



Evaluating the Sustainability of watermelon and melon Production Ecosystems based on Emery and Economic Analysis in Sistan Region

Somayyeh Mirshekari^{1*}, Mohammad Reza Asgharipour², Zahra Ghafarimoghadam³,
Seyed Abolfazl Hashemi⁴

Received: 12 January 2023 Accepted: 27 July 2023

1-Assist. Prof., Agriculture Institute, Research Institute of zabol, Zabol, Iran.

2-Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

3- Assist. Prof., Agriculture Institute, Research Institute of zabol, Zabol, Iran.

4-PhD Student, Unit of Agrotechnology-Physiology major, Dept. of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, Iran.

*Corresponding Author Email: Smirshekari@uoz.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Kitchen garden crops are really important in the stability and balance of the agricultural ecosystem of the Sistan region. Regarding the significance of food, economy, and job creation, it is vital to study these ecosystems.

Materials and Methods: Five production systems of kitchen garden products, including gandak, sefidak, pashmak, watermelon, and melon, were evaluated in the Sistan region, using emery and economic indicators. The research data was collected via questionnaires and field measurements from 45 farms for gandak, 53 farms for sefidak, 37 farms for pashmak, 60 farms for watermelon, and 82 farms for melon.

Results: The total supporting emery of gandak, sefidak, pashmak, watermelon, and melon production systems were estimated as 5.83×10^{16} , 5.56×10^{16} , 3.45×10^{16} , 6.48×10^{16} , and 5.83×10^{16} MJ of solar emery per hectare per year, respectively. The emery renewability percentage (R%) of the gandak, sefidak, pashmak, watermelon, and melon production systems was calculated as 3.40, 3.57, 5.21, 3.06, and 3.40%, respectively. The higher R% in the pashmak production system compared to other systems is related to the large share of organic fertilizer use. The lowest amount of environmental renewability among the five systems was related to the watermelon system, which shows that in this system, a high percentage of emery used is dependent on non-renewable environmental resources.

Conclusion: The ecological sustainability of the watermelon production system is more than the other studied systems, and the assessments based on the calculation of 13 emery and economic indicators designate that stopping erosion and reducing the use of chemical fertilizers can be effective in the ecological stability of these systems.

Keywords: , Integrated Analysis, Profit, Production System, Resource Use Efficiency, Sistan, Sustainability Assessment,

سنجش پایداری بوم نظام‌های تولید هندوانه و انواع خربزه بر اساس تحلیل امرژی و اقتصادی در منطقه سیستان

سمیه میرشکاری^{۱*}، محمدرضا اصغری پور^۲، زهرا غفاری مقدم^۳، سید ابوالفضل هاشمی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۵

۱- استادیار گروه زراعت، پژوهشکده کشاورزی- پژوهشگاه زابل

۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۳- استادیار گروه زراعت، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل

۴- دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی- گرایش فیزیولوژی، گروه زراعت، دانشگاه زابل

*مسئول مکاتبه: Email: Smirshekari@uoz.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: کشت‌های جالیزی در ثبات و تعادل اکوسیستم زراعی منطقه سیستان نقش به‌سزایی دارد. با عنایت به اهمیت غذایی، اقتصادی و اشتغال‌زایی بررسی این بوم نظام‌ها حائز اهمیت می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، پنج نظام تولید محصولات جالیزی شامل قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه در سطح منطقه سیستان، با استفاده از شاخص‌های امرژی و اقتصادی، ارزیابی شد. اطلاعات این پژوهش با استفاده از پرسش‌نامه و اندازه‌گیری‌های میدانی از ۴۵ مزرعه برای قندک، ۵۳ مزرعه برای سفیدک، ۳۷ مزرعه برای پشمک، ۶۰ مزرعه برای هندوانه و ۸۲ مزرعه برای خربزه جمع‌آوری شد.

یافته‌ها: کل انرژی حمایت‌کننده نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب $۵/۸۳ \times ۱۰^{۱۶}$ ، $۵/۵۶ \times ۱۰^{۱۶}$ ، $۳/۴۵ \times ۱۰^{۱۶}$ و $۶/۴۸ \times ۱۰^{۱۶}$ و $۵/۸۳ \times ۱۰^{۱۶}$ ام‌ژول خورشیدی در هکتار در سال تخمین زده شد. در مطالعه حاضر درصد تجدیدپذیری امرژی (R%) نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب $۳/۴۰$ ، $۳/۵۷$ ، $۵/۲۱$ و $۳/۴۰$ درصد محاسبه شد. بزرگ‌تر بودن R% در نظام تولید پشمک نسبت به سایر نظام‌ها به دلیل سهم زیاد استفاده از کود آلی می‌باشد. در این مطالعه کمترین میزان تجدیدپذیری محیطی بین پنج نظام، مربوط به نظام هندوانه بود که نشان می‌دهد در این نظام درصد بالایی از امرژی مورد استفاده به منابع تجدیدناپذیر محیطی وابسته است.

نتیجه‌گیری: پایداری اکولوژیکی نظام تولید هندوانه بیشتر از سایر نظام‌های مورد مطالعه می‌باشد، همچنین ارزیابی‌های انجام شده بر اساس محاسبه ۱۳ شاخص امرژی و اقتصادی حاکی از آن است که جلوگیری از فرسایش و کاهش کاربرد کودهای شیمیایی می‌تواند در پایداری اکولوژیکی این نظام‌ها مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل تلفیقی، سیستان، ارزیابی پایداری، بهره‌وری استفاده از منابع، سود، نظام تولید.

مقدمه

کشاورزی و تولیدات آن دارای نقش بنیادی در تداوم حیات انسانی، دارا است. درعین‌حال، استفاده بیش از حد از مقادیر زیاد کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات باعث ایجاد یک سری مشکلات زیست‌محیطی شده است (ژانگ و همکاران ۲۰۱۸). کشاورزی فشرده مدرن فشار زیست‌محیطی فزاینده‌ای در بردارد که مانع از توسعه پایدار آن می‌شود. تعدادی از رویکردهای ارزیابی پایداری کشاورزی و چارچوب‌های روش‌شناختی جهت بررسی هزینه‌های زیست‌محیطی و تأثیر منابع مورداستفاده در تولید محصولات کشاورزی توسط دانشمندان در حال انجام می‌باشد (سرگیو و همکاران ۲۰۲۱). با ارزیابی میزان پایداری کشاورزی و مشخص شدن روند حرکت روبه‌توسعه کشاورزی و تهدیدهای پیش‌رو، می‌توان نسبت به تدوین برنامه‌های واقع‌بینانه برای بهبود پایداری در بخش کشاورزی اقدام نمود (صالح‌نیا رفعتی ۲۰۲۲). مصرف پایدار تلاشی است برای مصرف بلندمدت منابع، درحالی‌که بتوان منافع اجتماعی حاصل از مصرف را به حداکثر و اثرات زیست‌محیطی آن را به حداقل رساند (بونسارد و اسپرودر ۲۰۲۱). باتوجه‌به رشد سریع اقتصاد، شتاب صنعتی‌شدن و شهرنشینی، زمین‌های قابل‌کشت روبه‌کاهش است (وو و ژانگ ۲۰۱۷) که برای امنیت غذایی چالش بزرگی محسوب می‌شود (هی و همکاران ۲۰۱۰). علاوه بر این، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها علاوه بر افزایش بار زیست‌محیطی و آلودگی، به کاهش عملکرد زمین زراعی کشت شده منجر شده است (چن و همکاران ۲۰۰۶).

در حال حاضر ارزیابی پایداری نظام‌های تولید کشاورزی نه‌تنها به جهت تحقق تقاضای فزاینده برای تولید مواد غذایی، بلکه کاهش تأثیرات نامطلوب زیست‌محیطی ضروری می‌باشد (ژئو و همکاران ۲۰۲۱). امروزه تمرکز زیادی برای کمی‌کردن پایداری نظام‌های تولید کشاورزی وجود دارد (ژئو و همکاران ۲۰۲۱). برای تحقق بیشتر توسعه پایدار زمین‌های کشت شده، ارزیابی نظام‌مند و کمی‌کردن مدل‌های تولید کشاورزی در شرایط کنونی موردنیاز است. تحلیل

امرژنی به طور گسترده‌ای جهت ارزیابی پایداری بوم نظام‌های کشاورزی استفاده می‌شود (وانگ و همکاران ۲۰۱۹). روش تحلیل امرژی در دهه ۱۹۸۰ توسط اودوم مطرح شد که از امرژی خورشیدی به‌عنوان یک استاندارد جهت اندازه‌گیری واحد استفاده شد (براون و اولگیاتی ۲۰۰۴). این روش به طور گسترده‌ای برای ارزیابی بوم نظام‌های منطقه‌ای، از جمله بوم نظام‌های جنگلی (اولیوریا و همکاران ۲۰۱۸)، بوم نظام‌های کشاورزی (چنگ و همکاران ۲۰۱۷)، بوم نظام‌های صنعتی (دونگ و همکاران ۲۰۱۸)، منابع زمین (ژانگ و همکاران ۲۰۱۸b)، و تولید امرژی (ژانگ و همکاران ۲۰۱۸a)، مورداستفاده قرار گرفته است (چن و همکاران ۲۰۱۸). امرژی، به مقدار امرژی یا اگزرژی در دسترس خورشیدی گفته می‌شود که در تولید کالا، خدمات یا محصول به طور مستقیم یا غیر مستقیم استفاده می‌شود و با ام‌ژول خورشیدی (sej) سنجیده می‌شود (اودوم و همکاران ۲۰۰۰).

