

تعیین تابع تولید انرژی محصولات زراعی منطقه سیستان

Determining the Energy Production Function of Crops in Sistan Region

علی سردار شهرکی^{۱*}، ندا علی احمدی^۲

۱. دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران، (نگارنده مسئول)

۲. دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2025.366596.1680

چکیده

سردار شهرکی، ع.، علی احمدی، ن.،. تعیین تابع تولید انرژی محصولات زراعی منطقه سیستان
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۶- شماره ۴- پایاند ۱۴۱ زمستان ۱۴۰۲ صفحه: ۷۴-۸۹

انرژی در بخش کشاورزی و زراعی بسیار حایز اهمیت می باشد. این بخش می تواند سهم عمده ایی از مصرف انرژی را به خود اختصاص دهد. از طرفی بخش زراعی در منطقه سیستان بدلیل خشکسالی های اخیر، وارد تنش های زیادی شده و بررسی توابع انرژی آن ضرورت دارد. از اینرو در این پژوهش، تعیین تابع تولید انرژی محصولات زراعی منطقه سیستان مدنظر می باشد. متوسط عملکرد محصول و مقدار کل انرژی خروجی محاسبه شده ۱۲۶۵۸/۷ کیلوگرم بر هکتار و ۱۸۷۵۶۹/۲۵ مگاژول بر هکتار به دست آمد. همچنین پس از سوخت، انرژی بذر و آبیاری به ترتیب با ۴۵۸۲/۰۹ و ۲۵۶۹/۸ مگاژول بیشترین میزان نهاده مصرفی را به خود اختصاص داده اند. کاهش منفی نهاده انرژی آبیاری و انرژی سوخت (۰/۰۶-)، انرژی حمل و نقل و سوخت (۲/۸۹-) و ماشین آلات و کودشیمیایی (۰/۴۹-) نشان می دهد که مصرف این نهاده ها وارد ناحیه سوم اقتصادی شده و بیش از حد مصرف می شود. با توجه به نتایج بدست آمده، پیشنهاد می شود که طرح آبیاری با سیستم های نوین آبیاری از طریق طرح مصوب ۴۶ هزار هکتاری در منطقه مورد توجه جدی تر مسئولین قرار گیرد.

واژه های کلیدی: تابع تولید، انرژی، محصولات زراعی، منطقه سیستان

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: Email: a.shahraki65@gmail.com

مقدمه

با توجه به منابع طبیعی کم و اثرهای سوء ناشی از استفاده نامناسب از منابع مختلف انرژی روی سلامتی انسان و اکوسیستم لازمه بررسی الگوی مصرف انرژی در بخش کشاورزی ضروری شده است (Shahraki et al., 2023). مطالعه روند سیر مصرف انرژی نشان می‌دهد که برای شناختن تغییرهای تکنولوژی در کشاورزی می‌توان شکل‌های مختلف انرژی مثل آب، نیروی انسانی و زمین را که در فعالیت‌های گوناگون بکار گرفته می‌شوند، را ارزیابی نمود (Sardar Shahraki & Ghasemi, 2023). حوزه کشاورزی همیشه میل زیادی به مصرف نهاده‌ی انرژی داشته است که شاید اصلی‌ترین دلیل رشد مصرف، توزیع یارانه‌ای آن است. سرانه مصرف انرژی کشور ایران در حوزه کشاورزی در این کشور ۴/۳ برابر متوسط جهانی می‌باشد (Energy balance, 2023). از طرف دیگر در حال حاضر بحران ناشی مصرف‌های بیش از حد مواد و انرژی و زیاد شدن آلودگی‌های وارد به اکوسیستم به عنوان چالش‌های پیش‌روی انسان‌ها مطرح است. از آنجایی که پرداختن سوبسیدهای گوناگون برای نهاده‌های کشاورزی^۱ در صورت بهینه‌بودن آن می‌تواند اثرات منفی و هزینه‌های بیش از حدی از جمله کاهش بهره‌وری نهاده‌های تولید، آلودگی و تخریب اکوسیستم را به همراه داشته باشد (Sardar Shahraki & Ghasemi, 2023). این در حالیست که افزایش رشد جمعیت و بحران کمبود غذا انسان را ناچار از استفاده مواد شیمیایی و مکانیزاسیون در کشاورزی

نموده که علاوه بر به هم خوردن توازن زیست‌شناسی و آثار سو بر محیط زیست کارایی انرژی را کم کم کاهش داده است (Shahbakhsh et al., 2020).

حوزه کشاورزی نقش اساسی و حیاتی در اقتصاد ملی و تولید مواد غذایی کشورها را به خود اختصاص داده است، لذا استفاده موثر از انرژی نقش اساسی در تثبیت تولید بهینه‌سازی اقتصادی سیستم حفظ ذخایر سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا دارد، تجزیه و تحلیل انرژی در بخش کشاورزی می‌تواند در ارزیابی فشار فعالیت‌های انسان بر تعادل و پایداری محیطی موجود در الگوهای جریان انرژی و تغییر آنها مورد استفاده قرار گیرد، اگرچه بالا رفتن سطح مکانیزاسیون در سیستم‌های رایج کشاورزی موجب افزایش تولید شده است، اما مصرف انرژی در بخش کشاورزی به طور روز افزون زیاد و کارایی انرژی مصرفی کم شده است (Shahraki et al., 2023). در سال‌های اخیر مناقشات زیادی در رابطه با مباحث کشاورزی و محیط‌زیست به وجود آمده است که یکی از مهمترین موضوعات این مناقشات بحث کارایی انرژی در سیستم‌های کشاورزی است که طی سالهای اخیر پیشرفت قابل توجهی نداشته است و در برخی موارد کاهش یافته است (Hatirli et al., 2005). کشاورزی به انرژی به خصوص سوخت‌های فسیلی وابسته است و گردش انرژی یکی از بحث‌های بوم‌شناسی کشاورزی^۲ است و در نقطه‌های متفاوت جهان نسبت انرژی

۲- Energy Efficiency

۳- Agricultural Ecology

۱- Agricultural Inputs

خروجی و ورودی در اکوسیستم های مختلف کشاورزی اندازه گیری شده است (Ozkan *et al.* 2024). توجه به منابع طبیعی محدود و اثرات سواناشی از استفاده نامناسب از منابع های مختلف انرژی برسلامتی انسان و اکوسیستم لازمی بررسی الگوهای مصرف انرژی را در بخش کشاورزی ضروری ساخته است (Hatirli *et al.* 2005). در بسیاری از موارد کشاورزان برای زیادکردن تولید محصولات انرژی بیشتری را مصرف می کنند (Ozkan *et al.* 2004). امروزه بحران ناشی از مصرف بی رویه مواد و انرژی و افزایش آلودگی هایی که به اکوسیستم وارد شده به عنوان چالش های پیش روی بشر مطرح شده است (World Bank. 2020). از مهمترین منابع تخریب محیط زیست در ایران و همچنین بخش کشاورزی، می توان به آب و زمین های کشاورزی اشاره کرد.

