مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره دهم، شماره بیست و هفتم، بهار ۱۴۰۰
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۱۲
صفحات: ۲۰۹ - ۱۹۷

مقاله (علمی پژوهشی)

تحلیل اثرات مدیریت ریسک خشکسالی با استفاده از شاخص‌های بهره‌وری آب

مهدی اکبری[۱]، حامد نجفی علمدارلو*[۲]، سید حبیب‌الله موسوی[۳]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه اقتصادکشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۲*. استادیار گروه اقتصادکشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۳. دانشیار گروه اقتصادکشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در سال‌های اخیر با وقوع خشکسالی و کاهش آب آبیاری، استفاده کارا از آب و مدیریت آن به امری اجتناب ناپذیر بدل گشته است. بدین منظور در این پژوهش، اثرات ریسکی راهبرد کم آبیاری در دشت قزوین در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در ابتدا، درصد تغییرات حجم آب در دوره خشکسالی نسبت به دوره نرمال محاسبه گردید. سپس با استفاده از توابع آب- عملکرد، کم آبیاری در چهار سناریو ۱۹، ۳۲، ۴۴ و ۵۱ درصد متناظر دوره‌های خشکسالی ضعیف، متوسط، شدید و خیلی شدید بر گیاهان اعمال شد. در ادامه با استفاده از مدل تلفیقی موتاد-هدف با رهیافت برنامه‌ریزی اثباتی به بررسی اثرات ریسکی ناشی از خشکسالی بر الگوی کشت زراعی و بهره‌وری مصرف آب در منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. نتایج نشان داد که اعمال کم آبیاری موجب افزایش سطح زیر کشت گیاهان کم آب‌بر مانند گندم، جو و لوبیا می‌شود. همچین اعمال کم آبیاری، درآمد ناخالص را حداکثر تا ۲۴,۳ درصد در دوره خشکسالی خیلی شدید کاهش می‌دهد. ریسک در آمدی با اعمال سناریو کم آبیاری در طی دوره‌های خشک‌سالی کاهش یافته و از ۱۵- درصد در طی دوره خشک‌سالی ضعیف به ۳۷- درصد در طی دوره خشک‌سالی خیلی شدید تقلیل یافته است. بازده برنامه‌ای نیز به صورت غیر خطی همزمان با کاهش ریسک درآمدی، کاهش می‌یابد. دیگر نتایج تحقیق نشان داد که بهره‌وری مصرف آب نیز برای محصولات گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، گوجه فرنگی، ذرت علوفه‌ای و لوبیا، کاهش و برای محصولات چغندر و یونجه افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج در صورت عدم اعمال کم آبیاری در شرایط خشکسالی و اصلاح کشت، درآمد ناخالص کشاورزان در خشکسالی خیلی شدید به میزان ۵۸ درصد کاهش می‌یابد ولی در صورت اعمال کم آبیاری و بهینه‌سازی الگوی کشت در این شرایط تنها به میزان ۲۴,۳ درصد کاهش خواهد یافت.

واژگان کلیدی: حفاظت آب، خشکسالی، دشت قزوین، ریسک، کم‌آبیاری.

*- حامد نجفی علمدارلو (نویسنده مسئول) Email: hamed_najafi@modares.ac.ir

مقدمه

مدیریت آب به‌ویژه در بخش کشاورزی، زمینه پیشرفت و توسعه هر کشوری را فراهم می‌کند (محمدی و بوستانی، ۱۳۸۸) و با توجه به اهمیت آن در بخش کشاورزی، لزوم استفاده‌ی کارا یا به عبارتی مدیریت آب در این بخش اجتناب‌ناپذیر است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۸). بروز خشک‌سالی متعدد در بخش کشاورزی یک خطر بسیار پیچیده و طبیعی است (Dai, 2011). خشک‌سالی باعث تهدیدات خطرناک آب و مواد غذایی می‌شود و درعین‌حال ممکن است منجر به کاهش عملکرد محصول و چالش‌های مالی در سراسر جهان شود (AghaKouchak et al., 2015. Hao & Singh, 2015. Zhao & Running, 2010). از طرف دیگر، به دلیل گرمایش جهانی، خشک‌سالی‌ها در سال‌های اخیر بیشتر شده است (Liu et al., 2015. Wu et al., 2013. Wu et al., 2015). خشک‌سالی‌ها را می‌توان به خشک‌سالی‌های هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و اجتماعی اقتصادی طبقه‌بندی کرد (American Meteorological Society, 2004. Heim Jr, 2002. Zhang et al., 2015). خشک‌سالی هیدرولوژی با پیامدهای کمبود دوره‌ای ریزش‌های جوی بر منابع و ذخایر آبی روزمینی و زیرزمینی مرتبط است. ازاین‌رو، وقوع خشک‌سالی‌های متناوب ، طولانی و نوسانات زیاد آب و هوایی، کمبود آب به‌ویژه منابع آب سطحی را تشدید می‌کند (محمدی و شمسی‌پور، ۱۳۸۴).

از مهم‌ترین آثار خشک‌سالی بر بخش کشاورزی، کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و به تبع آن کاهش تولید است. همین امر ریسک کشاورزی را از منبع کاهش تولید افزایش داده و در نهایت موجب تسری آن به بخش قیمت و بازار می‌شود (Sasmal, 1993؛ Gotsch and Regev, 1996؛ Dillon and Anderson, 1971). ریسک ناشی از خشکسالی، اهمیت مدیریت آن را برای کشاورزی دو چندان کرده است. از این رو، برای مقابله با آثار خشک‌سالی راهبردهای گوناگونی وجود دارد که یکی از آن‌ها استراتژی کم آبیاری است. کم آبیاری، یک راهبرد بهینه‌سازی برای مدیریت مصرف آب است (تهامی‌پور زرندی و یزدانی، ۱۳۹۵) که هدف اصلی آن، افزایش کارایی مصرف آب و صرفه‌جوی مقدار آبی است که تأثیر معنی‌داری در کاهش عملکرد محصول ندارد (دهقانی‌سانیچ و همکاران، ۱۳۸۶). کم‌آبیاری یک راهبرد سودمند اقتصادی در وضعیت بحران آب است که هدف آن، حداکثر استفاده از هر واحد آب مصرفی بوده (English et al., 1990. Salemi et al., 2014) و توجه به‌صرفه جویی در مصرف آب بسیار کارساز خواهد بود (ایزنالو و همکاران، ۱۳۸۴؛ Martin et al., 2009؛ بابازاده و همکاران، ۱۳۸۹). در این راهبرد، گیاهان به‌صورت هدفمند درجاتی از کم‌آبی و کاهش عملکرد را تحمل کرده (بوستانی و همکاران، ۱۳۹۰) و با افزایش راندمان آبیار، مصرف آب بهینه خواهد شد (نخجوانی‌مقدم و قهرمان، ۱۳۸۲).

استفاده از تکنیک کم آبیاری به‌منظور مطالعه و شناخت اثرات آن بر گیاه امری مفید است و اهمیت استفاده از این روش باعث شده است درگذشته تحقیقات مختلفی در مورد محصولات گوناگون کشاورزی در رابطه با این تکنیک صورت پذیرد. در همین راستا، اسعدی و نجفی (۱۳۹۸) با ارزیابی اقتصادی الگوی بهینه کشت به این نتیجه رسیدند که اعمال کم آبیاری باعث افزایش صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش سود ناخالص مزرعه می‌گردد. پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی اثرات کم آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص با استفاده از توابع تولید محصولات کشاورزی با این نتیجه رسیدند که به‌کارگیری روش کم آبیاری در دسترس اگرچه موجب کاهش سود ناخالص کشاورزان می‌شود اما موجب حفظ و پایداری منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌شود. مطالعه پرهیزکاری و صبوحی

