

تخصیص عادلانه منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در ناحیه آبیاری فومنات با رویکرد بهینه‌سازی

سمیه جنت‌رستمی* و علی صلاحی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۲۲)

چکیده

رعایت سه اصل اساسی بهره‌وری، عدالت و پایداری در تخصیص منابع آب ضروری است. اما، معمولاً برقراری عدالت در تخصیص آب کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. ناحیه آبیاری فومنات با ۵ واحد عمرانی، یکی از نواحی سه‌گانه شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود است که بیش از ۹۰ درصد وسعت اراضی این ناحیه مربوط به اراضی شالیزاری است. با توجه به اینکه، آب نقش مهمی در شالیزارهای برنج دارد، عدم توزیع یکنواخت منابع آب موجود در کل ناحیه آبیاری در فصول کشت برنج سبب بروز کمبود آب آبیاری و خسارت‌های زیادی در بعضی از اراضی ناحیه آبیاری خواهد شد. در این مطالعه، با توجه به منابع آب مشترک بین واحدهای عمرانی واقع در ناحیه آبیاری فومنات، عدالت در میزان برداشت از آب زیرزمینی و آب دریافتی از کانال شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود بین واحدهای عمرانی با استفاده از معیار ضریب جینی ارزیابی شد. به این ترتیب، یک مدل بهینه‌سازی تخصیص آب با دو هدف حداکثر کردن عدالت در تخصیص آب زیرزمینی و آب کانال با توجه به رعایت حداقل سود اقتصادی در واحدهای عمرانی توسعه یافت. نتایج نشان داد که در حالت بهینه، میزان عدالت تخصیص منابع آب زیرزمینی و آب کانال در مقایسه با وضعیت موجود به ترتیب ۴۶/۳ و ۴۳/۷ درصد افزایش یافت. همچنین ارزیابی تخصیص بهینه منابع آب موجود نشان می‌دهد که مقادیر برداشت از آب زیرزمینی و آب دریافتی از کانال به صورت متعادل بین واحدهای عمرانی توزیع می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ضریب جینی، شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود، سود اقتصادی، عدالت

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: janatrostami@guilan.ac.ir

مقدمه

در چند دهه اخیر، با افزایش جمعیت و رشد اقتصادی، مسئله کمبود آب به یکی از مسائل جدی در بسیاری از مناطق دنیا تبدیل شده است که این مسئله در اثر رقابت شدید بین ذی‌نفعان آب یک منطقه شدت می‌یابد به طوری که منجر به درگیری بین این ذی‌نفعان شده است. بنابراین استراتژی‌های تخصیص منابع آب می‌تواند تأثیر قابل توجهی روی توسعه اقتصادی، پایداری اجتماعی و اکوسیستم منطقه داشته باشد (۸ و ۱۳). در تخصیص منابع آب موجود در یک حوضه یا منطقه خاص، رعایت سه اصل اساسی بهره‌وری، عدالت و پایداری، مطابق با قوانین اقتصادی منابع آب ضروری است (۱۶). با این حال، هدف اصلی اکثر مطالعاتی که تاکنون انجام شده است، حداکثر کردن سود اقتصادی سیستم بوده و به ندرت به عدالت در تخصیص منابع آب توجه شده است (۶، ۱۹، ۲۰، ۲۴ و ۲۵). در حالی که، برابری و عدالت در تخصیص آب در کاهش درگیری بین کاربران آب و رسیدن به پایداری اجتماعی کمک قابل توجهی می‌کند (۳). به طوری که، محققانی نظیر نیشی و همکاران (۱۷)، لویز و همکاران (۱۵)، هو و همکاران (۱۱)، دای و همکاران (۴) و ژو و همکاران (۲۶) مطالعات خود را در راستای برقراری عدالت، افزایش بهره‌وری و استفاده پایدار از منابع آب متمرکز کرده‌اند.

تخصیص کارآمد منابع آب، علاوه بر اینکه باعث تعادل بین عرضه و تقاضای آب می‌شود، میزان اطمینان از توزیع عادلانه آب بین مصارف بخش‌های خانگی، صنعتی، کشاورزی و اکولوژیکی را نیز افزایش می‌دهد (۷). دوپرت و یانگ (۵) برای تخمین مقادیر اقتصادی تخصیص کارآمد آب یک روش احتمالاتی را پیشنهاد کرد و گریفن (۱۰) با تخمین بهره‌وری اقتصادی کل ناشی از تخصیص منابع آب، حداکثر مجموع سودهای خالص را مورد بررسی قرار داد. با توجه به اینکه، توزیع عادلانه منابع آب باعث برقراری پایداری اجتماعی می‌شود، چندین روش کیفی و غیرمستقیم برای ارزیابی عدالت و برابری در تخصیص منابع آب توسعه یافته

است (۱، ۱۲ و ۱۸).

به طور کلی، عدالت به طرز تفکر افراد بستگی دارد و به دلیل اینکه بین افراد مختلف در جامعه تعریف ثابتی از عدالت وجود ندارد، نمی‌توان آن را به صورت علمی بررسی کرد (۲۵). ضریب جینی، یکی از روش‌های علمی است که معمولاً برای اندازه‌گیری عدالت استفاده می‌شود (۱۱). این ضریب با مقایسه همه متغیرهای یک منبع، توزیع عادلانه آن را اندازه‌گیری می‌کند (۹). کالیس و کوپن (۲) برای اولین بار نشان دادند که ضریب جینی یک روش کمی مؤثر برای اندازه‌گیری نابرابری‌های تخصیص آب است. آنها از این ضریب، برای اندازه‌گیری نابرابری مصرف آب در حوضه مدیریتی رودخانه‌ای در آفریقای جنوبی استفاده کردند. پس از آن، ژانگ و شو (۲۸) برای برقراری عدالت در توزیع مصرف آب شهری بین شهرهای مختلف رودخانه‌ای در چین، سیکل و همکاران (۲۲) برای بررسی تأثیر انتقال آب مجازی در جبران نابرابری مصرف آب بین ملل مختلف، ونگ (۲۵) به منظور برابری تأمین آب شرب در حوضه رودخانه زرد، اقتضار و فوقارتی (۱۴) برای اندازه‌گیری عدالت در سیاست‌های مختلف تخصیص منابع آب زیرزمینی، یوان و همکاران (۲۷) در پیاده‌سازی رویکرد عدالت اقتصادی-اجتماعی برای محاسبه مقادیر حد مجاز دبی تخلیه فاضلاب شهرها و دای و همکاران (۴) برای اندازه‌گیری برابری و سود حاصل از تخصیص آب در حوضه دریاچه دیانچی از ضریب جینی استفاده کردند. بررسی مطالعاتی که از ضریب جینی به عنوان معیاری برای برقراری عدالت در تخصیص آب استفاده شده است، نشان می‌دهد که تاکنون در هیچ مطالعه‌ای از این ضریب برای برقراری عدالت در تخصیص منابع تأمین آبی مختلف در یک منطقه استفاده نشده است. استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی به عنوان منابع تأمین آب در بخش‌های مختلف یک منطقه در صورتی که منشأ تأمین هر یک از این منابع یکسان باشد به این معنا که از یک منبع آب سطحی یا از یک آبخوان باشد ممکن است باعث بی‌عدالتی در مصرف آب از یک منبع

