

## چالش‌ها و راه‌کارهای اصلاحی حکمرانی آب زیرزمینی در دشت یزد-اردکان با استفاده از مدل DPSIR

سمانه غفوری خرائق<sup>۱</sup>، محمدابراهیم بنی‌حبیب<sup>۲\*</sup>، سامان جوادی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری منابع آب، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۲. استاد، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۳. استادیار، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۲/۰۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۸/۰۶/۲۵)

### چکیده

در پژوهش حاضر با استفاده از رویکرد مشارکتی، چالش‌های حکمرانی آب از دیدگاه بازیگران تأثیرگذار و تأثیرپذیر در دشت یزد-اردکان ارزیابی شده است. با توجه به پیوند آب، غذا، انرژی و در نظر گرفتن وابستگی‌های بین این سه بخش، در گام نخست بازیگران کلیدی در سه بخش آب، غذا و انرژی با روش آنالیز شبکه اجتماعی (SNA) شناسایی شدند. در گام بعدی، با توجه به دیدگاه بازیگران، عواملی که در هر بخش آب، غذا و انرژی به اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی منجر شد، به عنوان چالش‌های حکمرانی مشخص شدند. در ادامه، برای ارزیابی چالش‌های حکمرانی تعیین شده با مشارکت بازیگران از چارچوب مدل مفهومی نیروی محرکه-فشار-حالت-اثر-پاسخ (DPSIR) استفاده شد. در نهایت، قوانین و زیرساخت‌های بخش آب، غذا و انرژی ارزیابی شد. نتایج نشان داد در بخش آب، غذا و انرژی به ترتیب ۱۱، ۸ و ۲ چالش شناسایی شده که به فشار به منابع آب زیرزمینی منجر شده است. برای ۲۱ چالش شناسایی شده ۲۸ راه‌کار اصلاح حکمرانی آب زیرزمینی ارائه شد که ۱۱ راه‌کار به بخش آب، ۱۵ راه‌کار به بخش غذا و ۲ راه‌کار به بخش انرژی مربوط است. از مهم‌ترین راه‌کارهای شناسایی شده در بخش آب می‌توان به اصلاح ساختارهای قانونی به منظور انسداد تمامی چاه‌های غیرمجاز، ایجاد بازار رسمی آب، توانمندسازی بازیگران، در بخش غذا به همگرایی معیارهای ارزیابی سازمان‌های متولی آب و غذا، برنامه‌های مدون کشت، مهار بازار غذا و در بخش انرژی به قیمت‌گذاری منابع آب و انرژی اشاره کرد. نتایج پژوهش حاضر، می‌تواند برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران را در اصلاح قوانین و زیرساخت‌ها به منظور اصلاح حکمرانی آب زیرزمینی و بهبود وضعیت آبخوان‌ها یاری دهد.

**کلیدواژه‌گان:** آبخوان، بازیگران، پیوند آب- غذا و انرژی، حکمرانی، DPSIR.

## مقدمه

حکمرانی آب، مجموعه‌ای از سامانه‌های سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و اجرایی به منظور توسعه و مدیریت منابع آب و ارائه خدمات آب در بخش‌های مختلف جامعه است [۱]. حکمرانی آب زیرزمینی شامل چارچوب و مجموعه‌ای از قوانین و اصول است که به مدیریت مطلوب منابع آب، تعدیل استفاده از آب زیرزمینی و ترویج حفاظت از آبخوان‌ها منجر خواهد شد. در واقع، حکمرانی آب زیرزمینی، هنر هماهنگ کردن اقدامات اجرایی و تصمیم‌گیری در میان سطوح مختلف اداری و حقوقی است [۲] که کارکرد زیادی در تدوین راه‌حل‌های مؤثر در زمینه چالش‌های آبی دارد. حکمرانی آب زیرزمینی به طور کلی شامل چهار جزء بازیگران، چارچوب‌های قانونی، سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌ها، اطلاعات و دانش است [۳]. تصمیم‌های گرفته‌شده در حکمرانی آب زیرزمینی، به‌منظور رسیدن به اهداف تعریف‌شده، برپایه اطلاعات و دانش بوده و نتیجه این تصمیم‌ها، ارائه سیاست‌ها و برنامه‌هایی است که نوع فعالیت‌ها، زمان اجرا و چگونگی تکمیل آنها را مشخص کرده و این چارچوب در واقع شکل مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی و استفاده از آبخوان‌ها را تعیین می‌کند. در قالب این چارچوب، موضوعاتی شامل اینکه کدام‌یک از بازیگران در تصمیم‌گیری‌ها و اجرای سیاست‌ها تأثیر دارد، چگونگی تعامل بین بازیگران و اینکه چه فعالیتی برای رسیدن به اهداف تعریف‌شده براساس دانش و اطلاعات موجود مورد نیاز است، بررسی و تنظیم می‌شود. این چارچوب تعیین‌کننده مدیریت آب زیرزمینی و چگونگی تصمیم‌گیری برای بهره‌برداری از آبخوان‌هاست [۴ و ۵].

به طور کلی، حکمرانی فراتر از مدیریت بوده و در واقع بستری است که در آن فرایندهای مدیریت منابع آب زیرزمینی تنظیم می‌شود، در حالی که مدیریت مجموعه اقداماتی است برای پیاده‌سازی تصمیم‌هایی که از حکمرانی مشتق شده است [۵]. بنابراین حکمرانی نامناسب آب زیرزمینی فشارهای زیادی در قالب برداشت‌های بی‌رویه توسط چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق بر سفره‌های آب زیرزمینی وارد می‌آورد. این فشارها در نهایت به افت سطح آب زیرزمینی و کسری حجم مخزن در آبخوان منجر می‌شود.

بخش زیادی از مشکلات حکمرانی نامناسب، به‌نبود رویکرد مشارکتی در آن مربوط می‌شود. پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد حکمرانی آب به بازیگران دیگری در کنار دولت نیاز دارد تا حضور فعال و سازنده هر یک از آنها در صحنه عمل، گره یا گره‌هایی از مشکلات را رفع کند [۶]. به بیان دیگر، در بخش آب، مشارکت بازیگران فعال در بخش‌های دولتی، خصوصی، مراکز پژوهشی و سازمان‌های مردم‌نهاد که بدون واسطه با مشکلات و مسائل بخش آب در ارتباط‌اند، گام مؤثری در شناسایی چالش‌های حکمرانی آب زیرزمینی است. علاوه بر آن، سه بخش آب، غذا و انرژی بر یکدیگر تأثیرگذارند [۷] و بسیاری از سیاست‌های بخشی‌نگر در دو بخش غذا و انرژی به تشدید برداشت از منابع آب زیرزمینی منجر می‌شوند [۷ و ۸]. در واقع، چالش‌های حکمرانی آب زیرزمینی، ریشه در تمامی بخش‌هایی که به گونه‌ای با بخش آب در ارتباط هستند، از جمله بخش غذا و انرژی، دارد. بنابراین، حضور و مشارکت بازیگران بخش‌های غذا و انرژی در کنار بازیگران بخش آب، به منظور شناسایی سیاست‌های تأثیرگذار روی مصرف منابع آب، به‌منظور مدیریت بهتر و جلوگیری از اضافه‌برداشت‌ها اهمیت می‌یابد. در مقاله حاضر، به‌منظور ارزیابی روابط علی و معلولی چالش‌های حکمرانی آب زیرزمینی شناسایی شده توسط بازیگران در سه بخش آب، غذا و انرژی و بررسی آثار آنها بر منابع آب زیرزمینی، از رویکرد<sup>۱</sup> DPSIR استفاده شده است. این رویکرد، زنجیره‌ای از ارتباطات علیتی است که با نیروهای محرک آغاز شده و به اعمال فشار بر محیط منجر می‌شود. بر اثر این فشار، وضعیت محیط تغییر می‌کند. این تغییر وضعیت محیط به شکل‌گیری پیامدها و تأثیراتی در سامانه منجر خواهد شد که در نهایت با توجه به روابط علیتی پاسخ‌های مناسب، شکل می‌گیرد [۹]. پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه استفاده از رویکرد DPSIR در مباحث مربوط به منابع آب زیرزمینی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به تحلیل آثار افت آب‌های زیرزمینی به‌منظور ارائه راه‌کارهای به تعادل رساندن وضعیت آبخوان اشاره کرد [۱۰-۱۶]. در مطالعات پیشین به بررسی عوامل طبیعی و اجتماعی تشدیدکننده افت آبخوان مانند تغییر

سیاست‌ها و قوانین نادرست تعریف‌شده در بخش‌های غذا و انرژی است، لزوم بررسی نقش بازیگران بخش غذا و انرژی در کنار کارکنان بخش آب را به منظور شناسایی عوامل تشدیدکننده افت سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهد. بنابراین، در مقاله حاضر در گام نخست بازیگران تأثیرگذار و تأثیرپذیر در بخش‌های آب، غذا و انرژی با استفاده از روش آنالیز شبکه اجتماعی<sup>۱</sup> شناسایی شدند. این بازیگران از بخش‌های مختلف دولتی، خصوصی، مراکز پژوهشی و سازمان‌های مردم‌نهاد انتخاب شدند. در گام دوم با بازیگران انتخاب‌شده، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته صورت گرفت و ساختارهای قانونی و زیرساخت‌های سازمانی بررسی شد. بعد از شناسایی نیروهای محرکه و عوامل فشار بر منابع آب زیرزمینی در سه بخش آب، غذا و انرژی از دیدگاه بازیگران، در گام سوم از چارچوب DPSIR به منظور بررسی روابط علی و معلولی نواقص حکمرانی استفاده شده و در نهایت، راه‌حل‌های حکمرانی به منظور تعدیل برداشت از منابع آب زیرزمینی ارائه شد.

