فراهم می‌کنند (نی و شولز، ۲۰۱۲). GSAها محرکها را در یک سیستم یکپارچه به عنوان محرک‌های سبز، زرد و قرمز تعریف می‌کنند.

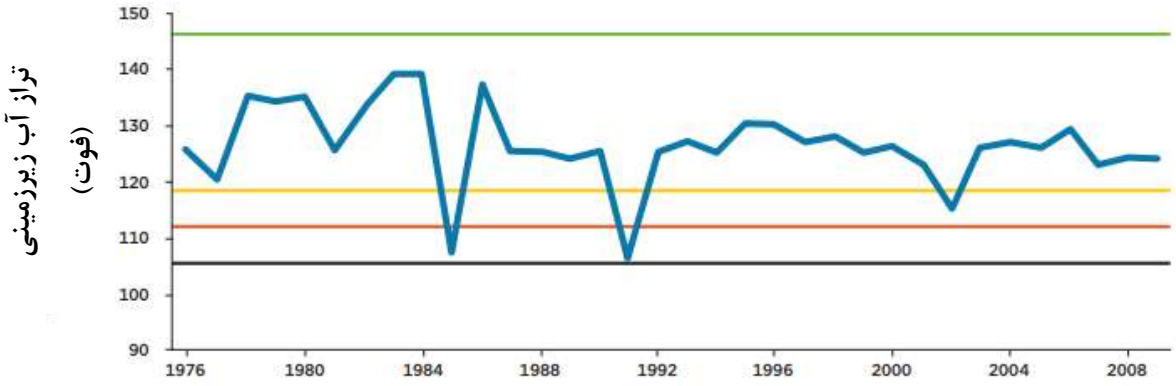
هنگام مدیریت یک منبع، برآورد زمانی که یک نتیجه نامطلوب می‌تواند رخ دهد (آستانه) و نقاطی که در آن اقدامات مدیریت تحقیقاتی یا پیشگیرانه باید اتخاذ شوند، مهم است. زمانی که از مقدار آستانه تجاوز می‌شود، اقدامات قانونی و یا مدیریتی خاص آغاز می‌شوند. سازمان‌ها می‌توانند در برنامه‌های پایداری طرح کنند که چه اقداماتی در هر مرحله انجام خواهد شد. این امر در جهت برآوردن الزامات بخش ۱۰۷۲۷,۲ (b) (۲) کد آب کالیفرنیا می‌باشد.

محرک‌های کیفیت آب احتمالاً رایج‌ترین روش برای مدیریت اثرات برداشت بر کیفیت آب‌های زیرزمینی هستند. در نبراسکا، محرک‌ها معمولاً بر اساس کاهش تراز آب زیرزمینی هستند. در استرالیا، محرک‌ها برای بسیاری از متغیرهای اندازه‌گیری شده استفاده می‌شوند که متناظر با تراز آب‌های زیرزمینی، کیفیت آب و شاخص‌های سلامت اکوسیستم هستند.

محرک‌ها می‌توانند برای مدیریت منابع آب زیرزمینی به ویژه زمانی که داده‌های کمی وجود دارد یا سطوح بالایی از عدم‌قطعیت وجود دارد مورد استفاده قرار گیرند. محرک‌ها فقط نشان‌دهنده شرایط هستند و لزوما محرک‌هایی نیستند که الزامات SGMA را برآورده کنند. آستانه‌ها و محرک‌ها می‌توانند بر اساس یک مقدار ثابت، دامنه‌ای از مقادیر و یا دامنه‌ای از احتمالات تنظیم شوند. برای مدیریت آب‌های زیرزمینی، توجه به این نکته ضروری است که آستانه‌ها و محرک‌ها ممکن است از نظر مکانی در یک حوضه بسته به شرایط محلی و ویژگی‌های آبخوان متفاوت باشد.

با کاهش و افزایش تراز آب زیرزمینی در طول سال، مطابق با فصول خشک و مرطوب یا فصول رشد و غیررشد، سطح محرک ثابت می‌ماند. شکل ۳–۳ نمونه‌ای از محرک‌های ثابت جهت جلوگیری از عبور یک آستانه در مقیاس

تاریخی تراز آب‌های زیرزمینی است. محرک زرد در یک انحراف استاندارد زیر تراز متوسط آب زیرزمینی تنظیم شده است که مربوط به مجموعه‌ای از اقدامات برای کاهش یا معکوس کردن روند است. محرک قرمز در دو انحراف استاندارد زیر تراز متوسط آب زیرزمینی تنظیم شده است که مربوط به اقدامات فوری برای متوقف کردن کاهش بیشتر تراز آب زیرزمینی است. محرک‌های ثابت برنامه‌ریزی را تسهیل می‌کنند. در این مثال، آستانه کاهش تراز آب زیرزمینی، کمترین تراز آب زیرزمینی ثبت شده (خط سیاه) است. محرک‌های ثابت در تراز سطح زمین (خط سبز)، یک انحراف استاندارد (خط زرد) و دو انحراف استاندارد (خط قرمز) زیر تراز متوسط آب زیرزمینی تنظیم شده‌اند. خط آبی نشان دهنده داده‌های اندازه‌گیری عمق آب زیرزمینی در طول زمان است.



شکل ۳-۳- محرک‌های ثابت برای مدیریت آب‌های زیرزمینی

با افزایش و کاهش تراز آب زیرزمینی در حوضه به صورت فصلی، مقادیر محرک‌ها افزایش و کاهش می‌یابد. به عنوان مثال، در اینجا، محرک قرمز در طول سال‌های مرطوب، یک انحراف استاندارد کمتر از میانگین تراز آب زیرزمینی است، زیرا در این مثال، هدف حوضه پر کردن آبخوان در طول سال‌های مرطوب است. محرک‌های انعطاف‌پذیر می‌توانند به تغییرات برونسالی و درونسالی پاسخ دهند و به سطوح حفاظتی متفاوتی در دوره‌های مرطوب نسبت به دوره‌های خشک نیاز دارند. این رویکرد ممکن است استفاده از آب‌های زیرزمینی را به طور موقت بهینه کند. با این حال، ممکن است برنامه‌ریزی را دشوارتر کند و ممکن است برای گرودارن گمراه کننده باشد.

راه‌اندازی سیستم اندازه‌گیری و پایش منظم: منظور از طراحی اهداف قابل اندازه‌گیری، راهنمایی برای دستیابی به اهداف مدیریت پایدار است. بنابراین، پایش وضعیت یک هدف قابل اندازه‌گیری، به‌گونه‌ای که بتوان آن را مستقیماً با محرک‌ها و آستانه‌ها مرتبط کرد، مهم است. پایش سنگ بنای مدیریت تطبیقی است (لیونز و همکاران، ۲۰۰۸). اهمیت پایش و یادگیری از اطلاعات جمع‌آوری شده، چیزی است که اساساً مدیریت تطبیقی را از سعی و خطا متمایز می‌کند.

روش‌های اندازه‌گیری متنوعی برای هر نتیجه نامطلوب وجود دارد. SGMA اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی را ممنوع می‌کند اما مناسب‌ترین معیار برای ارزیابی اضافه برداشت از آب زیرزمینی را مشخص نمی‌کند و باید روشی

برای ارزیابی کمی اهداف قابل اندازه‌گیری، تعیین محرک‌ها و تعیین آستانه استفاده شود. یک GSA می‌تواند برداشت آب زیرزمینی یا تغییرات عمق آب‌های زیرزمینی را با استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی برای ارزیابی اضافه برداشت از آب زیرزمینی اندازه‌گیری کند. به عنوان مثال، داده‌های سنجش از دور یا مصرف برق ممکن است به عنوان نمونه‌ای برای برداشت آب‌های زیرزمینی استفاده شود. مهم است که به یاد داشته باشید که تکنیک‌های اندازه گیری غیرمستقیم ذاتاً سطوح بالاتری از عدم‌قطعیت را دارند.

محاسبه عدم‌قطعیت: در نظر گرفتن عدم‌قطعیت در هر فرآیند برنامه‌ریزی بلندمدت ضروری است. مدیریت آب‌های زیرزمینی از این جهت که قابل مشاهده نیست و محدودیت‌هایی در دقت و صحت روش‌های مدل‌سازی و اندازه‌گیری دارند، مستلزم در نظر گرفتن عدم‌قطعیت هستند. همانطور که GSAها برنامه‌ها را تهیه می‌کنند، ابتدا باید با مشاهده داده‌های تاریخی، خواندن گزارش‌ها و ارزیابی‌ها (که ممکن است ناقص باشند) و سپس پیش‌بینی چگونگی تغییر شرایط آینده (مانند کاربری اراضی، تغییرات اقلیم، رویکردهای مدیریتی، قابلیت اطمینان آب)، شرایط اولیه را با هدف جلوگیری از نتایج نامطلوبی که آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد تدوین نموده و عدم‌قطعیت را در برنامه‌های مدیریتی در نظر بگیرند.

برخی از عدم‌قطعیت‌ها نسبتاً کوچک هستند. برای مثال، دستگاه‌های اندازه‌گیری آب کشاورزی فقط باید در محدوده مثبت یا منفی ۱۲ درصد دقیق باشند (California Code of Regulations Section 597.3(a)(1)). سایر عدم‌قطعیت‌ها معمولاً بزرگ‌تر هستند و اغلب به‌خوبی اندازه‌گیری نمی‌شوند، مانند عدم‌قطعیت بستر آبخوان‌ها، کاربری‌های آینده زمین، بهره‌برداری‌های آینده از منابع آب و تأثیرات تغییرات اقلیم بر سیستم‌های آبی. به عنوان مثال، بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که تأثیرات اقلیمی، تأثیرات مرتبط و شدیدی بر هیدرولوژی و سیستم‌های آب دارد (DWR, 2008). اگرچه علم نمی‌تواند شکل دقیق این تغییرات را پیش‌بینی نماید، اما نتایج را می‌توان تحت سناریوها در بهترین و بدترین سناریوها در نظر گرفت.

مدیریت تطبیقی، فرآیندی را برای مقابله با عدم‌قطعیت‌ها فراهم می‌کند، اما لازم است که مشخص شود عدم‌قطعیت در کدام بخش سیستم است و رویکردهایی برای رسیدگی به آن ایجاد شود. محرک‌ها ممکن است به صورت محافظه‌کارانه تنظیم شوند تا بازه اطمینان کافی برای پاسخگویی فراهم شود. اهداف قابل اندازه‌گیری با معیارهای مناسب و با محرک‌ها و آستانه‌های مناسب برای پاسخ به چنین عدم‌قطعیتی و کمک به فرآیند تصمیم‌گیری در شرایط عدم‌قطعیت‌دار طراحی شده‌اند.

این مسئله بسیار مهم است که محرک‌ها برای توجیه این حقیقت که بسیاری از اقدامات مدیریتی (به عنوان مثال، افزایش تغذیه) به زمان قابل‌توجهی نیاز دارند تا از هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم اقدامات اضطراری اجتناب کنند. عدم‌قطعیت به این معنی است که اثرات سودمند یک اقدام ممکن است پایین‌تر (یا بالاتر) از حد انتظار باشد که ممکن است نیازمند اقدامات بیشتر و زمان اضافی باشد. بنابراین عدم‌قطعیت می‌تواند زمان یافتن پاسخ مناسب به یک وضعیت ناپایدار را افزایش دهد. در حوضه‌هایی که حساس هستند یا درجات زیادی از عدم‌قطعیت در مورد سیستم وجود دارد،

ممکن است محرک‌ها بالاتر از آستانه نتایج نامطلوب تعریف شوند. در نظر گرفتن این عدم‌قطعیت‌ها می‌توانند به عنوان یک روش هشدار زودهنگام برای واکنش‌های پیش‌بینی‌نشده سیستم که منجر به نتایج نامطلوب می‌شوند، بکار گرفته شوند. برای مثال، بازه‌های اطمینان در حوضه موری‌دارلینگ استرالیا مورد استفاده قرار می‌گیرند. منابع آب زیرزمینی برخی مناطق داده‌های موجود کمتری دارند. در آن مناطق مقدار کل برداشت آب زیرزمینی به منظور حصول اطمینان از اینکه اقدامات مدیریتی کم‌تر دچار خطا می‌شوند، بیشتر کاهش می‌یابد.

سازگاری با شرایط در حال تغییر و اطلاعات جدید: انطباق با اطلاعات جدید یک راهبرد مهم برای اجرای اهداف قابل اندازه‌گیری مؤثر است. به عنوان مثال، در تدوین برنامه‌ها، نقاط عطف موقتی به منظور ارزیابی پیشرفت به سمت اهداف پایداری و در صورت لزوم تغییر مسیر در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این که محیط دارای ویژگی‌های ثابت نیست، عوامل دیگری ممکن است منجر به خارج شدن شرایط آب زیرزمینی از تغییرات مورد انتظار شود، مانند تغییر شرایط اقتصادی.

مدیریت تطبیقی هم یک تکنیک و هم فلسفه‌ای است که شرایط متغیر را به منظور مدیریت موفقیت آمیزتر منابع طبیعی و اکوسیستم ها ادغام می‌کند. مدیریت تطبیقی با اندازه‌گیری دقیق میزان پیشرفت اقدامات برای دستیابی به اهداف پایداری و سپس اصلاح برنامه مدیریت و اجرای آن برای دستیابی به اهداف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بازه‌های زمانی کوتاه، مدیریت تطبیقی، انعطاف‌پذیری، پاسخگویی و تصمیم‌گیری محلی را تشویق می‌کند تا برنامه‌ریزی منابع را با شرایط و نیازهای در حال تغییر محیط تطبیق دهد. در دوره های زمانی طولانی‌تر، با توسعه اطلاعات جدید، مدیریت تطبیقی منجر به اصلاح و به‌روزرسانی برنامه‌های مدیریتی می‌شود. چارچوب مدیریت تطبیقی شامل سه مرحله گسترده است: برنامه‌ریزی، اجرا، و ارزیابی و پاسخ. این مراحل شامل تعدادی از مراحل است که بخشی از چرخه تکراری هستند.

مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در هر حوضه برای یک دوره ۲۰ ساله ضمن مشارکت گروداران محلی با تعیین معیارهای مناسب محقق می‌شود. در این فرآیند پرداختن به عدم‌قطعیت‌ها به منظور جلوگیری از وقوع نتایج نامطلوب و عملیاتی نمودن اهداف ضروری است. بنابراین بسیار مهم است که نهادهای مدیریتی به صراحت عدم‌قطعیت را در نظر بگیرند و مجموعه‌ای از پاسخ‌های پیشگیرانه را برای بهبود یا دسته‌بندی اطلاعات ایجاد کنند. همانطور که قبلاً اشاره شد، این معیارها بر اساس شش عامل بحرانی تعریف شده است. GSAها باید در تدوین برنامه‌های پایداری، معیارهای مناسب و حدأقل تراز آب زیرزمینی را به منظور جلوگیری از نتایج نامطلوب را مشخص نمایند. بنابراین در تهیه برنامه‌ها باید شرایط هر یک از شش شاخص پایداری را در نظر بگیرند و تعیین کنند که در چه نقطه‌ای در آن حوضه قابل توجه و غیرمنطقی می‌شوند. هنگام تعریف یک نتیجه نامطلوب، GSA باید تمام مصارف و کاربری‌های سودمند از آب‌های زیرزمینی، همچنین کاربری اراضی و منافع مالکیت در حوضه را در نظر بگیرد.

نتایج نامطلوب زمانی اتفاق می‌افتد که عوامب شش گانه در شرایط بحرانی قرار گیرند. برای این منظور اهداف قابل اندازه‌گیری، آستانه‌های حدأقلی و اهداف میانی تعریف می‌شود. اهداف قابل اندازه‌گیری همانطور که قبلاً تأکید

شد، اهداف مشخص و قابل اندازه‌گیری برای حفظ یا بهبود شرایط آب زیرزمینی هستند که در یک برنامه تصویب شده گنجانده شده‌اند. آستانه حدأقلی، مقدار کمی است که نشان دهنده وضعیت آب زیرزمینی در هر چاه مشاهده‌ای است که وقتی از آن فراتر رود، ممکن است نتیجه نامطلوبی ایجاد کند. اهداف میانی، نقاط عطف موقتی هستند که هر پنج سال یک‌بار به عنوان معیاری برای دستیابی به اهداف، به‌روزرسانی تعیین می‌شوند. این نقاط عطف ممکن است با پیشرفت کارها و پر شدن شکاف‌های داده تغییر کنند. منطقه بین هدف قابل اندازه‌گیری و آستانه‌های حدأقلی، منطقه انعطاف‌پذیری عملیاتی است.

۳-۴- ارزیابی اقدامات

در بخش قبل چگونگی تعیین اهداف قابل اندازه‌گیری تعریف شد. از آنجایی که این بخش به طور خاص به الزامات SGMA مربوط می‌شود، نحوه تعیین و ارزیابی اهداف قابل اندازه‌گیری و آستانه‌های کمی مرتبط با این قانون مورد بررسی قرار می‌گیرد. SGMA مستلزم آن است که حوضه‌ها از نتایج نامطلوب حفاظت شوند و به هدف پایداری دست یابند که به عنوان بهره‌برداری از حوضه با آبدهی پایدار آن تا سال ۲۰۴۰ (۲۰۴۲ برای برخی حوضه‌ها) تعریف می‌شود. این بدان معنا است که GSAها باید آستانه‌هایی را برای نتایج نامطلوب معنادار و غیرمنطقی انتخاب کنند که از اصول آبدهی پایدار حمایت می‌کند.