منطقه سیستان در شمال استان سیستان و بلوچستان قرار دارد. شغل اکثریت مردمان این منطقه در بخش کشاورزی واقع شده است و درسالهای اخیر بدلیل خشکسالی مکرر، این بخش با تنش های مختلفی روبروست. توسعه این بخش می تواند به توسعه سیستان کمک کند. بررسی تابع تقاضای انرژی برای محصولات مهم این منطقه می تواند، مشکلات عدیده ای در این بخش را بکاهد. از اینرو اهداف این تحقیق ارزیابی سهم انرژی هر یک از نهادهای مصرفی در تولید محصولات کشاورزی منتخب و تعیین تابع تولید انرژی محصولات کشاورزی براساس انرژی نهاده ها و ستانده ها در منطقه سیستان می باشد. در این ارتباط پژوهش های متعددی

انجام گرفته است. (Shiri & Piltan 2010) به برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش صنعت فلز ایران با استفاده از الگوریتم گروه ذرات پرداختند. دراین مقاله از توابع خطی و غیرخطی با ضرایب به دست آمده با استفاده از الگوریتم بهینه سازی گروه ذرات (PSO) برای پیش بینی و تحلیل انرژی در بخش صنعت فلز ایران استفاده شد. (Yadav & Singh 1991) در پاکستان به بررسی ارزیابی اقتصادی انرژی مصرف شده در تولید سبب زمینی پرداخته اند. بر این اساس، مقدار کل انرژی مصرف شده در هکتار ۶۵۴۷ مگاژول برآورد شد که سهم انرژی کودهای شیمیایی و اماده کردن دانه بیشترین میزان بوده است. (Tsatsarelis 1991) در مطالعه ای به منظور بررسی انرژی مورد نیاز برای تولید پنبه در مرکز یونان پرداخت. نتایج وی نشان داد که انرژی مصرف شده ۸۲۹۰۰ مگاژول بر هکتار بوده است که انرژی آبیاری و کود به عنوان مهم ترین نهاده مصرف کننده انرژی، بیشترین سهم را از کل انرژی ورودی داشتند. همچنین عملکرد پنبه و کل انرژی خروجی نیز به ترتیب برابر ۱۰۲۴ کیلوگرم بر هکتار و ۱۴۸۳۲۰ مگاژول بر هکتار گزارش گردید. (Young 2005)، رابطه علیت بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی را با استفاده از داده های سری زمانی ۱۹۵۴ تا ۱۹۹۷ مورد آزمون قرار داده است. نتایج آزمون علیت گرنجر حاکی است که رابطه دوطرفه بین مصرف کل انرژی و تولید ناخالص داخلی وجود دارد. (Yilmaz *et al.* 2004) تحلیلی از مصرف انرژی و هزینه های نهاده ها در تولید پنبه در ترکیه انجام دادند. نتایج نشان داد که

گیگاژول بر هکتار و ۷۲/۲۲ به ۱۳۰/۵ گیگاژول بر هکتار افزایش یافته است. این امر نشان دهنده آن است که کارایی انرژی یعنی نسبت ستاده به داده انرژی از ۱۱/۲۸ درصد به ۸/۱ درصد گیگاژول کاهش یافته است که در نتیجه نهاده انرژی سریع تر از ستاده انرژی افزایش یافته و به تبع آن کارایی مصرف انرژی کاهش یافته است. (Tipi et al 2009) با آنالیز مصرف انرژی از ۹۷ مزرعه گندم واقع در ایالت مارمارای ترکیه نشان دادند که تولید گندم به میزان ۲۰۶۵۳/۵ مگاژول در هکتار انرژی مصرف می کند، که از این میان انرژی ورودی سوخت با ۴۵/۱۵ درصد بیشترین سهم را در کل انرژی مصرفی داشته و به دنبال آن کودهای شیمیایی با ۳۴/۲۱ درصد بودند. آنها همچنین نسبت انرژی را ۳/۰۹ برآورد کرده و به این نتیجه رسیدند که با افزایش اندازه مزارع گندم نسبت انرژی نیز افزایش خواهد یافت. بنابراین با توجه به مطالعات داخلی و خارجی لازم با توجه به اهمیت بخش زراعی در منطقه سیستان و به علت خشکسالی های پی در پی اخیر، وارد تنش های زیادی شده، لذا بررسی توابع انرژی آن ضرورت دارد. از اینرو در این پژوهش، تعیین تابع تولید انرژی محصولات زراعی منطقه سیستان با تابع ترانسلوگک مدنظر قرار گرفته است.

روش تحقیق

از مهمترین علل به کارگیری گسترده این تابع توسط اقتصاد دانان امروز، سهولت در تفسیر نتایج و نیز محاسبات لازم در استخراج تابع هزینه ترانسلوگک است (Johansen. 1972). این تابع نیز تمامی ویژگی های تابع تولید

تولید پنبه به طور کلی ۴۹/۷۳ گیگاژول بر هکتار انرژی مصرف کرده که ۳۱/۱ درصد آن مربوط به مصرف گازوئیل و بقیه مربوط به مصرف کودهای شیمیایی و ماشین آلات بوده است. همچنین نتایج نشان داد که بازده خالص در هر کیلوگرم پنبه برای پوشاندن کل هزینه های تولید در منطقه ناکافی است. مهم ترین هزینه مربوط به نیروی کار و سپس ماشین آلات، اجاره زمین و سموم بوده است. مزارع بزرگ در بهره وری انرژی و کارایی مصرف موفق تر بوده اند. در نهایت نتیجه گرفتند که مدیریت انرژی در سطح مزرعه به کارایی بیشتر و مصرف اقتصادی تر انرژی مساعدت می نماید. (Ozkan et al 2024) بیان کردند که میزان انرژی در کشت ۳۶ محصول عمده ترکیه به ازای هر هکتار از ۱۷/۴ به ۴۷/۴ گیگاژول افزایش یافته در حالی که میزان خروجی انرژی طی همین مدت با رشدی کمتر از ۳۸/۸ به ۵۵/۸ گیگاژول رسیده است. بدین ترتیب طی ۲۵ سال کارایی انرژی در ترکیه از ۲/۲۳ به ۱/۱۸ کاهش یافته است. نتایج تحقیقات (۲۰۰۵) Hatirli et al در تولید محصولات زراعی در ترکیه نشان داد که نسبت انرژی ستانده به انرژی نهاده از ۱/۳۸ در سال ۱۹۷۵ به ۰/۸۵ در سال ۲۰۰۰ کاهش یافته است. (Alam et al 2005) به بررسی جریان انرژی در کشاورزی بنگلادش در دوره ۱۹۸۰-۲۰۰۰ پرداختند. انرژی مورد بررسی، انرژی انسانی و حیوانی، ماشین آلات، الکتریسیته، گازوئیل، کود و سموم شیمیایی می باشد. نتایج مطالعه نشان داد که در طول دوره، نهاده و ستاده انرژی برای تولیدات کشاورزی به ترتیب از ۶/۴ به ۱۷/۳۲

معادلات سهم هزینه که بر طبق قضیه شفارد همان معادلات تقاضای مشروط می باشد به صورت زیر ارائه گردیده است:

فرمول (۴)

$$S_i = \frac{\log c}{\log P_i} = \frac{X_i P_i}{c} = a_i + \alpha g_i \ln P_i + g_{i0} \ln Q$$

که در آن $c = \sum X_i P_i$ سهم هزینه نهاده نام است. با توجه به خواص تئوری تولید نئوکلاسیک مبنی بر جمع پذیر بودن سهم هزینه، محدودیت های زیر برای توابع تقاضا با معادلات سهم اعمال گردیده است.

