مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۸/ شماره ۱/ پیاپی ۵۲/ بهار ۱۴۰۳ (؟؟-؟؟)
https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2023.14391.2529

مقاله پژوهشی

ارزیابی شاخص‌های کشاورزی پایدار در غرب کشور براساس همبست آب، غذا و انرژی

رضوان خسروی[۱]، علی بافکار[۲] و آرش آذری[۳*]

چکیده

امروزه مدیریت منابع بخصوص منابع آب به دلیل ضرورت رسیدگی به مسائل چالش برانگیز موجود بین بخش عرضه و تقاضا، وظیفه ای حیاتی برای مدیران و برنامه‌ریزان است. آب، انرژی و غذا برای آسایش انسان، کاهش فقر و توسعه پایدار ضروری و جزو جدایی‌ناپذیر زندگی انسان ها هستند. ایران در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک قرار دارد و میانگین نزولات جوی در آن بسیار کم است. بنابراین اعمال مدیریت صحیح منابع آب برای تامین غذا در آینده، با توجه به شرایط کمبود و بحران آب بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش دو منطقه در غرب کشور (میان‌دربند و اشترینان) با هدف ارزیابی و مقایسه تفاوت‌های مدیریت زراعی که تفاوت عملکرد کشاورزان در کشت‌های یکسان با آب و هوای مشابه می‌باشد، برای کشاورزی پایدار با همبست آب، غذا و انرژی، بررسی گردید. همبست شامل شش شاخص آب مصرفی، انرژی مصرفی، بهره‌وری آب، بهره‌وری انرژی، بهره‌وری اقتصادی آب و بهره‌وری اقتصادی انرژی می‌باشد که نتیجه نهایی از طریق وزن‌دهی و میانگین این شاخص‌ها منتج می‌گردد. اطلاعات مورد استفاده از طریق مصاحبه با ۴۳ نفر از کشاورزان، مشاهدات میدانی، ارگان‌های زیربط و نرم‌افزار NETWAT جمع‌آوری شد. در این مطالعه سه محصول گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و خیار که در دو منطقه کشت غالب هستند، ارزیابی شدند. شاخص گوجه‌فرنگی، خیار و سیب‌زمینی در میان‌دربند به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۴۹، ۰/۲۴ و در اشترینان به ترتیب ۰/۹۶، ۰/۴۸و ۰/۳۳ می‌باشد. در هر دو منطقه بر مبنای شاخص آب، غذا و انرژی کاشت گوجه‌فرنگی بهترین شرایط را داراست. پیشنهاد می‌شود برای اصلاح الگوی کشت با درنظر گرفتن همبست به عنوان ابزاری مدیریتی که جوانب مصرف آب و انرژی و امنیت غذا را در نظر می‌گیرد، انجام شود.

واژه‌های کلیدی: همبست آب، غذا و انرژی- مدیریت منابع آب- مدیریت زراعی- میان‌دربند- اشترینان.

ارجاع: خسروی ر. بافکار ع. و آذری آ. ۱۴۰۳ ارزیابی شاخص‌های کشاورزی پایدار در غرب کشور براساس همبست آب، غذا و انرژی. مجله پژوهش آب ایران. ۵۲: ؟؟-؟؟. https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2023.14391.2529

۱- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه.
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه.
*** نویسنده مسئول: a.azari@razi.ac.ir**
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۵

مقدمه

در طی سال‌های گذشته افزایش جمعیت و افزایش تقاضا منجر به برداشت بیش از حد منابع آب شده است (ماهتر و داهر، ۲۰۱۲) و در حال حاضر بسیاری از مردم جهان با کمبود منابع آب، انرژی و مواد غذایی مواجه هستند (بخشیان لاموکی و همکاران، ۲۰۲۰؛ استولر و همکاران، ۲۰۲۰). آب، انرژی و غذا برای آسایش انسان، کاهش فقر و توسعه پایدار ضروری است و جزو جدایی‌ناپذیر زندگی انسان‌ها هستند (فائو، ۲۰۱۴؛ زو و همکاران، ۲۰۲۰). برای تولید غذا به آب و انرژی نیاز است، برای مدیریت آب، انرژی لازم است و تولید انرژی به آب نیازمند است(نامو و همکاران، ۲۰۱۸). آب برای انجام اموری همچون، آبیاری و فرآوری مواد غذایی، استخراج معدن، تصفیه و دفع پسماند سوخت‌های فسیلی، حمل و نقل و تولید انرژی مورد نیاز است (صادقی و همکاران، ۲۰۲۰) .از طرفی برای تولید کود، استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی، حمل و نقل، پخت و پز و پمپاژ آب همچنین برای توزیع و تصفیه آب و فاضلاب، ساخت و ساز و بهره‌برداری از تأسیسات آبرسانی به انرژی نیازمندیم (ال گافی، ۲۰۱۷؛ ساهله و همکاران، ۲۰۱۹؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۷). بخش کشاورزی از یک طرف با محدودیت منابع تولید روبه‌رو بوده و از سوی دیگر تامین کننده امنیت غذایی جمعیت در حال رشد است، لذا ایجاد تعادل و توازن بین برداشت و بهره‌برداری از منابع و میزان تولید محصول کشاورزی ضروری است. بنابراین سه منبع مورد بحث در ارتباطی تنگاتنگ و پیچیده کاملاً به‌هم مرتبط بوده و استفاده نادرست از یک منبع باعث ایجاد ناپایداری در منابع دیگر می‌گردد. جامعه جهانی در سال ۲۰۱۱ مبحث همبست آب، غذا و انرژی[1] را ارائه کرد که براساس این همبست می‌توان روابط متقابل پیچیده و پویا بین آب، انرژی و غذا را بهتر درک کرد(صادقی و همکاران، ۲۰۲۰؛ آلبرچت و همکاران، ۲۰۱۸؛ کوریان و همکاران، ۲۰۱۷). بخش کشاورزی مستقیماً به طبیعت متکی است و باتوجه به این موضوع که کشاورزی حدود ۷۰ درصد از آب شیرین جهان (فان و همکاران ۲۰۲۰؛ گارسیا و همکاران، ۲۰۱۹) و حدود ۳۰ درصد انرژی مصرف شده را به خود اختصاص داده است (گارسیا و همکاران، ۲۰۱۹)؛ لذا بررسی و مدیریت کشاورزی از نظر پایداری بسیار حائز اهمیت می‌باشد. اولان و همکاران (۲۰۱۸) تحقیقی با بررسی مدیریت آبیاری و زهکشی با همبست آب، غذا و انرژی انجام دادند و بیان کردند که با توجه به کمبود منابع شدید آب و گران بودن هزینه‌های پمپاژ و انرژی، استفاده از همبست در رسیدن به استفاده بهینه از منابع آبی و کم کردن مصرف انرژی بسیار حائز اهمیت است.