#### محدوده مطالعه شده

محدوده مطالعاتی یزد-اردکان از حوضه آبخیز کویر سیاهکوه است که بین طول‌های شرقی ۲۵، ۵۳ تا ۵۵ و عرض‌های شمالی ۵۶، ۳۱ و ۴۵، ۳۲ تقریباً در مرکز ایران قرار دارد. وسعت زیرحوضه یزد-اردکان حدود ۱۱۵۷۳ کیلومترمربع است که حدود ۵۴۴۱/۱۵ کیلومترمربع آن را دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. شکل ۱ محدوده مطالعه شده را نشان می‌دهد.

میزان بارندگی میانگین بلندمدت ۳۰ ساله در محدوده یزد-اردکان با توجه به واقع شدن در مرکز کویری ایران، حدود ۶۰ میلی‌متر است. این محدوده رودخانه دائمی ندارد و بیشتر رودخانه‌ها به صورت سیلابی و فصلی هستند. به علت محدودیت منابع آب سطحی، تقریباً تمامی آب مصرف شده در بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت از آب زیرزمینی تأمین می‌شود. با توجه به هیدروگراف درازمدت دشت یزد-اردکان (۱۳۵۳-۱۳۹۶) سالانه ۰/۴۳ متر از ارتفاع سطح آب کاسته شده است. همچنین، متوسط کسری حجم مخزن درازمدت این دشت برابر با ۹۵/۲۰ میلیون مترمکعب محاسبه می‌شود [۱۱۷]. شکل ۲ میانگین تجمع

اقلیم و رشد جمعیت پرداخته شده است، در این مقالات، تحلیل آثار افت آب‌های زیرزمینی به منظور ارائه راه‌کارهای به تعادل رساندن وضعیت آبخوان بررسی شده و حکمرانی آب زیرزمینی و ارزیابی پیوندی سه بخش آب، غذا و انرژی در آن مد نظر نبوده است. در حالی که بسیاری از عوامل تشدیدکننده افت سفره‌های آب زیرزمینی ریشه در مباحث حکمرانی آب دارد. همچنین، با توجه به پیوند آب، غذا و انرژی، سیاست‌های دو بخش غذا و انرژی بر وضعیت منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار است. بنابراین، در پژوهش حاضر از رویکرد DPSIR به منظور ارزیابی وضعیت حکمرانی آب زیرزمینی در سه بخش پیوندی آب، غذا و انرژی که منجر به اضافه‌برداشت منابع آب زیرزمینی شده، استفاده شده است و در انتها به جای راه‌حل‌های صرفاً فنی و سازه‌ای، راه‌حل‌های اصلاح ساختار حکمرانی آب زیرزمینی ارائه می‌شود.

در مقاله حاضر، فرضیه پژوهش به این صورت است که با استفاده از چارچوب DPSIR می‌توان ساختار حکمرانی آب زیرزمینی را ارزیابی کرد و راه‌کارهای اصلاحی به منظور بهبود وضعیت حکمرانی آب زیرزمینی را ارائه داد. در واقع، با استفاده از رویکرد DPSIR، نیروهای محرکه و فشار تشدیدکننده میزان افت سفره آب زیرزمینی مبتنی بر حکمرانی نادرست آب زیرزمینی، توسط کارکنان بخش‌های آب، غذا و انرژی ارزیابی شده و راه‌حل‌های سیاسی و قانونی برای بهبود حکمرانی آب زیرزمینی ارائه می‌شود. پژوهش حاضر، به جای ارائه راه‌کارهای فنی، به دنبال اصلاح قوانین، سیاست‌ها و زیرساخت‌های سه بخش آب، غذا و انرژی است که بر حکمرانی منابع آب زیرزمینی تأثیرگذارند.

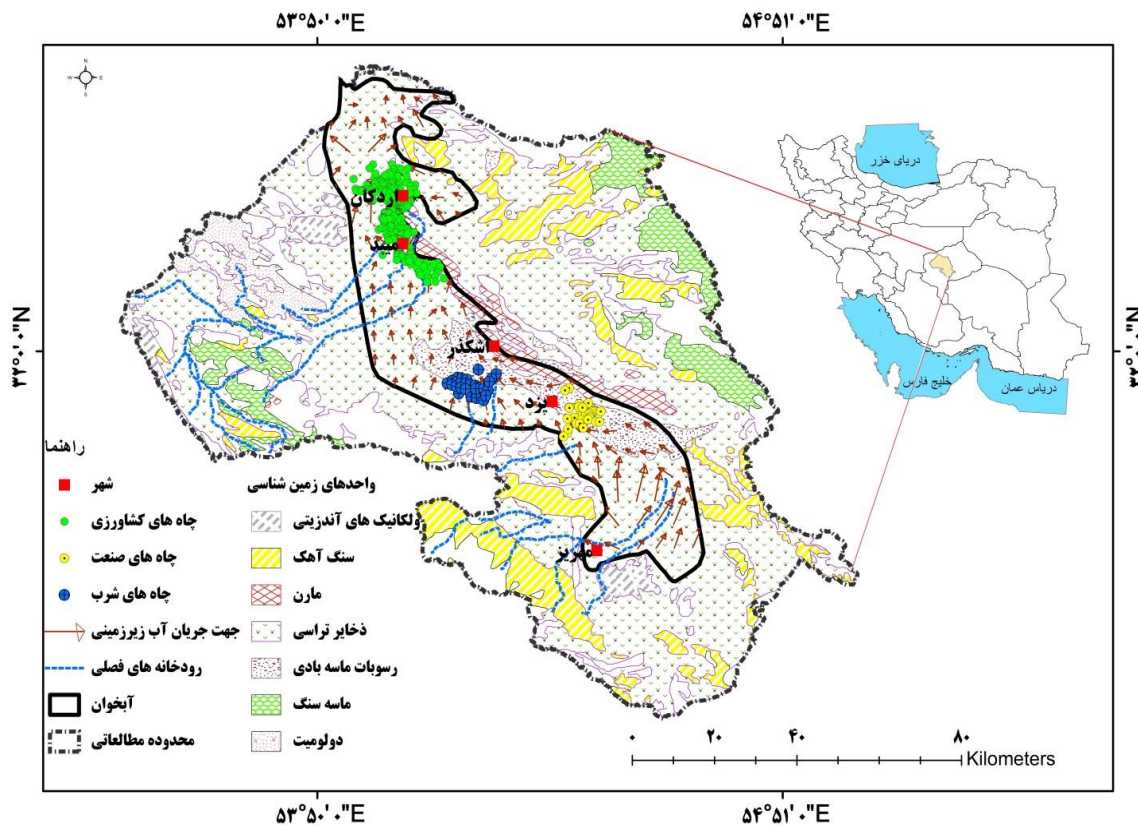
#### مواد و روش‌ها

##### روش پژوهش

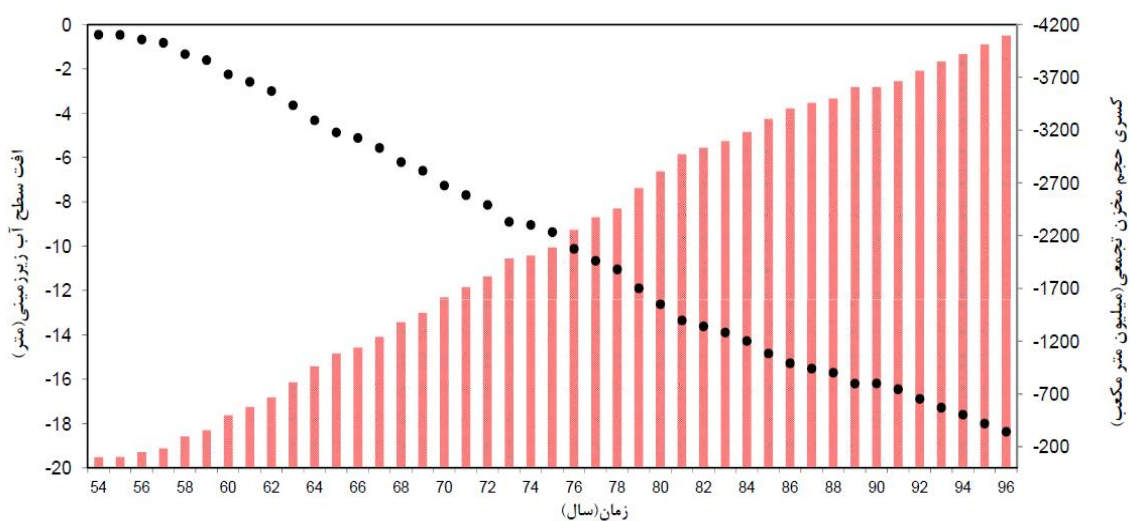
به منظور اصلاح ساختار حکمرانی آب زیرزمینی، مشارکت بازیگران، به منظور شناسایی سیاست‌ها، راهبردها و قوانین موجود در بخش آب، که به اضافه‌برداشت منابع آب زیرزمینی دشت یزد-اردکان منجر می‌شود، اهمیت می‌یابد. از طرف دیگر، با توجه به ارتباط سه بخش آب، غذا و انرژی و توجه به این موضوع که بسیاری از عوامل تشدیدکننده اضافه‌برداشت منابع آب زیرزمینی، به دلیل

آب زیرزمینی و حجم آبخوان به ترتیب حدود ۲۰ متر و ۴ هزار میلیون مترمکعب است.

