مجله آبخوان و قنات
جلد ۱ شماره۴ بهار و تابستان ۱۴۰۱
شماره صفحه : ۳۹ - ۲۹

ارزیابی ساختار DPSIR جهت تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی با تصمیم‌گیری چندمعیاره و مشارکت ذینفعان

حمید کاردان مقدم[۱]، عباس روزبهانی[*۲]

۱- دکتری منابع آب دانشگاه تهران، کارشناس پژوهشی موسسه تحقیقات آب، وزارت نیرو
۲- استادیار گروه آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
[*] نویسنده مسئول: Roozbahany@ut.ac.ir

چکیده

یکی از مهمترین منابع تامین آب بخصوص در مناطق خشک منابع آب زیرزمینی است. بحران‌های مختلف اقلیمی و انسانی سبب پیچیدگی در سیستم‌های منابع آب بخصوص آب زیرزمینی شده است. ارزیابی کارایی فنی مناسب این سیستم‌ها با درنظرگرفتن مدیریت یکپارچه قابلیت بهره‌برداری دارد. رویکرد یکپارچه DPSIR در سیستم آبخوان با توجه به وضعیت بحرانی منابع آب زیرزمینی می‌تواند کارایی طرح تعادل‌بخشی را ارتقاء بخشد. این رویکرد با درنظرگیری چهار بخش نیروی محرک، فشار، حالت و اثرات می‌تواند جهت تدوین سیاست بهره‌برداری مناسب با در نظرگیری سازگاری با وضعیت آبخوان بکار گرفته شود. اثرات متعدد زیست محیطی بر آبخوان‌های کشور لزوم ایجاد یک چارچوب و برنامه مناسب را برای احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی حائز اهمیت کرده است. در این پژوهش ضمن پیشنهاد رویکرد یکپارچه DPSIR برای مدیریت آبخوان‌ها، سیاست سازگاری مناسب جهت بهره‌برداری بهینه با درنظرگیری تصمیم‌گیری در ۴ سطح عملیاتی تدوین و پیشنهاد شد. این رویکرد یکپارچه برای سیستم منابع آب زیرزمینی جهت تصمیم‌گیری می‌تواند ابزار مناسبی را با حداقل تنش برای بهره‌برداران و دولت در برداشته باشد.

کلمات کلیدی: مدیریت آب زیرزمینی، DPSIR، تعادل‌بخشی، تصمیم‌گیری چندمعیاره

مقدمه

بحران‌های مختلف انسانی و اقلیمی، سبب پیچیدگی در سیستم‌های منابع آب شده است. این بحران‌ها تنش‌های مختلف را از دیدگاه‌های مختلف بوجود آورده است. تصمیم-گیری در خصوص این بحران‌ها نیازمند ارزیابی دقیق با ابزارهای و رویکردهای نوین است. ارزیابی منابع آب را می-توان از مهمترین اقدامات برای افزایش آگاهی و شناخت وضعیت منابع آب پذیرفت. نتایج ارزیابی منابع آب جهت برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح منابع آب موثر و ارزشمند است. ارزیابی وضعیت منابع آب با رویکرد سیستمی، نیازمند درنظرگیری عوامل مختلف ایجادکننده‌ی تنش می‌باشد. یکی از ابزارهای تحلیل سیستمی منابع آب چارچوب DPSIR[1] می‌باشد. این چارچوب مدل مفهومی از ساختار سیستمی جهت یکپارچگی وضعیت منابع آب را در قالب مدل تصمیم‌گیری مورد تحلیل قرار می‌دهد. چارچوب مدل تصمیم‌گیری علیرغم تاریخچه کوتاه در ارائه، به منظور ارزیابی ساختار یک سیستم با درنظرگرفتن روابط علت و معلول بکار برده می‌شود. این ساختار توسط آژانس محیط زیست اروپا در سال ۱۹۹۵، تدوین شده است. این چارچوب براساس پاسخ‌های ارائه داده شده به سیاست‌های مختلف در سیستم، از چهار بخش نیروی محرک، فشار، حالت و اثرات تشکیل شده است (IMPRESS, 2002).