ال‌گافی (۲۰۱۷) پژوهشی را در مصر روی ۴۲ محصول انجام داد و بیان کرد که از شاخص WEFN می‌توان برای استراتژی‌های توسعه یافته برای الگوی بهینه برداشت استفاده کرد که مصرف آب و انرژی را به حداقل و بهره وری آنها را به حداکثر می‌رساند. در ویتنام با توجه به اینکه کشاورزی در این کشور ۲۰ درصد تولید ناخالص داخلی را تشکیل داده و ۷۰ درصد آب شیرین را مصرف می‌کند، از همبست آب، غذا و انرژی برای امنیت منابع آبی در مواجه با تغییرات آب و هوایی استفاده کردند و بیان کردند که درصورت عدم استفاده از همبست به عنوان ابزار مدیریتی، در آینده با مشکلات کمبود آب و غذا روبرو می‌شوند (دنگ و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین در سوئد برای جلوگیری از خطرات احتمالی خشکسالی از همبست برای مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری استفاده کردند و نشان دادند که با استفاده از همبست عملکرد محصولات بین ۱۰ تا ۶۰ درصد افزایش داشته و علاوه بر آن باعث کاهش تنش آبی و دما برای جلوگیری از خطرات احتمالی و منفی تغییرات آب و هوایی شده است (کامپانا و همکاران، ۲۰۲۲). کرمیان و همکاران (۲۰۲۳) با ترکیب همبست آب، غذا و انرژی، ارزیابی چرخه حیات و الگوریتم ژنتیک برای دستیابی به الگوی کشت مناسب، به این نتیجه رسیدند که آب و انرژی مصرفی به ترتیب ۲/۵۶ و ۱۲/۷۱ درصد کاهش، همچنین اثرات زیست محیطی ۶/۸۲ درصد کاهش داشته و وضعیت اقتصادی و اجتماعی کشاورزان بهبود یافت. صادقی و همکاران (۲۰۲۰)درطی تحقیقی با همبست در منطقه شازند نشان دادند که وضعیت فعلی کاربری اراضی حوضه آبخیز شازند برای به حداقل رساندن مصرف آب و انرژی و حداکثر سود نامناسب است و استفاده از این رویکرد می‌تواند به عنوان ابزاری موثر برای تعیین استراتژی‌های مدیریت منابع آب و خاک در منطقه استفاده شود. ایران در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک قرار دارد و میانگین نزولات جوی در آن بسیار کم است (محمدی و بانی‌حبیب، ۲۰۲۰) به طوری که متوسط

1- Water- Energy- Food Nexus

بارش سالانه در ایران تقریبا ۲۵۰ میلی‌متر بوده، در صورتی‌که میانگین بارندگی سالانه در سطح کره زمین ۸۶۰ میلی‌متر می‌باشد (بصیری و همکاران، ۲۰۲۰). با این اوصاف از وضعیت منابع آب کشور در سال ۱۳۹۴ میزان راندمان کل سیستم‌های آبیاری تحت فشار در کشور ۴۴٪ گزارش شده (عباسی و همکان، ۱۳۹۴) و از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ به طور متوسط سالانه یک درصد افزایش راندمان وجود داشته است (کیانی و شاکر، ۱۴۰۰)، بنابراین راندمان آبیاری تحت فشار در ایران حدود ۵۰٪ گزارش شده است و محاسبات تحقیق حاضر نیز براساس همین مقدار راندمان می‌باشد. با توجه به مطالب گفته شده، می‌توان دریافت که در کشور ایران بررسی در زمینه پایداری کشاورزی با همبست آب، غذا و انرژی پتانسیل تبدیل شدن به یک ابزار مفید مدیریتی را دارا می‌باشد. لذا در این پژوهش دو منطقه در غرب کشور، دشت میان‌دربند در استان کرمانشاه و منطقه اشترینان در استان لرستان، برای ارزیابی مدیریتی برای کشاورزی پایدار بررسی شدند. هدف بررسی تفاوت‌های مدیریتی در مزارع از منظر همبست آب، غذا و انرژی برای کشت‌های بهاره با مصرف آب بالا، می‌باشد. چراکه در کشور ایران برخلاف سایر کشورها، چنین مدیریتی با استفاده از همبست برای دستیابی به کشاورزی پایدار و حفظ منابع برای آیندگان انجام نمی‌گردد. در این تحقیق سه محصول گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و خیار که در دو منطقه کشت غالب هستند، ارزیابی شدند.

مواد و روش‌ها

دشت میان‌دربند واقع در غرب ایران و در استان کرمانشاه است که آب مورد نیاز آن از طریق سد گاوشان و آب‌های زیرزمینی تامین می‌شود. مساحت این دشت حدود ۳۰۰ کیلومترمربع بوده که با دارا بودن منابع آب زیرزمینی و احداث شبکه آبیاری و زهکشی به یکی از مناطق با ظرفیت بالا برای تولید محصولات زراعی در ایران تبدیل شده است. محدوده مورد مطالعه دارای طول ۴۶ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۴ دقیقه شرقی و عرض ۳۴ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی است. متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۵۰۵ متر می‌باشد. دارای آب و هوای معتدل و سرد بوده و میزان بارش سالانه آن به ۴۴۵ میلی‌متر می‌رسد (شهبازی و همکاران، ۱۴۰۰).

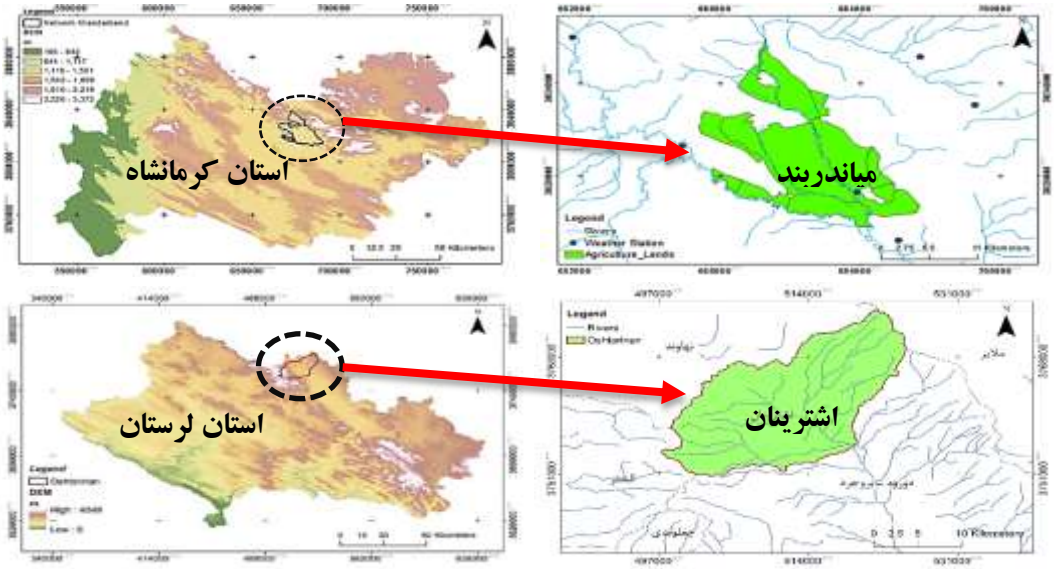
منطقه دیگر مورد مطالعه در این پژوهش بخش اشترینان از توابع شهرستان بروجرد و یک زیر حوضه کوچک در شمال استان لرستان و در گوشه شمالی حوضه آبریز بروجرد است، این منطقه حدود ۳۸۹ کیلومتر مربع مساحت دارد. اشترینان بین عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و ۵۲ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی قرار گرفته است. به طور متوسط ۱۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد و میانگین بارش سالانه آن حدود ۴۵۳/۸ میلی‌متر است (نوری و همکاران، ۱۴۰۱) (شکل ۱). این منطقه از لحاظ آب‌های سطحی بسیار ضعیف بوده و آبیاری با استفاده از آب‌های زیرزمینی انجام می‌گیرد و براساس آمار به دست آمده از شرکت آب منطقه‌ای و گزارش‌های محلی بسیاری از چاه‌ها و قنات‌های موجود در این منطقه خشک شده‌اند به همین علت در منطقه مورد مطالعه کشاورزان صرفه‌جویی زیادی در مصرف آب انجام می‌دهند. جدول ۱ سطح زیرکشت مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

