Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال چهاردهم، شماره ۵، زمستان ۱۳۹۷
Volume 14, No. 5, Winter 2019 (IR-WRR)
۳۶۷-۳۷۳

یادداشت فنی

تبیین معیار، راه حلی کلیدی برای بهره‌برداری پایدار از آب‌زیرزمینی

هاشم درخشان[۱] و کامران داوری[۲*]

چکیده

آب‌زیرزمینی حیاتی‌ترین منبع تأمین آب در ایران است که بهره‌برداری پایدار از آن، از ضروریات اجتناب ناپذیر محسوب می‌شود. اما اضافه برداشت و غفلت از تبیین معیاری معقول برای بهره‌برداری پایدار از آب‌زیرزمینی در بسیاری از حوضه‌های آبریز، نابودی اکوسیستم‌های وابسته به آب‌زیرزمینی و دیگر خسارات جبران‌ناپذیر را در پی داشته است. با توجه به اهمیت موضوع و به دلیل داشتن شرایط نسبتاً مشابه (از نظر اقلیمی) ایران با ایالت کالیفرنیا، قانون مدیریت پایدار آب‌زیرزمینی در این ایالت (SGMA) مورد تجزیه و تحلیل گرفت. در قانون مزبور معیارهای شش‌گانه‌ای برای بهره‌برداری پایدار از آب‌زیرزمینی معرفی گردیده است. تمامی حوضه‌های آبریز موظف گشته‌اند تا نسبت به طراحی و تدوین برنامه مدیریتی آب با هدف دستیابی به پایداری آب‌زیرزمینی منطبق بر معیارهای شش‌گانه بپردازند. نتایج بررسی‌های اولیه نشان داده است که اکثر محدوده‌های مطالعاتی از حداقل تراز برای بهره‌برداری از آب‌زیرزمینی عبور نموده‌اند. بنابراین الزام قانونی برای تدوین برنامه‌ی بلندمدت (۲۵ ساله) تعادل‌بخشی در تمامی محدوده‌های مطالعاتی با هدف دستیابی به تراز بهره‌برداری پایدار از آب‌زیرزمینی تصویب گردید. ضروری است تا در کشورمان نیز برداشت از آب‌زیرزمینی از منظر پایداری مورد بررسی قرار گرفته و تراز بهره‌برداری پایدار برای هر آبخانه تعیین تکلیف گردد.

کلمات کلیدی: آب‌زیرزمینی، پیامدهای نامطلوب، پیامدهای نامعقول، قانون مدیریت پایدار.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۱۱/۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۳/۳۱

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۲- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

Technical Note

Developing Criteria, a Key Solution for Sustainable Groundwater Withdrawal

H. Derakhshan[1] and K. Davary[2]*

Abstract

Groundwater is a vital source of water supply in Iran and sustainable utilization of this source is an inevitable necessity. In many watersheds, overexploitation and neglecting the reasonable criteria for sustainable use of groundwater led to destruction of groundwater-dependent ecosystems as well as many other inevitable losses. This study aimed the importance of this issue and analyzed the Sustainable Groundwater Management Act (SGMA) relying on the similarities of the climate conditions in Iran and the California State. SGMA introduced six criteria for sustainable use of groundwater. To achieve the sustainable groundwater resources, all watersheds must develop their groundwater sustainable plan based on these six criteria. The primary results of the studies by California Department of Water Resources (DWR) have shown that in most of the watersheds, the groundwater withdrawal exceeded the minimum threshold. Therefore, a long-term (25 year) program for achieving sustainable groundwater management goal must be developed. In Iran, it is also urgent to set a planned sustainability goal for all aquifers in the watersheds.

Keywords: Groundwater, Sustainable Management Act, Undesirable Results, Unreasonable Results.

Received: January 27, 2018
Accepted: June 21, 2018

1- M.Sc. Graduate in Irrigation and Drainage, Department of Water Science and Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2- Professor, Department of Water Science and Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: k.davary@um.ac.ir
*- Corresponding Author

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

آب زیرزمینی یک منبع بحرانی و در معرض خطر در بسیاری از مناطق دنیا است (Wada et al., 2010). بهره‌برداری بیش از حد از آب‌زیرزمینی باعث به هم خورد تعادل در طبیعت و کاهش تنوع زیستی موجودات شده و این افزایشِ نگران‌کننده نرخ برداشت از این منبع حیاتی با اصول اولیه برای پایداری مخالف است (Ebrahimi Louyeh, 2009). همچنین کاهش کیفیت آب‌زیرزمینی به دلیل ورود آلودگی‌های انسانی، نفوذ آب شور[۱] و شوری خودالقایی[۲] تهدیدی جدی برای تأمین آب آشامیدنی صدها میلیون نفر را فراهم نموده است. علاوه بر این، کاهش منابع آب‌زیرزمینی باعث افزایش آسیب‌پذیری در مقابل خشکسالی‌ها شده است و در نهایت کاهش انعطاف‌پذیری در مقابل تغییرات اقلیمی را در پی دارد (Gun, 2012).

