Journal of Studies in Entrepreneurship and Sustainable Agricultural Development
Print ISSN: 2476 - 7743
Online ISSN: 2476 - 7735

Emergy Cost-Benefit Analysis of Cropping Systems for Sustainable Agriculture Development in the Sistan Region

Shir Ali koohkan[1], Majid Dahmardeh[2], Mahmood Mohammad Ghasemi[3]*

[1]Horticulture Department, Sistan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agriculture Research, Education and Promotion Organization, Zabol, Iran.
[2] Educational Department of Economics and Agricultural Development, Payam Noor University, Tehran, Iran.
[3] Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, Sistan - Agricultural Research, Education and Promotion Organization - Zabol – Iran, Email: m.mghasemi@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 08.02.2025
Revised: 06.03.2025
Accepted:29.04.2025

Keywords:
Emergy
Environment
Fossil Fuel
Mechanization

ABSTRACT

Achieving agricultural sustainability and reducing environmental pressure are two major goals of ecosystem management in the current century, which has been challenged by the lack of appropriate energy efficiency. The aim of this study is to analyze the energy cost-benefit of cropping systems in the sustainable agricultural development of the Sistan region. In this study, different sources of energy supply and important indicators of sustainability and environmental burden for three cultivation systems of wheat, Yaqouti grapes, and greenhouse cucumber in Sistan in 1402 were analyzed using the emergy cost-benefit analysis method. The results showed that the total energy consumed in the three cultivation systems of wheat, ruby grapes, and greenhouse cucumber was 1.06×10^{16}, 1.94×10^{16}, and 1.094×10^{18} solar joules per hectare, respectively. The energy efficiency index for the three cropping systems was 0.115, 0.28, and 0.035 kg/MJ, respectively, with the highest efficiency for Yaqouti grapes and the lowest efficiency for greenhouse cucumber. The benefit-cost ratio index for the three cultivation systems of wheat, Yaqouti grapes, and greenhouse cucumber was 1.6, 3.08, and 1.39, respectively, and the productivity index for the above three cultivation systems was 0.109, 0.154, and 0.001, respectively. The results show that although the greenhouse cucumber cultivation system apparently provides more income to the farmer, among the systems studied, the greenhouse cucumber cultivation system has the lowest benefit-to-cost ratio and the lowest productivity.

Cite this article: Koohkan, Sh.A., Dahmardeh, M., Mohammad Ghasemi, M. 2025. Emergy Cost-Benefit Analysis of Cropping Systems for Sustainable Agriculture Development in the Sistan Region. *Journal of Studies in Entrepreneurship and Sustainable Agricultural Development*, 12 (1), 113-130.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jead.2025.23297.1883
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

مطالعات کارآفرینی و توسعه پایدار کشاورزی
شاپا چاپی: ۲۴۷۶-۷۷۴۳
شاپا الکترونیکی: ۲۴۷۶-۷۷۳۵

تحلیل هزینه– فایده امرژی نظام‌های کشت در توسعه پایدار کشاورزی منطقه سیستان

شیرعلی کوهکن[۱]، مجید دهمرده[۲]، محمود محمد قاسمی*[۳]

[۱] بخش زراعی باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران
[۲] گروه آموزشی اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
[۳] گروه اقتصاد کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران
رایانامه: m.mghasemi@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۹

واژه‌های کلیدی:
امرژی
زیست‌محیطی
سوخت فسیلی
مکانیزاسیون

چکیده

دستیابی به پایداری کشاورزی و کاهش فشار زیست‌محیطی دو هدف عمده مدیریت بوم‌نظام در قرن حاضر است که عدم کارایی مناسب انرژی، آن را با چالش مواجه نموده است. هدف این مطالعه، تحلیل هزینه- فایده امرژی نظام‌های کشت در توسعه پایدار کشاورزی منطقه سیستان می‌باشد. در این مطالعه منابع مختلف تأمین انرژی و شاخص‌های مهم پایداری و بار زیست محیطی برای سه نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای سیستان در سال ۱۴۰۲ با استفاده از روش تحلیل هزینه- فایده امرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد کل امرژی مصرفی در سه نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای به ترتیب برابر $۱/۰۶\times۱۰^{۱۶}$، $۱/۹۴\times۱۰^{۱۶}$ و $۱/۰۹۴\times۱۰^{۱۸}$ ام ژول خورشیدی در هکتار به دست آمد. شاخص بهره‌وری انرژی برای سه نظام کشت به ترتیب برابر ۰/۱۱۵، ۰/۲۸ و ۰/۰۳۵ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد که بیشترین بهره‌وری برای انگور یاقوتی و کمترین بهره‌وری برای خیار گلخانه‌ای بود. شاخص نسبت سود به هزینه برای سه نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای به ترتیب برابر ۱/۶، ۳/۰۸ و ۱/۳۹ به دست آمد و شاخص بهره‌وری برای سه نظام کشت فوق به ترتیب برابر ۰/۱۰۹، ۰/۱۵۴ و ۰/۰۰۱ به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که اگرچه در ظاهر سیستم کشت خیار گلخانه‌ای درآمد بیشتری را نصیب کشاورز می‌کند در بین نظام‌های مورد بررسی کمترین نسبت سود به هزینه و کمترین بهره‌وری مربوط به نظام کشت خیار گلخانه‌ای می‌باشد.

استناد: کوهکن، شیرعلی؛ دهمرده، مجید؛ محمد قاسمی، محمود. (۱۴۰۴). تحلیل هزینه- فایده امرژی نظام‌های کشت در توسعه پایدار کشاورزی منطقه سیستان. *مطالعات کارآفرینی و توسعه پایدار کشاورزی*، ۱۲ (۱)، ۱۳۰-۱۱۳.

DOI: 10.22069/jead.2025.23297.1883

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

امروزه بخش کشاورزی به منظور پاسخگویی به نیاز روزافزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب به میزان زیادی به مصرف انرژی وابسته می‌باشد (تربک و همکاران، ۱۳۹۳). مهمترین نقش کشاورزی در هر کشوری از گذشته تا به امروز تولید مواد غذایی مورد نیاز مردم آن کشور بوده است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۷). در حال حاضر در جهان ۷۷ درصد کل انرژی مصرفی را سوخت‌های فسیلی تشکیل می‌دهند و بر اساس پیش‌بینی‌های واقع‌بینانه تا سال ۲۰۳۰ میلادی این سوخت‌ها همچنان ۷۳ درصد مصرف انرژی جهان را تأمین خواهند کرد (Ortega et al., 2023). دلایل مختلفی برای رشد و گسترش روش‌های کشاورزی ارگانیک وجود دارد اما از همه مهمتر حرکت به سوی یک سیستم غذایی محلی پایدار می‌باشد (کریمی، ۱۳۹۶). اما مصرف روزافزون سوخت‌های فسیلی در عصر حاضر عوارض زیست‌محیطی جبران ناپذیری را به همراه داشته است که اهم موارد عبارت‌اند از: آلودگی خاک، آلودگی هوا، آلودگی منابع آب و کاهش تنوع زیستی (رحیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰)، که در نهایت موجب تغییرات اقلیمی و ناپایداری در بوم نظام‌های تولید محصولات کشاورزی خواهند گردید.

تعیین وضعیت جریان انرژی در سیستم‌های کشاورزی دیدگاه ما را نسبت به وضعیت بوم‌نظام از لحاظ مصرف منابع، تولید انرژی و کارایی سیستم مشخص می‌کند. علاوه بر این نهاده‌های انرژی‌بر مشخص‌شده و با توجه به منابع محدود انرژی اتکای سیستم به نهاده‌ها مشخص می‌شود و در تصمیم‌گیری‌های آینده برای طراحی بوم نظام‌های پایدار در جهت توسعه پایدار مؤثر واقع می‌شود. در کل سیستم‌های کشاورزی که از منابع تجدیدپذیر بیشترین استفاده را ببرند، نسبت به دیگر سیستم‌ها از پایداری بیشتری برخوردارند. بنابراین برای افزایش پایداری در کشاورزی باید از ورود انرژی‌های تجدیدناپذیر که یکی از اصول انقلاب سبز بود، کاسته شود (سلیمی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). در همین رابطه در این مطالعه منابع مختلف تأمین انرژی و شاخص‌های مهم پایداری و بار زیست‌محیطی برای سه نظام کشت گندم، انگوریاقوتی و خیار گلخانه‌ای سیستان با استفاده از روش تحلیل هزینه فایده امرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سه محصول عمده در منطقه سیستان شامل گندم، انگور و خیار گلخانه‌ای می‌باشد. گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی ایران است و افزایش محصول آن روز به روز مورد توجه قرارگرفته و ازنظر اقتصادی و تأمین غذای اصلی مردم از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد.

گندم مهم‌ترین محصول و به عنوان محور اصلی در کشت محصولات زمستانه منطقه سیستان محسوب و بر اساس آمار قبل و بعد از خشک‌سالی، با داشتن سطحی معادل ۸۰-۶۰ هزار هکتار (قبل خشک‌سالی) و ۳۰-۲۵ هزار هکتار (بعد از خشک‌سالی) مقام اول را در بین محصولات زراعی منطقه به خود اختصاص داده است. متوسط عملکرد دانه این محصول در استان سیستان و بلوچستان ۲۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵).