برای ارزیابی رابطه آب، غذا و انرژی شش شاخص محاسبه شد که عبارتند از:

۱) شاخص مصرف آب ($W_{c,t}$): برای محاسبه این شاخص از میزان مصرف آب در یک هکتار محصول مورد نظر(c) در زمان (t)، استفاده شده است که برحسب مترمکعب در هکتار بیان میشود. برای محاسبه این شاخص در دشت میان‌دربند، اندازه‌گیری نیاز خالص از نرم‌افزار NETWAT استخراج و با اعمال راندمان آبیاری ۵۰٪ مقدار حجم آب کاربردی برآورد شد؛ اما در منطقه اشترینان از طریق اندازه‌گیری مستقیم در مزارع میزان آب آبیاری برآورد شد. برای این منظور مقدار آب خروجی از روزنه‌های نوارهای تیپ در مزارع خیار و گوجه‌فرنگی و دبی خروجی آبپاش‌ها در مزارع سیب‌زمینی اندازه‌گیری شد. مقدار مصرف آب برای هر کشت در جداول ۴ و ۶ آورده شده است. مزارع مورد مطالعه با سیستم‌های آبیاری تحت فشار آبیاری می‌شوند. کلیه اطلاعات مورد استفاده در پژوهش از داده‌برداری‌های میدانی، مصاحبه با ۴۳ نفر از کشاورزان و ادارات مربوطه جمع‌آوری و صحت سنجی اطلاعات بررسی و انجام شده است.

جدول ۱- سطوح زیرکشت در مناطق مورد مطالعه

سطح زیرکشت خیار (هکتار)	سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی (هکتار)	سطح زیرکشت سیب‌زمینی (هکتار)	مناطق مورد مطالعه
۱۷	۷۶	۱۱۷	میان‌دربند (۲۱۰ هکتار)
۲۵	۶۴	۱۰۶	اشترینان (۱۹۵ هکتار)



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه دشت میان‌دربند و اشترینان

۲) شاخص مصرف انرژی(Ec,t): این شاخص بیان کننده میزان مصرف انرژی برای تولید محصول مورد نظر در زمان معین می‌باشد. این شاخص به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم جمع‌آوری می‌گردد که مستقیم شامل: نیروی کار، سوخت، برق، و آبی آبیاری می‌باشد و غیر مستقیم شامل انرژی ناشی از بذر، کودهای شمیایی و حیوانی، آفت‌کش‌ها و ماشین‌آلات می‌شود و نهایتا بر حسب مگاژول بر هکتار بیان می‌گردد.

(۱)

که درآن qh، qm، qd، qf، qp، qs و qw به ترتیب معادل نیروی کار (J/h)، ماشین آلات (J/h)، سوخت (J/L)، کود دهی (J/ Kg)، آفت‌کش (J/ Kg)، بذر (J/Kg) و آب آبیاری (J/m^3) برای تولید محصول مورد نظر c می‌باشند. مقادیر معادل انرژی در جدول ۲ آمده است. h(c,t)، m(m,t) ، d(d,t)، f(c,t)، p(c,t)، s(c,t) و w(c,t) در واقع نیروی کار (h/ha)، ماشین آلات (h/ha)، سوخت فسیلی (L/ha)، برق (kWh/ha)، کوددهی (Kg/ha)، آفت کش‌ها (Kg/ha)، بذور (Kg/ha) و آب آبیاری (m^3/ha) برای تولید محصول مورد نظر در زمان t هستند.

۳) شاخص بهره‌وری آب: این شاخص بیان کننده مقدار تولید محصول به ازای آب مصرفی(ton/m^3) می‌باشد. در این مطالعه برای انجام محاسبات از واحد (Kg/m^3) استفاده شد. که در آن Yc,t مقدار محصول تولیدی در هکتار در زمان t و Wc,t مقدار آب مصرفی برای تولید محصول در هر هکتار در زمان t می‌باشد.

(۲)

۴) شاخص بهره‌وری انرژی: این شاخص بیان کننده مقدار تولید محصول به ازای انرژی مصرفی (ton/MJ)، در زمان t می‌باشد. در این مطالعه برای انجام محاسبات از واحد(Kg/MJ) استفاده شد. که در آن Yc,t مقدار محصول تولیدی در هکتار در زمان t و Ec,t مقدار انرژی مصرفی (MJ/ha) می‌باشد.

(۳)

۵) شاخص بهره‌وری اقتصادی آب: این شاخص نشان می‌دهد که به ازای میزان آب مصرفی در هر هکتار برای محصول مورد نظر، بهره‌وری اقتصادی چگونه است ($/$m^3$). که در آن Nc,t میزان درآمد حاصل از تولید محصول ($/ha) و Cc,t میزان هزینه‌های تولید محصول مورد نظر در زمان t می‌باشند.

(۴)

۶) شاخص بهره‌وری اقتصادی: این شاخص نشان می‌دهد که به ازای میزان انرژی مصرفی در هر هکتار برای محصول مورد نظر، بهره‌وری اقتصادی چگونه است ($/MJ) که در آن Nc,t میزان درآمد حاصل از تولید محصول ($/ha) و Cc,t میزان هزینه‌های تولید محصول مورد نظر در زمان t می‌باشند (کرمیان و همکاران، ۱۴۰۱).