ارزیابی تولید سوخت زیستی از طریق ریزجلبک‌ها بر اساس تحلیل امرژی نشان داد که استفاده از میکروجلبک با بازچرخانی مواد مغذی پایدارتر است (لی و همکاران ۲۰۱۷). در همین راستا میرشکاری و همکاران (۲۰۲۱) به ارزیابی پایداری شش بوم‌نظام تولید محصولات زراعی بر اساس تحلیل امرژی و اقتصادی در شهرستان هیرمند پرداختند. آن‌ها ابراز داشتند کل امرژی حمایت‌کننده نظام‌های تولید گندم، پیاز، سیر، رازیانه، زیره سبز و سیاه‌دانه شهرستان هیرمند به ترتیب $۳/۲۵ \times ۱۰۱۶$ ، $۳/۳۷ \times ۱۰۱۶$ ، $۴/۳۶ \times ۱۰۱۶$ ، $۲/۲۹ \times ۱۰۱۶$ و $۱/۸۴ \times ۱۰۱۶$ ام‌ژول خورشیدی در هکتار بود. جریان‌های محیطی رایگان به ترتیب $۷۴/۲۷$ ، $۶۷/۸۵$ ، $۵۲/۲۱$ ، $۵۶/۱۶$ ، $۵۶/۹۲$ و $۵۲/۴۹$ درصد از کل امرژی ورودی نظام‌های تولید گندم، پیاز، سیر، رازیانه، زیره سبز و سیاه‌دانه را به خود اختصاص دادند. سهم زیاد نهاده‌های رایگان داخلی نشان می‌دهد که غالب مزارع مورد مطالعه، نظام‌هایی غیرصنعتی هستند که به شیوه سنتی و کم‌نهاد مدیریت می‌شوند. مقادیر محاسبه‌شده برای

شاخص‌های پایداری (ESI و *ESI) نشان داد پایداری اکولوژیکی نظام تولید رازیانه بیشتر از سایر نظام‌های مطالعه است. دلیل اصلی پایداری بیشتر این نظام سهم زیاد انرژی ورودی مربوط به نهاده‌های محیطی رایگان و منابع تجدیدپذیر بود. ارزیابی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد با استفاده از تحلیل انرژی نشان داد که از لجن حاصل از فاضلاب در امر تولید کمپوست در حوزه کشاورزی می‌توان استفاده کرد (علیزاده و همکاران ۲۰۲۰). جعفری و همکاران (۲۰۱۸) با تکنیک تحلیل انرژی نشان دادند که تولید خرما در مقایسه با پسته برای دستیابی به توسعه پایدار در بلندمدت برتری دارد. هوشیار و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی پایداری نظام‌های تولید از طریق تحلیل انرژی اذعان داشتند که می‌توان با استفاده از اقدامات مدیریتی مناسب در خصوص آب، مواد مغذی و مدیریت زراعی عملکرد را در حدود ۲۰ تا ۵۵ درصد نشان داد. گالای و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه میزان پایداری تولید ذرت علوفه‌ای در دانمارک عنوان کردند با کاهش استفاده از ماشین‌آلات و سوخت فسیلی می‌توان تولید ذرت علوفه‌ای را بهینه کرد.

افزایش جمعیت، رشد اقتصادی، تقاضای روبه‌رشد برای محصولات کشاورزی و تغییر اقلیم و همچنین تغییر شرایط اجتماعی - اقتصادی، تقاضا برای آب کشاورزی را در آینده افزایش داده و مخاطرات جدی برای امنیت غذایی آینده و توسعه پایدار محیط‌زیست فراهم خواهد نمود با عنایت به اینکه اقتصاد و معیشت مردم سیستان بر پایه کشاورزی بنا شده است و کشاورزی مردم منطقه وابسته به رودخانه هیرمند است که آورد آن به‌شدت در سال‌های اخیر کاهش یافته است (سازمان جهاد کشاورزی سیستان و بلوچستان ۲۰۱۸)؛ بنابراین پایداری بوم نظام‌های تحت کشت این منطقه جهت بهره‌برداری مناسب از منابع آبی و سایر منابع نیازمند مطالعات اساسی است.

باتوجه به اینکه تولید محصولات جالیزی یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کننده‌های آب در منطقه سیستان است بررسی و تحلیل پایداری این بوم نظام‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش پنج نظام

مختلف قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به‌عنوان محصولات جالیزی تولید شده در بوم نظام‌های کشاورزی سیستان انتخاب شد. قندک نوعی خربزه اصلاح شده و با نام رقم فیروزی ۹۹ از خانواده کدویان (*Cucurbitaceae*) است، قندک نسبت به تمام ارقام خربزه کشت شده در منطقه سیستان دارای درصد قند بالاتر، کیفیت خوراکی بیشتر و ماندگاری بالاتری است، از لحاظ ظاهری اندازه میوه آن کوچکتر از سفیدک بوده، وزن میوه کامل آن به حدود ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم می‌رسد، رنگ آن زرد و دارای خطوط زیادی روی پوست خود می‌باشد، از لحاظ هندسی کروی شکل است. سفیدک رقم بومی از خربزه در منطقه سیستان است، دارای کیفیت، عطر و طعم خوب و مصرف محلی دارد، به دلیل اینکه بافت گوشت میوه نرم و پوست‌کاغذی و ضعیفی دارد، ماندگاری آن کمتر از قندک بوده و حمل‌ونقل و صادرات آن امکان‌پذیر نیست، رنگ آن سفید متمایل به زرد بدون خطوط بر روی پوست، ماندگاری آن حداکثر ۴ روز پس از برداشت، از لحاظ ظاهری بیضوی شکل و دارای عملکردی بالاتر نسبت به قندک است. پشمک به‌عنوان میوه نارس خربزه شناخته می‌شود که کشاورز باهدف برداشت زودهنگام به‌خصوص در فصول گرم سال که مشکل تأمین آب وجود دارد به کشت آن می‌پردازد، بافت آن آبدار و تازه‌خوری آن در بین مردم رواج دارد. هندوانه یکی از گیاهان مهم جالیزی است که گوشت آن به مصرف تازه‌خوری، بذر به‌عنوان آجیل و از پوست در تهیه مربا و همچنین تغذیه دام‌ها استفاده می‌شود.

در سال ۱۳۹۹ حدود ۷ هزار هکتار از مزارع منطقه سیستان زیر کشت محصولات جالیزی رفته است و ۱۵۶ هزار تن محصول به ارزش بیش از یک هزار و ۵۶۰ هزار میلیارد ریال تولید و روانه بازار گردیده که از این میزان حدود سه هزار و ۵۰۰ هکتار از مزارع زیر کشت انواع خربزه و حدود سه هزار و ۵۰۰ هکتار نیز زیر کشت هندوانه رفته که نسبت به سال ۱۳۹۸ افزایش دوبرابری داشته است. ارقام قندک و سفیدک خربزه و هندوانه بیشترین سطح زیر کشت این محصولات را در منطقه سیستان تشکیل می‌دهد (سالنامه آماری وزارت

جمع‌آوری داده‌ها

در این پژوهش به منظور محاسبه شاخص‌های امرژی و تحلیل اقتصادی بوم نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه منطقه سیستان، ابتدا نهاده‌های محیطی رایگان تجدیدپذیر، تجدیدناپذیر و نهاده‌های غیررایگان تعیین می‌گردد. نهاده‌های رایگان محیطی تجدیدپذیر شامل نور خورشید، باران، باد، تبخیر و تعرق و آب رودخانه؛ نهاده‌های رایگان محیطی تجدیدناپذیر شامل فرسایش و تلفات مواد آلی خاک؛ نهاده‌های غیررایگان شامل کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، ماشین‌آلات، سوخت، کود آلی، نیروی کارگری و الکتریسیته که از خارج سیستم نشأت گرفته‌اند. خروجی نظام‌ها شامل میوه تازه محصولات خواهد بود.

داده‌های موردنیاز از تولیدکنندگان محصولات جالیزی در روستاهای منطقه سیستان توسط تکمیل پرسش‌نامه از جمع‌آوری گردید. برای تعیین تعداد نمونه از فرمول کوکران استفاده شد (کوکران ۱۹۷۷):

$$n = \frac{Z^2 pq}{d^2} \div \left(1 + \frac{1}{N} \left(\frac{Z^2 pq}{d^2} - 1 \right) \right)$$

در اینجا n حجم نمونه آماری، Z مقدار متغیر نرمال یا سطح اطمینان، p : نسبت برخورداری از صفت موردنظر (کشاورز)؛ $q=(1-p)$: نسبت عدم برخورداری از صفت موردنظر؛ معمولاً p و q ، $0/5$ در نظر گرفته می‌شود؛ d : اشتباه مجاز که برابر $0/05$ در نظر گرفته شده؛ N حجم جامعه آماری؛ در آزمون دو دامنه مقدار Z برای سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر $1/96$ و برای سطح اطمینان ۹۹ درصد برابر $2/58$ است. باتوجه به نتایج حاصل از اجرای فرمول کوکران تعداد ۲۷۷ مزرعه به‌عنوان حجم نمونه کل انتخاب گردید که ۴۵ نمونه برای قندک، ۵۳ نمونه برای سفیدک، ۳۷ نمونه برای پشمک، ۶۰ نمونه برای هندوانه و ۸۲ نمونه برای خربزه انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند.

تحلیل امرژی

مراحل اصلی روش تحلیل امرژی به‌قرار زیر است:

کشاورزی ایران (۲۰۱۳). اهداف این پژوهش عبارت‌اند از مقایسه بوم نظام‌های محصولات جالیزی منطقه سیستان باتوجه به کارایی استفاده از منابع، بهره‌وری، تأثیرات محیطی به‌وسیله شاخص‌های امرژی و اقتصادی و تأکید بر مفاهیم تکنیک امرژی جهت بررسی پایداری بوم نظام‌های مورد مطالعه.

مواد و روش‌ها

معرفی محل پژوهش

این پژوهش در پنج نظام جالیزی تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه منطقه سیستان، در شمال استان سیستان و بلوچستان اجرا گردید. سیستان با وسعت تقریبی ۱۵۱۹۷ کیلومترمربع دشت پست و همواری در ۳۰ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه پهنای شمالی و ۶۱ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه درازای شرقی است. این ناحیه در شمال استان سیستان و بلوچستان واقع شده است و از شمال به استان خراسان جنوبی، از جنوب تا نزدیکی خاش، از شرق به کشور افغانستان و از غرب به کویر کرمان محدود است (حسین‌پور ۱۹۹۴).