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

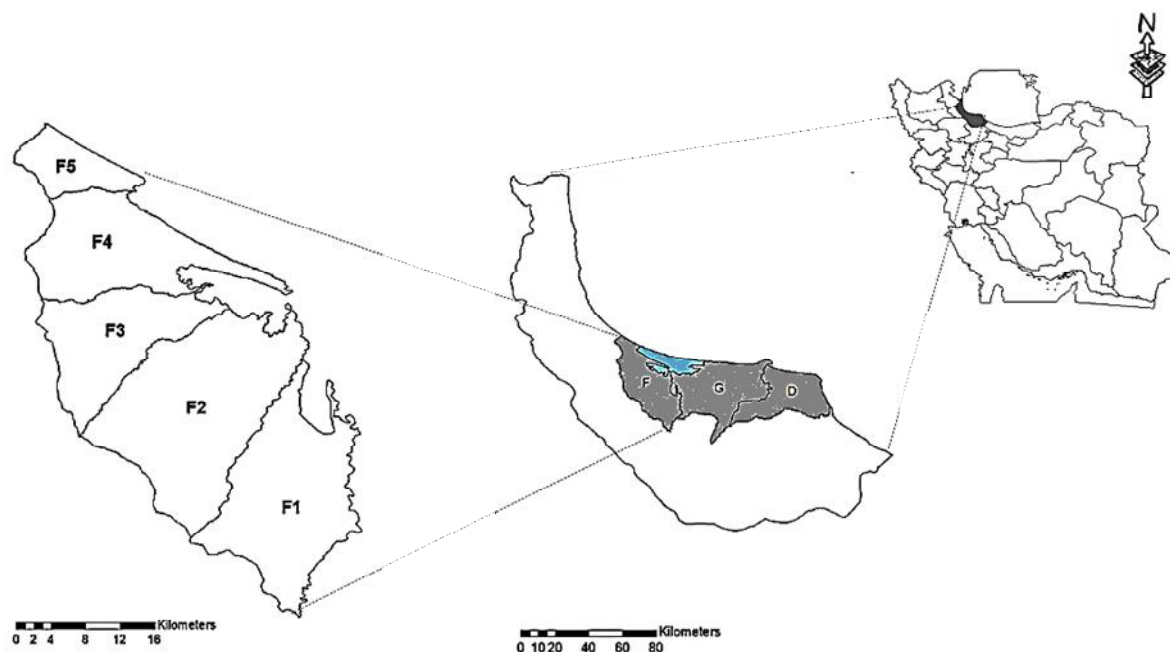
شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود با احداث سد مخزنی سفیدرود در ساحل غربی دریای خزر واقع در استان گیلان اجرا شد. محدوده این شبکه که در ارتفاع ۲۶- تا ۱۰۰+ نسبت به سطح آزاد قرار گرفته، دارای آب و هوای مدیترانه‌ای است. ارتفاع متوسط بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۱۲۰۰ میلی متر است که حدود ۷۰ درصد آن در فصل‌های پاییز و زمستان رخ می‌دهد. کشت اصلی این منطقه برنج است که حدود ۹۵ درصد سطح زیر کشت سالانه را به‌خود اختصاص می‌دهد. رودخانه سفیدرود منبع اصلی تأمین کننده اراضی کشاورزی دشت گیلان و به‌ویژه شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود است. مساحت این شبکه حدود ۲۸۴۱۸۰ هکتار است که از ۱۷ واحد عمرانی شامل واحدهای D1 تا D5 در سمت راست رودخانه سفیدرود، واحدهای G1 تا G7 در ساحل سمت چپ رودخانه و واحدهای F1 تا F5 در ناحیه فومنات تشکیل شده است. در این مطالعه، ناحیه آبیاری فومنات مورد بررسی قرار می‌گیرد که موقعیت آن در شکل ۱ نشان داده شده است. مساحت اراضی این ناحیه با جمعیت ۲۲۰ هزار نفر، حدود ۸۴۳۱۰ هکتار است که حدود ۵۶۷۷۵ هکتار از آن مربوط به اراضی شالیزار است. آب مورد نیاز این اراضی از منابع آب زیرزمینی و سطحی تأمین می‌شود. آب‌های زیرزمینی از طریق پمپاژ از چاه‌های حفر شده در این مناطق به‌دست می‌آید و آب‌های سطحی علاوه بر منابع آب داخلی (رودخانه‌های محلی و آب‌بندان‌ها) از طریق سد انحرافی تاریک واقع در ۳۵ کیلومتری پایین‌دست سد مخزنی سفیدرود با استفاده از کانال آب‌بر فومن به واحدهای عمرانی واقع در این ناحیه انتقال داده می‌شود.

جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات

بر اساس آمار و گزارش‌ها سازمان آب منطقه‌ای گیلان در سال ۱۳۹۲، مجموع آب سطحی در دسترس در ناحیه فومنات با سطح زیر کشت حدود ۵۸۰۰۰ هکتار، تقریباً ۶۰۴ میلیون

آبی شود. از آنجا که، مدیریت تلفیقی منابع مختلف تأمین آب اعم از آب سطحی و زیرزمینی می‌تواند باعث افزایش دسترسی آب، برقراری امنیت آبی و ایجاد ظرفیت بیشتر برای انطباق با تغییرات اقلیمی و شرایط بحرانی شود (۲۱)، بررسی عدالت در تخصیص منابع مختلف آبی در این موارد ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین در این مطالعه، عدالت در تخصیص منابع آب سطحی و زیرزمینی با استفاده از ضریب جینی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود، یکی از بزرگ‌ترین شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور است که بیش از ۹۰ درصد وسعت اراضی این شبکه به کشت محصول استراتژیک برنج اختصاص یافته است. آب، مهم‌ترین عامل در کشت برنج است، به‌طوری که، کاهش مقدار آب و یا مدیریت تخصیص ناصحیح آن در مراحل مختلف رشد گیاه، خسارات اقتصادی زیادی را به بار می‌آورد. کمبود آب خروجی از سد سفیدرود به نواحی عمرانی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود و عدم وجود عدالت توزیع آب سطحی در واحدهای عمرانی ابتدایی و انتهای نواحی آبیاری باعث ایجاد کمبود آب به‌ویژه در شرایط وقوع خشکسالی در شالیزارهای واقع در پایین‌دست شبکه می‌شود. در این شرایط، آبیگری واحدهای عمرانی بالادست به میزان کافی انجام شده و در کل فصل زراعی به ندرت دچار کمبود آب می‌شوند. درحالی که، حجم آب کمتری به واحدهای عمرانی پایین‌دست خواهد رسید و اغلب مواقع فصل زراعی با کمبود آب مواجه هستند. بنابراین کشاورزان این مناطق برای جبران این کمبود، با توجه به دسترسی منابع آب زیرزمینی، به برداشت از این منابع روی می‌آورند که برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی در هنگام وقوع خشکسالی‌های شدید باعث افت بیش از حد سطح آب زیرزمینی و پیشروی آب شور دریا در مناطق ساحلی می‌شود. بنابراین، تخصیص عادلانه منابع آب در این مناطق، با توجه به منابع آب سطحی و زیرزمینی موجود ضروری است که در این مطالعه مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۱. موقعیت ناحیه آبیاری فومنات

کشاورزی تقسیم می‌شود. با توجه به گزارش‌های موجود در منطقه، منابع آب سطحی موجود در همه واحدهای عمرانی ناحیه فومنات، به مصارف کشاورزی تخصیص داده می‌شوند و سایر بخش‌های مصرفی از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کنند. مقادیر منابع و مصارف بخش‌های مختلف در ناحیه فومنات در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. در ادامه، جزئیات داده‌ها و پارامترهای مورد نیاز مدل تخصیص منابع آب به تفکیک واحد های عمرانی در ناحیه آبیاری فومنات نیز در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است. لازم به ذکر است که مقادیر میانگین سود اقتصادی به دست آمده در جدول ۳ با توجه به سطح زیرکشت محصولات مختلف، عملکرد آنها و آب تخصیص یافته در هر واحد عمرانی محاسبه شده است.