(۱۳۹۲) حاکی از آن است به‌کارگیری سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس، کشاورزان منطقه را به مدیریت صحیح منابع آب تشویق می‌کند و می‌توان از این سیاست برای ذخیره منابع آب در فصول پرآب و رفع نیازهای موجود در فصول کم آب استفاده کرد. مطالعه شمس‌الدینی و همکاران (۱۳۹۲) به منظور انتخاب الگوی زراعی مناسب در راستای استفاده پایدار از منابع آب به این نتیجه رسیدند که کم آبیاری باعث صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود اما درآمد کشاورزان زا نیز کاهش می‌دهد. بوستانی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی کم آبیاری بر الگوی کشت بهینه به این نتیجه رسیدند که با اعمال آبیاری کامل به‌جای کم آبیاری در الگوی جاری و کاهش سطح زیر کشت تا سطح استفاده از موجودی آب، امکان افزایش درآمد مزرعه نماینده وجود دارد. صبوحی (۱۳۸۵) جهت مدیریت بهینه در مصرف آب و الگوی کشت در شبکه آبیاری و زهکشی درودزن نشان داد که می‌توان از فن کم آبیاری در دوره‌های مختلف رشد استفاده کرد. گراویلین و مرل[1] (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای به منظور چگونگی انطباق کشاورزان به کمیابی آب، نشان دادند که کشاورزان با سناریوسازی کمیابی آب، حدود ۲۵ درصد به کاهش شدت آب برای محصولات آبیاری[2]، ۵۰ درصد به تغییر الگوی کشت به سمت کشاورزی دیم[3] و حدود ۲۵ درصد به سمت محصولات آب‌بر کمتر[4] گرایش پیدا کردند. مشتاق و مقدسی[5] (۲۰۱۱) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی در استرالیا به بررسی اثرات کم‌آبیاری در پاسخ به تغییرات اقلیم و تقاضای آب محیطزیست پرداختند. در این تحقیق ازسه سناریو استفاده گردید: بهینه‌سازی با آبیاری کامل، بهینه‌سازی با کم‌آبیاری و کم‌آبیاری بدون بهینه‌سازی. نتایج این مطالعه نشان داد که کم‌آبیاری در به حداکثر رساندن بازده ناخالص و افزایش کارایی مصرف آب، مؤثر می‌باشد. نتایج مطالعه کورتیگنانی[6] (۲۰۰۹) نشان داد که اعمال سیاست‌های کاهش آب در دسترس به میزان ۵ و ۱۰ درصد و افزایش قیمت آب به میزان ۲ و ۳ برابر نسبت به شرایط کنونی، بر کاهش میزان مصرف آب مؤثر است.

دشت قزوین یکی از دشت‌های مهم و مستعد کشاورزی در کشور به شمار می‌رود و آمارهای موجود نشان می‌دهد که وقوع خشک‌سالی‌های پی‌درپی، باعث خسارات جبران‌ناپذیری به محصولات کشاورزی این منطقه شده است. از این رو اتخاذ راهبردهای مدیریت این مخاطه طبیعی از اهمیت بسزائی برخوردار است. یکی از این روش‌ها استفاده از راهبرد کم‌آبیاری می‌باشد. اگرچه مطالعات مختلفی در زمینه‌ی کاربرد تکنیک کم‌آبیاری صورت گرفته است، اما هدف این تحقیق بررسی آثار اتخاذ این راهبرد در مدیریت ریسک ناشی از خشکسالی در دشت قزوین می‌باشد. از این رو در این تحقیق سعی شده است تا اثرات ریسکی خشکسالی بر روی الگوی کشت محصولات زراعی و شاخص‌های آب بررسی شده و در نهایت آثار انتخاب استراتژی‌های متفاوت کم‌آبیاری مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین نوآوری مطالعه حاضر، در این است که اثرات استراتژی‌های مختلف کم‌آبیاری برای هر محصول در شرایط خشکسالی را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی تلفیقی موتاد هدف با رهیافت برنامه‌ریزی مثبت، مورد ارزیابی قرار داده است.

داده‌ها و روش‌شناسی

[1] Graveline and Mérel
[2] intensive margin
[3] super-extensive margin
[4] extensive margin
[5] Mushtaq and Moghaddasi
[6] Cortignani

کشاورزی نقش مهمی در اقتصاد استان قزوین ایفا می‌کند. دشت قزوین تحت پوشش شبکه مدرن آبیاری قرارگرفته (کاویانی و همکاران، ۱۳۹۰) و با وسعتی معادل ۸۰۰۰۰ هکتار از محدوده زیاران شروع شده و به اراضی کهک تاکستان منتهی می‌شود. این شبکه به‌طور عمده اراضی شهرهای قزوین، آبیک و همچنین بخشی از اراضی شهرستان‌های تاکستان و بوئین‌زهرا را در برمی‌گیرد و از سد مخزنی طالقان تغذیه می‌شود. در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ بالغ بر ۲,۷۶ میلیون تن محصولات مختلف زراعی در استان قزوین برداشت شده است که ۹۵ درصد آن از مزارع آبی و ۵ درصد بقیه از مزارع دیم حاصل‌شده است. بارش سالانه دشت قزوین ۲۳۱ میلیمتر گزارش شده و طی دوره ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۴ دمای متوسط سالانه به میزان ۰,۹ درجه سانتی‌گراد افزایش و بارش به میزان ۳ میلی‌متر کاهش‌یافته است. (سازمان هواشناسی استان قزوین، ۱۳۹۴).

در مطالعه حاضر، با توجه به اینکه هدف اصلی این پژوهش بررسی اثرات ریسکی کم آبیاری بر الگوی کشت در شرایط خشکسالی می‌باشد، ابتدا به منظور مشخص نمودن سال‌های وقوع خشکسالی و طبقات آن (خشکسالی ضعیف، متوسط، شدید و خیلی شدید) از شاخص SPI استفاده گردید. سپس با استفاده از تابع تولید آب و محصول به بررسی تاثیر کم آبیاری بر محصولات زراعی پرداخته شد. پس از آن، الگوی کشت منطقه در سناریوهای اعمال کم آبیاری در شرایط خشکسالی با استفاده از مدل کالیبره موتاد هدف و با رهیافت برنامه‌ریزی مثبت تعیین گردید. در نهایت، به منظور بررسی کارایی سناریوهای اعمال شده در منطقه از شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب و شاخص اجتماعی اشتغال مزرعه استفاده گردید.

شاخص بارش استاندارد شده SPI: شاخص بارش استانداردشده (SPI[1]) توسط (McKee et al., 1993) جهت تعیین دوره‌های خشک‌سالی و ارزیابی شدت آن تدوین شد (McKee et al., 1993). این شاخص برای هر منطقه بر اساس ثبت بارندگی‌های طولانی‌مدت آن محاسبه می‌شود. در این روش با استفاد از توزیع گاما برای آمار بلندمدت بارندگی و تابع توزیع تجمعی به تعیین طبقات خشکسالی در یک منطقه از ترسالی خیلی‌شدید تا خشکسالی خیلی شدید پرداخته می‌شود (McKee et al., 1993؛Edwards, 1997).

تابع واکنش عملکرد-آب: این راهبرد با استفاده از مدل‌های کشاورزی ارائه‌شده توسط فائو محاسبه و اعمال شده و بر اساس داده‌های آب و هوایی و کشاورزی، تأثیر کاهش آب آبیاری را بر محصول پیش‌بینی می‌کند. در این راستا برای تخمین عملکرد محصول رابطه زیر توسط استوارت پیشنهاد و توسط (Doorenbos & Kassam, 1977) تصحیح گردیده و به قرار زیر نوشته می‌شود (Jensen, 1968. Doorenbos & Kassam, 1977. Meyer et al., 1993):

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \prod_{s=1}^{n} [\frac{ETa_s}{ETp_s}]_s^{Ky_s} \quad (۱)$$

رابطه ۱ را می‌توان به‌صورت زیر نیز نوشت (Rao et al., 1988):

$$\frac{Y_a}{Y_{max}} = \prod_{s=1}^{n} (1 - Ky_s(1 - \frac{ET_a}{ET_{max}})_s) \quad (۲)$$

$$\frac{Y_a}{Y_P} = \prod_{s=1}^{n} (1 - Ky_s(1 - \frac{W_a}{W_P})_s) \quad (۳)$$