طی چند دهه اخیر در ایران، تغییر روش برداشت از آب‌زیرزمینی به وسیله قنوات به روش پمپاژ (چاه)، برداشت‌های بی‌رویه‌ای را بر این منبع بی‌همتا تحمیل نموده است و هم‌اکنون بسیاری از دشت‌ها با خسارات جبران‌ناپذیری روبرو شده است. با توجه به اهمیت آب‌زیرزمینی در توسعه کشور، لزوم تغییر رویکرد در مدیریت آب‌زیرزمینی و حرکت به سمت پایداری این منبع حیاتی اجتناب‌ناپذیر است (Derakhshan and Omranian, 2017). در سال‌های اخیر به منظور جلوگیری از اضافه برداشت آب‌زیرزمینی و پیامدهای نامطلوب آن، رویکرد جدید «مدیریت پایدار آب‌زیرزمینی[۳]» پیشنهاد شده است (Langridge, 2012). یکی از مناطق پیشرو در پیاده‌سازی رویکرد مدیریت پایدار آب‌زیرزمینی، ایالت کالیفرنیا می‌باشد. به دلیل داشتن شرایط نسبتاً مشابه (از نظر اقلیمی) ایران با ایالت کالیفرنیا، مبانی این رویکرد جدید در مدیریت آب زیرزمینی مورد بازخوانی قرار گرفت.

اضافه برداشت از آب زیرزمینی از معضلات جدی ایالت کالیفرنیا بوده است. در این ایالت لایحه قانون SB 19380 به منظور تعیین تکلیف الزامات مورد نیاز تهیه طرح مدیریت آب‌زیرزمینی با مشارکت کلیه گرودارن[۴] برای محدوده‌های مطالعاتی مصوب گردیده است (California Water Code, 2002). عدم کفایت این قانون و متمم‌های بعدی، زمینه را برای تغییر رویکرد اساسی از مدیریت آب زیرزمینی به مدیریت پایدار آب زیرزمینی فراهم نمود. به این ترتیب قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی (SGMA)[۵]، طی سه لایحه در مجلس ایالت مطرح و به تصویب رسید (California Water Code, 2014). با توجه به خسارات جبران‌ناپذیر وارد شده بر منابع آب زیرزمینی در ایران، تغییر رویکرد در برداشت از ذخایر آب زیرزمینی و سرلوحه قراردادن مدیریت پایدار، ضرورت و فوریتی می‌باشد که مغفول مانده است (Derakhshan and Omranian, 2017). بدیهی است که تبیین معیار برای اجتناب از پیامدهای نامطلوب و نامعقول[۶] از اصول اولیه مدیریت پایدار آب زیرزمینی محسوب می‌شود. این مقاله معیارهای مدیریت پایدار آب زیرزمینی (قانون SGMA) را که هم اکنون در کالیفرنیا در حال پیاده‌سازی است، تشریح می‌نماید. همچنین بر لزوم تبیین معیارهایی معقول و کاربردی برای بهره‌برداری پایدار از آب‌زیرزمینی تاکید دارد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تعاریف و مبانی کلیدی

مفهوم آبدهی پایدار[۷] از مفاهیم اساسی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی می‌باشد. آبدهی پایدار را سازمان آب کالیفرنیا (DWR)[۸] بدین شرح تعریف نمود: «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[۹] نخواهد داشت» (DWR, 2015). 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 بلند مدت و در طول پیاده‌سازی این برنامه پیامدهای نامطلوب وقوع نیابد» (DWR, 2015). اگرچه که کل ذخیره آب زیرزمینی با کیفیت مناسب در کالیفرنیا بین ۱ تا ۱/۶ ترا مترمکعب تخمین زده شده است (DWR, 1994) ، اما توسعه برداشت از آب زیرزمینی با توجه به کل آب موجود در آبخانه‌ها گمراه کننده است؛ زیرا فقط به یک جنبه آن توجه شده و از فاکتورهای محدودکننده دیگر مانند شرایط فیزیکی، کیفی، اقتصادی، محیطزیستی و نهادی آب زیرزمینی غفلت گردیده است (DWR, 2003). شرح این فاکتورهای محدودکننده در جدول ۱ آورده شده است. در واقع این سؤال که «چه مقدار از کل ذخیره آب‌زیرزمینی برای بهره‌برداری پایدار قابل استفاده است» هنوز هم بدون جواب بوده و پاسخ آن نیازمند توجه به تمامی جوانب مزبور است. بنابراین توجه به کلیه محدودیت‌های برداشت از آب زیرزمینی که نمونه‌هایی از آن در جدول ۱ آورده شده است مبنایی برای توسعه قانون SGMA قرار گرفت.