انگور در مقایسه با سایر میوه‌ها در دنیا به مقدار بیشتری تولید می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). این گیاه مهم‌ترین محصول باغی منطقه سیستان است که تا قبل از خشک‌سالی سطح زیر کشت آن ۲۵۰۰ هکتار گزارش گردیده است. در طی خشک‌سالی سطح آن به زیر ۱۰۰۰ هکتار کاهش و در سال‌های اخیر در حال افزایش می‌باشد. بیش از هشتاد درصد تاکستان‌های منطقه به کشت انگور یاقوتی اختصاص دارد. این رقم زودرس‌ترین انگور کشور بوده که از

نظر تولیدی و اقتصـادی حائز اهمیت فراوان و بهترین محصول صادراتی منطقه می‌باشد.

خیار نسـبت به دیگر سـبزی‌های تیره کدوئیان در سطح وسیع‌تری کشت می‌شود و کشور ایران سومین تولیدکننده این محصول در جهان می‌باشد. در سال‌های اخیر به علت کاهش منابع آبی کشـت خیار گلخانه‌ای گسترش یافته به طوری که ۷۵ درصد از سطح هشت هزار هکتاری محصـولات گلخانه‌ای در سـال ۱۳۹۴ به کشت خیار اختصـاص داشته که تولید آن برابر با ۱/۵ میلیون تن یعنی حدود ۷/۵ درصـد کل محصـولات باغبانی کشور را دارا بوده است (عامری، ۱۳۷۸). استان سیستان و بلوچستان با سطح زیر کشت ۱۸۲ هکتار و تولید ۲۳۸۷۲ تن خیار گلخانه‌ای رتبه شـشم کشـور را داراست که حدود یک چهارم سطح زیر کشت استان مربوط به منطقه سیستان می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). اگر بخواهیم بـه توسـعه‌ی پایدار برسـیم، ارزیابی‌های انسـان در نهایت باید بیشـتر طبیعت‌محور باشـد. بنابراین با این اوصاف شـاخص‌های انرژی قادر به محاسبه‌ی سطح واقعی پایداری نخواهند بود و نیاز به شـاخص دیگر می‌باشـد. بر همین اسـاس در جهت بهبود مشـکل روش‌های ارزیابی مصـرف انرژی در سیستم‌های کشاورزی، برآورد امرژی کمک شایانی به ارزیابی مصـرف انرژی در کشـاورزی می‌نماید. این روش یک رویکرد ارزیابی اکولوژیکی اسـت که برای ادغام سـرمایه‌گذاری رایگان طبیعت، کالاها و خدمات در یک واحد مشـترک، بجای انرژی، محاسبه می‌شـود. امرژی یک روش آنالیز بوم‌کشـاورزی اسـت که تمام ورودی‌هـا اعـم از ورودی‌هـای تـجـدیـدپـذیـر و تجدیدناپذیر رایگان، انرژی‌های خریداری‌شـده و خـدمـات را مورد ارزیـابی قرار می‌دهـد و هـدف آن بررسـی پایداری یک بوم‌نظام کشـاورزی ازلحاظ مصـرف انرژی می‌باشـد (Chen et al., 2023). به وسیله‌ی امرژی می‌توان کارایی منابع اقتصادی مصرفی را در تولیدات کشاورزی افزایش داد.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

انرژی، ارز رایج بوم نظام‌های کشـاورزی اسـت که به صـورت‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شـود. انرژی را می‌توان براسـاس نوع منبع، نوع کارکرد و فرآیندهای تبدیل تقسیم کرد.

انرژی مسـتقیم: انرژی مسـتقیم غالباً امروزه به صـورت فرآورده‌های سوخت فسیلی (گازوئیل، بنزین و گاز) و یا برق جهت استفاده در ماشین‌آلات کشاورزی به کار گرفته می‌شـود و در امر کاشـت، داشـت و برداشـت، حمل و نقل داخل مزرعه، سـیسـتم‌های آبیاری، گرم کردن و خنک کردن محصـول و غیره بـه مصـرف می‌رسد (کوچکی و حسینی ۱۳۷۳).

در نظام‌های زراعی غیر مکانیزه (غیر فشـرده) به جای مصرف گسترده شکل‌های متفاوت انرژی فسیلی، نیروی کار انسـانی و حیوانی بیشـترین سـهم در انرژی مسـتقیم ورودی به سیسـتم‌ها را شـامل می‌شـوند. نتایج مطالعات نشان داده است که در مزارع بزرگ و مکانیزه چغندرقند در مراکش برای تولید هر تن ریشـه چغندر قند ۷۳ درصـد انرژی الکتریکی بیشـتر، ۳۰ درصـد ماشین‌آلات بیشتر و ۴۰ درصد سوخت بیشتر نسبت به مزارع کوچک به مصرف می‌رسد (کوچکی و حسینی ۱۳۷۳). اظهار داشـتند که در بین انواع انرژی مسـتقیم انرژی مربوط به آبیاری بیشترین سهم را دارد.

انرژی غیرمسـتقیم: انرژی غیرمسـتقیم عبارت اسـت از آن قسـمت از انرژی که در خارج از مزرعه برای تولید نهاده‌ها و خدماتی که در مزرعه به مصـرف می‌رسـند هزینه می‌شـود. با مصـرف انواع نهاده‌های کشـاورزی انرژی به صـورت غیرمسـتقیم به سـیسـتم‌های زراعی تزریق می‌گردد، مانند انواع کودهای شیمیایی، سموم

دفع آفات، بذر اصلاح‌شده، ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی، سیستم‌های آبیاری، کودهای دامی و غیره (رحیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰).

بر اساس تجزیه و تحلیل لنرژی در لنواع بوم‌نظام‌های زراعی بیشترین انرژی غیرمستقیم مصرفی در مزارع در درجه اول مربوط به کود نیتروژن (۲۰ تا ۳۰ درصد ازکل انرژی ورودی) و در درجه دوم مربوط به ماشین‌آلات (۶ تا ۱۲ درصد از کل انرژی ورودی) می‌باشد (Conforti and Giampietro, 2020).

مفهوم امرژی: از نیمه دوم دهه‌ی ۱۹۷۰ روی توسعه‌ی نظریه کیفیت انرژی و تعریف کمی آن متمرکز گردید (Odum, 1970). در این زمان تحقیقات متعددی در جنوب فلوریدا در زمینه ظرفیت محیطی و تغییرات حاصل از فعالیت‌های انسان بر محیط‌زیست، انجام داد. هدف اصلی این تحقیقات ایجاد راهی برای رونق اقتصاد به موازات حفظ سلامت محیط زیست از طریق مدیریت بهتر محیط زیست بود. این تحقیقات موجب ظهور تعریف امرژی گردید. برای محاسبه‌ی معادل کیفی انرژی فسیلی[1](FFWE)، بر اساس استاندارد سوخت‌های فسیلی در یک معادله کلی یک کیلوکالری از سوخت فسیلی معادل دو هزار کیلوکالری تشعشع خورشیدی اندازه‌گیری شد. این نسبت FFWE برای همه‌ی فرم‌های انرژی مورداستفاده قرار گرفت و نسبت کیفیت انرژی نام گرفت. درواقع امرژی، عبارت است از انرژی خورشیدی در دسترس که به طور مستقیم یا غیرمستقیم برای تولید محصول یا ارائه خدمات توسط یک نظام زراعی استفاده می‌شود (ویسی و همکاران، ۱۳۹۵). برای مثال تشعشع خورشیدی، سوخت، برق و خدمات انسانی را می‌توان از طریق محاسبه ام ژول خورشیدی موردنیاز برای تولید هرکدام از آن‌ها نشان داد. اگرچه واحدهای دیگری نیز مورداستفاده قرارگرفته‌اند اما در اغلب موارد داده‌ها به‌صورت ام ژول خورشیدی نشان داده می‌شوند. معمولاً معادل انرژی خورشیدی لندازه‌گیری‌شده و با ام ژول خورشید[2](sej) بیان می‌شود. به امرژی انرژی مجسم یا حافظه انرژی می‌گویند که به طور بالقوه می‌تواند خلاء در ارزیابی EGS را به مقدار قابل‌توجهی پر کند و به مدیریت بهتر محیط طبیعی کمک نماید (ویسی و همکاران، ۱۳۹۵). امرژی میزان در دسترس بودن نوعی از انرژی است که در طی تحولاتی به صورت مستقیم و غیرمستقیم برای تولید محصول یا ارائه‌ی خدمات، مورداستفاده قرارگرفته است (ویسی و همکاران، ۱۳۹۵).

تفاوت مفهوم انرژی و امرژی: انرژی به معنی توانایی انجام کار تلقی می‌شود. به جز زمانی که به شکل گرما هدر می‌رود. انواع مختلفی از کیفیت‌های انرژی وجود دارد، که همه‌ی انواع آن‌ها به جز نوع گرمایی قادر به انجام کار مکانیکی هستند، اما نه با کارایی مشابه. ازآنجایی‌که همه‌ی انواع انرژی‌ها سرانجام به صورت گرما تلف می‌گردند، لذا گرما واحد رایج برای محاسبه‌ی انرژی است و انرژی با واحد کالری یا ژول بیان می‌شود. با وجود انواع انرژی‌ها، تحلیل انرژی همچنان برای همه‌ی سیستم‌ها مناسب نیست در فرآیندهایی که هم گرما تولید می‌کند و هم کار مکانیکی، نمی‌توانند با تحلیل انرژی کیفیت‌سنجی شوند. زیرا گرما و کار مکانیکی دارای کیفیت انرژی مشابه و یکسانی نیستند (Bastianoni et al., 2006). متخصصان امرژی ادعا می‌کنند که امرژی راه جامع و کافی برای ارزش‌گذاری کالا و خدمات بوم‌نظام است که به علت تداوم تخریب محیط‌های طبیعی جهان ما ناممکن شده است. روش امرژی بر مبنای سیستم ارزش‌گذاری طبیعت است، اساس آن بر جریان انرژی در دسترس استوار است که این انرژی به‌صورت

[1] - Fosil fuel work equivalents

[2] Solar emjouls

اختصاصی و یا به صورت فرم‌های تبدیلی می‌تواند ظرفیت انجام کار بیشتری را داشته باشد (تربک و همکاران، ۱۳۹۳). جریان انرژی به تنهایی برای ارزش‌گذاری کالاها و خدمات بوم نظام‌ها کافی نیست، چراکه به اندازه کافی انتقال کار انجام شده درگذشته توسط محیط زیست و اقتصاد برای تولید یک کالا یا ارائه خدمات را محاسبه نمی‌کند (Voora and Thrift, 2010).