[1] Standardized Precipitation Index

که در آن Y_p حداکثر محصول تولیدی در شرایط بدون تنش آبی، Y_a مقدار محصول واقعی در شرایط تنش آبی، s مرحله مشخصی از رشد که دوره رشد به چهار مرحله رشد اولیه[1]، نمو گیاه[2]، مرحله میانی فصل رشد گیاه[3] و مرحله پایانی فصل رشد[4]، Ky_i ضریب واکنش عملکرد نسبت به تنش آبی در مرحله رشد s یا عامل کاهش محصول که این ضریب از نشریه شماره ۳۳ سازمان خواروبار جهانی (FAO) گزارش شده است (Doorenbos & Kassam, 1997)، W_P حداکثر آب آبیاری موردنیاز گیاه و W_a مقدار آب آبیاری در شرایط تنش آبیاری و h نیز مقدار کاهش نسبی مصرف آب در کل دوره رشد (کوچکتر یا مساوی یک) هست. در این مطالعه استراتژی کم آبیاری در شرایط خشکسالی در چهار سناریو خشکسالی ضعیف، متوسط، شدید و خیلی شدید در مراحل مختلف رشد محصولات، اعمال شد. داده‌های مورد استفاده در این بخش از وزارت کشاورزی و فائو جمع‌آوری و عملکرد واقعی با اعمال کم آبیاری با استفاده از نرم‌افزار Excel محاسبه گردید.

مدل کالیبره موتاد-هدف با رهیافت برنامه‌ریزی اثباتی: استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریسک در بسیاری از مطالعات مدیریت مزرعه وجود دارد (Salassi et al., 2013. Olarinde et al., 2008. Umoh, 2008. Maleka, 1993). اما به علت سختی کالیبره کرده این مدل‌ها (Mainuddin et al., 2007)، رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) توسعه داده‌شده است. در مطالعه حاضر، مدل کالیبره موتاد-هدف با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی اثباتی بسط یافت و آثار ریسکی ناشی کم آبیاری بر عملکرد محصولات کشاورزی در شرایط خشکسالی مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل تابع هدف و قیدهای مدل به‌صورت زیر است (موسوی و بهمن‌پوری، ۱۳۹۴):

$$Max\ Z = \frac{(1+r)^{-t}}{T}\sum_{j}^{n}\sum_{t}^{T}\left(P_{jt}Y_{jt} - \left(d_{jt}X_{jt} + \frac{1}{2}q_{jt}X_{jt}^2\right)\right) \quad (۴)$$

در این مدل j=(1,2,3,…,n) و t=(1,2,3,…,s) به ترتیب نشان‌دهنده محصولات و سال‌ها می‌باشند .در اینجا j نشان‌دهنده نوع فعالیت زراعی شامل گندم، جو، ذرت، چغندرقند، گوجه‌فرنگی، ذرت علوفه‌ای، یونجه و لوبیا، t نشان‌دهنده زمان که شامل سال‌های ۹۴-۱۳۸۹ است. P_j قیمت محصول jام، Cj هزینه حسابداری تولید هر هکتار از محصول jام، Xj سطح زیر کشت محصول jام و T سطح درآمد هدف که برابر با هزینه متغیر است. تابع هدف در معادله ۴، با توجه میزان دسترسی به منابع، محدود می‌شود.

$$\sum_{j}\varphi_j X_j \le TR \quad (۵)$$

$$\sum_{j} g_{jt}X_j + \bar{Z}_t \ge T \quad (۶)$$

$$\sum_{j} P_t \bar{Z}_t = \delta \quad (۷)$$

$$\sum_{j} R_j X_j \le 0 \quad (۸)$$

[1] initial growth
[2] crop development
[3] mid-growth season
[4] late growth season

$$\bar{Z}_t \geq 0 \quad (۹)$$

$$X_j \leq X_j^* + \varepsilon \quad (۱۰)$$

در معادله ۵، TR کل موجودی در دسترس منابع شامل زمین، نیروی کار، مقدار آب، ماشین آلات، کودها و سموم شیمیایی می‌باشد. φ_j هم ضرایب فنی کاربرد نهاده‌ها در تولید محصولات است. معادله ۶ محدودیت درآمد در حالت S را نشان می‌دهد که که در آن g_{jt} سود ناخالص محصول ، $\bar{Z}_t$ انحراف از میانگین و T درآمد هدف (برابر با هزینه متغیر) است. معادله ۷ مجموع انحرافات منفی را پس از وزن دادن، بر اساس احتمال وقوع آن‌ها اندازه‌گیری می‌کند. که P_t احتمال وقوع پیشامد، δ پارامتری است که با تغییر آن می‌توان الگوهای متفاوت کشت را تخمین زد (محمدی و ترکمانی، ۱۳۸۰؛ موسوی و بهمن‌پوری، ۱۳۹۴). رابطه ۸، تناوب زراعی را نشان می‌دهد و R_j تناوب زراعی بوده و معادله ۹ و ۱۰ شرط غیرمنفی بودن انحراف از میانگین است. آمار و اطلاعات مربوط به روابط فنی گیاهان زراعی و نهاده‌ها در سال ۹۵-۱۳۹۴ از طریق پرسشنامه و بااستفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای جمع‌آوری گردید. از کل منطقه موردمطالعه تعداد ۱۴۴ پرسشنامه از کشاورزان هدف جمع‌آوری و داده‌های آن استخراج گردید.

بهره‌وری مصرف آب و شاخص اجتماعی اشتغال مزرعه: در این مطالعه به‌منظور بررسی تاثیر کارائی استفاده از استراتژی‌های کم آبیاری به تعیین بهره‌وری آب کشاورزی با استفاده از دو شاخص «کارائی مصرف آب» و «نسبت درآمد به آب مصرفی» پرداخته شد. شاخص کارائی مصرف آب از نسبت عملکرد محصول بر آب مصرفی و شاخص نسبت درآمد بر آب مصرفی نیز در واقع از نسبت سود ناخالص بر آب مصرفی بر حسب متر مکعب در هر هکتار بدون در نظر گرفتن بارندگی محاسبه شده‌اند. همچنین به منظور بررسی و تعیین این استراتژی‌ها بر اشتغال در منطقه در طی دوره‌های خشکسالی از شاخص اجتماعی اشتغال مزرعه استفاده گردید که این شاخص از تقسیم کل نیروی کار (بر حسب نفر) بر کل زمین‌های زیرکشت (بر حسب هکتار) در هر سناریو بدست می‌آید.

یافته‌های تحقیق

بررسی الگوی زراعی آبیاری دشت قزوین، نشان از این واقعیت دارد که ترکیب زراعی آبی رایج منطقه عمدتاً شامل گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، چغندر، یونجه، لوبیا و گوجه می‌باشد. اما به دلیل نیاز آبی بالای این محصولات و با توجه به وقوع خشکسالی در منطقه، به نظر می‌رسد که در بلندمدت، انتخاب محصولات مذکور برای کشت در این منطقه مطلوب نخواهد بود. لذا بررسی کم آبیاری در زمان وقوع خشکسالی امری واجب است. در ابتدا به‌منظور یافتن سال‌های وقوع خشکسالی در منطقه و بررسی تأثیر طبقات خشکسالی بر میزان آب منطقه از شاخص SPI استفاده گردید. به‌منظور برآورد شاخص SPI، از داده‌های ایستگاه هواشناسی قزوین طی سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۴ استفاده گردید. شکل (۱) تغییرات شاخص SPI را در طی سال‌های مختلف نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که وقوع خشکسالی در منطقه امری رایج بوده است و ارائه راه‌حل‌های مناسب به‌منظور مقابله با این بلای طبیعی امری ضروری به شمار می‌رود.

شکل ۱: نمودار تغییرات شاخص SPI

با توجه به شاخص SPI، سال‌های وقوع خشکسالی ضعیف، متوسط، شدید و خیلی شدید استخراج و میزان تغییر حجم آب سطحی در این دوره‌ها نسبت به سال نرمال محاسبه گردید. درصد تغییرات حجم آب در خشکسالی ضعیف برابر ۱۹/۲۵، در خشکسالی متوسط ۳۱/۶، در خشکسالی شدید برابر ۴۴ و در خشکسالی خیلی شدید معادل ۵۱/۳ درصد برآورد شده است. در جدول شماره ۱ داده‌ها و و اطلاعات آماری مربوط به مقدار متوسط نهاده‌های به‌کار رفته در تولید محصولات زراعی منتخب در شبکه آبیاری دشت قزوین نشان داده شده است.