۲-۲- سناریوی‌های برداشت از آب‌زیرزمینی

مطمئناً توسعه برداشت از آب‌زیرزمینی هنگامی پایدار خواهد بود که به کلیه محدودیت‌های آب زیرزمینی برای برداشت پایدار که در جدول ۱ آورده شده است مورد توجه قرار گیرد. بنابراین برای بهره‌برداری پایدار

www.SID.ir

Archive of SID

Table 1- Examples of factors that limit development of a groundwater basin (DWR, 2003)
جدول ۱- نمونه‌هایی از فاکتورهای محدودکننده توسعه برداشت از آب زیرزمینی (DWR, 2003)

Limiting Factor	Examples
Physical	Basin recharge area not adequate to sustain development ; pumping too concentrated in a portion of basin;well yields too low for intended use
Quality	Water quality not suitable for intended use; increased potentioal for seawater intrusion in coastal areas; upwelling of poorer quality water in deeper parts of of basin
Economic	Excessive cost with increased pump lifts and deepening of wells; cost of treating water if it does meet requirements for intended use
Environmental	Need to maintain groundwater levels for wetlands, stream base flow, or other habitat
Institutional	Local groundwater management plans or ordinances restricting use; basin adjudication; impacts on surface water rights of other

از آب زیرزمینی، مورد توجه قرار دادن محدودیت‌های برداشت از آب زیرزمینی در دو سناریوی اساسی قابل طرح می‌باشد. در سناریوی اول مربوط به شرایطی است که می‌توان از ذخیره آب زیرزمینی برای دوره‌های مدیریتی آینده برداشت نمود. سناریوی دوم مربوط به شرایطی است که سطح آب زیرزمینی از تراز بهره‌برداری پایدار گذر کرده است. بنابراین لازم است تا برای بازگشت به تراز پایداری تمهیدات لازم اتخاذ شود. جزییات بیشتر این دو سناریوی اساسی در شکل ۱ تشریح گردیده است. در این شکل چهار خط افقی که با رنگ‌های متفاوت ترسیم شده است و راهبردهای اصلی و چگونگی برداشت از ذخیره هر آبخانه را برای دوره مدیریتی بلندمدت (۲۵ ساله) مشخص نموده است (DWR, 2015a). ۱) شرایط اولیه[۱۰] که اشاره به سال ۲۰۱۵ که سال اجرایی شدن قانون SGMA است، دارد؛ ۲) تراز هدف در برنامه بلندمدت پایداری[۱۱] (تراز بهره‌برداری پایدار)؛ ۳) تراز خسارات قابل توجه نامعقول[۱۲] که در سطح محلی برای هر محدوده مطالعاتی باید مورد تخمین قرار گیرد و ۴) حداقل تراز خسارات قابل توجه نامعقول تعریف شده مطابق استانداردهای ایالت[۱۳] کالیفرنیا که در این مقاله به اختصار حداقل تراز به کار می‌رود.

قانون SGMA که در سال ۲۰۱۴ در مجلس کالیفرنیا به تصویب رسید، بعد از یک سال زمینه‌سازی برای اجرای شدن قانون، در ابتدای سال ۲۰۱۵ اجرایی شد. دو سناریوی شکل ۱ برای بهره‌برداری پایدار از آب زیرزمینی برای یک دوره مدیریتی طولانی مدت مطرح بوده است. سناریوی ۱ اشاره به شرایطی دارد که تراز بهره‌برداری پایدار آب زیرزمینی، پایین‌تر از سطح آب در سال اجرایی شدن قانون قرار دارد (DWR, 2015b). با توجه به محدوده‌هایی که در این سناریو قرار دارد فقط اجازه داده می‌شود تا رسیدن به تراز بهره‌برداری پایدار در طول برنامه بلندمدت از ذخیره آبخانه برداشت شود. سناریوی دوم مربوط به شرایطی است که تراز بهره‌برداری پایداری، بالاتر از سطح آب‌زیرزمینی شرایط اولیه (سال ۲۰۱۵) قرار دارد. در چنین شرایطی باید برنامه بلندمدت بهره‌برداری از آب‌زیرزمینی به‌گونه‌ای تنظیم شود تا میزان برداشت در انتهای برنامه بلندمدت به تراز بهره‌برداری پایدار نزدیک شوند. لازم به ذکر است که محدوده‌هایی که علاوه بر تراز بهره‌برداری پایدار آب زیرزمینی از حداقل تراز نیز عبور نموده‌اند باید اضافه برداشت خود را متوقف نموده و شیب بیشتری را برای دستیابی به تراز بهره‌برداری پایدار در برنامه بلندمدت خود لحاظ نمایند. نتایج بررسی‌های DWR نشان داده است که اکثریت محدوده‌های مطالعاتی از تراز بهره‌برداری پایدار عبور نموده‌اند و باید سناریوی ۲ متناسب با شرایط هر آبخانه در این ایالت پیاده‌سازی شود.