فرمول (۵)

$$\sum \alpha_i = 1, \quad \sum \gamma_{iQ} = \sum \gamma_{ij} = \sum \gamma_{Qi} = 0$$

(۵)

(ب) فرض تقارن (فرمول ۶)

$$\sum \gamma_{ij} = \sum \gamma_{ji}$$

از طرف دیگر، چون مجموع سهم های هزینه برابر واحد است $(\sum S_i = 1)$ ، با اعمال این شرایط بر توابع هزینه فوق احتیاج به نوشتن $n-1$ سهم داریم و قیمت ها در تابع اصلی به صورت نسبی در می آیند. به منظور جلوگیری از صفر شدن ماتریس واریانس کواریانس اجزاء اخلاص، یکی از معادلات سهم هزینه حذف می شود و معمولاً در کارهای تجربی معادله ای حذف می شود که کمترین سهم را در هزینه های تولید داشته باشد (Mcgeehan, 1993).

کشش های جانشینی خودی و متقاطع آلن^۴ (ASE): این نوع کشش، که تحت عنوان کشش جانشینی آلن - اوزاوا نامگذاری گردیده، برای

نئوکلاسیک را تأمین می کند. از مشخصات دیگر این تابع آن است که اجازه می دهد کشش های جانشینی و کشش های تولیدی بسته به سطح مصرف نهاده ها تغییر کند. به علاوه مشتق اول این تابع محدودیتی از نظر علامت ندارد. به عبارت دیگر تابع ترانسلوگ هر سه ناحیه تولیدی را نشان می دهد و تولید نهایی در آن فزاینده، کاهنده و یا منفی است. در تابع ترانسلوگ علاوه بر پارامترهای متغیرهای اصلی ضرایب روابط متقابل متغیرها نیز برآورد می شود. شرط ضروری در این تابع تعریف نشده است (Christensen et al., 1971). فرم کلی این تابع به صورت زیر است:

فرمول (۱)

$$= a_0 \prod_{i=1}^n X_i^{a_i} e^{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} \ln X_i \ln X_j}$$

که در آن، Y ستانده، a_0 کارایی، X_i و X_j مقادیر نهاده i, j و a_i و γ_{ij} پارامترهای نامعلوم هستند. فرم لگاریتمی این تابع به صورت زیر است:

فرمول (۲)

$$\ln a_0 + \sum_{i=1}^n (a_i \ln X_i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\gamma_{ij} \ln X_i \ln X_j)$$

هر تابع تولید یک تابع هزینه دارد، بنابراین فرم هزینه تابع ترانسلوگ به شکل زیر است (برای استخراج این تابع باید از بسط دوم سری تیلور استفاده کرد)

رل (۳)

$$\ln c = \ln a_0 + \sum a_i \ln P_i + a_0 \ln Q + \frac{1}{2} \sum \alpha g_i \ln P_i \ln P_i + \frac{1}{2} g_{i0} \ln Q \ln P_i + \frac{1}{2} g_{i0} (\ln Q)^2$$

که در آن $i, j = 1, \dots, N$ که در رابطه بالا P_j و P_i قیمت نهاده ها و C هزینه کل می باشد.

^۴ Alen -Uzawa Partial Elasticity's Of Substitution

فرمول (۱۰)

$$\varepsilon_{ii} = \theta_{ii} s_i \quad , \quad \varepsilon_{ij} = \theta_{ij} s_j \quad ; \text{ for } i \neq j$$

اصطلاحاً، تقاضا برای نهاده موردنظر، α_m کشش پذیر (باکشش)، کمک شش و بدون کشش است اگر ε_{ij} بهتر تیب بزرگتر، کوچکتر و مساوی یک باشد. کشش های جانشینی آلن، هیچ اطلاعاتی درباره درجه انحنای منحنی تولید یکسان و سهم نسبی هزینه ها نشان نداده و نمی توان آنرا به عنوان نرخ نهائی جانشینی^۷ تلقی کرد و نیز این مورد که کشش جانشینی آلن دارای اطلاعات کم میباشد. داده های مورد نیاز این پژوهش مربوط به سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ می باشد که شامل اطلاعات نهاده های مصرفی سوخت، بذر، نیروی کار، سم، کود شیمیایی، آبیاری، ماشین آلات (تراکتور، کمباین، گاوآهن و دیسک) و حمل و نقل و ستانده محصولات کشاورزی منتخب منطقه سیستان می باشد، که با مراجعه مستقیم و با استفاده از پرسشنامه و جمع آوری اطلاعات از تولید کنندگان فراهم شده است. در این پژوهش به روش نمونه گیری تصادفی ساده^۸ و تعداد ۳۸۰ نفر کشاورز بطور تصادفی انتخاب گردید و مورد مصاحبه قرار گرفتند. جهت تحلیل داده ها و برآورد مدل های گفته شده از بسته های نرم افزاری EXCEL و EVIEWS استفاده شد.

نتیجه گیری

انرژی مصرفی برای تولید کشاورزی شامل دو بخش است:
(۱) انرژی مستقیم

گروه بندی هر جفت از نهاده ها از لحاظ جانشینی و مکملی بکار برده میشود. کشش های جانشینی متقاطع آلن، درجه جانشینی بیند و نهاده را نشان می دهد، که این کشش بصورت زیر تعریف می شود:

فرمول (۷)

$$q_{ij} = \frac{(s_i^2 c / s p_j s_{pi}) c}{(s c / s p_i) / (s c / s p_j)}$$

این نوع کشش، برای تابع هزینه ترانسوگ، به صورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

فرمول (۸)

$$\theta_{ij} = \frac{\gamma_{ii} + (s_i - 1)}{s_i^2}, \theta_{ij} = \frac{\gamma_{ii+1}}{s_i^2} \quad ; \text{ for } i \neq j$$

اگر مقدار جبری کشش جانشینی متقاطع، مثبت بوده باشد، $\theta_{ij} \geq 0$ نشانگر این است که بین دو نهاده رابطه جانشینی وجود دارد. و اگر $\theta_{ij} \leq 0$ نشانگر رابطه مکملی است. در ارتباط باکشش های خودی آلن، انتظار بر این است که علائم این نوع از کشش ها، منفی بوده باشند. به خاطر اینکه تقاضای هر کالا (به جز کالاهای گیفن^۵)، باقیمت آن رابطه عکس دارد. نوع دیگر کشش ها، کشش های قیمتی خودی و متقاطع تقاضای نهاده ها^۶ هستند، این کشش ها به صورت زیر تعریف گردیده اند.