جدول۱: اطلاعات کلی مربوط به محصولات برگزیده در منطقه مورد مطالعه در سال ۹۵-۱۳۹۴

نهاده (واحد)	گندم آبی	جو آبی	ذرت دانه‌ای	چغندر	گوجه	ذرت علوفه‌ای	یونجه	لوبیا
سطح زیر کشت (10^3 h)	۲۵	۲	۳/۲	۱	۱/۴	۴/۸	۳	۰/۱۷۰
آب مصرفی (10^3 m^3)	۷	۵/۵	۱۱	۱۲/۶	۱۲/۵	۱۱/۲	۱۳	۸/۹
نیروی کار (نفر)	۱۴	۱۱/۵	۱۳	۴۲	۷۳	۳۵	۱۶	۳۰
کود نیترات (کیلوگرم)	۱۸۷/۵	۱۴۵	۱۹۳	۲۷۵	۳۰۰	۱۲۰	۱۱۸	۳۰۰
کود فسفات (کیلوگرم)	۸۴/۶	۸۲	۱۲۳	۱۶۰	۲۲۰	۱۱۳	۶۲	۲۱۰
علف‌کش (لیتر)	۱/۴	۱	۰/۸	۲/۳	۱/۶	۲/۵	۰/۴	۱/۵
حشره‌کش (لیتر)	۱/۲	۰/۶	۰/۳	۱/۹	۰/۳	۰/۵	۱	۰/۷
عملکرد واقعی (کیلوگرم)	۴۳۰۰	۳۷۰۰	۱۰۵۰۰	۳۸۰۰۰	۵۴۶۰۰	۵۰۰۰۰	۱۰۵۰۰	۱۷۰۰
ضریب حساسیت گیاه به تنش آبی	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۲۵	۰/۸	۱/۰۵	۱/۲۵	۰/۷	۱/۱۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با استفاده از معادله عملکرد-آب (معادله ۳)، کم آبیاری در ۴ سناریوی خشکسالی و با حذف آب آبیاری به دلیل وقوع خشکسالی و کاهش حجم آب بر مراحل چهارگانه دوره رشد به‌صورت یکسان اعمال گردید و نتایج حاصل از الگوی کشت، بازده برنامه‌ای، ریسک درآمد و درصد استفاده از نهاده‌ها مورد تحلیل قرار گرفت. جدول شماره ۲ الگوی کشت و درصد تغییرات حاصل از مدل تلفیق موتاد-هدف بر اثر اعمال ۴ سناریو کم آبیاری در کلیه محصولات کشاورزی به‌صورت یکنواخت نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد، با اعمال کم‌آبیاری در طی دوره خشکسالی ضعیف، بیشترین افزایش سطح زیر کشت مربوط با لوبیا است که به میزان ۱۷,۹۶۸ درصد افزایش یافته است و بیشترین کاهش سطح زیر کشت مربوط به ذرت علوفه‌ای است که به میزان ۲,۵۱۸ درصد کاهش یافته

است.که این بیان می‌دارد اعمال کم آبیاری بر لوبیا نسبت به ذرت علوفه‌ای کاراتر است. در این سناریو علاوه بر لوبیا سطح زیر کشت گندم آبی و جو آبی افزایش یافته است و سطح زیر ذرت دانه‌ای، چغندر، گوجه و یونجه کاهش‌یافته است. در سناریو کم آبیاری در دوره خشکسالی متوسط، سطح زیر کشت گندم آبی، جو آبی و لوبیا به ترتیب به میزان ۰,۸۴، ۸ و ۲۹,۶ درصد افزایش یافته است و سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای چغندر، گوجه، ذرت علوفه‌ای و یونجه نیز به میزان ۳,۶، ۱,۳، ۳,۲، ۴,۱ و ۰,۱۳ درصد کاهش یافته است. در این سناریو کمترین واکنش سطح زیر کشت مربوط به یونجه است. در سناریو کم آبیاری در دوره خشکسالی بسیار شدید، سطح زیر کشت لوبیا به ۲۴۵ هکتار می‌رسد که نسبت به دوره پایه ۴۸ درصد افزایش نشان می‌دهد. نتایج همچین نشان می‌دهد که با اعمال کم آبیاری و اصلاح الگوی کشت در منطقه، درآمد ناخالص بهره‌برداران همزمان با وقوع خشکسالی ضعیف به میزان ۲۲,۷ درصد کاهش می‌یابد و در طی دوره‌های خشکسالی متوسط، شدید و خیلی شدید به دلیل کاهش عملکرد محصولات به ترتیب ۲۳,۳، ۲۳,۹ و ۲۴,۳ درصد کاهش می‌یابد که در صورت عدم اعمال این استراتژی و عدم اصلاح الگوی کشت درآمد ناخالص کشاورزان به ترتیب ۲۱,۷، ۳۵,۷، ۴۹,۷ و ۵۸ درصد کاهش می‌یافت که بسیار قابل توجه می‌باشد و ضرورت استفاده از این استراتژی را بیان می‌کند. به‌طورکلی نتایج این بخش حاکی از آن است که اعمال کم آبیاری در شرایط خشکسالی باعث گشته است که کشاورزان الگوی کشت محصولاتی را انتخاب نمایند که منافع اقتصادی بالا و ریسک کمتری در این شرایط داشته باشند.

جدول۲: تغییرات الگوی کشت در سنایوهای کم آبیاری (هکتار-درصد)

محصول/سناریو	سال پایه	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی خیلی شدید
گندم آبی	۲۵۰۰۲	۲۵۱۳۱	۲۵۲۱۳	۲۵۲۹۶	۲۵۳۴۵
جو آبی	۲۰۰۰	۲۰۷۰	۲۱۱۵	۲۱۶۱	۲۱۸۸
ذرت دانه‌ای	۳۲۰۰	۳۱۲۹	۳۰۸۴	۳۰۳۸	۳۰۱۱
چغندر	۱۰۰۰	۹۹۲	۹۸۷	۹۸۲	۹۷۹
گوجه‌فرنگی	۱۴۰۰	۱۳۹۳	۱۳۵۶	۱۳۳۸	۱۳۲۸
ذرت علوفه‌ای	۴۸۰۰	۴۶۷۹	۴۶۰۲	۴۵۲۴	۴۴۷۸
یونجه	۳۰۰۰	۲۹۹۸	۲۹۹۶	۲۹۹۵	۲۹۹۴
لوبیا	۱۶۶	۱۹۶	۲۱۵	۲۳۴	۲۴۶
درصد تغییرات درآمد ناخالص بعد از اعمال کم‌آبیاری	۰	-۲۲/۷	-۲۳/۳	-۲۳/۹	-۲۴/۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول شماره ۳ درصد تغییرات ریسک و بازده برنامه‌ای را در سناریوهای مختلف کم آبیاری نشان می‌دهد. در سناریو کم آبیاری در خشکسالی ضعیف ریسک درآمدی به مقدار ۱۵ درصد کاهش یافته است و با کاهش حجم آب میزان ریسک درآمدی کاهش می‌یابد و در سناریو کم آبیاری در دوره خشکسالی شدید مقدار آن ۳۶,۷ درصد کاهش می‌یابد. بازده برنامه‌ای نیز هم‌زمان با کاهش ریسک درآمدی کاهش می‌یابد و از ۵,۴۷- در سناریو کم آبیاری در دوره خشکسالی ضعیف به ۱۴,۴- درصد در خشکسالی خیلی شدید می‌رسد. لذا مقدار ریسک و بازده برنامه‌ای با کم آبیاری رابطه مستقیم داشته و با کاهش حجم آب، مقدار آن نیز کاهش می‌یابد. یا به‌عبارتی‌دیگر، اعمال کم آبیاری موجب کاهش عملکرد یا به عبارتی کاهش درآمد کشاورز می‌شود. با کاهش درآمد، ریسک درآمدی نیز کاهش می-

یابد و بیشترین کاهش ریسک مربوط به سناریو کم آبیاری در دوره خشکسالی خیلی شدید است با ۳۶,۷ درصد کاهش که دلیل آن، بیشترین کاهش عملکرد محصولات در این سناریو است. درعین‌حال، این سیاست، درآمدی هرچند کمتر ولی پایدارتر و باثبات‌تر برای کشاورزی به همراه خواهد داشت. اگرچه کم آبیاری در زمان وقوع خشکسالی به دلیل کاهش حجم آب امری لازم و واجب است اما به دلیل کاهش عملکرد و به‌دنبال آن کاهش درآمد کشاورزان، اعمال سیاست‌هایی مکمل نظیر بیمه محصولات کشاورزی و سیاست خرید تضمینی به‌منظور جبران خسارت کشاورزان لازم است.