۲-۳- معیارهای شش‌گانه قانون SGMA

مهم‌ترین مزیت قانون SGMA با دیگر قوانین آب در ایالت کالیفرنیا این است که برای دستیابی به برداشت پایدار از آب‌زیرزمینی به توسعه معیارهایی مناسب، برای مورد توجه قرار دادن کلیه محدودیت‌ها پرداخته است. شش معیار پایداری[۱۴] بر اساس قانون SGMA برای اجتناب از پیامدهای نامطلوب اضافه برداشت از آب‌زیرزمینی بر اساس هر یک از پارامترهای بحرانی[۱۵] در ماده (x)۱۰۷۲۱ مطابق جدول ۲ تعریف شده است (California Legislative Information, 2014). توسعه این معیارها به منظور تعیین حداقل تراز[۱۶] و بهره‌برداری پایداری از آب‌زیرزمینی صورت پذیرفته است. در جدول ۲ برای هریک از این پیامدهای نامطلوب نماد خاصی به کار رفته که توسط برنامه سراسری پایش تراز آب‌زیرزمینی (SGEMS)[۱۷] مورد کمی‌سازی و ارزیابی قرار می‌گیرد (DWR, 2009).

۱- اولین پارامتر بحرانی کاهش آبدهی آب زیرزمینی[۱۸] (افت مزمن) بوده، که به «نرخ کاهش سطح آب‌زیرزمینی بر مبنای روند تاریخی نوسانات سطح آب زیرزمینی» گفته می‌شود. این پارامتر بحرانی بر اساس تغییرات سطح آب زیرزمینی قابل تبیین است. افت مزمن، قابل توجه و نامعقول سطح 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.