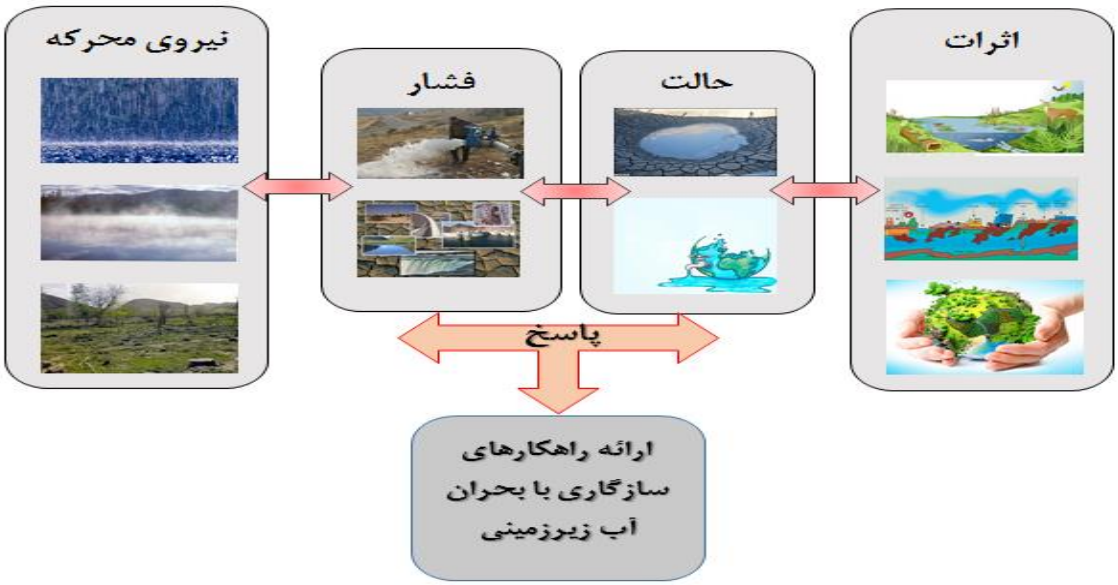
با توجه به رشد جمعیت و نیاز به توسعه در بخش‌های مختلف جهت تامین مصارف، مصرف آب در این بخش‌ها رشد زیادی داشته است. در این شرایط مصرف آب بدون برنامه‌ریزی در بخش کشاورزی بخصوص در مناطق خشک که تنها منبع تامین آن منابع زیرزمینی هستند، سبب افت شدید و بحرانی‌شدن آبخوان‌های کشور شده است. در طی دو دهه اخیر با کاهش حجم ۷۵ میلیارد مترمکعب از ذخیره‌ی استاتیک آبخوان‌های کشور سبب خشک‌شدن بسیاری از منابع آب زیرزمینی، رودخانه‌ها، تالاب‌ها، باغات و اراضی کشاورز، افت کیفی منابع آب زیرزمینی، نشست زمین، بلااستفاده شدن بیش از ۲۵۰۰۰۰ کیلومتر شبکه آبفا، مهاجرت و حاشیه نشینی، به خطر افتادن امنیت سیاسی، افزایش مصرف انرژی و سایر پیامدها را داشته است. یکی از برنامه‌های پایداری منابع آب زیرزمینی در سطح دنیا، برنامه پایداری منابع آب زیرزمینی در کالیفرنیای آمریکا می‌باشد که در حال اجراء است. این برنامه در سال ۲۰۱۴ شروع و با درنظرگرفتن گام زمانی ۲۰ ساله، جهت مدیریت پایدار آب زیرزمینی یک چارچوب اجرایی جهت پیاده‌سازی طرح و راهکارها با مشارکت کشاورزان منطقه تدوین کرده است.

در پی ایجاد این وضعیت تصمیم‌گیران آب در سطح منطقه و کشور، ارائه طرح‌های تعادل‌بخشی جهت برون رفت از این وضعیت را ارائه دادند. ارائه سناریوهای مختلف جهت تعادل بخشی بدون توجه به میزان اثرگذاری و ارزیابی پایداری آبخوان بصورت سیستمی نمی‌تواند اثربخشی بالایی را داشته باشد. استفاده از چارچوب سیستمی DPSIR با رویکرد یکپارچگی در منابع آب زیرزمینی می‌تواند عکس-العمل‌های مختلف سیستم را در قبال حالات مختلف ارائه و در نهایت بهترین پاسخ مناسب را تدوین کند. شکل (۱) نمای کلی از چارچوب مدل مفهومی DPSIR در سیستم بهره‌برداری آب زیرزمینی نشان می‌دهد.

یک سیستم منابع آب زیرزمینی در رویکرد یکپارچه DPSIR، تحت تاثیر نیروی محرکه ناشی از فرآیندهای هیدرولوژیکی قرار داشته که آن فرآیندها در میزان تامین آب به عنوان یک نیروی فشاری تاثیرگذار بوده و سبب ایجاد حالات مختلف تغییرات کمی و کیفی در منابع آب زیرزمینی می‌شود. ساختار ایجاد شده از فشار، نیروی محرکه و حالت سبب اثرات مختلف زیست محیطی در سیستم منابع آب می‌شود. این ساختار بصورت یکپارچه بصورت عمل و عکس‌العمل ارزیابی می‌شود و در هر شرایط پاسخ‌های مختلف و اثرات آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

تحلیل سیستمی یک ساختار منابع آب زیرزمینی نشان می‌دهد که با توجه به این موضوع که بهره‌برداران آب در این بخش کشاورزان هستند لذا مشارکت بهره‌برداران در احیاء و توسعه منابع آب زیرزمینی در عنوان پاسخ‌های مختلف رویکرد یکپارچه DPSIR مهم است. بررسی شرایط موجود در مناطقی که با بحران آب زیرزمینی و تصمیم-گیری مواجه هستند نشان می‌دهد که میزان تقاضای آب در مقابل آب در دسترس، رشد زیادی داشته است. افزایش این نسبت به مفهوم تنش بیشتر به منابع آب زیرزمینی می‌شود.