جدول۳: درصد تغییرات ریسک درآمدی و بازده در سناریوهای کم آبیاری

وضعیت	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی خیلی شدید
ریسک‌درآمدی	-۱۵	-۲۹/۹	-۳۳/۷	-۳۶/۷
بازده برنامه‌ای	-۵/۵	-۸/۹	-۱۲/۴	-۱۴/۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در ادامه به منظور بررسی کارائی این راهبرد در شرایط خشکسالی از شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی و شاخص اجتماعی اشتغال مزرعه استفاده گردیده است. همانگونه که در جدول شماره ۴ مشاهده می‌شود با اعمال سناریو کم آبیاری در شرایط وقوع طبقات خشک‌سالی, کارایی مصرف آب و نسبت درآمد به آب مصرفی برای محصولات گندم آبی, جو آبی, ذرت دانه‌ای, گوجه, ذرت علوفه‌ای و لوبیا کاهش یافته و برای محصولات چغندر و یونجه افزایش یافته است.

جدول۴: شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی برای محصولات منتخب در سناریوهای کم آبیاری

محصولات	شاخص ها	سناریوها				
		سال پایه	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی خیلی شدید
گندم آبی	کارائی مصرف آب	۰/۶۱۴	۰/۶۰۷	۰/۶	۰/۵۹	۰/۵۸
	نسبت درآمد به آب مصرفی	۷۸۰	۷۷۱	۷۶۲	۷۴۹	۷۳۹
جو آبی	کارائی مصرف آب	۰/۶۷۳	۰/۶۶۵	۰/۶۵۷	۰/۶۴۶	۰/۶۳۷
	نسبت درآمد به آب مصرفی	۷۴۰	۷۳۱	۷۲۳	۷۱۱	۷۰۱
ذرت دانه‌ای	کارائی مصرف آب	۰/۹۱۵	۰/۸۶۰	۰/۸۰۶	۰/۷۳۵	۰/۶۷۴
	نسبت درآمد به آب مصرفی	۹۴۸	۸۹۱	۸۳۸	۷۶۱	۶۹۸
چغندر	کارائی مصرف آب	۳	۳/۱۴	۳/۲۸	۳/۴۷	۳/۶۳
	نسبت درآمد به آب مصرفی	۸۷۰	۹۱۲	۹۵۱	۱۰۰۷	۱۰۵۴
گوجه‌فرنگی	کارائی مصرف آب	۴/۴	۴/۳	۴/۳	۴/۲	۴/۱۴
	نسبت درآمد به آب مصرفی	۲۳۵۸	۲۳۳۰	۲۳۰۴	۲۲۶۵	۲۲۳۴
ذرت علوفه‌ای	کارائی مصرف آب	۴/۶	۴/۳	۴/۰۴	۳/۶۷	۳/۳۶
	نسبت درآمد به آب مصرفی	۴۱۱۱	۳۸۶۶	۳۶۳۷	۳۳۰۳	۳۰۲۷
یونجه	کارائی مصرف آب	۰/۷۹۷	۰/۸۵۴	۰/۹۰۷	۰/۹۸۵	۱/۰۴۹
	نسبت درآمد به آب مصرفی	۷۰۱	۷۵۱	۷۹۸	۸۶۷	۹۲۳
لوبیا	کارائی مصرف آب	۰/۱۸	۰/۱۴۷	۰/۱۶۸	۰/۱۶	۰/۱۵۳
	نسبت درآمد به آب مصرفی	۴۳۱	۴۱۶	۴۰۳	۳۸۳	۳۶۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول شماره ۵ اثرات اعمال کم آبیاری در طی دوره‌های خشک‌سالی بر شاخص اشتغال مزرعه نشان می‌دهد. اعمال کم آبیاری باعث کاهش اندک شاخص اشتغال مزرعه می‌گردد به‌طوریکه, از ۱۹,۲۲ در سال پایه به ۱۸,۹۶ در طی دوره خشک‌سالی خیلی شدید می‌رسد. هرچند کم آبیاری موجب کاهش تقاضای نیروی کار خواهد گردید اما میزان کاهش تقاضای نیروی کار نسبت به حالت عدم اعمال کم آبیاری کمتر خواهد بود. اگرچه میزان تغییرات شاخص اشتغال در سناریوهای مختلف معنی‌دار نیست.

جدول۵: اثر کم آبیاری در شرایط خشکسالی بر شاخص اشتغال مزرعه

وضعیت	سال پایه	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی خیلی شدید
شاخص اشتغال مزرعه (نفر/ هکتار)	۱۹/۲۲	۱۹/۱۳	۱۹/۰۶	۱۹	۱۸/۹۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری

بخش کشاورزی در ایران به عنوان یکی از مهمترین بخش‌های اقتصادی کشور با مشکلات متعددی از جمله خشک-سالی و کمبود آب مواجه بوده است. از این رو، در مطالعه حاضر اثر کم آبیاری در زمان وقوع خشکسالی بر الگوی کشت زراعی منطقه دشت قزوین مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌منظور تحلیل کم آبیاری در زمان وقوع خشکسالی، چهار سناریو کاهش مصرف آب به میزان ۱۹، ۳۲، ۴۴ و ۵۱ درصد در قالب یک مدل برنامه‌ریزی ریسک اعمال شد. نتایج تحقیق نشان داد که در زمان‌هایی که خشکسالی و کاهش آب رخ می‌دهد، بسته به شدت بحران و میزان محدودیت آب، نحوه تصمیم‌گیری برای تعیین راهبرد آبیاری و الگوی کشت متفاوت است. همچنین نتایج نشان داد که کم-آبیاری الگوی کشت منطقه را به سمت گیاهان با ریسک کشت کمتر، ثبات درآمدی بالاتر و نیاز آبی کمتر نظیر گندم آبی، جو آبی و لوبیا جابجا می‌کند. بیشترین و کمترین تغییرات در الگوی کشت نیز به ترتیب مربوط به محصولات لوبیا و یونجه می‌باشد. یکی از نکات مهم اعمال این سیاست‌ها افزایش سطح زیرکشت محصول گندم به عنوان یک محصول راهبردی در شرایط خشکسالی و بحران است. مقایسه یافته‌های تحقیق حاضر با مطالعه پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۵) نشان می‌دهد که کم آبیاری، ضمن کاهش درآمد کشاورزان، منجر به افزایش سطح زیرکشت گندم آبی، جو آبی و لوبیا و کاهش سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی، چغندرقند و یونجه می‌گردد. اسعدی و همکاران (۱۳۹۷) نیز به این نتیجه رسیدند که کم آبیاری بیش از ۵ درصد منجر به کاهش سود ناخالص کشاورزان می‌گردد و همچنین نتایج شمس‌الدینی و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان داد که کم آبیاری سود خالص کشاورزان را کاهش می‌دهد. هم‌زمان با اعمال راهبرد کم آبیاری در دوره‌های خشکسالی، ریسک درآمدی و بازده برنامه‌ای به‌صورت هم‌زمان و غیرخطی کاهش می‌یابند که دلیل آن کاهش عملکرد محصولات و به دنبال آن کاهش درآمد بهره‌برداران است.