تغییرات سطح آب زیرزمینی و کسری حجم مخزن تجمعی در آبخوان یزد-اردکان را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲ به‌رغم ممنوعه بودن دشت، میانگین تجمعی تغییرات سطح



شکل ۱. محدوده مطالعه‌شده



شکل ۲. نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی و کسری حجم مخزن تجمعی در آبخوان یزد-اردکان

در رابطه ۲  $(g_{ij})$  کوتاه‌ترین مسیر میان اتصال  $P_i$  و  $P_j$  و  $P_j$  و  $P_i$  کوتاه‌ترین مسیر میان اتصال  $P_j$  و  $P_i$  است که از  $P_k$  می‌گذرد. مرکزیت بردار ویژه براساس این ایده پیشنهاد شده است که مرکزیت یک بازیگر خاص نمی‌تواند مجزا از مرکزیت دیگر بازیگرانی که با آن متصل شده است، تخمین زده شود. به بیان دیگر، از دیدگاه مرکزیت بردار ویژه، بازیگر مرکزی به بازیگران دیگری که خود آنها مرکزیت با درجه زیاد دارند، متصل است.

#### چارچوب DPSIR

DPSIR، نوعی رویکرد سامانه برای بررسی روابط علی و معلولی ساختارهای پیچیده است. این رویکرد زنجیره‌ای از ارتباطات بین محرک‌های سامانه، فشارها، حالت، آثار و پاسخ‌هاست [۹]. در پژوهش حاضر از رویکرد DPSIR به منظور بررسی وضعیت سامانه سفره آب زیرزمینی استفاده شده است. چالش‌های حکمرانی آب زیرزمینی که به صورت قوانین، ساختارها و سیاست‌های موجود در سه بخش آب، غذا و انرژی که به کمک بازیگران بخش‌های یادشده شناسایی شده، به عنوان نیروهای محرک سامانه در نظر گرفته شده است. هریک از این نیروهای محرک شناسایی شده، به اعمال فشار بر سامانه سفره آب زیرزمینی می‌انجامد که این فشارها در قالب افزایش تقاضا و اضافه‌برداشت از منابع آب زیرزمینی مطرح می‌شود. فشارهای ناشی از حکمرانی نامناسب آب زیرزمینی، وضعیت آبخوان را دچار تغییر می‌کند و به افزایش افت سطح آب آبخوان منجر می‌شود که اثر خود را به صورت افزایش کسری حجم مخزن نشان می‌دهد. پس از بررسی هریک از نیروهای محرک و فشار مبتنی بر حکمرانی نادرست آب زیرزمینی که به افزایش افت و افزایش کسری حجم مخزن آبخوان منجر شده، راه‌کارهای اصلاح حکمرانی آب زیرزمینی در پاسخ به نیروهای محرک شناسایی شده ارائه شده است.

در پژوهش حاضر، با توجه به این موضوع که بهبود وضعیت حکمرانی آب، به عنوان راه حل اساسی و ریشه‌ای برای برون‌رفت از بحران موجود آب، مورد توجه قرار گرفته است [۲۱]، بررسی هریک از عوامل حکمرانی آب زیرزمینی که از نظر بازیگران اثر منفی بر وضعیت آبخوان دارد، اهمیت پیدا می‌کند. به همین منظور، در پژوهش

با توجه به ادامه روند افت سطح آب‌های زیرزمینی منطقه، به رغم ممنوعیت دشت از نظر بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و فشار بر منابع آب زیرزمینی به عنوان تنها منبع تأمین آب مورد نیاز مصرفی، لزوم بررسی نیروهای محرکه سه بخش آب، غذا و انرژی که به فشار آمدن به منابع آب زیرزمینی منجر شده و ارائه راه‌کارهای حکمرانی برای تعدیل برداشت از منابع آب زیرزمینی، به عنوان یکی از راه‌کارهای برون‌رفت از وضعیت بحران کنونی ضروری است.

#### آنالیز شبکه اجتماعی

آنالیز شبکه‌های اجتماعی، ابزارهای تحلیلی را برای بررسی ارتباط بین کارکنان فراهم می‌کند و به صورت مجموعه‌ای از گره‌ها (بازیگران) و خطوط (روابط بین بازیگران) است. به بیان دیگر، SNA می‌تواند مشخص کند که کدام بازیگر قدرت بیشتری برای جهت‌دهی به تصمیم‌گیری‌ها و تأثیرگذاری بر تدوین سیاست‌ها دارد [۱۸ و ۱۹]. ارزیابی قدرت بازیگران در شبکه‌های اجتماعی با استفاده از معیارهای مرکزیت صورت می‌گیرد [۲۰]. در مطالعه حاضر، برای انتخاب بازیگران تأثیرگذار و تأثیرپذیر از شاخص‌های مرکزیت درجه، مرکزیت بینابینی و مرکزیت بردار ویژه استفاده شده است.

شاخص مرکزیت درجه به صورت تعداد بازیگرانی که در ارتباط مستقیم با یک بازیگر هستند، تعریف می‌شود. درجه مرکزیت بازیگر  $K$  با  $C_D(P_K)$  از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

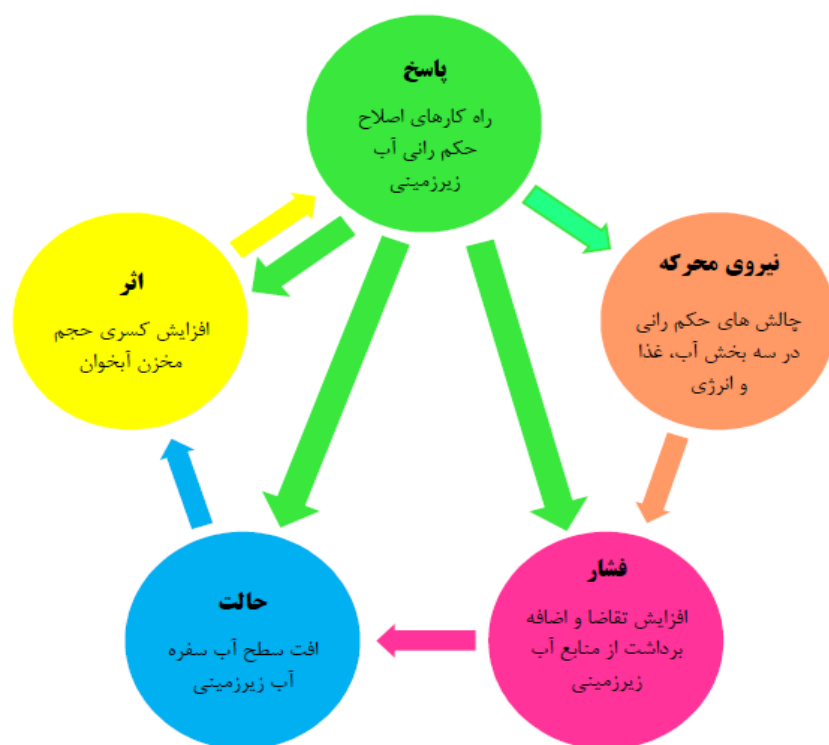
$$C_D(P_K) = \sum_{i=1}^n a(P_i, P_K) \quad (1)$$

در رابطه ۱،  $n$  تعداد بازیگران موجود در شبکه و  $a(P_i, P_K)$  در صورت اتصال دو بازیگر  $P_i$  و  $P_K$  معادل یک و در غیر این صورت، معادل صفر است. مرکزیت بینابینی به این صورت تعریف می‌شود که یک بازیگر تا چه اندازه در مسیر ارتباطی سایر بازیگران قرار دارد و برقراری ارتباطات بین دو گره از طریق او انجام می‌شود. شاخص بینابینی بازیگر  $K$  یا  $C_B(P_K)$  از طریق رابطه ۲ محاسبه خواهد شد:

$$C_B(P_K) = \sum_{i < j}^n \frac{g_{ij}(P_k)}{g_{ij}}; i \neq j \neq k \quad (2)$$

DPSIR به منظور ارزیابی ساختار حکمرانی آب زیرزمینی استفاده شده است و در نهایت، مجموعه‌ای از راه‌کارهای اصلاح سامانه حکمرانی آب زیرزمینی ارائه می‌شود. با توجه به این موضوع که DPSIR فقط به بررسی ریشه‌ای چالش‌ها می‌پردازد و اولییتی برای پاسخ‌ها ارائه نمی‌دهد، نمی‌توان راه‌کارهای ارائه‌شده را اولویت‌بندی و کمی کرد. با این وجود، با بررسی علت-معلولی چارچوب مناسبی برای اصلاح حکمرانی آب زیرزمینی ارائه می‌کند.

