



## ارزیابی منابع آب محدوده مطالعاتی هشتگرد بر اساس سیستم حسابداری زیست‌محیطی و اقتصادی برای آب

شیوا رجاییان<sup>۱</sup>، حامد کتابچی<sup>۲\*</sup>، تقی عبادی<sup>۱</sup>

۱- دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران  
۲- گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

### تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۰  
بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۲۹  
پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۱  
ارائه آنلاین: ۱۴۰۰/۱۲/۰۹

### کلمات کلیدی:

ارزیابی منابع آب  
حسابداری آب  
مدیریت یکپارچه  
صرف آب  
SEEA-Water

**خلاصه:** با توجه به نقش آب در توسعه اجتماعی - اقتصادی کشورها و همچنین مشکلات کمی و کیفی منابع آب که باعث ایجاد بحران می‌شوند، روی آوردن به رویکردی جامع در این زمینه ضرورت می‌یابد. بر این اساس استفاده از مدیریت یکپارچه منابع آب در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های منابع آب مورد توجه قرار گرفته است. حسابداری آب به وسیله فراهم‌آوری مجموعه اطلاعات مورد نیاز به منظور ارزیابی یکپارچه منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در میان انواع چارچوب‌های حسابداری آب، سیستم حسابداری زیست‌محیطی و اقتصادی برای آب یک ابزار مفید بوده که با سیستم اطلاعاتی و پشتیبانی از مدیریت یکپارچه منابع آب می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در موارد مختلف مانند تخصیص منابع آب به طور کارآمد، درک اثرات مدیریت آب بر همه کاربران، بهبود بهره‌وری آب و غیره به سیاست‌گذاران کمک کند. در این مطالعه، با استفاده از سیستم حسابداری اشاره شده، حساب‌های آب مربوط به محدوده مطالعاتی هشتگرد در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ ایجاد شده و سپس با تولید نشانگرهای منابع آبی، اقتصادی و همچنین اجتماعی، ارزیابی سیستم منابع آب منطقه هشتگرد انجام شده است. نتایج ارزیابی، نشان دهنده وضعیت نامساعد منابع آب محدوده مطالعاتی است به این صورت که بخش کشاورزی با ۹۵/۵ درصد مصرف آب بیشترین تاثیر را در بالا بودن مقادیر نشانگرهای تنش آبی نسبی و شدت مصرف آب دارد و علی‌رغم افزایش مصرف آب، بهره‌وری اقتصادی در این بخش کاهش یافته است. علاوه بر این با وجود کمبود آب در این منطقه و مقدار کم سرانه آب تجدیدپذیر همچنان مصرف آب رو به افزایش است.

### ۱- مقدمه

و سایر منابع طبیعی و جنبه‌های اجتماعی می‌توان سیاست‌ها را به صورت آگاهانه و یکپارچه طراحی کرد. بدین ترتیب استفاده از مدیریت یکپارچه منابع آب<sup>۱</sup> (IWRM) ضرورت می‌یابد. این رویکرد مدیریتی بر این اساس استوار است که آب را به عنوان بخشی جداناپذیر از اکوسیستم و همچنین یک منبع طبیعی و یک کالای اجتماعی - اقتصادی می‌داند که کمیت و کیفیت آن ماهیت استفاده از آن را تعیین می‌کند. یکی از محدودیت‌ها در اجرای مدیریت یکپارچه منابع آب، نیاز به انواع اطلاعات مختلف است که از طریق آن‌ها بتوان وضعیت تامین و مصرف آب را به عنوان بخش اصلی جهت تصمیم‌گیری مناسب در سیاست‌های آینده مورد تحلیل و بررسی قرار داد. علم حسابداری آب که برای سامان‌دهی آمار و اطلاعات مرتبط با آب توسعه داده شده است، از طریق تدوین مجموعه اطلاعات یکپارچه و ایجاد ارتباط بین اطلاعات فیزیکی و اقتصادی و همچنین امکان ارزیابی یکپارچه سیستم منابع آب به رفع محدودیت ذکر شده در پیاده‌سازی مدیریت یکپارچه

امروزه در سراسر جهان، افزایش رقابت برای استفاده از آب شیرین در بخش‌های کشاورزی، شهری و صنعتی، به دلیل افزایش جمعیت، منجر به وارد شدن فشارهای بی‌سابقه‌ای بر منابع آب شده است. علاوه بر این با گسترش آلودگی‌های زیست‌محیطی، کیفیت آب همچنان بدتر و دسترسی به منابع آب شیرین محدودتر می‌شود [۱]. این در حالی است که کمبود آب به عنوان یک مشکل محلی حوضه در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که محرک‌های آن اغلب ماهیت جهانی دارند [۲]. از این رو کمبود آب مسئله‌ای پویا و پیچیده می‌باشد که در اثر عوامل طبیعی و انسانی مختلف به وجود آمده و چالشی پیش‌رو برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است [۳ و ۴]. از آن‌جا که آب ارتباط تنگاتنگی با توسعه اقتصادی - اجتماعی دارد، لازم است کشورها به سمت اتخاذ رویکرد کلی و یکپارچه در مدیریت منابع آب حرکت کنند. تنها با یکپارچه‌سازی اطلاعات مربوط به اقتصاد، هیدرولوژی



منابع آب کمک می‌کند [۸].

ارزیابی یکپارچه منابع آب با استفاده از مجموعه‌ای از نشانگرها انجام می‌شود که باید در چارچوبی تحلیلی قرار گیرند تا بتوانند تجزیه و تحلیل یکپارچه از سیستم مورد مطالعه را ارائه دهند. چارچوب‌های تحلیلی قادر به ایجاد روابط متقابل بین نشانگرهای مختلف برای تعیین نقش آب در بخش‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی و تأثیر آن بخش‌ها بر وضعیت منابع آب و فرآیندهای مرتبط با آن می‌باشند [۵]. در میان چارچوب‌های تحلیلی مختلف به منظور ارزیابی یکپارچه، موارد مرتبط با سیستم‌های حسابداری آب رایج‌تر هستند [۶].

در حالت ایده‌آل، حسابداری آب ارائه دهنده ابزارهای حمایتی برای تعیین تغییرات در میزان آب بوده و امکان بررسی نحوه تخصیص منابع آب برای اهداف مختلف و بخش‌های اقتصادی را فراهم می‌آورد [۷]. چندین چارچوب در سطح بین‌المللی برای ثبت و گزارش‌دهی مسائل آبی با اهداف مختلف توسعه یافته است [۶] که در بین آن‌ها، سیستم حسابداری SEEA<sup>1</sup> و سیستم حسابداری زیست‌محیطی و اقتصادی برای آب (SEEA-Wa-<sup>2</sup>) علاوه بر در نظر گرفتن اطلاعات فیزیکی آب از سیستم حساب‌های ملی SNA<sup>3</sup> که بالغ بر پنجاه سال در آمارهای اقتصاد کلان جهانی مورد بهره‌گیری بوده است، پیروی می‌کنند [۸]. در سیستم SNA فقط بخش اقتصادی در نظر گرفته می‌شود به این معنا که در این سیستم ارزش معاملات آب در بخش‌های اقتصادی ثبت می‌شود و مولفه مشخصی برای ثبت اطلاعات محیط زیستی ندارد [۹].

در این زمینه، کشورها و مناطق کم‌آب، مانند استرالیا، از حساب‌های آب جهت مدیریت منابع خود و تشویق صنایع برای کارآمدتر شدن در مصرف آب استفاده کرده‌اند [۱۰]. Lange و همکاران با دیدگاه اقتصادی در مدیریت منابع آب و با استفاده از SEEA-Water به توسعه حساب‌های آب برای حوضه رودخانه Orange که یک منبع فرامرزی و طولانی‌ترین رودخانه در آفریقای جنوبی است پرداختند. آن‌ها به منظور مقایسه سهم تامین آب از سواحل مختلف و محاسبه میزان مصرف و بهره‌وری آب بر اساس انواع کاربری، حساب‌های ایجاد شده که شامل جداول عرضه و استفاده فیزیکی بود را به داده‌های اقتصادی هر منطقه مرتبط کردند. نتایج حاکی از تفاوت‌های قابل توجهی در نشانگر بهره‌وری آب در بین کشورها بود که

- 1 System of integrated environmental and economic accounts
- 2 System of environmental-economic accounting for water
- 3 System of national accounting

باید در تصمیم‌گیری‌های آینده در مورد تخصیص آب، قیمت‌گذاری و توسعه زیرساخت‌ها مورد توجه قرار گیرد [۱۱]. Mazzanti و همکاران با هدف شناسایی مناسب‌ترین و مؤثرترین اقدامات برای مواجهه با مسائل کم‌آبی و خشکسالی حساب‌های SEEA-Water را برای حوضه رودخانه آرنو در ایتالیا تشکیل دادند. آن‌ها نشان دادند که تکمیل جداول SEEA-Water برای کمک به مدیریت منابع آب در این حوضه و برنامه‌ریزی‌های لازم بسیار کمک کننده است [۱۲]. Pedro-Monzonis و همکاران از حساب‌های SEEA-Water با هدف ارزیابی میزان مصرف آب و هزینه‌های خدمات آب در حوضه رودخانه جوکار واقع در قسمت شرقی شبه‌جزیره ایبری در اسپانیا که مانند سایر حوضه‌های مدیترانه در حال حاضر تحت تنش آبی است، استفاده کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که کل استفاده آب در منطقه ۱۵۱۴۳ و مجموع منابع آب تجدیدپذیر ۳۹۰۹ میلیون متر مکعب در سال است. طبق مقادیر نشانگرهای اقتصادی، هزینه مربوط به مصرف آب در محدوده مطالعاتی بالغ بر ۱۶۳۴ میلیون یورو در سال با قیمت ثابت سال ۲۰۱۲ است که ۹ درصد از هزینه‌ها به منابع آب غیرمتعارف مانند آب شیرین شده، آب مورد استفاده مجدد و آب منتقل شده از مناطق دیگر می‌باشد [۱۳]. به منظور بحث و بررسی در مورد نتایج حساب‌های آب و همچنین برنامه‌ریزی برای مدیریت منابع آب، Setlhogile و همکاران با استفاده از SEEA-Water حساب‌های آب بوتسوانا را برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ ارائه کردند. آن‌ها مشخص کردند که نتایج باید به طور کامل در چارچوب برنامه‌ریزی توسعه ملی ادغام شود تا به تصمیم‌گیری‌ها در مورد تخصیص آب، بهره‌وری آب، زیرساخت‌های آب و گسترش منابع آب غیرمتعارف و همچنین هزینه‌های آب و روش‌های صرفه‌جویی کمک کند. در این تحقیق، نشانگر مصرف آب در بخش کشاورزی بیشتر از شرب بوده و نشانگر مصرف آب در بخش صنعت کمترین مقدار را داشته است و به وسیله نشانگر بهره‌وری اقتصادی آب مشخص شد که ارزش افزوده به ازای مصرف هر متر مکعب آب در طول زمان افزایش یافته است. همچنین سرانه مصرف آب در طول زمان کاهش یافته است که این ممکن است به دلیل صرفه‌جویی مردم در مصرف آب و یا مشکلات مربوط به سیستم آبرسانی باشد [۱۴]. به عنوان نمونه‌ای دیگر، در کلرادو افزایش جمعیت باعث افزایش تقاضا برای آبی می‌شود که قبلاً برای کشاورزی در شرق آن استفاده می‌شد که این مسئله منجر به ایجاد حساب‌های آب به منظور کمک در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب برای این حوضه شده است [۱۵]. همچنین جهت بررسی روند تغییرات منابع آب در ایالات متحده و ایجاد نقشه راه برای تکمیل