در حالی که واضح است که شرایط محلی هنگام تعیین آستانه ضروری است، اما ارزیابی اهداف و آستانه‌ها برای اطمینان از انطباق آنها با استانداردهای دولتی موجود و هدف SGMA برای دستیابی به آبدهی پایدار در سراسر ایالت بسیار مهم است. اگر این فرآیند روشن، سازگار و از نظر علمی و قانونی قابل دفاع باشد، احتمال اینکه منجر به درگیری در سطح محلی و بین حوضه‌های همجوار شود، کمتر است. در اینجا، یک چارچوب اولیه برای حوضه‌ها پیشنهاد می‌شود که چگونه می‌توان یک فرآیند ثابت برای شناسایی و تعیین اهداف و آستانه‌های نتایج نامطلوب «معنادار و غیرمنطقی» ایجاد کرد.

اگرچه بسیاری از مدیران مفهوم مدیریت تطبیقی را درک می‌کنند، اما تعداد کمی از آنها با حکمرانی تطبیقی آشنا هستند. حکمرانی تطبیقی توانایی یک سازمان مدیریتی را برای واکنش به تغییر تسهیل می‌کند. مدیریت تطبیقی به تنهایی نتایج انعطاف‌پذیر و پایدار را تضمین نمی‌کند، به ویژه اگر سازمان‌های مدیریتی قادر به ترکیب اطلاعات جدید و پاسخ به شرایط متغیر نباشند. بنابراین، عاقلانه نیست که مدیریت تطبیقی را صرفاً یک فرآیند علمی یا فنی بدانیم، این فرآیند ذاتاً یک فرآیند اجتماعی است که مستلزم ساختارهای نهادی است که شفافیت و انعطاف بیشتر را ممکن سازد. همانطور که بیان شد چرخه مدیریت تطبیقی دارای سه مرحله است: برنامه‌ریزی، اجرا، و ارزیابی و پاسخ. نظارت، اندازه‌گیری و یادگیری ساختاریافته آن چیزی است که مدیریت تطبیقی را از سعی و خطا متمایز می‌کند. آستانه‌ها نه تنها برای هر نتیجه نامطلوب، بلکه در مقیاس‌های مکانی متفاوت نیز باید در نظر گرفته شوند، زیرا نتایج نامطلوب ممکن است فقط در برخی مناطق حوضه وجود داشته باشد یا ممکن است ویژگی‌های متفاوتی در سراسر حوضه داشته باشد.

مرحله ۱: آیا آستانه‌ها از استانداردهای موجود تخطی می‌کند؟

اولین مرحله در این چارچوب این است که زمانی که سیاست‌های ایالتی استانداردهای لازم را تنظیم کرده‌اند، این استانداردها نقش قانون را دارند و نمی‌توانند توسط SGMA تضعیف شوند. در برخی موارد، مانند کیفیت آب، برخی استانداردها و فرآیندهای نظارتی وجود دارد که ممکن است فرآیند تعیین آستانه را هدایت کند، در حالی که در موارد دیگر، مانند فرونشست زمین، راهنماهای موجود کمتری وجود دارد. در بسیاری از موارد، مانند حداقل جریان‌های درون رودخانه، سیاست‌های موجود مبتنی بر مدیریت آب‌های سطحی بوده است و به طور گسترده برای آب‌های زیرزمینی اعمال نشده است.

مرحله ۲: آیا آستانه از طریق یک فرآیند عمومی شفاف ایجاد شده است؟

مرحله دوم تضمین می‌کند که آستانه‌ها با پیروی از یک فرآیند شفاف که سازمان‌های محلی و گروداران را درگیر می‌کند، ایجاد شده است. SGMA به طور خاص از برنامه‌های پایداری می‌خواهد که اسناد برنامه‌ریزی موجود، مانند برنامه‌های عمومی (Government Code Section 65350.5.) را در نظر بگیرند و فعالانه با گروداران مختلف در این زمینه همکاری نمایند.

مرحله ۳: آیا اثرات منفی مرتبط با سطح آستانه وجود دارد؟

مرحله سوم در این چارچوب مستلزم تجزیه و تحلیل اثرات منفی مرتبط با یک آستانه خاص است. اگر تأثیرات منفی محتمل باشند، ممکن است آستانه نیاز به بازنگری داشته باشد. از طرف دیگر، در برخی موارد، در صورت دستیابی به توافق با جوامع آسیب دیده و با در نظر گرفتن برگشت‌پذیری اثرات منفی ممکن است بتوان این اثرات منفی را کاهش داد.

مرحله ۴: آیا آستانه هر حوضه، آستانه حوضه همسایه را نقض می‌کند؟

حوضه‌های آب زیرزمینی که در مجاورت یکدیگر قرار دارند می‌توانند بر بیلان آب زیرزمینی یکدیگر تأثیر بگذارند و در نتیجه بر توانایی یکدیگر برای رعایت SGMA اثر بگذارند. SGMA از اداره منابع آب می‌خواهد تا ارزیابی کند که آیا یک برنامه در یک حوضه مانع از توانایی برنامه‌ای دیگر برای دستیابی به اهداف پایداری خود می‌شود یا نه (California Water Code Section 10733(c)). در مرحله ۴ اطمینان حاصل می‌شود که حوضه‌های همسایه تحت آستانه‌های مختلف ضمن جلوگیری از تأثیرات منفی حوضه‌های مجاور مدیریت می‌شوند.

مرحله ۵: آیا در خصوص اقدامات پیشنهادی برای اجتناب از آستانه، عدم‌قطعیت بالایی وجود دارد؟

همانطور که قبلاً مورد بحث قرار گرفت، هر فرآیند برنامه‌ریزی بلندمدتی ذاتاً مستلزم عدم‌قطعیت است و ضروری است که چنین عدم‌قطعیتی به رسمیت شناخته شود. در مواردی که داده کمی وجود دارد، بین یک اقدام و پیامد آن

فاصله زمانی طولانی وجود دارد یا توانایی کمی برای پیش‌بینی شرایط آینده وجود دارد، عاقلانه است که آستانه‌های محافظه‌کارانه‌تر و محرک‌های محافظتی بیشتری برای جلوگیری از نتیجه نامطلوب ایجاد شود.

مرحله ۶: آیا آستانه‌های تعریف شده برای هر نتیجه نامطلوب با یکدیگر در تضاد است؟

آخرین مرحله چارچوب مقدماتی مستلزم دید جامع‌تری از نتایج نامطلوب است تا اطمینان حاصل شود که آستانه تعیین شده برای یک نتیجه نامطلوب تأثیر منفی بر دیگری ندارد یا با سیاست‌ها یا اولویت‌های دولتی مدیریت آب در تضاد نیست.

۳-۵- نحوه نظارت و پایش

یکی از وظایف تعریف شده برای GSAها بررسی شبکه پایش حوضه برای ارزیابی روند اجرای برنامه‌ها می‌باشد؛ در واقع باید تراکم شبکه پایش و زمان‌های داده‌برداری متناسب با اهمیت وقوع نتایج نامطلوب و به منظور ارزیابی عوامل بحرانی بررسی و تحلیل شود. برای این منظور برنامه‌های پایش مختلفی از جمله برنامه پایش سراسری تراز آب زیرزمینی کالیفرنیا (CASGEM) وجود دارد. در برخی حوضه‌ها، داده‌برداری به صورت دو نوبت در سال برای بررسی روندهای فصلی و بلندمدت انجام می‌شود. لازم به ذکر است که هر حوضه باید ضمن توجه به شرایط خاص و پتانسیل حوضه، بر مبنای نتایج نامطلوب تعریف شده و اهمیت وقوع آن‌ها سیستم و برنامه پایش خاصی را تنظیم نماید. بدین منظور وظایف GSAها منطقه بندی حوضه و انتخاب چاه‌های مشاهده‌ای به منظور پایش عوامل بحرانی حوضه می‌باشد.

میزان برداشت از آبخوان که متناسب با اهداف مدیریت پایدار می‌باشد؛ تحت برنامه‌های پایداری نهایی‌شده توسط اداره منابع آب مشخص می‌شود؛ در انتهای دوره‌های یک ساله و پنج ساله، GSAها نسبت به برنامه تدوین شده و نحوه اجرای این برنامه مسئول می‌باشند و در صورت لزوم با توجه به گزارش‌های یکساله و پنج ساله برنامه بازبینی و اصلاح می‌شود. بر اساس محرک‌ها و اهداف میانی تعریف شده و همچنین نتایج نامطلوب تعریف شده که منحصر به هر حوضه می‌باشد، اقدامات اصلاحی آغاز می‌شوند تا با کاهش تدریجی نتایج نامطلوب، موفقیت پایدار در بازه زمانی تعریف شده حاصل شود. در این راستا نکات زیر، مورد توجه است:

- هر سازمان باید یک شبکه پایش ایجاد کند که قادر به جمع‌آوری داده‌های کافی برای نشان دادن روندهای کوتاه‌مدت، فصلی و بلندمدت در آب‌های زیرزمینی و منابع آب سطحی باشد و اطلاعاتی درباره شرایط آب‌های زیرزمینی برای ارزیابی اجرای برنامه‌ها ارائه دهد.
- هر برنامه باید شامل توصیفی از اهداف شبکه پایش از جمله توضیحی در مورد چگونگی تهیه و اجرای شبکه برای پایش آب‌های زیرزمینی و منابع سطحی مرتبط، اندرکنش آب‌های سطحی و زیرزمینی در مقیاس زمانی و مکانی مناسب. تراکم مکانی شبکه و تواتر داده‌برداری مناسب برای ارزیابی تأثیرات و اثربخشی اجرای برنامه برای حوضه باشد. اهداف شبکه پایش باید برای دستیابی به موارد زیر اجرا شود:
    - نشان دادن پیشرفت در جهت دستیابی به اهداف قابل اندازه گیری شرح داده شده در برنامه.
    - نظارت بر تأثیرات بهره‌برداران و استفاده‌های مفید از آب‌های زیرزمینی.

- نظارت بر تغییرات شرایط آب زیرزمینی با توجه به اهداف قابل اندازه گیری و آستانه‌های حدأقلی.
- تغییرات سالانه کمی در اجزای بیلان آب.

- هر شبکه نظارتی باید به گونه‌ای طراحی شود که برای هر شاخص پایداری موارد زیر را انجام دهد:

- افت مزمن تراز آب‌های زیرزمینی. کاهش آب‌های زیرزمینی، جهت جریان و شیب هیدرولیکی بین آبخوان‌های اصلی و ویژگی‌های آب‌های سطحی را با این روش‌ها نشان دهد: (الف) چگالی چاه‌های مشاهده‌ای برای جمع‌آوری اندازه‌گیری‌های معرف عمقی-زمانی برای مشخص کردن تراز آب زیرزمینی یا سطح پتانسیومتری برای هر آبخوان اصلی و (ب) عمق آب‌های زیرزمینی باید حدأقل دو بار در سال اندازه‌گیری شود تا روندهای کوتاه‌مدت و فصلی آب‌های زیرزمینی را نشان دهد.
- کاهش ذخیره آب‌های زیرزمینی. برآوردی از تغییرات ذخیره‌سازی سالانه آب‌های زیرزمینی ارائه شود.
- پیشروی آب دریا. پیشروی آب دریا با استفاده از غلظت کلرید یا سایر اندازه‌گیری‌های قابل تبدیل به غلظت کلرید پایش شود، به طوری که نرخ جاری و پیش‌بینی‌شده و میزان پیشروی آب دریا برای هر آبخوان اصلی قابل محاسبه باشد.
- کیفیت آب. جمع‌آوری داده‌های مکانی و زمانی کافی از هر آبخوان اصلی برای تعیین روند کیفیت آب‌های زیرزمینی با توجه به شاخص های کیفیت آب، برای رسیدگی به مسائل شناخته شده کیفیت آب.
- فرونشست زمین. میزان و وسعت فرونشست زمین که ممکن است توسط کشش‌سنج‌ها، نقشه‌برداری، فناوری سنجش از دور یا سایر روش‌های مناسب اندازه‌گیری شود، شناسایی گردد.
- کاهش بهم پیوستگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی. نظارت بر آب‌های سطحی و زیرزمینی، در جاهایی که آب‌های سطحی و زیرزمینی بهم پیوسته وجود دارد، برای مشخص کردن تبادلات مکانی و زمانی بین آب‌های سطحی و زیرزمینی و واسنجی کردن و استفاده از ابزارها و روش‌های لازم برای محاسبه کاهش آب‌های سطحی ناشی از برداشت آب‌های زیرزمینی. شبکه پایش باید بتواند این موارد را مشخص کند: (الف) شرایط جریان از جمله دبی آب سطحی، تراز آب سطحی و سهم جریان پایه. (ب) شناسایی تاریخ و مکان تقریبی که در آن نهرها و رودخانه‌های جاری یا فصلی جریان ندارند. (ج) تغییرات زمانی در شرایط به دلیل تغییرات در تخلیه رودخانه و برداشت آب‌های زیرزمینی منطقه‌ای. (د) سایر عواملی که ممکن است برای شناسایی اثرات نامطلوب بر استفاده‌های مفید از آب‌های سطحی ضروری باشد.

- شبکه پایش باید به منظور پوشش مناسب شاخص‌های پایداری طراحی شود. در صورت ایجاد مناطق مدیریتی، کمیت و تراکم سایت‌های پایش در آن مناطق برای ارزیابی شرایط محیط حوضه و معیارهای مدیریت پایدار خاص آن منطقه کافی خواهد بود. یک برنامه ممکن است از اطلاعات سایت و اطلاعات پایش از منابع موجود به عنوان بخشی از شبکه پایش استفاده کند. سازمان باید تراکم مکان‌های پایش و تواتر اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای نشان دادن روندهای کوتاه‌مدت، فصلی و بلندمدت را بر اساس عوامل زیر تعیین کند:
  - مقدار مصرف فعلی و پیش‌بینی شده آب‌های زیرزمینی.

- مشخصات آبخوان، از جمله شرایط آبخوان محدود یا نامحدود، یا سایر خصوصیات فیزیکی که بر جریان آب‌های زیرزمینی تأثیر می‌گذارد.
- اثرات مصارف سودمند، بهره‌برداران آب‌های زیرزمینی،کاربری‌های ارضی و مصارف زمین‌های مجاور که بر توانایی آن حوضه برای رسیدن به هدف پایداری تأثیر خواهند گذاشت.
- اینکه آیا سازمان نتایج پایش بلندمدت کافی یا سایر اطلاعات فنی برای نشان دادن درک واکنش آبخوان دارد یا خیر.

- هر برنامه باید اطلاعات زیر را در مورد شبکه پایش شرح دهد:
  - منطق علمی برای انتخاب نحوه پایش شبکه.
  - هماهنگی با داده‌ها و استانداردهای گزارش‌دهی مورد تصویب اداره منابع آب. اگر شبکه پایشی با استانداردهای موجود مطابقت نداشته باشد، برنامه باید ضرورت این کار را برای شبکه پایش توضیح دهد و اینکه چگونه هر گونه تغییر از استانداردها تأثیری بر سودمندی نتایج حاصل نخواهد داشت.
  - برای هر شاخص پایداری، مقادیر کمی برای حدأقل آستانه، هدف قابل اندازه‌گیری و نقاط عطف میانی که در هر شبکه پایش یا شبکه‌های پایش نمونه ایجاد شده بر اساس مصوبات اداره منابع آب اندازه‌گیری خواهند شد.
  - مکان و نوع هر شبکه پایش در حوضه که بر روی نقشه نمایش داده می‌شود و به صورت جدولی گزارش می‌شود، شامل اطلاعات مربوط به نوع شبکه پایش، تواتر اندازه‌گیری و اهدافی که شبکه پایش برای آن استفاده می‌شود.
  - دستورالعمل‌های نظارتی توسعه‌یافته توسط هر سازمان باید شامل شرح استانداردهای فنی، روش‌های جمع‌آوری داده‌ها و سایر رویه‌ها طبق بند (f) کد آب10727.2 برای شبکه‌های پایش یا سایر امکانات جمع‌آوری داده باشد تا اطمینان حاصل شود که شبکه پایش از داده ها و روش‌های قابل مقایسه استفاده می‌کند.

- سازمانی که نشان داده است نتایج نامطلوب مربوط به یک یا چند شاخص پایداری وجود ندارد و احتمال وقوع آن در یک حوضه وجود ندارد، ملزم به ایجاد یک شبکه پایش مرتبط با آن پایداری نیست.

۳-۶- گزارش‌دهی

مرحله گزارش‌دهی فعالیتی است که توسط GSAها در هر مرحله پیاده‌سازی برنامه به صورت محلی انجام می‌شود؛ به این صورت که GSAها باید گزارش‌های سالانه از نحوه پیاده‌سازی و اجرای برنامه را برای اداره منابع آب ارسال نمایند و با توجه به ارزیابی اداره منابع آب از نحوه اجرای برنامه و نتایج حاصل در صورت لزوم در دوره‌های مدیریتی پنج ساله برنامه‌ها بازبینی و اصلاح می‌گردند.

- استانداردهای گزارش‌دهی زیر برای تمام اطلاعات مورد نیاز یک برنامه اعمال می‌شود، مگر اینکه خلاف آن ذکر شده باشد:

- حجم آب باید بر حسب آکر فوت گزارش شود.
- جریان آب سطحی باید بر حسب فوت مکعب در ثانیه و جریان آب زیرزمینی بر حسب آکر فوت در سال گزارش شود.
- اندازه‌گیری‌های صحرایی عمق آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و سطح زمین باید بر حسب فوت اندازه‌گیری و با دقت حدأقل ۰/۱ فوت نسبت به NAVD88 یا استاندارد ملی دیگری که قابل تبدیل به NAVD88 است، و با ذکر روش اندازه‌گیری گزارش شود.
- تراز نقاط مرجع باید بر حسب فوت با دقت حدأقل ۰/۵ فوت یا بهترین اطلاعات موجود نسبت به NAVD88 یا استاندارد ملی دیگری که قابل تبدیل به NAVD88 است اندازه‌گیری و گزارش شود و روش اندازه‌گیری شرح داده شود.
- مکان‌های جغرافیایی باید در مختصات GPS بر اساس طول و عرض جغرافیایی در درجه اعشار تا پنج رقم اعشار، با حدأقل دقت ۳۰ فوت، نسبت به NAD83، یا استاندارد ملی دیگری که قابل تبدیل به NAD83 است، گزارش شود.