حاضر از چارچوب DPSIR به منظور ارزیابی هریک از چالش‌های حکمرانی آب زیرزمینی شناسایی‌شده توسط بازیگران، بررسی فشار واردشده توسط هر چالش بر وضعیت کمی منابع آب زیرزمینی و آثاری که بر آبخوان خواهد داشت و نیز ارائه راه‌کارهای بهبود حکمرانی در قالب اصلاح قوانین و زیرساخت‌ها در بخش‌های آب، غذا و انرژی استفاده شده است. شکل ۳ نمای کلی چارچوب مدل مفهومی DPSIR در سامانه حکمرانی آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳، در پژوهش حاضر از



شکل ۳. چارچوب مدل مفهومی DPSIR در سامانه حکمرانی آب زیرزمینی با رویکرد بررسی عوامل پیوندی آب، غذا و انرژی

مرکزیت بردار ویژه) برای بازیگران شناسایی‌شده، بازیگران قدرتمند انتخاب شدند که شامل شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد، دفتر مرکزی آب منطقه‌ای یزد، مرکز بین‌المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی، برق منطقه‌ای یزد، مرکز پژوهش‌های خورشیدی، شرکت توزیع برق، استانداری یزد، اداره کل محیط زیست، سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، مرکز جهاد کشاورزی شهرستان، کشاورزان نمونه و سازمان‌های مردم‌نهاد می‌شود. سپس با مدیران ارشد، مدیران میانی و کارشناسان در بخش‌های مختلف اجرایی و مدیریتی با سوابق مختلف کاری و تجربه

## نتایج

منابع اطلاعاتی استفاده شده در پژوهش حاضر، مصاحبه با بازیگران کلیدی شناسایی‌شده در سه بخش آب، غذا و انرژی است. به همین منظور، لیست اولیه بازیگران از بخش‌های گوناگون دولتی، خصوصی، سازمان‌های مردم‌نهاد، جامعه دانشگاهی و مؤسسه‌های پژوهشی از طریق شناسایی سازمان‌های درگیر در پروژه‌های اجراشده در سه بخش یادشده و مصاحبه با افراد مسئول در ارگان‌های یادشده تهیه شد. سپس براساس محاسبه معیارهای مرکزیت (مرکزیت درجه، مرکزیت بینابینی و

غفوری خرائق و همکاران: چالش‌ها و راه‌کارهای اصلاحی حکمرانی آب زیرزمینی در دشت یزد-اردکان با استفاده از ... ۱۰۳۵

- **زمان بر بودن مراحل قضایی فرایند انسداد چاه‌های غیرمجاز**

به گفته یکی از مدیران بخش آب، زمان بر بودن مراحل قضایی فرایند صدور مجوز و انسداد چاه‌های غیرمجاز از عوامل دیگری است که موجب افزایش افت سطح آب سفره آب زیرزمینی می‌شود. با تشکیل پلیس آب، متشکل از نیروی انتظامی و آب منطقه‌ای، برای انسداد چاه‌های غیرمجاز، قبل از فرایند شکایت، میزان اضافه برداشت‌های چاه‌های غیرمجاز کاهش می‌یابد.

- **اشراف کم اغلب نمایندگان مجلس به موضوعات آب و عدم هماهنگی بین وزارت نیرو و مجلس شورای اسلامی**

به گفته یکی از مصاحبه‌شوندگان بخش آب، «به موجب تبصره ذیل ماده ۳ قانون توزیع عادلانه آب، تمامی چاه‌هایی که قبل از سال تصویب این قانون حفر شده بودند، مجوز بهره‌برداری دریافت کردند. سال ۱۳۸۹ قانون تعیین تکلیف چاه‌های قبل از سال ۱۳۸۵ تصویب شد که به موجب آن، تمامی چاه‌های غیر مجاز تا سال ۱۳۸۵ تعیین تکلیف شده و مجوز بهره‌برداری دریافت کردند». به نظر می‌رسد قوانین غیر کارشناسی بیشترین ضربه را بر سفره‌های آب زیرزمینی وارد کرده است [۲۴]. با توجه به جدول ۱، اگر قبل از تصویب قوانین مرتبط با آب در مجلس شورای اسلامی، وزارت نیرو، ارزیابی کاملی از آثار اجرای آن قانون ارائه دهد، شاهد تصویب قوانین مخرب در بخش آب نخواهیم بود.

- **رایگان بودن آب کشاورزی**

به گفته یکی از مدیران بخش آب، روند افت منابع آب زیرزمینی بعد از قانون حذف حق‌النظاره تشدید شد و رایگان شدن آب چاه‌ها، برداشت نامحدود کشاورزان از سفره‌های آب زیرزمینی را در پی داشت. ارزش‌گذاری اقتصادی آب در بخش کشاورزی، می‌تواند سبب بازدارندگی اسراف و سوق کشاورزان به سمت کاشت محصولات کم‌آبخواه و پربازده شود. با ارزش‌گذاری اقتصادی آب، مقدار تقاضای آب کاهش یافته و زمینه صرفه‌جویی و ذخیره‌سازی فراهم می‌شود [۲۵]، همچنین، بازدهی مصرف آب در این بخش افزایش می‌یابد.

قابل قبول مصاحبه نیمه‌ساختاریافته صورت گرفت و ساختارهای قانونی و زیرساخت‌های سازمانی بررسی شد.

### چارچوب DPSIR در بخش آب

جدول ۱ نتایج بررسی و اعمال مدل DPSIR در بخش آب را نشان می‌دهد. در جدول یادشده، هریک از چالش‌های حکمرانی شناسایی شده توسط بازیگران در بخش آب، به عنوان یک نیروی محرکه در چارچوب DPSIR در نظر گرفته شده است. فشاری که بر اثر هریک از این نیروهای محرکه بر سامانه منابع آب زیرزمینی وارد آمده و حالت کمی آبخوان را دچار تغییر کرده و در نتیجه تأثیری که بر اثر تغییر حالت کمی سفره، بر آبخوان وارد آمده در جدول ۱ مشخص شده است. در ادامه، هریک از این چالش‌ها و معرفی پاسخ متناسب با هرچالش در بخش آب بررسی شده است.

- **عدم تناسب بین جرم و مجازات‌های منابع آب**

به گفته یکی از مدیران بخش آب، تعداد زیاد چاه‌های غیر مجاز (حدود ۳۵۰ هزار حلقه چاه غیرمجاز در کل کشور)، نشان می‌دهد قانون فعلی بازدارنده نبوده است. مجازات سبک در زمینه حفر چاه غیر مجاز موجب فشار بر منابع آب زیرزمینی از طریق حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق می‌شود [۲۲]. بنابراین، یکی از راه‌کارهایی که در این زمینه می‌تواند وجود داشته باشد، تصویب قوانین بازدارنده در زمینه آب، متناسب با شرایط بحرانی و ارزش کنونی آب در جامعه است به گونه‌ای که، بازدارنده بودن قانون به پیشگیری از حفر چاه غیر مجاز منجر شود.

- **آشنایی کم قضات قوه قضاییه در زمینه منابع آب**

به گفته یکی از مصاحبه‌شوندگان بخش آب، آشنا نبودن قضات قوه قضاییه به اهمیت منابع آبی به آسان‌گیری در تعیین مکافات برای پرونده‌های حفر چاه غیر مجاز منجر شده و اثر خود را با توجه به تحلیل DPSIR جدول ۱، به صورت افزایش کسری حجم مخزن سفره آب زیرزمینی نشان می‌دهد. بنابراین، به منظور اهمیت دادن به منابع آب با ایجاد شعب ویژه آب در دادگاه‌ها و آگاهی‌رسانی به قضات، به عنوان یکی از کنشگران اصلی<sup>۱</sup> در حفاظت از منابع آبی [۲۳]، می‌توان مانع از دست‌اندازی متخلفان بر منابع آبی استان شد.

صنایع الکترونیک، می‌تواند به کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی منجر شود.