بهره‌وری مصرف آب نیز با توجه به شاخص‌های «کارائی مصرف آب» و «نسبت درآمد به آب مصرفی» برای محصولاتی نظیر گندم آبی کاهش و برای محصولات چغندرقند و یونجه افزایش یافته است. اعمال کم آبیاری در زمان وقوع خشکسالی نشان داد که در این شرایط وضعیت اشتغال نیروی کار دارای تغییرات اندک بوده است. از این رو این راهبرد، آسیبی به اشتغال در بخش کشاورزی دشت قزوین وارد نمی‌سازد. کم آبیاری به دلیل صرفه‌جویی و جبران کاهش آب آبیاری و عدم افزایش قیمت آن (به دلیل آن‌که به همان اندازه آب آبیاری کاهش یافته کم آبیاری اعمال شده است) راهبردی مناسب در زمان وقوع خشکسالی می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که راهبرد کم‌آبیاری به عنوان یک الگوی قابل‌قبول در زمان وقوع خشکسالی به عنوان یک روش مدیریتی در دستورکار قرار گیرد.

منابع

اسعدی، محمدعلی. خلیلیان، صادق. موسوی، حبیب الله. (۱۳۹۷) مدیریت بهینه در مصرف آب و الگوی کشت با تاکید بر راهبرد کم آبیاری (مطالعه موردی: شبکه آبیاری قزوین). تحقیقات منابع آب ایران، ۱۴(۵): ۱-۱۴.

اسعدی، محمدعلی. نجفی علمدارلو، حامد. (۱۳۹۸). بررسی اثرات سیاست‌های کاهش مصرف منابع آب بر توسعه پایدار کشاورزی در دشت قروه استان کردستان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳(۲): ۵۵۱-۵۴۰

ایزانلو، علی. زینالی خانقاه، حسن. حسین زاده، عبدالهادی. مجنون حسینی، ناصر. سبک دست، منیژه. (۱۳۸۴). بررسی عکس‌العمل ارقام تجارتی سویا در شرایط تنش رطوبتی در اواخر مرحله زایشی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶(۴): ۱۰۲۳-۱۰۱۱

بابازاده، حسین. سرائی تبریزی، مهدی. پارسی نژاد، مهدی. مدرس ثانوی، علی محمد. (۱۳۸۹). بررسی برخی صفات کیفی و کمی سویا در شرایط تنش آبی. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۴(۲): ۱۰۹-۹۹

بوستانی، فردین. محمدی، حمید. میر، بهروز. (۱۳۹۰). تأثیر کم آبیاری بر گزینش الگوی کشت بهینه فرآورده‌های کشاورزی در شرایط بحران آب: مورد استان فارس. نشریه مهندسی منابع آب، ۴(۱۰): ۷۴-۶۳

بی‌نام. (۱۳۸۶). مرکز آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی.

بی‌نام. (۱۳۹۴). سازمان هواشناسی استان قزوین

پرهیزکاری، ابوذر. صبوحی، محمود. (۱۳۹۲). شبیه‌سازی واکنش کشاورزان به سیاست کاهش منابع آب در دسترس، نشریه مدیریت آب و آبیاری، ۳(۲): ۷۴-۵۹

پرهیزکاری، ابوذر. صبوحی، محمود. احمدپور، محمود. بدیع برزین، حسین. (۱۳۹۵). ارزیابی اثرات کم آبیاری و کاهش تخصیص آب بر تولید بخش کشاورزی استان قزوین، نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۶(۲): ۱۸۵-۱۷۳

تهامی پور زرندی، مرتضی. یزدانی، سعید. (۱۳۹۵). نقش ابزارهای اقتصادی در مدیریت یکپارچه منابع آب: مطالعه موردی نظام قیمت‌گذاری آب آبیاری در حوضه های آبریز غرب ایران. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۴۷(۳): ۵۵۶-۵۴۵

دهقانی سانیج, حسین. نخجوانی مقدم، محمدمهدی. سهراب، فرحناز. (۱۳۸۶). کم آبیاری و ارتقاء کارایی مصرف آب کشاورزی، اولین همایش سازگاری با کم‌آبی. تهران. ماهنامه مهرآب.

شمس‌الدینی، اسماعیل. محمدی، حمید. دهقانپور، حامد. (۱۳۹۲). انتخاب الگوی زراعی مناسب در راستای استفاده پایدار از منابع آب با تأکید بر کم‌آبیاری مطالعه موردی شهرستان سپیدان. فصلنامه علمی پژوهشی اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۱(۸۴): ۵۳-۷۸

صبوحی، محمود. سلطانی، غلامرضا. زیبایی، منصور. ترکمانی، جواد. (۱۳۸۵). تعیین راهبردهای مناسب کم آبیاری باهدف حداکثر سازی منافع اجتماعی. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۴(۵۶): ۲۰۲-۱۶۷

فلاحی، محمدعلی. انصاری، حسین. داوری ، کامران. صالح نیا ،نرگس. (۱۳۸۷) . قیمت‌گذاری آب شرب شهری بر اساس الگوی رمزی: مطالعه موردی شهر نیشابور. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران. ۱۳(۳۸): ۲۴۲-۲۱۷

کاویانی، عباس. سهرابی، تیمور. دانش کارآراسته، پیمان. (۱۳۹۰). کاربرد الگوریتم SEBAL در تخمین تبخیر و تعرق واقعی و بهره‌وری آب کشاورزی در دشت قزوین و مقایسه نتایج آن با داده‌های لایسیمتر، نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۵(۲): ۱۷۵-۱۶۵

محمدی، حسین. شمسی‌پور، علی اکبر. (۱۳۸۴). بررسی اثرات خشکسالی ها بر منابع آب زیرزمینی دشت‌های همدان با استفاده از تحلیل‌های آماری چند متغیره و GIS. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۲(۳): ۸۵-۷۷

محمدی، هادی. ترکمانی، جواد. (۱۳۸۰). کاربرد مدل برنامه‌ریزی توأم با ریسک (GF-MOTAD) در بررسی پذیرش فناوری نوین از سوی ذرت کاران استان فارس، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۹(۳۳):۲۳۳-۲۰۵

محمدی، حمید. بوستانی، فردین. (۱۳۸۸). کاربرد برنامه‌ریزی چندهدفی در تعیین الگوی بهینه کشت در شهرستان مرودشت با تأکید بر محدودیت آب. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱(۳): ۴۵-۲۵

محمدی، یاسر. شعبانعلی فمی، حسین. اسدی، علی. (۱۳۸۹). بررسی میزان مهارت کشاورزان در به‌کارگیری فناوری‌های مدیریت آب کشاورزی در شهرستان زرین دشت استان فارس. تحقیقات و توسعه کشاورزی ایران، ۲(۴): ۵۱۱-۵۰۱

موسوی، حبیب‌الله. بهمن پوری، صفیه. (۱۳۹۴). ارزیابی آثار ریسکی آزادسازی قیمت حامل‌های انرژی در زیر بخش زراعت دشت بیضاء. تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۷(۲۷): ۱۴۸-۱۲۹

نخجوانی، محمد مهدی. قهرمان، بیژن. (۱۳۸۲). مقایسه توابع تولید آب برای گندم زمستانه در مشهد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹(۳): ۴۱-۲۷

AghaKouchak, A., Farahmand, A., Melton, F., Teixeira, J., Anderson, M., Wardlow, B.D. and Hain, C. 2015. Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities. Reviews of Geophysics, 53(2): 452-480.

American Meteorological Society, 2004. Statement on Meteorological Drought. Bulletin of the American Mathematical Society(85): 771-773.

Benli, B. and Kodal, S. 2003. A non-linear model for farm optimization with adequate and limited water supplies: application to the South-east Anatolian Project (GAP) Region. Agricultural water management, 62(3): 187-203.

Cortignani, R. and Severini, S. 2009. Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. Agricultural water management, 96(12): 1785-1791.

Dai, A. 2011. Drought under global warming: a review. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2(1): 45-65.

David, M. 2007. Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute.

Doorenbos, J. and Kassam, A. 1979. Yield response to water. Irrigation and drainage paper, 33: 257.