روش تحقیق

همان‌طور که در بخش‌های قبلی ذکر شد، آب رهاسازی شده از سد سفیدرود که از طریق کانال آب‌بر فومن به ناحیه آبیاری فومنات وارد می‌شود، بین واحدهای عمرانی F1 تا F2، که در ابتدای ناحیه آبیاری واقع شده‌اند، بدون در نظر گرفتن عدالت

مترمکعب است و میزان برداشت مجاز از آب‌های زیرزمینی، تقریباً ۱۱۷ میلیون مترمکعب است. برای مدیریت و تخصیص بهتر منابع آب در واحدهای عمرانی ناحیه فومنات، شناخت کافی نوع منابع و مصارف منطقه ضروری است. منابع آبی هر واحد عمرانی به دو بخش آب‌های سطحی و زیرزمینی تقسیم می‌شود. منابع آب سطحی ناحیه فومنات شامل شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود، آب‌بندان‌ها، رودخانه‌های محلی و زهکش های مزارع هستند که برای محاسبه میزان آب قابل برداشت از رودخانه‌های محلی هر واحد عمرانی، لازم است حداقل نیاز زیست‌محیطی رودخانه‌ها محاسبه شود که در این مطالعه از روش تنانت اصلاح شده (۲۳) استفاده شد. این روش در واقع روش تنانت با تغییرات جزئی است که در آن نیاز زیست محیطی، دبی متوسط ماهانه در فصل‌های بهار و تابستان با ضریب ۰/۳ و در فصل‌های پاییز و زمستان با ضریب ۰/۱ محاسبه می‌شود. پس از تعیین حداقل نیاز زیست‌محیطی، با توجه به ضریب تلفات رودخانه‌ای، مقادیر آب قابل برداشت رودخانه‌ها در هر واحد عمرانی محاسبه شد. مصارف اصلی هر واحد عمرانی به سه بخش مصارف خانگی، صنعت و

جدول ۱. مقادیر منابع سطحی موجود در واحدهای عمرانی ناحیه فومنات (برحسب میلیون مترمکعب)

واحد عمرانی	کانال فومن	رودخانه	زهکش	آب‌بندان	مجموع
F1	۱۰۶/۳۹	۱۴/۰۸	۳/۹۱	۰/۴۴	۱۲۴/۸۲
F2	۱۲۱/۵۸	۱۷/۷۴	۱/۷۲	۴/۴۵	۱۴۵/۴۹
F3	۴۵/۵۹	۱۶/۵۴	۰/۵۸	۰/۸۸	۶۳/۵۹
F4	۲۴/۳۲	۷/۳۸	۱/۵۴	۴/۴۱	۳۷/۶۵
F5	۶/۰۸	۵/۸۶	۱/۴۴	۱/۴۹	۱۴/۸۷
مجموع	۳۰۳/۹۶	۶۱/۶	۹/۱۸	۱۱/۶۷	۳۸۶/۴۲

جدول ۲. مقادیر مصارف بخش‌های مختلف در واحدهای عمرانی ناحیه فومنات (برحسب میلیون مترمکعب)

واحد عمرانی	خدمات		صنعت		کشاورزی		زیست محیطی	مجموع
	زیرزمینی	سطحی	زیرزمینی	سطحی	زیرزمینی	سطحی		
F1	۴/۳۴	۰	۱/۵۸	۰	۱۱/۸۲	۱۱۴/۱۸	۲۰/۴۱	۱۵۲/۳۳
F2	۸/۳۵	۰	۱/۲۹	۰	۱۹/۸۲	۱۳۳/۳۳	۲۵/۷۱	۱۸۸/۵۱
F3	۱/۴۷	۰	۰/۴۴	۰	۱۱/۴۷	۵۹/۰۳	۲۳/۹۷	۹۶/۳۸
F4	۱/۲۳	۰	۱/۲۱	۰	۲۲/۸۲	۳۵/۲۲	۱۰/۷۰	۷۱/۱۷
F5	۱/۰۶	۰	۰/۴۷	۰	۱۰/۶۷	۱۴/۲۶	۸/۴۹	۳۴/۹۵
مجموع	۱۶/۴۵	۰	۵	۰	۷۶/۶۰	۳۵۶/۰۲	۸۹/۲۸	۵۴۳/۳۵

جدول ۳. میانگین سود اقتصادی به‌ازای هر واحد آب مصرفی در بخش کشاورزی (واحد: ریال بر مترمکعب)

واحد عمرانی	کشاورزی
F1	۱۴۶۷۷
F2	۱۶۱۳۵
F3	۱۵۵۷۷
F4	۱۷۶۱۳
F5	۱۶۵۵۴

جدول ۴. حداقل و حداکثر تقاضای آب بخش کشاورزی (برحسب میلیون مترمکعب)

واحد عمرانی	حداکثر	حداقل
F1	۱۵۱/۹۶	۱۲۶/۰۰
F2	۱۹۵/۹۴	۱۵۳/۱۵
F3	۸۷/۲۱	۷۰/۵۰
F4	۷۶/۸۵	۵۸/۰۴
F5	۳۲/۲۴	۲۴/۹۳
مجموع	۵۴۴/۲۰	۴۳۲/۶۲

منطقه امری ضروری است. در این راستا، معیاری که به‌طور مؤثر در اندازه‌گیری نابرابری‌های تخصیص منابع استفاده شده است، ضریب جینی است (۱۵ و ۱۷). جینی (۹)، ضریب جینی را برای اندازه‌گیری توزیع ارائه کرد. در علم ریاضی ضریب جینی معمولاً بر اساس منحنی لورنز بیان می‌شود. در این منحنی محور Y بیانگر درصدی از کل تخصیص آب است که توسط X درصد از مناطق با سود اقتصادی کمتر به‌دست می‌آید. در این منحنی خط ۴۵ درجه به‌عنوان خط برقراری عدالت کامل در تخصیص آب در نظر گرفته می‌شود. ضریب جینی را می‌توان با توجه به شکل ۲ نسبت مساحت بین خط برقراری عدالت کامل و منحنی لورنز به مساحت کل زیر خط برقراری عدالت کامل در نظر گرفت. به‌عبارت دیگر، ضریب جینی برابر است با

$$Gini = S / (S + C) \quad (26)$$

در منحنی لورنز، برای اندازه‌گیری ضریب جینی در تخصیص آب، از اختلاف میانگین نسبی استفاده می‌شود که برای محاسبه آن، اختلاف میانگین بین هر جفت مصرف آب زیرحوضه برای یک واحد سود بر اندازه میانگین مصرف آب یک واحد از سود اقتصادی همه زیرحوضه‌ها تقسیم می‌شود (۲ و ۹).

$$Gini = \frac{1}{2N^2\bar{y}} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |y_i - y_j| \quad (1)$$

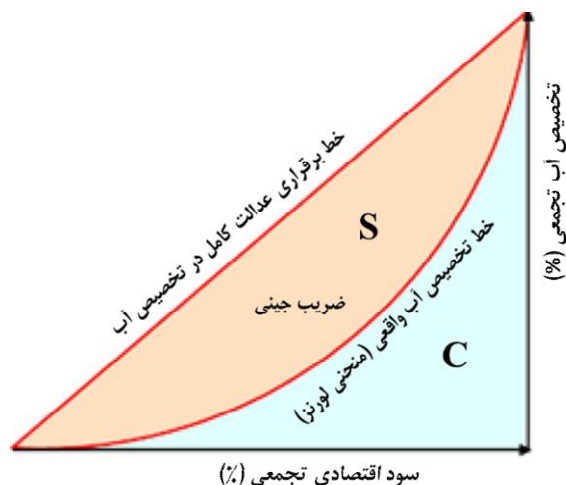
که در آن، y ، مقادیر اندازه‌گیری شده منفرد و N ، تعداد اندازه‌گیری‌ها است. مقدار ضریب جینی معمولاً به‌صورت عددی بین صفر و یک بیان می‌شود که عدد صفر بیانگر برابری کامل و منطبق شدن منحنی لورنز با خط ۴۵ درجه است و افزایش این ضریب، افزایش نابرابری را نشان می‌دهد (۱۱).

