محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٥، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٨، صفحهٔ ٦٩١-٦٧٩

تجزیه‌وتحلیل سیستمی آب مصرفی در بخش کشاورزی در چارچوب مدلی یکپارچه (نمونهٔ موردی: دشت جیرفت– جنوب استان کرمان)

فاطمه عادلی ساردو[1]، حمیدرضا جعفری[2]*، بهرام ملک محمدی[3]، عبدالرضا کرباسی[4]

۱. دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران fatemeh.adeli67@ut.ac.ir
۲. استاد گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران
۳. دانشیار گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران malekb@ut.ac.ir
٤. استاد گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران akarbasi@ut.ac.ir

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۸/۶/۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۸

چکیده

در این تحقیق برای بررسی وضعیت منابع آب بخش کشاورزی دشت جیرفت، نخست تغییرات عمق آب‌های زیرزمینی در دوره‌ای ده ساله با استفاده از روش‌های زمین آمار در نرم‌افزار Arc Gis10.5 بررسی می‌شود. در ادامه به‌منظور تعیین نقش کاربری کشاورزی در کاهش سطح آب‌های زیرزمینی به بررسی عملکرد محصولات کشاورزی تولیدی پرداخته و مقدار آب مجازی برای محصولات شاخص محاسبه می‌شود. همچنین برای تعیین نقش خشک‌سالی در کاهش سطح آب‌های زیرزمینی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی SPI, RAI, DI,ZSI, CZI, MCZI با بهره از نرم‌افزار RDIT بررسی می‌شود. نتایج این تحقیق افت یک متری سطح آب‌های زیرزمینی در هر سال را نشان می‌دهد. نتایج مربوط به آب مجازی، تولید و صادرات محصولات کشاورزی آب‌بر با ارزش اقتصادی پایین را ارائه می‌دهد. شاخص‌های خشک‌سالی فراگیرترین سال‌های خشک‌سالی شدید را مربوط به سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۳ ، ۱۳۸۹و ۱۳۹۰ می‌داند. در سال‌های دیگر خشک‌سالی با سطح متوسط ولی مکرر وجود دارد که ناشی از ماهیت خشک و بارندگی کم در منطقه است و در مواردی نادر با حالتی غیر از خشک‌سالی روبه‌رو بوده است. با وجود بحران کم آبی، به طور خاص در مناطق خشک و کویری و با وجود مصرف درصد بالایی از منابع آبی در بخش کشاورزی، لازم است که محصولات تولیدی دارای مزایای نسبی، ارزش افزوده و کمترین نیاز به آب باشد.

کلیدواژه

آب مجازی، تراز آب زیرزمینی، خشک‌سالی هواشناسی، دشت جیرفت.

۱. سرآغاز

تغییرات اقلیمی، رشد جمعیت و به‌تبع آن توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی و افزایش برداشت‌های جهانی از منابع آب‌های شیرین باعث شده است تا بیش از پیش با بحران جدی آب روبه‌رو باشیم(Ribot et al., 2005; Mekonnen & Hoekstra, 2010) . آب عامل مهم تأمین امنیت غذایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است(Jalota & Arora, 2002; Li et al., 2004) بحران آب به‌عنوان عمده‌ترین پیوند در مناطق خشک و نیمه‌خشک باقی‌مانده است (Alcamo et al., 2007; ABS, 2008) نمود عینی عدم توازن میان آب قابل دسترس با آب مصرفی در این مناطق مشهودتر است (Shen et al., 2016; Ji et al., 2007) . درجایی که تقاضای آب افزایش یابد، بخش‌های تولید مواد غذایی، امنیت غذایی و بخش‌های جنگل‌داری در تهدید خواهند بود (UNDP, 2007). تشدید کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و تشدید فعالیت‌های کشاورزی به کاهش تنوع زیستی و مشکلات محیط زیستی در اکوسیستم‌های کشاورزی در منطق خشک و نیمه‌خشک شده است (Tilman et al., 2002) از طرف دیگر این مناطق به علت بارش کم

* نویسنده مسئول: Email: hjafari@ut.ac.ir

(Krebs et al., 1999) و نامشخص به‌صورت طبیعی با چالش کمبود آب مواجه هستند (Chowdary et al., 2005) اما برداشت مازاد آب و استفاده غیراصولی از آب باعث ایجاد بیلان منفی آبخوان‌ها شده است و این امر درآینده می‌تواند باعث بحران‌های اجتماعی و اقتصادی شود (Fedoroff et al., 2010).

بر طبق گزارش فائو بخش کشاورزی ۷۰ درصد منابع آب‌های شیرین را مصرف می‌کند (FAO, 2017; Gleick, 2003). بخش کشاورزی در سطح جهانی به‌عنوان تأمین‌کننده غذا و بزرگ‌ترین مصرف‌کننده منابع آب، رابطهٔ تنگاتنگی با بخش آب دارد(Madani, 2019). همچنین پیش‌بینی‌شده است تا سال ۲۰۵۰ حدود ۶۰ درصد مواد غذایی بیشتری برای تأمین نیازهای جمعیت در حال رشد لازم خواهد بود (FAO, 2017; Gleick, 2003). در واقع سیستم کشاورزی در وضعیت فعلی قادر به تأمین نیازهای جمعیتی تغییر یافته از ۶/۷ بیلیون در سال ۲۰۰۵ به ۹ بیلیون در سال ۲۰۵۰ نخواهد بود(UN, 2015). بخش اعظم کشور ایران نیز در قلمرو آب و هوایی خشک قرار گرفته است و وقوع خشک‌سالی از ویژگی‌های اصلی آب و هوای ایران محسوب می‌شود (شاهویی و پرهمت، ۱۳۹۵: عادلی ساردو و همکاران، ۱۳۹۶)، همچنین علاوه بر کمبود بارندگی (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۶)، پراکنش نامناسب زمانی و مکانی (یاوری، ۱۳۹۷) و نوسانات شدید آن در مقیاس‌های روزانه، فصلی و سالانه از جمله خصوصیاتی است که موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل آب مورد نیاز برای مصارف کشاورزی، تغذیه جریان‌های سطحی و سفره‌های زیرزمینی و مصارف انسانی می‌شود. در واقع کشور ایران از طرفی در اقلیم خشک و نیمه‌خشک با محدودیت شدید منابع آبی قرار گرفته است و از طرف دیگر بخش کشاورزی درصد بسیار بالایی از کل آب مصرفی کشور را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین بر طبق گزارش وزارت نیرو استان‌هایی از جمله سیستان و بلوچستان، فارس، کرمان، و یزد و سایر در رده مناطق مواجه باکمبود آب قرارگرفته‌اند (گزارش وزارت نیرو، ۱۳۹۴).

در سال‌های اخیر پژوهشگران تأکید بسیاری بر بازنگری سیاست‌های مدیریتی آب و حرکت به سمت رویکردهای جامع‌نگر دارند (Fedoroff et al., 2010). از جمله این روش‌ها می‌توان به مفهوم تجارت آب مجازی[1] اشاره کرد. درک مفهوم و استراتژی تجارت آب مجازی برای تدوین سیاست‌ها آگاهانه برای افزایش بهره‌وری مصرف آب در تمامی سطوح بسیار مهم است (Sadek, 2010).در واقع آب مجازی به حجم آب مورد نیاز برای تولید کالا و خدمات تعریف می‌شود (Allen, 1988; Salah, 2014) و زمانی که کالای تولیدی به بازار عرضه شود تجارت آب مجازی روی داده است. با افزایش کمبود آب در ایران مفهوم آب مجازی به موضوعی مهم در مطالعات مدیریت منابع آب تبدیل شده است(باغستانی و همکاران، ۱۳۸۹).