www.SID.ir

Archive of SID

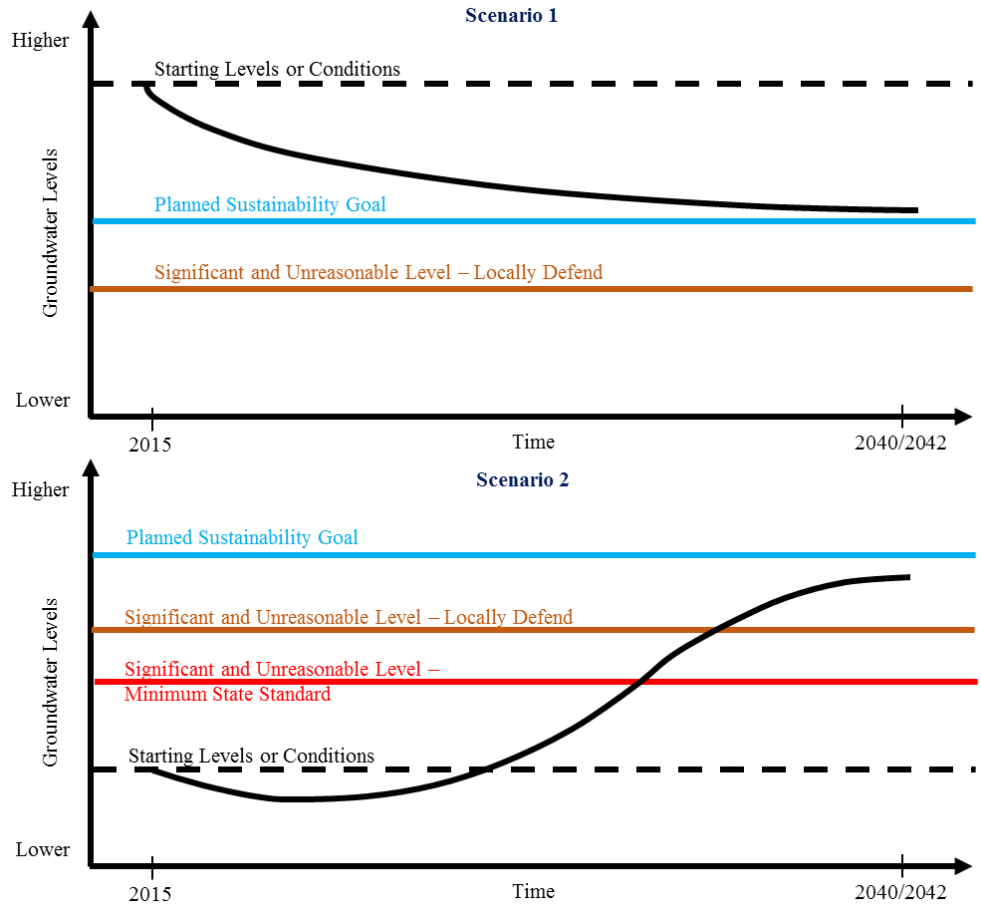

Fig. 1- Two basic scenarios for groundwater withdrawal (DWR, 2015b)

شکل ۱- دو سناریوی اصلی برای برداشت از آب زیرزمینی (DWR, 2015b)

Table 2- Critical parameters and sustainable groundwater Management Criteria (DWR, 2017)

جدول ۲- پارامترهای بحرانی و تبیین معیار برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی (DWR, 2017)

Number	Critical Parameter	Sustainable Criteria	Symbol
1)	Groundwater Levels	Chronic lowering of groundwater levels	
2)	Interconnected Surface Water Sources	Depletions of interconnected surface water that have significant and unreasonable adverse impacts on beneficial uses of the surface water	
3)	Seawater Intrusion	Significant and unreasonable seawater intrusion and or self-salinity	
4)	Water Quality	Significant and unreasonable degraded water quality, including the migration of contaminant plumes that impair water supplies	
5)	Land Subsidence	Significant and unreasonable land subsidence	
6)	Groundwater Storage	Significant and unreasonable reduction of groundwater storage (Reduction Stetategic Reserve)	

www.SID.ir

Archive of SID

۲- به هم‌پیوستگی بسیار شدیدی بین منابع آب سطحی و آب زیرزمینی برکسی پوشیده نیست. پارامتر بحرانی دوم اشاره به این موضوع دارد. کاهش قابل توجه و نامعقول آب زیرزمینی‌که منجر به خسارت، کاربردهای مفید از منابع آب سطحی شود معیاری برای مورد توجه قرار دادن پارامتر 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 (آب‌زیرزمینی) موجب کاهش جریانات منبع دوم (منابع آب سطحی) و در نتیجه متضرر شدن حقابه‌داران منابع آب سطحی شود. این پارامتر بحرانی به موقعیت، کمیت و میزان تبادلات این دو منبع وابسته است. لازم به ذکر است که DWR توسعه مدل‌هایی برای تخمین تبادلات منابع آب سطحی و زیرزمینی برای هر برنامه مدیریت پایدار آب‌زیرزمینی را ضروری اعلام نموده است

۳- پارامتر بحرانی سوم به تغییر کیفیت آب زیرزمینی ناشی از نفوذ آب شور به آبخانه اشاره دارد. اگرچه که این پارمتر بحرانی بیشتر در مناطق ساحلی و نزدیک به دریا مطرح می‌باشد اما اضافه برداشت از آب زیرزمینی در بسیاری از آبخانه‌ها و مخصوصاً آبخانه‌های متصل به کویر و آب‌های شور نیز وقوع پیامدهای نامطلوب ناشی از این پارامتر بحرانی را محتمل نموده است. تغییر قابل توجه و نامعقول تراکم خطوط هم‌شوری معیاری برای مورد بررسی قرار دادن این پارامتر بحرانی است.

۴- تغییر کیفیت آب ممکن است که ناشی از نفوذ آب شور به آبخانه نباشد بلکه عوامل بیرونی مثل ورود آلودگی‌های بشری به آب زیرزمینی و یا تغییر کیفیت ناشی از شوری خودالقایی آبخانه در اثر اضافه برداشت باشد. تغییر قابل توجه و نامعقول تراکم خطوط هم‌شوری انواع عناصر موجود در آب معیار مورد بررسی قرار دادن این پارامتر بحرانی است.

۵- پارامتر بحرانی پنجم اشاره به اهمیت تحلیل فرونشست در سطح زمینی ناشی از اضافه برداشت اشاره دارد. این پارمتر بحرانی به جنس آبخانه وابسته است و فرونشست قابل‌توجه و نامعقول سطح زمین که بر اساس تغییرات خطوط هم‌فرونشست در یک دوره زمانی مشخص می‌تواند معیاری برای ارزیابی این پارامتر بحرانی واقع شود.