مشترک است.

با توجه به گسترش انواع مشکلات کمی و کیفی مربوط به منابع آب در محدوده مطالعاتی هشتگرد در اثر عوامل گوناگون از جمله افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در چند دهه اخیر که افت شدید سطح تراز آب زیرزمینی را به دنبال داشته است، ایجاد حساب‌های آب به منظور شناخت و ارزیابی وضعیت سیستم منابع آب منطقه مطالعاتی هشتگرد ضرورت می‌یابد و از آن‌جا که تاکنون هیچ ارزیابی حسابداری آب در این محدوده انجام نشده است، در این مطالعه ابتدا حساب‌های آب مربوطه در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ تدوین گردید و سپس با استفاده از نشانگرهای منابع آبی، اقتصادی و اجتماعی استخراج شده از سیستم حسابداری زیست‌محیطی - اقتصادی برای آب، ارزیابی‌های لازم در رابطه با وضعیت منابع آب در محدوده هشتگرد انجام شده است. در ادامه پس از شرح روش کار به ارائه نتایج و تحلیل‌های لازم پرداخته شده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی هشتگرد در نیمه شمالی حوضه آبریز دریاچه نمک واقع شده است، مساحت ارتفاعات و دشت در این محدوده به ترتیب ۵۷۹ و ۵۹۱/۶ کیلومتر مربع و حداکثر و حداقل ارتفاع به ترتیب ۴۰۵۸ و ۱۱۳۳ متر می‌باشد و از شرق به محدوده مطالعاتی تهران کرج و از غرب به محدوده مطالعاتی قزوین متصل می‌گردد. سطح محدوده مورد مطالعه در آبخوان ابرفتی دشت هشتگرد بین طول جغرافیایی ۳۰' و ۵۰' تا ۵۰' و ۵۰° عرض جغرافیایی ۴۸' و ۳۵° تا ۰' و ۳۶° واقع می‌باشد (شکل ۱). مهم‌ترین رودخانه موجود در این محدوده، رودخانه کردان می‌باشد که از ناحیه شمال شرقی وارد دشت شده و پس از عبور از سراسر دشت از ناحیه جنوب غربی به شوره‌زار دشت قزوین و سپس رودخانه شور می‌رسد. آبخوان ابرفتی دشت هشتگرد در اراضی مخروط افکنه‌ای از نوط آزاد بوده که به سمت جنوب آبخوان چند لایه شده و کیفیت آب زیرزمینی در لایه‌های محبوس زیرین، بهتر از لایه آزاد می‌باشد [۲۰ و ۱۹]. از مهم‌ترین مناطق جمعیتی موجود در این محدوده مطالعاتی نیز می‌توان به شهر جدید هشتگرد، نظرآباد و آبادی‌های عرب‌آباد، ده صومعه، کریم‌آباد و فشنند اشاره نمود.

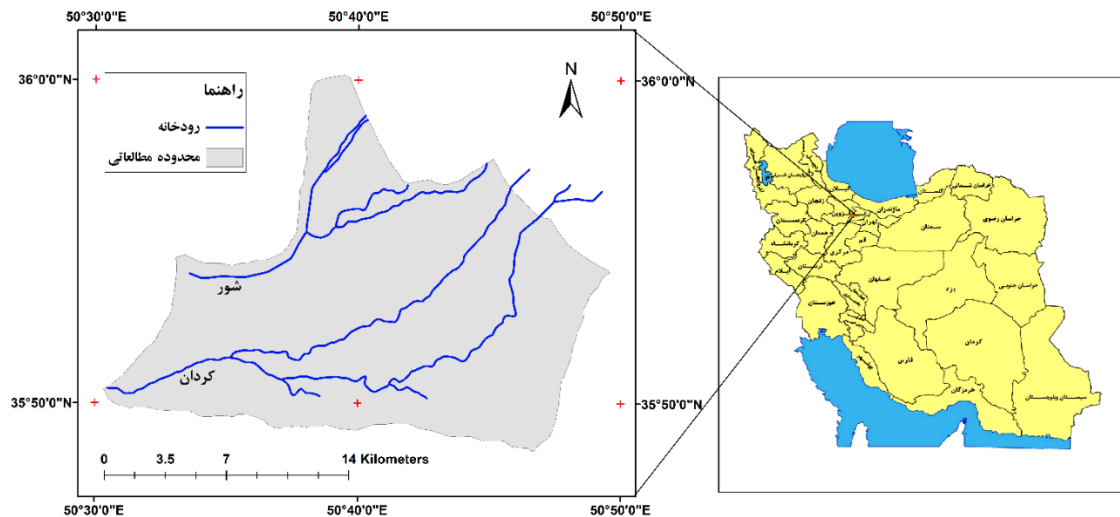
### ۲-۲- سیستم حسابداری زیست‌محیطی و اقتصادی برای آب

سیستم حسابداری زیست‌محیطی و اقتصادی برای آب شامل مجموعه‌ای از جداول استاندارد و مکمل می‌باشد. جداول استاندارد به منظور سامان‌دهی

حسابداری آب با استفاده از SEEA-Water مطالعه‌ای توسط Bagstad و همکاران انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان داد کاهش مصرف آب، همراه با رشد اقتصادی، منجر به افزایش بهره‌وری آب برای کل اقتصاد شده است [۱۶]. از نمونه‌های دیگر تحقیقات در راستای کمک به سیاست‌گذاری جهت مدیریت بهتر منابع آب می‌توان مطالعه Esen و Hein با هدف توسعه حساب‌های آبی با استفاده از یک مدل هیدرولوژیکی را نام برد که به طور خاص، از مدل هیدرولوژیکی SWAT در حوضه Buyuk Mend-eres در ترکیه برای برآورد پارامترهای کلیدی هیدرولوژیکی مورد نیاز برای SEEA-Water استفاده کرده‌اند [۱۷].

از نمونه مطالعات انجام شده در ایران نیز می‌توان به مطالعه مهدوی و همکاران اشاره کرد که با اتخاذ سیستم حساب‌های زیست‌محیطی - اقتصادی برای آب، با هدف ارزیابی یکپارچه منابع آب زیرزمینی در منطقه آبخوان آذرشهر در شمال غرب ایران، به مقایسه نشانگرهای امنیت آب محلی در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ پرداخته و با استفاده از یک مدل پویایی سیستم توسعه یافته در VENSIM PLE، پنج سناریو که می‌تواند باعث بهبود امنیت آب در منطقه شود را تجزیه و تحلیل کرده‌اند [۵]. همچنین باقری و بابائیان با استفاده از سیستم حساب‌های زیست‌محیطی - اقتصادی برای آب به منظور تجزیه و تحلیل امنیت آبی و ارزیابی آسیب‌پذیری سیستم منابع آب دشت رفسنجان در برابر کمبود آب، نشانگرهای آسیب‌پذیری مربوط به سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۶ تهیه و در نهایت سناریوهایی برای کاهش آسیب‌پذیری سیستم با استفاده از مدل شبیه‌سازی پویایی سیستم پیشنهاد کرده‌اند [۱۸]. بدین ترتیب SEEA-Water بر اساس یک سیستم اطلاعاتی یکپارچه می‌تواند در ارزیابی‌های سیستم منابع آب و تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در موارد مختلف مانند تخصیص منابع آب به طور کارآمد، درک اثرات مدیریت آب بر همه کاربران، بهبود بهره‌وری آب و غیره به سیاست‌گذاران کمک کند [۱].

در نهایت با بررسی مطالعات انجام شده، مشاهده می‌شود که شناخت منابع آب یکی از موضوعات مهم برای برنامه‌ریزی‌های حفاظت و توسعه بهره‌برداری از آن است و تنها با وجود آمار و اطلاعات کافی و تجزیه و تحلیل‌های کارآمد می‌توان به آگاهی مناسب نسبت به وضعیت منابع آب دست یافت. در این راستا انواع حساب‌های آب در سطح بین‌المللی ایجاد شده است و اگر چه هر کشور حساب‌های خود را متفاوت و بر اساس مسائلی که با آن‌ها روبرو هستند ارائه کرده، اما یک توافق کلی در مورد ساختار و حوزه حسابداری آب وجود دارد که این به دلیل وجود سیستم‌ها و چارچوب‌های



شکل ۱. محدوده مطالعاتی هشتگرد

Fig. 1. Hashtgerd study area

و تغییراتی که در طول این دوره به دلایل مختلف رخ می‌دهد، به وسیله این حساب‌ها اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.