فرمول (۹)

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln p_j} = \frac{\partial x_i}{\partial p_j} \cdot \frac{p_j}{x_i}$$

در توابعه زین هترانسوگ، این نوع از کشش ها به صورت زیر محاسبه می گردند:

۷- Marginal Rate of Substitution

۸- Simple Random Sampling

۵- Giffen Goods

۶- Uninfor-Isoquant Mative

(2) انرژی غیرمستقیم

الف) مصرف مستقیم انرژی در تولید شامل:

(۱) سوخت مورد نیاز تراکتورها (عمدتا گازوئیل) جهت آماده کردن زمین، کاشت، داشت، برداشت و حمل و نقل.

(1) نیروی کار (انسانی) جهت انجام کلیه عملیات زراعی.

(2) انرژی برق جهت پمپ های آبیاری.

ب) مصرف غیرمستقیم انرژی در تولید:

(۱) انرژی مصرفی جهت ساخت و حمل و نقل کودهای شیمیایی.

(۲) انرژی مورد نیاز برای تولید و حمل و نقل سموم شیمیایی همچون علف کش ها و آفت کش ها.

(۳) انرژی مورد نیاز به منظور ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین های کشاورزی.

(۴) انرژی موجود در بذر.

سوخت: به منظور تخمین مصرف سوخت، مدت زمان هر عملیات از آغاز تا پایان بطور جداگانه محاسبه شده و سپس با توجه به تجربه کاری خدمه تراکتور در طی سنوات گذشته، میزان سوخت مصرفی براساس رابطه زیر محاسبه شد.

فرمول (۱۱)

$$FT = t \times FH$$

که در آن FT سوخت مورد نیاز برای انجام عملیات زراعی در سطح یک هکتار (لیتر بر هکتار)، t مدت زمان کارکرد تراکتور (ساعت در هکتار) و FH سوخت مورد نیاز تراکتور در یک ساعت انجام عملیات (لیتر بر ساعت) می باشد. همچنین در مزارعی که برای عملیات

پمپاژ آب از سوخت دیزل استفاده می کردند، مقدار سوخت مصرفی از رابطه (۱۱) محاسبه شد.

نیروی انسانی: در کلیه مراحل عملیات زراعی، تعداد ساعات کار در مزرعه از خدمه تراکتور گرفته تا کارگران مزرعه بر حسب ساعت در هکتار ثبت شدند و پس از آن با توجه به ضریب تبدیل انرژی جهت نیروی کار، کل انرژی ورودی انسانی برای عملیات زراعی مختلف بر حسب مگاژول در هکتار معادل سازی شد (جدول ۱). بعد از انجام محاسبات مربوط به انرژی مستقیم، در قسمت بعد کل انرژی های غیرمستقیم محاسبه شدند که در این مرحله با هدف برآورد مصرف انرژی ورودی های غیرمستقیم در مزارع تولید محصولات و از آنجایی که اکثر کشاورزان منطقه از سطح سواد پایینی برخوردار بوده و اطلاعات اندکی در رابطه با کلیات ساخت نهاده های کشاورزی دارند، اطلاعات تخصصی تر شامل درصد عناصر غذایی کودهای شیمیایی، درصد ماده مؤثره سموم شیمیایی و وزن ادوات و ماشین آلات مورد استفاده به همراه عمر مفیدشان، از سازندگان مربوط به هر مورد ذکر شده بدست آمد.

کودهای شیمیایی: میزان مصرف انواع کودهای شیمیایی در مراحل مختلف کاشت و داشت برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد و پس از آن با توجه به ضریب تبدیل انرژی جهت کودهای شیمیایی، کل انرژی ورودی کود شیمیایی برای عملیات زراعی مختلف بر حسب مگاژول در هکتار معادل سازی شد (جدول ۱).

و نقل ادوات و ماشین آلات مورد استفاده در مزارع می باشد (کالتاس و همکاران، ۲۰۰۷).
بذره: میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) در هر مزرعه ثبت شده و سپس با استفاده از ضریب تبدیل انرژی، کل انرژی موجود در بذر بر حسب مگاژول در هکتار محاسبه شد. در مرحله آخر نیز پس از برداشت محصول میزان انرژی خروجی بصورت زیر محاسبه شد. با محاسبه عملکرد اقتصادی و بدست آوردن شاخص برداشت از منابع متعدد (۰/۴۵)، میزان بیولوژیکی (عملکرد دانه و کاه و کلش) در سطح یک هکتار از رابطه زیر محاسبه شد:

فرمول (۱۳)

$$HI = Gy / (Gy + NGy)$$

که در آن HI شاخص برداشت محصول به میزان ۴۵ درصد می باشد که از منابع متعدد استخراج شده است. Gy عملکرد اقتصادی می باشد (کیلوگرم در هکتار)، $Gy + NGy$ عملکرد بیولوژیکی می باشد (کیلوگرم در هکتار). بدین ترتیب میزان انرژی موجود از حاصل ضرب کل خروجی در عدد ۰/۷۵ و ضریب تبدیل انرژی (۱۲/۵ مگاژول بر کیلوگرم) بر حسب مگاژول در هکتار محاسبه شد. میزان انرژی موجود نیز با استفاده از ضریب تبدیل انرژی (۱۴/۷ مگاژول بر کیلوگرم) بر حسب مگاژول در هکتار محاسبه گردید.

مقادیر نهاده های مصرفی، عملکرد محصول و انرژی ورودی و خروجی در تولید محصولات کشاورزی در جدول (۱) نمایش داده شده است. براساس نتایج بدست آمده، در بین نهاده ای مصرفی، سوخت بیشترین میزان انرژی

سموم شیمیایی: میزان مصرف انواع سموم شیمیایی در مراحل مختلف کاشت و داشت برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد و پس از آن با توجه به ضریب تبدیل انرژی جهت سموم شیمیایی، کل انرژی ورودی سموم شیمیایی برای عملیات زراعی مختلف بر حسب مگاژول در هکتار معادل سازی شد (جدول ۱).
آبیاری: میزان مصرف آب در مراحل مختلف کاشت و داشت برحسب لیتر در کیلوگرم محاسبه شد و پس از آن با توجه به ضریب تبدیل انرژی جهت آبیاری، کل انرژی ورودی آبیاری برای عملیات زراعی مختلف بر حسب مگاژول در هکتار معادل سازی شد (جدول ۱).