- شبکه‌های پایش باید شامل اطلاعات زیر باشد:
  - شماره شناسایی منحصر به فرد محل و شرح روایی شبکه پایش.
  - شرحی از نوع پایش، نوع اندازه‌گیری انجام شده، و تواتر اندازه‌گیری‌ها.
  - مکان، تراز از سطح زمین و توصیف نقطه مرجع.
  - شرح استانداردهای مورد استفاده برای راه‌اندازی شبکه پایش. مناطقی که با بهترین شیوه‌های مدیریتی مطابقت ندارند باید شناسایی شده و ماهیت تفاوت با بهترین شیوه‌های مدیریتی شرح داده شود.
- استانداردهای زیر برای چاه‌ها اعمال می‌شوند:
  - چاه‌های مورد استفاده برای پایش شرایط آب‌های زیرزمینی باید مطابق با استانداردها ساخته شوند و اطلاعات را هم به صورت جدولی و هم به شکل فایل سازگار با پایگاه‌های جغرافیایی ارائه کنند: (الف) شماره شناسایی چاه CASGEM. اگر شماره شناسایی چاه CASGEM صادر نشده باشد، اطلاعات چاه مناسب باید در فرم‌هایی که توسط اداره منابع آب در دسترس است، وارد شود.
  - توصیف محل چاه، تراز سطح زمین و نقطه مرجع.
  - شرح نوع کاربری چاه، مانند منابع عمومی، آبیاری، خانگی، مشاهداتی یا انواع دیگر چاه، اعم از فعال یا غیرفعال بودن چاه، و اینکه آیا چاه منفرد، خوشه‌ای، تو در تو یا نوع دیگری است.
  - عمق مشبک، عمق گمانه و عمق کل چاه.
  - گزارش‌های تکمیل چاه، در صورت موجود بودن که نام مالکان خصوصی از آن حذف شده است.
  - لاگ‌های حفاری مربوط به ژئوفیزیک، نمودارهای حفر چاه، یا سایر اطلاعات مرتبط، در صورت وجود.

- شناسایی آبخوان‌های زیرزمینی نظارت شده.
- سایر اطلاعات مربوط به ساخت چاه، مانند ظرفیت چاه، قطر پوشش یا اصلاحات پوشش، در صورت وجود.
- اگر سازمان برای پایش آب‌های زیرزمینی به‌عنوان بخشی از یک برنامه، به چاه‌هایی که فاقد پوشش، عمق گمانه یا اطلاعات کل عمق چاه هستند، وابسته باشد، سازمان باید برنامه‌ای برای دستیابی به چاه‌های مشاهده‌ای با اطلاعات لازم را شرح دهد، یا به اداره منابع آب نشان دهد که چنین اطلاعاتی برای درک و مدیریت آب زیرزمینی در حوضه ضروری نیست.
- اطلاعات چاه مورد استفاده برای توسعه حوضه باید در سیستم مدیریت داده سازمان نگهداری شود.

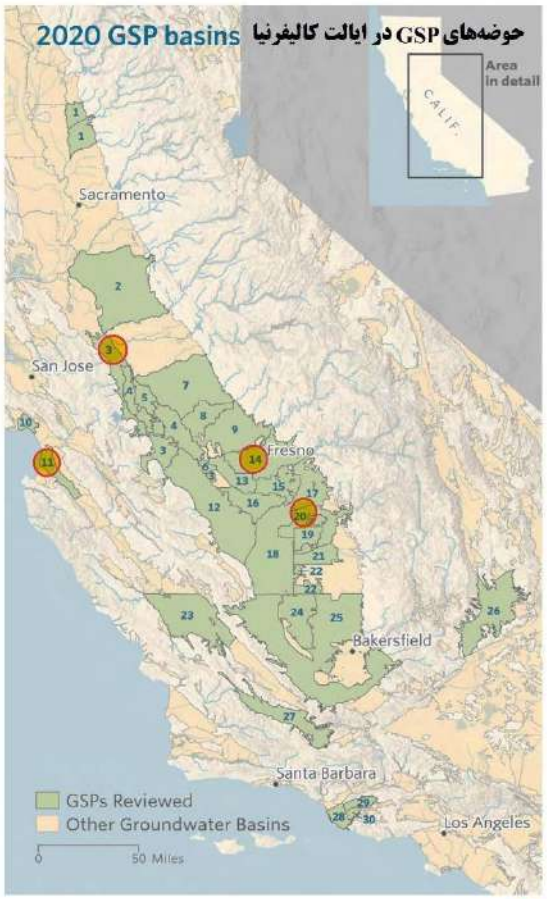
- نقشه‌های ارسال شده به بخش باید الزامات زیر را برآورده کند:
  - لایه‌های داده، شیپ فایل‌ها، پایگاه‌های جغرافیایی و سایر اطلاعات ارائه شده با هر نقشه، باید طبق رویه‌های شرح داده شده به صورت الکترونیکی به اداره منابع آب ارسال شود.
  - نقشه‌ها باید به وضوح برچسب‌گذاری شده و حاوی سطحی از جزئیات باشد تا اطمینان حاصل شود که نقشه آموزنده و مفید است.
  - داده باید به وضوح بر روی نقشه‌ها یا در پیوست مشخص شود.
- هیدروگراف‌های ارسالی باید شرایط زیر را برآورده کنند:
  - هیدروگراف‌ها باید به صورت الکترونیکی به اداره منابع آب ارسال شوند.
  - هیدروگراف‌ها باید شامل شماره شناسایی منحصر به فرد و تراز سطح زمین برای هر شبکه پایش باشد.
  - هیدروگراف‌ها باید از همان داده و مقیاس‌بندی‌ها استفاده کنند.
- مدل‌های آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی مورد استفاده برای یک برنامه باید استانداردهای زیر را رعایت کنند:
  - مدل باید شامل اسناد پشتیبانی باشد که در دسترس عموم قرار دارد.
  - مدل باید بر اساس اندازه‌گیری‌های میدانی یا آزمایشگاهی، یا روش‌های معادلی که مقادیر انتخاب‌شده را توجیه می‌کنند، و یا بر اساس داده‌های میدانی مخصوص منطقه واسنجی شود.
  - مدل‌های آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی که برای حمایت از برنامه پس از تصویب برنامه پایداری تهیه شده‌اند، باید از نرم‌افزارهای متن باز تشکیل شوند.
  - اداره منابع آب می‌تواند در صورت لزوم، فایل‌های ورودی و خروجی داده‌های مورد استفاده توسط سازمان را درخواست کند. همچنین ممکن است به طور مستقل مناسب بودن نتایج مدلی را که سازمان به آن تکیه کرده است، ارزیابی کند.

فصل چهارم

پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت پایدار

۴-۱- مقدمه

تعداد برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی که تا اوایل سال ۲۰۲۲ تهیه و به اداره منابع آب ایالت برای بررسی و تأیید ارسال شده تعداد ۱۱۲ برنامه پایداری است. از این تعداد، ۴۲ برنامه بررسی شده و سایر آنها در دست بررسی است. از برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی که اداره منابع آب ایالت بررسی کرده است تعداد ۳۴ برنامه ناقص اعلام شده و ۸ برنامه مورد تأیید قرار گرفته است. سازمان‌های پایداری باید در ضمن روند بررسی و تصویب برنامه‌های پایداری توسط ایالت، برنامه‌های پایداری خود را اجرا کرده و گزارش‌های سالیانه خود را به اداره منابع آب ارسال کنند. در این فصل به پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت پایدار چهار حوضه پرداخته می‌شود. در شکل ۴-۱ محدوده و نام حوضه‌های واقع شده در ایالت کالیفرنیا نشان داده شده که در ادامه به مرور گزارش‌های حوضه‌های مشخص شده (۳، ۱۱، ۱۴ و ۲۰) پرداخته شده و در آن نتایج کمی قابل بحث استخراج شده است. بطور کلی، GSAها موظف به ایجاد برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی هستند که اقداماتی را برای دستیابی به استفاده پایدار از آب‌های زیرزمینی طی ۲۰ سال تعیین می‌کند. گنجاندن جوامع طبیعی در مدیریت منابع آب زیرزمینی این ایالت برای حفاظت و احیای زیستگاه و حیات وحش ضروری است و به این ترتیب، عامل مهمی در تمایز مدیریت پایدار آب زیرزمینی از وضعیت موجود است.



1	North and South Yuba
2	Eastern San Joaquin
3	Northern and Central Delta-Mendota Region
4	San Joaquin River Exchange Contractors Water Authority
5	Grasslands
6	Fresno County (Management Areas A & B)
7	Merced
8	Chowchilla Subbasin
9	Madera Subbasin
10	Santa Cruz Mid-County
11	Salinas Valley Basin (180-400)
12	Westlands Water District
13	McMullin
14	North Kings
15	Central Kings
16	North Fork Kings
17	Kings River East
18	Tulare Lake Subbasin
19	Mid-Kaweah Joint Powers Authority
20	Greater Kaweah
21	Lower Tule River Irrigation District
22	Tri-County Water Authority
23	Joint GSA: SLO County, Paso Robles, San Miguel CSD, Shandon-San Juan
24	Semitropic Water Storage District
25	Kern Groundwater Authority
26	Indian Wells
27	Cuyama
28	Fox Canyon-Oxnard
29	Fox Canyon-Los Posas
30	Fox Canyon-Pleasant Valley

گزارش‌های GSP بررسی شده

شکل ۴-۱- گزارش و موقعیت حوضه‌های برنامه‌های پایداری مورد بررسی در مطالعه حاضر

پس از تعیین پروژه‌ها و برنامه‌های مرتبط با پایداری، ارزیابی و بررسی پایداری این حوضه‌ها بر اساس ۸ معیار تعریف شده انجام می‌شود. این معیارها در جدول ۴–۱ نشان داده شده است.

جدول ۴–۱– معیارهای پایداری با هدف ارزیابی حوضه‌ها

شماره معیار	نماد	معیار پایداری
۱		اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی چقدر خوب شناسایی و مشخص شده‌اند؟
۲		آب‌های سطحی بهم‌پیوسته به خوبی شناسایی و مشخص می‌شوند؟
۳		بیلان آب چقدر برای استفاده از آب در طبیعت، از جمله اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی بهم‌پیوسته، پوشش گیاهی بومی و تالاب‌های مدیریت‌شده به خوبی محاسبه می‌شود؟
۴		معیارهای مدیریتی چقدر اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی را در نظر می‌گیرند و از نتایج نامطلوب اجتناب می‌کنند؟
۵		معیارهای مدیریتی برای آب‌های سطحی بهم‌پیوسته تا چه اندازه تأثیر را بر کاربران سودمند آب‌های سطحی تحلیل می‌کند؟
۶		گروداران محیط‌زیست تا چه اندازه درگیر هستند؟
۷		طبیعت/اکوسیستم تا چه اندازه در پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی گنجانده شده است؟
۸		تا چه اندازه طبیعت/اکوسیستم در شبکه پایش شناسایی و پرداخته می‌شود؟

به منظور ارزیابی عملکرد برنامه‌ها در برابر هشت معیار پایداری، یک سیستم رتبه‌بندی ایجاد شده که میزان پایداری در هر حوضه را به نوعی کمی‌سازی می‌کند. برنامه‌ها از یک (کمترین) تا پنج (بالاترین) برای هر زیرمعیار پایداری بر اساس معیارهای شرح داده شده امتیازدهی شده و به هر برنامه یک امتیاز کلی با استفاده از میانگین امتیازها در تمام زیرمعیارها اختصاص داده شده و بر اساس این ارزیابی در مورد اینکه آیا هر برنامه به اندازه کافی، ناقص یا ناکافی نیازها را برآورده می‌کند، انجام می‌شود. در جدول ۴–۲ زیرمعیارها تعریف شده برای هر معیار برای امتیازدهی مشخص شده است.

جدول ۴-۲- فرآیند رتبه‌بندی و ارزیابی معیارها و زیرمعیارها

شماره معیار	نماد	عامل مورد نظر برای هر معیار	رتبه‌بندی و ارزیابی معیار پایداری: NA، مقدار صفر، مقدار یک (کمترین) و مقدار پنج (بالاترین) امتیار					
			NA	۱	۲	۳	۴	۵
۱		ارتباط هیدرولوژیکی با اکوسیستم وابسته به آب زیرزمینی تا چه اندازه به خوبی درک شده است، به عنوان مثال، کیفیت داده/تحلیل آبخوان کم عمق و ارتباط احتمالی آن با اکوسیستم‌ها؟	وجود ندارد	ارتباط وجود دارند اما تأیید نمی‌شوند. یا ارتباط بیش از ۹۰ درصد حذف شده‌اند	ارتباط وجود دارد، ۷۵ تا ۹۰ درصد به طور نامناسب حذف شده است	ارتباط وجود دارد، ۵۰ تا ۷۵ درصد به طور نامناسب حذف شده است	ارتباط وجود دارد، ۲۵ تا ۵۰ درصد به طور نامناسب حذف شده است	ارتباط وجود دارد، کمتر از ۲۵ درصد به طور نامناسب حذف شده است
۲		آیا روش‌شناسی کیفی دارند؟ آیا کل حوضه را پوشش می‌دهد؟ آیا روش‌ها مستند می‌گردید یا به مطالعات موجود مراجعه شده است؟	وجود ندارد	وجود دارند اما به تأیید نمی‌شوند، یا روش(های) ناسازگار/ناکافی برای آب‌های سطحی به هم پیوسته اعمال می‌شوند.	تأیید می‌شوند، روش برای بخش کوچک (کمتر از ۲۵ درصد طول جریان رودخانه/ آب‌های سطحی یا مناطق) اعمال شده	تأیید می‌شوند، روش برای بخش محدود (بین ۲۵ تا ۵۰ درصد طول جریان رودخانه/ آب‌های سطحی یا مناطق) اعمال شده	تأیید می‌شوند، روش برای بخش اصلی (بین ۵۱ تا ۷۵ درصد طول جریان رودخانه/ آب‌های سطحی یا مناطق) اعمال شده	تأیید می‌شوند، روش برای بخش بزرگی (بیش از ۷۵ درصد طول جریان رودخانه/ آب‌های سطحی یا مناطق) اعمال شده
۳		چگونه ورودی و خروجی آب (از محیط/اکوسیستم) با استفاده از بهترین اطلاعات و دانش موجود درک می‌شود؟	وجود ندارد	مصارف زیست‌محیطی وجود دارد اما تأیید نشده است	مصارف زیست‌محیطی تأیید شده اما در بیلان لحاظ نشده است	مصارف زیست‌محیطی، مصارف مشخصی نیست که با مصارف کشاورزی تجمیع شود	مصارف زیست‌محیطی به طور دقیق در بیلان محاسبه می‌شود	مصارف زیست‌محیطی و پیش‌بینی‌های تغییرات اقلیم در بیلان لحاظ شده است

جدول ۴-۲- فرآیند رتبه‌بندی و ارزیابی معیارها و زیرمعیارها

شماره معیار	نماد	عامل مورد نظر برای هر معیار	رتبه‌بندی و ارزیابی معیار پایداری: NA، مقدار صفر، مقدار یک (کمترین) و مقدار پنج (بالاترین) امتیار					
			NA	۱	۲	۳	۴	۵
۴		تا چه اندازه تأثیر مدیریت آب زیرزمینی بر اکوسیستم (وابسته به آب زیرزمینی) با استفاده از بهترین اطلاعات و دانش موجود درک شده است؟	وجود ندارد	اکوسیستم وابسته به آب زیرزمینی وجود دارد اما مدنظر نبوده است	اثرات در نظر گرفته شده، اما یک تأثیر منفی/ تهدید احتمالی برای اکوسیستم وابسته به آب زیرزمینی وجود دارد	اثرات در نظر گرفته شده و هیچ تأثیر/ تهدیدی برای اکوسیستم وابسته به آب زیرزمینی مورد انتظار نیست	اثرات در نظر گرفته شده و اثرات نامطلوب اجتناب شده یا شرایط هیدرولوژیک پایدار است	اثرات در نظر گرفته شده و اثرات نامطلوب برای اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی و گونه‌های در معرض خطر/در خطر انقراض اجتناب شده است
۵		ارتباط هیدرولوژیکی بین آب‌های زیرزمینی کم‌عمق و آب‌های سطحی چقدر خوب درک شده است ؟ (به عنوان مثال، داده‌ها/مدل‌های موجود و به خوبی توسعه‌یافته)، و چگونه از کاربران ذینفع زیست‌محیطی موجود پشتیبانی می‌کند؟	وجود ندارد	کاربران ذینفع زیست‌محیطی بدون بررسی لازم از رسیدگی حذف می‌شوند	کاربران ذینفع زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شوند، اما اثرات نامطلوب زیادی وجود دارد	کاربران ذینفع زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شوند، اما اثرات نامطلوب متوسطی وجود دارد	کاربران ذینفع زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شوند، اما اثرات نامطلوب محدودی وجود دارد	کاربران ذینفع زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شوند، اما هیچ تأثیر نامطلوبی وجود ندارد
۶		-	وجود ندارد	گروداران وجود دارند اما به رسمیت شناخته نمی‌شوند	گروداران به رسمیت شناخته شده اما دخالت داده نمی‌شوند	گروداران حداقل یک‌بار دخالت داده شده‌اند	گروداران شامل گروه یا کمیته مشاوره فنی در نظر گرفته می‌شوند	گروداران به عنوان یک عضو دارای رأی در هیئت مدیره GSA وجود دارند