اگر در منحنی لورنز، محور Y درصدی از کل آب به‌صورت تجمعی و محور X درصدی از سودهای اقتصادی به‌صورت تجمعی باشد، ضریب جینی به‌طور مؤثر عدالت در تخصیص آب را اندازه‌گیری می‌کند. حداقل کردن ضریب جینی، حداکثر کردن تخصیص عادلانه آب را نشان می‌دهد. بنابراین در این مطالعه، از ضریب جینی برای بررسی عدالت تخصیص آب

در کل ناحیه آبیاری فومنات توزیع می‌شود. به‌طوری که حجم آب تخصیص یافته به واحدهای عمرانی که در انتهای ناحیه آبیاری واقع شده‌اند (F4 و F5) نسبت به واحدهایی که در ابتدای ناحیه قرار گرفته‌اند، به‌طور قابل توجهی کمتر است. واحدهای عمرانی انتهایی برای جبران این کمبود به برداشت از منابع آب زیرزمینی آبخوان فومنات روی می‌آورند. با توجه به اینکه این واحدها در مجاورت تالاب انزلی واقع شده است به دلیل ارتباط هیدرولیکی تالاب و آبخوان ممکن است برداشت بی‌رویه و غیر اصولی منابع آب زیرزمینی باعث ایجاد اثرات منفی روی تالاب شود. بنابراین مدیریت تخصیص منابع آب سطحی و زیرزمینی در این ناحیه با رویکرد توزیع عادلانه ضروری است. علاوه بر منابع آب زیرزمینی و آب انتقالی سد سفیدرود از طریق کانال آب‌بر فومن، آب‌بندان‌ها، زهکش‌ها و رودخانه‌های محلی نیز جزء منابع تأمین آب این ناحیه هستند. مصارف آبی که در واحدهای عمرانی از طریق آب‌بندان‌ها، زهکش‌ها و رودخانه‌های محلی تأمین می‌شوند، جزء منابع داخلی هر یک از واحدهای عمرانی است، درحالی که منابع آب زیرزمینی موجود و آب دریافتی از کانال بین واحدهای عمرانی به‌صورت مشترک هستند. بنابراین مدل تخصیص عادلانه در این مطالعه، با فرض ثابت بودن حجم آب دریافتی از منابع داخلی (آب‌بندان‌ها، زهکش‌ها و رودخانه‌های محلی) هر یک از واحدهای عمرانی توسعه می‌یابد. با توجه به موارد گفته شده، تخصیص عادلانه آب زیرزمینی و آب دریافتی از طریق کانال آب‌بر فومن (آب کانال) بین ۵ واحد عمرانی ناحیه آبیاری فومنات مورد بررسی قرار می‌گیرد. در راستای تحقق این هدف، یک مدل بهینه‌سازی تخصیص عادلانه آب توسعه داده می‌شود که توابع هدف و محدودیت‌های این مدل در ادامه آورده شده است.

تابع هدف: حداکثر کردن عدالت در تخصیص منابع آب

با توجه به اینکه چگونگی تخصیص آب در زیرحوضه‌های یک حوضه آبریز، توسعه پایدار را در یک منطقه تضمین می‌کند، در نظر گرفتن عدالت در فرایند تخصیص آب توسط مسئولان



شکل ۲. نمایش گرافیکی ضریب جینی (منحنی لورنز)

در این رابطه، i تعداد واحدهای عمرانی؛ EB_i ، سود اقتصادی کشاورزی در هر واحد عمرانی؛ AEB_i ، میانگین سود اقتصادی کشاورزی در هر واحد عمرانی و q_i ، حجم آب تخصیص یافته برای مصارف کشاورزی در هر واحد عمرانی است.

محدودیت‌های مدل

به دلیل ویژگی‌های مدل تخصیص منابع آب یا منابع آب در دسترس همواره در مسائل بهینه‌سازی محدودیت‌هایی اعمال می‌شود که در ادامه جزئیات هر یک از محدودیت‌های مدل آورده شده است:

۱- محدودیت منابع آب در دسترس

$$\sum_{i=1}^m Q_{ci} \leq Q_F \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m Q_{g,ind\ i} + Q_{g,dom\ i} + Q_{gi} \leq AW_g \quad (6)$$

که، Q_{ci} ، مقدار آب کانال تخصیص یافته در هر واحد عمرانی؛ Q_F ، حجم آب تخصیص یافته از سد به کانال فومن؛ $Q_{g,ind\ i}$ ، مصرف آب زیرزمینی در بخش صنعت هر واحد عمرانی؛ $Q_{g,dom\ i}$ ، مصرف آب زیرزمینی در بخش خانگی هر واحد عمرانی؛ Q_{gi} ، آب زیرزمینی تخصیص یافته در بخش کشاورزی هر واحد عمرانی و AW_g ، حداکثر برداشت مجاز

زیرزمینی و آب دریافتی از کانال بین ۵ واحد عمرانی ناحیه آبیاری فومنات استفاده می‌شود. به این ترتیب، ضرایب جینی مربوط به اندازه‌گیری عدالت در تخصیص منابع آب زیرزمینی و آب کانال به صورت دو تابع هدف در ادامه آورده شده است:

$$\min G_c = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left| \frac{Q_{ci}}{EB_i} - \frac{Q_{ck}}{EB_k} \right| \quad (2)$$

$$\min G_g = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left| \frac{Q_{gi}}{EB_i} - \frac{Q_{gk}}{EB_k} \right| \quad (3)$$

در رابطه‌های ۲ و ۳، i و k شماره واحدهای عمرانی؛ G_c ، ضریب جینی آب زیرزمینی؛ G_g ، ضریب جینی آب کانال؛ EB_i ، سود اقتصادی بخش کشاورزی هر واحد عمرانی؛ $\frac{Q_{ci}}{EB_i}$ ، نسبت مقدار آب کانال تخصیص یافته در هر واحد عمرانی به واحد سود اقتصادی آن و $\frac{Q_{gi}}{EB_i}$ ، نسبت مقدار آب برداشت شده از آب زیرزمینی در هر واحد عمرانی به واحد سود اقتصادی آن است. برای محاسبه سود اقتصادی ایجاد شده در هر واحد عمرانی، میانگین سود اقتصادی تخصیص هر واحد آب در هر واحد عمرانی در مقدار آب تخصیص یافته همان واحد عمرانی ضرب شود (۷).

$$EB_i(q_i) = AEB_i \cdot q_i \quad (4)$$

زیادی است، استفاده می‌شود.