[1] Driving forces-Pressures-States-Impacts-Responses



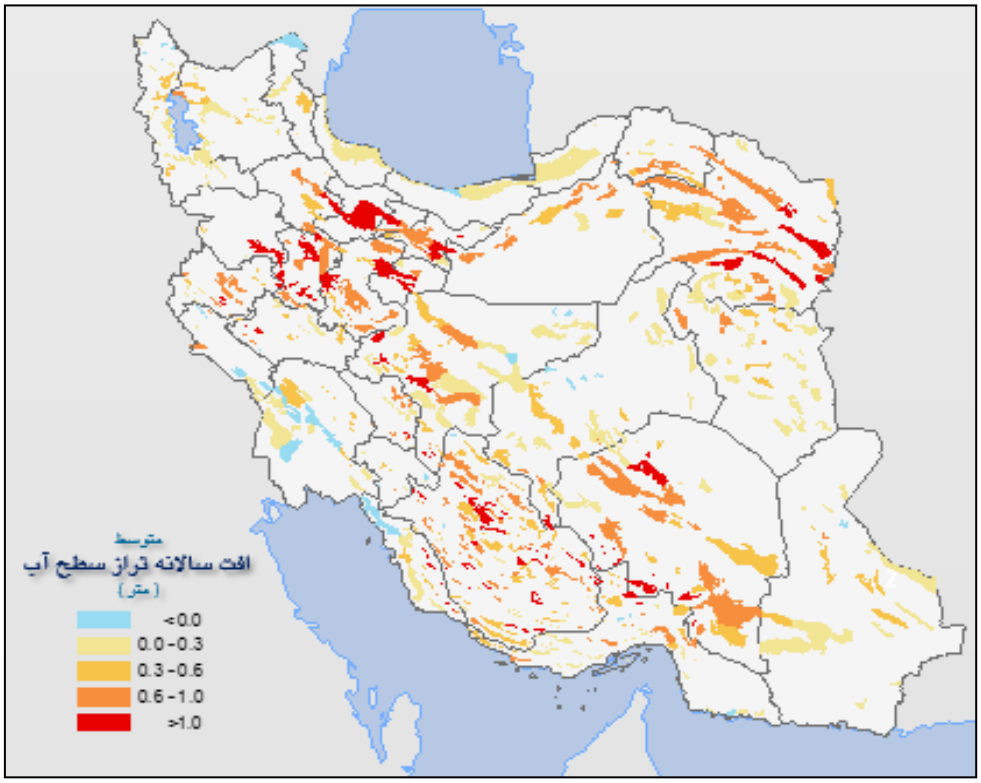
شکل ۱. نمای کلی از رویکرد DPSIR در سیستم منابع آب زیرزمینی

اگرچه افزایش برداشت آب زیرزمینی، توسعه اقتصادی را به همراه داشته اما جوابگوی میزان رشد جمعیت با توجه به سطح بهره‌وری آب نبوده است. وضعیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بوجود آمده در شرایط بحرانی بودن برداشت از آب زیرزمینی سبب ناپایداری اکوسیستم منطقه و کاهش منابع آب زیرزمینی، افت آبخوان، کاهش کیفیت آب زیرزمینی و وابستگی‌های اقتصادی و اجتماعی به حوضه‌های اطراف را در بر داشته است. در این شرایط پاسخ یک سیستم می‌بایست براساس نیازهای منطقه تدوین شود. با توجه به در نظرگیری ابعاد مختلف رویکرد یکپارچه DPSIR برای مدیریت آب زیرزمینی، تصمیم‌گیری جهت پاسخ به اثرات مختلف می‌بایست براساس معیارهای مختلف فنی، اقتصادی و اجتماعی و یا بطورکلی بصورت چندمعیاره مورد سنجش قرار گیرد. تصمیم‌گیری براساس معیارهای مختلف می‌تواند با درگرفتن ابعاد مختلف تاثیرگذار در سیستم منابع آب زیرزمینی موثر می‌باشد. کشاورزان به عنوان بهره‌برداران و متولیان آب به عنوان تصمیم‌گیران، دارای معیارهای مختلف جهت ارائه رویکرد پایدار برای منابع آب زیرزمینی هستند. مهمترین معیار کشاورزان رشد اقتصادی بوده و وابستگی شدید امرومعاش با اقتصاد سبب درنظرگرفتن این معیار و در پایداری آبخوان‌ها به عنوان معیاراصلی بخش تصمیم‌گیر دولتی است. در این شرایط با در نظرگفتن معیارهای مختلف دو بخش درگیر با تنش آبی، تصمیم‌گیری مناسب در خصوص پایداری هر منطقه می‌تواند با رویکرد یکپارچه DPSIR سنجش و نتایج مناسبی را نشان دهد.

مواد و روش‌ها

بررسی وضعیت منابع آب

بهره‌برداری بی‌برنامه از منابع آب زیرزمینی در کشور سبب بحران شده است. این بحران زمانی تشدید شده که خشکسالی‌های اخیر نیز همراه با عدم مدیریت صحیح آبخوان‌ها همراه بوده است. این بحران سبب شده تا بیش از ۴۰۰ محدوده مطالعاتی کشور ممنوعه و بحرانی معرفی شود. بهره‌برداری بیش از توان آبخوان‌ها و بیلان منفی آبخوان‌ها بخصوص در بخش مرکزی کشور که وابستگی شدید به منابع آب زیرزمینی دارد مشهودتر است (گزارش بیلان آبی کشور، ۱۳۹۳). وابستگی شدید کشور به منابع آب زیرزمینی براساس گزارش فائو در سال ۲۰۱۴، رشد جمعیت سبب شده تا وضعیت بهره‌برداری و مشکلات ناشی از بهره‌برداری تشدید شود. شکل (۲) وضعیت افت را در آبخوان‌های کشور نشان می‌دهد. براین اساس تنها ۲۸ آبخوان کشور با افت مواجه نبوده و ۱۳۸ آبخوان کشور با افت بیش از یک متر در سال مواجه هستند که این آبخوان‌ها، اکثراً در بخش جنوبی رشته‌کوه البرز و بخش شمال شرقی زاگرس هستند(بخش مرکزی کشور).



شکل ۲. وضعیت آبخوان‌های کشور از نظر افت(گزارش مرور مبانی و راهبردهای طرح احیاء و تعادل‌بخشی،۱۳۹۶)