شهرستان جیرفت در استان کرمان از جمله مناطقی است که در بخش کشاورزی به‌عنوان حقابه‌دار اصلی آب‌های سطحی و زیرزمینی شناخته می‌شود. محصولات زراعی کشت شده در دشت جیرفت به‌صورت سالانه به ترتیب شامل گندم، جو، هندوانه، خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت، لوبیا، نخود، عدس، ماش، باقلا، آفتابگردان روغنی، کنجد، کدو، گرمک، سیب‌زمینی، بادمجان، سیر، لوبیا سبز، یونجه، اسپرس و حنا است (آمار سازمان جهاد کشاورزی جنوب استان کرمان، ۱۳۹۷)، از جمله محصولاتی که بیش‌ترین مساحت را دارند و به دیگر مناطق و خارج از کشور صادر می‌شوند می‌توان به گندم با مساحت سطح زیر کشت۴۵۸۵۶ هکتار، جو۱۸۱۵۴، خیارسبز۱۱۱۶۰ و هندوانه ۱۰۹۲۴ هکتار اشاره کرد. محصولات باغی نیز شامل عمدهٔ مرکبات و خرما است. سطح زیر کشت محصولات زراعی در جیرفت ۱۸۷۷۹۷ هکتار است (طرح جامع کاشت محصولات زراعی جنوب استان کرمان، ۱۳۹۰) و در تقسیم‌بندی وزارت نیرو درحالت «مواجهه با کمبود آب» قرار گرفته است (گزارش تمدید ممنوعیت آب زیرزمینی، ۱۳۹۴). به نحوی که الگوی کشت و مصرف آب در مناطق خشک و کویری با دو فرض وجود آب فراوان و قیمت

ارزان آب همراه بوده است. به عبارت دیگر عدم توجه به مسائل اقتصادی در بخش کشاورزی سبب شده است تا محصولاتی با ارزش افزوده پایین و نیاز آبی بالا در این بخش تولید و صادر شود. بر اثر صادرات آب مجازی از یک حوضهٔ آبریز، حجمی از آب از آن خارج می‌شود که اگر این حجم آب در حوضه باقی بماند، می‌تواند آثار مثبت و قابل توجهی داشته باشد (Mekonnen & Hoekstra, 2010). از طرف دیگر میانگین نزولات آسمانی ایران حدود ۲۶۲ میلی‌متر در سال است و به طور متوسط حدود ۵۶ درصد کشور ما را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهند که به‌طور متوسط مقدار بارندگی در استان کرمان کمتر از ۱۳۰ میلی‌متر در سال است (گزارش تمدید ممنوعیت آب زیرزمینی، ۱۳۹۴). همچنین تراز آب زیرزمینی دشت جیرفت از سال ۷۹ به علت خشکسالی‌های مکرر و افزایش برداشت از آب زیرزمینی دچار افت شدید شده است. به‌طوری‌که در تاریخ ۸۹-۸۸ دشت مجدداً ممنوعه شد نظر به اینکه حیات این منطقه وابسته به حیات اقتصاد بخش کشاورزی است با اندک دورهٔ خشکی و خشک‌سالی به دلیل پایین بودن متوسط بارندگی سالانه، اقتصاد عمومی این منطقه دستخوش نوسانات شدید می‌شود.

با توجه به موارد ذکر شده یکی از تهدیدهای جدی برای وضعیت منابع آب جیرفت در سال های اخیر را باید مصرف بخش قابل ملاحظه ای از این منابع محدود در بخش کشاورزی و نیز کشت محصولات آب بر در دشت جیرفت دانست. وضعیتی که در سال های گذشته نه تنها با انجام اقدام‌های اصلاحی و تغییر الگوی کشت با تغییراتی قابل قبول روبه‌رو نشده است، بلکه با افزایش حفر چاه‌های غیرمجاز زمینهٔ تشدید خسارت‌ها را فراهم کرده است. محدودیت شدید منابع آب و رقابت بین کاربری های مختلف برای بهره برداری از منابع آبی، عدم رعایت الگوی کشت متناسب با میزان آب قابل استحصال از منابع بالادست، لزوم مدیریت منابع آب را دوچندان کرده است.

در ارتباط با کاربرد مفهوم آب مجازی در بخش کشاورزی و به‌عنوان یک قید محدودیت برای صادرات آب به خارج از حوضه، مطالعات بسیاری انجام شده است (Chu et al., 2017; Liu et al., 2013, 2015: Ye at al., 2018) که برخی از این مطالعات شامل موارد زیر است: Shikun و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای به بررسی آثار جریان آب مجازی بر استرس منابع آب‌های منطقه‌ای پرداخته‌اند. جریان آب مجازی VWF در این مقاله، راه‌حلی اساسی برای حل مشکل کمبود آب منطقه‌ای و کارایی آب معرفی شده است.

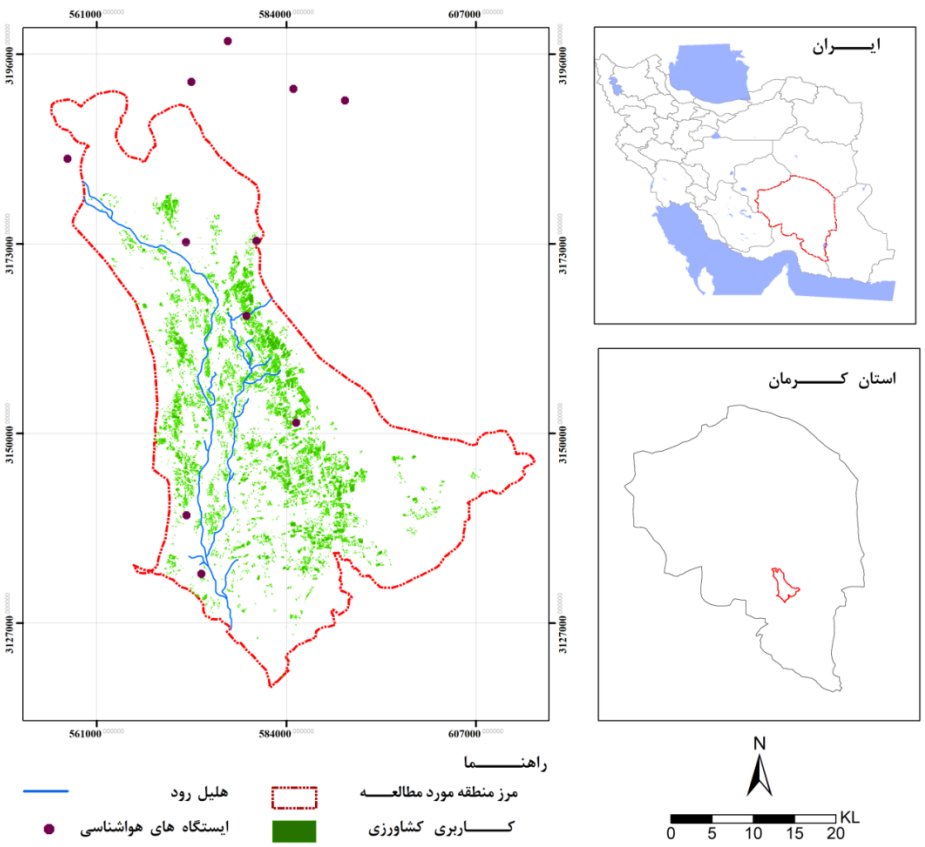
Yingmin و همکاران (۲۰۱۷) به محاسبه ردپای اکولوژیکی آب برای محصولات مختلف کشاورزی در یک منطقه در چین پرداخته‌اند و الگوی کشت مناسب با نسبت ترکیبی هرکدام از محصولات قابل کشت را پیشنهاد داده است. Yu و همکاران (۲۰۱۸) در این مقاله به بررسی میزان صادرات آب مجازی در کشور چین، روسیه و کشورهای عربی پرداخته است. و در نهایت تجارت آب مجازی را نگرشی جدید برای گسترش در ایده‌های مدیریت منابع آب معرفی کرده است. Jinwon و Sandy (۲۰۱۸) در این مقاله به بررسی تولید محصولات کشاورزی، صادرات آب مجازی از طریق این محصولات و راهبردهای صرفه‌جویی آب در بخش کشاورزی پرداخته شده است. در این مقاله برای صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی به میزان ۱۹ درصد از سناریوهای شبیه‌سازی‌شده استفاده شده است.