منطقه سیستان دارای اقلیمی بیابانی گرم و فراخشک است، تقریباً چهار پنجم سطح این منطقه زیرپوشش این نوع آب‌وهوا است (سید اخلاقی و همکاران ۲۰۱۶). بر اساس آمار ۳۰ساله هواشناسی ایستگاه‌های زابل و زهک (۱۹۸۰-۲۰۰۹) در این منطقه به طور متوسط سالیانه بیش از ۳۰۰ روز خشکی وجود دارد. اقلیم سیستان به روش گوسن، بیابانی و به روش کوپن، خشک و بسیار گرم با تابستان خشک و به روش تحلیل خوشه‌ای بسیار کم‌بارش و گرم و خشک است. از خصوصیات مهم اقلیمی این منطقه می‌توان به وزش بادهای شدید (۱۲۰ روزه سیستان)، میانگین تعداد روزهای آفتابی سالیانه بیش از ۲۶۰ روز تابش آفتاب، دامنه تغییرات زیاد دما در شبانه‌روز، بارندگی متوسط سالیانه (۶۴ میلی‌متر) با پراکندگی نامناسب و بالابودن دما را نام برد (طاوسی و رئیس‌پور ۲۰۱۹).

تعیین مرزهای زمانی و مکانی پنج بوم‌نظام مورد بررسی و رسم نمودار جریان انرژی برای طبقه‌بندی نهاده‌ها در بوم‌نظام‌های مورد بررسی به منابع تجدیدپذیر یا تجدیدناپذیر، محلی یا وارداتی (اودم، ۱۹۹۶). این کار برای مدیریت روابط بین اجزای اصلی و فرآیندهای سودآور بوم‌نظام الزامی است. شکل ۱ دیگرام تجمعی جریان انرژی برای پنج نظام قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه را نشان می‌دهد. روش‌های محاسبه و برآورد میزان مصرف نهاده‌ها در نظام‌های تولیدی مختلف در پیوست ۱ مقاله ارائه شده است. در تحلیل انرژی از یک زبان نمادین برای نمایش اجزاء بوم‌نظام استفاده می‌شود (اودم ۱۹۹۶). همچنین در تحلیل انرژی از شاخص‌های مبتنی بر ارزیابی‌های زیست‌محیطی و اقتصادی استفاده می‌شود (لو و کمپل ۲۰۰۹؛ امیری و همکاران ۲۰۱۹). در این مطالعه از شاخص‌های ارزش واحد انرژی (Tr^1): جهت برآورد بازده انرژی تولید محصول، ضریب تبدیل شاخصی تأثیرگذار است (براون و اولگیاتی ۲۰۰۴). در قبال تولید برابر، هر چه این مقدار بیشتر باشد کارایی پایین انرژی از لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی را نمایان می‌کند (اودم ۱۹۹۶؛ لی یو و همکاران ۲۰۰۹). درصد انرژی تجدیدپذیر (R^2 %) به طور کلی، نظام‌های تولیدی که کسر بیشتر انرژی ورودی، از منابع تجدیدپذیر تامین می‌شود یا فرآیندهای مرتبط با تولید در این نظام‌ها، از منابع تجدیدپذیر بیشتری استفاده می‌کنند احتمالاً پایدارتر هستند (لاروزا و همکاران، ۲۰۰۸). در بلند مدت، هر چه نظامی میزان کمتری از منابع تجدیدناپذیر در مقایسه با منابع تجدیدپذیر استفاده نماید، در رقابت اقتصادی موفق‌تر خواهد بود (لفری و ریدبرگ ۲۰۰۳؛ براون و اولگیاتی ۲۰۰۴). نسبت عملکرد انرژی (EYR^3): شاخص نسبت عملکرد انرژی (EYR) از حاصل تقسیم خروجی انرژی بر انرژی ورودی‌های خریداری شده به دست می‌آید. مقدار EYR بیانگر سهم ورودی‌های رایگان به انرژی

کل مصرف شده در نظام است (ژانگ و همکاران ۲۰۰۷). مقدار بالاتر این شاخص نمایانگر مصرف بیشتر انرژی به ازای انرژی سرمایه‌گذاری شده است (چن و همکاران ۲۰۰۶). هر چه عدد این شاخص بیشتر باشد بیانگر وابستگی بیشتر نظام به منابع محیطی در مقایسه با منابع خریداری شده است، EYR توانایی یک سیستم برای بهره‌برداری از منابع محلی را بیان می‌کند. نسبت سرمایه‌گذاری انرژی (EIR^4): شاخص نسبت سرمایه‌گذاری انرژی (EIR) از نسبت ورودی‌های خریداری شده به ورودی‌های رایگان به دست می‌آید (وانگ و همکاران ۲۰۱۴). نسبت سرمایه‌گذاری انرژی اصلاح شده (EIR^*) از نسبت ورودی‌های خریداری شده به ورودی‌های تجدیدپذیر محیطی به دست می‌آید (امیری و همکاران ۲۰۱۹). EIR و EIR^* بیان می‌کنند که در هر نظام تولید، نسبت سرمایه‌گذاری نهاده‌های غیررایگان، به ورودی‌های رایگان و تجدیدپذیر محیطی چه میزان است (امیری و همکاران ۲۰۱۹؛ لان و همکاران ۲۰۰۲؛ اودم ۱۹۹۶). نسبت بار محیط‌زیستی (ELR^5) و نسخه اصلاح‌شده آن (ELR^*): فشار تحمیل شده از طرف نظام مورد مطالعه به محیط‌زیست از طریق شاخص‌های نسبت بار محیط‌زیستی استاندارد (ELR) و نسبت بار محیط‌زیستی اصلاح شده (ELR^*) بیان می‌شود. ELR از طریق محاسبه نسبت ورودی‌های انرژی تجدیدناپذیر محیطی و ورودی‌های خریداری شده بر نهاده‌های محیطی تجدیدپذیر و ELR^* از نسبت ورودی منابع تجدیدناپذیر به منابع تجدیدپذیر محاسبه می‌گردد (اولترگا و همکاران ۲۰۰۲). نسبت بالای این دو شاخص، به معنای اعمال فشار بالا بر محیط‌زیست است. شاخص پایداری محیط‌زیست (ESI^6) و نسخه اصلاح‌شده آن (ESI^*): اصولاً دو شاخص پایداری محیط‌زیست استاندارد (ESI) و شاخص پایداری محیط‌زیست اصلاح شده (ESI^*) در جستجوی فرآیندی است که ضمن بهره‌مندی حداکثری از ورودی‌های رایگان محیطی توأم با حداقل فشار وارده بر

⁴ Energy investment ratio

⁵ Environmental loading ratio

⁶ Environmental sustainability index

¹ Transformity

² Renewable energy ratio

³ Energy yield ratio

$$B \text{ to } C = GVP / TCP \quad [۴]$$

که NR درآمد خالص (میلیون تومان در هکتار)،
 GVP ارزش ناخالص تولید (میلیون تومان در هکتار)،
 TCP هزینه‌های تولید (میلیون تومان در هکتار)،
 CY عملکرد محصول زراعی (کیلوگرم در هکتار)،
 CP قیمت محصول (تومان در کیلوگرم)،
 B to C نسبت سود به هزینه است.

نتایج و بحث

ساختار استفاده از امرژی

جدول ۲ جریان‌های محیطی و اقتصادی بوم نظام‌های مختلف تولید منطقه سیستان را نشان می‌دهد، جدول ۳ جریان ورودی‌های محیطی رایگان، خریداری شده و خروجی‌ها را بر اساس واحدهای فیزیکی برای پنج بوم نظام مختلف تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه نشان می‌دهد. کل امرژی حمایت‌کننده بوم نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب $۵/۸۳ \times ۱۰^{۱۶}$ ، $۵/۵۶ \times ۱۰^{۱۶}$ ، $۳/۴۵ \times ۱۰^{۱۶}$ ، $۶/۴۸ \times ۱۰^{۱۶}$ و $۵/۸۳ \times ۱۰^{۱۶}$ ام‌ژول خورشیدی در هکتار

محیط‌زیست باشد (اودوم ۱۹۹۶). این دو شاخص، بیانگر اقتصادی بودن فرآیند تولیدی، ضمن بیان پایداری زیستی نظام می‌باشند. هرچه نسبت ورودی‌های محیطی رایگان (R و N) به ورودی‌های خریداری شده بیشتر و نسبت FN به FR کمتر باشد، موجب افزایش شاخص پایداری محیط‌زیست خواهد شد (براون و همکاران ۱۹۹۸).

برای مقایسه بوم نظام‌های مختلف استفاده شد (اصغری‌پور و همکاران ۲۰۲۰). مشخصات و رابطه شاخص‌های امرژی مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۱ آمده است.

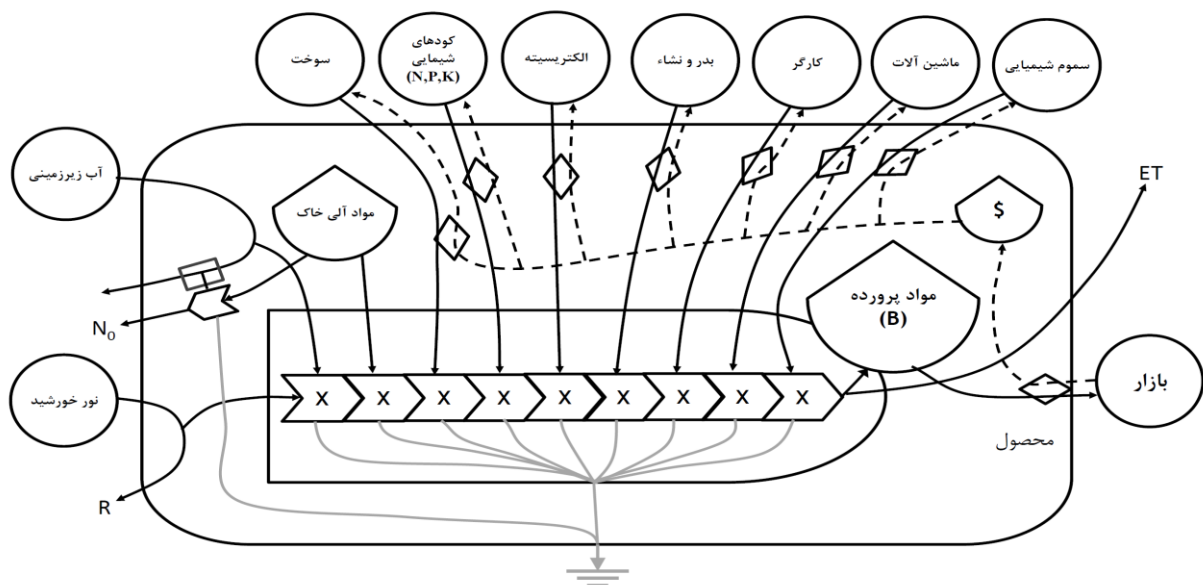
تحلیل اقتصادی

به منظور تحلیل شرایط اقتصادی نظام‌های مورد بررسی، شاخص‌های اقتصادی درآمد ناخالص، درآمد خالص، کل هزینه‌های تولید، و نسبت سود به هزینه محاسبه شد (اصغری‌پور و همکاران ۲۰۱۲).