جدول ۴-۲- فرآیند رتبه‌بندی و ارزیابی معیارها و زیرمعیارها

شماره معیار	نماد	عامل مورد نظر برای هر معیار	رتبه‌بندی و ارزیابی معیار پایداری: NA، مقدار صفر، مقدار یک (کمترین) و مقدار پنج (بالاترین) امتیار					
			NA	۱	۲	۳	۴	۵
۷		آیا پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی باعث حفظ یا بهبود شرایط کاربران ذینفع زیست‌محیطی در حوضه می‌شود؟	وجود ندارد	منافع بالقوه /تهدیدها برای محیط‌زیست وجود دارد اما تأیید نشده است	منافع زیست‌محیطی تایید شده یا تهدیدات کاهش یافته است	منافع زیست‌محیطی تایید شده و تهدیدات کاهش یافته است	منافع زیست‌محیطی با پروژه(ها) مدنظر قرار گرفته یا تهدیدها به صراحت اجتناب می‌شود	منافع زیست‌محیطی با پروژه(ها) مدنظر قرار گرفته و تهدیدها به صراحت اجتناب می‌شود
۸		-	وجود ندارد	نیازها برای پایش محیطی وجود دارد اما شناسایی نشده است	مقدار محدودی از نیازها برای پایش شناسایی شده است	نیازها برای پایش بطور متوسط تا زیاد شناسایی شده یا مقدار محدودی از نیازها برای پایش رفع شده است	نیازها برای پایش بطور متوسط تا زیاد مورد توجه قرار گرفته است	نیازها برای پایش پرداخته شده و به صراحت شامل پایش محیط‌زیست میشود یا نیازی به پایش وجود ندارد

۴-۲- نگاهی بر آمار

بر اساس بررسی گزارش‌های تدوین شده و پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت پایدار در نظر گرفته شده، امتیازدهی‌ها انجام شده و نتایج برای چهار حوضه مورد بررسی در این گزارش در قالب جدول ۴–۳ ارائه شده است. بر اساس امتیازدهی‌های انجام شده در بین چهار حوضه مورد بررسی، حوضه Northern and Central Delta-Mendota Region نمره ۲/۴ از ۵ را کسب نموده که در مقایسه امتیاز بالاتری نسبت به سه حوضه دیگر را دارد. در خصوص ارزیابی وضعیت امتیاز ۲/۴ به این صورت بیان شده است برنامه اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی، را شناسایی می‌کند اما معیارهای مدیریت پایدار را مشخص نمی‌کند یا برنامه‌ای برای پایش ندارد. در این خصوص اصلاحات مدنظر پس از این ارزیابی لازم است در برنامه‌های مدیریت پایداری آن حوضه باشد. در انتهای جدول به ارزیابی وضعیت سه حوضه دیگر نیز اشاره شده است. در ادامه گزارش به پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت پایدار این حوضه‌ها پرداخته شده و برخی از اجزای مهم گزارش‌های تهیه شده مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۴–۳– امتیاز ارزیابی معیارها و زیرمعیارها در چهار حوضه مورد بررسی

شماره معیار	معیار پایداری	نماد	نام حوضه (شماره حوضه)			
			Northern and Central Delta-Mendota Region (3)	Salinas Valley Basin (180–400) (11)	North Kings (14)	Greater Kaweah (20)
۱	اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی چقدر خوب شناسایی و مشخص شده‌اند؟		۵	۲	۳	۱
۲	آب‌های سطحی بهم‌پیوسته به خوبی شناسایی و مشخص می‌شوند؟		۲	۲	۲	۱
۳	بیلان آب چقدر برای استفاده از آب در طبیعت، از جمله اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی بهم‌پیوسته، پوشش گیاهی بومی و تالاب‌های مدیریت‌شده به خوبی محاسبه می‌شود؟		۳	۱	۱	۴
۴	معیارهای مدیریتی چقدر اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی را در نظر می‌گیرند و از نتایج نامطلوب اجتناب می‌کنند؟		۱	۱	۱	۱

جدول ۴-۳- امتیاز ارزیابی معیارها و زیرمعیارها در چهار حوضه مورد بررسی

شماره معیار	معیار پایداری	نماد	نام حوضه (شماره حوضه)			
			Northern and Central Delta-Mendota Region (3)	Salinas Valley Basin (180–400) (11)	North Kings (14)	Greater Kaweah (20)
۵	معیارهای مدیریتی برای آب‌های سطحی بهم‌پیوسته تا چه اندازه تأثیر را بر کاربران سودمند آب‌های سطحی تحلیل می‌کند؟		۱	۲	۱	۱
۶	گرودارن محیط‌زیست تا چه اندازه درگیر هستند؟		۳	۵	۲	۴
۷	طبیعت/اکوسیستم تا چه اندازه در پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی گنجانده شده است؟		۲	۲	۱	۱
۸	تا چه اندازه طبیعت/اکوسیستم در شبکه پایش شناسایی و پرداخته می‌شود؟		۲	۱	۲	۲
نمره متوسط (وضعیت نسبی هر محدوده)			**۲/۴**	**۲**	**۱/۶**	**۱/۹**
ارزیابی وضعیت			برنامه اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی، را شناسایی می‌کند اما معیارهای مدیریت پایدار را مشخص نمی‌کند یا برنامه‌ای برای پایش ندارد.		برنامه به اندازه کافی اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی بهم‌پیوسته از طریق معیارهای مدیریت پایدار یا پایش آتی محافظت نمی‌کند.	

۴-۲-۱- لزوم تهیه مدل مفهومی و اهداف آن

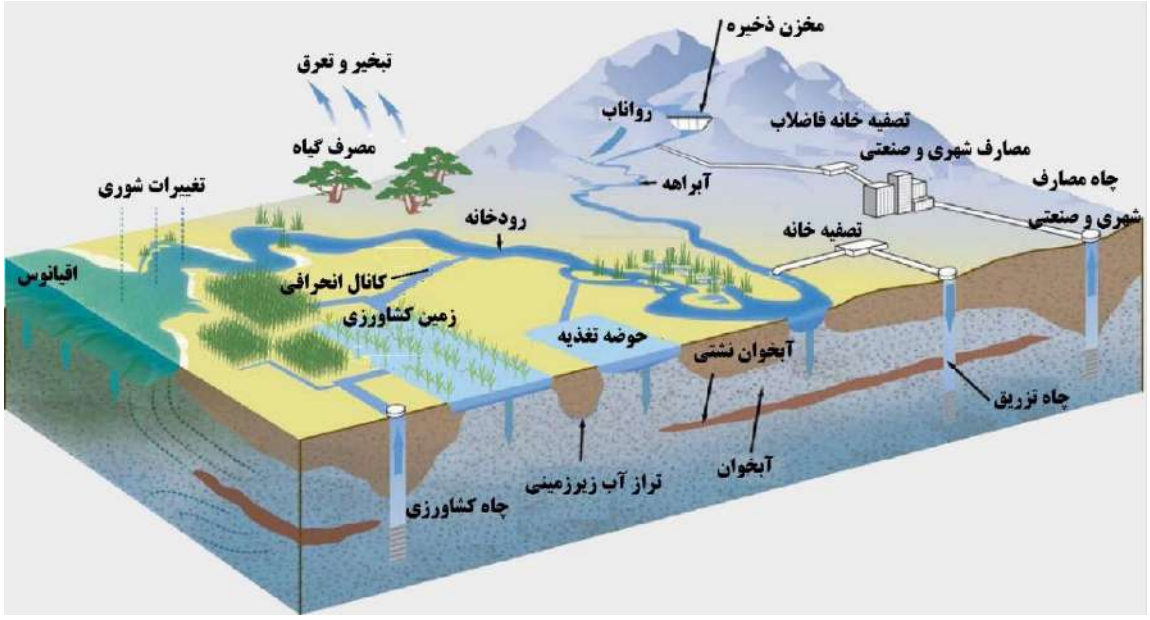
مدل‌های مفهومی هیدرلوژیکی یکی از گام‌های اساسی در گزارش‌های برنامه با هدف پیاده‌سازی و اجرای پایداری منابع آب زیرزمینی، تهیه شده است. مدل‌های مفهومی با توجه به ویژگی هر حوضه اجزای مختلفی (طبیعی و انسانی) را شامل می‌شود اما در همه آنها در تدوین این مدل‌های مفهومی اهداف زیر مدنظر قرار گرفته است:

- پشتیبانی از ارزیابی شاخص‌های پایداری، ارزیابی پتانسیل نتایج نامطلوب و توسعه حدأقل آستانه‌ها.
- پشتیبانی از شناسایی و توسعه پروژه‌های بالقوه و اقدامات مدیریتی برای رسیدگی به نتایج نامطلوب موجود یا محتمل وجود در آینده؛
- پشتیبانی از تهیه دستورالعمل‌های پایش، شبکه‌ها و راهبردها برای ارزیابی پایداری حوضه در طول زمان.

یک مدل مفهومی هیدرولوژیکی پس از تهیه و در نظر گرفتن همه اجزای طبیعی و انسانی بایستی به صورت دوره‌ای و به عنوان بخشی از یک فرآیند به‌روزرسانی شود. در به‌روزرسانی مدل‌های مفهومی هیدرولوژیکی شکاف‌های

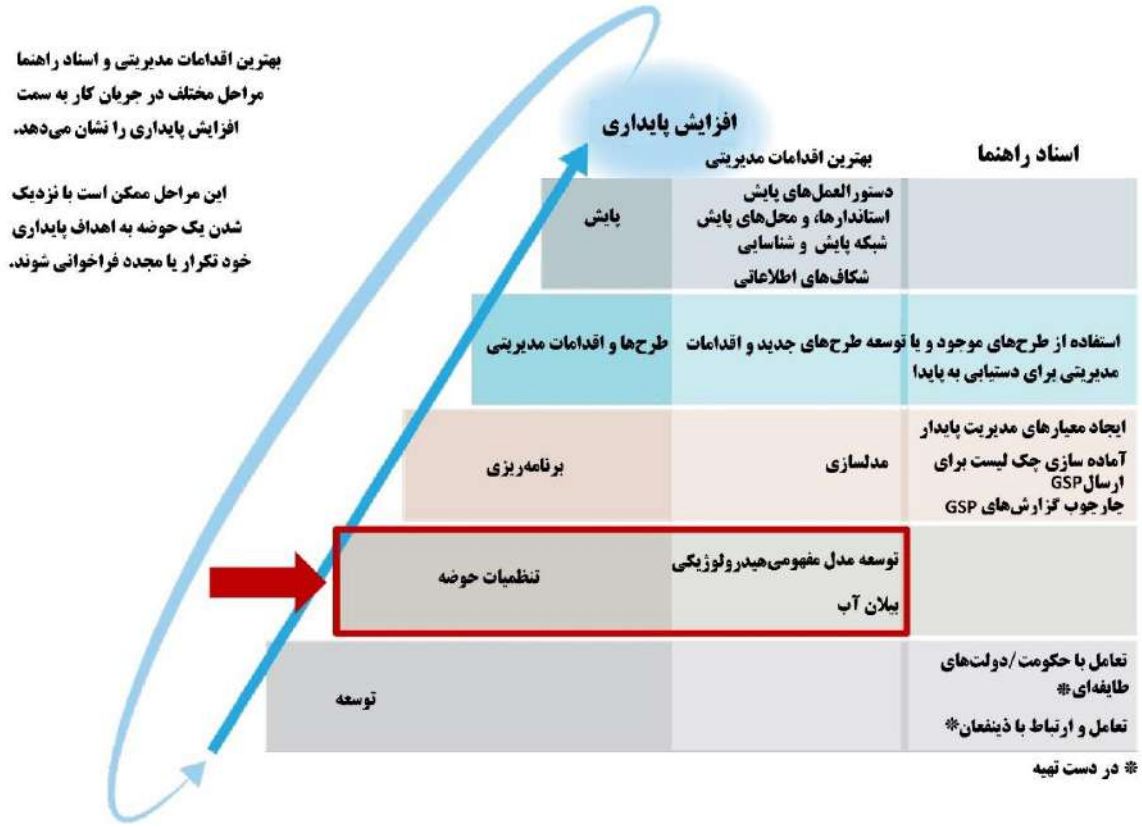
(خلاءهای) داده برطرف می‌شود و اطلاعات جدید نیز در دسترس قرار خواهد گرفت. یک مدل مفهومی هیدرولوژیکی به عنوان پایه‌ای برای درک عدم‌قطعیت‌های بالقوه ویژگی‌های فیزیکی یک حوضه عمل می‌کند که می‌تواند برای شناسایی شکاف‌های داده‌ای لازم برای اصلاح بیشتر و درک مشخصه‌های هیدروژئولوژیکی مفید باشد. نمونه‌ای از مدل مفهومی هیدرولوژیکی که در حوضه Greater Kaweah که به عنوان یک بلوک دیاگرام سه‌بعدی نشان داده شده در شکل ۴–۲ آمده است.

مدل مفهومی هیدرلوژیکی با سایر اجزای در جهت پایداری منابع آب زیرزمینی در شکل ۴–۳ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، تهیه مدل‌های مفهومی در قالب بهترین اقدامات مدیریتی نشان داده شده و به عنوان بخشی از مرحله توسعه تنظیمات حوضه در مقررات برنامه قرار داده شده است. در واقع تهیه این مدل‌های مفهومی اولین قدم برای درک و انتقال تنظیمات حوضه برنامه است.

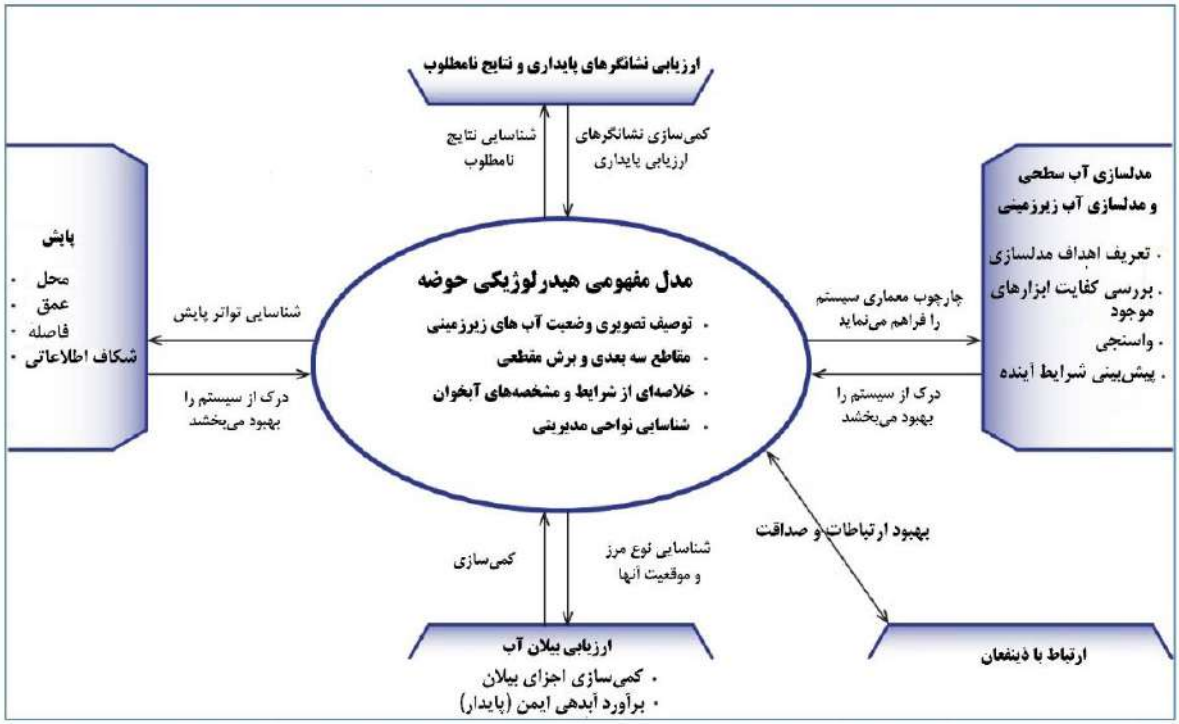


شکل ۴–۲- بلوک دیاراگرام سه‌بعدی از مدل مفهومی هیدرولوژیکی Greater Kaweah

همانطور که در شکل ۴–۴ نشان داده شده مدل مفهومی هیدرولوژیکی به سایر اجزای برنامه (و BMPهای قابل اجرا) مرتبط است. به عنوان مثال، مدل مفهومی از تهیه شبکه‌های پایش و فعالیت‌های مورد نیاز برای درک بهتر توزیع و جریان آب در یک حوضه پشتیبانی می‌کند که منجر به تهیه و کمی کردن بیلان آب می‌شود. زمانی که مدل مفهومی و بیلان آب تهیه شدند، ممکن است یک مدل ریاضی (تحلیلی یا عددی) برای ارزیابی بیشتر شاخص‌های پایداری، ارزیابی احتمال نتایج نامطلوب آینده، و پشتیبانی از تصمیم‌های مدیریتی حوضه در صورت لزوم برای جلوگیری از وقوع نتایج نامطلوب ساخته شود.