پیاده‌سازی GA با تولید یک جمعیت از کروموزوم‌های باینری تصادفی (جواب‌های ممکن) آغاز می‌شود. کروموزوم‌ها برای دو پارامتر حجم آب زیرزمینی قابل برداشت و حجم تخصیص یافته از کانال شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود برای ۵ واحد عمرانی واقع در ناحیه آبیاری فومنات (در مجموع ۱۰ متغیر) کد گذاری می‌شود. پس از کدگذاری کروموزوم‌ها، مجموعه‌ای از عملگرهای تولید مثل شامل جهش و تقاطع تعیین می‌شود که برای اصلاح کروموزوم‌ها در نسل جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد. در طی هر نسل، الگوریتم میزان برآزش هر کروموزوم در جمعیت را محاسبه می‌کند. در گام بعدی، بر اساس مقادیر برآزش به‌دست آمده، زیرمجموعه‌ای از کروموزوم‌های جمعیت قبلی انتخاب و وارد نسل جدید می‌شود، که این فرایند با استفاده از روش چرخه رولت انجام می‌شود. بعد از این فرایند، جواب‌های ممکن در جمعیت جدید بر اساس احتمال تقاطع (P_{cross}) تعیین می‌شود. گام نهای فرایند جهش است که برای افزایش تنوع جمعیت با اصلاح جواب‌های قبلی به‌کار گرفته می‌شود. این فرایند با استفاده از احتمال جهش (P_{mut}) کنترل می‌شود که برای حفظ تنوع ژنتیکی در جمعیت از یک نسل به نسل بعدی استفاده می‌شود. این مراحل تا برقراری شرط توقف تکرار می‌شود. با توجه به موارد ذکر شده و انجام فرایند سعی و خطا، مقادیر پارامترهای جمعیت، احتمال تقاطع، احتمال جهش و حداکثر تعداد تکرارها، ۵۰، ۰/۵، ۰/۰۲ و ۱۰۰ تعیین شد. لازم به ذکر است که در این مطالعه از نرم‌افزار MATLAB برای پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

بحث و نتایج

شکل ۳، همگرایی رسیدن به جواب بهینه در الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، مدل بهینه‌سازی پس از شروع فرایند جستجو، بعد از ۱۰۰۰ نسل به جواب بهینه همگرا می‌شود. مقادیر ضریب جینی تخصیص آب زیرزمینی و آب کانال در

آب زیرزمینی است. لازم به ذکر است که با حداکثر برداشت مجاز از آبخوان، بیلان آب زیرزمینی منطقه در حالت تعادل است، به عبارت دیگر مقدار عددی بیلان آب زیرزمینی صفر است.

۲- محدودیت حداقل و حداکثر تقاضای آب

$$d_i^{\min} \leq (1 - \alpha^{\text{loss}}) Q_{ci} + Q'_{wi} + Q'_{ri} + Q'_{Di} + Q_{gi} \leq d_i^{\max} \quad (7)$$

که، d_i^{\max} و d_i^{\min} به ترتیب حداقل و حداکثر تقاضای آب برای کشاورزی؛ α^{loss} ، متوسط نرخ تلفات انتقال در کانال (میزان تلفات انحراف و انتقال آب در کانال نیز در اکثر مناطق ناحیه فومنات برابر با ۱۰ درصد در نظر گرفته شد)؛ Q'_{wi} ، آب تخصیص یافته از طریق آب‌بندان؛ Q'_{ri} ، آب تخصیص یافته از طریق رودخانه‌های محلی؛ Q'_{Di} ، آب تخصیص یافته از طریق زهکش و Q_{gi} ، تعداد واحدهای عمرانی ناحیه آبیاری فومنات است.

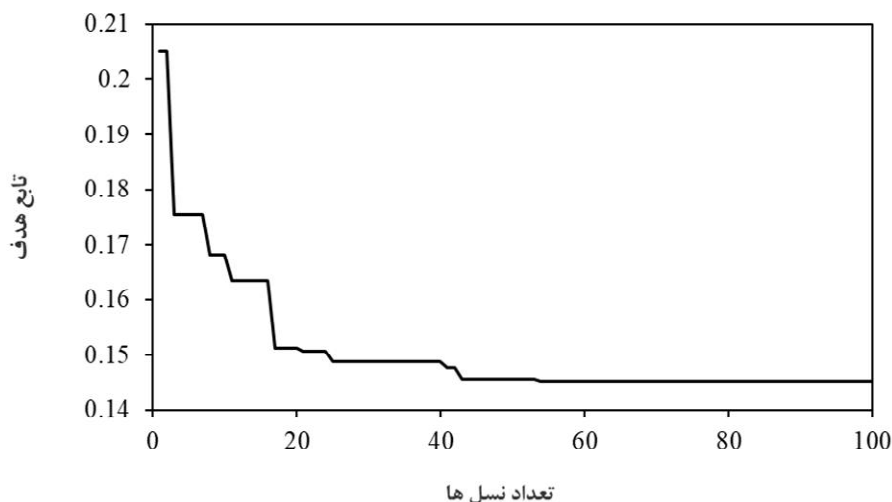
۳- محدودیت حداقل سود اقتصادی

امروزه افزایش سود اقتصادی کشاورزان به دلیل محدود بودن منابع آب در دسترس در اکثر مناطق دنیا به یک مسئله مهم تبدیل شده است. بنابراین برای اجرایی شدن برنامه تخصیص آب در منطقه، سود اقتصادی کشاورز نباید کمتر از مقادیر سود اقتصادی فعلی ($(EB_i)_{\text{Current}}$) باشد. لازم به ذکر است که در محاسبه سود، هزینه پمپاژ از آب زیرزمینی لحاظ نشده است.

$$EB_i \geq (EB_i)_{\text{Current}} \quad (8)$$

روش حل

در این مطالعه برای جستجوی تخصیص عادلانه منابع آب از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک (Genetic Algorithm) (GA) استفاده شد. GA، یکی از الگوریتم‌های جستجوی تکاملی است که از مکانیسم انتخاب طبیعی و بقاء تقلید می‌کند و برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی که دارای مجموعه جواب‌های ممکن



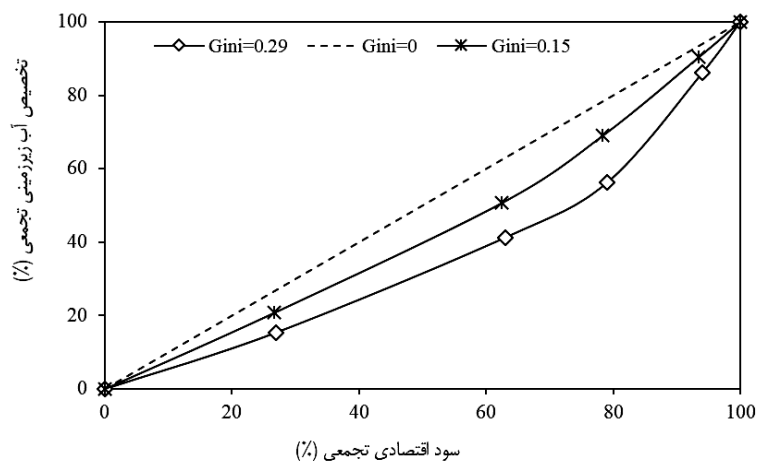
شکل ۳. همگرایی رسیدن به جواب بهینه

شرایط بهینه به ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۱۳ به دست آمد در حالی که این مقادیر در شرایط فعلی به ترتیب ۰/۲۹ و ۰/۲۴ محاسبه شده است. منحنی لورنز تخصیص آب زیرزمینی و کانال در شکل‌های ۴ و ۵ آورده شده است. در این شکل‌ها، منحنی لورنز تخصیص آب زیرزمینی و آب کانال در شرایط فعلی و بهینه در مقایسه با شرایط برقراری کامل عدالت ($Gini=0$) نشان داده شده است. با توجه به تعریف منحنی لورنز، هر چه مساحت بین منحنی و خط $Gini=0$ کمتر باشد یا به عبارتی فاصله این منحنی تا خط $Gini=0$ نزدیک‌تر باشد، بیانگر برقراری بیشتر عدالت است. همان‌طور که در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است، منحنی لورنز در حالت بهینه در هر دو تخصیص آب زیرزمینی و آب کانال به خط $Gini=0$ نزدیک‌تر است بنابراین تخصیص بهینه نسبت به حالت فعلی دارای عدالت بیشتری است.