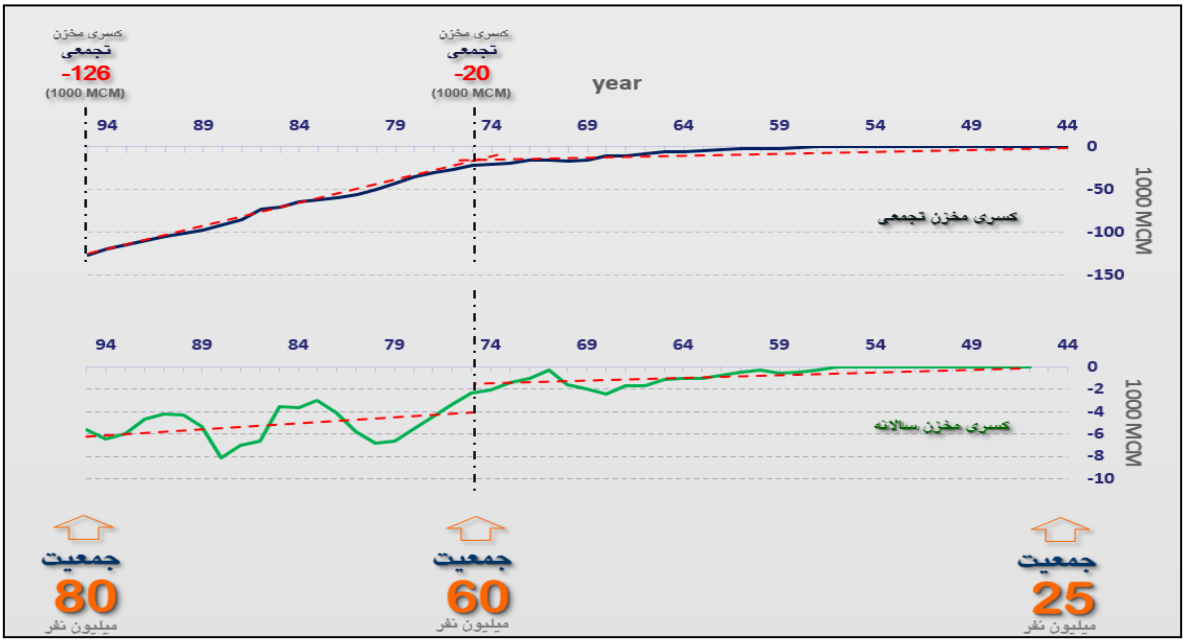
تصمیم‌گیری چند معیاره[1]

تدوین یک برنامه عملیاتی جهت رسیدن به هدف طرح تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور در ۴ سطح عملیاتی تعریف شده است. سطح ملی، سطح استانی، سطح دشت و سطح بهره‌برداران هر دشت ۴ سطح برنامه عملیاتی می‌باشد که هر سطح براساس یک هدف قرار گرفته است. در سطح ملی، هدف تامین امنیت سیاسی و اقتصادی و عدم وابستگی کشور، در سطح استانی هدف رشد اقتصادی و کاهش تنش-های مدیریتی، در سطح دشت پایداری آبخوان به عنوان هدف اصلی و حداقل رسیدن تنش‌های اجتماعی به عنوان هدف اصلی در مدیریت در سطح بهره‌برداران دشت است. با توجه به سطوح مختلف معیارهای تصمیم‌گیری، استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند گزینه‌ی مناسب را جهت بهره‌برداری بهینه در مقابل حداکثر سود اقتصادی که بالتبع آب کمترین تنش اجتماعی است را بدست آورد. روشهای AHP، TOPSIS، ELECTRE، PROMETHEE و غیره از جمله روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است. همچنین با توجه به رویکرد عدم قطعیت و مبنای احتمالاتی پارامترهای مختلف می‌توان از تلفیق روش‌های فازی نیز برای تصمیم‌گیری استفاده کرد.

تدوین رویکرد سیستم یکپارچه DPSIR

رویکرد یکپارچه DPSIR در مدیریت منابع آب زیرزمینی براساس وضعیت پایداری آبخوان‌ها می‌بایست تدوین شود. فشارهای وارده شده به آبخوان از دو منظر کمی و کیفی تاثیرگذار است. رشد جمعیت، عدم مدیریت عرضه و تقاضا، بهره‌برداری بی‌رویه، تغییر اقلیم، تغییر کاربری و غیره از جمله فشارهای وارده به سیستم منابع آب بخصوص منابع آب زیرزمینی است. تاثیر این فشارها بر مخازن آبخوان‌ها از سال ۱۳۴۴ که ابتدای شکل‌گیری وزارت نیرو (وزارت آب و برق سابق) تاکنون حاکی از کسری ۱۲۶ میلیاردمترمکعبی می‌باشد. شکل (۳) روند تغییرات کسری مخازن آب زیرزمینی را نشان می‌دهد.

[1] Multi Criteria Decision Making



شکل ۳. روند تغییرات کسری مخزن آب زیرزمینی در کشور(گزارش بیلان آبی کشور، ۱۳۹۳)

در چنین شرایطی با توجه به قرارگیری کشور در اقلیم خشک و تابع بودن منابع تغذیه از نزولات آسمانی، خشکسالی‌های اخیر همراه با گرمایش زمین سبب تغییرات در نوع توزیع زمانی و مکانی نزولات شده است. بطوریکه علاوه بر افزایش وقایع حدی و کاهش میزان بارندگی، طول دوره خشکسالی نیز همراه با فشارهای محیطی افزایش داشته است. تغییرات ایجاد شده در نیروی محرکه رویکرد یکپارچه حالات مختلفی را از نظر بهره‌برداری بوجود آورده است. افت سفره و کاهش حجم آبخوان (Campos-Gaytan, J.R, et al, 2014 and Du, S.H, et.al, 2013)، کاهش کیفیت آب (Pophare, A.M, et al, 2014 and Zhai, Y.Z, et al,2013)، تهاجم جبهه‌های آب شور ساحلی و کویری (Werner, A,D, et al, 2013) ، نشست زمین (Jafari, F., et al, 2015 and Zhang, W.J., et al, 2014) از جمله حالات منفی بوجود آمده برمحیط زیست می‌باشد که در مناطق مختلف کشور در دهه‌های اخیر بوجود آمده است.