۶- پارامتر بحرانی ششم به اضمحلال ذخایر تجدیدناپذیر آبخانه اشاره دارد. این ذخایره بخشی از آب‌زیرزمینی برای افزایش تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی بوده، که در متون علمی به ذخیره استراتژیک آب زیرزمینی نیز معروف است. ذخیره استراتژیک آب‌زیرزمینی ابزاری کارآمد در مدیریت ریسک بلایایی طبیعی همچون خشکسالی است. بنابراین لازم است تا بخشی از ذخیره آب‌زیرزمینی 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 پارامتر بحرانی است (Derakhshan, 2017).

تخمین حداقل تراز و تراز بهره‌برداری پایدار از آب زیرزمینی به عوامل زیادی وابسته است بنابراین باید هر آبخانه باتوجه به شرایط خاص خود در برنامه مدیریت پایدار آب زیرزمینی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. ضروری است تا هر محدوده که دارای یک برنامه مدیریت پایدار آب زیرزمینی هستند با استفاده از حداقل یکی و بیشتر پارامتر بحرانی به تبیین حداقل تراز و تراز بهره‌برداری پایدار از آب زیرزمینی بپردازند. بدیهی است که حداقل تراز اشاره به شرایطی دارد که پارامترهای بحرانی مورد نظر در شرایط نامعقولی قرار گیرند (DWR, 2017).

۳- بحث و نتایج

در عمل، معیارهای شش‌گانه برای تبیین وضعیت پایداری آب زیرزمینی مبنا قرار گرفته و بر اساس آنها چگونگی بهره‌برداری پایدار از آب زیرزمینی مشخص می‌شود. بنابراین در سطح آبخانه لازم است تا کلیه پارامترهای بحرانی مورد پایش قرار گیرند. شکل ۲ نمایی از عمق کل آبخانه است. در هر ناحیه آب زیرزمینی، معیارها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و پارامترهای بحرانی با معیارهای پایداری آب زیرزمینی (جدول ۲) مورد مقایسه قرار می‌گیرند. براساس این مقایسه «حداقل تراز» و «تراز بهره‌برداری پایدار» برای هر آبخانه تعیین می‌شود. بر این اساس کل حجم آب با کیفیت مناسب، آبخانه به سه بخش مجزا تفکیک می‌گردد (DWR, 2016). ۱) حجمی از آبخانه که بالای تراز بهره‌برداری پایدار قرار دارد و بهره‌برداری از آن بلااشکال است ۲) حجمی از آبخانه که بین تراز بهره‌برداری پایدار و حداقل تراز قرار می‌گیرد؛ که اگرچه برداشت از آن در شرایط خشکسالی دارای پیامدهای نامطلوب است، اما این پیامدها جزیی بوده و برداشت آب از این بخش به ضرورت خشکسالی معقول می‌باشد؛ مشروط به آنکه متعاقب خشکسالی افت آب زیرزمینی جبران گردد. ۳) حجمی از آبخانه نیز پایین‌تر از حداقل تراز قرار دارد که برداشت از آن در شرایط خشکسالی‌های معمولی نامعقول است زیرا پیامدهای نامطلوب و قابل توجهی را در پی‌خواهد داشت. ورود به این بخش از آبخانه در صورتی مجاز است که شرایط بسیار حادی (وقوع یک ابرخشکسالی) حادث شود.

هم اکنون مدیریت پایدار آب زیرزمینی کالیفرنیا طرح بلندمدت ۲۵ ساله خود را برای دستیابی به مدیریت پایدار آب زیرزمینی با اهداف مشخص توسعه داده است. بر این اساس هر محدوده مطالعاتی گزارشهای سالانه و پنج ساله از اهداف سال آینده و نتایج دست یافته