#### • توسعه نامتوازن

توسعه نامتوازن به یکسان‌سازی نیاز آبی برای تمامی بخش‌های سفره آب زیرزمینی منجر می‌شود و از آنجا که منابع آب زیرزمینی یکی از مصادیق منابع مشترک است، رقابت بر سر افزایش برداشت‌ها شدت می‌یابد [۲۷]. اگر بتوان با تمرکز بر صنایع روستایی کم‌مصرف از جمله صنایع دستی، فعالیت‌هایی با نیازهای آبی غیریکسان ایجاد کرد، به گونه‌ای که بخشی از درآمد جامعه کشاورزان از طریق این مشاغل جایگزین تأمین شود، می‌توان فشار بر منابع آب زیرزمینی را کاهش داد.

#### • عدم شفافیت آمار و اطلاعات

نکته دیگری که مصاحبه‌شوندگان در آب منطقه‌ای یزد، جهاد کشاورزی استان و همچنین استانداری، به آن اشاره کردند، عدم شفافیت آمار و اطلاعات در بحث میزان آب مصرفی کشاورزی است. از آنجا که منابع اطلاعاتی شفاف و مطمئن، مبنای تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها خواهد بود [۲۸]، اگر هر یک از سازمان‌های متولی آب و غذا، آمار تخصصی خود را در اختیار مرکز متولی آمار در استان قرار دهد و مرکز آمار این اطلاعات را به صورت آنلاین در درگاه اینترنتی خود منتشر کند، می‌توان زمینه‌ساز شفاف ساختن آمارهای مصرف بخش کشاورزی شد.

#### • توسعه علم نوین بدون توجه به دانش بومی

با پررنگ شدن تأثیر دولت در تنظیم قوانین مربوط به بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و مدیریت تقاضا، رفته‌رفته، نظام مشارکتی مدیریت منابع آبی، رو به فراموشی سپرده شد [۲۹]. تمرکز صرف بر راه‌کارهای کنترلی از بالا به پایین دولتی، با توجه به جدول ۱، نه تنها به کاهش مشارکت بهره‌برداران در مدیریت منابع آبی منجر شد، بلکه فاصله و شکاف بیشتری را بین آنان و دولت ایجاد کرد. دولت‌های مرکزی می‌توانند با در نظر گرفتن نقش جوامع محلی در تنظیم قوانین مربوط به بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و مدیریت تقاضا، نقش ناظر و حامی را برای حمایت و تنظیم شرایط مورد نیاز جوامع محلی، به منظور رسیدن به اهداف مدیریت یکپارچه منابع آب ایفا کنند.

#### • نبود معیارهایی برای ارزش‌گذاری چاه آب متناسب با خصوصیات کمی و کیفی آبخوان

با توجه به جدول ۱، مشخص نبودن قیمت واقعی آب و نبود معیارهایی برای ارزش‌گذاری چاه آب متناسب با خصوصیات کمی و کیفی آن، به ایجاد بازارهای محلی غیررسمی بین کشاورزان و بخش صنعت منجر شده است. در بازارهای غیررسمی، دولت هیچ نقشی در تنظیمات بازار ندارد [۲۵]. با ایجاد بازار رسمی آب می‌توان نظارت‌ها را افزایش داد. همچنین، می‌توان در کنار بازار آب، شرکت‌های سهامی کشاورزی ایجاد کرد که بخش کشاورزی را به سمت افزایش میزان بهره‌وری از منابع آبی سوق دهد.

#### • عدم اجرای قوانین به دلایل ملاحظات اجتماعی و سیاسی

از نیروهای محرک دیگری که در جدول ۱ معرفی شده و به افزایش چاه‌های غیرمجاز انجامیده، وارد شدن اجرای قوانین به ملاحظات اجتماعی و سیاسی است. البته، این بحث به شرایط اجتماعی جامعه به منظور جلوگیری از ایجاد اعتراض و آشوب نیز برمی‌گردد. به گفته یکی از مصاحبه‌شوندگان در سازمان محیط زیست، «زمانی که یک واحد صنعتی به دلیل بحث آلاینده بودن منابع آب زیرزمینی، پلمپ می‌شود، روز بعد تمامی کارکنان در مقابل استانداری تجمع می‌کنند و خواستار بازگشایی واحد صنعتی می‌شوند» برای مقابله با این مشکل می‌توان برای قدرتمندسازی سازمان‌های مردم‌نهاد، در بخش آب برنامه‌ریزی کرد، به گونه‌ای که این NGO ها، به قدری قدرتمند شوند که خود مانعی برای بروز تخلف و سفارشی عمل کردن قوانین باشند.

#### • جانمایی صنایع بدون توجه به شرایط اقلیمی

جانمایی صنایع بدون توجه به شرایط محیطی و آبی منطقه، سبب افزایش مصرف آب می‌شود [۲۶]. به گفته یکی از مسئولان بخش آب، «با وجود بحران خشکسالی و کمبود آب، هنوز مجوز ایجاد صنایع پرمصرف آب، نظیر کاشی و یا فولاد در این مناطق خشک داده می‌شود». در حالی که در استان یزد که با کمبود منابع آب روبه‌رو است آمایش درست سرزمین و حرکت به سمت صنایع پاک از نظر آلاینده بودن منابع آب زیرزمینی و کم‌آبخواه مانند



جدول ۱. بررسی و اعمال مدل DPSIR در بخش آب

پاسخ Response	اثر Impact	حالت State	فشار Pressure	نیروی محرک Driving Force
تصویب قوانین بازدارنده در زمینه آب، متناسب با شرایط بحرانی و ارزش کنونی آب در جامعه	اثرات کلی منجر کننده	افزایش سطح آب زیرزمینی	مجازات سبک برای متخلفان و افزایش حفر چاه‌های غیرمجاز	عدم تناسب بین جرم و مجازات‌های منابع آب
ایجاد شعب ویژه آب در دادگاه‌ها			تسهیل در پرونده‌های حفر چاه غیرمجاز	آشنایی کم قضات قوه قضاییه در ارتباط با منابع آب
تشکیل پلیس آب			افزایش برآشت از منابع آب زیرزمینی	زمان‌بر بودن مراحل قضایی فرایند انسداد چاه‌های غیرمجاز
ارزیابی آثار اجرای قوانین قبل از تصویب توسط کارشناسان خبره و کارشناسان وزارت نیرو			تصویب قوانین غیرکارشناسی و مخرب منابع آبی	اشراف کم اغلب نمایندگان مجلس به موضوعات آب و عدم هماهنگی بین وزارت نیرو و مجلس شورای اسلامی
ارزش‌گذاری اقتصادی آب کشاورزی			نداشتن انگیزه اقتصادی کشاورز برای صرفه‌جویی و برداشت نامحدود کشاورزان از سفره‌های آب زیرزمینی	رایگان بودن آب کشاورزی
ایجاد بازار رسمی آب و شرکت‌های سهامی کشاورزی			ایجاد بازارهای محلی غیررسمی بین کشاورزان و بخش صنعت	نبود معیارهایی برای ارزش‌گذاری چاه آب متناسب با خصوصیات کمی و کیفی
قدرتمندسازی سازمان‌های مردم‌نهاد در بخش آب			ادامه یافتن تخلف و افزایش برداشت از منابع آبی	عدم اجرای قوانین به دلایل ملاحظات اجتماعی و سیاسی
آمایش درست سرزمین و حرکت به سمت صنایع پاک			استقرار صنایع پرمصرف آب در استان	جانمایی صنایع بدون توجه به شرایط اقلیمی
ایجاد درآمد جایگزین در برخی از فصول سال و حرکت به سمت صنایع روستایی کم‌مصرف			یکسان‌سازی نیاز آبی و نابودی منابع آب زیرزمینی	توسعه نامتوازن
ارائه آمار تخصصی سازمان‌های آب و غذا به مرکز متولی آمار در استان برای شفاف‌سازی اطلاعات			تصمیم‌گیری‌های نادرست در سیاست‌های کشاورزی و افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی	عدم شفافیت آمار و اطلاعات
استفاده از رویکرد دانش بومی جوامع و ایجاد واحد نظارتی توسط دولت			کاهش مشارکت بهره‌برداران در مدیریت منابع آبی	توسعه علم نوین بدون توجه به دانش بومی

#### چارچوب DPSIR در بخش غذا

جدول ۲ نتایج بررسی و اعمال مدل DPSIR در بخش غذا را نشان می‌دهد. در ادامه، به بررسی هریک از چالش‌های معرفی شده در بخش غذا به عنوان نیروی محرکه افزایش فشار بر منابع آب زیرزمینی پرداخته شده است.