• حساب‌های اجتماعی - اقتصادی: برخی جنبه‌های اجتماعی، برای مثال، بخش خانوار بر اساس ویژگی‌های اجتماعی و جمعیتی (مانند مناطق روستایی در مقابل مناطق شهری، درآمد و غیره) را می‌توان در جداول تکمیلی در این حساب‌ها در نظر گرفت.

در ارزیابی‌هایی که از جنس کلان منابع آبی هستند، لازم است نشانگرهای دقیق تلفیقی منابع آبی-اقتصادی-اجتماعی انتخاب و به کار گرفته شوند تا وضعیت منطقه مورد مطالعه در جنبه‌های مختلف شناسایی شود. در این تحقیق با استفاده از نشانگرهای منابع آبی، اقتصادی و اجتماعی محاسبه شده از ارقام تولیدی توسط چهار حساب شرح داده شده، به ارزیابی منطقه مطالعاتی هشتگرد طبق مراحل نشان داده شده در شکل ۲ پرداخته شده است.

در به کارگیری SEEA-Water درک درست از مفاهیم و تعاریف نشانگرها نقش بسزایی دارد. به همین علت برخی از مهم‌ترین مفاهیم و روابط در ادامه بر اساس مرجع [۱] تشریح خواهند شد.

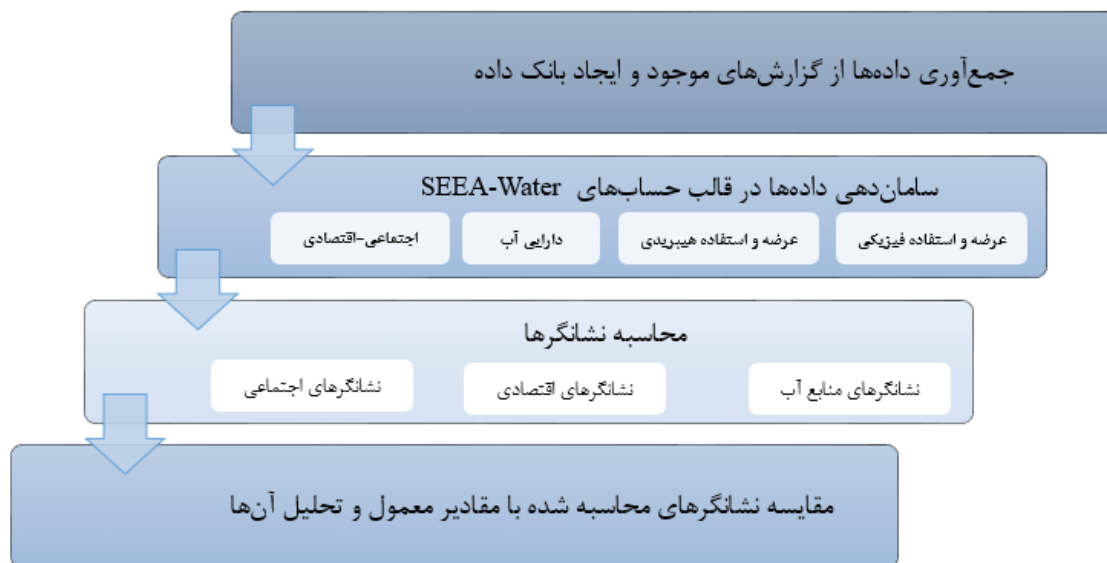
**استفاده:** در این سیستم به مجموع کل برداشت (از منابع آب سطحی و زیرزمینی و غیره) و آب دریافت شده از دیگر بخش‌های اقتصادی (به طور مثال آب دوباره مصرفی) "استفاده" گفته می‌شود.

اطلاعات هیدرولوژیکی و اقتصادی به روشی نظام‌مند و سازگار که نشان دهنده روابط بین آب، اقتصاد و محیط‌زیست می‌باشند، طراحی شده‌اند که تجزیه و تحلیل تعاملات بین آب و اقتصاد را ممکن می‌سازند و همه کشورها در مورد نوع اطلاعاتی که این جداول باید گزارش دهند به توافق رسیده‌اند. جداول مکمل در بردارنده اطلاعات در جنبه‌های اجتماعی بوده و از آن‌جا که کشورهای مختلف به توافق کلی در مورد آن‌ها نرسیده‌اند، این اطلاعات بر اساس صلاحیت تحلیل‌گران و سیاست‌گذاران گزارش می‌شود. به طور کلی مجموعه جداول استاندارد و مکمل به منظور ساده‌سازی تالیف حساب‌ها در کشورها، و جمع‌آوری اطلاعات قابل مقایسه (با کشورهای دیگر و در طول زمان) طراحی شده‌اند [۱]. حساب‌های لازم به چهار دسته طبقه‌بندی می‌شوند که در ادامه هر یک به طور مختصر تشریح شده است [۲۱ و ۱].

• حساب‌های عرضه و استفاده فیزیکی: این حساب‌ها اطلاعات مربوط به حجم تبادل آب بین محیط‌زیست و اقتصاد و نیز بخش‌های اقتصادی (عرضه و استفاده در اقتصاد) را فراهم می‌کند.

• حساب‌های عرضه و استفاده هیبریدی: در این حساب‌ها مقادیر فیزیکی، قابل مقایسه با جریان‌های اقتصادی نظیر هستند و در آن‌ها داده‌ها و معلوماتی در مورد هزینه‌های مرتبط با عرضه و استفاده آب مانند هزینه بهره‌برداری، گردآوری می‌شود.

• حساب دارایی‌های آب: مقدار آب موجود در آغاز و پایان دوره حسابداری



شکل ۲. چارچوب کلی به کار رفته در این تحقیق

Fig. 2. The general framework used in this study

توسط هر یک از کاربری‌ها در ازای مصرف هر متر مکعب آب را نشان دهد. **اهمیت نسبی کشاورزی در اقتصاد:** این نشانگر بر مبنای قسمتی از تولید ناخالص داخلی به دست آمده توسط بخش کشاورزی در یک منطقه، حاصل می‌شود.

**سرنانه آب تجدیدپذیر:** میزان آب قابل برداشت برای هر نفر را نشان می‌دهد و از نسبت حجم آب تجدیدپذیر به جمعیت به دست می‌آید. **تنش آبی نسبی:** این نشانگر، مصرف آب در همه بخش‌های مختلف را نسبت به ذخایر تجدیدپذیر طبیعی اندازه‌گیری می‌کند. داده‌های لازم نیز از جداول عرضه و استفاده فیزیکی و حساب دارایی‌ها به دست می‌آید.

**مطلوبیت حاشیه‌ای:** این مفهوم که یک اصطلاح در علم اقتصاد است، تغییرات در مطلوبیت به ازای مصرف یک واحد بیشتر از کالا را نشان می‌دهد و از نسبت اختلاف مطلوبیت به اختلاف مقدار مصرف کالا به دست می‌آید. به عنوان مثال تغییر حاشیه‌ای بهره‌وری اقتصادی آب در یک بخش از حاصل تقسیم تغییرات درآمد به تغییرات میزان آب مصرفی در آن بخش محاسبه می‌شود. مطلوبیت حاشیه‌ای را می‌توان شیب منحنی مطلوبیت کل دانست، در صورتی که این شیب مثبت باشد، با افزایش مصرف کالا، مطلوبیت کل نیز افزایش می‌یابد.

**کل مصرف و استفاده میانه‌ای:** این مفهوم به هزینه کالاهایی که به عنوان نهاده و خدمات ارائه شده در تولیدات صرف می‌شود اشاره دارد و در

**عرضه:** کل آب‌های برگشتی از مصارف گوناگون به اضافه آب عرضه شده به دیگر بخش‌های اقتصادی (مانند پساب تحویلی به سیستم فاضلاب) به عنوان "عرضه" آب تعریف می‌شود.

**مصرف:** مقدار اختلاف "استفاده" آب و "عرضه" آب تحت عنوان "مصرف" آب شناخته می‌شود.

**منابع آب تجدیدپذیر داخلی:** برابر با جریان متوسط سالانه رودخانه‌ها و بخشی از آب‌های زیرزمینی است که توسط بارش تغذیه می‌شود و از تفاوت بین بارش و تبخیر و تفرق تخمین زده می‌شود.

**منابع آب تجدیدپذیر خارجی:** این نشانگر، نشان دهنده بخشی از منابع آب تجدیدپذیر حوضه است که توسط حوضه‌های مجاور تأمین می‌گردد.

**منابع آب تجدیدپذیر طبیعی:** عبارت است از حداکثر میزان آب موجود در یک کشور در یک دوره زمانی متوسط سالانه و از مجموع منابع آب تجدیدپذیر داخلی و خارجی به دست می‌آید.

**وابستگی به منابع آب برون مرزی:** این نشانگر مبین بخشی از منابع آب تجدیدپذیر است که از خارج منطقه نشئت می‌گیرد.

**بهره‌وری اقتصادی:** میزان ارزش درآمد ناخالص حاصل شده در قبال میزان آب مصرفی تعریف این نشانگر می‌باشد که برای کاربری‌های مختلف و همچنین برای محدوده مطالعاتی محاسبه می‌شود تا میزان درآمد تولید شده

جدول ۱. داده‌های مورد نیاز

Table 1. The required data

مرفه	توضیحات	مرجع
استفاده آب	استفاده سالانه برای انواع مصارف	[۱۹ و ۲۲]
آب برگشتی	آب برگشتی سالانه برای انواع مصارف	[۱۹ و ۲۲]
هزینه‌ها	داده موجود با حذف اثر تورم و بر اساس قیمت سال پایه ۱۳۹۰	[۲۳-۲۵]
درآمدها	داده موجود با حذف اثر تورم و بر اساس قیمت سال پایه ۱۳۹۰	[۲۳-۲۵]
بارندگی	داده‌های موجود سالانه	[۱۹ و ۲۷]
جریان‌های ورودی و خروجی	جریان سطحی خروجی از دبی ایستگاه نجم‌آباد جریان زیرزمینی ورودی و خروجی سالانه	[۲۷ و ۲۰ و ۱۹]
تبخیر و تعرق واقعی	اعداد مبتنی بر روش تورنت وایت	[۲۷ و ۲۰]
نفوذ از بارش و رواناب	داده‌های سالانه موجود	[۱۹ و ۲۷]
جمعیت	از حاصل مجموع جمعیت مربوط بر اساس داده‌های ارائه شده توسط مرکز آمار ایران	[۲۶]

آن هزینه‌های ثابت سرمایه‌ای محاسبه نمی‌شود.