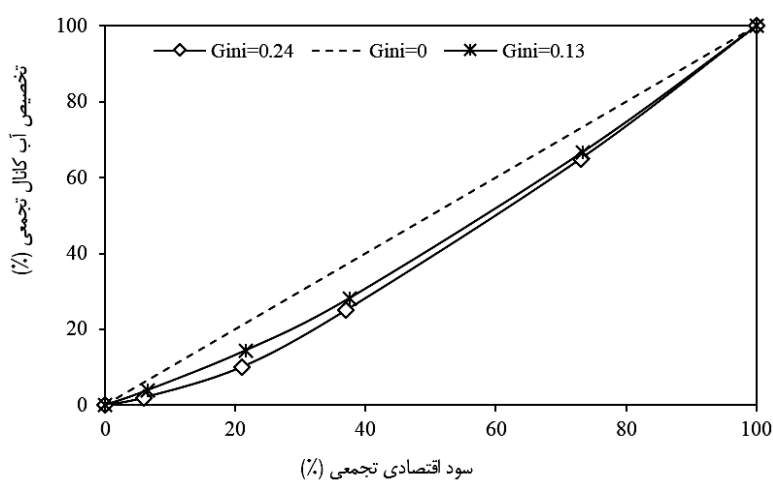
شرایط بهینه بر اساس معیاری که جینی (۹) ارائه کرد به این صورت است که اگر توزیع منابع به گونه‌ای باشد که ضریب جینی کمتر از ۰/۲ به دست آید به این معناست که توزیع دارای عدالت بالایی است و زمانی که این ضریب بین ۰/۲ تا ۰/۳ قرار گیرد، توزیع دارای عدالت متوسطی است. با توجه به این تعریف، مقادیر به دست آمده ضریب جینی در این مطالعه و مقایسه آن با شرایط فعلی نشان می‌دهد که توزیع آب سطحی و

زیرزمینی در شرایط فعلی دارای عدالت متوسطی است که با این ضریب جینی کمتر از ۰/۲ به دست آمده است. در حالی که در حالت بهینه ضریب جینی بیشتر از ۰/۳ است. این نشان می‌دهد که در حالت بهینه تخصیص آب کانال و آب کانال به خط $Gini=0$ نزدیک‌تر است بنابراین تخصیص بهینه نسبت به حالت فعلی دارای عدالت بیشتری است.

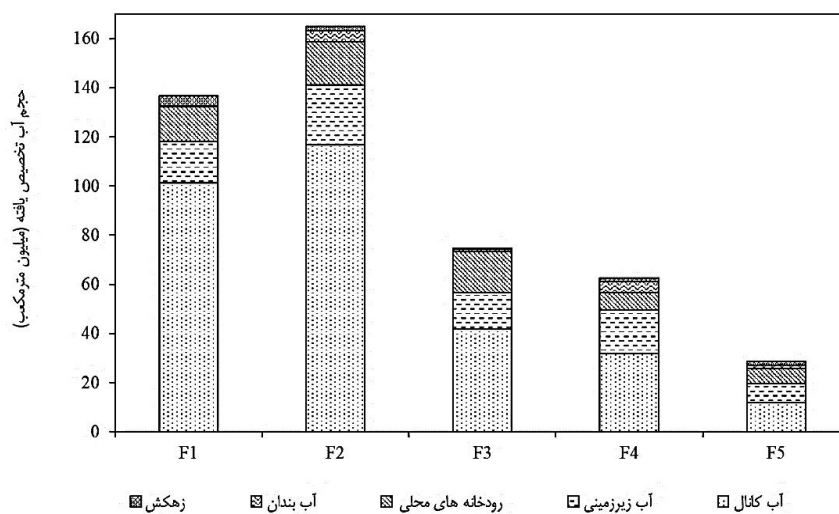
تحلیل ضریب جینی بر اساس معیاری که جینی (۹) ارائه کرد به این صورت است که اگر توزیع منابع به گونه‌ای باشد که ضریب جینی کمتر از ۰/۲ به دست آید به این معناست که توزیع دارای عدالت بالایی است و زمانی که این ضریب بین ۰/۲ تا ۰/۳ قرار گیرد، توزیع دارای عدالت متوسطی است. با توجه به این تعریف، مقادیر به دست آمده ضریب جینی در این مطالعه و مقایسه آن با شرایط فعلی نشان می‌دهد که توزیع آب سطحی و



شکل ۴. منحنی لورنز تخصیص منابع آب زیرزمینی



شکل ۵. منحنی لورنز تخصیص آب کانال شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود



شکل ۶. حجم منابع آب تخصیص یافته به واحدهای عمرانی ناحیه آبیاری فومنات

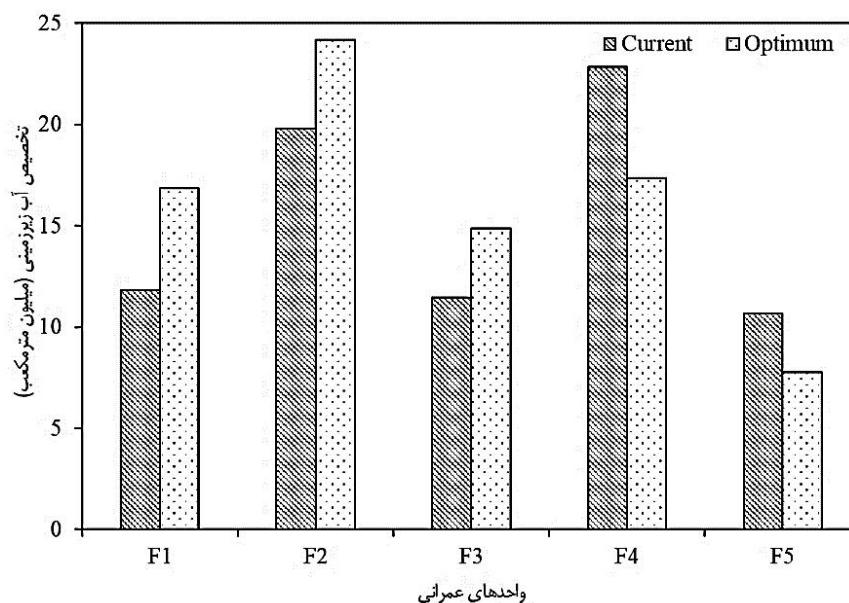
جدول ۵. مقادیر درصد برداشت از منابع آب موجود در حالت بهینه و فعلی