Doorenbos ،J. and Kassam ،A. H. 1977. Yield response to water ،Irrigation and Drainage، Paper 33 ،Food and Agricultural Organization of the United Nations ،Rome ،Italy ،39.

Edwards, D.C. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales: AIR FORCE INST OF TECH WRIGHT-PATTERSON AFB OH.

English, M. and Raja, S.N. 1996. Perspectives on deficit irrigation. Agricultural water management, 32(1): 1-14.

English, M.J., Musick, J.T., and Murty, V.V.N. 1990. Deficit irrigation. In: Management of farm irrigation systems (Hoffman, G.J., Howell, T.A., and Solomon, K.H., Editors). ASAE Monograph no. 9. Amer. Soc. Agri. Engin. Pub. 1020p.

Graveline, N. and Mérel, P. 2012. How do farmers adapt to water scarcity? Intensive Margin Adjustments in Beauces' agriculture. Paper presented at the EcoProd Seminar of INRA, Montpellier.

Hao, Z. and Singh, V.P. 2015. Drought characterization from a multivariate perspective: A review. Journal of Hydrology, 527: 668-678.

Heim Jr, R.R. 2002. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. Bulletin of the American Meteorological Society, 83(8): 1149-1165.

Jensen, M.E. 1968. Water consumption by agricultural plants (Chapter 1).

Liu, X., Zhu, X., Pan, Y., Zhao, A. and Li, Y. 2015. Spatiotemporal changes of cold surges in Inner Mongolia between 1960 and 2012. Journal of Geographical Sciences, 25(3): 259-273.

Mainuddin, M., Kirby, M. and Qureshi, M.E. 2007. Integrated hydrologic–economic modelling for analyzing water acquisition strategies in the Murray River Basin. Agricultural water management, 93(3): 123-135.

Maleka, P. 1993. Gwembe Valley as a case study. Agricultural Economics, 9: 15-35.

McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Paper presented at the Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology.

Meyer, S.J., Hubbard, K.G. and Wilhite, D.A. 1993. A crop-specific drought index for corn: I. Model development and validation. Agronomy Journal, 85(2): 388-395.

Mushtaq, Sh. Moghaddasi, M. 2011. Evaluating the potentials of deficit irrigation as an adaptive response to climate change and environmental demand. Environmental Science and Policy, Australia College of Agriculture 14(2):1139-1150

Olarinde, L., Manyong, V. and Okoruwa, V. 2008. Analysing optimum and alternative farm plans for risk averse grain crop farmers in Kaduna state, northern Nigeria.
Rao, N., Sarma, P. and Chander, S. 1988. A simple dated water-production function for use in irrigated agriculture. Agricultural water management, 13(1): 25-32.
Salassi, M.E., Deliberto, M.A. and Guidry, K.M. 2013. Economically optimal crop sequences using risk-adjusted network flows: Modeling cotton crop rotations in the southeastern United States. Agricultural Systems, 118: 33-40.
St Martin, S., Xie, F.-t., Zhang, H.-j., Zhang, W. and Song, X.-j. 2009. Epistasis for quantitative traits in crosses between soybean lines from China and the United States. Crop science, 49(1): 20-28.
Umoh, G.S. 2008. Programming risks in wetlands farming: evidence from nigerian floodplains. Journal of Human Ecology, 24(2): 85-92.
Wu, J., Zhou, L., Liu, M., Zhang, J., Leng, S. and Diao, C. 2013. Establishing and assessing the Integrated Surface Drought Index (ISDI) for agricultural drought monitoring in mid-eastern China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 23: 397-410.
Wu, J., Zhou, L., Mo, X., Zhou, H., Zhang, J. and Jia, R. 2015. Drought monitoring and analysis in China based on the Integrated Surface Drought Index (ISDI). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 41: 23-33.
Zhang, R., Gao, H., Zhu, W., Hu, W. and Ye, R. 2015. Calculation of permissible load capacity and establishment of total amount control in the Wujin River Catchment—a tributary of Taihu Lake, China. Environmental Science and Pollution Research, 22(15): 11493-11503.
Zhao, M. and Running, S.W. 2010. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. Science, 329(5994): 940-943.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Research Article

Analysis of the effects of drought risk management using water productivity indicators

Mahdi Akbari[1], Hamed Najafi Alamdarlo[2*], Seyed Habibollah Mosavi[3]

1. MSc of Agricultural Economic Department, Tarbiat Modares University, Iran
2*. Assistant Professor of Agricultural Economic Department, Tarbiat Modares University, Iran
3. Associated Professor of Agricultural Economic Department, Tarbiat Modares University, Iran

Received: 04-03-2020 Final Revised: 30-06-2020 Accepted: 03-10-2020

Abstract

In recent years, with droughts and declining irrigation water, efficient use of water and water management has become inevitable. For this purpose, in this study, the risk effects of irrigation strategy in Qazvin plain in the 2015-2016 were analyzed. Initially, the percentage change in water quantity was calculated during the drought period. Then, using water-yield functions, deficit irrigation was applied to plants in four scenarios of 19, 32, 44 and 51% corresponding to the periods of weak, medium, severe and very severe droughts. Then, using the TM-PMP model, the risk effects of drought were investigated on the cropping pattern and water consumption productivity. The results showed that deficit irrigation increased the area under crops of wheat, barley and beans. This management strategy drastically reduces gross income by 24 percent in very severe drought conditions. Income risk is reduced by applying a deficit irrigation scenario during drought periods. Gross margin also decreases non-linearly as income risk. Water use efficiency decreased for wheat, barley, corn, tomato, maize and bean crops, and increased for beet and alfalfa crops. Therefore, if the irrigation strategy is implemented, the rate of income reduction in drought conditions will be 24%, but otherwise the income reduction will reach 58 percentages.

Keywords: Deficit Irrigation, Drought, Qazvin Plain, Risk, Water Protection.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

* Corresponding Author Email: hamed_najafi@modares.ac.ir

References

References (in Persian)

Asaadi, M, A. Khalilian, S. Mousavi, S, H. 2019. Management of Irrigation Water Allocation and Cropping Pattern with emphasis on Deficit Irrigation Strategy (Case study: Qazvin Irrigation Network). Iran Water Resource Research. 14(5): 1-14. [In Persian[

Asaadi, M, A. Najafi Alamdarlo, H.2019. Investigating the Effects of Water Reduction Policies on Sustainable Development of Agricultural Sector in Ghorveh Plain of Kurdistan Province. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 2(13):540-551. [In Persian[

Babazadeh, H. Sarai, M. Parsinejad, M. Modares, A.M. 2010. Investigation of some qualitative and quantitative characteristics of soybeans (Glycine max L. Merril) under water stress conditions. Journal of Water Research in Agriculture. 24(2): 99-109. [In Persian[

Bostani, F. Mohammadi, H. Mir, B. 2011. Effect of Deficit irrigation on Selection of Optimum Cropping Pattern of Agricultural Products in Water Crisis (Case Study: Fars Province). Journal Management System. 4(10): 63-74. [In Persian[

Dehqani Sanich, H. Nakhjavani Moghaddam, M, M. Sohrab, F. 2007. Deficit Irrigation and Promoting Water Use Efficiency. First Water Consistency Conference. Tehran. Mehr Ab Monthly. [In Persian[

Izanlou, A. Zeynali Khangah, H. Hossein zadeh, A. Majnoun Hosseini, N. Sabokdast, M. 2005. Investigation of the response of soybean commercial varieties under stress conditions at the late stage of reproduction. Iranian Journal of Agricultural Science, 36(4): 1011-1023. [In Persian[

Javan, J. Fal soleiman, M. 2008. Water Crisis and Importance of Water Productivity in Agriculture in Dry Area of Iran (Case Study: Birjand Plain). Geography and Development Iranian Journal. 6(11): 115-138. [In Persian[

Karimi, M. Jolaini, M. 2016. Evaluation of Agricultural Water Productivity Indices in Major Field Crops in Mashhad Plain (Technical Note). Journal of Water and Sustainable Development. 4(1): 133-138. [In Persian[