شده به ترتیب در جدول پیوست پ-۱ تا پ-۶ در بخش پیوست آورده شده‌اند.

۲-۳- داده‌های مورد استفاده

برای فراهم‌آوری داده‌های فیزیکی مورد نیاز مانند حجم برداشت آب برای انواع مصارف (استفاده آب)، آب‌های برگشتی، بارش، تبخیر و تعرق واقعی، جریان‌های سطحی و زیرزمینی ورودی و خروجی از آمار وزارت نیرو، شرکت آب منطقه‌ای تهران و البرز و شرکت مدیریت منابع آب ایران استفاده شده است [۱۹ و ۲۲]. همچنین اطلاعات جمعیت منطقه از داده‌های مرکز آمار ایران و هزینه‌ها و درآمدها نیز از گزارش مطالعات اقتصادی دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا و همچنین مطالعات برنامه جامع سازگاری با اقلیم به دست آمده است [۲۳-۲۶]. در جدول ۱ توضیحاتی در مورد گردآوری داده‌های خام و پردازش‌های صورت گرفته ارائه شده است.

۳-۱- بیان

برای تکمیل جداول حسابداری آب باید توجهی ویژه به بیان منابع آب منطقه داشت. اجزای بیان منابع آب منطقه مطالعاتی هشتگرد در شکل ۳ قابل مشاهده است.

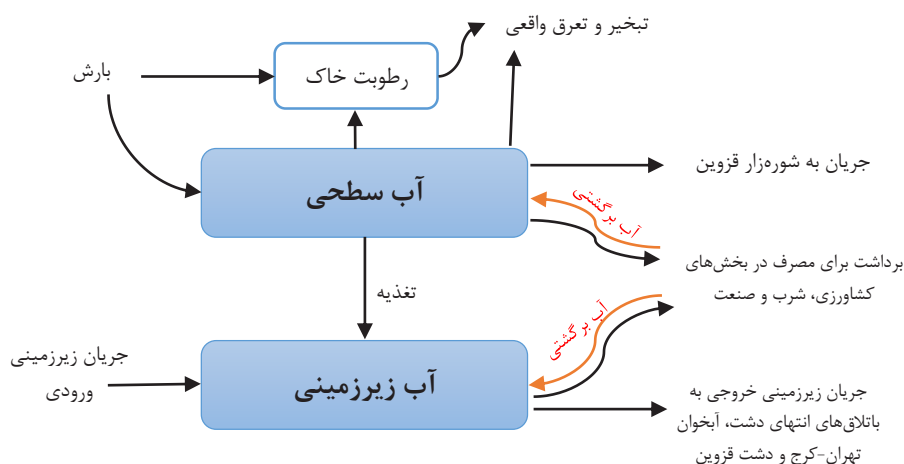
طبق نتایج گزارش شده در حساب دارایی‌ها در سال ۱۳۹۵ مجموع مولفه‌های ورودی به آبخوان (جریان زیرزمینی ورودی، نفوذ از بارش، نفوذ از رواناب و جریان‌های برگشتی) برابر  $305/3$  میلیون متر مکعب و خروجی از آبخوان (جریان زیرزمینی خروجی و برداشت) برابر  $324/2$  میلیون متر مکعب است. در نتیجه آبخوان مورد مطالعه با کسری مخزن  $18/9$  میلیون متر مکعب مواجه است.

۳- نتایج و بحث

با توجه به این که در این تحقیق، کاربری‌ها به شکل سه نوع فعالیت کشاورزی، شرب و صنعت طبقه‌بندی شده‌اند، اقدام به تهیه حساب‌های عرضه و استفاده فیزیکی، عرضه و استفاده هیبریدی، دارایی‌های آب و همچنین اجتماعی-اقتصادی برای محدوده مطالعاتی هشتگرد بر اساس SEEA-Water در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ شد. در ادامه، جداول تکمیل

۳-۲- حساب عرضه و استفاده فیزیکی

در این حساب‌ها که نشان دهنده اطلاعات فیزیکی آب هستند مشاهده می‌شود که برداشت آب در بخش‌های کشاورزی و صنعت از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ افزایش و در بخش شرب کاهش یافته است. همچنین به دلیل افزایش سطح زیر کشت در مزارع کشاورزی و رشد صنعت، مصرف آب در بخش‌های



شکل ۳. اجزای بیلان منابع آب هشتگرد

Fig. 3. Hashtgerd water resources balance components

کردن و فشنده به دست آمده است از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ به مقدار قابل توجهی (۱۰۴/۲ میلیون متر مکعب) کاهش یافته است. همان طور که در حساب دارایی‌ها ملاحظه می‌شود، با توجه به کاهش مقدار بارندگی، رواناب بارش نیز کم شده است و بدیهی است که به دنبال آن برداشت از آب‌های سطحی، نفوذ از رواناب و جریان سطحی خروجی کاهش یافته است.

همچنان که در جدول مربوطه گزارش شده است، طبق اطلاعات به دست آمده جریان زیرزمینی ورودی از ۹۳/۶۵ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۸۵ به ۱۰۲/۳ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۹۵ افزایش و جریان زیرزمینی خروجی از ۳۳/۷ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۸۵ به ۲۳/۹ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است. همچنین برداشت از آبخوان از ۲۰۰/۷ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۸۵ به ۳۰۰/۳ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است.

و در نهایت مجموع دارایی‌های آب سطحی و زیرزمینی و رطوبت خاک در پایان دوره از ۴۱۳ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۸۵ به ۳۵۵/۶ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است.

### ۳-۵- حساب اجتماعی اقتصادی

لازم به ذکر است که طراحی جداول حساب اجتماعی-اقتصادی بر اساس مرجع [۲۸] صورت گرفته است و به منظور از بین بردن تاثیر تورم در احتساب قیمت‌ها از اعداد شاخص بهای کالا و خدمات مصرفی در سال پایه

کشاورزی و صنعت به ترتیب معادل ۱۴/۶ و ۱۰۳/۵ درصد زیاد و علی‌رغم رشد جمعیت در محدوده به دلیل افزایش شوری و کاهش کیفیت آب، مصرف شرب به میزان ۴۲ درصد کم شده است. آب برداشتی از رطوبت خاک که قابل استفاده در بخش کشاورزی است و برابر مقدار بارشی است که بر سطح مزارع تحت کشت دیم می‌بارد نیز از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ کاهش یافته که این اختلاف به دلیل کاهش مقدار بارندگی است.

### ۳-۳- حساب عرضه و استفاده هیبریدی

در این بخش اطلاعات اقتصادی مانند هزینه‌ها و درآمدها به اطلاعات فیزیکی آب مرتبط می‌شوند. نتایج مربوط به عرضه و استفاده آب در این حساب‌ها همان نتایج گزارش شده در حساب‌های عرضه و استفاده فیزیکی است. با بررسی مقادیر اقتصادی مشخص می‌شود که در سال ۱۳۹۵ هزینه بخش صنعت نسبت به سال ۱۳۸۵ افزایش و هزینه‌های بخش کشاورزی و شرب نسبت به سال ۱۳۸۵ کاهش یافته است. در رابطه با درآمدها نیز می‌توان گفت که درآمد در بخش شرب به میزان ۳۷ درصد کاهش و در بخش‌های کشاورزی و صنعت به ترتیب ۷/۴ و ۵۴۲/۶ درصد افزایش و در کل نیز درآمدها حدود ۷ درصد افزایش یافته است.

### ۳-۴- حساب دارایی

موجودی آب سطحی در شروع دوره که از مجموع دبی رودخانه‌های

جدول ۲. نشانگرهای منابع آب، اقتصادی و اجتماعی در محدوده مطالعاتی هشتگرد در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ (ادامه دارد)

Table 2. Water resources, economic and social indicators in Hashtgerd study area in 2006 and 2016(Continue)

مرجع مقدار معمول	مقدار معمول	رابطه	۱۳۹۵	۱۳۸۵	نشانگرهای منابع آب
-	-	بارندگی منهای تبخیر و تعرق	۴۰/۲	۴۶/۵	۱ حجم منابع آب تجدیدپذیر داخلی (میلیون متر مکعب)
-	-	جریان از منطقه بالادست	۱۰۲/۳	۹۳/۶۵	۲ حجم منابع آب تجدیدپذیر خارجی (میلیون متر مکعب)
-	-	جریان به منطقه پایین دست	۳۱/۷۵	۴۹/۷۳	۳ جریان انتقالی به خارج حوضه (میلیون متر مکعب)
-	-	جمع آب تجدیدپذیر منهای جریان انتقالی به خارج حوضه	۱۱۰/۸	۹۰/۴	۴ مجموع منابع تجدیدپذیر طبیعی (میلیون متر مکعب)
[۱]	۰/۵	تجدیدپذیر خارجی به تجدیدپذیر طبیعی	۰/۹۲	۱/۰۴	۵ وابستگی به منابع آب برون مرزی
[۱]	۰/۵	برداشت از آب زیرزمینی به کل آب برداشتی	۰/۹۸	۰/۷۴	۶ وابستگی به منابع آب زیرزمینی
[۱]	۰/۴	کل مصرف به تجدیدپذیر طبیعی	۱/۶۴	۱/۷۹	۷ تنش آب نسبی (RWSI)
[۱]	۰/۴	کل مصرف به تجدیدپذیر داخلی	۴/۵۲	۳/۴۹	۸ شدت مصرف آب (نسبت آب مصرفی به آب تجدیدپذیر داخلی)
-	-	میانگین سالیانه دشت	۷۴۳/۹	۶۵۹/۹	۹ میزان شوری منابع آب (میکروموس بر سانتی متر)

### ۳-۶- ارزیابی منابع آب در محدوده مطالعاتی هشتگرد

در جدول ۲ نشانگرهای تولید شده با استفاده از ارقام گزارش شده در حساب‌های موجود در بخش پیوست، آورده شده است. سپس به وسیله این نشانگرها، به ارزیابی چگونگی و کارکرد سیستم منابع آب محدوده مطالعاتی هشتگرد پرداخته شده است. لازم به توضیح است که با توجه به اختلاف

۱۳۹۰ استفاده شده است.