شکل ۴–۳- پیشرفت مفهومی فعالیت‌های مورد نیاز حوضه برای افزایش پایداری حوضه



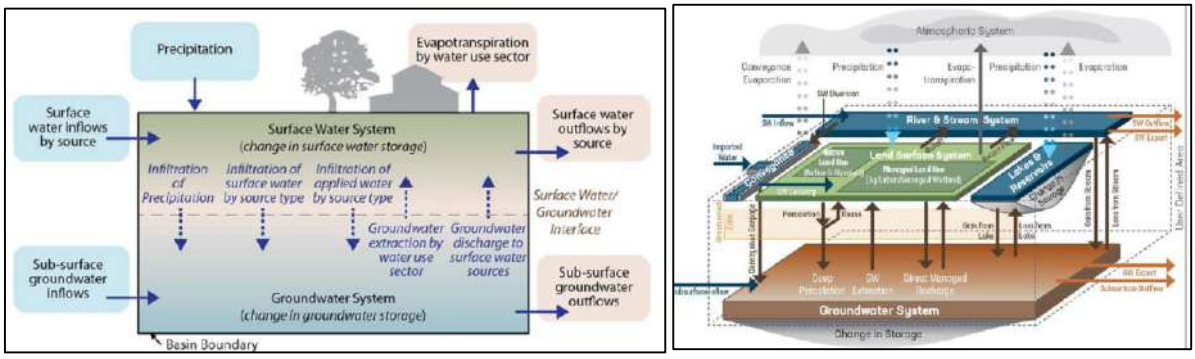
شکل ۴–۴- ارتباط متقابل بین مدل مفهومی هیدرلوژیکی حوضه و سایر اجزای مورد نیاز در جهت پایداری سیستم آب زیرزمینی

۴-۲-۲- نحوه تدوین بیلان منابع آب

در حوضه‌های برنامه، بیلان منابع آب با هدف کمی‌سازی عرضه آب، مصرف آب و تغییرات ذخیره آب زیرزمینی انجام می‌شود. بیلان آب به عنوان یک ابزار مهم از جنبه‌های متعدد مدیریت پایداری منابع آب زیرزمینی استفاده می‌شود که در آن موارد زیر مشخص می‌شود:

- تعیین پایداری ایمن
- شناسایی مناطق با اضافه برداشت
- شناسایی کاربران ذینفع و سودمند منابع آب زیرزمینی
- شناسایی عدم‌قطعیت‌ها و ابزارهای لازم برای پایش
- شناسایی اثرات برنامه‌های پیشنهادی و اقدامات مدیریتی
- پشتیبانی از تهیه معیارهای مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی

مدل مفهومی به جهت تهیه بیلان منابع آب در هر حوضه مطابق با شکل **۴–۵** است. در تهیه بیلان منابع آب جریان‌های اصلی ورودی و خروجی و همچنین اثرات آن بر سیستم آب زیرزمینی، تعیین می‌شوند. بررسی‌ها بر روی گزارش‌های برنامه حوضه‌ها نشان می‌دهد که محاسبات بیلان در قالب سه دوره زمانی مختلف انجام می‌شود که شامل (۱) بیلان آب بر اساس داده‌های تاریخی به جهت شناخت وضعیت منابع آب از گذشته، (۲) محاسبه بیلان آب بر اساس وضعیت حاضر و (۳) پیش‌بینی بیلان آب برای یک دوره زمانی آینده. عمدتا برای پیش‌بینی بیلان در دوره زمانی آینده از مدلسازی و رویکردهای عددی استفاده شده است.



شکل ۴–۵- مدل‌های مفهومی تهیه بیلان منابع آب در حوضه‌ها و بررسی اثرات آن بر سیستم آب زیرزمینی

در حوضه Salinas Valley Basin سه بیلان آبی ارائه شده شامل بیلان گذشته/تاریخی، بیلان فعلی و بیلان آینده است که با استفاده از رویکردهای مختلف تهیه شده‌اند. البته این برآوردهای صورت گرفته به طور مستقیم با یکدیگر قابل مقایسه نیستند. بیلان‌های تاریخی و فعلی آب با جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل‌های گزارش‌های قبلی و منابع عمومی در دسترس تهیه می‌شوند. بیلان آب برای آینده از خروجی مدل آب زیرزمینی SVIHM که توسط USGS تهیه شده، بدست می‌آید. به دلیل استفاده از رویکردهای مختلف برای تهیه بیلان آب، هنگام مقایسه بیلان‌های تاریخی یا فعلی

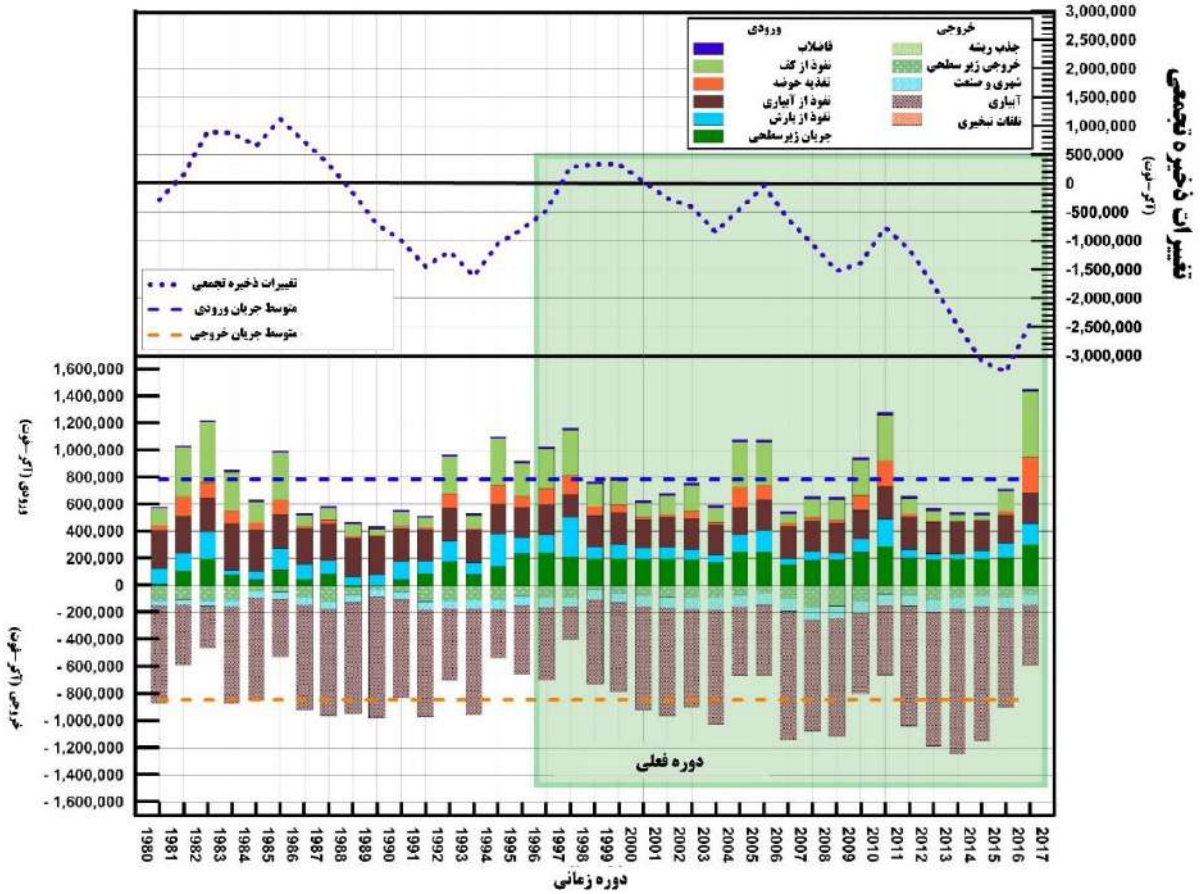
آب با بیلان‌های آبی آینده لازم است دقت شود. USGS مدل تاریخی آب‌های زیرزمینی را ایجاد می‌نماید که پس از در دسترس بودن آن، بیلان آب گذشته/تاریخی و فعلی از این مدل قابل تولید خواهد بود.

برای نمونه در حوضه Northern and Central Delta-Mendota Region دوره بیلان تاریخی برای دوره شاخص ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲ تعریف شده است. این دوره بنا بر تصمیم کمیته هماهنگی تعیین شده و بر اساس بررسی آمار و اطلاعات با در نظر گرفتن خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها انتخاب می‌شود. برای نمونه در حوضه اشاره شده در بازه ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲، تعادلی از شرایط مرطوب و خشک وجود دارد. دوره زمانی انتخاب شده همچنین با مقررات وضع شده توسط برنامه‌ها مطابقت دارد، که مستلزم ارزیابی کمی از بیلان تاریخی است، طوری که از آخرین اطلاعات موجود شروع می‌شود و حداقل تا ۱۰ سال قبل آن ادامه می‌یابد. برآورد بیلان فعلی آب برای سال ۲۰۱۳ تعریف شده است. در حالی که شرایط بیلان فعلی آب در مقررات اضطراری برنامه به عنوان یک سال با جمعیت، کاربری اراضی، و شرایط هیدرولوژیکی جدید (به‌روز) تعریف شده است، اما سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ نمی‌توانست به عنوان نماینده این زیرحوضه تحت شرایط عادی یا متوسط باشد. در این سال‌ها نیز برخی اطلاعات ناقص بوده و از این‌رو سال ۲۰۱۳ مدنظر قرار گرفته است. بررسی اطلاعات تا سال ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که افزایش فعالیت‌های کشاورزی علیرغم خشکسالی‌های اخیر انجام گرفته و به دلیل نقص برخی اطلاعات، سال ۲۰۱۳ به عنوان سال شاخص مدنظر قرار گرفته است. دوره زمانی برای پیش‌بینی برآورد بیلان آب در سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۷۰ تعریف شده است. با توجه به مقررات اضطراری برنامه در این حوضه، شرایط هیدرولوژی مدنظر برای پیش‌بینی لازم است از اطلاعات ۵۰ سال تاریخی بارش، تبخیر و تعرق و اطلاعات جریان (دبی) به عنوان شراط پایه برای برآورد شرایط هیدرولوژی آینده، استفاده نماید. در جدول **۴–۴** دوره زمانی بیلان‌های مورد بررسی در ۴ حوضه برنامه مورد بررسی در این گزارش خلاصه شده است.

جدول ۴–۴- نام حوضه و دوره زمانی استفاده شده

ردیف	نوع بیلان	نام حوضه و دوره زمانی			
		Northern and Central Delta-Mendota Region (3)	Salinas Valley Basin (180–400) (11)	North Kings (14)	Greater Kaweah (20)
۱	تاریخی	۲۰۱۲-۲۰۰۳	۲۰۱۴-۱۹۹۵	۱۹۹۷-۲۰۱۱	۱۹۸۱-۲۰۱۷
۲	فعلی	۲۰۱۲-۲۰۱۳	۲۰۱۵-۲۰۱۷	۲۰۱۶-۲۰۱۷	۱۹۹۷-۲۰۱۷
۳	آینده	۲۰۷۰-۲۰۱۴	۲۰۱۶-۲۰۳۰ و ۲۰۷۰	۲۰۴۰ و ۲۰۷۰	۲۰۱۷-۲۰۷۰

برای نمونه در حوضه Greater Kaweah تغییرات سالانه ذخیره حجم آب زیرزمینی در زیرحوضه برای هر سال از دوره تاریخی محاسبه شده است. تغییرات ذخیره برای دوره ۳۷ ساله با هدف ارزیابی شرایط مازاد و کمبود آب و شناسایی شرایط اضافه برداشت‌ها برآورد شده است. نتایج شکل **۴–۶** کمبود آب به میزان ۲۴۲۸۴۸۷ آکر فوت (یک آکر فوت معادل ۱۲۳۳/۵ مترمکعب است) در طول دوره مطالعه ۳۷ ساله را نشان می‌دهد که معادل متوسط کسری ۶۵۶۳۵ آکر فوت بر سال آبی است.



شکل ۴–۶- خلاصه بیلان هیدرولوژیکی زیرحوضه Kaweah، در دوره‌های تاریخی (۱۹۸۱-۲۰۱۷) و فعلی (۱۹۹۷-۲۰۱۷)

نکته قابل توجه در برآورد بیلان‌ها ارائه نتایج آنها به صورت سالانه بوده است. همچنین تحلیل عدم‌قطعیت برای برخی عوامل یا متغیرها مدنظر بوده است. بیلان آینده اثر تغییرات اقلیم و نتایج آن‌ها بر روی منابع آب تحلیل شده است و همچنین تخمین تقاضاها آینده پیش‌بینی شده است. جزئیات بیشتر از تحلیل‌ها در گزارش برنامه پایداری‌ها انجام شده است.

۴-۲-۳- راهکارهای کنترل مصرف آب

مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، شهری، روستایی و صنعت در حوضه‌های مورد بررسی عمدتاً از منابع آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. بر اساس بررسی بیلان منابع آب در این حوضه‌ها، برای نمونه در حوضه Greater Kaweah مصارف آب برای بخش کشاوزی در سال بر اساس بیلان تاریخی و فعلی آب به ترتیب ۸۹۰۰۰ و ۹۱۹۰۰ آکر فوت می‌باشد که بیشتر سهم مصرف آب را به خود اختصاص داده است. از این‌رو در عمده مناطق تمرکز برای کنترل مصرف و راهکارهای در بخش کشاورزی و سپس سایر مصارف از جمله صنعت و شهری و روستایی مورد توجه بوده است. در این راستا پروژه‌هایی مدنظر بوده که به نوعی با استفاده از آب‌های نامتعارف و بازچرخانی آب به کنترل مصرف از منابع

آب سطحی و زیرزمینی پرداخته‌اند. از جمله این پروژه‌ها که پروژه‌ها در راستای صرفه‌جویی از منابع آب است می‌توان به پروژه تغذیه و احیاء/بهبود نهر، پروژه استفاده مجدد از آب زهکشی، بازنگری در شیوه آبیاری، حوضه کنترل سیلاب و تغذیه آب زیرزمینی و توسعه مخزن، اشاره نمود.

۴-۲-۴- رویکرد تخصیص منابع آب

در مناطقی که مقادیر زیادی اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی انجام می‌شود، یک GSA ممکن است تخصیص آب زیرزمینی را مورد بازنگری قرار دهد. این در صورتی است که توسعه پروژه‌های تعریف شده به خودی خود نیازهای آب زیرزمینی و اضافه برداشت فعلی را جبران نکند. در این صورت مطابق با وظایف تعریف شده برای GSAها، این اختیار وجود دارد که در خصوص تخصیص منابع آب در چارچوب قانون آب کالیفرنیا بازنگری لازم صورت گیرد.

به دلیل کاهش منابع آب و دوره‌های سیلابی و با در نظر گرفتن تغییرات اقلیم و دوره‌های خشکسالی تاریخی، مدیریت تقاضا برای رفع کمبود عرضه، پیش‌بینی می‌شود که از اواسط تا پایان دوره پایداری، اهمیت فزاینده‌ای پیدا کند. در حوضه Greater Kaweah، GSAها نیازهای همه کاربران و گروداران در حوضه خود را شناسایی و پیش‌بینی می‌کند. به دنبال این ارزیابی، ممکن است سیاست‌هایی اتخاذ گردد که تخصیص آب زیرزمینی محدودی را ارائه می‌کند. این سیاست‌ها ممکن است شامل کاهش پمپاژ در طول زمان باشد. اطلاع‌رسانی در این خصوص انجام می‌شود تا به کاربران این فرصت داده شود تا خود را با کاهش عرضه وفق دهند.

بطور کلی تخصیص منابع آب زیرزمینی از قانون آب کالیفرنیا با توجه به حقوق تعریف شده برای این منابع، پیروی می‌کند. GSAها در زیرحوضه‌های آب زیرزمینی با در نظر گرفتن مدیریت تقاضای آب زیرزمینی و همچنین افزایش عرضه مواجه هستند. بسیاری در حال بررسی راه‌اندازی بازارهایی هستند که به مالکان زمین اجازه می‌دهد تا تخصیص پمپاژ آب زیرزمینی خود را به بازار عرضه کنند. از جمله برنامه‌هایی که در این راستا مدنظر است برای نمونه می‌توان به برنامه‌های تغذیه مزرعه (تغذیه مصنوعی)، حفاظت و تبدیل به محصولات کم مصرف آب است. برای پرداختن به منافع گروداران در زیرحوضه‌ها، گروداران، GSA را تشویق می‌کنند تا چنین برنامه‌هایی را به گونه‌ای تهیه کنند که مزایای متعددی از جمله کیفیت آب، و تأمین منابع آب جامعه محروم در صورت امکان، را بدست آورند (بابیت و همکاران، ۲۰۱۸).

درک این نکته مهم است که برنامه‌های تجارت آب زیرزمینی (که به عنوان بازارهای آب زیرزمینی نیز شناخته می‌شود) یا سیستم‌های اعتباری آب زیرزمینی[1] شامل محدودیت‌های حجمی در برداشت و استفاده از آب‌های زیرزمینی هستند. برای اینکه سیستم های تجاری و اعتباری به طور موثر کار کنند، GSAها باید ابزار موثری برای توانایی تخصیص پمپاژ آب زیرزمینی از زیرحوضه‌ها در شرایط اضافه برداشت ایجاد کنند. علاوه بر این، با توجه به اینکه GSAها صلاحیت تغییر یا اصلاح حقوق آب‌های زیرزمینی را ندارند، برنامه‌های تخصیص باید بین رعایت حقوق آب‌های زیرزمینی و

1 Groundwater credit

انطباق با نیازهای محلی حوضه به تعادل برسد. از بین رویکردهای مطرح شده به جهت تخصیص عادلانه منابع آب، رویکرد توصیه شده برای تخصیص منابع آب با در نظر گرفتن محدودیت‌های برداشت آب‌های زیرزمینی، استفاده از رویکرد تخصیص جامع یا یکپارچه که به قانون حقوق آب‌های زیرزمینی احترام می‌گذارد. این رویکرد شرایط قانون آب‌های زیرزمینی موجود را در کالیفرنیا را مدنظر دارد. این رویکرد مستلزم تعامل قابل توجه همه گرودارن در زیرحوضه به منظور توسعه منابع و کاهش مصرف است. بطور کلی اگر چه این رویکرد و پیاده‌سازی آن دشوار است اما روش تخصیص به صورت قابل دفاع و قانونی بوده و به دستیابی پایداری در زیرحوضه به شیوه‌ای منصفانه و عادلانه کمک می‌کند. در جدول ۴–۵ این رویکرد به همراه مزایا و معایت آن تشریح شده است.