انواع انرژی در بوم نظام‌های کشاورزی

نیروی کار انسانی: نیروی کار انسانی جزء منابع انرژی بیولوژیک می‌باشد که در بوم‌نظام‌های کشاورزی هزینه می‌شود. این منبع از انرژی به دلیل قابل‌تجدید بودن و بوم‌سازگاری می‌تولند جزء منابع پاک انرژی باشد. نیروی کار انسانی در بوم نظام‌های کشاورزی شامل تمام مدت زمان کار در طول کاشت، داشت، برداشت و فرآوری محصولات کشاورزی است که صرف مدیریت و تولید این محصولات می‌شود. ارزش انرژی هر ساعت کار نیروی انسانی براساس منابع موجود به طور میانگین ۱/۹۶ مگاژول در نظر گرفته شده است (Alam et al., 2005). مقدار کل نیروی کار انسانی در طول تحول سیستم‌های کشاورزی از سنتی به نیمه مکانیزه و سپس مکانیزه و فشرده‌سازی سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی کاهش یافته است. در سیستم‌های کشاورزی متحرک (جابه‌جایی) انرژی نیروی کار انسانی عملاً تنها انرژی بعد از انرژی فتوسنتزی است که به سیستم اضافه می‌شود. در این سیستم‌ها نسبت انرژی تولید شده به انرژی کشاورزی مصرف شده بالا بوده و در دامنه‌ای از ۱۰/۱ تا ۴۰/۱ متغیر می‌باشد (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۰).

سوخت‌های فسیلی: سوخت‌های فسیلی جزء منابع انرژی زراعی صنعتی می‌باشند، که در بوم‌نظام‌های کشاورزی برای تولید محصولات کاربرد دارند. این منابع انرژی در طول تحول سیستم‌های کشاورزی به‌طور چشم‌گیری روند صعودی داشته و سیستم‌های تولید محصولات زراعی را وابسته خود ساخته‌اند (رجبی و همکاران، ۱۳۹۱). انرژی‌های فسیلی که دیزل از بین آن‌ها در بوم‌نظام‌های تولید محصولات کشاورزی کاربرد بیشتری دارد در نظام مراحل تولید محصولات در کشت‌بوم‌های زراعی در لنواع ماشین‌آلات برای آماده‌سازی زمین، حمل‌ونقل، آبیاری، برداشت، و... مصرف می‌شوند. ارزش هر لیتر دیزل مصرف شده بر اساس منابع مختلف به طور میانگین ۵۶/۳۱ مگاژول در لیتر برآورد شده است. (Esengun et al., 2007)

ماشین‌آلات: انرژی لازم برای ساخت، تعمیر و استهلاک ماشین‌آلات قابل‌استفاده در بوم‌نظام‌های کشاورزی را شامل می‌شود که جزء انرژی‌های زراعی صنعتی است. این منبع انرژی جزء منابع تجدیدناپذیر انرژی است (Hatirli et al., 2005). انرژی مصرفی به ازای ماشین‌آلات قابل‌استفاده در بوم‌نظام‌های تولید معمولاً برحسب تعداد ساعات کار ماشین‌آلات بیان می‌شود که به ازای هر ساعت کار چیزی حدود ۶۲/۷ مگاژول در ساعت در نظر گرفته‌شده است (Esengun et al., 2007).

بذر: انرژی نهفته در بذر بسته به نوع بذر متفاوت است. البته می‌توان گفت بسته به خانواده گیاهی متفاوت است. با تحولات به وجود آمده در سیستم‌های کشاورزی و حرکت از سیستم‌های سنتی و غیرمکانیزه به سمت سیستم‌های مدرنیزه و فشرده و هم‌زمان با اصلاح ارقام بومی و توده‌های محلی و همچنین ایجاد مقاومت در بذور بر علیه بیماری‌ها و آفات، با توجه به حجم کارهای اصلاحی انجام گرفته، انرژی مصرفی در تولید بذور افزایش یافته است. انرژی مصرفی به ازای بذور مصرف‌شده در سیستم‌های دیم نسبت به

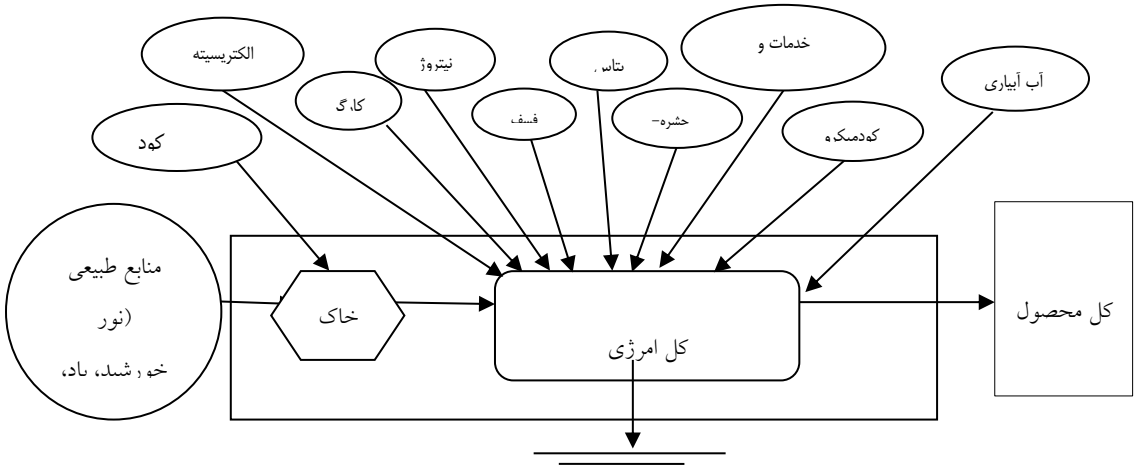
سیستم‌های آبی سهم بیشتری از انرژی ورودی غیرمستقیم را تشکیل می‌دهد (یوسفی، ۱۳۸۹).

الکتریسیته: انرژی الکتریسیته جزء منابع انرژی زراعی صنعتی مورد استفاده در بوم‌نظام‌های کشاورزی است که به صورت مستقیم مصرف می‌شود و جزء منابع تجدیدناپذیر انرژی به شمار می‌آید. در بوم‌نظام‌های رایج که به سمت مکانیزاسیون پیشرفت کرده‌اند نیروی الکتریسیته‌ای که برای پمپاژ آب مورد نیاز در این سیستم‌ها مصرف می‌شود بخش اعظمی از انرژی‌های مصرفی ورودی را به خود اختصاص می‌دهد. دلیل این امر را می‌توان به افت یا کاهش سطح سفره‌های آبی و در نتیجه پمپاژ آب از اعماق بیشتری نسبت داد (یوسفی، ۱۳۸۹). معادل لنرژی برای هرکیلووات ساعت انرژی الکتریسیته برحسب منابع موجود ۳/۶ مگاژول در کیلووات ساعت در نظر گرفته شده است (Hatirli et al., 2005).

نهاده‌های شیمیایی: انرژی نهاده‌های شیمیایی (کودها، آفت‌کش‌ها، هورمون‌های رشد و...) جزء منابع انرژی زراعی صنعتی است که در بوم‌نظام‌های زراعی به صورت غیرمستقیم مصرف می‌شود. تولید کودهای شیمیایی به خصوص نیتروژن به عنوان مهم‌ترین انرژی مصرفی غیرمستقیم در کشاورزی محسوب می‌شود. تقریباً نصف انرژی مصرفی در کشاورزی مدرن برای تولید کودهای نیتروژنه مصرف می‌شود (Kaltsas et al., 2007). ارزش این انرژی زیاد است به دلیل این‌که کودهای نیتروژنه یکی از منابع کودی پرمصرف در بوم‌نظام‌های زراعی هستند. به عنوان مثال در تولید گندم حدود ۱۶۵ کیلوگرم نیتروژن مصرف می‌شود که برابر با ۱۸ درصد کل انرژی ورودی در این سیستم‌ها می‌باشد و یا در تولید گندم دیم ۶۸ کیلوگرم کود نیتروژنه مصرف می‌شود که سهمی معادل ۳۲ درصد انرژی ورودی به این بوم‌نظام‌های زراعی را دارد (یوسفی، ۱۳۸۹). علاوه بر کودهای شیمیایی آفت‌کش‌ها نیز سهم بسزایی در افزایش انرژی ورودی غیرمستقیم به بوم‌نظام‌های زراعی را دارند. البته توجه به این نکته مهم است که آفت‌کش‌های جدید در مقایسه با آفت‌کش‌های قدیم کمتر مصرف می‌شوند اما حاوی انرژی بیشتری هستند (Gundogmus, 2006).