اطلاعات جمعیتی منطقه در این حساب‌ها نشان می‌دهد که کل جمعیت ۵۵۲۴۶ نفر از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ افزایش یافته است. به طور جزئی‌تر در سال ۱۳۹۵ جمعیت شهری ۶۱۸۴۷ نفر نسبت به سال ۱۳۸۵ افزایش و جمعیت روستایی ۶۶۰۱ نفر کاهش یافته است.



جدول ۲. نشانگرهای منابع آب، اقتصادی و اجتماعی در محدوده مطالعاتی هشتگرد در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ (ادامه دارد)

Table 2. Water resources, economic and social indicators in Hashtgerd study area in 2006 and 2016(Continude)

مرجع مقدار معمول	مقدار معمول	رابطه	۱۳۹۵	۱۳۸۵	نشانگرهای اقتصادی آب
متوسط نشانگر مورد نظر در سال ۱۳۸۵ [۲۸]	۹۲/۴	مصرف کشاورزی به کل مصرف	۹۵/۴۶	۹۳/۵۶	مصرف در بخش کشاورزی به کل مصرف (درصد)
متوسط نشانگر مورد نظر در سال ۱۳۸۵ [۲۸]	۶/۴	مصرف شرب به کل مصرف	۲/۸۴	۵/۵	مصرف در بخش شرب به کل مصرف (درصد)
متوسط نشانگر مورد نظر در سال ۱۳۸۵ [۲۸]	۱/۲	مصرف صنعت به کل مصرف	۱/۷۱	۰/۹۴	مصرف در بخش صنعت به کل مصرف (درصد)
متوسط نشانگر مورد نظر در سال ۱۳۸۵ [۲۸]	۱۲۴۲۲	درآمد ناخالص بر کل مصرف آب	۵۷۲۶/۶	۶۰۱۰/۱	بهره‌وری اقتصادی آب در محدوده (ریال بر متر مکعب)
متوسط نشانگر مورد نظر در سال ۱۳۸۵ [۲۸]	۳۰۰۵	درآمد ناخالص کشاورزی بر مصرف آب کشاورزی	۵۸۸۸/۷	۶۲۸۶	بهره‌وری اقتصادی آب در بخش کشاورزی محدوده (ریال بر متر مکعب)
متوسط نشانگر مورد نظر در سال ۱۳۸۵ [۲۸]	۱۶۰۶۹۷	درآمد ناخالص شرب بر مصرف آب شرب	۲۴۱۹/۴	۲۲۲۵/۶	بهره‌وری اقتصادی آب در بخش شرب محدوده (ریال بر متر مکعب)
متوسط نشانگر مورد نظر در سال ۱۳۸۵ [۲۸]	۳۸۲۶۷۷	درآمد ناخالص صنعت بر مصرف آب صنعت	۲۱۵۶/۳	۶۸۲/۸	بهره‌وری اقتصادی آب در بخش صنعت محدوده (ریال بر متر مکعب)
-	-	درآمد ناخالص کشاورزی بر کل درآمد ناخالص	۰/۹۸۲	۰/۹۷۹	اهمیت نسبی کشاورزی در اقتصاد
متوسط نشانگر مورد نظر در سال ۱۳۸۵ [۲۸]	۱/۱۴	مصرف کشاورزی به منابع تجدیدپذیر طبیعی	۱/۵۷	۱/۶۸	اهمیت نسبی کشاورزی در رسیدن به تعادل آبی

جدول ۲. نشانگرهای منابع آب، اقتصادی و اجتماعی در محدوده مطالعاتی هشتگرد در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ (ادامه دارد)

Table 2. Water resources, economic and social indicators in Hashtgerd study area in 2006 and 2016(Continue)

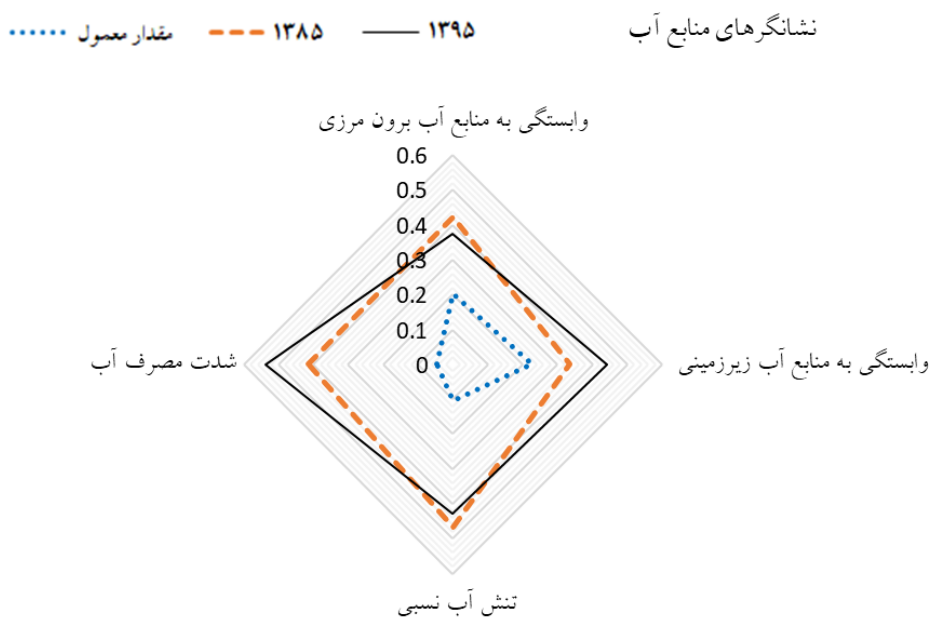
مرجع مقدار معمول	مقدار معمول	رابطه	۱۳۹۵	۱۳۸۵	نشانگرهای اجتماعی
-	-	نتایج سرشماری	۳۲۹۰۴۲	۲۷۳۷۹۶	۱۹ جمعیت محدوده (نفر)
-	-	نتایج سرشماری	۲۲۸۲۳۹	۱۶۶۳۹۲	۲۰ جمعیت شهری (نفر)
-	-	نتایج سرشماری	۱۰۰۸۰۳	۱۰۷۴۰۴	۲۱ جمعیت روستایی (نفر)
[۲۹]	کمتر از ۱۷۰۰ متر مکعب تنش آبی و کمتر از ۱۰۰۰ وضعیت کمبود آب	تجدیدپذیر طبیعی به جمعیت	۳۳۶/۷۰	۳۳۰/۰۸	۲۲ سرانه آب تجدیدپذیر (متر مکعب بر نفر)
متوسط نشانگر مورد نظر در سال ۱۳۸۵ [۲۸]	۵۲۴۷۱۷۹۶	درآمد محدوده به جمعیت محدوده	۳۱۶۸۷۰۶/۲۰۱	۳۵۵۷۹۵۳	۲۳ سرانه درآمد (ریال بر نفر)
<b>تغییرات حاشیه‌ای</b>					
-	-	نسبت تغییرات درآمد منطقه به تغییرات میزان آب مصرفی در منطقه	۳۴۲۷/۲		۲۴ تغییرات حاشیه‌ای بهره‌وری اقتصادی آب در محدوده
-	-	نسبت تغییرات درآمد کشاورزی به تغییرات میزان آب مصرفی کشاورزی	۳۱۶۷/۹		۲۵ تغییرات حاشیه‌ای بهره‌وری اقتصادی آب در بخش کشاورزی
-	-	نسبت تغییرات درآمد شرب به تغییرات میزان آب مصرفی شرب	۱۹۵۸/۴		۲۶ تغییرات حاشیه‌ای بهره‌وری اقتصادی آب در بخش شرب
-	-	نسبت تغییرات درآمد صنعت به تغییرات میزان آب مصرفی صنعت	۳۵۸۰/۳		۲۷ تغییرات حاشیه‌ای بهره‌وری اقتصادی آب در بخش صنعت

بر اساس نشانگرهای فوق، به ارزیابی‌های مربوطه برای سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ در منطقه مورد نظر پرداخته شده است. از آن‌جا که مد نظر قرار دادن تمامی دانسته‌ها به طور هم‌زمان مسئله‌ای دشوار است، به منظور مقایسه نشانگرهای منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ با مقدارهای معمول جهانی (و کشوری مربوط به مرجع [۲۸]) از نمودارهای رادار مطابق شکل‌های ۴ و ۵ استفاده شده است. در این نمودارها، نشانگرها پس از نرمال

مفاهیم برداشت آب و مصرف در چارچوب حسابداری آب استفاده شده، در این تحقیق از مصرف آب برای برآورد نشانگرها استفاده شده است.