تصمیم‌گیری در خصوص کاهش اثرات منفی ارائه شده در آبخوان‌ها، نیازمند یک برنامه‌ریزی صحیح با رویکرد سیستمی جهت مدیریت منابع آب زیرزمینی است. بر مبنای رویکرد سیستمی یکپارچه DPSIR با تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌توان ضمن کاهش تنش‌های اجتماعی، اثرات منفی زیست محیطی را کاهش داد. تدوین اصول و قوانین بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، ایجاد نیروهای حفاظتی منابع آب، استفاده از راهکارهایی نوین جهت بهره‌وری بالای منابع آب (بهینه‌سازی الگوی کشت، نوین سازی سیستم‌های انتقال، کشت بر مبنای کمیت و کیفیت آب و غیره)، تامین صحیح نیاز آبی و حقابه‌های زیست محیطی، ارتقاء سیستم مدیریتی و نیروی انسانی و غیره از جمله راهکارهایی می‌باشد که در کنار طرح تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی می‌تواند به عنوان راهکارهای پاسخ به سیستم یا سازگاری باشد. تدوین راهکارهای سازگاری با ایجاد یک سیستم یکپارچه مدیریتی DPSIR برای به حداقل رساندن تنش در سطوح مختلف عملیاتی با تصمیم‌گیری چند معیاره را فراهم می‌کند. براین اساس ساختار پیشنهادی جهت تدوین این سیستم یکپارچه می‌بایست دارای گام‌های زیر باشد که در شکل (۴) این ساختار پیشنهادی ارائه شده است.

۱. مدیریت داده‌های پایه منابع آب: لزوم تهیه یک برنامه عملیاتی جهت مدیریت سیستم‌های منابع آب، داشتن داده‌های منابع آب می‌باشد. مدیریت یک سیستم نیازمند تهیه یک بانک اطلاعاتی کامل و مطمئن جهت تحلیل وضعیت فعلی و روند تغییرات می‌باشد.

۲. شناسایی و اولویت دهی آبخوان‌های بحرانی و ارزیابی تنش‌های مختلف در ۴ سطح تصمیم‌گیری: با توجه به

سطوح مختلف تصمیم‌گیری، شناسایی و اولویت‌بندی آبخوان‌های کشور براساس شاخص تنش‌های آبی، جمعیتی و زیست محیطی انجام و آبخوان‌های بحرانی انتخاب می‌شود.

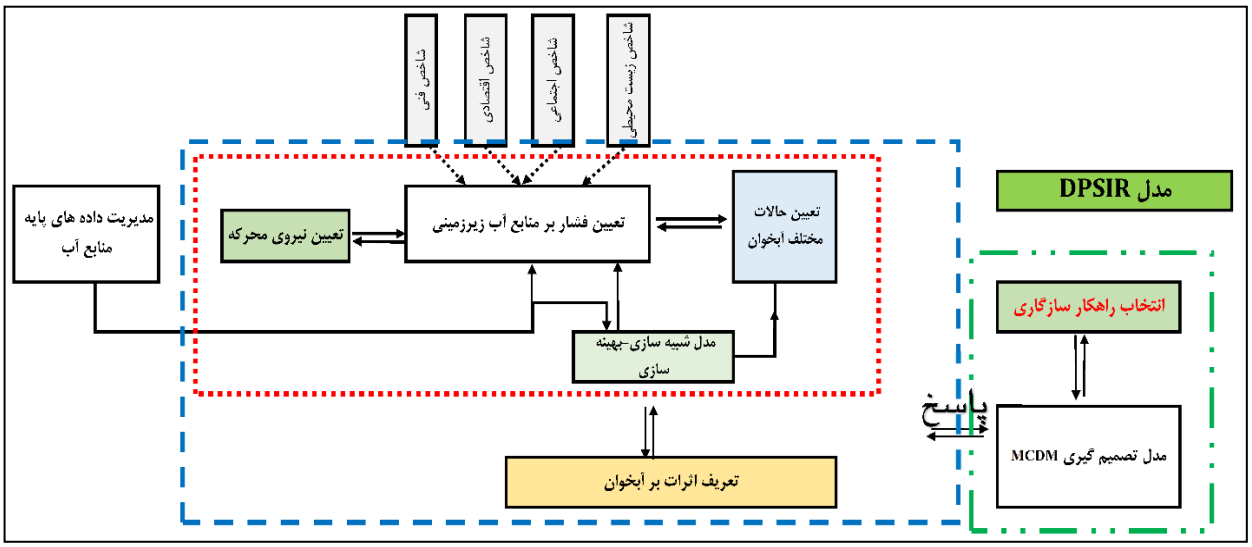
۳. انتخاب معیارهای مختلف برای سطوح مختلف تصمیم‌گیری: با توجه به سطوح مختلف تصمیم‌گیری شاخص‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برای آبخوان‌ها تعریف می‌شود.

استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی - بهینه‌سازی (در صورت لزوم): با توجه به بررسی و اثربخشی سیاست‌ها و راهکارهای سازگاری، تدوین یک مدل که قابلیت پاسخ‌گویی به عکس‌العمل (پاسخ) راهکارهای سازگاری را داشته باشد می‌بایست انتخاب شود. این مدل‌های میتواند شامل مدل‌های تجاری موجود مانند MODFLOW و یا مدل‌های پیش‌بینی هوشمند مانند شبکه‌ها بیزین یا شبکه‌های عصبی و غیره باشد (Roozbahani, A., et al , 2017)

۴. انتخاب روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و تعیین شاخص‌های پایداری: با توجه به معیارهای تعریف شده، روش تصمیم‌گیری تعیین و معیارهای مدل تدوین می‌شود.

۵. ارزیابی سیاست‌های مختلف و بررسی اثربخشی: با توجه به وضعیت کمی و کیفی آبخوان، وضعیت اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی، راهکارهای سازگاری با شرایط موجود تدوین و اثربخشی این سیاست‌ها با استفاده از مدل آنالیز می‌شود.