روش تحقیق

تحلیل امرژی: اولین گام برای تحلیل امرژی تعیین مرزهای مکانی و زمانی نظام‌های مورد بررسی و ترسیم دیاگرام امرژی برای طبقه‌بندی نهاده‌های نظام‌های مورد بررسی به منابع تجدیدپذیر یا تجدیدناپذیر، محلی یا وارداتی می‌باشد. درواقع دیاگرام امرژی برای نشان دادن شفاف ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم استفاده می‌شود. این کار برای مدیریت روابط بین اجزای اصلی و فرآیندهای سیستم سودآور ضروری است و هم‌چنین پایه‌های زیست‌محیطی بوم‌نظام و ارتباط آن با اقتصاد بزرگ‌تر را نمایش می‌دهد (سلیمی‌پور و نقش‌بندی، ۱۳۹۴). دیاگرام امرژی نظام‌های کشت سیستان در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: دیاگرام امرژی سیستم نظام‌های کشت

جمع‌آوری داده‌ها

دومین گام برای تحلیل امرژی ترسیم جداول ارزیابی امرژی است. برای به دست آوردن مقدار امرژی هر نهاده، اطلاعات خام هر نهاده بر حسب ژول، گرم یا دلار در ضرایب تبدیل[3] آن‌ها ضرب شد. امرژی کل مجموع امرژی از تمام نهاده‌های مستقل می‌باشد.

روش محاسبه و اندازه‌گیری نهاده‌های امرژی: برای تبدیل معادل انرژی نهاده‌های مختلف سیستم تولید به امرژی از معادله شماره ۱ استفاده شد (باقرزاده و تیموری، ۱۳۸۸).

(۱)

امرژی (seJ) = انرژی در دسترس (J) × ضریب تبدیل (seJ/J)

امرژی ویژه: تحت عنوان امرژی به ازای هر واحد جرم خروجی تعریف می‌شود و معمولاً به‌صورت امرژی خورشیدی بر گرم بیان می‌شود. (seJ/g).

امرژی به ازای واحد پول: به‌عنوان امرژی حمایت‌کننده از تولید یک واحد محصول اقتصادی (ارز) تلقی می‌شود. از این واحد برای تبدیل پول پرداختی به واحدهای امرژی استفاده می‌شود. ضریب تبدیل خورشیدی برای محاسبه امرژی دلار $۱۰^{۱۲} \times$ ۳/۱۲ ام ژول خورشیدی بر دلار آمریکا در نظر گرفته شد (عامری، ۱۳۷۸). انرژی تشعشع خورشیدی بر اساس معادله شماره ۲ محاسبه گردید:

(۲)

انرژی تشعشع خورشید (J) =(A (m^2) × (I (Wm^2) × $0.6 \times$ Fab

که در آن A مساحت زمین، I متوسط تشعشع خورشیدی در منطقه زلبل در طول فصل رشد محصولات مختلف و Fab درصد جذب تشعشع می‌باشد. ضریب تبدیل خورشیدی[4] به امرژی بر حسب تعریف یک ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته می‌شود (باقرزاده و تیموری، ۱۳۸۸). انرژی شیمیایی پتانسیل آب باران و آب آبیاری بر اساس معادله شماره ۳ محاسبه شد:

(۳)

انرژی شیمیایی پتانسیل آب (J) = (A (m2 × P

((J $gr^{-1}\Delta G$ × (d (gm-3 × ((mm yr^{-1}

که در آن A مساحت زمین، p مقدار بارندگی سالیانه + آب ورودی از طریق آبیاری (میلی‌متر بر سال)، d

[3] Transformities

[4] Solar transformity

چگالی آب (۱×۱۰^{۶} گرم بر مترمکعب) و ΔG انرژی آزاد گیبس که برای آب ۴/۹۴ ژول بر گرم می‌باشد.

ضریب تبدیل خورشیدی انرژی شیمیایی پتانسیل آب باران به امرژی ۱۸۱۹۹ ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته می‌شود.

(۴)

انرژی جنبشی باد براساس معادله شماره ۴ محاسبه شد:

انرژی جنبشی باد= (A (m2 × (r (kg m-3 × c × 3 (vg)

که در آن A مساحت زمین، r چگالی هوا (۱/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب هوا)، c ثابت درگ[۵]، vg باد ژئواستروفیک[۶] می‌باشد.

ضریب تبدیل خورشیدی انرژی باد به امرژی ۱۴۹۶ ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته شد.مقدر انرژی خاک تلف‌شده با استفاده از معادله شماره ۵ محاسبه شد:

(۵)

انرژی خاک تلف شده= (A (m^2) × ($Erod_{soil}$ (g m^{-2} yr^{-1}) × (OM (% × (E_{OM} (kcal gr^{-1}) × 4186 (J $kcal^{-1}$)

که در آن A مساحت زمین، $Erod_{Soil}$ مقدار خاک فرسایش یافته در متر مربع در سال، OM درصد ماده آلی خاک، E_{OM} محتوای انرژی مواد آلی خاک که ۵/۴ کیلوکالری بر گرم می‌باشد.

ضریب تبدیل خورشیدی تلفات خالص خاک سطحی ۱۰^{۵} × ۱/۲۴ ام ژول خورشیدی بر ژول می‌باشد.

امرژی نیروی انسانی بر اساس ضریب تبدیل خورشیدی ۱۰^{۶} × ۴/۵ ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه محتوی بذر از ضریب ۱۰^{۶} × ۱۵/۷ ژول در کیلوگرم استفاده شد. ضریب تبدیل خورشیدی برای محاسبه امرژی بذر ۱۰^{۵} × ۱/۱۱ ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته شد. برای محاسبه محتوی انرژی گازوئیل از ضریب ۱۰^{۶} × ۵۶/۳۱ ژول در لیتر استفاده شد. ضریب تبدیل خورشیدی برای محاسبه امرژی گازوئیل ۱۰^{۵} × ۱/۱۱ ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته شد.

امرژی ماشین‌آلات بر اساس ضریب تبدیل خورشیدی ۱۰^{۱۲} × ۳ ام ژول خورشیدی بر کیلوگرم در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه محتوی انرژی نیروی الکتریسیته از ضریب ۱۰^{۶} × ۳/۶ ژول در کیلووات ساعت انرژی الکتریسیته استفاده شد. امرژی مواد پلاستیکی بر اساس ضریب تبدیل خورشیدی ۱۰^{۸} × ۳/۷۲ ام ژول خورشیدی بر گرم پلاستیک در نظر گرفته می‌شود (Ghaley and Porter, 2013).

ضرایب تبدیل خورشیدی برای محاسبه امرژی نیروی الکتریسیته و آب آبیاری به ترتیب ۱۰^{۵} × ۲/۶۹ ام ژول خورشیدی بر ژول و ۱۰^{۱۱} × ۵/۴۳ ام ژول خورشیدی بر مترمکعب آب در نظر گرفته شد. همچنین ضرایب تبدیل خورشیدی برای محاسبه امرژی آفت‌کش، کودهای نیتروژن، فسفر، پتاس و کود میکرو به ترتیب (۱)، ۱۰^{۱۰} × ۱/۴۸ ام ژول خورشیدی بر کیلوگرم ژول، ۱۰^{۱۰} × ۴/۰۵ ام ژول خورشیدی بر گرم نیتروژن، ۱۰^{۱۰} × ۳/۶۹ ام ژول خورشیدی بر گرم فسفر و ۱۰^{۹} × ۳/۰۱ ام ژول خورشیدی بر گرم پتاسیم و۱۰^{۹}×۱ام ژول خورشیدی بر گرم کود میکرو در نظر گرفته شد (Ghaley and Porter, 2013).

تحلیل هزینه- فایده: تحلیل هزینه- فایده به عنوان شاخص سودبری هم تعریف می‌شود، که معرف سودهای تنزیل شده در هر واحد از هزینه‌های تنزیل شده است. گاه که سودها از کاهش پیامدهای نامطلوب

[۵] کمیتی بدون بعد برای محاسبه نیروی درگ وارد بر یک جسم در حال حرکت

[6] Geostrophic wind

باد ژئواستروفیک یک باد تئوری است که از تعادل میان اثر کوریولیس و نیروی گرادیان فشار ناشی می‌شود. مقدار این باد بر حسب تعریف ۱/۶۷ برابر سرعت میانگین باد در نظر گرفته می‌شود.

ناشی می‌شوند، این نسبت را نسبت صرفه‌جوئی سرمایه‌گذاری می‌نامند.

تحلیل هزینه- فایده را می‌توان نسبت سودهای تنزیل شده به هزینه‌های تنزیل شده یک سرمایه‌گذاری با ارجاع به یک لحظه زمانی معین تعریف کرد. چون زمان حال نقطه زمانی مناسبی برای ارجاع است، اغلب تحلیل هزینه- فایده را بر مبنای ارزش فعلی سودها و ارزش فعلی هزینه‌ها محاسبه می‌کنند. با توجه به توضیحات فوق برای به دست آوردن تحلیل هزینه- فایده و انتخاب محصولی که به صرفه اقتصادی باشد، به‌ترتیب زیر عمل شده است (Mohammad Ghasemi et al, 2021). ارزش فعلی هزینه‌ها و درآمدها با استفاده از نرخ تنزیل مشخص با در نظر گرفتن زمان حال به عنوان نقطه مرجع به دست آمده است.