ادوات و ماشین آلات: انرژی کاربرد ماشین آلات و ادوات براساس مطالعات قبلی (کالتاس و همکاران، ۲۰۰۷) طبق رابطه زیر محاسبه شد:

فرمول (۱۲)

$$E_m = \left(\frac{E \times W}{L_t} \right) \times t$$

که در آن E_m انرژی کاربرد ادوات و ماشین آلات جهت انجام عملیات زراعی (مگاژول در هکتار)، E انرژی برای ساخت، تعمیر و نگهداری و حمل و نقل ماشین آلات و ادوات (مگاژول بر کیلوگرم)، W وزن ادوات و ماشین آلات (کیلوگرم)، L_t عمر مفید ادوات و ماشین آلات (ساعت) و t مدت زمان کاربرد ادوات و ماشین آلات (ساعت) است. E عدد ثابت و معادل ۱۴۲/۷ مگاژول بر کیلوگرم می باشد که شامل ۸۶/۳۸ مگاژول بر کیلوگرم برای ساخت، ۴۷/۵ مگاژول بر کیلوگرم برای تعمیر و نگهداری و ۸/۸ مگاژول بر کیلوگرم برای حمل

جدول ۱- مقدار نهاده های مصرفی، ستانده و میزان انرژی آنها برای تولید یک هکتار محصولات کشاورزی در منطقه سیستان

Table 1- Amount of consumed inputs, output and their amount of energy to produce one hectare of agricultural products in Sistan region.

نهاده / ستانده input/output	واحد Unit	مقدار مصرف Consumption amount	انرژی معادل Equivalent (MJ/ha)energy	انرژی کل (MJ/ha) total energy
نیروی کار Work Force	ha	102.33	3.45	280.36
کود شیمیایی Fertilizer	Kg*ha	99.98	33.45	1200.32
بذر Seed	Kg*ha	365.54	35.2	4589.02
سم Poison	Lit*ha	12.56	258.9	2369.45
ماشین آلات Machinery	تراکتور Tractor	ha	45.20	869.25
	گاوا آهن Iron Cow	ha	9.2	96.20
	دیسک Disc	ha	12.25	103.45
	کمباین Combine Harvester	ha	3.23	526.14
سوخت Fuel	Lit*ha	250.23	78.3	9896.5
آبیاری Watering Systems	Lit*kg	1879.2	5.2	2669.8
حمل و نقل Transportation	Ton*km	25.23	9.2	289.47
عملکرد Function	kg	12656/7	56.25	187569.25

منبع: یافته های، تحفة،

حجم آب در روش های سنتی میزان آبیاری بالا بوده است و سبب افزایش انرژی مربوط به آبیاری می گردد. در میان نهاده های بذر، سم و کود شیمیایی، بیشترین مصرف انرژی مربوط به بذر و سم است. کشاورزان تلاش می کنند که با مصرف بیشتر نهاده های کشاورزی عملکرد در واحد سطح را افزایش دهند که همین امر سبب افزایش انرژی مصرفی بصورت سم، بذر و کود شیمیایی گردیده است. توابع تقاضای مشتق نهاده های تولید که در واقع معادلات سهم تولید نهاده ها هستند، به شرح زیر استخراج شد.

$$S_i = a_i + b_{iL} \ln \frac{q_L}{q_S} + b_{iB} \ln \frac{q_B}{q_S} + b_{iSH} \ln \frac{q_{SH}}{q_S} + b_{iSS} \ln \frac{q_{SS}}{q_S} + b_{iTR} \ln \frac{q_{TR}}{q_S} + b_{iW} \ln \frac{q_W}{q_S} + b_{iM} \ln \frac{q_M}{q_S} ; \quad i = L, SH, W, B, SS, TR, M$$

مصرفی را به خود اختصاص داد. متوسط عملکرد محصول و مقدار کل انرژی خروجی محاسبه شده ۱۲۶۵۸/۷ کیلوگرم بر هکتار و ۱۸۷۵۶۹/۲۵ مگاژول بر هکتار به دست آمد. همچنین پس از سوخت، انرژی بذر و آبیاری به ترتیب با ۴۵۸۲/۰۹ و ۲۵۶۹/۸ مگاژول بیشترین میزان نهاده مصرفی را به خود اختصاص داده اند. بیشترین سهم از انرژی سوخت مصرفی مربوط به ماشین آلات دیسک، کمباین، گاوا آهن و تراکتور است. که عملیات شخم، دیسک زنی و برداشت با این ماشین آلات صورت می گیرد. سه عملیات مذکور به نیروی مکانیکی زیادی نیاز دارد که موجب افزایش انرژی مصرفی در این سه عملیات شده است. از سوی دیگر،

فرمول (۱۶)

$$\begin{aligned} \ln Q = & a_i + a_L \ln \frac{q_L}{q_S} + a_B \ln \frac{q_B}{q_S} + \\ & a_{SH} \ln \frac{q_{SH}}{q_S} + a_{TR} \ln \frac{q_{TR}}{q_S} + a_{SS} \ln \frac{q_{SS}}{q_S} + \\ & a_W \ln \frac{q_W}{q_S} + a_M \ln \frac{q_M}{q_S} + b_{LB} \ln \frac{q_L}{q_S} \cdot \ln \frac{q_B}{q_S} + \\ & b_{LSH} \ln \frac{q_L}{q_S} \cdot \ln \frac{q_{SH}}{q_S} + b_{LSH} \ln \frac{q_L}{q_S} \cdot \ln \frac{q_{TR}}{q_S} + \\ & \dots + \frac{1}{2} b_{BB} (\ln \frac{q_B}{q_S})^2 + \frac{1}{2} b_{SHSH} (\ln \frac{q_{SH}}{q_S})^2 + \\ & \frac{1}{2} b_{TRTR} (\ln \frac{q_{TR}}{q_S})^2 \end{aligned}$$

به محاسبه کشش‌های جانشینی و قیمتی نهاده‌ها پرداخته شد.

نتایج حاصل از برآورد ضرایب تابع تولید ترانسلوگ (مربوط به الگوی تولید انرژی در محصول)، در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که فرم تابع برآورده شده از لحاظ تبیین الگو براساس آماره R^2 و نیز آماره دوربین واتسون (DW) مناسب می‌باشد. در این تابع انرژی ستانده (q) برحسب مگاژول، تابعی از سطح انرژی نیروی کار بر حسب مگاژول (L)، انرژی کودشیمیایی (SH) بر حسب مگاژول، انرژی آبیاری (W) بر حسب مگاژول، انرژی سم (S) بر حسب مگاژول، انرژی بذری (B) بر حسب مگاژول، انرژی سوخت (SS) بر حسب مگاژول، انرژی حمل و نقل (TR) بر حسب مگاژول و انرژی ماشین آلات (M) بر حسب مگاژول است. ضریب تعیین این معادله نیز ۰/۸۹ درصد است و نمایانگر برازش خوب معادله محسوب می‌شود، یعنی متغیرهای مستقل به خوبی از عهده توضیح علت تغییر تولید انرژی کل برآمده اند.