(۵)

شاخص WEFN که نمایی کلی به تصمیم گیرندگان در مورد عملکرد آب، غذا و انرژی ارائه می‌دهد، با استفاده از معادله (۶) محاسبه و برای حذف ابعاد متفاوت شاخص‌ها از تکنیک نرمال‌سازی حداکثر و حداقل استفاده می‌گردد که به صورت معادلات (۷) و (۸) می‌باشند (جووانا و همکاران، ۲۰۱۰).

(۶)

$X_i =$ (۷)

$X_i =$ (۸)

X_i در واقع مقدار نرمال شده شاخص می‌باشد، x_i مقدار واقعی شاخص، $Max(x_i)$ و $Min(x_i)$ بیشینه و کمینه مقدار شاخص، w_i وزن مربوط به هر شاخص و n تعداد شاخص‌های WEFNI می‌باشد. مقدار یک بیشترین مقدار و نشان دهنده بهترین شرایط، صفر کمترین مقدار و نشان دهنده بدترین حالت است (ال گافی، ۲۰۱۷).

جدول ۲- معادل‌های انرژی برای محاسبه شاخص انرژی مصرفی

انرژی ورودی	واحد	معادل انرژی	منبع
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹۶	قائدپور و رفیعی، ۲۰۱۷
تراکتور	ساعت	۹۳/۶	قائدپور و رفیعی، ۲۰۱۷
کمباین	ساعت	۸۷/۶۳	
سوخت فسیلی	لیتر	۵۶/۳۱	امید و همکاران، ۲۰۱۱
کود حیوانی	کیلوگرم	۰/۳	اسنگون و همکاران، ۲۰۰۷
کود شیمیایی			
ازت	کیلوگرم	۶۶/۱۴	
فسفات	کیلوگرم	۱۲/۴۴	حیدری و امید، ۲۰۱۱
پتاس	کیلوگرم	۱۱/۱۵	زاهدی و همکاران، ۲۰۱۵
حشره‌کش	لیتر	۹۲	جت و همکاران، ۲۰۲۰
قارچ‌کش	لیتر	۱۸۴/۶۳	جت و همکاران، ۲۰۲۰
علف‌کش	لیتر	۲۵۴/۴۵	زاهدی و همکاران، ۲۰۱۵
آب آبیاری	مترمکعب	۰/۸۴	زاهدی و همکاران، ۲۰۱۵
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۳/۶	

نتایج و بحث

ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد و بیشتر اراضی کشاورزی با استفاده از منابع آب زیرزمینی آبیاری می‌شوند. مصرف رو به رشد منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، به علت افزایش جمعیت، افزایش سطح زیرکشت و تولیدات کشاورزی می‌باشد که سبب کاهش دسترسی به منابع آب و افت سطح ایستابی شده‌است (سپهوند و همکاران، ۲۰۲۳). در ایران ۹۵ درصد منابع آبی صرف کشاورزی شده (میربلوچ و همکاران، ۲۰۲۰) و مصرف انرژی در کشاورزی ایران سه برابر استاندارد جهانی است. بنابراین ارائه راهکارهایی برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه آب و انرژی می‌تواند باعث ایجاد کشاورزی پایدار گردد. نتایج حاصل از بررسی و تحلیل داده‌ها، مقادیر واقعی و نرمال شده شش شاخص مربوط به پیوند آب، غذا و انرژی در جداول ۳ و ۴ که مربوط به دشت میان‌دربند و جداول ۵ و ۶ برای منطقه اشترینان را نمایش می‌دهند. همانطور که گفته شد همبست آب، غذا و انرژی شامل شش شاخص آب مصرفی، انرژی مصرفی، بهره‌وری آب،

بهره‌وری انرژی، بهره‌وری اقتصادی آب و بهره‌وری اقتصادی انرژی است. همه شاخص‌ها پس از محاسبه، در معادله (۶) جایگذاری و پس از وزن‌دهی براساس اهمیت شاخص، مقدار عددی WEFNI که بین صفر و یک است،استخراج شد. هرچه عدد WEFNI به یک نزدیک‌تر باشد، بیان می‌کند محصول مورد نظر از نظر همبست شرایط بهتری را برای پایداری کشاورزی ایفا خواهد کرد. بر این اساس نتایج نشان داد که در دشت میان‌دربند و اشترینان گوجه‌فرنگی بهترین شرایط کشاورزی را داراست، خیار در رتبه دوم و سیب‌زمینی در جایگاه سوم قرار دارد.

جدول ۳- شاخص‌های واقعی (نرمال نشده) دشت میان‌دربند

محصولات	شاخص واقعی مصرف انرژی (MJ/ha)	شاخص واقعی مصرف آب (m^3)	شاخص واقعی بهره‌وری آب (Kg /m^3)	شاخص واقعی بهره‌وری انرژی (Kg/MJ)	شاخص واقعی اقتصادی آب ($/$m^3$)	شاخص واقعی اقتصادی انرژی ($/MJ)
خیار	۵۷۷۸۹/۳۲	۸۹۲۵	۵/۶	۰/۸۹	۲/۲۴	۰/۳۴
گوجه‌فرنگی	۵۰۶۳۵/۵۹	۹۵۰۰	۶/۳۱	۱/۱	۶/۱	۱/۱۴
سیب‌زمینی	۹۳۱۸۶/۹۲	۱۵۱۲۰	۲/۸۴	۰/۴۶	۵/۲۹	۰/۸۵

جدول ۴- شاخص‌های نرمال شده دشت میان‌دربند

محصولات	شاخص نرمال شده مصرف انرژی	شاخص نرمال شده مصرف آب	شاخص نرمال شده بهره‌وری آب	شاخص نرمال شده بهره‌وری انرژی	شاخص نرمال شده اقتصادی آب	شاخص نرمال شده اقتصادی انرژی	WENFI
خیار	۰/۸۳	۱	۰/۷۹	۰/۰۷	۰	۰	۰/۴۹
گوجه‌فرنگی	۱	۰/۳۹	۱	۱	۱	۱	۰/۸۷
سیب‌زمینی	۰	۰	۰	۰	۰/۷۹	۰/۶۳	۰/۲۴

مقدار عددی وزن‌دهی به شاخص‌های شش‌گانه می‌تواند هر عددی برحسب اظهارات ۴۳ نفر از کشاورزان و یا تجربه محقق اعمال شود، در این پژوهش وزن‌های ۱ تا ۱۰ اتخاذ گردید و براساس مصاحبه با کشاورزان و نظرات گردآوردندگان برای شاخص مصرف آب عدد ۱۰، مصرف انرژی ۶، بهره‌وری آب ۱۰، بهره‌وری انرژی ۵، بهره‌وری اقتصادی آب ۱۰ و بهره‌وری اقتصادی انرژی ۶ درنظر گرفته شد. مقدار وزن‌ها به علت مقایسه دقیق‌تر در دو منطقه یکسان درنظر گرفته شد.