(۶)

$$Benefit-cost\ Ratio = \frac{EUAB}{EUAC}$$

EUAB: ارزش یکنواخت سالیانه منافع و EUAC ارزش یکنواخت سالیانه هزینه می‌باشد. به‌عنوان مثال اگر نسبت فایده به هزینه بزرگ‌تر از واحد باشد فعالیت مربوطه توجیه‌پذیر خواهد بود. با توجه به توضیحات فوق برای به دست آوردن نسبت هزینه- فایده و انتخاب شیوه کنترل که به صرفه اقتصادی باشد، به‌ترتیب زیر عمل می‌شود:

- ارزش فعلی هزینه‌ها و درآمدها با استفاده از نرخ تنزیل مشخص با در نظر گرفتن زمان حال به عنوان نقطه مرجع به دست خواهد آمد.
- گزینه‌ها به‌ترتیب افزایش ارزش هزینه‌های فعلی آن‌ها، به‌منظور مقایسه‌های زوجی، مرتب خواهد شد. اگر ارزش هزینه‌های فعلی دو یا چند گزینه مساوی باشند، تفاوتی نمی‌کند که چگونه آن‌ها نسبت به خودشان مرتب شود. گزینه با کمترین هزینه ($x=1$) با گزینه صفر ($x=0$) مقایسه می‌شود، اگر:

$$EUAB/EUAC = 1 \quad (۷)$$

$x=1$ قبول خواهد شد. در غیر این صورت $x=0$ با گزینه بعدی که هزینه بیشتری از $x=1$ دارد، مقایسه می‌شود.

آمار و اطلاعات: اراضی زیر کشت محصولات زراعی سیستان بالغ بر ۱۲۰ هزار هکتار می‌باشد که عمدتاً شامل گندم، جو، صیفی‌جات، یونجه، ذرت علوفه‌ای، انگور یاقوتی و محصولات گلخانه‌ای می‌باشد. این مطالعه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک (که نماینده متوسط اراضی کشاورزی منطقه سیستان می‌باشد) مورد بررسی و تجزیه و تحلیل امرژی قرار گرفت. ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک در ۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان زابل و شمال شهر زهک با عرض جغرافیایی ۵۴ °۳۰، طول جغرافیایی ´۶۱°۴۱ و با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا واقع گردیده که دارای اقلیم کشاورزی بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و طولانی است. خاک مزرعه از نوع لومی با هدایت الکتریکی ۳/۳ دسی‌زیمنس بر متر، pH برابر ۸ و همچنین آب آبیاری دارای هدایت الکتریکی ۳-۲ دسی‌زیمنس بر متر و pH برابر ۸ می‌باشد.

نظام تولید گندم مورد مطالعه یک مزرعه یک هکتاری بود که در این مزرعه گندم در تناوب با یونجه در اواخر آبان ماه کاشت و در خردادماه برداشت شد. نظام کشت خیار گلخانه‌ای مورد مطالعه یک گلخانه سه هزار متری پیشرفته بود. در این گلخانه محصول خیار مرداد ماه کشت و پس از ۴۵ روز به محصول رفته و برداشت محصول تا خردادماه سال بعد ادامه داشت. اغلب عملیات کشاورزی خیار شامل عملیات آماده‌سازی زمین و تهیه بستر، کاشت، وجین، نخ‌کشی، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و برداشت با استفاده از نیروی انسانی انجام شد. داده‌های مورد نیاز تحقیق شامل تمامی ورودی‌ها و خروجی‌های یک باب گلخانه سه هزار متری با استفاده از ابزار دقیق و با دقت زیاد اندازه‌گیری و ثبت گردید.

نظام کشت انگور یاقوتی مورد مطالعه یک باغ یک هکتاری شش ساله بود. به‌طور معمول انگور در اواخر پاییز به خواب زمستانه رفته و در اسفند ماه مجدداً سبز شده و در خردادماه برداشت می‌گردد. اغلب عملیات کشاورزی انگور در این باغ شامل عملیات لایه‌روبی، هرس، آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز کوددهی و برداشت مطابق عرف منطقه با استفاده از نیروی انسانی انجام شد. داده‌های مورد نیاز تحقیق شامل تمامی ورودی‌ها و خروجی‌های یک هکتار انگور یاقوتی با استفاده از ابزار دقیق و با دقت زیاد اندازه‌گیری و ثبت گردید.

یافته‌ها

مقایسه امرژی سه‌نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای: آنالیز داده‌های تولید سه نظام کشت مورد بررسی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. کل امرژی مصرفی در سه نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای به ترتیب برابر با $۱/۰۶\times۱۰^{۱۶}$، $۱/۹۴\times۱۰^{۱۶}$ و $۱/۰۹۴\times۱۰^{۱۸}$ ام ژول خورشیدی در هکتار به دست آمد. بیشترین سهم امرژی در گندم مربوط به آب آبیاری با ۲۸/۹۶ درصد در انگور یاقوتی مربوط به نیروی کارگری با ۴۱/۴۳ درصد و در خیار گلخلنه‌ای مربوط به سوخت‌های فسیلی با ۷۲/۲۱ درصد بود. بالا بودن امرژی آب آبیاری در گندم به دلیل سیستم آبیاری غرقابی گندم در منطقه سیستان می‌باشد که میزان مصرف آب را بالا می‌برد. اتکا زیاد نظام کشت انگور یاقوتی به نیروی انسانی باعث بالا رفتن امرژی نیروی کارگری در این نظام شده است. مصرف غیراصولی و بی‌رویه سوخت‌های فسیلی در نظام کشت خیار گلخانه‌ای باعث اختصاص سهم عمده‌ای از امرژی ورودی به سوخت‌های فسیلی گردید. در آنالیز امرژی نظام کشت ذرت و گندم در چین مشخص شد آب آبیاری برای ذرت و الکتریسیته برای گندم به ترتیب با $۱۰^{۱۴}\times$ ۹/۰۰۵ و $۱۰^{۱۵}\times$ ۵/۹۵ ام ژول خورشیدی در هکتار بالاترین امرژی را داشتند (Hu et al., 2010). همچنین در آنالیز امرژی نظام کشت انگور محافظت‌شده در ۵ منطقه چین مشخص شد که امرژی مصرفی نیروی کارگری در این مناطق رتبه اول تا سوم را به خود اختصاص داده است (Feng et al., 2013).

مقایسه شاخص‌های امرژی سه نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای: شاخص‌های امرژی سه‌نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای در جدول ۲ نشان داده شده است.

شاخص درصد تجدیدپذیری امرژی: بر اساس نتایج جدول ۲ مقدار شاخص درصد تجدیدپذیری امرژی برای گندم برابر با ۴۷/۸۳، برای انگور یاقوتی برابر با ۶۴/۹۴ و برای خیار گلخانه‌ای برابر با ۱۸/۷۵ می‌باشد. بنابراین بالاترین درصد تجدیدپذیری مربوط به انگور یاقوتی که در مقایسه با شاخص درصد تجدیدپذیری جهانی (۳۴ درصد) و نیز از شاخص درصد تجدیدپذیری کشور ایران (۲۲ درصد) هم بالاتر است و نشان دهنده اتکای بیشتر سیستم بر منابع تجدیدپذیر و پایداری خوب آن می‌باشد. در مقابل کمترین درصد آن مربوط به خیار گلخانه‌ای می‌باشد که حتی در مقایسه با متوسط شاخص تجدیدپذیری امرژی جهان و ایران هم پایین‌تر است که پائین بودن آن به مفهوم قابلیت تجدیدپذیری کم سیستم و پایداری ضعیف آن می‌باشد. بنابراین نظام کشت خیار گلخانه‌ای سیستان در مقایسه با سایر محصولات از پایداری کمتری برخوردار است که از نقاط ضعف این سیستم می‌باشد. فنگ و همکاران (Feng et al., 2013) در پژوهشی، امرژی سیستم‌های کشت انگور محافظت‌شده را برای مناطق جنوب غرب چین مطالعه کردند، آن‌ها شاخص درصد تجدیدپذیری را برای این محصول ۷/۵ گزارش کردند.

جدول ۱- ارزیابی امرژی سه‌نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای سیستان