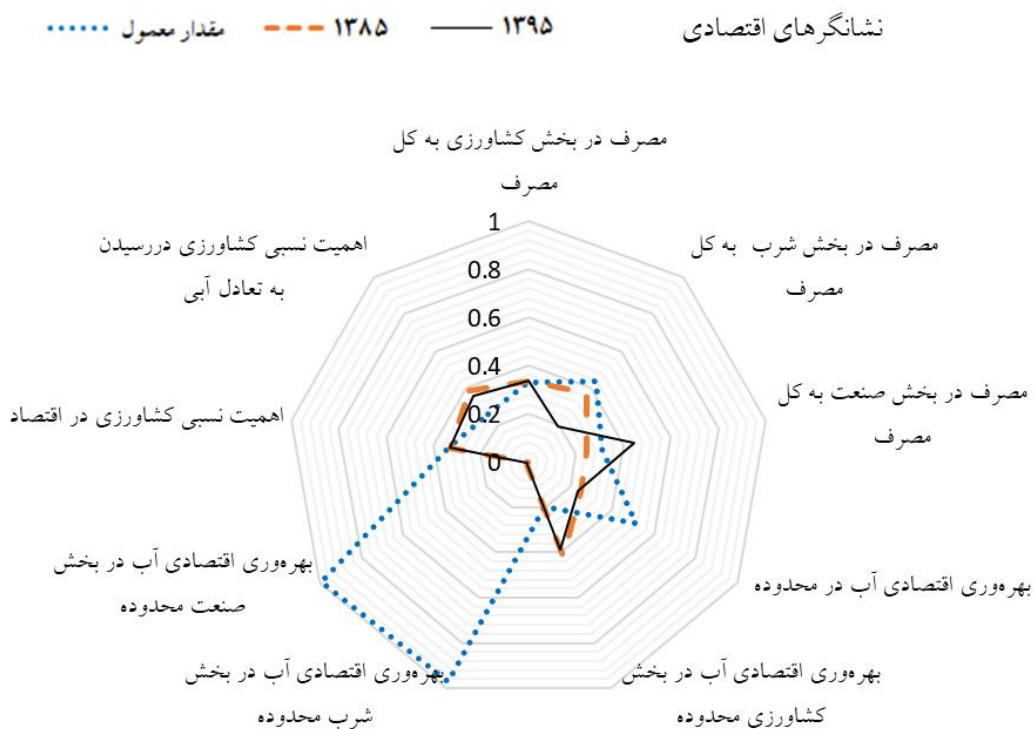
### ۳-۶-۱- مقایسه نشانگرها و مقادیر معمول

نشانگرهای محاسبه شده در جدول ۲، اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی وضعیت سیستم منابع آب محدوده مطالعاتی هشتگرد را فراهم می‌کند. لذا



شکل ۴. دیاگرام وضعیت نشانه‌گرهای منابع آب

Fig. 4. Diagram of the status of water resources indicators



شکل ۵. دیاگرام وضعیت نشانه‌گرهای اقتصادی

Fig. 5. Diagram of the status of economic indicators

در سال ۱۳۹۵ دانست. مقدار محاسبه شده برای نشانگر اهمیت نسبی کشاورزی در اقتصاد گویای سهم زیاد بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی منطقه در هر دو سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ است. در محدوده مطالعاتی، مقدار مصرف آب در بخش کشاورزی نسبت به منابع تجدیدپذیر طبیعی طبق نشانگر اهمیت نسبی کشاورزی در رسیدن به تعادل آبی بالاتر از حد معمول است.

طبق شاخص فالکن مارک اگر سرانه آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۷۰۰ متر مکعب در سال برای هر نفر باشد، تنش آبی و اگر این مقدار کمتر از ۱۰۰۰ متر مکعب در سال برای هر نفر باشد، وضعیت کمبود آب بر منطقه حاکم است. با توجه به این که سهم سرانه منابع آب تجدیدپذیر این محدوده کمتر از ۱۰۰۰ متر مکعب بر نفر در سال است، محدوده در وضعیت کمبود آب است و علی‌رغم افزایش تقاضای آب در اثر افزایش ۲۰/۲ درصدی جمعیت از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، این نشانگر حدود ۲ درصد بهبود یافته است که این به دلیل افزایش منابع آب تجدیدپذیر طبیعی ناشی از افزایش جریان زیرزمینی ورودی بوده است. سرانه درآمد نیز در این محدوده اختلاف بسیار زیادی با مقدار معمول دارد و میزان محاسبه شده برای سرانه درآمد به شدت از مقدار معمول کمتر است و این میزان اختلاف بیانگر سطح کم درآمد و وجود فقر در منطقه مطالعاتی هشترگرد است. همچنین این نشانگر از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ کاهش یافته است که این امر نیز نشان‌دهنده پیش‌رونده بودن فقر در این محدوده است.

نتایج نشان می‌دهد که بهره‌وری اقتصادی بخش کشاورزی بیشتر از بخش‌های شرب و صنعت است. میزان این نشانگر در بخش کشاورزی بیش از مقدار معمول مربوطه و در بخش‌های شرب و صنعت بسیار کمتر از مقدار معمول آن‌ها است. همانطور که ملاحظه می‌شود، تغییرات حاشیه‌ای بهره‌وری اقتصادی آب در محدوده مثبت است و این یعنی علی‌رغم وجود شرایط فوق بحرانی و کاهش بهره‌وری اقتصادی آب در محدوده از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، به دلیل وجود مزایای موقت، همچنان بر مصرف آب در بخش‌های مختلف تاکید می‌شود.

در جدول ۳ تغییرات حاشیه‌ای بهره‌وری اقتصادی آب در بخش‌های مختلف نشان داده شده است. تغییرات حاشیه‌ای بهره‌وری اقتصادی آب در بخش صنعت مثبت بوده و علاوه بر این، نکته قابل توجه افزایش حدود ۳/۱۶ برابری بهره‌وری اقتصادی آب از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ در این بخش است که این نشان‌دهنده توسعه اقتصادی در بخش صنعت است و می‌تواند انگیزه‌ای برای تغییر تمرکز اقتصادی از بخش کشاورزی به صنعت باشد. با توجه به

شدن به روش خطی؛ بدون بعد ارائه شدند. همانطور که در این اشکال نیز مشاهده می‌شود، نتایج حاصل از تحلیل نشانگرهای به دست آمده، بیانگر وجود اختلاف زیاد بین مقادیر محاسبه شده نشانگرها و مقادیر معمول آن‌ها، به دلیل مصرف زیاد آب نسبت به حجم کم منابع آب بوده که این مسئله باعث وابستگی زیاد محدوده به منابع آب زیرزمینی و برون‌مرزی، تنش آبی شدید و ناپایداری کامل شده است.

### ۳-۶-۲- تحلیل نشانگرها

مقدار به دست آمده برای تنش آبی نسبی که بیان‌کننده میزان کل مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت نسبت به حجم منابع آب تجدیدپذیر طبیعی است، در سال ۱۳۸۵ برابر ۱/۷۹ و در سال ۱۳۹۵ برابر ۱/۶۴ است و این مقادیر از مقدار معمول جهانی (۰/۴ بر اساس مرجع [۱]) بیشتر بوده و تنش آبی شدیدی در منطقه حاکم است. کاهش این نشانگر ناشی از افزایش حجم آب تجدیدپذیر طبیعی به دلیل افزایش جریان زیرزمینی ورودی از خارج منطقه است. به این صورت که با افزایش برداشت و افت هد در آبخوان، به دلیل افزایش گرادبان هیدرولیکی بین بیرون و داخل آبخوان، جریان زیرزمینی ورودی افزایش و خروجی کاهش می‌یابد و در نتیجه منابع تجدیدپذیر طبیعی افزایش می‌یابد. با توجه به نشانگرهای مصرف در بخش‌های مختلف، بخش کشاورزی با ۹۵/۴۶ درصد کل مصرف آب، اثرگذارترین بخش در بالا بودن مقدار تنش آبی نسبی شناخته می‌شود و پس از آن به ترتیب بخش‌های شرب و صنعت در این نشانگر موثر هستند.

مقدار محاسبه شده برای نشانگر شدت مصرف آب که پایداری منابع آب را نشان می‌دهد و بیانگر نسبت آب مصرفی به آب تجدیدپذیر داخلی است، نیز بیشتر از مقدار معمول جهانی (۰/۴ بر اساس مرجع [۱]) است و این به معنی ناپایداری منطقه ناشی از مصرف زیاد آب نسبت به میزان منابع آب موجود تجدیدپذیر داخلی بوده که بخش کشاورزی با بیشترین مقدار مصرف آب، بیشترین تاثیر را در بالا بودن مقدار این نشانگر دارد. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میزان شوری منابع آب از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ افزایش و در نتیجه آن، کیفیت آب کاهش یافته است. با توجه به افت کیفیت آب، میزان مصرف آن در بخش شرب کاهش و در مقابل، میزان مصرف آب در بخش‌های کشاورزی و صنعت که آب با کیفیت نامناسب‌تر نسبت به شرب قابل استفاده است، افزایش یافته است. همچنین می‌توان دلیل دیگر افزایش نشانگر مصرف در بخش کشاورزی به کل مصرف را افزایش سطح زیر کشت از ۲۵۰۵۵ هکتار در سال ۱۳۸۵ به ۲۸۳۹۶/۸ هکتار

جدول ۳. تغییرات حاشیه‌ای بهره‌وری اقتصادی آب در بخش‌های مختلف

Table 3. Marginal value of water productivity in different sectors

واحد‌ها: ریال بر متر مکعب	۱۳۸۵	۱۳۹۵	تغییرات حاشیه‌ای (از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵)
بهره‌وری اقتصادی آب در محدوده	۶۰۱۰/۱	۵۷۲۶/۶	۳۴۲۷/۲
بهره‌وری اقتصادی آب در بخش کشاورزی محدوده	۶۲۸۶	۵۸۸۸/۷	۳۱۶۷/۹
بهره‌وری اقتصادی آب در بخش شرب محدوده	۲۲۲۵/۶	۲۴۱۹/۴	۱۹۵۸/۴
بهره‌وری اقتصادی آب در بخش صنعت محدوده	۶۸۲/۸	۲۱۵۶/۳	۳۵۸۰/۳

در سال ۱۳۹۵ برابر ۱/۶۴ بوده که بالاتر از مقدار معمول ۰/۴ است. مقدار به دست آمده برای نشانگر شدت مصرف آب نیز گویای ناپایداری منطقه است و این بدین معنا است که میزان مصرف آب بسیار بیشتر از حجم منابع آب تجدیدپذیر داخلی است. همچنین سرانه آب تجدیدپذیر به عنوان یکی از مهم‌ترین نشانگرهای اجتماعی، وضعیت کمبود آب در محدوده مطالعاتی را نمایان می‌سازد.