جدول ۴–۵- رویکرد توصیه شده تخصیص منابع آب در حوضه‌ها

نام رویکرد	توصیف	مزایا	معایب
تخصیص جامع/یکپارچه	این رویکرد به صورت عملی تخصیصی را بر اساس بررسی جامع قانون آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا ایجاد می‌کند. این رویکرد اولویت نسبی کاربران/گرودارن پوشاننده، دارای مجوز و نیاز به تخصیص را حفظ می‌کند و می‌تواند به حقوق سایرین که مدنظر قرار نگرفته، رسیدگی کند.	این روش قانون آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا را در شرایط موجود در زیرحوضه اعمال می‌کند و بر اساس آن تخصیص می‌دهد. اگر یک روش‌شناسی تخصیص تهیه شود، چنانچه گرودارن در زیرحوضه‌ها، روش‌شناسی را قابل قبول بدانند، بررسی‌های قضایی قابل انجام است.	قانون در بسیاری از موارد مبهم است و همچنین مستلزم اعمال تفسیر و قضاوت است. فرآیند بکارگیری این روش پیچیده است و برای انجام آن نیازمند اطلاعات است. اجرای این فرآیند این اجازه را می‌دهد که کسی مخالفت کند و در رابطه با نحوه تخصیص قضاوت کند.

۴-۲-۵- پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی

بطور کلی تدوین پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی متناسب با با معیارهای پایداری هر حوضه می‌باشد. برای نمونه در حوضه Northern and Central Delta-Mendota Region بطور کلی در راستای پایداری منابع آب زیرزمینی مطابق با افق برنامه‌ریزی که در قبل به آن اشاره شد، سه دسته پروژه تعریف شده است. دسته اول شامل پروژه‌های کوتاه‌مدت و اقدامات مدیریتی است که طی پنج سال باید تکمیل و عملیاتی شوند. دسته دوم پروژه‌هایی هستند که در حال نیاز به توسعه و تکمیل دارند و پیش‌بینی می‌شود که در پنج سال آینده (از سال ۲۰۲۱) و در سال ۲۰۲۶ یا بعد از آن اجرایی شود. همچنین در دسته سوم، پروژه‌های بلندمدت و اقدامات مدیریتی مدتظر است که در صورت نیاز باید اجرا شوند. با اجرا و پیاده‌سازی پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی موجود در حوضه، همراه با پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی اجرا شده

توسط پنج زیرحوضه این برنامه، پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۴۰ این حوضه به پایداری برسد. این پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی نیاز به تجزیه و تحلیل بیشتر و مجوز برای تعیین امکان‌سنجی و اثربخشی هزینه دارند و ممکن است فهرست پروژه و اقدامات مدیریتی در طول اجرای برنامه، بررسی و تجدید نظر شود. در جدول ۴–۶ دسته‌بندی پروژه‌های حوضه Northern and Central Delta-Mendota Region، برای نمونه ارائه شده است

جدول ۴–۶- پروژه‌های تعریف شده در راستای افزایش تغذیه منابع آب زیرزمینی و کاهش مصرف

نوع	طبقه‌بندی	نام پروژه/اقدامات مدیریتی	نوع پروژه	پیشنهاد دهنده
دسته اول	پروژه	پروژه تغذیه و احیاء/بهبود نهر Los Banos	تغذیه و احیاء	منطقه آب San Luis
		پروژه تغذیه و احیاء/بهبود نهر Orestimba	تغذیه و احیاء	منطقه آب Del Puerto
		برنامه آب بازیافتی منطقه North Valley	آب بازیافتی	منطقه آب Del Puerto
		حوضچه‌های نفوذ شهر Patterson برای جذب آب و تغذیه از طوفان	تغذیه و احیاء	شهر Patterson
		پروژه استفاده مجدد از آب زهکشی Kaljian	آب بازیافتی	منطقه آب San Luis
		منطقه آبیاری غرب Stanislaus بازپس‌گیری مخزن و راه‌اندازی آن	ایجاد / توسعه مخزن	منطقه آبیاری Stanislaus غربی
		بازنگری در شیوه آبیاری	تقاضا و مدیریت آن	منطقه آبیاری Tranquillity
	اقدامات مدیریتی	به حدأقل رساندن فرونشست	تقاضا و مدیریت آن	نامشخص
		استفاده حدأکثری از سایر منابع آب	تقاضا و مدیریت آن	نامشخص
		افزایش دسترسی GSA به مجوزهای چاه	تقاضا و مدیریت آن	نامشخص
		برنامه‌ریزی اضطراری خشکسالی در مناطق شهری	تقاضا و مدیریت آن	نامشخص
		تکمیل خلاءها و شکاف‌های اطلاعاتی	تقاضا و مدیریت آن	نامشخص

جدول ۴–۶- پروژه‌های تعریف شده در راستای افزایش تغذیه منابع آب زیرزمینی و کاهش مصرف

نوع	طبقه‌بندی	نام پروژه/اقدامات مدیریتی	نوع پروژه	پیشنهاد دهنده
دسته دوم	پروژه	پروژه مخزن Del Puerto Canyon	ایجاد / توسعه مخزن	منطقه آب Del Puerto
		حوضه کنترل سیلاب و تغذیه آب زیرزمینی Little Salado Creek	تغذیه و احیاء	منطقه Stanislaus
		تغذیه مدیریت شده آبخوان منطقه آبیاری Patterson	تغذیه و احیاء	منطقه آبیاری Patterson
		منطقه آبیاری غرب Stanislaus بازپس‌گیری مخزن و راه‌اندازی آن	ایجاد / توسعه مخزن	منطقه آبیاری Stanislaus
		پروژه احیاء و تغذیه آب زیرزمینی Ortigalita	تغذیه و احیاء	منطقه آب San Luis
	اقدامات مدیریتی	تهیه برنامه برای تشویق استفاده از منابع آب سطحی و کاهش تقاضای آب از منابع آب زیرزمینی	تقاضا و مدیریت آن	نامشخص
دسته سوم	پروژه	توسعه مخزن Pacheco	ایجاد / توسعه مخزن	منطقه آب Santa Clara Valley
		افزایش تراز مخزن San Luis	ایجاد / توسعه مخزن	دفتر احیاء آمریکا
		توسعه مخازن	ایجاد / توسعه مخزن	مرجع طرح مخازن
	اقدامات مدیریتی	هزینه برداشت آب زیرزمینی با تغییرات کاربری زمین	-	نامشخص
		اقدامات در راستای کاهش استفاده از منابع آب زیرزمینی (نمونه شهر پترسون)	تقاضا و مدیریت آن	شهر پترسون

پس از تعریف هر پروژه اجزای پروژه تعریف می‌شود شامل موارد زیر است:

- نوع پروژه
- محل پروژه
- سازمان مجری

- شرح پروژه
- هدف قابل اندازه‌گیری
- شرایط و ضوابط اجرا
- فرآیند اطلاع‌رسانی عمومی و آگاهی‌رسانی
- برآورد مزایای پروژه
- فرآیند صدور مجوز و تنظیم مقررات
- وضعیت و زمانبندی
- مزایای مورد انتظار و شاخص‌های پایداری هدفمند
- منبع آب و اطمینان‌پذیری آن
- مرجع قانونی مورد نیاز
- هزینه‌ها و تأمین مالی
- مدیریت برداشت آب‌های زیرزمینی
- سطوح عدم‌قطعیت

در ادامه یک پروژه که در تعریف آن اجزای فوق مشخص شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. این پروژه در حوضه Kaweah Subbasin تعریف شده است.

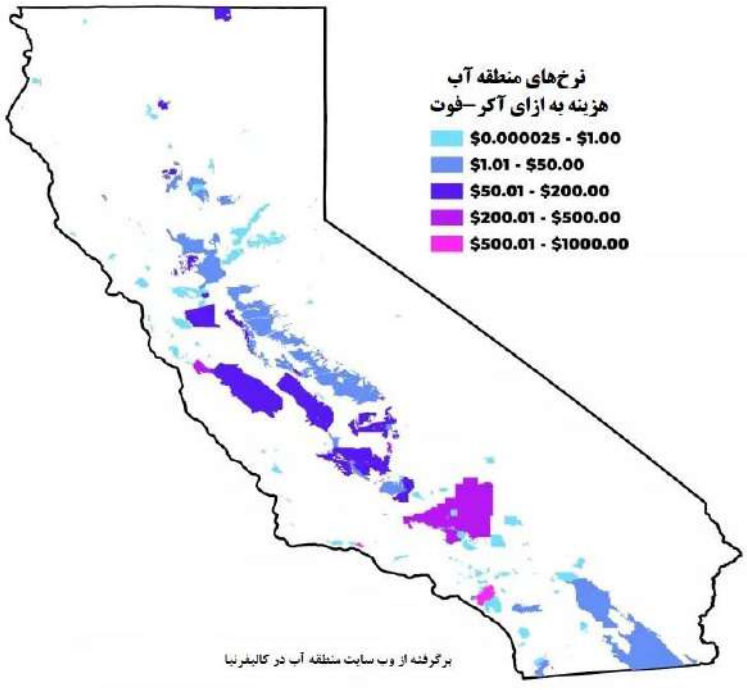
پروژه حوضه‌های جدید تغذیه برای یک منطقه آبیاری واقع شده Lakeside

- نوع پروژه: حوضه تغذیه
- محل پروژه: محل‌های اولیه این پروژه مشخص شده است، اما پیش‌بینی می‌شود که در صورت مشخص شدن این محل‌ها، هزینه تملک بیشتر خواهد شد. به همین دلیل، مناطق به صورت قطعه‌های شنی در محدوده "منطقه آب آبیاری Lakeside " مشخص شده‌اند.
- سازمان مجری: منطقه آب آبیاری Lakeside
- شرح پروژه: منطقه آب آبیاری Lakeside در حال حاضر از حوضه‌های تغذیه برای ذخیره آب مازاد استفاده می‌کند.
- این پروژه حوضه‌های تغذیه جدید ایجاد می‌کند. در مجموع ۲۷۵ هکتار در طول ۲۰ سال اول دوره برنامه‌ریزی و اجرا مدنظر است. این حوضه‌های عمیق ۱۰ فوتی در مجموع ظرفیت ذخیره‌سازی به میزان ۱۳۶۰۰ آکر فوت را خواهند داشت.

- هدف قابل اندازه‌گیری: این پروژه به دستیابی به اهداف قابل اندازه‌گیری برای کاهش تراز آب‌های زیرزمینی کمک خواهد کرد. همچنین منجر به کاهش کاهش ذخیره، فرونشست، و احتمالاً کاهش کیفیت آب خواهد شد.
- شرایط و ضوابط اجرا: زیرحوضه Kaweah به صورت یک منطقه با اضافه برداشت بحرانی تعیین شده است و منطقه آب آبیاری Lakeside در حال اجرای این پروژه برای افزایش تغذیه به این زیرحوضه است.
- فرآیند اطلاع‌رسانی عمومی و آگاهی‌رسانی: اطلاعیه و اطلاعرسانی مناسب توسط LIWD به سازمان‌های دولتی مختلف و سایر گروداران ارائه خواهد شد.
- برآورد مزایای پروژه: برآورد شده است که این پروژه به طور متوسط ۳۶۰۰ آکر فوت در سال سود داشته باشد.
- فرآیند صدور مجوز و تنظیم مقررات: این پروژه زیرنظر اداره زمین منطقه Kings خواهد بود. سایر فرآیندهای نظارتی و مجوزهای محلی نیز در سطح منطقه و استان پیگیری می‌شود.
- وضعیت و زمانبندی: این پروژه در مرحله برنامه‌ریزی اولیه با تملک اولیه زمین در سال ۲۰۲۳ شروع شده و به دنبال آن تکمیل مرحله‌ای تقریباً ۲۵ درصد از پروژه در بازه‌های زمانی ۵ ساله بعدی انجام می‌شود.
- مزایای مورد انتظار و شاخص‌های پایداری هدفمند: برآورد شده است که مزایای مورد انتظار در طول افق برنامه‌ریزی ۵۰ ساله منجر به ۱۶۶۰۰۰ آکر فوت تغذیه مجدد با میانگین سالانه ۳۶۰۰ آکر فوت خواهد شد.
- شاخص‌های پایداری هدفمند شامل جلوگیری از افت تراز آب‌های زیرزمینی، ذخیره‌سازی آب زیرزمینی و کاهش فرونشست زمین است. نفوذ عمقی نیز می‌تواند کیفیت آب زیرزمینی را بهبود بخشد زیرا آب سطحی احتمالاً غلظت TDS نسبتاً کمی داشته باشد.
- منبع آب و اطمینان‌پذیری آن: حق آب فعلی برای انحراف آب اضافی استفاده خواهد شد که پیش‌بینی می‌شود در یک دوره ۴ ساله رخ دهد.
- مرجع قانونی مورد نیاز: منطقه آب بخش Kings و منطقه آب آبیاری Lakeside دارای اختیارات قانونی برای مدیریت برنامه را دارند.
- هزینه‌ها و تأمین مالی: هزینه برآوردی این پروژه ۲۱/۳ میلیون دلار است که شامل تملک دارایی، بررسی های ژئوتکنیکی و بیولوژیکی، طراحی، مجوزها، ساخت‌وساز و سرمایه‌گذار می‌شود. مکانیسم مالی انتخاب نشده است، اما احتمالاً ارزیابی زمین و یا هزینه پمپاژ آب زیرزمینی خواهد بود.
- مدیریت برداشت آب‌های زیرزمینی: این پروژه برای افزایش تراز آب زیرزمینی و ذخیره‌سازی به عنوان جبران کاهش منابع آب زیرزمینی در شرایط خشکسالی، همچنین تغذیه بیشتر به زیرحوضه در طول سال‌های مرطوب فراهم می‌کند.
- سطوح عدم‌قطعیت: شرایط مرطوب شاید هر چهار یا پنج سال یک‌بار به ندرت رخ می‌دهد، از این‌رو پروژه در طول سال‌های مرطوب برای جذب تغذیه اضافی در دسترس خواهد بود.

۴-۲-۶- ارزشگذاری آب

در ایالت کالیفرنیا ۹۰ درصد مصرف آب در بخش کشاورزی است. بررسی‌ها بیانگر این است که قیمت آب به طور ثابت نبوده و می‌تواند در زمان‌ها و مکان‌های مختلف متفاوت باشد. برای نمونه در زمان کمبود آب قیمت آن افزایش می‌یابد. در حال حاضر، قیمت آب در بیشتر مناطق زیر ۲۰۰ دلار به ازای هر آکر فوت (یک آکر فوت معادل ۱۲۳۳/۵ مترمکعب است) است، اگرچه برخی مناطق از مرز ۵۰۰ دلار عبور کرده‌اند. انتهای جنوبی دره مرکزی دارای بالاترین قیمت ها، بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ دلار است، در حالی که نرخ آب در بخش شمالی ایالت زیر ۵۰ دلار در هر آکر فوت و کمتر از ۱ دلار به ازای هر آکر فوت در برخی مناطق است (شکل ۴-۷). لازم به ذکر است که در بسیاری از مناطق کالیفرنیا که در آنها انتقال آب در بازار آزاد صورت می‌گیرد، نرخ‌های منطقه آب قیمت‌هایی ثابتی نیستند. در دوره خشکسالی که از ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶ ادامه داشت، فروش آب در کالیفرنیا به ۸۰۰ میلیون دلار در سال در مقابل متوسط ۳۰۰ میلیون دلار در سال رسید.



شکل ۴-۷- نرخ‌های هزینه آب در مناطق مختلف کالیفرنیا (برگرفته از[1] AQUAOSO, 2021)

۴-۲-۷- نحوه تأمین مالی

بررسی گزارش‌های برنامه‌های پایداری حوضه‌ها بیانگر این است که برای هر یک از پروژه‌های تعریف شده هزینه‌های آنها برآورد شده و همچنین نحوه تأمین مالی پروژه‌ها مشخص شده است. بطور کلی سازمان‌های دولتی و خصوصی، مالکان زمین، خیران، منابع محلی، سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی هر حوضه، دفتر خدمات اضطراری از

1 https://aquaoso.com/blog/california-agricultural-water-prices/

محل صندوق‌های محلی، دفتر احیای ایالات متحده آمریکا از محل صندوق‌های محلی، برنامه تأمین مالی بازیافت آب، برنامه کمک هزینه مدیریت یکپارچه آب منطقه‌ای، برنامه کمک هزینه بهبود زیرساخت‌های آب برای کشور از جمله سازمان‌هایی هستند که نحوه تأمین مالی پروژه‌ها را برعهده دارند.