ردیف	منبع	واحد	امرژی گندم		امرژی انگور یاقوتی		امرژی خیار گلخانه‌ای	
			مقدار	درصد	مقدار	درصد	مقدار	درصد
۱	نور خورشید	ژول	$۳/۴۱\times۱۰^{۱۳}$	۰/۳۲۱	$۳/۴۱\times۱۰^{۱۳}$	۰/۲۳	$۲/۰۴\times۱۰^{۱۳}$	۰/۰۰۱
۲	باران	ژول	$۴/۴۹\times۱۰^{۱۲}$	۰/۰۴	$۴/۴۹\times۱۰^{۱۲}$	۰/۰۲	$۸/۲\times۱۰^{۹}$	۰/۰۰۰
۳	باد	ژول	$۸/۲\times۱۰^{۹}$	۰/۰۰۰۴	$۸/۲\times۱۰^{۹}$	۰/۰۰۰۴		
۴	آب آبیاری	مترمکعب	$۳/۰۷\times۱۰^{۱۵}$	۲۸/۹۶	$۴/۵\times۱۰^{۱۵}$	۲۳/۱۶	$۵/۰۲\times۱۰^{۱۴}$	۰/۰۴۵
۵	خاک سطحی		$۵/۷۶\times۱۰^{۱۲}$	۰/۰۵۴	$۴/۳۲\times۱۰^{۱۲}$	۰/۰۲		
۶	نیروی کارگری	ژول	$۱/۶۵\times۱۰^{۱۵}$	۱۵/۵۶	$۸/۰۵\times۱۰^{۱۵}$	۴۱/۴۳	$۱/۹۲\times۱۰^{۱۷}$	۱۷/۵۵
۷	بذر	دلار	$۳/۱۴\times۱۰^{۱۴}$	۲/۹۶			$۱/۰۷\times۱۰^{۱۶}$	۰/۹۷
۸	کود حیوانی	ژول			$۲/۶۳\times۱۰^{۱۱}$	۰/۰۰۱	$۴/۹۱\times۱۰^{۸}$	۰
۹	گازوئیل	ژول	$۳/۶۶\times۱۰^{۱۴}$	۳/۴۵			$۷/۹\times۱۰^{۱۷}$	۷۲/۲۱
۱۰	ماشین‌آلات	کیلوگرم	$۱/۰۸\times۱۰^{۱۳}$	۰/۱			$۱/۴۲\times۱۰^{۱۳}$	۰/۰۰۱
۱۱	الکتریسیته	ژول	$۴/۹۵\times۱۰^{۱۴}$	۴/۶۷	$۷/۲۶\times۱۰^{۱۴}$	۳/۷	$۱/۵۲\times۱۰^{۱۶}$	۱/۳۹
۱۲	پلاستیک	گرم					$۱/۴۹\times۱۰^{۱۵}$	۰/۱۳
۱۳	کود نیتروژن	گرم	$۲/۲\times۱۰^{۱۵}$	۲۰/۷۵	$۲/۲\times۱۰^{۱۵}$	۱۱/۳۲	$۱/۸\times۱۰^{۱۶}$	۱/۶۴
۱۴	کود فسفات	گرم	$۱/۸۴\times۱۰^{۱۴}$	۱/۷۳	۹×۱۰^{۱۳}	۰/۴۶	$۱/۲۹\times۱۰^{۱۶}$	۱/۱۸
۱۵	کود پتاس	گرم	$۱/۷۷\times۱۰^{۱۵}$	۱۶/۷	$۸/۸۵\times۱۰^{۱۴}$	۴/۵	$۱/۳۵\times۱۰^{۱۵}$	۰/۱۲
۱۶	کود میکرو	گرم					$۴/۸۰\times۱۰^{۱۴}$	۰/۰۴
۱۷	آفت‌کش	گرم	$۴/۰۸\times۱۰^{۱۳}$	۰/۳۸	$۴/۰۸\times۱۰^{۱۳}$	۰/۲۱	$۱/۴۸\times۱۰^{۱۴}$	۰/۰۲
۱۸	خدمات و سرویس	دلار	$۴/۶۸\times۱۰^{۱۴}$	۴/۴۱	$۲/۸۸\times۱۰^{۱۵}$	۱۴/۸	$۳/۷۴\times۱۰^{۱۶}$	۳/۴۱
	جمع		$۱/۰۶\times۱۰^{۱۶}$	۱۰۰	$۱/۹۴\times۱۰^{۱۶}$	۱۰۰	$۱/۰۹۴\times۱۰^{۱۸}$	۱۰۰
	عملکرد	کیلوگرم	۳۸۵۰		۱۰۶۰۰		۲۸۰۰۰۰	

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شاخص نسبت عملکرد امرژی: شاخص نسبت عملکرد امرژی نسبت کل ورودی‌ها (عملکرد امرژی) را به ازای امرژی ورودی‌های خریداری شده نشان می‌دهد و مقدار بالاتر آن مطلوب‌تر است یعنی هر چه این نسبت بالاتر باشد نشان دهنده درصد بیشتر ورودی‌های طبیعی رایگان نسبت به ورودی‌های خریداری‌شده می‌باشد. شاخص نسبت عملکرد امرژی در گندم، انگور و خیار گلخانه‌ای به ترتیب برابر با ۱/۴۱، ۱/۳۱ و ۱ به دست آمد. که در هر سه نظام کشت مورد بررسی نسبت به متوسط جهانی آن (۷/۳۸) و متوسط کشور ایران (۷/۷۲) پایین‌تر است (Brown et al., 2007). پائین بودن شاخص نسبت عملکرد امرژی در این سه نظام کشت نشان دهنده اتکا زیاد این نظام‌ها به منابع خریداری شده نسبت به منابع طبیعی رایگان می‌باشد. خصوصاً نظام کشت خیار گلخانه‌ای که کمترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص داد. در ارزیابی امرژی گندم شهرستان دزفول توسط تربک و همکاران (۱۳۹۳) این شاخص ۲/۴۵ به دست آمد. وانگ و همکاران (Wang et al., 2014) گزارش کردند که شاخص نسبت عملکرد امرژی برای گندم در چین ۱/۱۹ می‌باشد. در ارزیابی امرژی سیب‌زمینی در ایالت فلوریدا توسط برنت

ویلیامز (Brandt-Williams, 2002) شاخص نسبت عملکرد امرژی ۱/۲۴ به دست آمد. لاروزا و همکاران (La Rosa et al., 2008) در بررسی امرژی پرتقال در ایتالیا مقدار این شاخص را ۱/۵ گزارش کردند. فنگ و همکاران (Feng et al., 2013) در مطالعه‌ای که بر روی انگور در جنوب غرب چین انجام دادند شاخص نسبت عملکرد امرژی انگور را ۱/۰۷ به دست آوردند.

جدول ۲- شاخص‌های امرژی سه‌نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای سیستان

ردیف	شاخص	گندم	انگور یاقوتی	خیار گلخانه‌ای
۱	تجدید پذیری (R ٪)	۴۷/۷۳	۶۴/۹۴	۱۸/۷۵
۲	نسبت عملکرد امرژی (EYR)	۱/۴۱	۱/۳۱	۱/۰۰
۳	نسبت سرمایه‌گذاری امرژی (EIR)	۲/۴	۳/۲۵	۲۰۸۹
۴	نسبت بارگذاری بر محیط‌زیست (ELR)	۲/۴۱	۰/۵۴۱	۴/۳۴
۵	نسبت خودکفایی امرژی (ESR)	۰/۲۹۴	۰/۲۳۴	۰/۰۰۰۴
۶	شاخص پایداری (ESI)	۰/۵۸۵	۲/۴۲	۰/۲۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شاخص پایداری محیط زیست امرژی: شاخص پایداری محیط زیست امرژی میزان پلیداری یک نظام کشت را نشان می‌دهد. سیستم‌ها زمانی توانایی و پتانسیل توسعه را دارند که شاخص پایداری بین ۱ و ۱۰ باشد، درحالی که مقدار بالاتر از ۱۰ نشان دهنده یک سیستم اقتصادی توسعه نیافته بوده و کمتر از ۱ بدان معنی است که سیستم برای این‌که حفظ شود به یک ورودی بزرگ انرژی نیاز دارد. مقدار این شاخص در تحقیق حاضر برای نظام کشت گندم ۰/۵۸۵، برای نظام کشت انگور یاقوتی ۲/۴۲ و برای نظام کشت خیار گلخانه‌ای ۰/۲۳ بود که بیشترین پایداری مربوط به سیستم کشت انگور یاقوتی و کمترین پایداری مربوط به سیستم کشت خیار گلخانه‌ای می‌باشد. از نقاط قوت نظام کشت انگور یاقوتی سیستان این‌که علاوه بر داشتن بیشترین پایداری در بین سه‌نظام کشت موردبررسی شاخص پلیداری آن از متوسط شاخص پلیداری محیط‌زیست جهانی و متوسط آن در کشور ایران هم بالاتر است و در مقابل از نقاط ضعف سیستم کشت خیار گلخانه‌ای این‌که علاوه بر داشتن کمترین پایداری در بین سه نظام کشت مورد بررسی شاخص پایداری محیط زیست آن از متوسط شاخص پایداری جهانی و متوسط شاخص پایداری کشور ایران هم پایین‌تر است.

تربک و همکاران (۱۳۹۳) شاخص پلیداری محیط زیست را برای گندم شهرستان دزفول ۴/۹۹ اعلام کردند. غالی و پورتر (Ghaley and Porter, 2013) مقدار شاخص پایداری محیط زیست را برای گندم دانمارک ۰/۰۳ به دست آوردند. برنت ویلیامز (Brandt-Wiliams, 2002) در ارزیابی امرژی سیستم‌های مختلف کشت در ایالت فلوریدا شاخص پایداری را برای یولاف ۰/۶۸ و برای سیب‌زمینی ۰/۱۶ گزارش نمود.

مقایسه اقتصادی سه نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای سیستان: برای آنالیز اقتصادی سیستم تولید گندم، کل هزینه‌ها و سهم هر کدام، درآمدها، سود خالص، نسبت سود به هزینه، بهره‌وری و همچنین هزینهٔ تمام شده هر واحد انرژی خالص نیز محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج جدول ۳، ارزش فعلی فایده‌ها و هزینه‌های نظام‌های کشت در منطقه سیستان در جدول ۴ محاسبه گردید.