$$NR = GVP - TCP \quad [۱]$$

$$GVP = CY * CP \quad [۲]$$

$$TCP = VCP - FCP \quad [۳]$$



شکل ۱- دیاگرام جریان امرژی نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه در منطقه سیستان

جدول ۱- مشخصات و فرمول شاخص‌های مبتنی بر امرژی مورد استفاده برای تحلیل پایداری نظام‌های تولیدی

شاخص	فرمول	خصوصیات
ورودی‌های تجدیدپذیر از منابع رایگان	R	جریان‌های محیطی تجدیدپذیر
ورودی‌های رایگان محیطی تجدیدناپذیر	N	جریان‌های تجدیدناپذیر از منابع محلی رایگان
ورودی‌های بازاری تجدیدپذیر	F _R	جریان‌های تجدیدپذیر از منابع بازاری
ورودی‌های بازاری تجدیدناپذیر	F _N	جریان‌های تجدیدناپذیر از منابع بازاری
ورودی امرژی کل	U=R+N+F _R +F _N	کل منابع امرژی مورد نیاز برای حمایت از نظام تولید
ضریب تبدیل	Tr = U/AE	مقدار امرژی مورد نیاز برای تولید یک واحد خروجی برحسب ژول، AE محتوای انرژی محصول است.
تجدیدپذیری امرژی	%R = (R+F _R /U) × 100	درصد امرژی تجدیدپذیر استفاده شده توسط نظام
نسبت عملکرد امرژی	EYR=Y/F _R +F _N	مقیاس استفاده از منابع محیطی با سرمایه‌گذاری در منابع اقتصادی
نسبت سرمایه‌گذاری امرژی	EIR=(F _R +F _N)/(R+N)	EIR نسبت منابع انرژی خریداری شده از خارج به کل انرژی محیطی رایگان در نظام فشار محیطی ایجاد شده توسط یک نظام
نسبت بار زیست محیطی استاندارد	ELR=(N+F _N + F _R)/ R	مقیاس اندازه‌گیری پایداری
نسبت بار زیست محیطی اصلاح شده	(ELR* = (N+F _N)/ (F _R + R)	وابستگی خروجی نظام به محیط، هرچه این مقدار بیشتر باشد، پایداری نظام قوی‌تر است.
شاخص پایداری محیط	ESI=EYR/ELR	شاخص پایداری متناوب که بر استفاده از منابع تجدیدپذیر توأم با حداقل فشار وارده بر محیط زیست متمرکز است.
شاخص پایداری محیط اصلاح شده	ESI* = (EYR/ELR*)	

جائز و فا ۱۰۱۶ × ۱/۳۳ ام ژول خورشیدی و درخت ساج ۱۰۱۶ × ۰/۷۲ ام ژول خورشیدی در هکتار است. در تحقیقی که به بررسی پایداری سه نظام کشاورزی، دامپروری و شیلات در چین صورت گرفت، به ترتیب جریان ورودی نظام‌ها به صورت درصدی ۲۹٪، ۶۲٪ و ۹٪ ام ژول خورشیدی در هکتار گزارش شد (کائو و همکاران ۲۰۲۲).

نهاده‌های ورودی در پنج نظام مورد مطالعه به نهاده‌های محیطی تجدیدپذیر (R)، نهاده‌های محیطی تجدیدناپذیر (N)، نهاده‌های اقتصادی تجدیدپذیر (F_R) و نهاده‌های اقتصادی تجدیدناپذیر (F_N) تقسیم‌بندی شدند. **نهاده‌های محیطی تجدیدپذیر (R)**

جریان R برای نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب ۱۰۱۳ × ۲/۷۷، ۱۰۱۳ × ۲/۰۶، ۱۰۱۳ × ۱/۲۷، ۱۰۱۳ × ۵ و ۱۰۱۳ × ۲/۷۷ ام ژول خورشیدی در هکتار بود (جدول ۳). مقایسه مقادیر R پنج نظام، بیانگر بهره بیشتر نظام تولید هندوانه از

تخمین زده شد. مقایسه مقادیر امرژی ورودی بوم نظام‌های مورد مطالعه نشان داد که بین پنج بوم نظام مورد مطالعه امرژی کل ورودی در بوم نظام هندوانه بیشترین و امرژی کل ورودی به بوم نظام تولید پشمک کمترین بود. در این پژوهش مصرف زیاد امرژی در تولید هندوانه به دلیل بالابودن دوره رشد طولانی‌تر آن و میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محیطی و تجدیدناپذیر محیطی نسبت به سایر نظام‌های مورد مطالعه بود. در پشمک این مقادیر به دلیل برداشت زودهنگام آن نسبت به سایر نظام‌ها به میزان قابل توجهی پایین‌تر بوده که باعث شده میزان امرژی در این نظام‌ها تفاوت زیادی با یکدیگر داشته باشند. ادریسی و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی پایداری چهار بوم نظام کشاورزی با استفاده از تحلیل امرژی در هند پرداختند، نتایج آنها نشان داد که جریان ورودی به نظام‌های سویا ۱۰۱۶ × ۰/۹۹ ام ژول خورشیدی در هکتار راش هندی ۱۰۱۶ × ۱/۰۱ ام ژول خورشیدی در هکتار،

ماهیت شکننده این بوم نظام و اثرات مخرب زیست‌محیطی تولید این محصول در مناطق خشک ایران همچون منطقه سیستان است. در پژوهشی در ایتالیا، کل امرژی ورودی نهاده‌های رایگان محیطی تجدیناپذیر از طریق فرسایش خاک $2/25 \times 10^{13}$ ام ژول خورشیدی در هکتار در سال محاسبه شد (باستیانونی و همکاران ۲۰۰۱). در تحقیقی که در یک مزرعه ذرت در کانزاس آمریکا صورت گرفت، نهاده‌های رایگان محیطی تجدیناپذیر محیطی $2/16 \times 10^{13}$ ام ژول خورشیدی در هکتار در سال تخمین زده شد.

نهاده‌های ورودی خریداری شده (F_R و F_N)

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود سهم بالایی از ورودی‌های نظام‌های مورد مطالعه مربوط به جریان‌های خریداری شده بود. بیشترین میزان مصرف نهاده‌های بازاری در نظام تولید سفیدک و کمترین میزان مصرف این نهاده‌ها در پشمک مشاهده شد. دلیل بالابودن سهم جریان‌های ورودی خریداری شده در نظام تولید سفیدک نیروی انسانی بیشتر آن باتوجه به طول دوره رشد آن و وزن بیشتر میوه آن نسبت به سایر نظام‌ها بود.

جریان‌ات تجدیناپذیر محیطی به دلیل فصل رشد بیشتر این گیاه بود. دلیل پایین‌بودن میزان امرژی ورودی در نظام پشمک از منبع نهاده‌های محیطی تجدیناپذیر، دوره رویش کوتاه آن است. در چین میزان R نظام تولید ذرت، آفتاب‌گردان و خربزه $8/64 \times 10^{14}$ ام ژول خورشیدی در هکتار برآورد شد (نان و همکاران ۲۰۲۰).

نهاده‌های محیطی تجدیناپذیر (N)

مصرف منابع آب زیر زمینی و فرسایش خاک، دو جزء اصلی نهاده‌های رایگان تجدیناپذیر را شامل شدند که مقدار آن‌ها از کل امرژی‌های ورودی برای بوم نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب $3/00 \times 10^{16}$ ، $2/72 \times 10^{16}$ ، $1/80 \times 10^{16}$ ، $3/66 \times 10^{16}$ و $3/00 \times 10^{16}$ ام ژول خورشیدی در هکتار بود (جدول ۳). در مطالعه حاضر بیشترین سهم نهاده‌های رایگان محیطی تجدیناپذیر مربوط به بوم نظام هندوانه ($2/66 \times 10^{16}$ ام ژول خورشیدی در هکتار) و کمترین آن مربوط به بوم نظام تولید پشمک ($1/80 \times 10^{16}$ ام ژول خورشیدی در هکتار) بود، سهم بالایی این نهاده‌ها در بوم نظام تولید هندوانه حاکی از

جدول ۲- جریان‌های محیطی و اقتصادی بوم نظام‌های مختلف تولید منطقه سیستان (واحد در هکتار در سال)