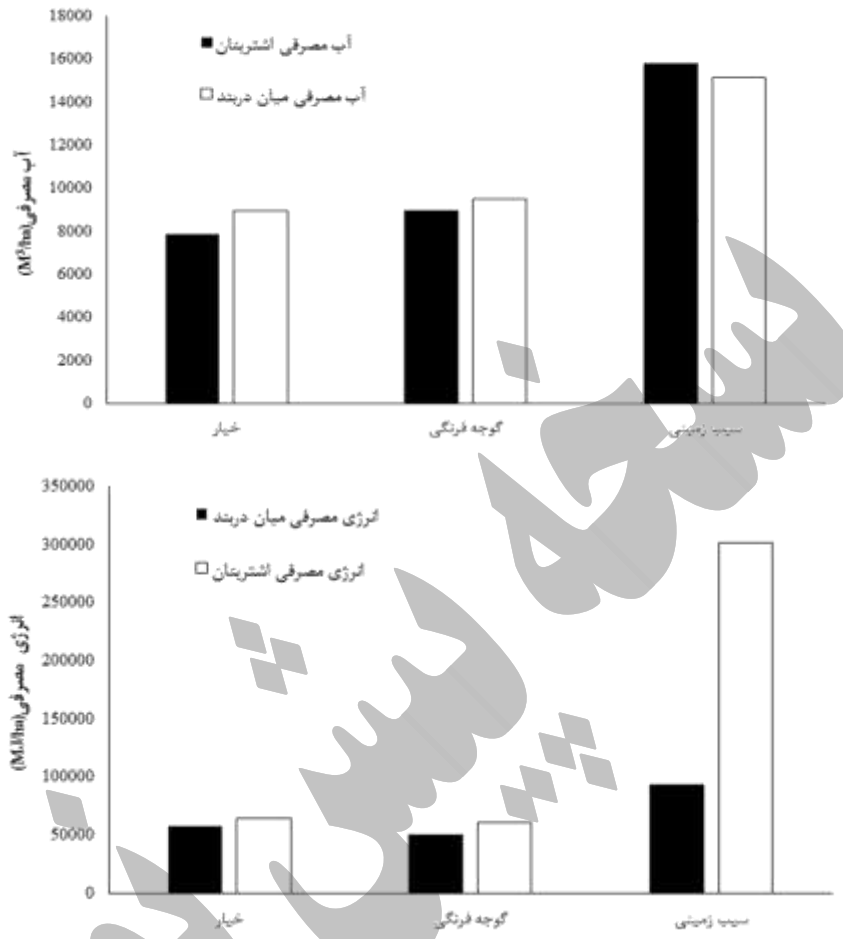
جدول ۵- شاخص‌های واقعی (نرمال نشده) دشت اشترینان

محصولات	شاخص واقعی مصرف انرژی (MJ/ha)	شاخص واقعی مصرف آب (m^3)	شاخص واقعی بهره‌وری آب (Kg/m^3)	شاخص واقعی بهره‌وری انرژی (Kg/MJ)	شاخص واقعی اقتصادی آب ($/$m^3$)	شاخص واقعی اقتصادی انرژی ($/MJ)
خیار	۶۴۲۱۰/۳۶	۷۸۴۵	۸/۲۸	۱/۰۱	۱/۸	۰/۲۲
گوجه‌فرنگی	۶۱۱۲۳/۷۲	۸۹۷۶/۴۲	۹/۴۲	۱/۳۹	۵/۴	۰/۷۹
سیب‌زمینی	۳۰۱۴۷۱	۱۵۸۱۰	۴/۳	۰/۲۲	۳/۵	۰/۸۱

جدول ۶- شاخص‌های نرمال شده دشت اشترینان

محصولات	شاخص نرمال شده مصرف انرژی	شاخص نرمال شده مصرف آب	شاخص نرمال شده بهره‌وری آب	شاخص نرمال شده بهره‌وری انرژی	شاخص نرمال شده اقتصادی آب	شاخص نرمال شده اقتصادی انرژی	WENFI
خیار	۰/۹۸	۱	۰/۲۲	۰/۳۲	۰	۰/۰۳	۰/۴۸
گوجه‌فرنگی	۱	۰/۸۵	۱	۱	۱	۱	۰/۹۶
سیب‌زمینی	۰	۰	۰	۰	۰/۹۷	۱	۰/۳۳

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده می‌شود مقدار کل انرژی مصرفی برای تولید سیب‌زمینی در اشترینان تقریباً سه برابر دشت میان‌دربند بوده، که این تفاوت حاصل از مصرف کود و استفاده از نیروهای انسانی بیشتر در منطقه برای برداشت سریع محصول می‌باشد.



شکل ۲- آب و انرژی مصرفی در دشت میان‌دربند و اشترینان

همچنین براساس اطلاعات جمع‌آوری شده مقدار تولید سیب‌زمینی در اشترینان ۱/۵ برابر میان‌دربند می‌باشد(میانگین برداشت سیب‌زمینی در اشترینان ۶۶ تن و میانگین برداشت در میان‌دربند ۴۳ تن) یعنی با مصرف سه برابر انرژی بیشتر برای تولید محصول، ۵۰٪ تولید سیب‌زمینی در اشترینان بیشتر شده است. البته این افزایش تولید نتوانسته باعث بالارفتن درآمد کشاورزان شود چرا که هزینه‌های زیاد برای تولید بیشتر مانع از کسب سود خالص بالاتر شده و از لحاظ بهره‌وری اقتصادی آب و انرژی، دشت میان‌دربند شرایط بهتری را فراهم نموده است. مقدار کل انرژی مصرفی برای تولید سیب‌زمینی در اشترینان تقریبا سه برابر دشت میان‌دربند بوده، که این تفاوت حاصل از مصرف کود و استفاده از نیروهای انسانی بیشتر در منطقه برای برداشت سریع محصول می‌باشد. طبق اطلاعات جمع‌آوری شده از کشاورزان دو منطقه، در میاندربند مقدار کوددهی و تعداد نیروی کارگر کمتر از اشترینان بوده است. در میاندربند برای هر هکتار از ۱۰ نفر نیروی انسانی اما در اشترینان برای هر هکتار ۵۵ نفر برای برداشت محصول به کار گرفته شدند که به تبع مقدار مصرف انرژی را در اشترینان بالاتر برده است. کشاورزان محلی اشترینان معتقدند که به علت سرمانی ناگهانی در شب خصوصا در ابتدای پاییز، عملیات برداشت محصول باید به سرعت و با نیروی حداکثری انجام شود. استفاده از نیروی کار بیشتر باعث ایجاد هزینه‌های بالاتر و مصرف انرژی بیشتر می‌گردد که شامل هزینه‌های ایاب و ذهاب، تامین غذا و غیره می‌باشد. محصول خیار به علت اینکه در هر دو منطقه شرایط تقریبا مشابهی را داراست مورد بررسی جزئ قرار نگرفت چرا که آمار و ارقام

نشان می‌دهند کشاورزان در هر دو منطقه از شرایط مدیریتی یکسانی برای کشت این محصول پیروی می‌کنند. گوجه‌فرنگی دارای شرایط مدیریتی کشت نسبتا همسان در دو منطقه می‌باشد و مانند خیار در منطقه اشترینان آب کمتری مصرف نموده اما انرژی بیشتری نسبت به خیار برای تولید محصول گوجه‌فرنگی در اشترینان نسبت به میان‌دربند صرف شده است.