- عدم تناسب الگوی کشت و آبیاری با شرایط اقلیمی و گسترش گلخانه‌ها بدون افزایش عملکرد در واحد سطح

به گفته یکی از مدیران جهاد کشاورزی، در استان یزد عدم تناسب الگوی کشت و آبیاری با شرایط اقلیمی، به کشاورزی با بهره‌وری کم و اضافه برداشت از منابع آب

زیرزمینی منجر شده است. بنابراین، باید به سمت کشاورزی مبتنی با اقلیم و کشت در محیط‌های مهارشده (گلخانه) حرکت کرد. علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب و تولید محصول بیشتر، کاهش هزینه و افزایش بازدهی محصول نیز از دیگر مزایای توسعه کشت گلخانه است که به بهبود وضعیت معیشت قشر کشاورزان منجر خواهد شد [۳۰ و ۳۱]. با توجه به تحلیل DPSIR در جدول ۲، زمانی که کشاورز زمین خود را به گلخانه تبدیل می‌کند، سطح زیر کشت را افزایش می‌دهد، در نتیجه در مصرف آب، صرفه‌جویی صورت نمی‌گیرد. با همگرایی معیارهای ارزیابی جهاد کشاورزی و وزارت نیرو و تعریف آنها با توجه به شرایط بحران آب، برای مثال، افزایش سطح زیر کشت

کشاورزی، «در یزد که استانی با آب و هوای خشک است، هر نوع محصولی نباید اجازه کشت داشته باشد». برای هر منطقه استان یزد اگر بتوان برنامه‌های مدون کشت تعریف کرد، می‌توان تا حدودی مانع اضافه برداشت‌های آبی شد. با مهار و تنظیم بازار غذا و نیز سیاست‌های خرید تضمینی محصولات توسط دولت، می‌توان گزینه‌های مناسب‌تری برای کشاورز ایجاد کرد. به منظور کوتاه کردن دست دلالان نیز می‌توان بازارهای عرضه مستقیم محصولات را اجرا کرد به گونه‌ای که یک روز در هفته، یکی از میداين تره‌بار استان در اختیار کشاورزان قرار داده شود و کشاورز، محصولات تولیدی خود را بدون واسطه در اختیار مصرف‌کننده قرار دهد.

- **عدم اجرای طرح‌های الگویی در بخش کشاورزی**  
عدم اجرای طرح‌های الگویی در بخش کشاورزی، به عدم شکل‌گیری اعتماد بین جهاد کشاورزی استان و کشاورزان به عنوان دو بازیگر اصلی در بخش کشاورزی منجر می‌شود. یکی از کارشناسان در جهاد کشاورزی موضوع را این‌گونه بیان می‌دارد: «کشاورز تا با چشم خود موفقیت یک کشت خاص را مشاهده نکند، رغبت زیادی برای رها کردن کشت سنتی و تغییر الگوی کشت نخواهد داشت». با افزایش بودجه پژوهش‌های کشاورزی و اجرای طرح‌های الگویی برای کشت‌های خاص، می‌توان میزان اعتماد بین کشاورزان و مسئولان جهاد کشاورزی را افزایش داد.

- **نبود حلقه ارتباط با دانشگاهیان و پژوهشگران بخش کشاورزی**

با توجه به جدول ۲، از مشکلات دیگری که در زیرساخت‌های بخش کشاورزی وجود دارد، نبود حلقه ارتباط با دانشگاهیان و پژوهشگران مراکز جهاد کشاورزی است که همین امر بنا به گفته یکی از مصاحبه‌شوندگان، سبب شده که کارشناسان کشاورزی از علم به‌روز دنیا و نیز تجربه‌های موفق و ناموفق دیگر استان‌ها اطلاعی نداشته باشند. با تبادل اطلاعات بیشتر و مستندسازی تجربیات صورت‌گرفته در هر استان، می‌توان جلوی موازی‌کاری بسیاری از طرح‌های پژوهشی را گرفت تا به صرفه‌جویی در وقت و هزینه منجر شود.

گلخانه به همراه افزایش بهره‌وری آب در واحد سطح، در کنار سیاست‌های تشویقی، می‌توان علاوه بر تبدیل نوع کشت به گلخانه، صرفه‌جویی در مصرف آب را نیز به همراه داشت. از طرف دیگر، با تشکیل کمیته‌ای متشکل از آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی و سازمان نظام مهندسی کشاورزی (سازمان صادرکننده پروانه کشت)، می‌توان به سطح زیر کشت کشاورز، متناسب با میزان آب تخصیص یافته، نظارت کرد و مانع از گسترش گلخانه بدون افزایش عملکرد در واحد سطح شد.

- **نیاز به سرمایه زیاد برای احداث گلخانه**

به گفته مصاحبه‌شوندگان در سازمان جهاد کشاورزی، «جهاد کشاورزی در زمینه احداث گلخانه، وام ۷ درصد به مدت ۷ سال ارائه می‌دهد. اما زمانی که کشاورز برای دریافت این وام به بانک مراجعه می‌کند، با مشکل وثیقه میلیاردي روبه‌رو می‌شود.» سیاست‌های تسهیل‌کننده اعطای وام به کشاورزان برای راه‌اندازی کشت گلخانه، می‌تواند تبدیل کشت باز به کشت گلخانه را آسان کند و به افزایش بهره‌وری آب منجر شود.

- **عدم آگاهی‌رسانی به کشاورز در مورد اهمیت منابع آبی**

با توجه به پنهان بودن منابع آب زیرزمینی و استراتژیک بودن این منابع، در صورت عدم آگاهی، افت سطح آب، مفهومی جدی برای کشاورز نخواهد داشت [۲۸]. از عوامل آگاهی‌سازی کشاورزان، استفاده از NGO ها به عنوان حلقه اتصال بین دولت و کشاورزان است که می‌توان با ارائه معیارهای ارزیابی NGO ها از طرف استانداری، NGO های برتر استانی را شناسایی کرد و با معرفی آنان توسط وسایل ارتباط جمعی، اثربخشی فعالیت‌های این سازمان‌های مردم‌نهاد را افزایش داد. همچنین، رهبران مذهبی و ائمه جماعت استان نیز می‌توانند کشاورزان را در زمینه بحران منابع آبی و لزوم صرفه‌جویی آب در بخش کشاورزی آگاه سازند.

- **عدم نظارت بر نوع کشت کشاورزان**

در صورت نبود الگوی کشت بهینه، بحران آب، حتمی خواهد بود [۲۵]. به گفته یکی از کارشناسان در جهاد

جدول ۲. بررسی و اعمال مدل DPSIR در بخش غذا

پاسخ Response	اثر Impact	حالت State	فشار Pressure	نیروی محرک Driving Force
کشت گلخانه	اقتدار، رهبری، کسری مخزن، جمع	افت سطح آب زیرزمینی	کشاورزی با بهره‌وری کم و اضافه‌برداشت از منابع آب زیرزمینی	عدم تناسب الگوی کشت و آبیاری با شرایط اقلیمی
*همگرایی معیارهای ارزیابی جهاد کشاورزی و وزارت نیرو * سیاست‌های تشویقی برای کاهش مصرف آب * تشکیل کمیته‌های متشکل از آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی و سازمان نظام مهندسی کشاورزی برای افزایش نظارت بر کاشت متناسب با پروانه			افزایش سطح زیر کشت و افزایش برداشت از منابع	گسترش گلخانه‌ها بدون افزایش عملکرد در واحد سطح
سیاست‌های تسهیل‌کننده اعطای وام به کشاورزان برای راه‌اندازی کشت گلخانه			عدم تمایل کشاورز به رها کردن کشت سنتی	نیاز به سرمایه زیاد برای احداث گلخانه
*استفاده از NGO ها به عنوان حلقه اتصال بین دولت و کشاورزان *استفاده از پتانسیل رهبران مذهبی و ائمه جماعت استان در بحث آگاهی‌رسانی به کشاورز *استفاده از وسایل ارتباط جمعی نظیر رادیو و تلویزیون			افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی و مداوم روشن بودن چاه	عدم آگاهی‌رسانی به کشاورز در مورد اهمیت منابع آبی
*تعریف برنامه‌های مدون کشت برای هر منطقه توسط جهاد کشاورزی *مهار و تنظیم بازار غذا *سیاست‌های خرید تضمینی محصولات *کوتاه کردن دست دلالان با ایجاد بازارهای عرضه مستقیم محصولات			کشت محصولات پرمصرف آب و فشار وارد شدن بر منابع آب زیرزمینی	عدم نظارت بر نوع کشت کشاورزان
افزایش بودجه پژوهش‌های کشاورزی و اجرای طرح‌های الگویی برای کشت‌های خاص			عدم شکل‌گیری اعتماد بین جهاد کشاورزی و کشاورزان	عدم اجرای طرح‌های الگویی در بخش کشاورزی
ایجاد حلقه ارتباط بین مراکز پژوهشی و اجرایی			ناآگاهی از روش‌های نوین کشاورزی در زمینه کاهش مصرف آب	نبود حلقه ارتباط با دانشگاهیان و پژوهشگران بخش کشاورزی
مستندسازی تجربیات موفق هر استان در زمینه کشاورزی و ارسال به سایر استان‌ها برای بهره‌برداری			ناآگاهی از تجربه‌های موفق و ناموفق و موازی کاری	عدم تبادل اطلاعات بین استانی مراکز جهاد کشاورزی

### چارچوب DPSIR در بخش انرژی

جدول ۳ نتایج بررسی و اعمال مدل DPSIR در بخش انرژی را نشان می‌دهد. در ادامه، هریک از نیروهای محرکه اضافه‌برداشت منابع آب زیرزمینی در بخش انرژی به تفکیک توضیح داده شده است.