تهیه برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی اقدامی پرهزینه بوده است. سازمان‌های محلی مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی با استفاده از منابع مالی محلی و کمک‌های مالی و فنی ایالت تاکنون توانسته‌اند برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی خود را تهیه کنند. تهیه هریک برنامه پایداری نیاز به نیروی انسانی زیاد که معمولاً شامل پنج الی پانزده هزار نفرساعت مهندسی مشاور و یک الی سه هزار نفرساعت کارفرما است. اجرای برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی در کالیفرنیا در طول بیست سال اجرای این برنامه‌ها نیاز به چند صد میلیارد دلار بودجه و چند هزار نفر اشتغال مستقیم دارد. برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی باید نشان بدهند که در طول بیست سال اجرای برنامه و تا سال ۲۰۴۰ بتوانند آبخوان تحت برنامه خود را به پایداری برسانند. اجرای برنامه‌های پایداری باید شامل برنامه و اجرای پایش آبخوان، گزارش پیشرفت سالیانه و به‌روز کردن برنامه پایداری در هر پنج سال یک‌بار باشد.

۴-۲-۸- کنترل اجرای قوانین و برنامه‌ها

پس از تهیه برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی و شروع اجرای این برنامه‌ها، کنترل اجرای قوانین و برنامه‌ها و همچنین میزان متابعت و انطباق آن با برنامه‌های مدیریت پایدار آب زیرزمینی از مهم‌ترین چالش پیش رو مشکلات مربوط به مسایل حقوقی و ارتباط بین سازمان‌های متولی امور مرتبط با آب‌های زیرزمینی است. سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی می‌توانند دو اثر نامطلوب افت تراز آب زیرزمینی و کاهش ذخیره آب زیرزمینی را مدیریت کنند ولی در خصوص مدیریت کیفیت آب زیرزمینی، فرونشست زمین و کاهش کاربرد مفید آب‌های سطحی با مشکلات تداخل مسولیت‌های سازمان‌های مرتبط و عدم توانایی سازمان‌های پایداری برای اصلاح و مدیریت این موارد دارند. مشکلاتی نظیر آلاینده‌های طبیعی نظیر آرسنیک، نشت تانک‌های سوخت، و یا مدیریت کیفیت آب از جمله مسایلی است که سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی با آنها مواجه هستند.

همچنین فرونشست زمین بر اثر برداشت نامناسب از آب زیرزمینی معمولاً فقط مربوط به یک حوضه نیست و برداشت آب زیرزمینی در حوضه‌های مجاور بر فرونشست زمین دریک حوضه مؤثر است. سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی فقط در خصوص حوضه خود می‌توانند مدیریت کنند و مدیریت حوضه‌های مجاور از چالش‌های این سازمان‌ها است. در بیشتر حوضه‌ها یک سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی ایجاد شده که مدیریت یکپارچه آب‌های زیرزمینی آن حوضه را انجام می‌دهد. اما در تعداد زیادی از حوضه‌ها بیش از یک سازمان پایداری ایجاد شده است که هریک مدیریت بخشی از یک حوضه را به عهده دارد و هماهنگی بین این سازمان‌ها و مدیریت یکپارچه حوضه، چالش بزرگی می‌باشد. در برخی از حوضه‌ها تداخل منافع خود را نمایان کرده است و ممکن است موضوع در دادگاه و یا شوراهای حل اختلاف مطرح شود. دخالت دادگاه در خصوص مدیریت آب‌های زیرزمینی امر تازه‌ای در کالیفرنیا نیست. چندین حوضه در

جنوب کالیفرنیا وجود دارد که دادگاه میزان برداشت هر گرودار آن حوضه‌ها را مشخص کرده است. با شروع اجرای برنامه‌های پایداری آب‌های زیرزمینی، انتظار می‌رود مسایل حقوقی و سازمانی بیشتر نمایان شود و چند سالی فرصت لازم است تا این مشکلات بررسی شده و راه حل مناسب برای آن پیدا شود.

۴-۳- جمع‌بندی

در این بخش از گزارش به بررسی گزارش‌های برنامه پایداری پرداخته شد تا فرآیند تعریف شده به جهت رسیدن به اهداف پایداری منابع آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گیرد. یکی از نتایج مهم بررسی این گزارش‌ها وجود فرآیند ارزیابی فعالیت‌های هر برنامه پایداری با توجه به معیارها و زیرمعیارهای تعریف شده و همچنین رتبه‌بندی آنها است. در این راستا فعالیت‌های و پروژه‌ها و اقدامات تعریف شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تا نیازهای اطلاعاتی و یا نواقص مورد نیاز بر طرف شود. به منظور ارزیابی عملکرد برنامه‌های پایداری در برابر هشت معیار پایداری، یک سیستم رتبه‌بندی ایجاد شده که میزان پایداری در هر حوضه را به نوعی کمی‌سازی می‌کند. بر اساس معیارهای شرح داده شده و به هر برنامه پایداری یک امتیاز کلی اختصاص داده شده و بر اساس این ارزیابی در مورد اینکه آیا هر برنامه پایداری به اندازه کافی، ناقص یا ناکافی نیازها را برآورده می‌کند، تصمیمات بیشتر اتخاذ می‌شود.

در راستای رسیدن به پایداری، در هر حوضه معیارهای ارزیابی تعریف شده و سپس بر اساس این معیارها پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی تشریح شده است. لازم به ذکر است که در بخش اول این گزارش‌ها اطلاعات لازم برای شناخت محدوده از جمله تهیه مدل مفهومی محدوده و سپس تهیه بیلان محدوده با در نظر گرفتن عدم‌قطعیت‌ها تهیه شده است. مدل مفهومی با توجه به ویژگی هر حوضه اجزای مختلفی از جمله اجزای طبیعی و انسانی را شامل می‌شود. از جمله اهداف مهمی که در تهیه مدل‌های مفهومی مدنظر بوده می‌توان به پشتیبانی از ارزیابی شاخص‌های پایداری، ارزیابی پتانسیل نتایج نامطلوب و توسعه حدأقل آستانه‌ها، پشتیبانی از شناسایی و توسعه پروژه‌های بالقوه و اقدامات مدیریتی برای رسیدگی به نتایج نامطلوب موجود یا محتمل وجود در آینده، پشتیبانی از تهیه دستورالعمل‌های پایش، شبکه‌ها و استراتژی‌ها برای ارزیابی پایداری حوضه در طول زمان، اشاره نمود. پس از تهیه یک مدل مفهومی هیدرولوژیکی بیلان آب به عنوان یک ابزار مهم از جنبه‌های متعدد مدیریت پایداری منابع آب زیرزمینی استفاده می‌شود. بیلان آب در سه دوره تاریخی، فعلی و آینده محاسبه می‌شود که برای برآورد بیلان آب در آینده معمولا از مدل‌های عددی استفاده شده است. پس از شناخت از وضعیت موجود محدوده پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی تعریف شده و بر اساس برنامه‌زمانی پیاده‌سازی می‌شوند. برنامه پایش وضعیت نیز از جمله اقدامات مهمی است که تا رسیدن به هدف مدنظر است. عمده پروژه‌های تعریف شده در راستای تغذیه آب زیرزمینی و استفاده از سایر منابع آبی نامتعارف (از جمله پساب) می‌باشد که در دو یا سه برنامه زمانی با توجه به ویژگی‌های هر حوضه تعریف می‌شوند. در تعریف هر یک از پروژه‌های برنامه اقدام آن نیز مشخص شده است که این برنامه اقدام شامل نحوه پیاده‌سازی پروژه، مسئولیت هر یک از سازمان‌ها، حمایت‌کننده مالی پروژه تعریف شده و ... که نمونه‌هایی از آنها اشاره گردید.

فصل پنجم

جمع‌بندی

۵-۱- مقدمه

برای دستیابی به مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی اداره منابع آب کالیفرنیا، اهداف مختلفی را تعریف نموده است که از جمله آنها می‌توان به ایجاد چارچوبی برای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی، ارائه کمک‌های فنی به سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی، کمک به برنامه‌ریزی برای حمایت از پایداری آب زیرزمینی، کمک به دولت و سازمان‌های محلی پایداری آب‌های زیرزمینی و ارائه کمک مالی، اشاره نمود. این سازمان به دنبال کمک به این سازمان‌ها برای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در زمینه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، برای مصارف مفید منابع آب در راستای مدیریت پایدار آب در کل کالیفرنیا می‌باشد. با بررسی اهداف این سازمان با جزئیات بیشتر که در فصول اول تا چهارم انجام شده، در ادامه این فصل سعی شده است که آموزه‌های مهم این قانون و نکات قابل بومی‌سازی آن ارائه شود. در انتها نیز پیشنهادهای لازم ارائه می‌شود.

۵-۲- نگاهی بر آموزه‌های مهم

بررسی گزارش‌های تهیه شده برنامه‌های پایداری هر حوضه آموزه‌های مهمی را دارد که در این بخش مورد بررسی قرار گرفته است. بطور کلی برنامه‌های پایداری تهیه شده توسط سازمان هر حوضه، چارچوب جامعی را معرفی می‌کند که پیش‌تر در فصل چهارم نیز مورد بررسی قرار گرفته است و در ادامه برخی از آموزه‌های مهم آنها تشریح شده است:

- یکی از آموزه‌های قانون پایداری منابع آب زیرزمینی کالیفرنیا تهیه برنامه پایداری برای هر حوضه است. نحوه تهیه برنامه و اینکه چه مشخصه‌های مهم در تهیه برنامه‌های پایداری هر حوضه مدنظر بوده نیاز به توجه است. بطور کلی موارد مهمی که در تهیه آنها مورد توجه بوده در ادامه اشاره شده است:
  - هزینه‌های اجرای برنامه
  - سازمان‌های حمایت کننده مالی از برنامه‌های پایداری (اسپانسرها)
  - آگاهی و اطلاع‌رسانی (در قالب جلسات عمومی و روش اطلاع‌رسانی عمومی در مورد پیشرفت اجرای برنامه)
  - تعریف و توصیف شرایط جغرافیایی و زمین‌شناسی (برای نمونه تدوین مدل مفومی و بیلان حوضه)
  - تعریف اهداف پایداری برای حوضه و زیرحوضه
  - برنامه پایش (بر اساس شاخص‌های پایداری تعریف شده)
  - شناسایی و توصیف نتایج نامطلوب برای شاخص‌های پایداری که در قانون پایداری آب‌های زیرزمینی مشخص شده است.
  - شناسایی و توصیف حدأقل آستانه‌ها و اهداف قابل اندازه‌گیری برای هر شاخص پایداری

- تعریف و شناسایی پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی پیشنهاد شده توسط برنامه پایداری هر حوضه برای دستیابی به اهداف پایداری.

- یکی از مهم‌ترین اقدامات صورت گرفته در چارچوب قانون پایداری آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا ارزیابی و پایش گزارش‌های تهیه شده حوضه‌های برنامه پایداری بوده که در طول اجرای این قانون این گزارش‌ها بر اساس معیارهای و زیرمعیارهایی که تعریف شده امتیازدهی شده و در صورت نیاز پروژه‌ها و برنامه‌های عملیاتی تعریف شده مورد بازنگری قرار گرفته می‌شوند. از این‌رو برنامه تهیه شده در طول اجرای قانون پایش شده و در صورت نیاز اصلاحات و یا تغییرات مورد نیاز بر روی آنها صورت می‌پذیرد.

- از آموزه‌های مهم دیگر می‌توان به نحوه گزارش‌دهی حوضه‌ها اشاره نمود که ملزم شده‌اند به صورت سالانه و هر پنج سال یکبار (در قالب ارزیابی) به اداره منابع اب این گزارش‌ها را ارائه نمایند. در گزارش‌های سالانه باید شرایط فعلی آب‌های زیرزمینی، وضعیت اجرای برنامه پایداری حوضه مورد نظر، روند دستیابی اهداف مدنظر آن حوضه و یا زیرحوضه مشخص شود. در این راستا نیز الگوی گزارش‌دهی مشخص شده و سازمان‌ها بایستی در گزارش‌های سالانه، برنامه‌های پایداری هر حوضه را مطابق با الگوی تهیه شده، ارسال نمایند. چارچوب و الگوی گزارش‌دهی در گزارش‌های هر حوضه ارائه شده که می‌تواند از آنها الگوبرداری لازم صورت گیرد. همچنین مطابق با مقررات تعیین شده توسط برنامه پایداری حوضه‌ها، ارزیابی دوره‌ای از برنامه‌ها لازم است در فواصل زمانی پنج ساله انجام گیرد و یک ارزیابی کتبی برای اداره منابع اب ارائه شود. اشاره شده است که ارزیابی‌ها شامل موارد زیر خواهد بود، اما محدود به آن‌ها نیست که در ادامه اشاره شده و به عنوان آموزه می‌تواند مورد توجه قرار گیرد:
  - ارائه خلاصه کلی از شرایط فعلی منابع آب زیرزمینی و توصیف هر شاخص پایداری برای حدأقل آستانه‌ها و اهداف قابل اندازه‌گیری
  - خلاصه پروژه‌ها و اقدامات مدیریتی اجرا شده و تأثیر موضعی و کلی آنها بر شرایط آب‌های زیرزمینی
  - بررسی عناصر برنامه مشمول بازنگری و بازنگری‌های احتمالی، از جمله حدأقل آستانه‌ها و اهداف قابل اندازه‌گیری، بر اساس اطلاعات جدید که از زمان ارزیابی برنامه قبلی به دست آمده است.
  - ارزیابی مشخصات حوضه و هرگونه تغییر مورد نیاز در آن بر اساس داده‌های جدید و ارزیابی‌های بیلان آب، از جمله شرایط احتمالی اضافه برداشت‌ها
  - تشریح تغییرات در شبکه پایش و بهبود آن برای رفع خلأهای اطلاعاتی
  - تشریح هر گونه اطلاعات جدیدی که از زمان تصویب برنامه یا ارزیابی پنج ساله قبلی در دسترس یا توسعه یافته و اینکه آیا چنین اطلاعاتی نیاز به تغییر در برنامه فعلی دارد یا خیر.
  - تشریح هرگونه اصلاحیه برنامه تکمیل شده یا پیشنهادی

- خلاصه اقدامات برنامه پایداری هر حوضه در مورد اجرای برنامه، از جمله هر گونه دستور یا مقررات مربوطه صادر شده و هر گونه اقدام قانونی یا اجرایی نسبت بهره‌برداران آب‌های زیرزمینی

۵-۳- نکات قابل بومی‌سازی

طبق قانون پایداری آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا، مدیریت آب‌های زیرزمینی باید در سطح حوضه و توسط سازمان محلی پایداری آب‌های زیرزمینی انجام شده و سازمان‌های دولتی نقش نظارتی و حمایتی داشته باشند. در واقع در این قانون متولیان مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی، سازمان‌های پایداری محلی و دو سازمان ایالتی شامل اداره منابع آب و اداره کنترل منابع آب هستند. اداره کنترل منابع آب کالیفرنیا مهم‌ترین سازمان دولتی در زمینه مدیریت منابع آب در سطح ایالت، در همه مراحل برنامه‌ریزی، اجرا و ارزیابی بر سازمان‌های پایداری محلی نظارت دارد. سازمان کنترل منابع آب کالیفرنیا چارچوب کلی یک برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی که باید توسط سازمان‌های محلی پایداری آب‌های زیرزمینی تدوین گردد را مشخص کرده است. از جمله نکات قابل بومی‌سازی که می‌تواند مدنظر باشد در ادامه آمده است:

- برآورد هزینه‌ها و نحوه تأمین مالی برای اجرای برنامه‌ها و اقدامات مدیریتی، بر اساس مطالعه برنامه پایداری هر حوضه مشخص شده است که در ابتدای هر برنامه هزینه‌ها برآورد شده است و نحوه تأمین مالی هزینه‌ها که شامل سازمان‌های خصوصی و دولتی، کمک‌های خیریه و ... بوده مشخص شده است.
- مشابه با گزارش‌های هر حوضه، این اقدام می‌تواند برای هر حوضه در کشور که از منظر منابع آب زیرزمینی بحرانی بوده اجزای این گزارش مورد توجه و بومی‌سازی شود. برای نمونه نحوه تهیه بیلان و مدل مفهومی، نحوه تهیه شبکه پایش (به جهت پایش وضعیت و همچنین رفع خلاءهای اطلاعاتی)، تعریف برنامه‌ها و اقدامات مدیریتی و نحوه پیاده‌سازی آنها، می‌توانند برای کشور بومی‌سازی شوند.
- در خصوص نحوه تهیه بیلان همانطور که پیش‌تر در فصل چهارم نیز توضیح داده شده، برنامه پایداری هر حوضه برای شناخت وضعیت منابع آب زیرزمینی در سه دوره زمانی تاریخی، فعلی و آینده به برآورد بیلان محدوده‌های تحت نظارت خود پرداخته است که برای پیش‌بینی بیلان آب در آینده بیشتر از مدل‌های عددی و شبیه‌سازی منابع آب زیرزمینی استفاده نموده‌اند.
- در تعریف برنامه‌ها و اقدامات مدیریتی لازم به ذکر است که بر اساس برنامه زمانبندی مشخص جزئیات هر برنامه با اجزای آن مشخص شده است. این اجزا شامل نوع پروژه، محل پروژه، سازمان مجری، شرح پروژه، هدف قابل اندازه‌گیری، شرایط و ضوابط اجرا، فرآیند اطلاع‌رسانی عمومی و آگاهی‌رسانی، برآورد مزایای پروژه، فرآیند صدور مجوز و تنظیم مقررات، وضعیت و زمانبندی، مزایای مورد انتظار و شاخص‌های پایداری هدفمند، منبع آب و اطمینان‌پذیری آن، مرجع قانونی مورد نیاز، هزینه‌ها و تأمین مالی، مدیریت برداشت آب‌های زیرزمینی، توجه به مسائل کیفیت آب و سطوح عدم‌قطعیت، است. برای هر برنامه نیز اقدامات مدیریتی آن به همراه برنامه عملیاتی تشریح شده است که بومی‌سازی این چارچوب می‌تواند برای کشور مورد توجه باشد.