از سویی دیگر با مشاهده میزان کود مصرف شده در دو منطقه، مشاهده می‌شود در منطقه اشترینان مصرف کودهای شیمیایی بسیار بالاتر می‌باشد (شکل ۳).

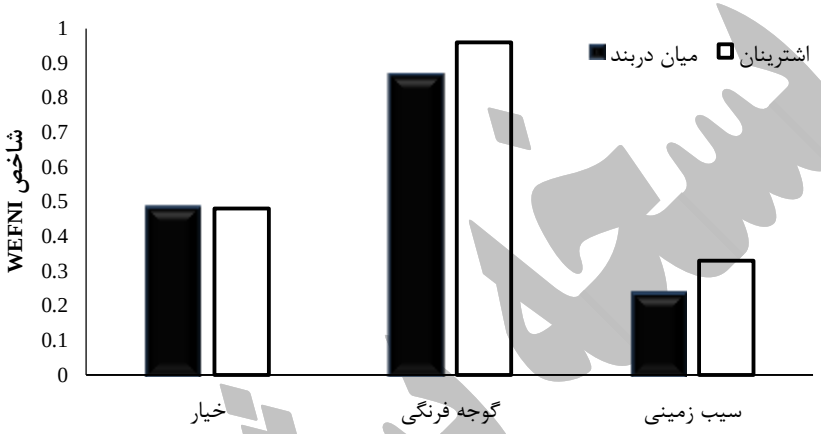
همچنین نسبت مصرف کودهای دامی در منطقه اشترینان بالاتر از دشت میان‌دربند می‌باشد. مصرف کود شیمیایی به طبع باعث افزایش تولید محصول و البته کاهش کیفیت از نظر سلامتی می‌گردد. در منطقه اشترینان به علت کاهش شدید ذخایر آب زیرزمینی کشاورزان سعی بر مصرف آب بهینه داشته اما برای افزایش تولید محصول، به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و دامی روی آورده‌اند که قطعا باعث ایجاد خطرات زیست محیطی فراوان و آلودگی آب و خاک خواهد شد.

شکل ۳- مقدار مصرف کودهای شیمیایی (کیلوگرم بر هکتار) و دامی(تن بر هکتار) در دشت میان‌دربند و اشترینان

براساس شکل ۴ شاخص WEFNI برای محصول خیار در هر دو منطقه مقداری تقریبا یکسان داشت، اما دو محصول سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی تفاوت نسبتا محسوسی را در نتایج به نمایش گذاشته‌اند؛ با توجه به مقادیر آورده شده در جداول ۳ و ۵، میزان شاخص‌های واقعی گوجه‌فرنگی در دو منطقه نشان می‌دهد که میزان بهره‌وری آب در منطقه اشترینان بالاتر بوده است به این معنا که به ازای مصرف آب تقریبا برابر محصول بیشتری برداشت شده و فروش بالاتری وجود داشته است اما شاخص بهره‌وری اقتصادی آب جریان را تغییر داده و در دشت میان‌دربند بیشتر از منطقه اشترینان می‌باشد. براساس اطلاعات جمع‌آوری شده قیمت گوجه‌فرنگی در دشت میان‌دربند (حدود پنج هزار ریال) بالاتر از منطقه اشترینان بوده است؛ بعضی از محصولات کشت بهاره مانند خیار به علت گرمای تابستان و تلفات ناشی از گرما معمولا در محدوده کاشت محصول فروخته می‌شوند.

در مورد کشت سیب‌زمینی نیز تقریبا وضع به همین منوال می‌باشد با توجه به اینکه بهره‌وری آب و انرژی در منطقه اشترینان بالاتر است اما از لحاظ اقتصادی دشت میان‌دربند نتایج بهتری را برداشته است. این تفاوت قیمت‌ها می‌تواند به صورت مستقیم به علت تفاوت ناشی از ارقام مختلف کشت در مناطق تحت مطالعه باشد. برای بررسی کشاورزی پایدار شاخص آب، غذا و انرژی با نگاهی همه جانبه از نظر مصرف آب و انرژی و میزان مواد غذایی تولید شده و همچنین نتایج حاصل از بهره‌وری‌های اقتصادی، یکی از بهترین ارزیابی‌ها را ارائه می‌دهد. کرمیان و همکاران (۱۴۰۱) نشان دادند که کشاورزی در دشت میان‌دربند ناکارآمد بوده و این امر به دلیل کارایی پایین آبیاری، تعدد چاه‌های آب و برداشت بیش از حد از منابع، سوءمدیریت و غیره می‌باشد. لازم به ذکر است که کشاورزان دو منطقه از وضعیت معیشت خود ابراز نارضایتی کرده و کشاورزی را شغلی بدون تضمین

دانستند. براساس نتایج این مطالعه در هر دو منطقه اشترینان و میان‌دربند کشت گوجه‌فرنگی نسبت به دو محصول دیگر برتری حائز اهمیتی داشت. اما در هر دو منطقه کشت سیب‌زمینی از لحاظ سطح زیرکشت عدد بالاتری را به خود اختصاص داده است؛ بنابراین با توجه به اختلافات ناشی از سودآوری و مصرف آب و انرژی، مساله اصلاح الگوی کشت بیش از پیش قدرت‌نمایی نموده و در شرایط کنونی کشور توجه بیشتری را می‌طلبد. سیب‌زمینی در هر دو منطقه بالاترین میزان مصرف آب داشته و پایین‌ترین شاخص همبست را به خود اختصاص داده است که نشان‌دهنده عدم مدیریت صحیح زراعی می‌باشد. لذا مدیران در این شرایط بحرانی که مصرف آب و تولیدات کشاورزی به بحثی بسیار داغ در مجامع علمی تبدیل شده است می‌بایست به میدان آمده و برای اصلاح الگوی کشت اقدام نمایند.