### • یارانه انرژی به بخش کشاورزی

دسترسی آسان‌تر به برق، موجب بهره‌برداری بیش از ظرفیت سفره‌های آب زیرزمینی شده است [۳۲]. به گفته یکی از کارشناسان بخش انرژی «وقتی کشاورز از پمپ دیزلی استفاده می‌کند، با توجه به استهلاک و خرابی پمپ‌های دیزلی، برداشت از منابع آب به صورت پیوسته صورت نمی‌گرفت. ولی با برقی شدن چاه‌ها و همچنین تخصیص یارانه‌های انرژی به کشاورز، استحصال منابع آب زیرزمینی با شدت بیشتری و به صورت مستمر ادامه یافت».

با قیمت‌گذاری واقعی منابع انرژی در کنار قیمت‌گذاری منابع آب، می‌توان کشاورز را نسبت به بهره‌برداری اصولی از منابع آب زیرزمینی ترغیب کرد.

### • اضافه شدن تعداد زیادی مصرف‌کننده کشاورزی به شبکه توزیع برق

با برقی شدن چاه‌های کشاورزی، تعداد زیادی مصرف‌کننده کشاورزی به شبکه توزیع برق اضافه شد که این امر فشار بر شبکه را به صورت درخور توجهی افزایش می‌دهد [۳۳]. همان‌گونه که در جدول ۳ بیان شده، در مناطقی از استان که کشاورزی توجیه اقتصادی ندارد، می‌توان با توجه به ظرفیت استان در استفاده از انرژی خورشیدی، با نصب پنل‌های خورشیدی و تولید برق توسط کشاورزان و فروش آن به شبکه توزیع برق، هم درآمد کشاورز را افزایش داد و هم از فشار بر شبکه توزیع برق کم کرد.

جدول ۳. بررسی و اعمال مدل DPSIR در بخش انرژی

نیروی محرک Driving Force	فشار Pressure	حالت State	اثر Impact	پاسخ Response
بارانه انرژی به بخش کشاورزی	شدت یافتن استحصال منابع آب زیرزمینی	افت سطح آب سفره آب زیرزمینی	افزایش کسری حجم مخزن	قیمت‌گذاری واقعی منابع انرژی در کنار قیمت‌گذاری منابع آب
اضافه شدن تعداد زیادی مصرف‌کننده کشاورزی به شبکه توزیع برق	افزایش فشار بر شبکه توزیع برق به دلیل افزایش چاه‌های کشاورزی	خاموشی برق در زمان اوج مصرف	نارضایتی مصرف‌کننده	ایجاد درآمد جایگزین با استفاده از پنل‌های خورشیدی و تولید برق

### بحث

با توجه به جدول‌های ۱-۳، در بخش آب، غذا و انرژی به ترتیب، ۱۱، ۸ و ۲ نیروی محرک که به افزایش فشار بر منابع آب زیرزمینی و تغییر وضعیت کمی سفره آب زیرزمینی و افزایش کسری حجم مخزن آبخوان منجر شده، شناسایی شد. با استفاده از چارچوب DPSIR، در پاسخ به ۲۱ نیروی محرک شناسایی شده، ۲۸ راه‌کار به منظور اصلاح قوانین، سیاست‌ها و زیرساخت‌های سه بخش آب، غذا و انرژی، به منظور بهبود چارچوب حکمرانی آب زیرزمینی ارائه شد. بررسی چارچوب DPSIR در سه بخش آب، غذا و انرژی، نشان‌دهنده ارتباط میان سه بخش و تأثیر سیاست‌ها و قوانین نادرست تعریف‌شده بر وخامت وضعیت سفره آب زیرزمینی است. همان‌طور که Psomas و همکاران (۲۰۱۸) [۳۴]، نشان دادند، بسیاری از نیروهای محرک که به فشار بر منابع آب منجر می‌شوند، ریشه در دو بخش غذا و انرژی دارند. جدول‌های ۲ و ۳ نشان‌دهنده این موضوع است که فشار واردشده بر منابع آب زیرزمینی، ناشی از نیروهای محرک شناسایی‌شده در بخش غذا و انرژی، کمتر از فشار نیروهای محرک بخش آب نیست. در واقع، سیاست‌های بخشی‌نگر بدون توجه به پیوند سه بخش آب، غذا و انرژی به تشدید برداشت از منابع آب زیرزمینی منجر می‌شود. بنابراین، به منظور اصلاح ساختار حکمرانی آب زیرزمینی، در نظر گرفتن ارتباطات بین بخشی نیز ضروری است.

از دیگر سو، علاوه بر در نظر گرفتن تأثیر ارتباطات بین بخشی آب، غذا و انرژی بر منابع آب زیرزمینی، به منظور اصلاح حکمرانی آب زیرزمینی، توجه به ساختارها و چارچوب‌های قانونی، دانش و اطلاعات، برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌ها و بازیگران هر بخش نیز اهمیت می‌یابد. در مقاله حاضر در بخش آب، به منظور اصلاح ساختارها و

چارچوب‌های قانونی حکمرانی آب زیرزمینی، راه‌کارهای تصویب قوانین بازدارنده در زمینه حفر چاه غیرمجاز، ایجاد شعب آب در دادگاه‌ها، تشکیل پلیس آب، ارزیابی قوانین توسط کارشناسان خبره، قیمت‌گذاری واقعی منابع آب ارائه شد. در زمینه اصلاح سیاست‌ها، راه‌کارهای ایجاد بازار رسمی آب، آمایش درست سرزمین، ایجاد منابع درآمد جایگزین، توجه به دانش بومی و در زمینه بازیگران نیز، به قدرتمندسازی قضاوت قضایی و سازمان‌های مردم‌نهاد به عنوان بازیگران مهم بخش آب تأکید شد. شفاف‌سازی اطلاعات با ارائه به مرکز تخصصی پردازش داده، نیز به عنوان راه حل اصلاح حکمرانی در زمینه دانش و اطلاعات معرفی شد. در بخش غذا، به منظور اصلاح ساختارها، همگرایی معیارهای ارزیابی سازمان‌های متولی آب و غذا معرفی شد. همچنین، به منظور اصلاح سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌ها، استفاده از سیاست‌های تشویقی برای سوق دادن کشاورزان به سمت کشت گلخانه و جلوگیری از گسترش گلخانه‌ها بدون افزایش عملکرد در واحد سطح، تعریف برنامه‌های مدون کشت و مهار بازار غذا و در زمینه دانش و اطلاعات نیز افزایش تبادل اطلاعات بین مراکز پژوهشی و مستندسازی تجربیات موفق به عنوان راه‌کارهای اصلاح حکمرانی آب زیرزمینی ارائه شد. همچنین، به افزایش آگاهی کشاورزان به عنوان یکی از کارکنان کلیدی در بخش غذا پرداخته شد. در بخش انرژی نیز به منظور اصلاح ساختارهای قانونی، راه‌کار قیمت‌گذاری واقعی منابع انرژی در کنار منابع آب و همچنین ایجاد درآمد جایگزین به منظور کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی مطرح شد. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد وجود ایراد در چارچوب حکمرانی آب زیرزمینی، به ایجاد بستری منجر می‌شود که گرفتن تصمیم‌های نادرست در زمینه مدیریت منابع آب زیرزمینی را در پی خواهد داشت. زمانی که مدیریت

تعامل بهتر بازیگران سه بخش آب، غذا و انرژی متمرکز شد.

- نتایج ارزیابی‌های DPSIR نشان داد این چارچوب، ابزار مناسبی برای بررسی ریشه‌های مسائل مرتبط با حکمرانی آب زیرزمینی است و استفاده از آن می‌تواند محققان را به سمت راه‌حل‌های مناسب اصلاح ساختار حکمرانی آب زیرزمینی هدایت کند. نکته‌ای که در استفاده از چارچوب DPSIR اهمیت دارد، توجه به این موضوع است که به‌رغم بررسی ریشه‌های مشکلات در این چارچوب، پاسخ‌های به‌دست‌آمده اولویت‌بندی و رتبه‌بندی ندارد و این روش هیچ‌یک از نیروهای محرک و پاسخ‌ها را اولویت‌بندی نمی‌کند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی، برای ارزیابی پاسخ‌های ارائه‌شده و اولویت‌بندی آنان، آثار پاسخ‌ها را در قالب سناریوهای حکمرانی با ارزیابی اقتصادی و محاسبه سود اقتصادی هر سناریو بررسی و با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، سناریوها را اولویت‌بندی کرد.