www.SID.ir

Archive of SID

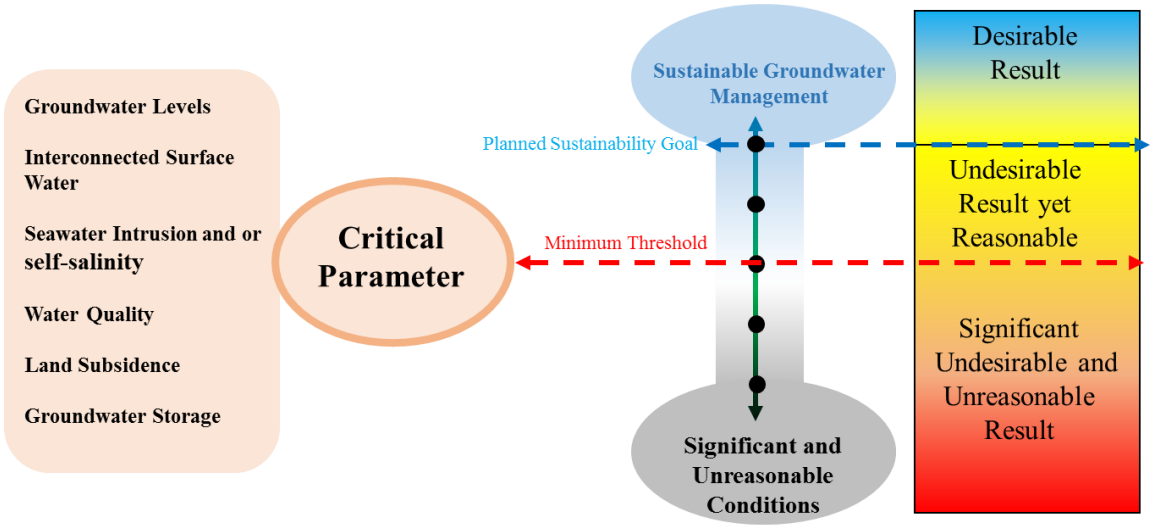

Fig. 2- Defined minimum threshold and planned sustainability goal based on assessment of sustainable management criteria

شکل ۲- تعریف تراز بهره‌برداری پایدار و حداقل تراز بر اساس معیارهای مدیریت پایدار

در هر دوره مدیریتی برای دستیابی به اهداف پایداری آب زیرزمینی به DWR تحویل می‌شود. با این حال هنوز عدم وجود مقررات کافی برای ایجاد انگیزه در گرودارن جهت پیاده‌سازی استراتژی‌های سازگاری با خشکسالی به چشم می‌خورد.

این ایالت بودجه‌های قابل توجهی برای پروژه‌های مدیریت آب در نظر گرفته، که در این میان پروژه‌های انتقال آب به منظور جبران اضافه برداشت انجام شده از ذخایر آب‌زیرزمینی و بهبود ذخیره استراتژیک آب زیرزمینی از اولویت بالاتری برخـــوردار است (Langridge, 2017). بنابراین پیشنهاد می‌شود تا در ایران نیز، به بحث انتقال آب به منظور تغذیه آب زیرزمینی، تعیین تراز بهره‌برداری پایدار و حداقل تراز برای بهره‌برداری از آب زیرزمینی در هر یک از آبخانه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. همچنین ضروری است تا مشخص شود که کدام یک از سناریوی‌های مشروحه در این مقاله را باید در مدیریت آب زیرزمینی پیشه نمود.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

معضل بحران آب و محدودیت منابع آب درحال حاضر برای بسیاری از کشورها و در آینده‌ای نزدیک برای کلیه کشورهای جهان باید مورد توجه قرار گیرد؛ زیرا این محدودیت، می‌تواند رشد و توسعه کشورها را تحت‌الشعاع قرار دهد. از این‌رو باید برنامه‌های توسعه متناسب با واقعیت پتانسیل محدود منابع آبی طراحی شوند. در حال حاضر مدیریت آب زیرزمینی براساس مجوزهای برداشت حجمی رویکردی ناکافی و همچنین بر اساس شواهد موجود ناکارآمد است. سال‌هاست که عدم مشارکت گرودارن در تعیین مجوزها و حجم برداشت از آب زیرزمینی، بدون توجه به پتانسیل محدود تغذیه آب زیرزمینی، زمینه‌ای برای تاراج این ثروت خدادادی را فراهم نموده است. افزایش تعداد چاه‌های برداشت با وجود ممنوعه بودن دشت و ملموس‌تر گشتن خسارات جبران‌ناپذیر همچون فرونشست سطح زمین و شور شدن آب آبخانه‌ها و غیره نشان از نبود معیارهایی معقول برای ارزیابی پایداری آب زیرزمینی دارد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که برنامه مدیریت پایدار آب زیرزمینی بر مبنای معیارهای معقول و قابل ارزیابی (مشابه معیارهای قانون SGMA کالیفرنیا)، مورد توسعه قرار گرفته و جایگزین رویکردهای جاری گردد. لازم به ذکر است که توانمندسازی گرودارن برای تهیه برنامه مدیریت آب زیرزمینی، نظارت و پشتیبانی اجرایی آن توسط سازمان‌های دولتی ذی‌ربط و تعیین دوره‌های مدیریتی برای ارزیابی و بهبود برنامه مزبور می‌تواند این رویکرد را کارآمدتر نماید.