دهقان و همکاران، (۱۳۹۶) به محاسبهٔ بیلان آب مجازی در بخش کشاورزی (صادرات و واردات آب مجازی) و ارزش آن در دو حوضهٔ آبخیز با دو اقلیم متفاوت در شمال و شرق استان هرمزگان پرداخته‌اند. عابدی و تهامی پور(۱۳۹۵) در مطالعه‌ای به بررسی میزان آب مصرفی مجازی برای محصولات کشاورزی عمده در استان زنجان پرداخته‌اند. نتایج نشان داد در یک سال پایه، صادرات محصولات منتخب حجمی معادل ۲۶,۵۳ میلیون مترمکعب صادرات آب مجازی را در پی داشته است که حجم عمدهٔ آن مربوط به محصولات باغی بوده است. صالح نیا و باستانی، (۱۳۹۳) به بررسی تجارت محصولات باغی و زراعی با

رویکرد آب مجازی پرداخته‌اند و راهکارهایی برای کاهش خروج آب از حوضهٔ ارائه شده است. پژوهش حاضر با نگرشی یکپارچه به بررسی تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی در دشت جیرفت با استفاده از روش‌های زمین آمار[۲] می‌پردازد. در ادامه به‌منظور تعیین نقش کاربری کشاورزی در کاهش سطح آب‌های زیرزمینی به بررسی عملکرد محصولات کشاورزی تولید شده در دشت جیرفت به ازای یک دوره ده ساله برای محصولات کشاورزی منتخب بر اساس بیش‌ترین سطح زیر کشت می‌پردازد. محصولات منتخب شامل گندم، جو، ذرت، هندوانه، خیار، سیب‌زمینی، پیاز هستند. همچنین در نهایت برای یک سال پایه مقدار آب مجازی را برای محصولات منتخب محاسبه می‌کند. همچنین از طرف دیگر برای مشخص شدن نقش پارامتر خشک‌سالی در کاهش سطح آب‌های زیرزمینی دشت جیرفت، تعداد ۶ شاخص خشک‌سالی هواشناسی SPI[3], RAI[4], DI[5],ZSI[6], CZI[7], MCZI[8] در دوره‌ای ده ساله با استفاده از نرم‌افزار RDIT[9] بررسی می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

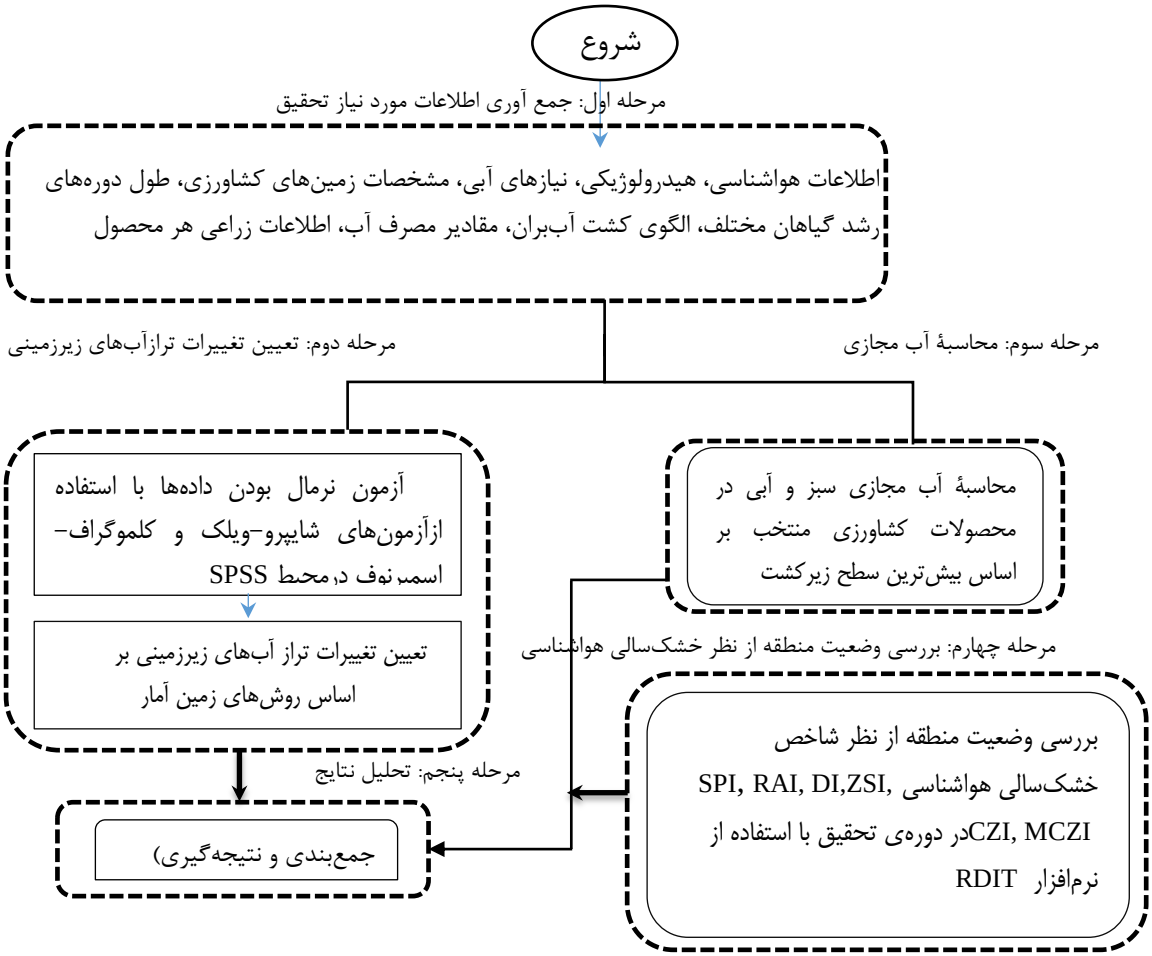
منطقهٔ مورد مطالعه محدوده: محدودهٔ مطالعاتی جیرفت بخشی از حوضهٔ غربی جازموریان است که بین طول‌های جغرافیایی ´ ۱۵ ° ۵۷ و ´ ۱۷ ° ۵۸ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ´ ۱۲ ° ۲۸ و ´ ۱۳ ° ۲۹ شمالی و در جنوب شرق ایران قرار گرفته است. وسعت دشت ۲۲۴۷ کیلومتر مربع و ارتفاع آن از سطح دریا بین ۸۰۰–۵۰۰ متر متغیر است. شیب کلی این محدوده از سمت شمال به سمت جنوب و متوسط بارندگی سالانه آن ۱۷۰ میلی‌متر است. در دشت جیرفت چندین رودخانهٔ دائمی و فصلی جریان دارند که مهم‌ترین آن‌ها رودخانه هلیل‌رود است (دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۴). (شکل ۱). در این پژوهش دو شهرستان جیرفت و عنبرآباد مورد نظر قرار گرفته است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت جیرفت در جنوب استان کرمان

۲-۱. روش انجام تحقیق

در این تحقیق روش‌های به کارگرفته شده شامل سه قسمت استفاده از روش‌های زمین آمار برای بررسی وضعیت تراز آب‌های زیرزمینی، محاسبهٔ مقدار آب مجازی مصرفی در محصولات کشاورزی و در نهایت بررسی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی است که در ادامه به طور مجزا بیان می‌شود.