خربزه	هندوانه	پشمک	سفیدک	قندک	واحد	متغیر
ورودی محیطی تجدیناپذیر (R)						
$1/52 \times 10^{13}$	$2/17 \times 10^{13}$	$9/6 \times 10^{12}$	$1/16 \times 10^{13}$	$1/52 \times 10^{13}$	ژول	نور خورشید
$1/01 \times 10^{10}$	$2/29 \times 10^{10}$	$2/44 \times 10^9$	$7/32 \times 10^9$	$1/01 \times 10^{10}$	ژول	انرژی جنبشی باد
ورودی محیطی تجدیناپذیر (N)						
$1/06 \times 10^{11}$	$1/29 \times 10^{11}$	$6/35 \times 10^{10}$	$9/59 \times 10^{10}$	$1/06 \times 10^{11}$	ژول	انرژی پتانسیل شیمیایی آب زیرزمینی
$4/46 \times 10^8$	$4/46 \times 10^8$	$3/09 \times 10^8$	$3/72 \times 10^8$	$4/18 \times 10^8$	گرم	فرسایش خاک
نهاده‌های خریداری شده						
$1/36 \times 10^9$	$1/28 \times 10^9$	$6/05 \times 10^8$	$1/40 \times 10^9$	$1/39 \times 10^9$	ژول	نیروی کار
$6/42 \times 10^2$	$6/42 \times 10^2$	$6/42 \times 10^2$	$6/42 \times 10^2$	$6/42 \times 10^2$	گرم	ماشین‌آلات
$2/87 \times 10^{10}$	$2/87 \times 10^{10}$	$2/87 \times 10^{10}$	$2/87 \times 10^{10}$	$2/87 \times 10^{10}$	گرم	سوخت فسیلی و روغن
$3/68 \times 10^5$	$3/68 \times 10^5$	$4/60 \times 10^4$	$3/68 \times 10^5$	$3/68 \times 10^5$	گرم	کود نیتروژن
$2/10 \times 10^6$	$2/10 \times 10^6$	$2/10 \times 10^6$	$2/10 \times 10^6$	$2/10 \times 10^6$	گرم	کود آلی
$2/97 \times 10^{15}$	$2/97 \times 10^{15}$	$2/97 \times 10^{15}$	$2/97 \times 10^{15}$	$2/97 \times 10^{15}$	ریال	زمین
$8/50 \times 10^4$	$8/50 \times 10^4$.	$8/50 \times 10^4$	$8/50 \times 10^4$	گرم	پلاستیک
2×10^2	.	.	2×10^2	2×10^2	گرم	کود شیمیایی
$6/25 \times 10^5$	5×10^5	9×10^5	$6/25 \times 10^5$	5×10^5	ریال	بذر
خروجی‌ها						
$2/25 \times 10^7$	$2/75 \times 10^7$	$1/65 \times 10^7$	$2/05 \times 10^7$	$2/25 \times 10^7$	گرم	محصول تازه
$4/28 \times 10^{10}$	$5/23 \times 10^{10}$	$1/14 \times 10^{10}$	$3/9 \times 10^{10}$	$4/28 \times 10^{10}$	ژول	محصول تازه

جدول ۳- جدول ارزیابی امرژی برای محصولات جالیزی سیستان (امژول خورشیدی در هکتار در سال) و سهم هر نهاده از کل ورودی‌های امرژی منطقه سیستان

خریزه		هندوانه		پشمک		سفیدک		قندک		ضریب تبدیل	
درصد	امرژی	درصد	امرژی	درصد	امرژی	درصد	امرژی	درصد	امرژی		
ورودی‌های محیطی تجدیدپذیر											
۰/۰۳	۱/۵۲×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۳	۲/۱۷×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۳	۹/۶×۱۰ ^{۱۲}	۰/۰۲	۱/۱۶×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۳	۱/۵۲×۱۰ ^{۱۳}	۱	نور خورشید
۰/۰۲	۱/۲۵×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۴	۲/۸۳×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۱	۳/۰۳×۱۰ ^{۱۲}	۰/۰۲	۹/۰۷×۱۰ ^{۱۲}	۰/۰۲	۱/۲۵×۱۰ ^{۱۳}	۱/۲۴×۱۰ ^{۰۲}	انرژی جنبشی باد
۰/۰۵	۲/۷۷×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۸	۵×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۴	۱/۲۷×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۴	۲/۰۶×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۵	۲/۷۷×۱۰ ^{۱۳}		جمع
ورودی محیطی تجدیدناپذیر											
۵۱/۳۷	۲/۹۹×۱۰ ^{۱۶}	۵۶/۴۹	۳/۶۶×۱۰ ^{۱۶}	۵۱/۹۹	۱/۸۰×۱۰ ^{۱۶}	۴۸/۸۳	۲/۷۱×۱۰ ^{۱۶}	۵۱/۳۲	۲/۹۹×۱۰ ^{۱۶}	۲/۸۳×۱۰ ^{۰۵}	انرژی پتانسیل شیمیایی آب زیرزمینی
۰/۰۷	۴/۱۸×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۶	۴/۱۸×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۸	۲/۸۹×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۶	۳/۴۸×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۷	۳/۹۱×۱۰ ^{۱۳}	۹/۶۳×۱۰ ^{۰۴}	فرسایش خاک
۵۱/۴۴	۳×۱۰ ^{۱۶}	۵۶/۵۶	۳/۶۶×۱۰ ^{۱۶}	۵۲/۰۷	۱/۸۰×۱۰ ^{۱۶}	۴۸/۸۹	۲/۷۲×۱۰ ^{۱۶}	۵۱/۳۹	۳×۱۰ ^{۱۶}		جمع
نهاده‌های خریداری شده											
۵/۱۶	۳/۰۱×۱۰ ^{۱۵}	۴/۳۸	۲/۸۴×۱۰ ^{۱۵}	۳/۸۹	۱/۳۴×۱۰ ^{۱۵}	۵/۶۱	۳/۱۲×۱۰ ^{۱۵}	۵/۲۷	۳/۰۸×۱۰ ^{۱۵}	۲/۲۲×۱۰ ^{۰۶}	نیروی کار
۰/۱۱	۶/۴۸×۱۰ ^{۱۳}	۰/۱۰	۶/۴۸×۱۰ ^{۱۳}	۰/۱۹	۶/۴۸×۱۰ ^{۱۳}	۰/۱۲	۶/۴۸×۱۰ ^{۱۳}	۰/۱۱	۶/۴۸×۱۰ ^{۱۳}	۱/۰۱×۱۰ ^{۰۱}	ماشین آلات
۴/۲۳	۲/۴۷×۱۰ ^{۱۵}	۳/۸۱	۲/۴۷×۱۰ ^{۱۵}	۷/۱۴	۲/۴۷×۱۰ ^{۱۵}	۴/۴۴	۲/۴۷×۱۰ ^{۱۵}	۴/۲۳	۲/۴۷×۱۰ ^{۱۵}	۸/۶۰×۱۰ ^{۰۴}	سوخت فسیلی و روغن
۱۹/۵۱	۱/۱۴×۱۰ ^{۱۶}	۱۷/۵۶	۱/۱۴×۱۰ ^{۱۶}	۴/۱۲	۱/۴۲×۱۰ ^{۱۵}	۲۰/۴۶	۱/۱۴×۱۰ ^{۱۶}	۱۹/۴۹	۱/۱۴×۱۰ ^{۱۶}	۳/۰۹×۱۰ ^{۰۱}	کود نیتروژن
۱۴/۰۹	۸/۲۱×۱۰ ^{۱۵}	۱۲/۶۸	۸/۲۱×۱۰ ^{۱۵}	۲۳/۷۷	۸/۲۱×۱۰ ^{۱۵}	۱۴/۷۸	۸/۲۱×۱۰ ^{۱۵}	۱۴/۰۷	۸/۲۱×۱۰ ^{۱۵}	۳/۹۱×۱۰ ^{۰۱}	کود آلی
۵/۱۰	۲/۹۷×۱۰ ^{۱۵}	۴/۵۹	۲/۹۷×۱۰ ^{۱۵}	۸/۶۱	۲/۹۷×۱۰ ^{۱۵}	۵/۳۵	۲/۹۷×۱۰ ^{۱۵}	۵/۱۰	۲/۹۷×۱۰ ^{۱۵}	۱	زمین
۰/۲۳	۳/۷۸×۱۰ ^{۱۲}	۰/۲۰	.	.	.	۰/۲۵	۳/۷۸×۱۰ ^{۱۲}	۰/۲۳	۳/۷۸×۱۰ ^{۱۲}	۱/۸۹×۱۰ ^{۰۱}	سموم
۰/۰۷	۴/۲۳×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۵	۳/۳۸×۱۰ ^{۱۳}	۰/۱۸	۶/۰۸×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۸	۴/۲۳×۱۰ ^{۱۳}	۰/۰۶	۳/۳۸×۱۰ ^{۱۳}	۶/۷۶×۱۰ ^{۰۷}	بذر
۳/۳۵	۱/۹۵×۱۰ ^{۱۵}	۲/۹۸	۱/۹۳×۱۰ ^{۱۵}	۵/۱۸	۱/۷۹×۱۰ ^{۱۵}	۳/۵۳	۱/۹۶×۱۰ ^{۱۵}	۳/۳۵	۱/۹۶×۱۰ ^{۱۵}		ورودی بازاری تجدیدپذیر
۴۵/۱۶	۲/۶۳×۱۰ ^{۱۶}	۴۰/۳۸	۲/۶۳×۱۰ ^{۱۶}	۴۲/۷۱	۱/۴۸×۱۰ ^{۱۶}	۴۷/۵۴	۲/۶۴×۱۰ ^{۱۶}	۴۵/۲۱	۲/۶۴×۱۰ ^{۱۶}		ورودی بازاری تجدیدناپذیر
۴۸/۵۱	۲/۸۳×۱۰ ^{۱۶}	۴۳/۳۷	۲/۸۱×۱۰ ^{۱۶}	۴۷/۸۹	۱/۶۵×۱۰ ^{۱۶}	۵۱/۰۷	۲/۸۴×۱۰ ^{۱۶}	۴۸/۵۶	۲/۸۳×۱۰ ^{۱۶}		جمع
۱۰۰	۵/۸۳×۱۰ ^{۱۶}	۱۰۰	۶/۴۸×۱۰ ^{۱۶}	۱۰۰	۳/۴۵×۱۰ ^{۱۶}	۱۰۰	۵/۵۶×۱۰ ^{۱۶}	۱۰۰	۵/۸۳×۱۰ ^{۱۶}		کل

دامی و نیروی انسانی به ترتیب با سهمی برابر با ۱۹/۵۱، ۱۴/۰۹ و ۵/۱۶ درصدی بود.

شاخص‌های امرژی

برای بارز نمودن بیشتر تمایز بین پنج نظام تولید محصولات جالیزی از تحلیل شاخص‌های مبتنی بر امرژی استفاده شد. با کمک این شاخص‌ها، ویژگی‌های کارکردی پنج نظام مورد مطالعه شامل: پایداری اکولوژیکی، کارایی استفاده از منابع، اثرات زیست‌محیطی، میزان رقابتی بودن در بازار و بهره‌وری اقتصادی با هم مقایسه شد. وضعیت تولید هر کدام از نظام‌ها، با مقایسه مقادیر شاخص‌های امرژی پنج نظام قابل تحلیل است. روابط و تعاریف شاخص‌های مورد بحث در جدول ۱ و مقادیر شاخص‌های مبتنی بر امرژی در جدول ۴ ارائه شده است.