۶. تحلیل حساسیت سیاست‌ها و تصمیم‌گیری در خصوص راهکارهای سازگاری: پس از آنالیز سیاست‌های مختلف، تحلیل حساسیت برمبنای سیاست‌های اقتصادی-اجتماعی جهت رسیدن به پایداری در سطوح مختلف تصمیم‌گیری با رویکرد یکپارچه تدوین می‌شود.



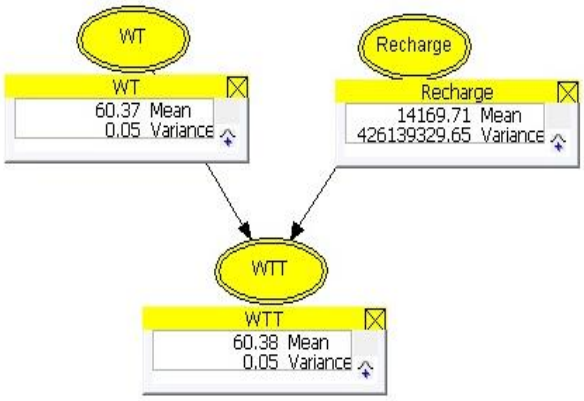
شکل ۴. مدل پیشنهادی DPSIR برای تعادل‌بخشی آبخوان

نتایج و بحث

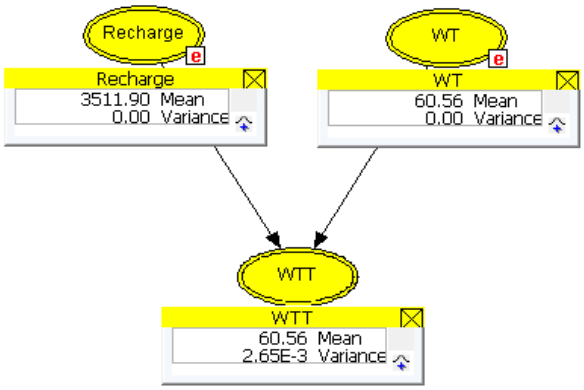
اجرای مدل شبیه‌ساز-بهینه‌ساز

به منظور پیاده‌سازی یک سیستم مدیریت آبخوان، با استفاده از نتایج مطالعات انجام شده در آبخوان بیرجند تحلیل وضعیت تعادل‌بخشی انجام گرفت. آبخوان بیرجند، در محدوده مطالعاتی (۴۶۱۶) بیرجند در حوزه کویرلوت در شرق ایران با میانگین بارندگی ۱۷۰ میلیمتر در یک اقلیم خشک و سرد قرار دارد. بیش از ۱۲ میلیون مترمکعب در طی دوره ۲۰ ساله اخیر از حجم استاتیک آبخوان آب برداشت شده که سبب شده این آبخوان بصورت ممنوعه و بحرانی از سوی شرکت آب منطقه‌ای معرفی شود[۲]. به منظور بررسی وضعیت آبخوان بیرجند با رویکرد پیش‌بینی وضعیت آتی آبخوان، از مدل شبکه بیزین که یک مدل شبیه‌ساز هوشمند است استفاده شد. پارامترهای تغذیه آبخوان، تخلیه آبخوان، بارندگی، دما، تبخیر و تراز آب زیرزمینی به عنوان نیروی محرکه چرخه، برداشت بی‌رویه و عدم مدیریت به عنوان فشارهای سیستم، کنترل تراز آب زیرزمینی به عنوان حالت سیستم، کاهش حجم و کیفیت منابع آب زیرزمینی به عنوان اثر در سیستم آبخوان ارزیابی

شد. شکل (۴) نمای مدل بیزین اجرا شده را برای آبخوان بیرجند نشان می‌دهد. مدلسازی برای دوره‌ی آماری ۱۷ ساله (۷۷-۱۳۷۶ تا ۹۳-۱۳۹۲) برای منطقه انجام گرفت. براین اساس ۱۲ سال ابتدایی برای آموزش شبکه و ۵ سال انتهایی برای صحت‌سنجی مدل انتخاب شد. آموزش مدل با رویکرد عددی با استفاده از ساختار آموزشی با الگوریتم NPC و آموزش پارامترها به روش EM با نرم‌افزار Hugin 8.1 انجام گرفت. در شکل (۵) ساختار آموزشی شبکه بیزین را نشان می‌دهد.



شکل(۴): مدل شبکه بیزین تدوین شده



شکل(۵): ساختار آموزشی شبکه بیزین

براساس اثرات ایجاد شده در سیستم آبخوان راهکارهای مختلف تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی پیشنهاد شد. پس از مدلسازی با استفاده از شبکه بیزین، راهکارهای مختلف جهت تعادل‌بخشی آبخوان پیشنهاد شد. چهار راهکار تغییر سیستم‌های آبیاری سطحی به آبیاری تحت فشار (A1)، بهسازی طرح‌های تغذیه مصنوعی (A2)، حذف چاه‌های غیرمجاز (A3) و نصب کنتورهای هوشمند (A4) به عنوان راهکارهای تعادل‌بخشی انتخاب شد. برای هر راهکار در مدل شبیه‌سازی بیزین، مدلسازی انجام و نتایج مدلسازی جهت پیاده سازی سیستم تصمیم‌گیری اخذ گردید. شکل (۶) نتایج مدلسازی با استفاده از شبکه بیزین را در دو حالت عددی (صریح) و خوشه‌بندی تحت ۱۰ سناریو ارائه شده است.