شکل۲. نمودار مراحل اجرایی تحقیق

۲-۲. بررسی وضعیت آب‌های زیرزمینی دشت جیرفت

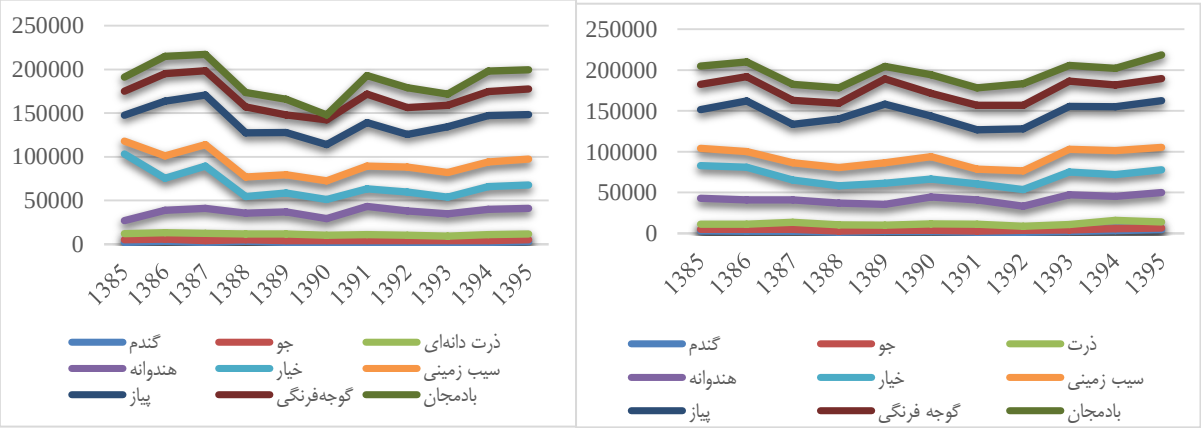
به‌منظور بررسی تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی در منطقهٔ مورد مطالعه از مجموعه روش‌های زمین آمار با انتخاب روش Kriging و نوع Ordinary استفاده شده است. نخستین تجربه‌های به‌کارگیری روش‌های زمین‌آماری به مفهوم امروزی آن بر اساس نظریات دی. جی. کریج مهندس معدن اهل آفریقای جنوب مبنی بر وجود نوعی رابطه‌ی همبستگی بین بخش‌های کم‌عیار و پرعیار در قطعه‌ای معدنی آغاز شد (Kardan Moghaddam & Khashei Siuki, 2012). سطح آب در چاه‌های زیرزمینی منطقهٔ مورد مطالعه به‌عنوان مبنای کار استفاده شده است. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها به‌منظور استفاده از روش‌های زمین آمار از آزمون‌های شاپیرو-ویلک و کلموگراف- اسمیرنوف در نرم‌افزار SPSS استفاده شده است.

۲-۳. محاسبهٔ آب مجازی محصولات کشاورزی

بررسی‌ها نشان می‌دهد که عمدهٔ فعالیت‌های کشاورزی در جنوب استان کرمان از لحاظ مقدار وزنی تولید و همچنین سطح زیر کشت، مربوط به دشت جیرفت است که شامل

شهرستان‌های جیرفت و عنبرآباد است. بدین منظور اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی ردپای محصولات مختلف کشاورزی دشت جیرفت از جمله مقدار تولید و سطح زیر کشت، عملکرد و نیاز آبی محصولات مختلف با مراجعه به سازمان جهاد کشاورزی جیرفت، سایت سازمان و آمارنامه‌های ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی استخراج شده است. در مرحلهٔ بعد تعدادی از محصولات کشاورزی انتخاب شدند که سطح و عملکرد سالانهٔ بیشتری را به خود اختصاص داده بودند و سپس ردپای آب برای آن‌ها محاسبه شد. شکل ۲ عملکرد متفاوت دو منطقهٔ جیرفت و عنبرآباد واقع در دشت جیرفت را در دورهٔ آماری ده ساله نشان می‌دهد. شایان ذکر است در این بررسی محصولات گلخانه‌ای لحاظ نشده است.

از آنجایی که اطلاعات گیاهی مورد نظر برای تنظیمات نرم‌افزار CROPWAT الزامی است، مقدار ضریب گیاهی (Kc)و عمق ریشه محصولات کشاورزی مختلف از داده‌های استاندارد فائو به دست آمد. همچنین از اطلاعات اقلیمی و بارندگی بلند مدت برای استفاده در نرم‌افزار CROPWAT بهره‌برداری شد. جدول ۳ مشخصات گیاهان منتخب را بیان می‌کند.



شکل۳. عملکرد (تن در هکتار) محصولات منتخب در شهرستان جیرفت و عنبرآباد از سال ۱۳۹۵-۱۳۸۵

(منبع: آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی)

۲-۴. محاسبات ردپای آب

آب مجازی از سه جزء آب آبی[10]، آب سبز[11] و آب خاکستری[12] تشکیل شده است (رابطهٔ ۱)، که در آن، هر جزء از ردپای آب محصول زراعی، به‌صورت مترمکعب بر کیلوگرم بیان می‌شود.

در این تحقیق برای محاسبهٔ آب مجازی محصولات مختلف به دو قسمت آب سبز و آب آبی با استفاده از روش‌های ارائه شده پرداخته شده است. (Hoekstra & Chapagin, 2008; Hoekstra et al., 2011). از آنجایی که اطلاعات گیاهی مورد نظر برای تنظیمات نرم‌افزار CROPWAT الزامی است، مقدار ضریب گیاهی (Kc) و عمق ریشه محصولات کشاورزی مختلف از داده‌های استاندارد فائو به دست آمد (FAO, 2014). همچنین از اطلاعات اقلیمی و بارندگی بلند مدت برای استفاده در نرم‌افزار CROPWAT استفاده شد. جدول ۳ مشخصات گیاهان منتخب را بیان می‌کند.

$$WF = WF_{blue} + WF_{green} + WF_{grey} \quad (۱)$$

تبخیر و تعرق گیاه (ETc) از حاصل‌ضرب تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه (مرجع)(ET0)در ضریب گیاهی Kc به‌دست می‌آید.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (۲)$$

تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر مبنای معادله پنمن- مانیت فائو محاسبه شده است. در این رابطه Rn تابش خالص در

سطح پوشش گیاهی(MJm-2 d-1) ، T متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (℃) ، U2 متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (m/s) و es – ea کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (Kpa) را نشان می‌دهد.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{em}+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (۳)$$