شکل ۴- شاخص WEFNI برای سه محصول خیار، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی در دشت میان‌دربند و اشترینان

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج محرز شد که موضوع کشاورزی در کشور ایران با چالشی بزرگ روبرو می‌باشد که به صورت مستقیم اهمیت منابع آب و کشاورزی پایدار را هدف قرار می‌دهد. در این تحقیق مشاهده شد که منطقه اشترینان با مصرف بیش از حد کود شیمیایی در شرایطی مشابه میاندربند و حتی بدتر وجود دارد؛ این مسأله می‌تواند در کل کشور نیز حاکم باشد که خود همین امر باعث ایجاد نگرانی مضاعف برای آینده و پایداری منابع و کشاورزی خواهد شد. با توجه به اینکه در ایران هیچگونه مدیریت جامعی برپایه مصرف آب و انرژی صورت نگرفته است و کشاورزان با مصرف حداکثری منابع، فقط به تولید بیشتر می‌اندیشند، بنابراین پیشنهاد می‌شود از نگاه همبست به عنوان ابزاری مدیریتی به مسائل حاضر پرداخته شود. همچنین ارگان‌های مرتبط می‌بایست نسبت به میزان کود مصرفی نظارت بیشتری اعمال نمایند چرا که با مصرف بیش از حد کود غذای تولید شده دارای کیفیت سلامتی پایین و محیط‌زیست دچار خطرات جبران‌ناپذیر خواهد شد. با داشتن چنین مطالعات مشابهی در سراسر کشور و همچنین میزان عرضه و تقاضا که امری فراموش شده در کشور ماست، می‌توان به برنامه‌ریزی جامع در زمینه کشاورزی پایدار دست یافت تا مقدار تولیدات کشاورزی، سطح زیرکشت و مقدار غذای مورد نیاز جامعه را به تعادل رساند. بنابراین توصیه می‌شود در پژوهش‌های آتی در زمینه پایداری کشاورزی با چنین نگاهی به آینده ایران و حفظ هرچه بیشتر منابع، تحقیقات گسترده‌تری انجام شود.

منابع

۱. شهبازی خ. پرویزی ی. و کله‌هوی م. ۱۴۰۰. عوامل مورفوتریک گسترش فرسایش خندقی و طبقه‌بندی اقلیمی در استان کرمانشاه. مهندسی و مدیریت آبخیز. ۴(۱۴): ۵۲۸-۵۴۸.

۲. عباسی ف. سهرابی ف. و عباسی ن. ۱۳۹۴. راندمان‌های آبیاری، تغییرات زمانی و مکانی آن در ایران. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج. ۵۴ ص.

۳. کرمیان ف. میرکزاده ع. و آذری آ. ۱۴۰۱. تحلیل

میزان مصرف آب و انرژی و اثرات محیط زیستی تولید محصولات کشاورزی در دشت میاندربند استان کرمانشاه. نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۱۴(۴): ۶۹۳-۷۱۲.

۴. کیانی ع. و شاکر م. ۱۴۰۰. بررسی اثربخشی سامانه‌های نوین آبیاری تحت فشار در ایران. نشریه مدیریت آب در کشاورزی. ۸(۲): ۱۶۷-۱۸۲.

۵. نوری ح. ایلدرمی ع. و بخشی م. ۱۴۰۱. بررسی کیفیت آب زیرزمینی در شرایط تغییر اقلیم و خشکسالی‌های آینده در دشت سیلاخور بروجرد. فصلنامه علمی فضای جغرافیایی. ۲(۷۸): ۳۱-۵۳.

۶. رفیعی ش. و قادرپور ا. ۱۳۹۵. تجزیه و تحلیل و مدل سازی انرژی و عملکرد تولید نخود دیم در شهرستان بوکان. مهندسی بیوسیستم ایران. ۴(۴۷): ۷۱۱-۷۲۰.

۷. بصیری م. قبادی م. و قمزنی ه .۱۳۹۹. اثر شدتهای مختلف کم‌آبی و شوری بر رشد برگ، ساقه و ریشه گیاه نعناع فلفلی. مدیریت آب و آبیاری. ۱۰(۱): ۱-۱۴.

8. Albrecht T. Crootof A. and Scott C. 2018. The Water-Energy-Food Nexus: A systematic review of methods for nexus assessment. Environmental Research Letter. 13(4): 43-70.
9. Avelan T. Roidt M. Emmer A. von Koerber J. Schneider P. and Raber W. 2018. Making the based on opensource software, Computers & Geosciences. 62: 35-42.
10. Bakhshianlamouki E. Masia S. Karimi P. Zaag P. and Sušnik J. 2020. A system dynamics model to quantify the impacts of restoration measures on the water-energy-food nexus in the Urmia lake Basin, Iran. Science of the Total Environment. 708(731):134874.
11. Campana P. E. Lastanao P. Zaiali S. Zhang J. Landelius T. and Melton F. 2022. Towards an operational irrigation management system for Sweden with a water–food–energy nexus perspective. Agricultural Water Management. 271(9): 289.
12. Dang N. Tran D. and Duc T. 2021. Water–Food–Energy Nexus in the Context of Climate Change: Developing a Water Security Index for Water Resource Management in Vietnam. Economies. 629 p.
13. El-Gafy I. 2017. Water–food–energy nexus index: analysis of water-energy-food nexus of crop's production system applying the indicators approach. Applied Water Science. 7: 2857-2868.
14. Esengun K. Erdal G. Gunduz. O. and Erdal. H. 2007. An economic analysis and energy use in stake tomato production in Tokat province of Turkey. Energy. 32: 35-41.
15. Fan X. Zhang W. Chen W. and Chen B. 2020. Land–water–energy nexus in agricultural management for greenhouse gas mitigation. Applied Energy. 265: 466-475.
16. FAO. 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations). Walking the nexus talk: assessing the water-energy-food nexus in the context of the sustainable energy for all initiative. Environment and natural resources management. 150 p.
17. Garcia D. J. Lovett B. M. and You F. 2019. Considering agricultural wastes and ecosystem services in Food-Energy Water-Waste Nexus system design. Journal of Cleaner Production. 228: 941-955.
18. Heidari M. D. and Omid M. 2011. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. Energy. 36: 220–225.
19. Jat H. S. Jat R. D. Nanwal R. K. Lohan S. K. Yadav A. K. Poonia T. Sharma P. C. and Jat M. L. 2020. Energy use efficiency of crop residue management for sustainable energy and agriculture conservation in NW India. Renew. Energy. 155: 1372-1382.
20. Justin S. Amber L. Pearson Chad S. Amber W. Elizabeth M. Alexandra B. Asher Y. and Rosinger G. 2020. The Household Water Insecurity Experiences Research Coordination Network. Science of the Total Environment. 716: 135881. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135881
21. Juwana I. Muttil N. and Perera C. 2010. Indicator-based water sustain-ability assessment, a review. Science Total Environment. 438: 357-371.
22. Karamian F. Mirakzadeh A. and Azari A. 2023. Application of multi-objective genetic algorithm for optimal combination of resources to achieve sustainable agriculture based on the water-energy-food nexus framework. Science Total Environment. 860: 160419. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160419.
23. Kurian M. 2017. The water-energy-food nexus: Trade-offs, thresholds and transdisciplinary approaches to sustainable development. Environmental Science & Policy. 68: 97-106.
24. Liu J. Yang H. Cudennec C. Gain A. Hoff H. Lawford R. Qi J. Strasser L. D. Yillia P. T.

and Zheng C. 2017. Challenges in operationalizing the water-energy-food nexus. Hydrological Science Journal. 63: 1866-1867.