پیاده‌سازی سیستم تعادل‌بخشی آبخوان

پس از نتایج شبیه‌سازی به منظور تصمیم‌گیری از روشهای چندمعیاره استفاده و چهار معیار مقبولیت و مشارکت اجتماعی- فرهنگی ذی‌نفعان (C1)، میزان بهبود سطح آبخوان (C2)، هزینه اقتصادی طرح (C3) و سهولت اجرا (C4) برای سیستم تدوین شده پیشنهاد شد. چهار معیار مقبولیت درنظرگرفته شده براساس نتایج تحقیقات میدانی و پرسشنامه از متولیان در منطقه تکمیل گردید. پرسشنامه کتبی شامل ۱۰ تن از متخصصین دانشگاهی در زمینه منابع آب، ۱۰ تن متخصصین حوزه مدیریت منابع آب و ۱۰ نفر از بهره‌برداران انجام گرفت. وزن‌دهی معیارها به دو روش مستقیم و مقایسه زوجی انجام گرفت. در هر دو حالت نتایج نشان داد که بیشترین وزن مربوط به معیار هزینه اقتصادی طرح و پس از آن بهبود وضعیت آبخوان است. جدول (۱) نتایج وزن‌دهی به دو روش را نشان می‌دهد.

سناریوی پیش‌بینی	پارامترهای پیش‌بینی‌کننده						رویکرد		
	دما	بارش	تبخیر	تغذیه آب زیرزمینی	برداشت از آب	سطح آب زیرزمینی در ماه	صریح RMSE	صریح R^2	خوشه‌بندی دقت پیش‌بینی
۱	✓	✓	✓		✓	✓	۰/۲۸۵۵	۰/۹۹۲۴	۹۳/۵۹
۲	✓	✓	✓			✓	۰/۷۰۲۶	۰/۹۹۲۳	۹۵/۹۰
۳	✓	✓	✓	✓		✓	۰/۲۵۴۳	۰/۹۹۲۹	۹۵/۲۶
۴	✓		✓	✓	✓	✓	۰/۲۷۲۳	۰/۹۹۲۳	۹۳/۳۳
۵		✓	✓	✓	✓	✓	۰/۲۶۹۶	۰/۹۹۳۱	۹۳/۳۳
۶	✓	✓		✓	✓	✓	۰/۱۲۷۵	۰/۹۹۴۶	۹۵/۲۶
۷		✓		✓	✓	✓	۰/۱۸۶۳	۰/۹۸۶۷	۹۷/۱۸
۸				✓	✓	✓	۰/۳۴۱۹	۰/۹۸۶۵	۹۷/۸۲
۹	✓	✓	✓	✓	✓		۴/۹۷۰۹	۰/۰۰۰۴	۳۷/۹۵
۱۰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۰/۲۶۵۴	۰/۹۹۲۵	۹۲/۵۶

شکل(۶): سناریوهای مختلف پیش‌بینی شده با استفاده از شبکه بیزین

جدول ۱- نتایج وزن‌دهی معیارهای مدیریتی با دو روش

معیار مدیریتی	وزن‌دهی مستقیم	وزن‌دهی با روش مقایسه زوجی
مقبولیت و مشارکت اجتماعی-فرهنگی ذینفعان	۰/۲۴	۰/۲۸
میزان بهبود سطح آبخوان	۰/۲۹	۰/۳
هزینه اقتصادی طرح	۰/۳۲	۰/۳۳
سهولت اجرا	۰/۱۵	۰/۰۹

پس از وزن‌دهی معیارها ماتریس تصمیم‌گیری برای این چهار راهکار و معیار بصورت شکل (۷) تدوین و در نهایت طرح بهسازی تغذیه مصنوعی به عنوان اولویت اول انتخاب شد. در جدول (۲) اولویت‌بندی راهکارهای مختلف جهت تدوین مدل تصمیم‌گیری ارائه شده است.

سناریو		معیار: مقبولیت و مشارکت اجتماعی- فرهنگی ذی‌نفعان C1	میزان بهبود سطح آبخوان (سانتی‌متر) C2	هزینه اقتصادی طرح (میلیون ریال) C3	سهولت اجرا C4
تغییر سیستم‌های آبیاری سطحی به آبیاری تحت فشار	A1	۵/۷	۱۴	۳۲۵۱۳	۴/۹
حذف چاه‌های غیرمجاز	A2	۴/۳	۹	۳۸۹	۶/۷
بهسازی طرح‌های تغذیه	A3	۶/۶	۲۹	۵۴۰۰	۵/۵
نصب کنتورهای هوشمند	A4	۵/۵	۱۲	۱۶۷۷۵	۵/۷

شکل(۵): ماتریس تصمیم‌گیری

جدول(۱): رتبه‌بندی سناریوهای مختلف تعادل‌بخشی

سناریو		رتبه	امتیاز
بهسازی تغذیه مصنوعی	A1	۱	۱۶
حذف چاه‌های غیرمجاز	A2	۲	۱۴
تغییر سیستم آبیاری سطحی و تحت فشار	A3	۳	۳
نصب کنتور هوشمند	A4	۴	۳

براساس نتایج نهایی روش تصمیم‌گیری گروهی بوردا، سناریوی بهسازی طرح‌های تغذیه مصنوعی به‌عنوان سناریوی مدیریتی برتر در دشت بیرجند انتخاب شد. میزان بهبود تراز سطح آبخوان در اثر اعمال این سناریو در سناریوی اقلیمی خشکسالی ۲۴ سانتی‌متر و در سناریوی اقلیمی ترسالی ۲۹ سانتی‌متر است.