جدول ۱. ویژگی‌های عمده محصولات منتخب تولیدی دشت جیرفت

نام محصول	طول دوره رشد	تبخیر و تعرق ET0 (mm)	باران مؤثر (Peff) (mm)	نیاز خالص آبیاری(mm)
گندم	۱۴۹	۲۸۴	۱۲۰	۱۶۴۰
جو	۱۳۹	۲۴۳	۱۰۷	۱۳۶۰
ذرت	۱۳۴	۶۳۰	۰	۶۳۰۰
هندوانه	۱۴۱	۴۳۷	۸۹	۳۴۸۰
خیار	۱۰۹	۱۸۴	۸۹	۹۵۰
سیب‌زمینی	۱۶۰	۴۲۹	۱۰۸	۳۲۱۰
پیاز	۱۶۰	۳۸۵	۱۲۰	۲۶۵۰

(منبع: نرم‌افزار Net Wat و یافته‌های تحقیق)

۲-۵. ردپای آب سبز

آب سبز به حجمی از آب اطلاق می‌شود که در مناطق غیراشباع خاک به‌صورت رطوبت خاک ذخیره می‌شود. این منبع آبی در مناطق دیم به‌صورت مؤثر صرف تعرق گیاهی می‌شود یا از سطح خاک و آب‌های آزاد به‌صورت تبخیر از دسترس خارج می‌شود (Obuobie et al., 2005). بر طبق روش ارائه شده توسط (Hoekstra & Chapagain, 2011) مقدار آب سبز از طریق معادله ۲ محاسبه می‌شود.

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad (۴)$$

در رابطهٔ یک CWU_{green} مقدار مصرف ردپای آب سبز گیاه در منطقه (مترمکعب بر هکتار) و Y عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) است. مقدار مصرف ردپای آب سبز گیاه به‌صورت رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$CWU_{green} = 10 \times \sum_{d=1}^{T} ET_{green} \quad (۵)$$

در این رابطه طول Tمدت رشد گیاه در دوره رشد d روز است که اطلاعات مربوط به آن برای محصولات منتخب در جدول ... آورده شده است. ET_{green}تبخیر و تعرق آب سبز را نشان می‌دهد. همچنین قابل ذکر است که عدد ۱۰ تبخیر و تعرق را از میلی‌متر به حجم آب در واحد زمین (مترمکعب بر کیلوگرم) تبدیل می‌کند. برای محاسبهٔ مقدار ET_{green} از رابطهٔ ۴ استفاده می‌شود (Hoekstra et al., 2011).

$$ET_{green} = \min\left\{P_e , ET_c\right\} \quad (۶)$$

ردپای آب آبی

آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی (دریاچه‌ها و رودخانه‌ها) آب آبی را تشکیل می‌دهند و به مجموع مقداری از این آب که توسط گیاه برای رشد استفاده می‌شود، ردپای آبی آب نام دارد (علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). ردپای آبی نیز مانند ردپای سبز محاسبه می‌شود و تنها تفاوت آن در قسمت تبخیر و تعرق است. بر طبق

روش ارائـه شـده توسـط Hoekstra و Chapagain (۲۰۱۱) مقدار آب آبی از طریق معادله ۷ محاسبه می‌شود.

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (۷)$$

در رابطهٔ ۸ CWU_{blue} مقدار مصـرف ردپـای آب آبـی گیاه در منطقه (مترمکعب بر هکتار) و Y عملکرد محصـول (کیلوگرم بر هکتار) است.

$$CWU_{blue} = 10 \times \sum_{d=1}^{T} ET_{blue} \quad (۸)$$

برای محاسبهٔ مقدار تبخیر و تعرق آب آبـی ET_{blue} از رابطه‌ی ۹ استفاده می‌شود.

$$ET_{blue} = \max\{0, ET_c - P_e\} \quad (۹)$$

شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی[۱۳]

برای پاسخ دادن به این سؤال که آیا کاهش چشمگیر سطح آب‌هـای زیرزمینـی تنهـا وابسـته بـه افـزایش زمـین‌هـای کشاورزی و مصـرف آب مجـازی اسـت؟ نیـاز اسـت تـا تغییرات اقلیمی شامل خشک‌سالی نیز بررسی شود. ارزیابی و پایش خشک‌سالی بـر اسـاس شـاخص‌هـای آن یکـی از راه‌های تعدیل خشک‌سالی است. در این تحقیق ۶ شاخص خشک‌سالی هواشناسی بررسی می‌شود.

شاخص بارش استاندارد شده (SPI)

شاخص بارش استاندارد شـده یـا SPI بـرای مقیـاس‌هـای مختلف زمانی(۱،۳،۶،۱۲،۲۴ و ۴۸ ماهه) تعریف شده است (McKee et al.1993, 1995) شاخصی پرطرفدار بـه‌منظـور پـایش وضـعیت خشـک‌سـالی در کلـرادو ارائـه شـده است(Karabulut, 2015; Deo, 2011).

شاخص ناهنجاری بارش (RAI)

این شاخص که در سال ۱۹۶۵ توسط روی ارائه شده است دارای دو ناهنجاری مثبت و منفی است و بر اساس محاسبهٔ انحراف مقادیر بارندگی از نرمال است.

شاخص دهک‌ها (DI)

در این شاخص توزیع بارش بـه وقـوع پیوسـته در دوره‌ای طولانی به ۱۰ بخش تقسـیم مـی‌شـود (Gibbs & Maher, 1967). دهک اول معـرف مقـدار بارشـی اسـت کـه از ۱۰ درصد بارش کمتر باشد و به همین ترتیب بـا دهـک دهـم ادامه دارد. مقیاس زمـانی مـورد اسـتفاده در ایـن شـاخص مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه است.

شاخص Z-Score (ZSI)

این شاخص در سال ۱۹۹۵ ارائه شـده اسـت و معمـولاً بـا شاخص SPI اشتباه گرفته مـی‌شـود بیشـتر شـبیه بـه CZI است ، اما بدون نیاز به تناسب داده‌هـای بـارش در توزیـع گاما یا پیرسون نوع III است.

شـاخص CZI (China-Z Index) و MCZI (Modified CZI)

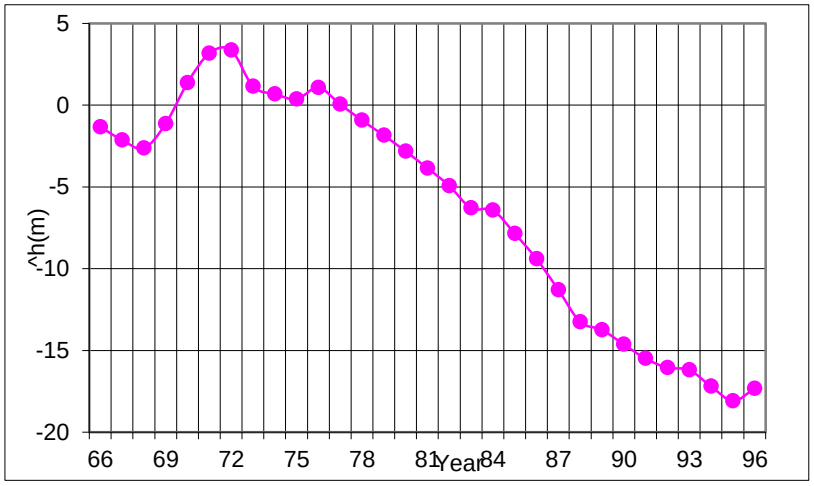
این شاخص در سال ۱۹۹۷ ارائه شده است. ایـن شـاخص بر اساس تبدیل ریشه سوم ویلسون- هیلفرتی شکل گرفتـه است. محاسبات این شاخص براین فرض استوار است کـه داده‌های بارندگی از توزیع پیرسن نوع ۳ تبعیت می‌کند.