25. Mirbalooch M. N. Delbari M. and Piri H. 2020. Evaluation of performance of classical sprinkler irrigation systems with mobile sprinkler in Khash city. Journal of Water and Irrigation Management. 10(1): 31- 44.
26. Mohammadi A. and Banihabib M. E. 2020. Strategic management model for virtual water exchange of Iranian agricultural and animal productions. Journal of Water and Irrigation Management. 10(1): 15-29.
27. Mohtar R. H. and Daher B. 2012. Water, Energy, and Food: The Ultimate Nexus. Encyclopedia of Agricultural. Food, and Biological Engineering. CRC Press, Taylor and Francis Group. 1-5. DOI: 10.1081/E-EAFE2-120048376
28. Nhamo L. Bekithemba N. dlela, Charles N. Tafadzwanashe M. Sylvester M. Greenwell M. 2018. The Water-Energy-Food Nexus: Climate Risks and Opportunities in Southern Africa. Water. 10(567): 1-18.
29. Omid M. Ghojabeige F. Delshad M. and Ahmadi H. 2011. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis. Energy Convers. Manage. 52: 153-162.
30. Sadeghi H. Sharifi Moghadam E. Delavar M. and Zarghami M. 2020. Application of water-energy-food nexus approach for designating optimal agricultural management pattern at a watershed scale. Agricultural Water Management. 233: 106071.
31. Sahle M. Saito O. Fürst C. and Yeshitela K. 2019. Quantifying and mapping of waterrelated ecosystem services for enhancing the security of the food-water-energy nexus in tropical data–sparse catchment. Science Total Environment. 646: 573-586.
32. Sepahvand F. Naderi K. Gholamrezai S. and Bijani M. 2023. The Use of Foresight in the Sustainable Management of Water Resources in the Agricultural Sector of the Karkheh-Olia Basin. Journal of Rural Research. 13(4): 650-669.
33. Xu M. Bin F. Yu Z. Ao L. Yahui L. Minghuan L. Yunpeng S. Shikun Z. and Tingting Q. 2020. Effects of resource-oriented waste management on optimizing waterfood-energy nexus in rural China: A material and energy flow analysis. Journal of Cleaner Production. 276: 124259.
34. Zahedi M. Mondani F. and Eshghizadeh H. 2015. Analyzing the energy balances of double-cropped cereals in an arid region. Energy Report. 1: 43-49.

Research paper

Evaluation of sustainable agriculture indicators in the west of Iran based on Water, Food and Energy Nexus

R. Khosravi[1], A. Bafkar[2] and A. Azari[3*]

Extended Abstract

Nowadays, resources management in the watersheds is a vital task for the managers and planners due to the necessity of handling challenging issues between supply and demand sectors. On one hand, agriculture is faced to limited production resources and on the other hand, it provides the food security for the growing population, So, making balance between the withdrawal of water resources and the amount of production is necessary. Agriculture depends on nature directly, also consumes about 70% of the world's fresh water and about 30% of the world's energy; therefore, evaluation and management of agriculture is very important in the view point of sustainability. Water is required for various uses such as irrigation and food process, extraction, mining, refine, and residue disposal of fossil fuels, plant cooling, hydropower, bioenergy feedstock production, transportation, waste disposal, emission control, and construction, operation and maintenance of energy-generation facilities. Moreover, energy is needed for fertilizer production, agricultural machinery, food preservation and process, transport, cooking, and pumping irrigation water for food production. To supply drinking and sanitary water, energy is also needed for water pumping and distribution, water and waste water treatment, sea water desalination, constructing, operating and maintaining water-supply facilities, and fulfilling end uses. Water, energy and food are necessary for human comfort, poverty reduction, sustainable development and are inseparable part of human life. Iran is located in arid and semi-arid climate and the average rainfall is very low. The average annual rainfall in Iran is approximately 250 mm, while this average is 860 mm on the earth. So, it is very important to implement the proper water resource management, considering the conditions of water shortage and crisis, to provide people's food in the future.

This study which was conducted in two regions in the west of Iran (Miandarband & Oshtorinan plain). The purpose was to evaluate and compare the performances of farmer's in cultivating the same crops in similar weather. In the current study Water, Food and Energy Nexus Index (WEFNI) was determined to investigate the sustainability of agriculture. WEFNI includes six indicators: of water consumption, energy consumption, water efficiency, energy efficiency, water economic efficiency and energy economic efficiency. Indicators are conceptual tools for sustainability evaluations that can be influential in many sectors. So, for the present research, the interrelation between water and food was measured by water consumption, water mass productivity, and water economic productivity indicators.

In addition, energy consumption, energy mass productivity and energy economic productivity indicators are indicatives the relationship between energy and food. Water, Food and Energy

1- Ph.D. Candidate of Irrigation and Drainage Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
3- Associate Professor, Department of Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
*** Corresponding author: a.azari@razi.ac.ir**
Received: 2023/05/13 Accepted: 2023/08/06
https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2023.14391.2529

Nexus Index uses a combination of different indicators to show the interrelations between water, energy, and food sources that can be used to evaluate and monitor different resources. The final results obtained by the weighting and averaging of these indicators. The data has been collected through interviews with 43 farmers, field observations, related organizations and NETWAT software. Three crops tomato, potato, and cucumber were evaluated, which are prevailing cultivation in two regions.

Agriculture in Iran is facing to big challenge which indicates the importance of water resources and sustainable agriculture. The water-energy-food nexus approach was adopted to develop appropriate strategies for the optimal cropping patterns in the west of Iran. Due to extreme access to water and energy in agriculture sector in Iran and undesirability of land uses in the Miandarband & Oshtorinan, water-energy-food nexus approach can help poverty reduction and generate employment opportunities among farmers. Achieving sustainable development in the agricultural sector, as the largest water consumer, by minimizing water and energy usages and maximizing productivity is the other achievements of implementing water-energy-food nexus. Results showed that Water, Food and Energy Nexus Index of tomato, cucumber and potato was 0.87, 0.49 & 0.24 in Miandarband plain and 0.96, 0.48 & 0.33 in Oshtorinan plain Respectively. Based on WEFNI tomato has the best condition in both regions. So, WEFNI is suggested as a management tool to improve cropping pattern, which consider aspects of water and energy consumption and food security. In addition, more research is recommended on agricultural sustainability and resource protection, water resources in particular. The water-energy-food nexus has potential to be extensively implemented in other regions to identify weak connections in natural resources management policies. It is further suggested to be used to improve national sustainability policies in various sectors.

Keywords: Water, Food and energy nexus, Water resources management, Agricultural management, Miandarband, Oshtorinan.

Citation: Khosravi R. Bafkar A. and Azari A. 2024. Evaluation of sustainable agriculture indicators in the west of Iran based on Water, Food and Energy Nexus. Iranian Water Research Journal. 52: ??-??. https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2023.14391.2529