Kaviani, A. Sohrabi, T. Arasteh, P. 2011. Evapotranspiration and Water Productivity Estimation Using SEBAL Algorithm and Comparison With Lysimeter Data. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 5(2): 165-175. [In Persian[

Mohammadi, B. Boostani, F. 2009. Application of The Multi-Objective Programming in Determining Optimal Cropping Pattern in Marvdasht Region with Emphasis on Water Constraint. Journal of Agricultural Economics Research. 1(3):25-45. [In Persian[

Mohammadi, H. Shamsipoor, A, A. 2005. Investigating the Effects of Droughts on Groundwater Resources of Hamedan Plains Using Multivariate Statistical Analysis and GIS. Quarterly Geografical Journal of Territori (Sarzamin). 2(3):77-85. [In Persian[

Mohammadi, Y. Sha'aban Alifami, H. Asadi, A. 2009. Farmers Water Management Skills: Zarindasht County of Fars Province. Iran Agricultural Extension and Education Journal. 2(4):501-511. [In Persian[

Mosavi, H. Bahmanpouri, S. 2015. Energy price Liberalization and Agricultural Risk; the Case Study of Baize Plain. Journal of Agricultural Economics Research. 7(27):129-148. [In Persian[

Nakhjavani Moghaddam, M, M. Ghahraman, B. 2003. Comparison of Water Production Functions for Winter Wheat in Mashhad Region. Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources). 9(3):27-41. [In Persian[

Parhizkari, A. Sabuhi, M. 2013. Translation errorSimulation of farmers' response to the policy of reducing available water resources. Journal of Water and Irrigation Management. 3(2): 59-74. [In Persian[

Parhizkari, A. Sabuhi, M. Ahmadpor, M. Badie Barzin, H. 2016. Evaluation of Impact of Deficit Irrigation and Reduction of Water Allocation on Agricultural Production in Qazvin Province. Journal of Water Research in Agriculture. 6(2): 173-185. [In Persian[

Salemi, H, R. Tavakoli, A, R. Heidari, N. 2014. Effects of Deficit irrigation on yield and yield components of corn (Zea mayz L.) and determination of water productivity in Neko Abad irrigation network in Isfahan. Journal of Agroecology. 6(4): 858-869. [In Persian[

Shamseadini, A. Mohammadi, H. Dehghanpour, H. 2013. Choosing the Best Cropping Pattern to Use Water Resources Constantly with Emphasis on Deficit Irrigation (Case Study: Sepidan). Agricultural Economics and Development. 21(84): 53-78. [In Persian[

Tahamipoor Zarandi, M. Yazdani, S.2016. The Role of Economic Instruments in IWRM: The Case Study of Irrigation Water Pricing in Western Basins of Iran. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 47(3): 545-556. [In Persian]

References (in English)

AghaKouchak, A., Farahmand, A., Melton, F., Teixeira, J., Anderson, M., Wardlow, B.D. and Hain, C. 2015. Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities. Reviews of Geophysics, 53(2): 452-480.

American Meteorological Society, 2004. Statement on Meteorological Drought. Bulletin of the American Mathematical Society(85): 771-773.

Cortignani, R. and Severini, S. 2009. Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. Agricultural water management, 96(12): 1785-1791.

Dai, A. 2011. Drought under global warming: a review. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2(1): 45-65.

Dillon, J.L. and Anderson, J.R. 1971. Allocative efficiency, traditional agriculture, and risk. American Journal of Agricultural Economics, 53(1): 26-32.

Doorenbos ،J. and Kassam ،A. H. 1977. Yield response to water ،Irrigation and Drainage، Paper 33 ،Food and Agricultural Organization of the United Nations ،Rome ،Italy ،39.

Doorenbos, J. and Kassam, A. 1979. Yield response to water. Irrigation and drainage paper, 33: 257.

Edwards, D.C. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales: AIR FORCE INST OF TECH WRIGHT-PATTERSON AFB OH.

English, M.J., Musick, J.T., and Murty, V.V.N. 1990. Deficit irrigation. In: Management of farm irrigation systems (Hoffman, G.J., Howell, T.A., and Solomon, K.H., Editors). ASAE Monograph no. 9. Amer. Soc. Agri. Engin. Pub. 1020p.

Gotsch, N. and Regev, U. 1996. Fungicide use under risk in Swiss wheat production. Agricultural Economics, 14(1): 1-9.

Graveline, N. and Mérel, P. 2012. How do farmers adapt to water scarcity? Intensive Margin Adjustments in Beauces' agriculture. Paper presented at the EcoProd Seminar of INRA, Montpellier.

Hao, Z. and Singh, V.P. 2015. Drought characterization from a multivariate perspective: A review. Journal of Hydrology, 527: 668-678.

Heim Jr, R.R. 2002. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. Bulletin of the American Meteorological Society, 83(8): 1149-1165.

Jensen, M.E. 1968. Water consumption by agricultural plants (Chapter 1).

Liu, X., Zhu, X., Pan, Y., Zhao, A. and Li, Y. 2015. Spatiotemporal changes of cold surges in Inner Mongolia between 1960 and 2012. Journal of Geographical Sciences, 25(3): 259-273.

Mainuddin, M., Kirby, M. and Qureshi, M.E. 2007. Integrated hydrologic–economic modelling for analyzing water acquisition strategies in the Murray River Basin. Agricultural water management, 93(3): 123-135.

Maleka, P. 1993. Gwembe Valley as a case study. Agricultural Economics, 9: 15-35.

McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Paper presented at the Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology.

Meyer, S.J., Hubbard, K.G. and Wilhite, D.A. 1993. A crop-specific drought index for corn: I. Model development and validation. Agronomy Journal, 85(2): 388-395.

Mushtaq, Sh. Moghaddasi, M. 2011. Evaluating the potentials of deficit irrigation as an adaptive response to climate change and environmental demand. Environmental Science and Policy, Australia College of Agriculture 14(2):1139-1150

No Name. 2018. Ministry of Agriculture Jihad Statistics and Information Center

Olarinde, L., Manyong, V. and Okoruwa, V. 2008. Analysing optimum and alternative farm plans for risk averse grain crop farmers in Kaduna state, northern Nigeria.

Rao, N., Sarma, P. and Chander, S. 1988. A simple dated water-production function for use in irrigated agriculture. Agricultural water management, 13(1): 25-32.

Sasmal, J. 1993. Considerations of Risk in the Production of High-Yielding Variety Paddy: A Generalised Stochastic Formulation for Production Function Estimation. Indian Journal of Agricultural Economics.۶۹۴ :(۴)۴۸

Salassi, M.E., Deliberto, M.A. and Guidry, K.M. 2013. Economically optimal crop sequences using risk-adjusted network flows: Modeling cotton crop rotations in the southeastern United States. Agricultural Systems, 118: 33-40.

Shabani, M, K. 2006. Optimal water management and cropping pattern in Doroodzan Irrigation and Drainage Network using Geographic Information System (GIS). Graduate Thesis, Faculty of Agriculture, Shiraz University

St Martin, S., Xie, F.-t., Zhang, H.-j., Zhang, W. and Song, X.-j. 2009. Epistasis for quantitative traits in crosses between soybean lines from China and the United States. Crop science, 49(1): 20-28.

Umoh, G.S. 2008. Programming risks in wetlands farming: evidence from nigerian floodplains. Journal of Human Ecology, 24(2): 85-92.

Wu, J., Zhou, L., Liu, M., Zhang, J., Leng, S. and Diao, C. 2013. Establishing and assessing the Integrated Surface Drought Index (ISDI) for agricultural drought monitoring in mid-eastern China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 23: 397-410.

Wu, J., Zhou, L., Mo, X., Zhou, H., Zhang, J. and Jia, R. 2015. Drought monitoring and analysis in China based on the Integrated Surface Drought Index (ISDI). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 41: 23-33.

Zhang, R., Gao, H., Zhu, W., Hu, W. and Ye, R. 2015. Calculation of permissible load capacity and establishment of total amount control in the Wujin River Catchment—a tributary of Taihu Lake, China. Environmental Science and Pollution Research, 22(15): 11493-11503.

Zhao, M. and Running, S.W. 2010. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. Science, 329(5994): 940-943.