واحد عمرانی	رودخانه‌های محلی		زهکش		آب بندان		آب زیرزمینی		آب کانال	
	فعلی	بهینه	فعلی	بهینه	فعلی	بهینه	فعلی	بهینه	فعلی	بهینه
F1	۱۰/۳	۱۰/۳	۲/۹	۲/۹	۰/۳	۰/۳	۸/۷	۱۲/۳	۷۷/۹	۷۴/۲
F2	۱۰/۷	۱۰/۸	۱/۰	۱/۰	۲/۷	۲/۷	۱۲/۰	۱۴/۷	۷۳/۵	۷۰/۸
F3	۲۲/۰	۲۲/۱	۰/۸	۰/۸	۱/۲	۱/۲	۱۵/۳	۱۹/۹	۶۰/۷	۵۶/۰
F4	۱۲/۲	۱۱/۸	۲/۵	۲/۵	۷/۳	۷/۰	۳۷/۷	۲۷/۷	۴۰/۲	۵۱/۱
F5	۲۲/۹	۲۰/۵	۵/۶	۵/۰	۵/۸	۵/۲	۴۱/۸	۲۷/۲	۲۳/۸	۴۲/۱

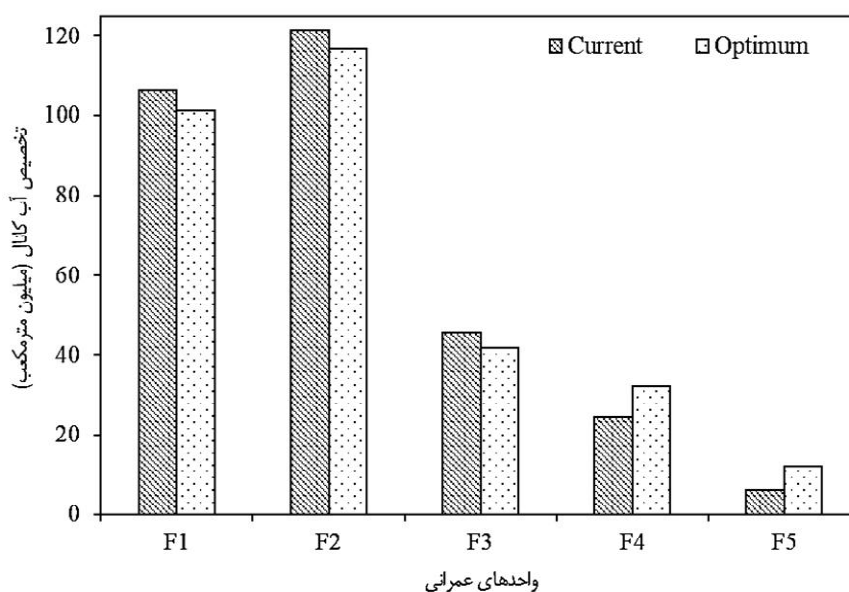
تول آب بر فومن به ناحیه آبیاری فومنات به گونه‌ای تخصیص می‌یابد که واحدهای عمرانی F1، F2 و F3 در ابتدای مسیر هستند به ترتیب بیشترین حجم آب کانال را دریافت می‌کنند در حالی که واحدهای عمرانی F4 و F5 کمترین مقادیر آب از کانال را دریافت می‌کند. این در حالی است که مقادیر برداشت از آب زیرزمینی در واحدهای عمرانی برعکس است. به عبارت دیگر واحدهای عمرانی F1، F2 و F3 دارای مقادیر برداشت آب زیرزمینی کمتری نسبت به واحدهای عمرانی F4 و F5 هستند. همان‌طور که گفته شد، یکی از مسائل اساسی رعایت نکردن عدالت در تخصیص منابع آبی مشترک در ناحیه آبیاری فومنات، برداشت بی‌رویه کشاورزان واحدهای عمرانی F4 و F5 از منابع آب زیرزمینی بوده است که به دلیل مجاورت این بخش از آبخوان با تالاب انزلی و وجود رابطه هیدرولیکی آبخوان تالاب در این بخش، ممکن است اثرات جبران‌ناپذیری را در صورت ادامه روند فعلی برداشت آب زیرزمینی در این مناطق ایجاد کند. بنابراین با توجه به مسائل و مشکلاتی که از نظر توزیع ناعادلانه منابع آب زیرزمینی و آب کانال بین واحدهای عمرانی F1 تا F5 در حال حاضر وجود دارد یا اینکه ممکن است با ادامه روند فعلی در آینده ایجاد شود، رویکرد ارائه شده در این مطالعه و نتایج آن می‌تواند راهکاری مؤثر در کاهش بروز چنین مسائلی در آینده شود.

۲۷/۲ درصد آن از طریق منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. به همین ترتیب، در مقادیر آب برداشتی از کانال نیز در حالت فعلی و بهینه به ترتیب ۲۳/۸ و ۴۲/۱ درصد از کل منابع تأمین از طریق کانال آبیاری و زهکشی سفیدرود تأمین می‌شود. گفتنی است که، تغییر درصد تأمین منابع داخلی هر واحد عمرانی به دلیل برداشت بیشتر از منابع آب زیرزمینی در حالت بهینه (۸۱/۰۱ میلیون مترمکعب) نسبت به حالت فعلی (۷۶/۶۰ میلیون مترمکعب) است که این اضافه برداشت، با توجه به محدودیت حداکثر مجاز برداشت آب زیرزمینی انجام شده است.

تخصیص منابع آب زیرزمینی و کانال در حالت بهینه و فعلی در شکل‌های ۷ و ۸ آورده شده است. با توجه به شکل ۷ مقادیر تخصیص آب زیرزمینی در واحدهای عمرانی F1، F2 و F3 به ترتیب ۴۲/۶، ۲۲ و ۲۹/۵ درصد افزایش یافته است. در حالی که، در واحدهای عمرانی F4 و F5 به ترتیب ۲۴ و ۲۷/۱ درصد کاهش می‌یابد. همچنین با توجه به شکل ۸، مقادیر آب دریافتی از کانال در واحدهای عمرانی F1، F2 و F3 به ترتیب ۴/۸، ۳/۹ و ۸/۲ درصد کاهش یافته است در حالی که، در واحدهای عمرانی F4 و F5، به ترتیب ۳۱/۸ و ۹۷/۹ درصد افزایش یافته است. در بررسی نتایج به دست آمده، لازم است یادآوری شود که در حال حاضر، حجم آب انتقالی از طریق



شکل ۷. مقادیر حجم آب زیرزمینی تخصیص یافته به واحدهای عمرانی در حالت بهینه و فعلی



شکل ۸. مقادیر حجم تخصیص یافته از کانال شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود به واحدهای عمرانی در حالت بهینه و فعلی

نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری عدالت در تخصیص منابع آب از معیار ضریب جینی استفاده شد. نتایج مدل بهینه‌سازی توسعه یافته در این مطالعه نشان داد که مقادیر ضریب جینی تخصیص آب کانال و برداشت آب زیرزمینی در شرایط بهینه ۰/۱۳ و ۰/۱۵ به‌دست آمد که در مقایسه با شرایط فعلی، به‌ترتیب، ۴۳/۷ و ۴۶/۳

در این مطالعه، مدل تخصیص بهینه منابع آب با رویکرد برقراری عدالت در توزیع آب کانال شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود و برداشت از منابع آب زیرزمینی ناحیه آبیاری فومنات متشکل از ۵ واحد عمرانی F1 تا F5 توسعه یافت. برای

عمرانی انتهایی میزان درصد برداشت از آب زیرزمینی کاهش و برداشت از آب کانال افزایش یافته است. به این ترتیب، با توجه به اثرات زیانبار برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی در یک نقطه می‌توان با اجرایی کردن این رویکرد تخصیص در منطقه از ایجاد مسائل کمبود آب مورد نیاز کشاورزی در بعضی از واحدهای عمرانی و روی آوردن کشاورزان به برداشت غیراصولی از منابع آب زیرزمینی جلوگیری کرد.