نتیجه‌گیری

استفاده از ابزارها و تکنولوژی‌های جدید امروزه جهت مدیریت، بخصوص در شرایط عدم قطعیت می‌تواند راهکارهای مناسبی را در اختیار متولیان و مدیران تصمیم-گیر قرار دهد. با توجه به تنش‌های مختلف در حوزه آب، استفاده از یک رویکرد جهت تدوین یک برنامه جهت به تعادل رساندن وضعیت فعلی و کاهش تنش‌های اجتماعی به عنوان یکی از اولویت‌های اصلی تصمیم‌گیران کشور است. در این مطالعه رویکرد یکپارچه DPSIR در سیستم آبخوان معرفی می‌شود. این رویکرد از چهار بخش نیروی محرک، فشار، حالت و اثرات جهت تدوین سیاست بهره‌برداری مناسب با در نظرگیری سازگاری با وضعیت آبخوان بکار گرفته شود. پارامترهای تغذیه آبخوان، تخلیه آبخوان، بارندگی، دما، تبخیر و تراز آب زیرزمینی به عنوان نیروی محرکه چرخه، برداشت بی‌رویه و عدم مدیریت به عنوان فشارهای سیستم، کنترل تراز آب زیرزمینی به عنوان حالت سیستم، کاهش حجم و کیفیت منابع آب زیرزمینی به عنوان اثر در سیستم آبخوان برای این رویکرد یکپارچه در نظر گرفته شد. شبیه-سازی وضعیت آبخوان با استفاده از مدل شبکه بیزین انجام و برای چهار راهکار تعادل‌بخشی آبخوان نتایج با استفاده از چهار معیار مقبولیت مورد با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره ارزیابی شد. پس از وزن‌دهی معیار نتایج نهایی مدل نشان داد که راهکار بهسازی تغذیه مصنوعی به عنوان اولویت اول تعادل‌بخشی مطرح است. ساختار پیشنهادی این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک سیستم پشتیبانی برای تعادل‌بخشی آبخوان های مختلف بویژه ممنوعه بکار برده شود.

منابع

[1] IMPRESS, 2002. "Guidance for the analysis of pressures and impacts in accordance with the Water Framework Directive. Common Imple-mentation Strategy Working Group 2.1, 156 pp. Office for Official Publications of the European Communities". Retrieved on July 12,2005 from http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/library,ISBN: 92-894-5123.

[۲] گزارش بیلان آبی کشور، ۱۳۹۳. وزارت نیرو.

[۳] گزارش مرور مبانی و راهبردهای طرح احیاء و تعادل‌بخشی، شرکت مهندسین مشاور دزآب، ۱۳۹۶.

[4] Campos-Gaytan, J.R., Kretzschmar. T. and Herrera-Oliva C.S. (2014). "Future groundwater extraction scenarios for an aquifer in a semiarid environment: case study of Guadalupe Valley Aquifer, Baja California, Northwest Mexico", Environ Monit Assess, 186, 7961–7985.

[5] Du, S.H., Su, X.S. and Zhang, W.J. (2013). "Effective storage rates analysis of groundwater reservoir with surplus local and transferred water used in Shijiazhuang City, China". Water Environ J 27, 157–169.

[6] Pophare, A.M., Lamsoge, B.R., Katpatal, Y.B. and Nawale, V.P. (2014). "Impact of over-exploitation on groundwater quality: a case study from WR-2 Watershed, India", J Earth Syst Sci 123, 1541–1566.

[7] Zhai, Y.Z, Wang, J.S, Huan, H., Zhou, J., Wang, W. (2013). "Characterizing the groundwater renewability and evolution of the strongly exploited aquifers of the North China Plain by major ions and environmental tracers", J Radioanal Nucl Chem, 296, 1263–1274.

[8] Werner, A,D, Bakker, M,, Post, VEA, Vandenbohede, A., Lu, C.H,, Ataie- Ashtiani B, Simmons, C.T. and Barry, D.A. (2013). "Seawater intrusion processes, investigation and management: recent advances and future challenges", Adv Water Resour 51, 3–26.

[9] Jafari, F., Javadi, S. and Karimi, N. (2015). "Forecasting of subsidence due to groundwater over exploitation using MODFLOW and interferometry technique in Radar imagery", 36th IAHR World Congress, Netherlands.

[10] Zhang, W.J., Gao, L., Jiao, X., Yu, J., Su, X.S. and Du S.H. (2014). "Occurrence assessment of earth fissure based on genetic algorithms and artificial neural networks in Su-Xi-Chang land subsidence area", China. Geosci J 18, 485–493.

[11] Roozbahani, A., Ebrahimi, E. and Banihabib, M. (2017). "Ground water risk management using dynamic bayesian networks and PROMETHEE method", European Water, 57, 367 – 374.

Journal of Aqiufer and Qanat (semi-annual)

Vol.1, No.4, Spring & Summer, 2022

p. 29-39

University of Birjand

Evaluation of DPSIR structure for balancing groundwater resources with multi-criteria decision making and stakeholder participation

Hamid kardan moghaddam[1], Abbas Rozbahani[2*]

1- Ph.D. Department of water engineering, University of Tehran. Department of Water resources research, Water research institute, Ministry of energy, Tehran, Iran.

2- Assistant Prof., Department of water engineering, College of Aburaihan, University of Tehran

[*]Corresponding Author E-mail: Hamidgolabi65@gmail.com

Abstract

One of the most important sources of water supply, especially in arid areas, is groundwater resources . The various climate and human crises have caused complexity in water resources systems, particularly groundwater. The evaluation of the technical efficiency of these systems is based on the integrated management of operational capability. The integrated approach of the DPSIR in the aquifer system can improve the efficiency of the equilibrium plan due to the critical state of groundwater resources. This approach can be applied by considering the four parts of the actuator, pressure, mode and effects to formulate proper utilization policy with consideration of compatibility with aquifer status. In this research, while proposing a unified DPSIR approach for managing aquifers, an appropriate compatibility policy was developed for optimal utilization with consideration of decision making at four operational levels. This integrated approach to the groundwater resources system for decision making can provide the right tools with minimal stress for the users and the government.

Keywords: Balancing groundwater, DPSIR, Groundwater management, Multi-criteria decision