جدول ۳- آنالیز اقتصادی سه‌نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای سیستان

ردیف	اجزای اقتصادی	واحد	ارزش		
			گندم	انگور یاقوتی	خیار گلخانه‌ای
۱	عملکرد محصول	کیلوگرم در هکتار	۳۸۵۰	۱۰۶۰۰	۲۸۰۰۰۰
۲	قیمت فروش محصول	هزار ریال در هکتار	۴۶۲۰۰	۲۱۲۰۰۰	۲۸۰۰۰۰۰
۵	ارزش ناخالص تولید	هزار ریال در هکتار	۵۶۷۰۰	۲۱۲۰۰۰	۲۸۰۰۰۰۰
۶	درآمد ناخالص	هزار ریال در هکتار	۲۶۳۰۸	۱۴۹۶۸۴	۸۸۵۲۴۰
۷	کل هزینه‌های تولید	هزار ریال در هکتار	۳۵۳۹۲	۶۸۸۱۶	۲۰۱۴۷۶۰
۸	درآمد خالص	هزار ریال در هکتار	۲۱۳۰۸	۱۴۳۱۸۴	۷۸۵۲۴۰
۹	نسبت سود به هزینه	هزار ریال در هکتار	۱/۶	۳/۰۸	۱/۳۹
۱۰	بهره‌وری	کیلوگرم بر هزار ریال	۰/۱۰۹	۰/۱۵۴	۰/۰۰۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- محاسبه ارزش فعلی فایده‌ها و هزینه‌های نظام‌های کشت در منطقه سیستان

نظام‌های کشت	هزینه‌ها (C)	درآمدها (B)	P=TR-T	R,1,22%	BPV	CPV
گندم	۳۵۳۹۲۰۰۰	۵۶۷۰۰۰۰۰	۲۱۳۰۸۰۰۰	۰/۶۸۳۰۱	۶۹۱۷۴۰۰۰	۴۳۱۷۸۲۴۰
انگور	۶۸۸۱۶۰۰۰	۲۱۲۰۰۰۰۰۰	۱۴۳۱۸۴۰۰۰	۰/۶۸۳۰۱	۲۵۸۶۴۰۰۰۰	۸۳۹۵۵۵۲۰
خیار	۲۰۱۴۷۶۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰۰۰۰۰	۷۸۵۲۴۰۰۰۰	۰/۶۸۳۰۱	۳۴۱۶۰۰۰۰۰۰	۲۴۵۸۰۰۷۲۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۵- جدول تصمیم‌گیری جهت انتخاب اقتصادی‌ترین نظام کشت در منطقه سیستان

X		EUAC	EUAB	x-y	ΔEUAC	ΔEUAB	$\Delta EUAB/\Delta EUAC$	تصمیم
گندم	۱	۴۳۱۷۸۲۴۰	۶۹۱۷۴۰۰۰	۱-۰	۴۳۱۷۸۲۴۰	۶۹۱۷۴۰۰۰۹	۱/۰۶	انتخاب ۱
انگور	۲	۸۳۹۵۵۵۲۰	۲۵۸۶۴۰۰۰۰	۲-۱	۱۸۹۴۶۶۰۰۰	۴۰۷۷۷۲۸۰	۴/۶۴	انتخاب ۲
خیار	۳	۲۴۵۸۰۰۷۲۰۰	۳۴۱۶۰۰۰۰۰۰	۳-۲	۲۳۷۴۰۵۱۶۸۰	۳۱۵۷۳۶۰۰۰۰	۱/۳۲	انتخاب ۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شاخص نسبت سود به هزینه برای سه نظام کشت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای به ترتیب برابر با ۱/۶، ۴/۶۴ و ۱/۳۲ به دست آمد. بنابراین بالاترین نسبت سود به هزینه مربوط به انگور یاقوتی و کمترین نسبت سود به هزینه مربوط به نظام کشت خیار گلخانه‌ای، و گندم هم در حد وسط این دو نظام بود، یعنی کشاورز در انگور یاقوتی به نسبت هزینه‌ای که می‌کند در مقایسه با کشت خیار گلخانه‌ای تقریباً دو برابر سود بیشتری دارد. شاخص بهره‌وری برای سه نظام کشت فوق به ترتیب برابر با ۰/۱۰۹، ۰/۱۵۴ و ۰/۰۰۱ به دست آمد. نظام کشت خیار گلخانه‌ای کمترین بهره‌وری و انگور یاقوتی بیشترین بهره‌وری را نشان دادند. این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه در ظاهر سیستم کشت خیار گلخانه‌ای درآمد بیشتری را نصیب کشاورز می‌کند. در بین نظام‌های مورد بررسی کمترین نسبت سود به هزینه و کمترین بهره‌وری مربوط به نظام کشت خیار گلخانه‌ای می‌باشد. در سیستم‌هایی که انرژی بیشتری برای تولید مصرف می‌شود. تولید هر واحد از محصول با هزینه بیشتری صورت می‌گیرد. بنابراین توفیق کشاورز در بازار تجارت در گرو کاهش

انرژی مصـــرفی و افزایش بهره‌وری و کارایی آن و یا افزایش قابل توجه قیمت محصـولات اسـت و از آنجا که کشـاورز نمی‌تواند بر قیمت‌گذاری دخالتی داشـته باشد پس بهتر این است که برای سوددهی و موفقیت اقتصـادی سـیسـتم‌های تولید تا حد امکان مصـرف بی‌رویه انرژی را کاهش دهد و از حداقل امکانات حداکثر استفاده را ببرد.

تحلیل اقتصادی نظام کشت گندم استان کرمانشاه نشان داد که نسبت سود به هزینه در کشت گندم دیم برابر با ۱/۸۷ و در گندم آبی ۱/۸۵ بود. همچنین بهره‌وری برای گندم دیم و آبی به ترتیب برابر با ۰/۳۹ و ۰/۳۸ به دست آمد (اصغری پور و صالحی، ۱۳۹۴). در ترکیه برآورد نسبت سود به هزینه در محصولاتی مانند پرتقال، لیمو و نارنگی انجام گرفت که به‌ترتیب ۲/۳۷، ۱/۸۹ و ۱/۸۸ به دست آمد (Ozkan et al., 2004). همچنین در زردآلو در مزارع کوچک ۱/۱۱ و در مزارع بزرگ ۱/۱۹ به دست آمد (Esenguan et al., 2007).

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل امرژی با ارائه شاخصه‌هایی امکان ارزیابی پایداری نظام‌های کشـاورزی در درازمدت را فراهم می‌کند. در این مطالعه شاخص‌های مهم پایداری و بار زیسـت‌محیطی برای سـه نظام کشـت گندم، انگور یاقوتی و خیار گلخانه‌ای سیستان با استفاده از روش ارزیابی امرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین سـهم نهاده‌های طبیعی و مصـنوعی، و نهاده‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر برای سـه نظام مورد مطالعه مقایسـه شـد. نتایج به دسـت آمده در مقایسه با تعداد زیادی از مطالعات مشابه نشان می‌دهد، شاخص‌های امرژی انگور یاقوتی سیستان در مقایسه با گندم و خیار گلخانه‌ای و نیز در مقایسه با سایر نقاط دنیا بهتر و رضـایت‌بخش می‌باشـند. مقدار شـاخص بارگذاری زیست‌محیطی برای انگور یاقوتی نسبت به گندم و خیار گلخانه‌ای و نیز نسبت به مقدار متوسط جهانی آن بسیار پایین‌تر است، که این امر نشان‌دهنده فشار کمتر این نظام کشت بر محیط‌زیست می‌باشد. همچنین شاخص پایداری محیط‌زیست انگور یاقوتی نسـبت به گندم و خیار گلخانه‌ای و نسـبت به مقدار متوسـط جهانی آن بالاتر اسـت، که پایداری نسـبت خوب این سیستم را نشان می‌دهد. بنابراین نظام کشت انگور یاقوتی در مقایسه با گندم به دلیل داشتن تراکم امرژی بیشـتر در واحد سـطح، همچنین تلفات کمتر خاک از پایداری بالاتر و فشار زیست‌محیطی کمتری برخوردار اسـت که می‌تواند در توسـعه منطقه مدنظر قرار گیرد. نتایج نشـان می‌دهد که اگرچه در ظاهر سیستم کشت خیار گلخانه‌ای درآمد بیشتری را نصیب کشاورز می‌کند، در بین نظام‌های مورد بررسی کمترین نسبت سود به هزینه و کمترین بهره‌وری مربوط به‌نظام کشـت خیار گلخانه‌ای می‌باشـد. در سـیسـتم‌هایی که انرژی بیشـتری برای تولید مصـرف می‌شـود. تولید هر واحد از محصـول با هزینه بیشـتری صـورت می‌گیرد. بنابراین توفیق کشاورز در بازار تجارت در گرو کاهش انرژی مصـــرفی و افزایش بهره‌وری و کارایی آن و یا افزایش قابل‌توجه قیمت محصولات است و از آنجا که کشاورز نمی‌تواند بر قیمت‌گذاری دخالتی داشته باشد پس بهتر این اسـت که برای سـوددهی و موفقیت اقتصـادی سـیسـتم‌های تولید تا حد امکان مصـرف بی‌رویه انرژی را کاهش دهد و از حداقل امکانات حداکثر استفاده را ببرد.

درنتیجه‌گیری کلی از مجموع ارزیابی تلفیقی امرژی، انرژی و اقتصادی این سه نظام مورد بررسی چنین استنباط می‌شود که، نظام کشت خیار گلخانه‌ای تنها مزیت آن بالا بودن درآمد ناخالص آن است و در سایر شاخص‌ها اعم از شاخص‌های امرژی، انرژی و اقتصادی ضعیف و بعضا نامطلوب است، خصوصاً در

شاخص‌های زیست‌محیطی و پایداری. نظام کشت گندم ضعف اصلی آن درآمد خالص پائین آن بوده و تقریباً در سایر شاخص‌ها در حد متوسط و گاهی قابل قبول می‌باشد. درحالی‌که نظام کشت انگور یاقوتی در اکثر شاخص‌ها مثبت ارزیابی می‌شود. بنابراین استقرار نظام‌های تولید انگور یاقوتی در سطوح کوچک می‌تواند افزون بر سودآوری پیامدهای زیست‌محیطی حداقلی داشته باشد.

پیشنهادها

با توجه به نتایج این تحقیق برای مدیریت بهتر منابع انرژی پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

۱. تجزیه، تحلیل و بررسی دقیق منابع انرژی برای تمام نظام‌های کشاورزی با استفاده از روش ارزیابی امرژی با توجه به کارایی خوب این روش اجرا شود.