ساختار و اجزای جریان‌های ورودی خریداری شده

در پنج نظام تولید مورد بررسی، در بوم نظام تولید پشمک با سایر بوم نظام‌ها متفاوت بود. در نظام تولید قندک بیشترین سهم نهاده‌های خریداری شده مربوط به کود نیتروژن، کود دامی و نیروی انسانی به ترتیب با سهمی برابر با ۱۹/۴۹، ۱۴/۰۷ و ۵/۲۷ درصد از امرژی ورودی در بوم نظام تولید سفیدک کود نیتروژن، کود دامی و نیروی انسانی به ترتیب با سهمی برابر با ۲۰/۴۶، ۱۴/۷۸ و ۵/۶۱ درصدی؛ پشمک کود دامی، امرژی زمین و سوخت فسیلی با سهمی برابر با ۲۳/۷۷، ۸/۶۱ و ۷/۱۴ درصدی؛ هندوانه کود نیتروژن، کود دامی و نیروی انسانی به ترتیب با سهمی برابر با ۱۷/۵۶، ۱۲/۶۸ و ۴/۳۸ درصدی؛ و خریزه کود نیتروژن، کود

جدول ۴- شاخص‌های مبتنی بر امرژی در نظام‌های مختلف تولید منطقه سیستان

شاخص امرژی	قندک	سفیدک	پشمک	هندوانه	خربزه
ضریب تبدیل (Tr) (ام ژول خورشیدی در ژول)	۱/۳۶×۱۰ ^۶	۱/۴۳×۱۰ ^۶	۳/۰۴×۱۰ ^۶	۱/۲۶×۱۰ ^۶	۱/۳۶×۱۰ ^۶
درصد تجدیدپذیری امرژی (R%)	۳/۴۰	۳/۵۷	۵/۲۱	۳/۰۶	۳/۴۰
نسبت عملکرد امرژی (EYR)	۲/۰۶	۱/۹۶	۲/۰۹	۲/۳۱	۲/۰۶
نسبت سرمایه‌گذاری امرژی (EIR)	۰/۹۴	۱/۰۴	۰/۹۲	۰/۷۷	۰/۹۴
نسبت سرمایه‌گذاری امرژی اصلاح شده (EIR*)	۱۰۲۳/۲۸	۱۳۷۵/۵۷	۱۳۰۷/۵۶	۵۶۱/۷۶	۱۰۲۱/۲۰
نسبت بار محیط زیستی استاندارد (ELR)	۲۱۰۶/۲۴	۲۶۹۲/۳۳	۲۷۲۹/۲۶	۱۲۹۴/۳۷	۲۱۰۴/۱۶
نسبت بار محیط زیستی اصلاح شده (ELR*)	۲۸/۴۰	۲۷/۰۲	۱۸/۱۸	۳۱/۶۷	۲۸/۴۵
شاخص پایداری محیط‌زیست استاندارد (ESI)	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۰
شاخص پایداری محیط‌زیست اصلاح شده (ESI*)	۰/۰۷۲۵	۰/۰۷۲۵	۰/۱۱۴۹	۰/۰۷۲۸	۰/۰۷۲۵

ضریب تبدیل (Tr)

در پژوهش حاضر بیشترین مقدار شاخص Tr مربوط به نظام تولید پشمک (۳/۰۴×۱۰^۶ ام ژول خورشیدی در ژول) و کمترین مقدار این شاخص مربوط به نظام تولید هندوانه (۱/۲۶×۱۰^۶ ام ژول خورشیدی در ژول) بود. بالابودن میزان شاخص Tr در نظام تولید پشمک را می‌توان به عملکرد پایین این بوم نظام نسبت به سایر بوم نظام‌های مورد مطالعه نسبت داد. پنتهو و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای ضریب تبدیل کشت هیدروپونیک، بیوفلاک (Biofloc) و فلاک پونیک (Flock ponics) در برزیل را به ترتیب ۵/۵۵×۱۰^{۱۰}، ۱/۴۲×۱۰^۶ و ۲/۵۴×۱۰^۶ ام ژول خورشیدی در ژول گزارش دادند. در مطالعه‌ای باهدف ارزیابی پایداری مزارع قهوه کلمبیا، مقدار Tr برای رسیدن به بالاترین وضعیت پایداری در سال‌های ۲۰۱۸ (۱/۲۹×۱۰^۶)، ۲۰۱۹ (۱/۲۶×۱۰^۶) و ۲۰۲۰ (۱/۱۲×۱۰^۶) ام ژول خورشیدی در ژول تخمین زده شد (رودریگوز و همکاران ۲۰۲۰).

شاخص درصد تجدیدپذیری امرژی (R%)

در مطالعه حاضر درصد تجدیدپذیری امرژی نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب ۳/۴۰، ۳/۵۷، ۵/۲۱، ۳/۰۶ و ۳/۴۰ درصد محاسبه شد (جدول ۳). بزرگ‌تر بودن R% نظام تولید پشمک نسبت به سایر نظام‌های مورد مطالعه به دلیل

سهم زیاد استفاده از کود آلی بود. در این مطالعه کمترین R% در بین پنج نظام مربوط به نظام هندوانه بود که گویای این واقعیت است که در این نظام درصد بالایی از امرژی مورد استفاده به منابع تجدیدناپذیر محیطی وابسته است. در مقایسه پایداری نظام تولید قهوه سال‌های ۲۰۱۸، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ در برزیل R% به ترتیب ۲/۴۷، ۲/۲۴ و ۲/۴۸ محاسبه شد (رودریگوز و همکاران ۲۰۲۲). در مطالعه‌ای در چین مقدار R% تولید برنج به شیوه سنتی و سبزیجات به روش فشرده به ترتیب ۵۲/۶۶ و ۱۲/۳۰ برآورد شد (شو و همکاران ۲۰۱۵).

نسبت عملکرد امرژی (EYR)

مقدار شاخص EYR نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه در پژوهش حاضر به ترتیب ۲/۰۶، ۱/۹۶، ۲/۰۹، ۲/۳۱ و ۲/۰۶ بود. دلیل اصلی بزرگ‌تر بودن شاخص EYR در نظام تولید هندوانه سهم بیشتر ورودی‌های تجدیدناپذیر محیطی نسبت به سایر نظام‌های مورد مطالعه بود (جدول ۳). در نظام تولید هندوانه به دلیل استفاده از روش‌های نامناسب خاک‌ورزی و فرسایش خاک سهم بیشتر ورودی امرژی از منبع جریان‌های رایگان تجدیدناپذیر بود. لی و همکاران (۲۰۲۲) میزان EYR را در نظام تولید ذرت، آفتاب‌گردان و خربزه ۱/۱۷، ۱/۱۶ و ۱/۱۶ به دست آوردند. در پژوهشی در ایران میزان EYR در نظام

نظام به ترتیب ۸/۰۴۰، ۴/۵۵۳، ۱۰/۴۸۶، ۳/۰۳۱، ۹/۰۶۶ و ۱۱/۶۳۷ بود (میرشکاری و همکاران ۲۰۲۲).

نسبت بار محیط زیستی استاندارد (ELR) و نسخه اصلاح شده (ELR*)

مقادیر ELR در پژوهش حاضر برای نظام تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب ۲۱۰۶/۲۴، ۲۶۹۲/۳۳، ۲۷۲۹/۲۶، ۱۲۹۴/۳۷ و ۲۱۰۴/۱۶ محاسبه شد. همچنین ELR* برای نظام قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب ۲۸/۴۰، ۲۷/۰۲، ۱۸/۱۸، ۳۱/۶۷ و ۲۸/۴۵ بود. بر اساس مقادیر ELR و ELR* محاسبه شده در این تحقیق، فشار وارده بر محیط زیست از طرف نظام‌های تولید هندوانه و پشمک به ترتیب بیشترین و کمترین بود. در نظام تولید پشمک به دلیل عدم استفاده از سموم شیمیایی و کاربرد کود دامی فشار بر محیط زیست کمتر بود. همچنین نظام تولید هندوانه به دلیل استفاده از منابع رایگان محیطی تجدیدناپذیر (N) شامل فرسایش، و استفاده از کود شیمیایی نیتروژن بیشترین فشار را بر محیط زیست اعمال کرد. با مقایسه ELR، پایداری سه نظام تولید ذرت، آفتابگردان و خربزه بررسی و مقادیر ELR این نظام‌ها به ترتیب، ۵/۳۲، ۲/۵۹ و ۴/۳۵ به دست آمد. نظام تولید ذرت، نسبت به دو نظام دیگر، پایدارتر شناخته شد (لی و همکاران ۲۰۲۰). در مطالعه‌ای دیگر فشار وارد آمده بر محیط زیست توسط نظام تولید گندم به دلیل استفاده از منابع رایگان تجدیدناپذیر (N) شامل فرسایش و تلفات ماده آلی خاک و استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بیشتر از نظام تولید پیاز، سیر، رازیانه، زیره سبز و سیاه‌دانه بود (میرشکاری و همکاران ۲۰۲۲).

شاخص پایداری محیط زیست استاندارد (ESI) و نسخه اصلاح شده (ESI*)

در پژوهش حاضر، ESI برای نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب ۰/۰۰۰۷، ۰/۰۰۰۸، ۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۰۱۰ محاسبه شد. همچنین مقادیر ESI* برای نظام‌های تولید قندک،

تولید گندم، پیاز، سیر، رازیانه، زیره و سیاه‌دانه به ترتیب ۳/۸۸۷، ۳/۱۱۰، ۲/۰۹۲، ۲/۲۸۱، ۲/۳۲۲ و ۲/۱۰۵ گزارش شد (میرشکاری و همکاران ۲۰۲۲).