#### منابع

- [1]. Rogers P, Hall A. Effective water governance (TEC Background Papers, No. 7, Global Water Partnership). STOCKHOLM, Sweden.2003; 48p.
- [2]. Saunier RE, Meganck RA. Dictionary and introduction to global environmental governance. Routledge. 2007; 410 pp.
- [3]. Global diagnostic on groundwater governance. Special Edition for WWF7. UNESCO.IHP. gef, FAO. World Bank.2015; 200P
- [4]. Varady RG, Weert F, Megdal SB, Gerlak A, Iskandar CA, House-Peters L, McGovern ED. Groundwater policy and governance. Thematic Paper No 5. Groundwater Governance, A Global Framework for Action. GEF, WorldBank. UNESCO-IHP. FAO and IAH.2012
- [5]. Chilton J, Smidt E. Diagnostic report UNECE region (2nd Draft). Groundwater governance—A global framework for action, GEF. UNESCO-IHP, FAO, World Bank and IAH. <http://www.groundwatergovernance.org>; 2014.
- [6]. Fliervoet J, Geerling G, Mostert E, Smits A. Analyzing collaborative governance through social network analysis: a case study of river management along the Waal River in The Netherlands. Environmental Management. 2016; 57(2):355-367

نادرست منابع آب زیرزمینی را دلیل به وجود آمدن بحران در وضعیت منابع آب بدانیم، توجه به این نکته ضروری است که مدیریت نادرست، ریشه در حکمرانی نادرست خواهد داشت و با ارزیابی و بررسی ایرادهای بخش حکمرانی آب زیرزمینی و سعی در برطرف کردن آن، می‌توان منابع آب زیرزمینی را به صورت صحیح مدیریت کرد. در واقع، برای حل مشکل منابع آب زیرزمینی، نمی‌توان فقط به راه‌حل‌های موقت برای بهبود وضعیت آبخوان برای مدت کوتاه اکتفا کرد، بلکه تمامی ساختارهایی که به حکمرانی صحیح منابع آب زیرزمینی منجر می‌شود، باید به صورت صحیح جامع در کنار یکدیگر قرار گیرد. بنابراین، ارزیابی حکمرانی آب زیرزمینی به عنوان چارچوبی که در آن چگونگی تصمیم‌گیری در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی مشخص می‌شود، اهمیت می‌یابد.

#### نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر سعی شد با استفاده از چارچوب DPSIR ارزیابی جامعی از ساختار حکمرانی آب زیرزمینی، صورت گیرد. نتیجه‌گیری اصلی پژوهش حاضر را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- راه‌کارهای اصلاح ساختارهای قانونی در سه بخش آب، غذا و انرژی، تغییر برنامه‌ها و سیاست‌های سه بخش به منظور کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی، براساس بهبود شفافیت اطلاعات و قدرتمندسازی بازیگران کلیدی پیشنهاد شد.
- با توجه به تحلیل نتایج DPSIR، حکمرانی آب زیرزمینی در دشت مطالعه‌شده ضعف‌هایی دارد که شامل نبود ساختار قانونی بازدارنده حفر چاه غیرمجاز، عدم قیمت‌گذاری منابع، شفاف نبودن آمار و اطلاعات، تعامل ضعیف بازیگران، واگرایی معیارهای ارزیابی بخش‌های مرتبط با آب زیرزمینی است و بدون اصلاح این ضعف‌ها نمی‌توان امیدی به بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی این دشت داشت.
- برای اصلاح حکمرانی آب زیرزمینی، باید روی اصلاح قوانین برخورد با چاه‌های غیر مجاز، ارزش‌گذاری اقتصادی آب زیرزمینی، شفاف‌سازی اطلاعات منابع آب و دسترسی عمومی به آنها و

- [7]. Hoff H. Understanding the nexus: Background paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm.2011
- [8]. Halbe J, Pahl-Wostl C, Lange MA, Velonis C. Governance of transitions towards sustainable development the water energy food nexus in Cyprus. *Water International*.2015; 40: 877–894
- [9]. Kazuva E, Zhang J, Tong Z, Si A, Na L. The DPSIR model for environmental risk assessment of municipal solid waste in Dar es Salaam city, Tanzania. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15(8):1-30
- [10]. Kardanmoghaddam H, Rozbahani A. Evaluation of DPSIR structure for balancing groundwater resources with multi-criteria decision making and stakeholder participation. *Journal of Aqifer and Qanat (semi-annual)*.2018; 2(1):29-39. [Persian]
- [11]. Eskandari T, Malekmohamadi B, Zebardast L, Azizi A. Integrated environmental assessment of groundwater depletion in Ardebil plain for management solutions. *Journal of Environmental Studies*.2017; 42(4):687-707. [Persian]
- [12]. Hazarika N, Nitivattananon V. Strategic assessment of groundwater resource exploitation using DPSIR framework in Guwahati city, India. *Habitat International*. 2016; 51:79-89.
- [13]. Mehryar S, Sliuzas R, Sharifi A, van Maarseveen M. The socio-ecological analytical framework of water scarcity in Rafsanjan Township, Iran. *International Journal of Safety and Security Engineering*. 2016; 6(4):764-776.
- [14]. Bagordo F, Migoni D, Grassi T, Serio F, Idolo A, Guido M, et al. Using the DPSIR framework to identify factors influencing the quality of groundwater in Grecia Salentina (Puglia, Italy). *Rendiconti Lincei*. 2016; 27(1):113-125.
- [15]. Borji M, Nia AM, Malekian A, Salajegheh A, Khalighi S. Comprehensive evaluation of groundwater resources based on DPSIR conceptual framework. *Arabian Journal of Geosciences*. 2018; 11(8):158.
- [16]. Jia X, O'Connor D, Hou D, Jin Y, Li G, Zheng C, et al. Groundwater depletion and contamination: Spatial distribution of groundwater resources sustainability in China. *Science of The Total Environment*. 2019; 672:551-562.
- [17]. Anonymous. Basic studies on water resources of Yazd –Ardakan plain. Yazd Regional Water Authority 2016.[Persian]
- [18]. Mills M, Álvarez-Romero JG, Vance-Borland K, Cohen P, Pressey RL, Guerrero AM, et al. Linking regional planning and local action: Towards using social network analysis in systematic conservation planning. *Biological Conservation*. 2014; 169:6-13.
- [19]. Weiss K, Hamann M, Kinney M, Marsh H. Knowledge exchange and policy influence in a marine resource governance network. *Global Environmental Change*. 2012; 22(1):178-188.
- [20]. Hansen D, Shneiderman B, Smith MA. Analyzing social media networks with NodeXL: Insights from a connected world: Morgan Kaufmann 2010.
- [21]. Noori Esfandiyari A. A conceptual and analytical framework of reforming water governance. 2nd ed. Tehran: Iranian Water Policy Research Institute; 2018. [Persian]
- [22]. Bakhshi Jahromi A, Zamani G H, Hayati D, Sadeghi M H. Ax of law to the root of the water: A research analysis of the law of determination for illegal wells. *Journal of Irrigation and Water Engineering*.2014; 5(2):126-144. [Persian]
- [23]. Badisar S N, Ahmadi S M S, Raei M. Legal system of water resources pollution in Iran. *Journal of Iran-Water Resources Research*.2017; 13(1):101-110. [Persian]
- [24]. Asgari S, Kohnavard M, Hadavand M. Inefficient governance of water resources and strategic insecurity. *Journal of Social Capital Management*.2018; 5(3):457-477. [Persian]
- [25]. Banihabib M E. Strategic management of agricultural water demand for the arid zone of Iran. 1nd ed. Tehran: Raze nahan; 2017. [Persian]
- [26]. Golkarami A, Kaviani Rad M. The effect of limited water resources on hydropolitic tensions (Case Study: Iran's central catchment with emphasis on Zayandehrood basin). *Journal of Geography and Environmental Planning*.2017; 28(1):113-134. [Persian]
- [27]. Labbaf Khaneiki M, Rezvani M R, Badri S A. Challenges of territorial cooperation on common groundwater resources; Investigated through grounded theory. *Iran Water Resources Research*. 2019; 15(1):104-123. [Persian]
- [28]. Mirnezami S J, Bagheri A. Assessing the water governance system for groundwater conservation in Iran. *Iran Water Resources Research*.2017; 13(2): 32-55. [Persian]
- [29]. Banihabib M E, Ghafoori Kharanagh S. Assessment of traditional groundwater governance features with effective groundwater governance. *Journal of Indigenous Knowledge*.2019; 5(9):211-245. [Persian]

- [30]. Mashayekhi S, Ghaderi K. Financial analysis of the cultivation of greenhouse products in Tehran Province. *Journal of Agricultural Economics*.2013; 7(3):85-100. [Persian]
- [31]. Shamshiri R, Kalantari F, Ting K C, Thorp K R, Hameed I A, Weltzien C, et al. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*.2018; 11(1):1-22
- [32]. Moradi M A, Amidpor M, Salimi M, Sadeghi M. Re-evaluation of the program for electric wells in Iran and presentation of new energy policies. 10th International Energy Conference.2014; Tehran. Iran. [Persian]
- [33]. Aien M, Mahjoei M, Abdolahu R, Ahmadi I, Niknafas A, Yahyazadeh F. Plan to increase energy efficiency of agricultural wells using budget resources. 31th International Power System Conference.2016; Tehran. Iran. [Persian]
- [34]. Psomas A, Vryzidis I, Spyridakos A, Mimikou M. MCDA approach for agricultural water management in the context of water-energy-land-food nexus. *Operational Research*.2018; 1-35.