که در آن S_i سهم تولیدات نهاده i ، q_i مقدار نهاده i و Q مقدار تولید است. نهاده‌های تولیدی مورد بحث به ترتیب عبارتند از نیروی کار (L)، کودشیمیایی (SH)، آب (W)، سم (S)، بذری (B)، سوخت (SS)، حمل و نقل (TR) و ماشین آلات (M). برای برآورد این مجموعه معادلات، به ویژه چون معادلات سهم تولید نهاده‌ها به هم وابسته هستند از روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری ($ISUR$) استفاده شد. برای برآورد همزمان این معادلات به سبب شرایط قید همگنی و قرینگی (که از حاصل جمع سهم تولید نهاده‌ها برابر یک ناشی می‌شود) حذف یکی از معادلات الزامی است. عبارت دیگر $b_{ij} = b_{ji} = 0$ ، $b_{ij} = b_{ji}$ ، پس اطلاعات یکی از معادلات اضافی است و از دیگر معادلات بطور کامل قابل استخراج است. بدین ترتیب، معادلات سهم تولید نهاده‌ها به مقدار نسبی نهاده‌ها (به جای مقدار مطلق آن‌ها) وابسته شد. به شرح زیر:

فرمول (۱۵)

$$\begin{aligned} S_i = & a_i + b_{iL} \ln \frac{q_L}{q_S} + b_{iB} \ln \frac{q_B}{q_S} + \\ & b_{iSH} \ln \frac{q_{SH}}{q_S} + b_{iSS} \ln \frac{q_{SS}}{q_S} + b_{iTR} \ln \frac{q_{TR}}{q_S} + \\ & b_{iW} \ln \frac{q_W}{q_S} + b_{iM} \ln \frac{q_M}{q_S} \quad ; \quad i = L, SH, W, B, SS, TR, M \end{aligned}$$

سپس به معادلات سهم تولید نهاده‌ها معادله تولید کل به شکل زیر افزوده و دستگاه معادلات یا الگوی مورد نظر برای محصولات کشاورزی ساخته شد:

با توسل به روش رگرسیون‌های به ظاهر بی ربط تکراری، این دستگاه معادلات توسط نرم افزار Eviews₉، برآورد شد. پس از تخمین تابع تولید،

جدول ۲- ضرائب برآورد شده تابع توليد انرژی ترانسلوگ محصولات کشاورزی منطقه سیستان

Table 2- Estimated coefficients of translog energy production function of agricultural products in Sistan region

متغیرها Variables	ضرائب Coefficients	خطای استاندارد Standard Error	آماره T T Statistic	احتمال Possibility
ثابت	-68.65	3.587	-33.236	0
<i>B</i>	0.365	1.325	-2.658	0
<i>L</i>	1.458	0.235	-3.254	0
<i>SS</i>	-25.589	0.125	0.125	0
<i>SH</i>	25.258	0.236	2.659	0
<i>TR</i>	24.658	0.257	1.365	0.12
<i>W</i>	-2.836	0.369	1.258	0
<i>M</i>	2.365	2.258	1.236	0
<i>BB</i>	-2.528	1.259	1.659	0.02
<i>BL</i>	-1.252	3.258	1.657	0.04
<i>BSS</i>	2.387	1.147	1.528	0.02
<i>BSH</i>	1.285	0.236	12.365	0.03
<i>BTR</i>	-3.285	0.851	-4.321	0
<i>BW</i>	1.254	0.369	10.658	0
<i>BM</i>	2.254	0.258	2.397	0
<i>LL</i>	1.258	0.369	14.659	0.02
<i>LSS</i>	0.258	0.125	1.635	0.02
<i>LSH</i>	-1.258	0.365	1.659	0
<i>LTR</i>	-2.365	0.987	10.625	0
<i>LW</i>	-2.258	0.365	-10.365	0
<i>LM</i>	1.254	0.654	0.651	0
<i>SSSS</i>	0.321	0.987	-4.362	0
<i>SSSH</i>	0.254	0.654	-6.638	0
<i>SSTR</i>	0.369	0.659	-8.654	0
<i>SSW</i>	0.214	0.657	-1.362	0
<i>SSM</i>	1.236	0.998	4.258	0.02
<i>SHSH</i>	-1.258	0.658	-9.258	0
<i>SHTR</i>	2.365	0.659	6.328	0
<i>SHW</i>	1.258	1.325	-2.254	0.07
<i>SHM</i>	1.528	2.659	-25.987	0.01
<i>TRTR</i>	1.365	1.329	1.258	0
<i>TRW</i>	0.254	1.653	-1.365	0
<i>TRM</i>	1.365	0.369	-14.325	0
<i>WW</i>	-1.254	0.651	-12.325	0
<i>WM</i>	-1.365	0.968	-9.358	0
<i>MM</i>	-1.326	0.635	-2.258	0
DW=2.85		$R^2=0.88$		

منبع: یافته های تحقیق

انجام این آزمون از آماره جارگی برا^۹ استفاده شد. این آماره براساس مقادیر چولگی و کشیدگی اجزاء اخلاخل محاسبه می گردد. اجزای اخلاخل عواملی هستند که در توليد نقش داشته

با توجه به جدول (۳)، تابع انرژی توليد برآورد شده از لحاظ تعداد کل ضرائب، تعداد ضرائب معنی دار، R^2 تعديل شده و نیز آزمون نرمالیتة جملات معنی دار اخلاخل مقایسه شده اند. جهت

۹- Jarque-Bera (JB)

ولی در مدل لحاظ نشده اند و نرمال بودن توزیع این جملات بدان معنی است که اثر این عوامل بر تولید، بطور نرمال در تمامی نمونه‌ها توزیع شده است. (۰/۹۵) نشان دهنده برازش خوب تابع تولید است.