۳. نتایج

۳-۱. تراز آب‌های زیرزمینی

قابـل ذکـر اسـت بـرای ایـن بررسـی از آمـار چـاه‌هـای مجاز(شرکت مدیریت منابع آب استان کرمان، ۱۳۹۸) شامل سطح آب زیرزمینی و موقعیت مکانی آن‌هـا اسـتفاده شـده است و چاه‌های غیرمجاز لحاظ نشده است. در این بررسی به علت روابط غیرخطی طبیعت، قسمت پایین‌دست دشـت جیرفت نیز در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که عمق آب از حواشی دشت به سمت بخش میـانی دشـت و خروجی دشت به‌تدریج کاهش می‌یابد. شـبکه پیزومتریـک در محدودهٔ مطالعاتی جیرفت از سـال ۶۶-۶۵ تهیـه شـده است و افت‌وخیز سطح آب به طـور متوسـط سـالانه ۰/۵۷ متر افت سطح آب زیرزمینی برآورد شده اسـت (شـکل ۴). تراز آب زیرزمینـی دشـت جیرفـت از سـال ۷۹ بـه علـت خشک‌سالی‌های مکرر و افزایش برداشت از آب زیرزمینـی دچار افت شدید شـده اسـت (گـزارش تمدیـد ممنوعیـت محـدودهٔ مطالعـاتی جیرفـت و فاریـاب شـرقی، ۱۳۹۴).

به‌طوری‌که در سال ۸۴ دشت مجدداً ممنوعه شد و سطح تراز آب زیرزمینی ۶۱۰/۰۹۳ متر بود، پس از گذشت مدت چهار سال از ممنوعیت در مهر ۸۸ تراز آب زیرزمینی به ۶۰۳/۲۶۷ متر رسیده است در این فاصله چهار سال به‌طور متوسط سالانه ۱/۷۱ متر افت سطح آب زیرزمینی نشان داده می‌شود و برای هر سال معادل ۷۵/۵۸ میلیون مترمکعب کسری مخزن محاسبه شده است. با توجه به اینکه سال پنجم ممنوعیت، سال آبی ۸۹-۸۸ است و افت محاسبه شده در سال آبی ۸۸-۸۷ نشان می‌دهد که در این سال تراز آب زیرزمینی از ۶۰۵/۲۲۸ متر به ۶۰۳/۲۶۷ متر کاهش یافته است به‌طوری‌که در این سال ۱/۹۶ متر افت سطح آب زیرزمینی مشاهده شده است. به طور کلی در فاصلهٔ زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ حدود بیش از ۱۰ متر افت سطح آب زیرزمینی قابل مشاهده است.



شکل۴. تراز سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

افت آب زیرزمینی،کسری حجم مخزن آب زیرزمینی، کاهش کیفیت آب، کاهش آبدهی چاه‌ها، افزایش کف‌شکنی و جابه‌جایی چاه‌ها و فرونشست زمین از آثار برداشت بی‌رویه آب از آبخوان‌ها است.

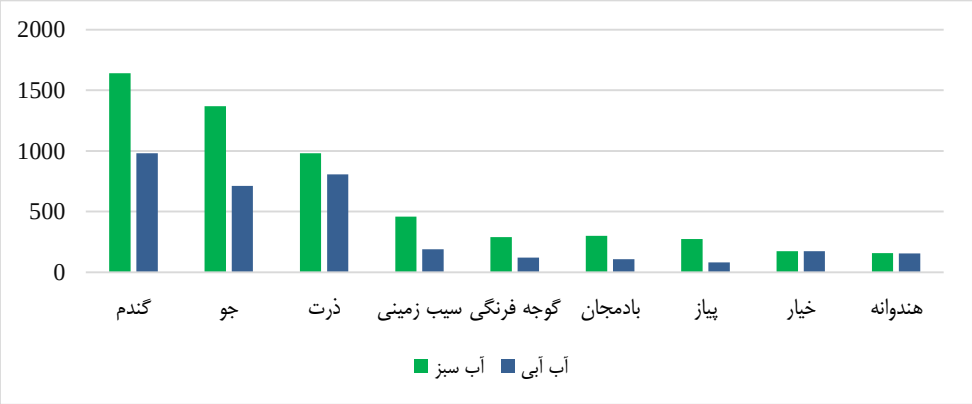
۳-۲. آب مجازی مصرفی در محصولات کشاورزی

در این راستا وضعیت تولید و صادرات محصولات کشاورزی منتخب (بر اساس سطح زیر کشت) شامل گندم، جو، ذرت، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، بادمجان، پیاز، خیار و هندوانه بررسی شد و میزان آب مجازی با استفاده از مفهوم آب سبز و آب آبی برای تولید این محصولات محاسبه شد. شکل ۴ میزان آب مجازی مصرفی این محصولات را در سال ۱۳۹۵ نشان می‌دهد. مقدار آب سبز مصرفی در این محصولات به ترتیب ۱۶۴۰، ۱۳۶۷، ۹۸۰، ۴۵۹، ۲۸۹، ۲۹۹، ۲۷۵، ۱۴۷ و ۱۵۸ لیتر در هر کیلوگرم است. در آب مجازی آبی نیز مقدار آب مصرفی به ترتیب شامل ۹۸۰، ۷۱۱، ۸۰۷، ۱۹۰، ۱۲۱، ۱۰۸، ۸۲، ۱۷۴ و ۱۵۵ لیتر در کیلوگرم است.

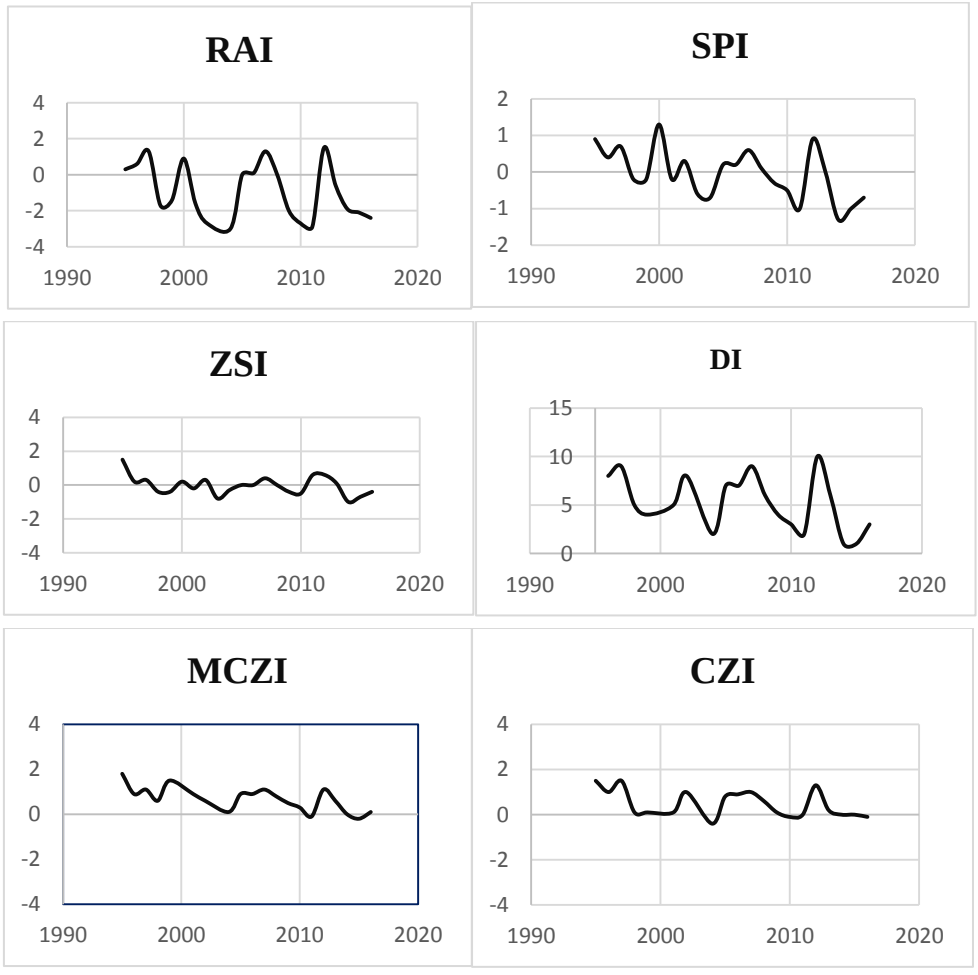
نتایج نشان داد در بین محصولات کشاورزی انتخاب شده با بیشترین سطح زیرکشت گندم و جو به ترتیب با مقدار ۲۶۲۱ و۲۰۷۹ لیتر در کیلوگرم دارای بیشترین مقدار مصرفی آب مجازی هستند. همچنین قابل ذکر است که محصولی چون هندوانه به طور میانگین نیاز به ۳۱۴ لیتر در کیلوگرم آب مجازی سبز و آبی دارد. این موضوع نشان می‌دهد با توجه به سیرصعودی سطح زیرکشت محصولات کشاورزی منتخب، رویه تولیدات کشاورزی در منطقه به سمت تولید ارزان‌ترین و پرآب‌برترین محصولات حرکت کرده و البته این محصولات بیشترین سهم صادرات را نیز به خود اختصاص داده است که نیازمند تقویت جنبه‌های مدیریتی تولید و صادرات این محصولات است.