در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که منابع آب محدوده هشتگرد وضعیت مطلوبی ندارد که متأسفانه به دلیل توجه به مزایای بی‌دوام و مثبت بودن تغییرات حاشیه‌ای بهره‌وری اقتصادی آب که باعث درآمدزایی در منطقه با افزایش مصرف آب می‌شود، با وجود شرایط بحرانی، همچنان مصرف آب افزایش یافته است که بخش کشاورزی با ۹۵/۵ درصد مصرف آب، بیشترین سهم را در وخامت اوضاع منابع آب در این محدوده مطالعاتی دارد. در انتها با توجه به کاهش بهره‌وری اقتصادی آب در بخش کشاورزی علی‌رغم افزایش مصرف آب در این بخش، پیشنهاد می‌شود که فعالیت کشاورزی در این منطقه کاهش یابد و از آن‌جا که بهره‌وری اقتصادی آب در بخش صنعت افزایش قابل توجهی یافته است، توصیه می‌شود تمرکز فعالیت‌های اقتصادی از بخش کشاورزی به سمت بخش صنعت هدایت شود.

این توضیحات و همچنین مصرف بالای آب و کاهش بهره‌وری اقتصادی آب در بخش کشاورزی از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، توصیه می‌شود در این محدوده مطالعاتی از فعالیت بخش کشاورزی کاسته و در مقابل فعالیت‌های صنعتی رونق یابد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه با به کارگیری سیستم حسابداری زیست‌محیطی و اقتصادی برای آب که یکی از چاقوب‌های نوین جهت استفاده در ارزیابی‌های کلان منابع آبی است به ارزیابی وضعیت منابع آب در محدوده مطالعاتی هشتگرد پرداخته شد. به این صورت که پس از تشکیل حساب‌های عرضه و استفاده فیزیکی، عرضه و استفاده هیبریدی، دارایی‌های آب و حساب اجتماعی-اقتصادی به استخراج نشانگرهای منابع آبی، اقتصادی و اجتماعی پرداخته شد. نتایج حساب‌های عرضه و استفاده فیزیکی این مطلب را مشخص کرد که مصرف آب در بخش‌های کشاورزی و صنعت از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ افزایش یافته است. همچنان که نتایج نشانگرهای مربوطه منابع آبی نشان داد، در این محدوده وابستگی به منابع آب برون‌مرزی و منابع آب زیرزمینی بالا است. همچنین نسبت کل مصارف آب در بخش‌های مختلف به منابع آب تجدیدپذیر طبیعی نشان دهنده تنش آبی شدید بوده و مقدار تنش آبی نسبی

جدول پ-۱. استفاده فیزیکی آب

Table A1. Physical use of water

کل		صنعت		شرب		کشاورزی		جدول استفاده فیزیکی آب (واحدها: میلیون متر مکعب)	
۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵		
۳۰۷/۴	۲۷۱/۱	۹/۸	۳/۸	۱۷/۲	۲۵	۲۸۰/۴	۲۴۲/۲	$(1.a.+1.b = 1.i.+1.ii =)$	۱. کل برداشت آب
۳۰۷/۴	۲۷۱/۱	۹/۸	۳/۸	۱۷/۲	۲۵	۲۸۰/۴	۲۴۲/۲		a.۱ برداشت برای مصرف
-	-	-	-	-	-	-	-		b.۱ برداشت برای توزیع
۳۰۷/۴	۲۷۱/۱	۹/۸	۳/۸	۱۷/۲	۲۵	۲۸۰/۴	۲۴۲/۲		i.۱ از منابع زمینی
۶/۶	۶۹/۷	۰	۰/۰۶	۰	۲	۶/۶	۶۷/۶		۱i.۱ از منبع آب سطحی
۳۰۰/۳	۲۰۰/۷	۹/۸	۳/۸	۱۷/۲	۲۳	۲۷۳/۳	۱۷۳/۹		۲i.۱ از منابع آب زیرزمینی
۰/۴۵	۰/۶۸	-	-	-	-	۰/۴۵	۰/۶۸		۳i.۱ رطوبت خاک
-	-	-	-	-	-	-	-		ii.۱ آب جمع‌آوری شده از باران
-	-	-	-	-	-	-	-		iii.۱ برداشت آب از دریا
-	-	-	-	-	-	-	-		۲. آب دریافتی از دیگر بخش‌های اقتصادی
-	-	-	-	-	-	-	-		a.۲ آب دوباره مصرفی
-	-	-	-	-	-	-	-		b.۲ پساب تحویلی به سیستم فاضلاب
۳۰۷/۴	۲۷۱/۱	۹/۸	۳/۸	۱۷/۲	۲۵	۲۸۰/۴	۲۴۲/۲	$(1+2=)$	۳. کل استفاده آب

از حوزه

بین  
بخش‌های  
اقتصادی

جدول پ-۲. عرضه فیزیکی آب

Table A2. Physical water supply

کل		صنعت		شرب		کشاورزی		جدول عرضه فیزیکی آب (واحدها: میلیون متر مکعب)	
۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵		
-	-	-	-	-	-	-	-		۴. عرضه آب به دیگر بخش‌های اقتصادی
-	-	-	-	-	-	-	-		a.۴ آب دوباره مصرفی
-	-	-	-	-	-	-	-		b.۴ پساب تحویلی به سیستم فاضلاب
۱۲۵/۳	۱۰۹	۶/۷	۲/۳	۱۲	۱۶/۱	۱۰۶/۶	۹۰/۶	$(5.a.+5.b=)$	۵. کل آب برگشتی
۱۲۵/۳	۱۰۹	۶/۷	۲/۳	۱۲	۱۶/۱	۱۰۶/۶	۹۰/۶		a.۵ به منابع آب زمینی
۱۲۵/۳	۵۶/۲	۶/۷	۰/۴۱	۱۲	۰	۱۰۶/۶	۵۵/۸		۱a.۵ منبع آب سطحی
-	۵۲/۸	-	۱/۹	-	۱۶/۱	-	۳۴/۸		۲a.۵ منابع آب زیرزمینی
-	-	-	-	-	-	-	-		۳a.۵ رطوبت خاک
-	-	-	-	-	-	-	-		b.۵ به دیگر منابع
۱۲۵/۳	۱۰۹	۶/۷	۲/۳	۱۲	۱۶/۱	۱۰۶/۶	۹۰/۶	$(4+5=)$	۶. کل آب عرضه شده
۱۸۲/۱	۱۶۲/۱	۳/۱	۱/۵	۵/۲	۸/۹	۱۷۳/۸	۱۵۱/۷	$(3-6=)$	۷. مصرف

جدول پ-۳. استفاده هیبریدی

Table A3. Hybrid use

مصرف میانه‌ای صنایع								جدول استفاده هیبریدی
کل		صنعت		شرب		کشاورزی		
۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	
۳۸۸۱۸۹/۳	۶۶۳۳۰۷/۲	۳۳۲۲/۵	۶۱۲/۶	۵۰۶۲/۵	۸۷۹۴/۷	۳۷۹۸۰۴/۳	۶۵۳۸۹۹/۹	۱. کل مصرف و استفاده میانه‌ای (میلیون ریال)
-	-	-	-	-	-	-	-	a.۱. آب طبیعی
-	-	-	-	-	-	-	-	b.۱. خدمات فاضلاب
۳۰۷/۴	۲۷۱/۱	۹/۸	۳/۸	۱۷/۲	۲۵	۲۸۰/۴	۲۴۲/۲	۳. کل استفاده آب (میلیون متر مکعب)
۳۰۷/۴	۲۷۱/۱	۹/۸	۳/۸	۱۷/۲	۲۵	۲۸۰/۴	۲۴۲/۲	a.۳. کل برداشت آب
۳۰۷/۴	۲۷۱/۱	۹/۸	۳/۸	۱۷/۲	۲۵	۲۸۰/۴	۲۴۲/۲	۱a۳. آب برداشت شده برای استفاده خود بخش
-	-	-	-	-	-	-	-	b.۳. استفاده از آب دریافتی از دیگر بخش‌های اقتصادی

جدول پ-۴. عرضه هیبریدی

Table A4. Hybrid supply

جدول عرضه هیبریدی								
کل		صنعت		شرب		کشاورزی		
۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	
۱۰۴۲۶۳۷/۴	۹۷۴۱۵۳/۴	۶۶۹۹/۸	۱۰۴۲/۶	۱۲۴۹۱/۵	۱۹۸۲۵/۲	۱۰۲۳۴۴۶/۱	۹۵۳۲۸۵/۶	۱. کل خروجی و عرضه (میلیون ریال)
-	-	-	-	-	-	-	-	a.۱. آب طبیعی
-	-	-	-	-	-	-	-	b.۱. خدمات فاضلاب
۱۲۵/۳	۱۰۹	۶/۷	۲/۳	۱۲	۱۶/۱	۱۰۶/۶	۹۰/۶	۲. کل عرضه آب (میلیون متر مکعب)
-	-	-	-	-	-	-	-	a.۲. عرضه آب به دیگر بخش‌های اقتصادی
-	-	-	-	-	-	-	-	۱a۲. پساب تحویلی به سیستم فاضلاب
۱۲۵/۳	۱۰۹	۶/۷	۲/۳	۱۲	۱۶/۱	۱۰۶/۶	۹۰/۶	b.۲. کل آب برگشتی