پی‌نوشت‌ها

1- Seawater Intrusion
2- Self-Salinity
3- Sustainable Groundwater Management
۴- گرودار معادل اصلاح Stakeholder بوده، که به کلیه موجوداتی که زندگی، معیشت، کار و دغدغه آنان با آب گره خورده است اطلاق می‌شود.
5- Sustainable Groundwater Management Act (SGMA)
6- Unreasonable Results
7- Sustainable Yield
8- California Department of Water Resources (DWR)
9- Undesirable Results
10- Starting Levels or Conditions
11- Planned Sustainability Goal

www.SID.ir

Archive of SID

Programs/Groundwater-Management/Sustainable-Groundwater-Management/Files/SGM-Program-Draft-Strategic-plan.pdf?la=en&hash=B7B2BFCD4169AF3A7B510F5DFD4EE8EAEF49E34C

DWR (2015b) Draft Groundwater Sustainability Plan (GSP) emergency regulations. California. Available at: wdl.water.ca.gov/.../SGMA_ GSP_Topic-1_PreSGMA_Conditions_ Undesirable_Results.pdf

DWR (2016) DRAFT Groundwater Sustainability Plan (GSP) /Alternative Emergency Regulations. California: California Department of WaterResources (DWR). Available at: https://www.water.ca.gov/-/media/DWR-Website/Web-Pages/Programs/Groundwater-Management/Sustainable-Groundwater-Management/Groundwater-Sustainability-Plans/Files/GSP-Regulations-Development/Draft_GSP_Regulation_Presentation_CWC.pdf?la=en&hash=B93C235788CE5FC686D72A9EE678E3EBF75DEB51

DWR (2017) DRAFT sustainable management criteria best management practice. California: California Department of Water Resources, 7. Available at: https://www.water.ca.gov/LegacyFiles/groundwater/sgm/pdfs/BMP_Sustainable_Management_Criteria_2017-11-06.pdf

Ebrahimi Louyeh A (2009) CONSEQUENCES of groundwater over exploitation (case study: Rafsanjan Plain). Available at: http://www.sid.ir/En/Journal/ViewPaper.aspx?ID=280022 (In Persian)

Gun J der (2012) Groundwater and global change: trends, opportunities and challenges. Available at: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/Groundwater%20and%20Global%20Change.pdf

Langridge R (2012) Drought and groundwater: legal hurdles to establishing groundwater drought reserves. Available at: https://cloudfront.escholarship.org/dist/prd/content/qt0b69p4hq/qt0b69p4hq.pdf

Langridge R (2017) Accounting for climate change and drought in implementing sustainable groundwater management. Springer. Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-017-1607-8

Wada Y, van Beek LPH, van Kempen CM, Reckman JWTM, Vasak S and Bierkens MFP (2010) Global depletion of groundwater resources. Geophysical Research Letters. Wiley-Blackwell 37(20):n/a-n/a. Available at: http://doi.wiley.com/10.1029/2010GL044571

12- Significant and Unreasonable Level-Locally Defend
13- Significant and Unreasonable Level-Minimum State Standard
14- Sustainable Criteria
15- Critical Parameter
16- Minimum Threshold
17- California Statewide Groundwater Elevation Monitoring
18- Chronic Lowering of Groundwater Levels

۵- مراجع

California Legislative Information (2014) Sustainable groundwater management [10720 - 10737.8]. California Water Code, 1. Available at: http://leginfo.legislature.ca.gov/faces/codes_displaySection.xhtml?sectionNum=10721.&lawCode=WAT

California Water Code (2002) SB 1938. DWR. Available at: http://wdl.water.ca.gov/groundwater/groundwater_management/legislation.cfm

California Water Code (2014) SGMA groundwater management. DWR, 1. Available at: https://www.water.ca.gov/Programs/Groundwater-Management/SGMA-Groundwater-Management

Derakhshan H, Omranian H (2017) Need to change the approach in the management of groundwater resources in Iran. NPPS.IR, 1. Available at: http://npps.ir/ArticlePreview.aspx?id=172021 (In Persian)

Derakhshan H (2017) Expansion of "strategic reserve" concept in water resources management and development of a framework for hazards mitigation of sever and prolonged droughts based on this concept. Ferdowsi University of Mashhad. Available at: https://ganj.irandoc.ac.ir/articles/962420 (In Persian)

DWR (1994) California water plan update. California Department of Water Resources (DWR). Available at: www.water.ca.gov/pubs/planning/...bulletin..._/b17099.pdf

DWR (2003) Bulletin118 - U pdate 2 0 0 3. California. Available at: www.water.ca.gov/groundwater/bulletin118/docs/Bulletin_118_Update_2003.pdf

DWR (2009) California Statewide Groundwater Elevation Monitoring (CASGEM). Available at: http://wdl.water.ca.gov/groundwater/casgem/index.cfm

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

www.SID.ir