۳-۳. وضعیت شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در دشت جیرفت

در این تحقیق برای بررسی خشک‌سالی در ۱۸ ایستگاه هواشناسی موجود در منطقه و اطراف آن از ۶ شاخص خشک‌سالی هواشناسی استفاده شده است. بدین منظور پس از جمع‌آوری داده‌های بارش ایستگاه‌های مورد بررسی، از سازمان هواشناسی جیرفت نواقص آماری موجود از طریق روش هم‌بستگی بین ایستگاه‌ها بازسازی شد، سپس هرکدام از شاخص‌ها با بهره از نرم‌افزار RDIT بررسی شد.



شکل ۴. مقدار آب مجازی مصرفی در کیلوگرم محصولات منتخب تولیدی در دشت جیرفت در سال ۱۳۹۵
(منبع: یافته‌های تحقیق)



شکل ۵. وضعیت منطقه مورد مطالعه از نظر شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی (منبع: یافته‌های تحقیق)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق دشت جیرفت در جنوب استان کرمان به‌عنوان منطقه‌ای با پتانسیل بالای تولید محصولات کشاورزی به‌عنوان نمونه مورد مطالعه انتخاب شده است. در این مطالعه آمار و اطلاعات مربوط به دو شهرستان جیرفت و عنبرآباد در دشت جیرفت لحاظ شده است. نخست وضعیت دشت از منظر تغییرات عمق آب زیرزمینی بررسی شد که نتایج به طور متوسط افت یک متر عمق آب‌های زیرزمینی به ازای هرسال را نشان می‌دهد. تراز آب زیرزمینی دشت جیرفت از سال‌های گذشته به علت افزایش برداشت بیش از حد از آب زیرزمینی به دلیل گسترش حفر چاه‌های غیرمجاز و خشک‌سالی‌های مکرر دچار افت شدید شده است و طبق بررسی صورت گرفته در این تحقیق و صحت سنجی نتایج حاصله با آمار و گزارش‌های سازمان منابع آب شهرستان جیرفت به طور کلی در فاصلهٔ زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ حدود بیش از ۱۰ متر افت سطح آب زیرزمینی قابل مشاهده است.

در این راستا وضعیت تولید و صادرات محصولات کشاورزی منتخب (بر اساس سطح زیر کشت) بررسی شد و میزان آب مجازی برای تولید این محصولات محاسبه شد. این موضوع نشان می‌دهد رویه تولیدات کشاورزی در منطقه به سمت تولید ارزان‌ترین و پرآب‌برترین محصولات حرکت کرده و البته این محصولات بیشترین سهم صادرات را نیز به خود اختصاص داده است.

در ادامه شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی برای دوره‌ای ۲۰ ساله از سال 1374 تا 1394 بررسی شد. در خشک‌سالی هواشناسی مقادیر بارندگی نسبت به مقدار میانگین سنجیده می‌شود. نتایج حاصل از این بخش وجود خشک‌سالی دائمی با توجه به ماهیت خشک و کم باران منطقه را تأکید می‌کند و به‌جز چندین سال با وضعیت خشک‌سالی شدید، بقیه سال‌ها در حالت خشک‌سالی غیر شدید هستند. در واقع استان کرمان روی کمربند آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک زمین واقع شده است و کمبود میزان بارندگی و توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارش‌ها، تبخیربالا، بادهای شدید موقتی و نوسان درجه حرارت شرایط اقلیمی نامناسبی را در شهرستان جیرفت ایجاد کرده است.

نتایج حاصل از سه بخش تغییرات عمق آب‌های زیرزمینی، آب مجازی مصرفی در محصولات کشاورزی و شاخص‌های خشک‌سالی در دشت جیرفت لزوم مدیریت منابع آب در این بخش را دوچندان کرده است. با وجود بحران کم آبی در ایران و به طور خاص در مناطق خشک و کویری مانند کرمان، و با وجود آنکه درصد زیادی از منابع آبی در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که صادرات این نوع محصولات کشاورزی مزیت تجاری مناطق خشک نیست. یکی از محصولاتی که کاملاً سنتی و بدون برنامه جامع کشت می‌شود هندوانه است که با توجه به میزان آب بری بالا (بر طبق محاسبات این پژوهش، حدود ۳۰۰ لیتر برای هر کیلو) بحران آب و قیمت پایین منطقه‌ای این محصول نیازمند بررسی بیشتر از جنبه‌های اقتصادی با توجه به ماهیت خشک و کم آبی منطقه است. همچنین با کنترل و مدیریت عرضه و تقاضا در زمینهٔ کاشت محصولات، به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که تولید محصولات آب بر به اندازهٔ نیاز داخلی حوضه باشد و به نوعی با این محدودیت شدید آبی، صادرات آب با سازوکارهای مدیریت منابع آب در این مناطق مرتفع شود. برای توسعهٔ کشاورزی لازم است وزارت جهادکشاورزی ارزیابی درستی از منابع آبی موجود داشته باشد و بر اساس آن به کشاورزان الگوی کشت بدهد. ترجیح این است که محصولاتی در این مناطق تولید شود که دارای مزایای نسبی، ارزش افزوده و کمترین نیاز به آب باشد، زیرا میزان بهره‌وری آب در بخش کشاورزی تنها ۳۳ درصد و به‌عنوان یک چالش مطرح است. در این راستا الگوهای کشت همساز با اقلیم ارائه شده توسط سازمان جهاد کشاورزی و تشویق کشاورزان به استفاده از آن می‌تواند گامی مؤثر در زمینهٔ مدیریت آب در این مناطق باشد. همچنین باید آگاه

بود مصرف آب در بخش کشاورزی با مباحثی مانند اشتغال پایدار، امنیت غذایی و استقلال کشور گره خورده است که در واقع بهینه‌سازی مصرف آب در سه حوزهٔ بازدهی، انتقال و توزیع باید منسجم بررسی و سیاست‌گذاری شود. در این راستا علاوه بر هدفمند شدن حکمرانی مدیریت آب در کشور، تقویت و همسان‌سازی سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو نیز در اولویت هستند. راه برون رفت از وضع موجود، گفتمان مشترک بین تمام بخش‌های کشور درباره مدیریت آب است تا مدیریت آب در جامعه به‌ویژه در بخش کشاورزی با رویکرد علمی متحول شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به شماره طرح ۹۸۰۱۲۰۴۴ صورت گرفته است که نویسندگان کمال تشکر و قدردانی را دارند.