نسبت سرمایه‌گذاری امرژی (EIR) و نسخه اصلاح شده (EIR*)

مقدار شاخص EIR برای نظام تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب ۰/۰۹۴، ۱/۰۴، ۰/۰۹۴، ۰/۷۷ و ۰/۹۴ بود. همچنین EIR* برای نظام تولید قندک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب ۱۰۲۳/۳۸، ۱۳۷۵/۵۷، ۱۳۰۷/۵۶، ۵۶۱/۷۶ و ۱۰۲۱/۲۰ محاسبه شد. بیشترین مقدار شاخص EIR در تحقیق حاضر مربوط به نظام تولید سفیدک به میزان ۱/۰۴ و کمترین آن مربوط به نظام تولید هندوانه به میزان ۰/۷۷ بود. جریان امرژی ورودی نیروی انسانی (۵/۶۱ درصد از کل امرژی‌های ورودی) در نظام تولید سفیدک دلیل بالابودن مقدار شاخص EIR این نظام نسبت به سایر نظام‌های مورد بررسی در این تحقیق بود (جدول ۳). استفاده از دانش و فناوری‌های جدید در بخش کشاورزی، ارتقای سطح دانش و مهارت نیروی انسانی متناسب با اهداف توسعه پایدار کشاورزی، فرهنگ‌سازی و ایجاد انگیزه، پرورش و تربیت نیروی انسانی ماهر، توسعه دانش، نگرش و مهارت‌های فنی در آینده، کاهش جریان امرژی ورودی از منبع نهاده‌های خریداری شده را به این نظام می‌تواند در پی داشته باشد که این امر EIR این نظام را از طریق کاهش جریان ورودی خریداری شده، بهبود خواهد بخشید. باتوجه به اینکه میزان کمتر شاخص EIR وابستگی بیشتر نظام به منابع طبیعی را نشان می‌دهد، می‌توان دلیل پایین بودن شاخص EIR در نظام تولید هندوانه را سهم بالای امرژی نهاده‌های رایگان محیطی تجدیدپذیر (۰/۰۸ درصد از کل امرژی‌های ورودی) دانست. اصغری پور و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای EIR نظام‌های تولید لوبیای ارگانیک و پرنهاده را به ترتیب ۳/۵۷ و ۶/۰۳ گزارش کردند. در مطالعه‌ای برای مقایسه شش نظام تولید محصولات زراعی گندم، پیاز، سیر، رازیانه، زیره و سیاه‌دانه بیان شد که EIR در این شش

که باتوجه به هزینه‌های تولید سودی معادل ۳۹۷ میلیون تومان برای هر هکتار قندک و خربزه به دست آمد. نسبت سود به هزینه برای هر هکتار قندک و خربزه ۲۷/۵ به دست آمد که حاکی از سودآوری کشت این دو محصول می‌باشد. در نظام کشت سفیدک ارزش ناخالص تولید برای هر هکتار سفیدک ۳۳۰ میلیون تومان است که سودی معادل ۳۱۵ میلیون تومان عاید کشاورز می‌شود نسبت سود به هزینه برای این محصول ۲۲ است که نشان‌دهنده توجیه اقتصادی کشت این محصول می‌باشد. درآمد ناخالص از کشت محصول هندوانه ۲۶۴ میلیون تومان بوده که با احتساب هزینه کشت سودی معادل ۲۴۹ میلیون تومان برای هر هکتار کشت هندوانه به دست خواهد آمد که باتوجه به شاخص نسبت فایده به هزینه کشت این محصول دارای توجیه اقتصادی است؛ اما نسبت به سایر محصولات مورد مطالعه از توجیه‌پذیری کمتری برخوردار است که علت آن در قیمت فروش پایین این محصول نسبت به دیگر محصولات می‌باشد. همچنین درآمد ناخالص از کشت یک هکتار پشمک ۴۸۰ میلیون تومان است که سود حاصل از کشت پشمک ۴۷۲ میلیون می‌باشد که نسبت منفعت به هزینه نشان می‌دهد کشت این محصول از توجیه‌پذیری بالایی نسبت به سایر محصولات مورد مطالعه برخوردار است.

سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه به ترتیب ۰/۰۷۲۵، ۰/۰۷۲۵، ۰/۱۱۴۹، ۰/۰۷۲۸ و ۰/۰۷۲۵ بود. بالابودن میزان شاخص ESI در نظام تولید هندوانه را می‌توان به سهم بالای ورودی رایگان محیطی تجدیدپذیر (R) و تخصیص میزان زیادی از ورودی‌های خریداری شده در این نظام، نسبت داد. باتوجه به اینکه هر پنج نظام مورد بررسی در این پژوهش میزان ESI آن‌ها کمتر از یک شده است بنابراین، تمام نظام‌های مورد بررسی از پایداری مطلوبی برخوردار نیستند. با به حداقل رساندن ورودی‌های خریداری شده ضمن افزایش جریان ورودی‌های رایگان محیطی به‌ویژه از منبع تجدیدپذیر می‌توان باعث بهبود شاخص ESI شد. در پژوهش بررسی پایداری تولید ذرت، آفتاب‌گردان و خرما ESI به ترتیب ۰/۲۱، ۰/۴۷ و ۰/۲۶ محاسبه شد. در مقایسه نظام تجاری و معیشتی تولید کلزا، مقادیر ESI به ترتیب ۰/۱۱۷ و ۰/۱۲۱ و ESI* به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۳۸ و ناپایدار گزارش گردید (امیری و همکاران ۲۰۱۹).

تحلیل اقتصادی

مجموع هزینه‌های انجام شده برای یک هکتار قندک، سفیدک، خربزه و هندوانه معادل ۱۵ میلیون تومان و برای محصول پشمک ۷/۵ میلیون تومان در هکتار در سال می‌باشد. ارزش ناخالص تولید دو محصول قندک و خربزه ۴۱۲ میلیون تومان در سال می‌باشد

جدول ۴- تحلیل اقتصادی نظام‌های تولید قندک، سفیدک، پشمک، هندوانه و خربزه در منطقه سیستان

خربزه	هندوانه	پشمک	سفیدک	قندک	
۲۲	۲۲	۱۶	۲۲	۲۲	عملکرد (تن)
۱۸۷۵۰	۱۲۰۰۰	۳۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۸۷۵۰	قیمت (تومان)
۴۱۲	۲۶۴	۴۸۰	۳۳۰	۴۱۲	ارزش ناخالص تولید (میلیون تومان)
۱۵	۱۵	۷/۵	۱۵	۱۵	هزینه تولید (میلیون تومان)
۳۷۹/۵	۲۴۹	۴۷۲/۵	۳۱۵	۳۹۷/۵	سود (میلیون تومان)
۲۷/۵	۱۷/۶	۶۴	۲۲	۲۷/۵	نسبت سود به هزینه

سطح منطقه سیستان با استفاده از تکنیک‌های تحلیل‌های امرژی و اقتصادی انجام شد. در این بررسی وضعیت پایداری پنج نظام تولید هندوانه، قندک، سفیدک، پشمک

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به منظور مقایسه پایداری اکولوژیکی-اقتصادی تولید هندوانه و انواع خربزه در

مکانیزاسیون بالاتری دارند، می‌تواند در پایداری بیشتر این سیستم‌ها تاثیر به‌سزایی داشته باشد. در این مطالعه بر اساس تحلیل امرژی و اقتصادی به خوبی به مقایسه پایداری تولید محصولات جالیزی منطقه سیستان، که قابل تعمیم به نقاط مشابه در ایران نیز است، پرداخته شد. برای شناخت جامع‌تر از وضعیت پایداری سیستم‌های تولید این محصولات، مطالعه انواع دیگر از این نظام‌ها در ایران و سایر نقاط دنیا توصیه می‌شود. همچنین علاوه بر شاخص‌های ارزیابی شده در این تحقیق، استفاده از تکنیک‌های تکمیلی نیز در ارزیابی‌ها توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

این مقاله با حمایت‌های مالی پژوهشگاه زابل مستخرج از طرح پژوهشی با کد PR-RIOZ-1401-1 اجرا گردید.

و خربزه با استفاده از شاخص‌های مختلف مبتنی بر امرژی و با در نظر گرفتن شرایط بازار با هم مقایسه گردید. در میان پنج نظام تولیدی مورد مطالعه، تولید هندوانه نسبت عملکرد امرژی (EYR) و شاخص پایداری محیط زیست استاندارد (ESI) بالاتر و نسبت بار محیط زیستی (ELR) کمتر نسبت به سایر نظام‌های مورد مطالعه داشت. سهم بیشتر ورودی‌های محیطی رایگان در نظام هندوانه نسبت به سایر نظام‌های مورد مطالعه دلیل این برتری است. با این حال در نظام تولید هندوانه به دلیل استفاده از روش‌های نامناسب خاک‌ورزی و فرسایش خاک، سهم ورودی‌های تجدیدناپذیر رایگان محیطی بالا بود و سبب شد نسبت سرمایه‌گذاری امرژی (EIR) کمتر از سایر نظام‌های مورد مطالعه شود. از این رو توجه بیشتر به راهکارهای عملی در مدیریت خاک به ویژه جلوگیری از تلفات ماده آلی آن، در الگوهای تولیدی که سطح

منابع مورد استفاده

- Agricultural Jihad of Sistan and Baluchistan Province, Plan and Program Management 2018. Report on the continuation of the drought crisis in Sistan and Baluchistan Province and the measures taken to deal with it. Zahedan.
- Alizadeh S, Zafari-Koloukhi H, Rostami F, Rouhbakhsh M and Avami A. 2020. The eco-efficiency assessment of wastewater treatment plants in the city of Mashhad using emergy and life cycle analyses. *Journal of Cleaner Production*, 249: 119327. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119327>
- Amiri Z, Asgharipour MR, Campbell DE, Armin M. 2019. A sustainability analysis of two rapeseed farming ecosystems in Khorramabad, Iran, based on emergy and economic analyses. *Journal of Cleaner Production*, 226: 1051–1066. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.091>
- Anonymous. Iran annual agricultural statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran, www.maj.ir; 2013.
- Asgharipour MR, Shahgholi H, Campbell DE, Khamari I and Ghadiri A. 2019. Comparison of the sustainability of bean production systems based on emergy and economic analyses. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191: 2. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7123-3>
- Asgharipour MR, Amiri Z and Campbell DE. 2020. Evaluation of the sustainability of four greenhouse vegetable production ecosystems based on an analysis of emergy and social characteristics. *Ecological Modelling*, 424: 109021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109021>
- Asgharipour MR, Mondani F and Riahinia S. 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. *Energy*, 44: 1078-1084. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.04.023>
- Bastianoni S, Marchettini N, Panzieri M and Tiezzi E. 2001. Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy). *Journal of Cleaner Production*, 9: 365–373. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00079-2](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00079-2)