جدول پ-۵. دارایی آب

Table A5. Asset account

کل	رطوبت خاک		آب زیرزمینی		منابع آب سطحی		جدول دارایی آب (واحدها: میلیون متر مکعب)	
					رودخانه‌ها			
۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	
۴۲۶/۹	۴۸۴/۵	۱۹/۳	۲۵/۷	۳۰۲/۴	۲۴۹/۳	۱۰۵/۳	۲۰۹/۵	۱. شروع دوره
۴۲۷/۴	۴۳۶/۳	۱۱۲/۶	۱۰۸/۴	-	۲۳۳	-	۹۴/۹	ورودی
۱۲۵/۳	۱۰۹	-	-	-	۵۲/۸	-	۵۶/۲	۲. جریان برگشتی
۱۲۲/۱۷	۱۴۷/۱	۱۱۲/۵۵	۱۰۸/۴	-	-	۹/۶۲	۳۸/۷	۳. بارندگی
۱۸۰	۱۸۰/۳	-	-	۱۸۰	۱۸۰/۳	۰	۰	۴. جریان ورودی
۱۰۲/۳	۹۳/۶۵	-	-	۱۰۲/۳	۹۳/۶۵*	۰	۰	a.۴. جریان از منطقه بالادست
۲۸/۸۷	۷/۷۴	-	-	۲۸/۸۷	۷/۷۴	۰	۰	۱.b.۴. جریان از دیگر منابع موجود در منطقه (نفوذ از بارش)
۴۸/۸	۷۸/۸۶	-	-	۴۸/۸	۷۸/۸۶	-	-	۲.b.۴. جریان از دیگر منابع موجود در منطقه (نفوذ از رواناب)
۴۹۸/۷۲	۵۰۸/۱			-				خروجی
۳۰۷/۴	۲۷۱/۱	۰/۴۵	۰/۶۸	۳۰۰/۳	۲۰۰/۷	۶/۶	۶۹/۷	۵. برداشت
۱۱۰/۸	۱۰۸/۴			-				۶. تبخیر/تبخیر و تعرق واقعی
۸۰/۶	۱۲۸/۶	-	-	۲۳/۹۰	۳۳/۷	۵۶/۷	۹۴/۸	۷. جریان خروجی
۳۱/۷۵	۴۹/۷	-	-	۲۳/۹	۳۳/۷	۷/۸۵	۱۶	a.۷. جریان به منطقه پایین دست
-	-	-	-	-	-	-	-	b.۷. جریان به دریا
۴۸/۸	۷۸/۸۶	-	-	-	-	۴۸/۸	۷۸/۸۶	۱c.۷. جریان به دیگر منابع موجود در منطقه
-	-	-	-	۰	۰	-	-	۲c.۷. جریان به دیگر منابع موجود در منطقه
-	-	-	-	-	-	-	-	۸. دیگر تغییرات در حجم آب
۳۵۵/۶	۴۱۳	-	-	-	-	-	-	۹. پایان دوره

\*باتوجه به عدم وجود داده‌ی مورد نیاز، از عدد متوسط مربوط به سال ۱۳۴۵-۱۳۹۰ گزارش شده در مطالعات بهنگام‌سازی بیان منابع آب استفاده شده است [۲۰].



جدول پ-۶. حساب اجتماعی-اقتصادی

Table A6. Socio-economic account

کل		صنعت		شرب		کشاورزی		حساب اجتماعی-اقتصادی
۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵	۱۳۸۵	
۳۰۷/۴	۲۷۱/۱	۹/۸	۳/۸	۱۷/۲	۲۵	۲۸۰/۴	۲۴۲/۲	۱. کل استفاده آب (میلیون متر مکعب)
۱۲۵/۳	۱۰۹	۶/۷	۲/۳	۱۲/۰۵	۱۶/۱	۱۰۶/۶	۹۰/۶	۲. کل عرضه آب (میلیون متر مکعب)
۳۲۹۰۴۲	۲۷۳۷۹۶	-	-	-	-	-	-	۳. جمعیت
۲۲۸۲۳۹	۱۶۶۳۹۲	-	-	-	-	-	-	a.۳. جمعیت شهری
۱۰۰۸۰۳	۱۰۷۴۰۴	-	-	-	-	-	-	b.۳. جمعیت روستایی
-	۱۹۸۶۲۲	-	-	-	-	-	-	۴. جمعیت ۱۰ ساله و بیشتر
-	۶۶۶۴۱	-	-	-	-	-	-	a.۴. جمعیت فعال
-	۶۳۰۲۷	-	-	-	-	-	-	b.۴. جمعیت شاغل
-	۳۶۱۴	-	-	-	-	-	-	c.۴. جمعیت بی کار
-	۱۳۱۹۸۱	-	-	-	-	-	-	d.۴. جمعیت غیرفعال
۱۰۴۲۶۳/۴	۹۷۴۱۵/۴	۶۶۹/۸	۱۰۴/۶	۱۲۴۹/۵	۱۹۸۲/۲	۱۰۲۳۴۴/۱	۹۵۳۲۸/۶	۵. درآمد (میلیون ریال)
۷	۳	۹	۲	۱	۵	۶	۵	

Water (SEEA-Water) for integrated assessment of water security in an aquifer scale - Case study: Azarshahr aquifer, Iran, Groundwater for Sustainable Development, (2019).

- [6] K. Chalmers, J. Godfrey, B. Potter, Discipline-informed approaches to water accounting, Australian Accounting Review, 22 (2012) 275-285.
- [7] M.M. Weckström, V.A. Örmä, J.M. Salminen, An order of magnitude: How a detailed, real-data-based return flow analysis identified large discrepancies in modeled water consumption volumes for Finland, Ecological Indicators, 110 (2020) 105835.
- [8] M. Vardon, Preparation of the "Glossy" publication on the system of environmental-economic accounting for water, in: 16 th Meeting of the London Group on

منابع

- [1] U.N.S. Division, SEEA-Water System of Environmental-Economic Accounting for Water, (2012).
- [2] F. Dolan, J. Lamontagne, R. Link, M. Hejazi, P. Reed, J. Edmonds, Evaluating the economic impact of water scarcity in a changing world, Nature communications, 12 (2021) 1-10.
- [3] W.e. Forum, Global Risks, Insight Report. 10th Edition. Retrived from: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_2015\\_Report15.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_2015_Report15.pdf), (2015).
- [4] U. Nations, Sustainable development goals: 17 goals to transform our world, United Nations., (2015).
- [5] T. Mahdavi, A. Bagheri, S.A. Hosseini, Applying the System of Environmental and Economic Accounts for

- Rafsanjan Plain, Iran – Adopting the SEEA framework of water accounting, *Ecological Indicators*, (2020).
- [19] M.o. Energy, Semi-detailed studies of Hashtgerd plain. Pars Rayab Consulting Engineering Company. Groundwater Section Report, (2011), (in Persian).
- [20] M.o. Energy, Water resources balance update studies in the study area of the Namak Lake basin. Department of basic studies of water resources management company, Water resources balance report in the study area, (2013), (in Persian).
- [21] F. Babaeian, Vulnerability Assessment of the socio-economic and water resource system in Rafsanjan study area to water scarcity based on the water accounting framework, Master Thesis of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, (2015), (in Persian).
- [22] M.o. Energy, Evaluation report of water resources and consumption in Alborz province and study areas of Alborz Regional Water Company. Department of basic studies of water resources management company, (2016), (in Persian).
- [23] M.o. Energy, Semi-detailed studies of Hashtgerd plain. Pars Rayab Consulting Engineering Company. Social and Economic Studies Report, (2008), (in Persian).
- [24] M.o. Energy, Update studies of comprehensive water resources plan in the Namak Lake, Gavkhooni, Siahkuh Rig Zarrin and Central Desert basins. Department of Water and wastewater macro planning, Economic Studies Report, (2012), (in Persian).
- [25] M.a.P. Organization, Comprehensive Climate Adaptation Program Studies. Current and future status of namak lake basin water resources, (2005), (in Persian).
- [26] S.C.. Iran, Household Population Village, <http://www.amar.org.ir>, (2016).
- [27] M. Jamdar, M. Sarai Tabrizi, A. Saremi, Management and optimization for conjunctive operation of water resources in order to reduce Hashtgerd aquifer decline, *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 8(3) (2019) 85-102, (in Persian).
- Environmental Accounting, 2010.
- [9] M. Yousofzadeh Chabok, Water resources assessment using efficiency indicators in an integrated approach based on a water accounting framework–Case study: Mashad Plain, Master Thesis of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, (2013), (in Persian).
- [10] M. Vardon, M. Lenzen, S. Peavor, M. Creaser, Water accounting in Australia, *Ecological Economics*, 61 (2007) 650-659.
- [11] G.-M. Lange, E. Mungatana, R. Hassan, Water accounting for the Orange River Basin: An economic perspective on managing a transboundary resource, *Ecological economics*, 61(4) (2007) 660-670.
- [12] B. Mazzanti, I. Bonamini, G. Checcucci, L. Fiumi, F. Consumi, S. Bartalesi, G. Montini, The UN System for Environmental-Economic Accounts for Water (SEEA-W) and groundwater management: the experience of the Arno River Basin Authority within the PAWA project, *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater*, 3(3) (2014).
- [13] M. Pedro-Monzonís, A. Solera, J. Ferrer, J. Andreu, T. Estrela, Water accounting for stressed river basins based on water resources management models, *Science of the Total Environment*, 565 (2016) 181-190.
- [14] T. Setlhogile, J. Arntzen, O. Pule, Economic accounting of water: The Botswana experience, *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 100 (2017) 287-295.
- [15] B.o. Reclamation, Colorado River Accounting and Water Use Report: Arizona, California, and Nevada, (2018).
- [16] K.J. Bagstad, Z.H. Ancona, J. Hass, P.D. Glynn, S. Wentland, M. Vardon, J. Fay, Integrating physical and economic data into experimental water accounts for the United States: Lessons and opportunities, *Ecosystem Services*, 45 (2020) 101182.
- [17] S.E. Esen, L. Hein, Development of SEEA water accounts with a hydrological model, *Science of the Total Environment*, (2020).
- [18] A. Bagheri, F. Babaeian, Assessing water security of

- 12(1) (2016) 1-17, (in Persian).
- [29] M. Falkenmark, C. Widstrand, Population and water resources: a delicate balance, Population bulletin, 47 (1992) 1-36.
- [28] F. Babaeian, A. Bagheri, M. Rafieian, Vulnerability analysis of water resources systems to water scarcity based on a water accounting framework (case study: Rafsanjan study area), Iran-Water Resources Research,

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

Sh. Rajaieian, H. Ketabchi, T. Ebadi, Water resources assessment in Hashtgerd study area based on the system of environmental-economic accounting for water, Amirkabir J. Civil Eng., 54(9) (2022) 3313-3332.

DOI: [10.22060/ceej.2022.20846.7543](https://doi.org/10.22060/ceej.2022.20846.7543)