کشش جانشینی نهاده‌های انرژی در تولید محصولات کشاورزی علامت مورد انتظار یعنی منفی را نشان می‌دهد. این بیانگر آن است که مقدار تقاضا نهاده‌ها با مقدار آن رابطه عکس دارد. با توجه به جدول (۴)، کشش‌های جانشینی انرژی نهاده‌ها با سایر نهاده‌ها نشان می‌دهد که تمامی نهاده‌های انرژی نیروی کار، انرژی سوخت، انرژی بذر، انرژی حمل و نقل، انرژی آبیاری و انرژی کودشیمیایی رابطه جانشینی دارند. کشش‌های جزئی نهاده‌های انرژی اکثراً بزرگتر از یک می‌باشد که این بیان کننده درجه جانشینی قوی بین نهاده‌های یادشده می‌باشد و همچنین کشش‌های جزئی نهاده‌های انرژی که کوچکتر از یک می‌باشد درجه جانشینی ضعیفی را بیان می‌کند. همانطور که پیداست بیشترین درجه جانشینی در بین نهاده‌ها، نهاده انرژی سوخت و انرژی حمل و نقل (۲/۸۹) و انرژی آبیاری و انرژی کود شیمیایی (۲/۹۹) می‌باشد. به عبارت دیگر افزایش انرژی نهاده‌های سوخت و آبیاری باعث افزایش بکارگیری انرژی نهاده‌های حمل و نقل و کود شیمیایی می‌باشد. کشش منفی نهاده انرژی آبیاری و انرژی سوخت (۰/۰۶-)، انرژی حمل و نقل و سوخت (۲/۸۹-) و ماشین آلات و کودشیمیایی (۰/۴۹-) نشان می‌دهد که مصرف این نهاده‌ها وارد ناحیه سوم اقتصادی شده و بیش از حد مصرف

می‌شود. دیگر نهاده‌ها که کشش جزئی آنها مثبت بوده مانند نهاده‌های انرژی سوخت با انرژی بذر و انرژی نیروی کار نشان می‌دهد که مصرف این نهاده در انتهای ناحیه دوم است و نیازی به مصرف بیش از اندازه از آن نمی‌باشد. براساس جدول (۱)، آبیاری، سوخت و بذر، انرژی زیادی در کشت محصولات کشاورزی مصرف می‌کنند که با کشش این نهاده‌ها هم خوانی داشته و لزوم توجه به کاهش مصرف آنها را آشکار می‌نماید. ولی بالا بودن کشش جانشینی نهاده انرژی کودشیمیایی دور از انتظار بود چرا که در حال حاضر مصرف بیش از حد این نهاده توصیه نمی‌شود. این تناقض در نتیجه می‌تواند ناشی از آن باشد که با آبیاری زیاد سطحی موجب آبشویی کودهای شیمیایی استفاده شده می‌شود و در نهایت موجب خارج شدن آن از دسترس گیاه می‌شود و یا اینکه نشان دهنده اینست که کود در زمان مناسب استفاده نمی‌شود. همانطور که گفته شد، یکی از بیشترین نهاده‌های انرژی مصرفی کشت محصولات کشاورزی در منطقه سیستم برای تأمین آب مورد نیاز برای آبیاری استفاده می‌شود که تابع تولید نیز مصرف زیاد این تابع را تأیید می‌کند.

بررسی امکان سازی جهت اجرای طرح‌های آبیاری بارانی با استفاده از لوله کشی و اجرای طرح ۴۶ هزار هکتاری در منطقه سیستم‌برطرف کننده این مسئله شود. از طرفی دیگر شخم با گاوآهن برگردان دار قدرت زیادی به استفاده می‌رساند، چنانچه در کل بافت خاک منطقه سنگین است، اما در قسمت‌هایی از هر مزرعه دارای خاک سبک می‌باشد که در اینگونه

جدول ۴- برآورد کشش های جانشینی نهاده های تولید انرژی محصولات کشاورزی منطقه سیستان

Table 4- Estimation of substitution elasticities of energy production inputs of agricultural products in Sistan region

متغیرها Variables	بذر Seed	نیروی کار Workforce	سوخت fuel	کودشیمیایی Fertilizer	حمل و نقل Transportation	آبیاری watering systems	ماشینآلات Machinery
بذر Seed	-0.08						
نیروی کار Workforce	1.08	-0.02					
سوخت fuel	0.87	0.38	-0.03				
کودشیمیایی Fertilizer	1/05	1.10	0	-0.22			
حمل و نقل Transportation	1.08	1.16	-2.89	1.56	-0.89		
آبیاری watering systems	1.07	1.15	-0.02	2.99	0.32	-0.39	
ماشینآلات Machinery	1.03	1	1	-0.49	1.05	1.06	-1.65

منبع : یافته های، تحقیق.

درآمد استفاده کرد و کمک بسزایی در بحث اقتصادی منطقه و کشور داشته باشد.

- منطقه سیستان یکی از مستعدترین مناطق برای احداث مزارع انرژی های نو محسوب می شود. وجود بادهای مداوم و تابش مستقیم و عمود نور خورشید در این منطقه منابع بسیار مفیدی هستند که توجیه اقتصادی برای سرمایه گذاری در زمینه انرژی های نو را فراهم کرده است.

- سیستان با موقعیت خاص و توانمندی های بی نظیر خود می تواند به قطب تولید انرژی های پاک در ایران و حتی خاور میانه تبدیل شود که در صورت تحقق این هدف می توان مسیر جدیدی را برای کسب درآمد و کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی ایجاد کرد.

- با توجه به استفاده سوخت بیشترین سهم از مصرف انرژی در مزارع تولید محصولات در منطقه سیستان به خود اختصاص داده است، در راستای آن توصیه می شود به کاهش تعداد عملیات و ساعات کار ماشین می توان با

مزارع می توان از گاوآهن قلمی استفاده نمود. این امر علاوه بر کاهش مصرف سوخت، مدت زمان عملیات شخم زنی را کاهش می دهد. بکارگیری کمباین های بذرکار در عوض بذرپاشی زمین داران، سهولت و کاهش در عملیات خاک ورزی و کاشت، کاهش بذر، یکنوختی و یکسانی کاشت بذر را به دنبال دارد. جایگزین کردن کمباین های فرسوده موجود و نظارت بر عملکرد آنها، برداشت محصول و در پی آنها بهره وری انرژی را افزایش می دهد. علاوه بر این با توجه به آزمون نیاز کودی خاک، موجب افزایش بهره وری می گردد. بر اساس نتایج بدست آمده، پیشنهادها زیر قابل ارایه می باشد:

- با توجه به افزایش روز افزون نیاز به انرژی و نیز کاهش مداوم منابع تجدید ناپذیر مانند نفت و نبود سیستم گاز کشی در منطقه سیستان، بهره گیری از ظرفیت های انرژی های تمام نشدنی و تجدید پذیر از یک سو می تواند نیاز مردم منطقه را رفع کرده و از سوی دیگر می توان از این انرژی ها برای صادرات و کسب

بکارگیری از دستگاه های کمینات انجام شود.

- مصرف بیش از اندازه کودهای شیمیایی و سموم علاوه بر مصرف بالای انرژی، موجب آلودگی محیط زیست (آب و خاک) می شود، لذا توصیه می شود که با آزمون کودی منطقه و نمونه برداری از خاک منطقه و تناوب زراعی، قدمی اثرگذار در جهت کاهش استفاده از سموم و کودشیمیایی برداشت.