- Bonsard J and Schroder M. 2021. The sustainable use of natural resources: The governance challenge. Available at: <https://www.iisd.org/articles/deep-dive/sustainable-use-natural-resources-governance-challenge>
- Brown MT and Ulgiati S. 2004. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecological Modelling*, 178 (1–2): 201–213. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.03.002>
- Brown MT, Woithe RD, Montague CL, Odum HT and Odum EC. 1998. Emergy Analysis Perspectives of the Exxon Valdez Oil Spill in Prince William Sound, Alaska. Report to The Cousteau Society, Under Contract. University of Florida, Gainesville, p. 114. CFWWR Publ. #93-01.
- Chen GQ, Jiang MM, Chen B, Yang ZF and Lin C. 2006. Emergy analysis of Chinese agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 115: 161–173. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.01.005>
- Chen W, Geng Y, Dong HJ, Tian X, Zhong SZ, Wu Q, Xu Y, Zhang Q and Li S. 2018. An emergy accounting based regional sustainability evaluation: a case of Qinghai in China. *Ecological Indicators*, 88: 152–160. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.069>
- Cheng H, Chen CD, Wu SJ, Mirza ZA and Liu ZM. 2017. Emergy evaluation of cropping, poultry rearing, and fish raising systems in the drawdown zone of Three Gorges Reservoir of China. *Journal of Cleaner Production*, 144: 559–571. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.053>
- Cochran L. 1997. Career counseling: narrative approach. Thousa Oakas, CA: Sage Publication.
- Dong HJ, Liu ZX, Geng Y, Fujita T, Fujii M, Sun L and Zhang LM. 2018. Evaluating environmental performance of industrial park development: the case of shenyang. *Journal of Industrial Ecology*, 22 (6): 1402–1412. <https://doi.org/10.1111/jiec.12724>
- Edrisi SA, Sahiba SA, Chen B and Abhilash PC. 2022. Emergy-based sustainability analysis of bioenergy production from marginal and degraded lands of India. *Ecological Modelling*, 466: 109903. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.109903>
- Gao M, Wu Z, Guo X and Yan D. 2022. Emergy evaluation of positive and negative benefits of agricultural water use based on energy analysis of water cycle. *Ecological Indicators*, 139: 108914. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108914>
- Ghaley BB, Kehli N and Mentler A. 2018. Emergy synthesis of conventional fodder maize (*Zea mays* L.) production in Denmark. *Ecological Indicators*, 87: 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.027>
- Hosseinpour, P. 1994. Commentary and passage on the history of Sistan. Safar Publications. 64.
- Houshyar E, Wu XF and Chen GQ. 2017. Sustainability of wheat and maize production in the warm climate of Southwestern Iran: an emergy analysis. *Journal of Cleaner Production*, 172(20): 2246–2255. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.187>
- Hu S, Mo X, Lin Z and Qiu J. 2010. Emergy assessment of a wheat-maize rotation system with different water assignments in the north China plain. *Environmental Management*, 46: 643–657. <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9543-x>
- Jafari M, Asgharipour MR, Ramroudi M, Galavi M and Hadarbadi G. 2018. Sustainability assessment of date and pistachio agricultural systems using energy, emergy and economic approaches. *Journal of Cleaner Production*, 193: 642–651. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.089>
- La Rosa AD, Siracusa G and Cavallaro R. 2008. Emergy evaluation of Sicilian red orange production. A comparison between organic and conventional farming. *Journal of Cleaner Production*, 16(17): 1907–1914. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.01.003>
- Lan SF, Qin P and Lu H.F. 2002. Emergy Assessment of Ecological Systems. Chemical Industry Press Beijing China, 76: 406–412.

- Lefroy E, and Rydberg T. 2003. Emery evaluation of three cropping systems in southwestern Australia. *Ecological Modelling* 161(3): 195–211. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00341-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00341-1)
- Li P, Wang X, Luo Y and Yuan X. 2022. Sustainability evaluation of microalgae biodiesel production process integrated with nutrient close-loop pathway based on emery analysis method. *Bioresource Technology*, 346: 126611. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126611>
- Lu HF and Campbell DE. 2009. Ecological and economic dynamics of the Shunde agricultural system under China's small city development strategy. *Journal of Environmental Management*, 90: 2589–2600. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.019>
- Lu HF, Tan YW, Zhang WS, Qiao YC, Campbell DE, Zhou L and Ren H. 2017. Integrated emery and economic evaluation of lotus-root production systems on reclaimed wetlands surrounding the Pearl River Estuary. *Journal of Cleaner Production*, 158: 367-379. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.016>
- Méndez Rodríguez C, Salazar Benítez J, Rengifo Rodas CF, Corrales JC and Figueroa Casas A. 2022. A multidisciplinary approach integrating emery analysis and process modeling for agricultural systems sustainable management—coffee farm validation. *Sustainability*, 14(14): 8931. <https://doi.org/10.3390/su14148931>
- Mirshakari S, Dehmardeh M, Asgharipour MR, Ghanbari A and Seyed Abadi E. 2022. Sustainability assessment of six crop production systems based on emery and economic analysis in Hirmand city. *Journal of Agroecology*, 13(3): 539-561.
- Nan B, Li B, Yang Z, Dai X, Fan Y, Fu Q, Hao L and Zhang X. 2020. Sustainability of sown systems of cultivated grassland at the edge of the Junggar Desert Basin: An integrated evaluation of emery and economics. *Journal of Cleaner Production*, 276: 122800. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122800>
- Odum HT. 1996. *Environmental Accounting, Emery and Environmental Decision Making*. J. Wiley, NY, p. 370.
- Odum HT. 2000. *Handbook of Emery Evaluation A Compendium of Data for Emery Computation Issued in a Series of Folios Folio No. 2 Emery of Global Processes*, vol. 28. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville.
- Oliveira JM, Losano NF, Condessa SS, de Freitas RMP, Cardoso SA, Freitas MB and de Oliveira LL. 2018. Exposure to deltamethrin induces oxidative stress and decreases of energy reserve in tissues of the Neotropical fruit-eating bat *Artibeus lituratus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148: 684-692. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.024>
- Ortega E, Anami MH and Diniz G. 2002. Certification of food products using emery analysis. In: *Proceedings of III International Workshop Advances in Energy Studies*. Florida, USA. Citeseer, pp. 227-237.
- Pellicciardi V, Varvaro L and Maria Pulselli F. 2014. Emery evaluation of a traditional farming system. Case study: Leh District (Ladakh - Indian Trans-Himalaya). *European Journal of Sustainable Development Research*, 3-4: 1-16. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2014.v3n4p1>
- Pinho SM, David LH, Garcia F, Portella MC and Keesman KJ. 2022. Sustainability assessment of FLOCponics compared to stand-alone hydroponic and biofloc systems using emery synthesis. *Ecological Indicators*, 141: 109092. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109092>
- Salehnia, M and Rafati M. 2022. Dynamic analysis of economic, environmental and social dimensions of agricultural sustainability in Iranian provinces with the approach of indicators. *Journal of agricultural economic and development*. 10.22067/JEAD.2022.74534.1110
- Sergio U, Lyu Y, Raugei M, Zhang X and Mellion S. 2021. Environmental cost and impacts of chemicals used in agriculture: An integration of emery and Life Cycle Assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1364-0321/© 2021 Elsevier Ltd. All rights reserved. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111604>

- Seyed Dakhlaghi, Seyed Jaafar, Miri Suleiman, Seyed Javad, and Nemati, Amin. 2016. Identification of socio-economic factors affecting the success of implementers in the implementation of collaborative plans to deal with desertification in Sistan and Baluchistan province. *Pasture and Desert Research of Iran*, 24(2 (serial 67)): 348-360.
- Sha ZH, Guan F, Wang J, Zhang Y, Liu H and Wang CH. 2015. Evaluation of raising geese in cornfields based on emergy analysis: A case study in southeastern Tibet. *China Ecological Engineering* 84: 485-491. *Sistan and Baluchistan Province Statistical Yearbook, 1397 (Iranian Year book) [2018-2019]*, 2016. Publisher: Statistical Centre of Iran, p. 610. (In Persian). <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.09.025>
- Tavousi T and Raispour K. 2019. Statistical analysis and prediction of the probability of severe storms using partial series analysis method (case study: Sistan region). *Geographical studies of dry areas*, 1(2): 93-05.
- Wang Q, Li SQ and Li RR. 2019a. Evaluating water resource sustainability in Beijing, China: combining PSR model and matter-element extension method. *Journal of Cleaner Production*, 206 (PT.1-1156): 171-179. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.057>
- Wang X, Dadouma A, Chen Y, Sui P, Gao W, Qin F, Zhang J and Xia W. 2014. Emergy analysis of grain production systems on large-scale farms in the North China Plain based on LCA. *Agricultural Systems*, 128: 66-78. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.03.005>
- Wu H and Zhang X. 2017. Dynamic response relationship between urbanization and cultivated land use intensification in Anhui province. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33 (12): 262-269 (In Chinese).
- Xu Q, Yang Y, Hu K, Chen J, Djomo SN, Yang X and Knudsen MT. 2021. Economic, environmental, and emergy analysis of China's green tea production. *Sustainable Production and Consumption*, 28: 269-280. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.04.019>
- Zhang D, Wang H, Pan J, Luo J, Liu J, Gu B, Liu S, Zhai L, Lindsey S, Zhang Y and Lei Q. 2018a. Nitrogen application rates need to be reduced for half of the rice paddy fields in China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 265:8-14. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.023>
- Zhang LX, Tang SJ, Hao Y and Pang MY. 2018b. Integrated emergy and economic evaluation of a case tidal power plant in China. *Journal of Cleaner Production*, 182: 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.011>
- Zhang LX, Yang ZF and Chen GQ. 2007. Emergy analysis of cropping-grazing system in Inner Mongolia Autonomous Region, China. *Energy Policy*, 35: 3843-3855. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.01.022>