یادداشت‌ها

1. virtual water trade
2. geostatistical methods
3. Standardized Precipitation Index
4. Rainfall Anomaly Index
5. Deciles Index
6. Z-Score Index
7. China-Z Index
8. Modified CZI
9. Rain-based Drought Indices Tools
10. blue water
11. green water
12. gray water
13. metrological drought

منابع

باغستانی، ع.ا.، مهرآبادی بشرآبادی، ح.، زارع مهرجردی، م.ر. و شرافتمند، ح. ۱۳۸۹. کاربرد مفهوم آب مجازی در مدیریت منابع آب ایران. مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۶(۱): ۲۸-۳۸.

دفتر مطالعات پایه منابع آب، شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان. وزارت نیرو، ۱۳۹۴.

سایت سازمان جهاد کشاورزی، www.maj.ir/۱۳۹۷

صالح نیا، ن. و باستانی، م.۱۳۹۶. بررسی راهبرد تجارت آب مجازی محصولات زراعی و باغی در ایران. بررسی راهبرد تجارت آب مجازی محصولات زراعی و باغی ایران. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۵(۱۱): ۷۵۰-۷۶۲.

طرح جامع کاشت محصولات زراعی جنوب استان کرمان، طرح ششم توسعه. جهاد کشاورزی جنوب استان کرمان. ۱۳۹۰.

عابدی، س. و تهامی‌پور، م. ۱۳۹۵. اندازه‌گیری و تحلیل تراز تجاری آب مجازی در بخش کشاورزی استان زنجان. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران. ۴۷(۴): ۸۰۵-۸۱۴.

عادلی ساردو، ف.، صالحی، ا. و صالحی، ر. ۱۳۹۶. تحلیل مقایسه‌ای گزارش وضعیت محیط‌زیستی (SOER) شهر تهران و لندن برای رسیدن به مؤلفه‌های پایداری محیط شهری. ۴۳(۴): ۶۶۵-۶۸۲.

گزارش تمدید ممنوعیت محدوده مطالعاتی جیرفت و فاریاب شرقی، شرکت سهامی آب منطقه کرمان، ۱۳۹۴.

یوسفی، ح.، محمدی، ع.، نوراللهی، ی. و ساداتی نژاد، س.ج. ۱۳۹۶. ارزیابی شاخص ردپای آب محصولات زراعی و باغی استان تهران. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۴: ۶ .

ABS, 2008. Australian Water Account. Australian Bureau of Statistics, Canberra.

Adeli Sardoo, F., Karimi, S., Jafari, H,R. and Tavakoli, A. 2016. Developing a Non-linear Model for Water and Waste Load Allocation in the River Systems Using Fuzzy Cooperative Game: A Case Study. Computational Research Progress in Applied Science & Engineering (CRPASE). 02(02): 40-47.

Alcamo, J., Dronin, N., Endejan, M., Golubev, G. and Kirilenko, A., 2007. A new assessment of climate change impacts on food production shortfalls and water availability in Russia. Global Environ. Change 17: 429–444.

Allan, J.A. 1998. Virtual water: a strategic resource. Ground Water. 36: 545-547.

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. and Savenije, H.H.G. 2006. Water saving through international trade of agricultural products. Hydrology and Earth System Science. 10: 455-468.

Chowdary, V.M., Rao, N.H. and Sarma, P.B.S., 2005. Decision support framework for assessment of non-point-source pollution of groundwater in large irrigation projects. Agric. Water Manage. 75 (2): 194–225.

Deo R C. 2011. On meteorological droughts in tropical Pacific Islands: time-series analysis of observed rainfall using Fiji as acase study. Meteorological Applications, 18(2): 171–180

FAO, 2017. AQUASTAT Data. Retrieved from AQUASTAT: http://www.fao.org/nr/ water/aquastat/data/query/ index.html?.lang=en (April 27).

Fedoroff, N.V., Battisti, D.S., Beachy, R.N., Cooper, P.J.M., Fischhoff, D.A. and et al. 2010. Radically rethinking agriculture for the 21st century. Science, 327: 833–834.

Gibbs W, Maher J. 1967. Rainfall Deciles as Drought Indicators. Melbourne: Bureau of Meteorology, 117.

Gleick, P.H. 2003. Global freshwater resources: soft-path solutions for the 21st century. Science 302, 1524–1528.

Jalota, S.K. and Arora, V.K. 2002. Model-based assessment of water balance components under different cropping systems in north-west India. *Agricultural Water Management*, *57*(1): 75-87.

Ji, X.-B., Kang, E.-S., Chen, R.-S., Zhao, W.-Z., Zhang, Z.-H. and Jin, B.-W. 2007. A mathematical model for simulating water balances in cropped sandy soil with conventional flood irrigation applied. Agric. Water Manage. 87: 337–346.

Karabulut M. 2015. Drought analysis in Antakya-Kahramanmaraş Graben, Turkey. Journal of Arid Land, 7(6): 741–754.

Krebs, J.R., Wilson, J.D., Bradbury, R.B. and Siriwardena, G.M., 1999. The second silent spring. Nature, 400: 611–612.

Li Y, Yao N, Sahin S. and et al. 2017. Spatiotemporal variability of four precipitation-based drought indices in Xinjiang, China. Theoretical and Applied Climatology, 129(3–4): 1017–1034.

Li, Z.Z., Li, W.D. and Li, W.L. 2004. Dry period irrigation and fertilizer application affect water use and yield of spring wheat in semi-arid regions. Agric. Water Manage. 65: 133–143.

McKee T.B., Doesken N.J. and Kleist J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. Anaheim, CA: American Meteorological Society, 179–184.

McKee T.B., Doesken N.J. and Kleist J. 1995. Drought monitoring with Multiple Time scales. In: Proceeding of the 9th Conference on Applied Climatology. Dallas, TX: American Meteorological Society, 233–236.

Mekonnen, M.M., and Hoekstra, A.Y. 2010. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. Hydrology and Earth System Science. 14: 1259-1276.

Shen, J., Lu, H., Zhang, Y., Song, X. and He, L. 2016. Vulnerability assessment of urban ecosystems driven by water resources, human health and atmospheric environment. *Journal of Hydrology*, *536*: 457-470.

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature, 418: 671–677.

UNDP, 2007. Human Development Report 2006–Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis. United Nations Development Programme, New York.

FAO, 2017. AQUASTAT Data. Retrieved from AQUASTAT: http://www.fao.org/nr/ water/aquastat/data/query/ index.html?.Lang=en (April 27).

UNEP (United Nations Environment Programme), 2015. Economic Valuation of Wastewater – The cost of action and the cost of no action. Authors: Francesc Hernández-Sancho (University of Valencia), Birguy. Salehnia, N., Alizadeh, A., Sanaeinejad, H., Bannayan, M., Zarrin, A., & Hoogenboom, G. (2017). Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data. *Journal of Arid Land*, *9*(6), 797-809.