- نحوه اطلاع‌رسانی عمومی و برگزاری جلسات برای پیاده‌سازی و اجرای قانون نیز که با استفاده از روش‌ها و رویکردهای مختلفی در هر حوضه انجام شده است می‌تواند برای بومی‌سازی در کشور مورد توجه باشد.
- نحوه گزارش‌دهی و همچنین ارزیابی‌های سالانه و پنج سال یک‌بار که توسط سازمان هر برنامه پایداری انجام می‌شود به جهت پایش وضعیت منابع آب زیرزمینی نیز مهم بوده و قابل بومی‌سازی است.

۵-۴- پیشنهادها

در قانون مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی، نحوه بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی و تدوین گزارش‌های برنامه پایداری هر حوضه پیشنهاد می‌گردد که با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گیرد تا تجربیات برای استفاده آنها در کشور استخراج شود. با توجه به اینکه مقوله افزایش کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی و افزایش کارایی مصرف آب در بخش شهری در کشور نیازمند توجه بیشتر است می‌توان در این راستا به تجربیات این قانون و نحوه تدوین آن مراجعه نمود. بررسی‌های انجام شده در قالب این گزارش بیانگر این است که برای افزایش کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی، پروژه‌ها، برنامه‌ها و برنامه‌های متعدد فنی و اقتصادی تعریف شده که بررسی دقیق پروژها و اجزای آنها برای بومی‌سازی در کشور پیشنهاد می‌شود. همچنین نحوه تعیین برنامه‌های عملیایی، برآورد هزینه‌ها و همچنین نحوه تعیین حمایت کننده‌های مالی (اسپانسرها) به عنوان عوامل موفقیت این قانون پیشنهاد می‌شود که مورد توجه قرار گیرد.

اداره منابع آب کالیفرنیا برای کمک به سازمان‌های محلی پایداری آب‌های زیرزمینی برای تدوین برنامه پایداری، گزارشی با نام بهترین شیوه‌های مدیریتی را منتشر کرده است. در این گزارش بیان شده است که یک حوضه می‌تواند به سه شکل مدیریت شود. حالت اول آن است که در کل حوضه یک سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی تشکیل شود و تمامی بهره‌برداران و شرکت‌های محلی حوضه در آن مشارکت داشته باشند. حالت دوم آن است که در یک حوضه چند سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی تشکیل شود و برای کل حوضه یک برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی مشترک تهیه گردد. درحالت سوم در یک حوضه چند سازمان پایداری آب‌های زیرزمینی تشکیل شده و هرکدام یک برنامه پایداری برای محدوده خود آماده می‌کنند، در این‌حالت باید یک تفاهم‌نامه همکاری بین سازمان‌های پایداری آب‌های زیرزمینی حوضه تدوین شود و در آن حدود اختیارات و مسئولیت‌های هر کدام مشخص شود. پیشنهادهای مختلفی در راستای بومی‌سازی تجربیات قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا قابل ارائه است (ولی‌پور و کتابچی، ۱۴۰۰). اهم پیشنهادهای بلندمدت در این زمینه عبارتند از:

- لزوم ایجاد و تصویب قوانین و مقررات مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی با تأکید بر اصل مدیریت محلی آب‌های زیرزمینی و با تأکید بر حل مسئله تعارض منافع در سازمان‌های موجود آب کشور:
  - تأمین اختیار و کمک‌های فنی و مالی لازم سازمان‌های محلی به‌منظور تهیه و تدوین اقدامات در سطح محلی یا منطقه‌ای،
  - لزوم حفاظت از منابع آب توسط دولت با اقتداربخشی به انجام وظایف در صورت عدم مدیریت پایدار سازمان‌های محلی،

- ضرورت ارزیابی آب‌های زیرزمینی و تعیین خصوصیات حوضه در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌منظور تهیه گزارش‌های لازم برای پشتیبانی از اقدامات مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی،
- ضرورت مدیریت تلفیقی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی با توجه به تغییرات اقلیم، اصول حفظ زیست‌بوم و محیط زیست و ...،
- ضرورت حل مسئله تعارض منافع و تداخلات مسئولیت‌های سازمان‌های آب موجود کشور،
- شناخت و حفظ اقتدار شهرها و شهرستان‌ها براساس اختیارات برای مدیریت آب‌های زیرزمینی.

- لزوم شکل‌گیری یک نهاد فرابخشی در قالب نهادهای موجود یا با ترکیب آنها و تأکید بر نقش نظارتی و حمایتی این نهاد و سازمان‌های دولتی مربوطه در زمینه:
  - مدیریت منابع آب در سطح حوضه در همه مراحل برنامه‌ریزی، اجرا و ارزیابی سازمان محلی،
  - همسوسازی فعالیت‌های وزارت نیرو و جهاد کشاورزی به‌منظور ارتقای بهره‌وری و توجه به ارزش اقتصادی، امنیتی و سیاسی آب در استحصال، عرضه و نگهداری مصرف آب،
  - ابلاغ و تصویب دستورالعمل آمایش سرزمین،
  - افزایش میزان استحصال آب (افزایش بهره‌وری) از طریق به حدأقل رساندن هدررفت آب نه افزایش تأمین از طریق روش‌های سازه‌ای،
  - کمک به پیشبرد اهداف با ارزیابی چارچوب‌ها، انتشار راهنماها، ارائه بهترین تجربه‌ها و ...،
  - بررسی و ارزیابی مطابقت برنامه‌های مدیریتی ارائه شده توسط سازمان‌های محلی با اهداف کلی مدیریت پایدار کشور،
  - بررسی آثار متقابل برنامه‌های پایداری ارائه شده توسط سازمان‌های محلی هم‌جوار.
- لزوم شکل‌گیری سازمان پایداری آب زیرزمینی محلی با مشارکت شرکت‌های محلی، سایر بهره‌برداران و گرودارن آب‌های زیرزمینی در یک حوضه با هدف:
  - مدیریت حوضه آبریز در زمینه توسعه و ارتباط با سایر حوضه‌ها،
  - تهیه، پیاده‌سازی و مدیریت برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی،
  - پایش، ارزیابی و گزارش‌دهی روند دستیابی به اهداف پایداری.

بهره‌برداری فعلی از آب‌های زیرزمینی در ایران براساس حجم ثابت انجام می‌شود که مبتنی بر معیاری معقول با توجه به معیارهایی نظیر افت کمّیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی، فرونشست، کاهش آب‌های سطحی، پیشروی آب شور

در مناطق ساحلی و کاهش ذخایر راهبردی برای برداشت آب از این منابع نیست. از طرفی این مجوزها توانایی سازگاری با تغییرات اقلیم را ندارند و نمی‌توان توسط آنها پیامدهای نامطلوب بهره‌برداری از آب زیرزمینی را مدیریت کرد. ازاین‌رو با توجه به برنامه مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا، اولویت‌بندی و توجه به حوضه‌های بحرانی براساس معیارهای ارزیابی عملکرد آبخوان برای تعیین وضعیت پایداری منابع آب‌های زیرزمینی ضروری است. از طرفی با توجه به این اولویت‌بندی و مقیاس‌های مکانی و زمانی حوضه‌ها باید حدأقل تراز، تراز بهره‌برداری پایدار و برنامه‌های مدیریتی برای هر آبخوان با توجه به واقعیت هر حوضه تدوین شود. سپس سازمان‌های محلی برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب شناسایی و یا ایجاد شوند. بر اساس تجربیات قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا اهم پیشنهادهای بلندمدت عبارتند از:

- اولویت‌بندی و تعیین حوضه‌های بحرانی با توجه به محدودیت‌های طبیعی و هیدروژئولوژیکی (میزان منابع آب تجدیدشونده بر اساس جمعیت و میزان مصارف، ساختار زمین‌شناسی، افت کمّی وکیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی و ...)؛ فرهنگی و اجتماعی (ازهم‌گسیختگی سنت‌های فرهنگی حاکم بر بهره‌برداری منابع، ضعف سرمایه اجتماعی، بی‌تأثیر بودن نقش بهره‌برداران در مدیریت و برنامه‌ریزی، معیشت‌های جایگزین و ...)، اقتصادی (اندازه‌گیری دقیق پارامترها، بهبود بهره‌برداری، امنیت غذایی، امنیت آبی، بهبود بهره‌وری و بازده اقتصادی منابع آب و ...) و سیاسی در حوضه‌های آبی مشترک و مستقل در مقیاس‌های منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی،
- تعریف پایداری آب‌های زیرزمینی با توجه به تجمیع و تلفیق دیدگاه‌های علمی، فیزیکی، حقوقی، مدیران و ناظران آبی در هر حوضه آبریز توسط سازمان محلی و با مشارکت گرودارن محلی و با تأکید بر اصول حفظ زیست‌بوم و محیط زیست،
- تبیین چگونگی نهادینه کردن اعمال مدیریت محلی و حل معضل تعارض منافع سازمان‌ها و نهادها در کشور با تأکید بر نقش سازمان‌هایی مانند سازمان‌های مردم‌نهاد و نهادهای محیط‌زیستی،
- تبیین نحوه تشویق یا مقید کردن گرودارن به مشارکت در راستای پایداری آب‌های زیرزمینی و چگونگی اقتداربخشی و تداوم‌بخشی به اجرای برنامه‌های مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی،
- تعیین عوامل پایداری با توجه به موجودی آب‌های زیرزمینی در حوضه‌های آبریز، عوامل عملکرد و حکمرانی آبخوان (نرخ تغذیه و شرایط ذخیره‌سازی، کیفیت آب، نرخ تخلیه و جریان‌های محیط‌زیستی، مخاطرات و تهدیدهای طبیعی، امکانات و فناوری‌های پمپاژ، تزریق، نظارت، ذخیره‌سازی، تصفیه و توزیع آب‌های زیرزمینی، محدودیت‌های قانونی و نهادی، ارزش‌ها و اولویت‌های اجتماعی و امکان‌سنجی اقتصادی)، با توجه به عواقب غیرقابل قبول نظیر افت شدید آب‌های زیرزمینی، فرونشست، افت کیفیت آب‌های زیرزمینی، کاهش آب‌های سطحی، پیشروی آب شور در مناطق ساحلی و کاهش ذخایر راهبردی برای برداشت آب در هر حوضه آبریز، با توجه به شرایط هیدرولوژیکی، محیط زیستی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی،

- تعریف مقیاس زمانی برای برنامه‌ریزی برنامه‌های پایداری و توجه به تحقق پایداری با توجه به مکان و زمان تجدیدپذیری هر آبخوان و تعریف افق برنامه‌ریزی یا مقیاس زمانی ارزیابی با توجه به عوامل عملکرد و حکمرانی آبخوان مخصوص هر حوضه آبریز.
- تعریف معیارهای نحوه بررسی اثربخشی برنامه‌های پایداری

مراجع

پشتوان، ح. ۱۴۰۰. قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی در کالیفرنیا، نگاهی اجمالی به سیر تحول سیاست‌ها و قوانین. آب و توسعه پایدار، ۸(۲)، ۱۰۵-۱۰۶.

تقوی، ع. ۱۳۹۹. تجربه کالیفرنیا در مدیریت یکپارچه منابع آب و پایداری آب زیرزمینی، وب‌سایت شرکت آب و آبفاضلاب استان تهران.

داوری، ک.، درخشان، ه. ۱۳۹۷. مدیریت پایای آب زیرزمینی: بازخوانی تجربه کالیفرنیا؛ به ضمیمه گزارش فرایند تدبیر آب مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

نامور، ر. ۱۳۹۹. وبینار تخصصی بررسی چالش‌ها و راهکارهای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی، پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب دانشگاه تربیت مدرس.

ولی‌پور، ا.، کتابچی، ح. ۱۴۰۰. آثار متقابل دو حوزه علم و سیاستگذاری در ارزیابی پایداری منابع آب‌های زیرزمینی. دفتر مطالعات زیربنایی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

California Department of Water Resources (DWR) .2003. Bulletin118 - Update 2003. California.

California Department of Water Resources (DWR). 2014. Public Update for Drought Response Groundwater Basins with Potential Water Shortages and Gaps in Groundwater Management, California Department of Water Resources, Sacramento, CA.

California Department of Water Resources (DWR). 2013. Water Action Plan, Update 2013: Volume 1 – The Strategic Plan, Chapter 3. California Water Today, California Department of Water Resources, Sacramento, CA.

California Department of Water Resources (DWR). 2015. Groundwater sustainability program draft strategic plan. Available at: https://www.water. ca.gov/-/media/DWR-Website/Web-Pages/

California Groundwater Conditions Update (CGC), 2021. Department of Water Resources

California Water Code (CWC). 2014. SGMA groundwatermanagement. DWR, 1.

Christian-Smith, J. and Abhold, K., 2015. Measuring what matters: Setting measurable objectives to achieve sustainable groundwater management in California. Union of Concerned Scientists.

Comprehensive State Ground Water Protection Programs (CSGWPPs) – Final Comprehensive State Ground Water Protection Program Guidance, EPA (Dec 1992) EPA 100-R-93-001; Protecting the Nation’s Groundwater: EPA’s Strategy for the 1990s, The Final Report of the EPA Ground-Water Task Force (July 1991) 21Z-1020.

County, M., 2020. Madera-Chowchilla Groundwater-Surface Water Simulation Model (MCSim) Report.

Department of Water Resources (DWR). 2008. Managing an uncertain future: Climate change adaptation. Sacramento, CA. Online at www.water.ca.gov/climatechange/docs/ClimateChange WhitePaper.pdf, accessed August 7, 2015.

Dobbin, K., Clary, J., Firestone, L. and Christian-Smith, J., 2015. Collaborating for Success: Stakeholder Engagement for Sustainable Groundwater Management Act Implementation. Community Water Center: Visalia, CA, USA.

Dooley, D.M., 2019, December. Groundwater Pumping Allocations under California's Sustainable Groundwater Management Act: Local Insight on Challenges and Opportunities. In AGU Fall Meeting Abstracts (Vol. 2019, pp. H33G-03W).

Escriva-Bou, A., Gray, B., Green, S., Harter, T., Howitt, R., MacEwan, D. and Seavy, N., 2017. Water Stress and a Changing San Joaquin Valley. Public Policy Institute of California.

Greater Kaweah Groundwater Sustainability Agency (GKGSA), (2020). Groundwater Sustainability Plan. Michelle Ricker, Bakersfield andTimothy Nicely, Santa Barbara.

Griggs, B.W., 2020. Reaching Consensus about Conservation: High Plains Lessons for California's Sustainable Groundwater Management Act. U. Pac. L. Rev., 52, 495.

Groundwater Ambient Monitoring and Assessment Program (GAMA) and the Groundwater Quality Monitoring Act of 2001

Groundwater Conditions Report (GCR) (2021). state of california – california natural resources agency. Department of water resources

https://aquaoso.com/blog/california-agricultural-water-prices/, 2021.

https://water.ca.gov, 2022.

Langridge, R., Daniels, B. 2017. Accounting for climate change and drought in implementing sustainable groundwater management. Water Resources Management, 31(11), 3287-3298.

Lyons, J.E., M.C. Runge, H.P. Laskowski, and W.L. Kendall. 2008. Monitoring in the context of structured decision-making and adaptive management. Journal of Wildlife Management 72(8): 1683-1692.

Mace, R.E., Petrossian, R., Bradley, R., Mullican, W.F. and Christian, L.A.N.C.E., 2008. A streetcar named desired future conditions: the new groundwater availability for Texas (revised). 9th Annual Changing Face of Water Rights in Texas.

Maimone, M., 2004. Defining and managing sustainable yield Ground Water 42 809–14.

Moran, T. and Wendell, D., 2015. The sustainable groundwater management act of 2014: Challenges and opportunities for implementation.

Nelson, R. 2011. Uncommon Innovation: Developments in Groundwater Management Planning in California. Stanford University, CA: Palo Alto.

Nie, M.A. and Schultz, C.A., 2012. Decision-making triggers in adaptive management. Conservation Biology, 26(6), 137-1144.

North King Groundwater Sustainability Agency (NKGSA). 2019. Groundwater Sustainability Plan. Provost and pritchard consulting group.

Northern and Central Delta-Mendota Regions (NCDMR). 2020. Groundwater Sustainability Plan. Provost and pritchard consulting group.

Polasky, S., Carpenter, S.R., Folke, C., Keeler, K. 2011. Decision-making under great uncertainty: Environmental management in an era of global change. Trends in Ecology & Evolution 26(8):398–404.

RMC Water and Environment. 2014. An evaluation of California groundwater management planning. Sacramento, CA: California Water Foundation.

Rudestam, K., and R. Langridge. 2014. Sustainable yield in theory and practice: Bridging scientific and mainstream vernacular. Ground Water 52(S1):1–10

Salinas Valley: 180/400-Foot Aquifer Subbasin (SVFAS). 2020. Groundwater Sustainability Plan. Montgomery and associates water resources counsultants.

Sustainable Groundwater Management Act (SGMA), 2014. California Department of Water Resources.

Sustainable Groundwater Management Act [And Related Statutory Provisions from SB1168 (Pavley), AB1739 (Dickinson), and SB1319 (Pavley) as Chaptered]

Sustainable Groundwater Management Program, Groundwater Sustainability Plan (GSP), Emergency Regulations Guide, 2016. California Department of Water Resources.

مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب

تهران، خیابان طالقانی، نبش خیابان موسوی (فرصت)، شماره ۱۷۵
کدپستی: ۱۵۸۳۶۴۸۴۹۹ شماره تماس: ۸۵۷۳۲۸۵۱-۰۲۱
وب سایت:www.awmrc.com ایمیل: info@awnrc.com