- با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می گردد، استفاده از منابع انرژی به صورت کارآمدتر با بهینه سازیمصرف انواع نهاده های به کار رفته در سیستم از طریق انتخاب صحیح نوع، مقدار، روش و زمان مصرف نهاده هایی مانند کودها و سموم شیمیایی که این امر کارآیی این نهاده ها را افزایش داده و موجب مصرف کمتر انرژی های ورودی به مزارع منطقه مورد مطالعه خواهد شد.

- استفاده از ماشین آلات ترکیبی در منطقه مورد مطالعه، که قادر به انجام چند کار همزمان با هم میباشد (برای مثال کودپاشی و بذرکاری) و همچنین اجرای خاک ورزی حداقل و حفاظتی جهت کاهش مصرف سوخت های فسیلی از طریق کاربرد کمتر ماشین آلات (کاهش عملیات دیسک) و همچنین کاهش مصرف کودهای شیمیایی از طریق حفظ پوشش خاک زراعی و باقی ماندن بقایا در سطح خاک به واسطه سیستم های خاک ورزی حداقل.

References

1. Alam, M. S., Alam, M. R. and Islam, K. K, (2005), Energy flow in agriculture: Bangladesh, American Journal of Environmental Science, vol. 3, 213-220.
2. Christensen, L. R., D. W., Jorgenson and L. J., Lau (1971). Conjugate and the transcendental logarithmic function. *Econometrica*, 39: 68-259.
3. Energy balance sheet, 2011, Ministry of Energy, Electricity and Energy Macro Planning Office.
4. Hatirli, S. A., Ozkan, B., and Fert, C. (2005). An economic analysis of energy input-output in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 9(5): 608-623.
5. Johansen, L (1972). Production function, an integration of micro and macro, short-run and long-run aspect. North Holland publishing company, amesterdam, New York, Oxford.
6. Mcgeehan, H. (1993). Railway costs and productivity growth: The case of the Republic of Ireland 1973 -1983. *Journal of Transport Economics and Policy*. PP. 19 -32.
7. Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. (2024). Energy input output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*. 29(1):39-51.
8. Sardar Shahraki, A., Mohammad Ghasemi, M. An assessment of the economic effects of drought in the Hirmand basin in the east of Iran: The application of the decision support system (DSS) approach, *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 10 (1), 2023, 15-19.
9. Shahbakhsh, F., Safdari, M., Sardar Shahraki, A. Assessment of modern approach of water governance in the development of water exploitation systems in Sistan region, *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 7 (2), 2020, 127-136.
10. Shahraki, A.S.; Caloiero, T.; Bazrafshan, O. Influence of Climatic Factors on Yields of Pistachio, Mango, and Bananas in Iran. *Sustainability* 2023, 15, 8962.
11. Shiri, H., Piltan, M. (2010). Estimating the energy demand function in Iran's metal industry using the particle group algorithm, 7th International Industrial Engineering Conference, Isfahan, Iran Industrial Engineering Association, Isfahan University of Technology.
12. Sing, H., Sing, A. K., Kushwaha, H. L., and Sing, A. (2007). Energy consumption pattern of wheat production in India. *Energy*. 32:1848-1854
13. Tipi, T., Cetin, B. and Vardar, A. (2009). An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. *J. Agric. Environ.* 7: 352-356.

14. Tsatsarelis, C. A. (1991). Energy requirements for cotton production in central Greece, Journal of Agricultural Engineering Research, vol. 50, pp. 239-246.
15. Yadav, R. N., Singh, R. K. P. (1991). An economic analysis of energy requirements in the production of potato crop in Bihar Sharif Block of Nalanda Districh (Bihar)", Econ Affair, Kalkatta, vol. 36, pp. 112-119.
16. Yilmaz, I., Akcaoz, H. and Ozkan, B., (2004), An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey, Renewable Energy, vol. 30, 145-155.
17. Young, R. A. (2005). Determining the Economic Value of Water; Concepts and Method: Resources for the Future. Washington DC. USA.

Determining the Energy Production Function of Crops in Sistan Region

Ali Sardarshahraki^{1*}, Neda Aliahmadi²

1. Associate Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran, . (Corresponding author)
2. PhD in Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

Received: August 2024 Accepted: March 2025- DOI: 10.22092/aj.2025.366596.1680

Extended Abstract

Sardarshahraki, A., Aliahmadim N., Determining the Energy Production Function of Crops in Sistan Region

Applied Research in Field Crops Vol 36, No. 4, 2024, 13-14: 74-89 (in Persian)

Introduction:

On the other hand, currently, the crisis caused by the excessive consumption of materials and energy and the increase in pollution to the ecosystem are considered as challenges facing humans. Since the payment of various subsidies for agricultural inputs, if it is not optimal, it can bring negative effects and excessive costs, including reducing the productivity of production inputs, pollution and destruction of the ecosystem. Considering the low natural resources and the adverse effects of improper use of different energy sources on human health and the ecosystem, it is necessary to examine the pattern of energy consumption in the agricultural sector. Agriculture plays a vital and essential role in the national economy and food production of countries, therefore, the effective use of energy plays an essential role in stabilizing production, optimizing the economic system of preserving fossil fuel reserves and reducing air pollution. Energy analysis in the agricultural sector can be used to evaluate the pressure of human activities on the balance and stability

Email address of the corresponding author: a.shahraki65@gmail.com

of the existing environment in energy flow patterns and their changes, although the increase in the level of mechanization in the common agricultural systems has increased production, but the energy consumption in the agricultural sector is increasing daily. In addition, the efficiency of energy consumption has decreased. Energy is very important in the agricultural sector. This sector can account for a major share of energy consumption. On the other hand, due to the recent droughts, the agricultural sector in the Sistan region has entered into many tensions and it is necessary to investigate its energy functions.

Research Methodology:

Studying the trend of energy consumption shows that in order to know the technological changes in agriculture, it is possible to evaluate different forms of energy such as water, human power and land that are used in various activities. The agricultural field has always had a great desire to consume energy inputs, and perhaps the main reason for the growth of consumption is its subsidized distribution. Iran's per capita energy consumption in agriculture is 3.3 times the world average.

Conclusion and Discussion:

Therefore, in this research, determining the energy production function of crops in Sistan region is considered. In order to collect information through a questionnaire from 380 farmers, modeling was done through regression analysis in EViews9 software. The average yield of the product and the calculated amount of total output energy were 12658.7 kg/ha and 187569.25 megajoules/ha. In addition, after fuel, seed energy and irrigation accounted for the highest amount of consumed input with 4582.09 and 2569.8 megajoules, respectively. The negative elasticity of inputs of irrigation energy and fuel energy (-0.06), transport energy and fuel (-2.89) and machinery and chemical fertilizers (-0.49) shows that the consumption of these inputs The third area has become economical and is consumed excessively. According to the obtained results, it is suggested that the irrigation plan with modern irrigation systems, like the approved plan of 46 thousand hectares in the region, should be given more serious attention by the authorities.

Key words: Production Function, Energy, Crops, Sistan Region