درصد کاهش یافته است. از آنجا که حداقل کردن ضریب جینی، حداکثر کردن عدالت در تخصیص را نشان می‌دهد، میزان عدالت در هر دو تخصیص آب کانال و برداشت آب زیرزمینی از محدوده متوسط در حالت فعلی وارد محدوده بالا در حالت بهینه می‌شود. همچنین ارزیابی نحوه تخصیص آب در واحدهای عمرانی در حالت بهینه نشان می‌دهد که در واحدهای عمرانی ابتدایی، میزان درصد برداشت از منابع آب زیرزمینی افزایش یافته و آب کانال کاهش یافته درحالی که در واحدهای

منابع مورد استفاده

1. Cai, X. 2008. Water stress, water transfer and social equity in Northern China-Implications for policy reforms. *Environmental Management Journal* 87(1): 14-25.
2. Cullis, J. and B. V. Koppen. 2007. Applying the Gini Coefficient to measure inequality of water use in the Olifants river water management area, South Africa. *International Water Management Institute* 113: 91-110.
3. D'Exelle, B., E. Lecoutere and B. Van Campenhout. 2012. Equity-efficiency trade-offs in irrigation water sharing: evidence from a field lab in rural Tanzania. *World Development* 40: 2537-2551.
4. Dai, C., X. S. Qin, Y. Chen and H. C. Guo. 2018. Dealing with equality and benefit for water allocation in a lake watershed: A Gini-coefficient based stochastic optimization approach. *Journal of Hydrology* 61: 322-334.
5. Daubert, J. T. and R. A. Young. 1981. Recreational demands for maintaining instream flows: a contingent valuation approach. *American Journal of Agricultural Economics* 63(4): 666-676.
6. Diaz, G. E., T. C. Brown and O. G. Sveinsson. 2000. AQUARIS: A modeling system for river basin water allocation. General Technical Report RM-GTR-299. US Department of Agriculture, Fort Collins, Colorado.
7. Divakar, L., M. S. Babel, S. Perret and A. D. Gupta. 2011. Optimal allocation of bulk water supplies to competing use sectors based on economic criterion-an application to the chao Phraya River basin, Thailand. *Journal of Hydrology* 401(1): 22-35.
8. Friesen, J., L. Rodriguez Sinobas, L. Foglia and R. Ludwig. 2017. Environmental and socioeconomic methodologies and solutions towards integrated water resources management. *Science of the Total Environment* 581: 906-908.
9. Gini, C. 1921. Measurement of inequality of incomes. *The Economic Journal* 31(121): 124-126.
10. Griffin, R. C. 2006. Water Resource Economics: The Analysis of Scarcity, Policies, and Projects. MIT Press Books.
11. Hu, Z. h., Y. Chen, L. Yao, C. H. Weib and C. H. Li. 2016. Optimal allocation of regional water resources: From a perspective of equity-efficiency tradeoff. *Resources, Conservation and Recycling* 109: 102-113.
12. Hu, X. and J. W. Eheart. 2013. Mechanism for fair allocation of surface water under the riparian doctrine. *Journal of Water Resources Planning and Management* 140(5): 724-733.
13. Huang, J., J. He, C. Valeo and A. Chu. 2016. Temporal evolution modeling of hydraulic and water quality performance of permeable pavements. *Journal of Hydrology* 533: 15-27.
14. Iftekhhar, M. S. and J. Fogarty. 2017. Impact of water allocation strategies to manage groundwater resources in Western Australia: Equity and efficiency considerations. *Journal of Hydrology* 548: 145-156.
15. Lopes, L. F. G., A. F. A. C. dos Santos Bento and F. O. Baptista. 2015. Exploring the effect of land use on ecosystem services: the distributive issues. *Land Use Policy* 45: 141-149.
16. Malghan, D. 2010. On the relationship between scale, allocation, and distribution. *Ecological Economics* 69(11): 2261-2270.
17. Nishi, A., H. Shirado, D. G. Rand and N. A. Christakis. 2015. Inequality and visibility of wealth in experimental social networks. *Nature* 526(7573): 426-429.
18. Patrick, M. J., G. J. Syme and P. Horwitz. 2014. How reframing a water management issue across scales and levels impacts on perceptions of justice and injustice. *Journal of Hydrology* 519: 2475-2482.
19. Roozbahani, R., B. Abbasi and S. Schreider. 2015. Optimal allocation of water to competing stakeholders in a shared watershed. *Annals of Operations Research* 229(1): 657-676.
20. Roozbahani, R., B. Abbasi, S. Schreider and A. Ardakani. 2014. A multi-objective approach for transboundary river

- water allocation. *Water Resources Management* 28(15): 5447-5463.
21. Ross, A. 2018. Speeding the transition towards integrated groundwater and surface water management in Australia. *Journal of Hydrology* 567: 1-10.
 22. Seekell, D. A., P. D'Odorico, M. L. Pace and P. Dodorico. 2011. Virtual water transfers unlikely to redress inequality in global water use. *Environmental Research Letters* 6(2): 024017.
 23. Tennant, D. L. 1976. In stream flow regimes for Fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries* 1: 6-10.
 24. Tsur, Y. and A. Dinar. 1995. Efficiency and equity considerations in pricing and allocating irrigation water. Policy Research Working Paper. The World Bank.
 25. Wang, Y. D., J. S. Lee, L. Agbemabiese, K. Zame and S. G. Kang. 2015. Virtual water management and the water-energy nexus: a case study of three Mid-Atlantic states. *Resources, Conservation and Recycling* 98: 76-84.
 26. Xu, J., C. Lv, L. Yao and S. Hou. 2019. Intergenerational equity based optimal water allocation for sustainable development: A case study on the upper reaches of Minjiang River, China. *Journal of Hydrology* 568: 835-848.
 27. Yuan, Q., N. McIntyre, Y. Wu and Y. Liu. 2017. Towards greater socio-economic equality in allocation of wastewater discharge permits in China based on the weighted Gini coefficient. *Resources, Conservation and Recycling* 127: 196-205.
 28. Zhang, Z. and Y. Shao. 2010. Inequality and polarization analysis of urban water use in the Yangtze River Delta area, China. *Water Science & Technology* 62: 300-310.

Equitable Allocation of Surface Water and Groundwater Resources in Foumanat Irrigation Area with Optimization Approach

S. Janatrostami* and A. Salahi¹

(Received: January 11-2020; Accepted: November 12-2020)

Abstract

Water allocation needs to adhere to the principles of efficiency, equity, and sustainability, but, equity usually is less considered. Foumanat irrigation area with five command areas is one of the three areas of Sefidroud irrigation and drainage network that more than 90% of it is covered by paddy fields. Since water plays a key role in paddy fields, the lack of uniform distribution of water resources throughout the irrigation area during the rice cultivation period causes irrigation water scarcity and severe damage to some irrigation areas. In this study, the equity of groundwater withdrawal and the received surface water from Sefidroud irrigation and drainage canals according to the shared water resources among Foumanat's command areas were evaluated using the Gini coefficient. Therefore, a water allocation optimization model was developed to maximize the equity in the allocation of groundwater and surface water of canals according to the minimum current economic benefit in the command areas. The results showed that in optimum conditions, the equity of groundwater and surface water resources allocation was increased by 46.3% and 43.7%, respectively. The evaluation of the optimal allocation of available water resources also showed that the amounts of groundwater withdrawal and the received surface water from canals are distributed equally among command areas.

Keywords: Gini coefficient, Sefidroud irrigation and drainage network, Economic benefit, Equity

1. Department of Water Engineering, College of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
Corresponding author, Email: janatrostami@guilan.ac.ir