۲. با توجه به بالا بودن شاخص پایداری محیط زیست در نظام کشت انگور یاقوتی و پایین بودن فشار زیست‌محیطی این سیستم و از طرفی رضایت‌مندی کشاورزان انگور کار منطقه از میزان درآمد اقتصادی آن در مقایسه با سایر نظام‌های توسعه‌ای، نظام کشت قابل توصیه است.

۳. با توجه به این‌که در نظام کشت انگور یاقوتی بیشترین انرژی مصرفی مربوط به سه نهاده نیروی کارگری، آب آبیاری و کود نیتروژن می‌باشد، برای بهینه شدن مصرف انرژی در این نظام کشت باید با مدیریت بهتر و در صورت امکان استفاده از ماشین‌آلات مکانیزه و نیروی کارگری کاهش یابد و همچنین مدیریت کاهش مصرف آب آبیاری و کود نیتروژن در برنامه کاری قرار گیرد.

۴. با توجه به این‌که در نظام کشت خیار گلخانه‌ای سیستان، بیشترین انرژی مصرفی مربوط به دو نهاده گازوئیل و نیروی کارگری می‌باشد، کاهش مصرف و بهینه‌سازی مصرف این دو نهاده از طریق تغییرات مناسب در ساختمان و سازه‌های گلخانه و افزایش کارایی مصرف انرژی در داخل گلخانه و نیز افزایش مکانیزاسیون کاشت، داشت و برداشت کشت‌های گلخانه‌ای در برنامه کاری قرار گیرد. همچنین با توجه به پتانسیل بالای منطقه سیستان برای تولید انرژی‌های پاک (انرژی خورشیدی و بادی) برنامه‌ریزی برای استفاده از این انرژی‌ها در کشت‌های گلخانه‌ای می‌تواند راه‌گشا باشد.

منابع

احمدی، ک.، قلی‌زاده، ح.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، فضلی، م.، حسین‌پور، ر.، کاظمیان، ا. و رفیعی، م. (۱۳۹۵). آمار نامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی. چاپ اول. انتشارات لاله یاسان.

اصغری‌پور، م. ر. و صالحی، ف. (۱۳۹۴). کاربرد انرژی در تولید گندم: مقایسه تحلیلی نظام تولید گندم دیم و آبی در شهرستان کرمانشاه. بوم شناختی کشاورزی، ۵ (۱)، ۱۱-۱.

باقرزاده، آ. و تیموری، س. (۱۳۸۸). برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش کشاورزی. هفتمین همایش ملی انرژی.

تربک، ا.، ویسی، ه.، مهدوی، د. م.، کامبوزیا، ج. و دیهیم، ر. (۱۳۹۳). تجزیه‌وتحلیل امرژی: راهبردی برای توجه به کیفیت انرژی و اثرات محیط‌زیستی کشاورزی. کنفرانس سراسری الکترونیکی محیط‌زیست و انرژی ایران. شیراز، ۲۵ مهر.

رجبی، م. ح.، سلطانی، ا.، زینلی، ا. و سلطانی، ا. (۱۳۹۱). ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان. پژوهش‌های تولید گیاهی، ۱۹ (۳)، ۱۷۱-۱۴۳.

رحیمی‌زاده، م.، مدنی، ح.، رضادوست، س.، مهربان، ا. و مرجانی، ع. (۱۳۹۰). تجزیه‌وتحلیل انرژی در بوم نظام‌های کشاورزی و راهکارهای افزایش کارایی انرژی. ششمین همایش ملی انرژی. تهران. ۲۲ خرداد.

رضایی، ب.، نادری، ن. و رستمی، س. (۱۳۹۷). ضرورت توسعه کارآفرینی سبز در بخش کشاورزی. مطالعات کارآفرینی و توسعه پایدار کشاورزی، ۵ (۱)، ۱۶-۱.

سلیمی‌پور، س.ع. و نقش‌بندی، ی. (۱۳۹۴). امرژی: مفهوم، ضرورت و کاربردها. فناوری‌های نوین در سیستم‌های انرژی، ۲، ۵۶-۴۸.

عامری، ع. ا. (۱۳۷۸). بررسی کارایی انرژی در سیستم‌های سنتی و مدرن کشاورزی. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس سراسری روستا و انرژی، کاشان، ۵۲۰-۵۰۱.

کریمی، س. (۱۳۹۶). کشاورزی ارگانیک، فرصتی برای کارآفرینی کشاورزی. مطالعات کارآفرینی و توسعه پایدار کشاورزی، ۴ (۳)، ۱۳-۲۴.

کوچکی، ع. و حسینی، م. (۱۳۷۳). کارآیی انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی. چاپ اول. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع.، رضوانی، پ. و بهشتی، ع. (۱۳۸۰). اگرواکولوژی (ترجمه). چاپ اول. مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

ویسی، ه.، تربک، آ.، کامبوزیا، ج.، مهدوی دامغانی، ع. و دیهیم فرد، ر. (۱۳۹۵). ارزیابی عملکرد و پایداری امرژی سه‌نظام کشاورزی: مطالعه‌ی موردی، بوم نظام‌های گندم، ذرت دانه‌ای پاییزه و ذرت علوفه‌ای بهاره در شهرستان دزفول استان خوزستان. کشاورزی بوم‌شناختی، ۶ (۲)، ۱۶۱-۱۴۰.

یوسفی، م. (۱۳۸۹). مطالعه کارایی انرژی و پایداری بوم‌نظام‌های زراعی تولید گندم در شهرستان کنگاور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه شهید بهشتی. پژوهشکده علوم محیطی.

Alam, M. S., Alam, M. R. & Islam, K. K. (2005). Energy Flow in Agriculture: Bangladesh. American Journal of Environmental Sciences, 1 (3), 213–220.

Bastianoni, S., Pulselli, F. M., Panzieri, M. & Rustici, M. (2006). Exergy versus emergy flow in ecosystem: Is there an order maximaization? Ecological Indicators, 6, 58-62

Brandt-Williams, S. L. (2002). Handbook of emergy evaluation: a compendium of data for emergy computation issued in a series of Folios. Center for Environmental Policy Environmental Engineering Science. University of Floriga, Gainesville.

Brown, M. T. & Vivas, M. B. (2007). Landscape development intensity index. Environmental Monitoring and Assessment, 101 (1-3), 289-309.

Conforti, P., and Giampietro, M. 2020. Fossil energy use in agriculture: an international comparison. Agriculture, ecosystems and environment, 65 (3), 231-243.

Chen, B., Chen, Z., Zhou, Y., Zhou, J., and Chen, G. 2023. Emergy as embodied energy based assessment for local sustainability of a constructed wetland in Beijing.

Esengun, K., Gunduz, O. & Erdal, G. (2007). Input–output energy analysis in dry apric\ot production of Turkey. Energy Convers Manage, 48,592–598.

Feng, J., Lu, S., Fu, Z. & Tian, D. (2013). Emergy analysis of protected grape production system in China. Advanced Materials Research, 76, 3938-3942.

Ghaley, B. & Porter, J. R. (2013). Emergy synthesis of a combined food and energy production system compared to conventional wheat (*Triticum aestivum*) production system. Ecological Indicators, 24, 534–542.

Gundogmuş, E. (2006). Energy use on organic farming: A comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. Energy conversion and management, 47 (18), 3351-3359.

Hatirli, S. A., Ozkan, B. & Fert, C. (2005). An econometric analysis of energy input–output in Turkish agriculture. Renewable and sustainable energy reviews, 9 (6), 608-623.

Hu, S., Mo, X., Lin, Z. & Qiu, J. (2010). Emergy assessment of a wheat-maize rotation system with different water assignments in the North China Plain. Environmental management, 46 (4), 643-657.

Kaltsas, A. M., Mamolos, A. P., Tsatsarelis, C. A., Nanos, G. D. & Kalburtji, K. L. (2007). Energy budget in organic and conventional olive groves. Agric.Ecosyst. Environ, 122, 243-251.

La Rosa, A. D., Siracusa, G. & Cavallaro, R. (2008). Emergy evaaqq Aaluation of Sicilian red orange production. A comparisonbetween organic and conventional farming. Journal of Cleaner Production, 16, 1907-1914.

Lefroy, E. & Rydberg, T. (2003). Emergy evaluation of three cropping systems in southwestern Australia. Ecological Modelling, 161 (3), 195-211

Mohammad ghasemi, M., 2۰21. Cost-Benefit Analysis of Agricultural Products in Sistan Region ». Journal of Rural and

Development Research. 11(4), 69-71.

Ortega, E., Cavalett, O., Bonifácio, R., and Watanabe, M. 2023. Brazilian soybean production: emergy analysis with an expanded scope. Bulletin of Science, Technology and Society, 25 (4), 323-334.

Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C. (2004). Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy, 29, 39–51.

Ozkan, B., Kurklu, A., & Akcaoz, H. (2004). An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass and Bioenergy, 26 (1), 89-95.

Tipi, T., Cetin, B. & Vardar. A. (2009). An analysis of energy use and input cost for wheat production in turkey. J. Agric. Environ, 7, 352-356.

Voora, V. & Thrift, C. (2010). Using emergy to value ecosystem goods and services: International Institute for Sustainable Development.

Wang, X., Chen, Y., Gao, W., Qin, J., Zhang, F. & Wu, X. (2014). Emergy analysis of grain production systems on large-scale farms in the North China Plain based on LCA. Agricultural Systems, 128, 66–78.