

بررسی بهبود استفاده از انرژی در تولید زردآلو با استفاده از تحلیل پوششی

داده ها در شهرستان ابرکوه استان یزد

عباس علوی راد*^۱

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۹/۱۹

چکیده

زردآلو یکی از محصولات باغی است که ایران بعد از ترکیه بالاترین سطح تولید را دارد. انجام یک تحقیق در مورد مصرف انرژی و آنالیز اقتصادی آن در محصول زردآلو می تواند اطلاعات مفیدی برای بهبود کارایی انرژی فراهم نماید. در تحقیق حاضر با استفاده از تحلیل پوششی داده ها رابطه میان انرژی نهاده های مصرفی و عملکرد محصول زردآلو بررسی گردید. داده ها به شیوه مصاحبه رو در رو با ۷۰ کشاورز شهرستان ابرکوه به روش نمونه گیری تصادفی جمع آوری گردید. نتایج نشان می دهد کل انرژی نهاده های مصرفی برای تولید زردآلو برابر با ۶۱۱۶۸/۷۵ مگاژول می باشد. بیشترین سهم نهاده ها در مصرف انرژی به ترتیب مربوط به الکتریسیته، گازوئیل و کود دامی می باشد. نتایج نشان داد در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس ۴۳ بهره بردار کارایی تکنیکی دارند. همچنین بیشترین سهم در صرفه جویی مصرف انرژی مربوط به الکتریسیته (۴۷٪) بود. نتایج نشان می دهد که تولید زردآلو در شهرستان ابرکوه در شرایط فعلی از لحاظ مصرف انرژی کارا نیست و بایستی تلاش هایی در جهت کارا نمودن مصرف انرژی صورت گیرد.

طبقه بندی *JEL*: C02, Q49

واژه های کلیدی: انرژی، کارایی، تحلیل پوششی داده ها، زردآلو.

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ابرکوه، گروه اقتصاد انرژی، ابرکوه، ایران.

* نویسنده ی مسئول مقاله: alavi_rad@abarkouhiau.ac.ir

پیشگفتار

اکنون سیاست‌های اقتصادی برخی از دولت‌ها بر مبنای کاهش انتشار گازهای آلاینده بویژه گازهای دی‌اکسیدکربن به عنوان یکی مهمترین آلاینده‌ها قرار گرفته است. البته واضح است که هر کشوری که بخواهد در این مسیر حرکت کند بایستی سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در ساختارهای اقتصادی خود انجام دهد از جمله در استفاده بهینه از انواع مختلف انرژی، ارتقاء ظرفیت و توانائی‌های تکنولوژیکی، بازنگری در استانداردهای صنعتی و افزایش سطح تولید انرژی‌های تجدیدپذیر.

بخش کشاورزی یکی از مهمترین بخش‌های اقتصادی کشور است. مطالعاتی که تاکنون در مورد مصرف انرژی در بخش کشاورزی در کشور صورت پذیرفته اند، این واقعیت را منعکس می‌کنند که مصرف انرژی در بخش کشاورزی هر ساله در حال افزایش می‌باشد (طاهری اصل، ۱۳۹۰). مصرف انرژی در کشاورزی به دلایل پاسخ به جمعیت رو به رشد، عرضه محدود زمینهای قابل کشت و وجود استانداردهای بالای زندگی، افزایش می‌یابد. تقاضای مداوم برای افزایش غذا منتج به مصرف شدید کودهای شیمیایی، آفت کش‌ها، ماشین آلات و منابع طبیعی می‌شود و این مصرف شدید انرژی مسائلی را بر سلامتی بشر و محیط زیست ایجاد می‌کند. درحالی که مصرف کارای انرژی در کشاورزی مسائل زیست محیطی را کاهش می‌دهد و از اتلاف منابع محیطی جلوگیری می‌کند و سیستم کشاورزی پایدار را به عنوان یک سیستم تولیدی اقتصادی ترویج می‌دهد (فائو، ۲۰۱۳). سیستم تولید محصولات کشاورزی در ایران در سال‌های اخیر به دلیل کاربرد مکانیزاسیون، کودهای شیمیایی و حشره کش‌ها دستخوش تغییر و تحولات عمده ای شده است. وقوع این تحولات سبب تغییر جریان انرژی در بخش کشاورزی و وابستگی بیشتر این بخش به طور مستقیم یا غیرمستقیم به الکتروسیته، سوختهای فسیلی و سایر شکل‌های انرژی شده است (مهرابی، ۱۳۸۹).

مطابق آمار منتشره وزارت کشاورزی، ابرکوه یکی از شهرستان‌های پیشرو در تولید زردآلو در استان یزد می‌باشد به نحوی که از کل ۲۴۴۰ هکتار سطح زیر کشت زردآلوی استان، ۱۱۱۵ هکتار از آن در این شهرستان می‌باشد که ۴۵٪ از کل سطح زیر کشت زردآلوی استان را دربر می‌گیرد (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۲). سیستم تولید زردآلو در سال‌های اخیر در این شهرستان تحت تاثیر تحولات اخیر قرار گرفته، به نحوی که وابستگی تولید به انرژی فسیلی و دیگر منابع انرژی به شدت افزایش داشته است. از اینرو لازم است وضعیت مصرف انرژی برای این سیستم تولید مورد بررسی قرار گیرد تا آشکار شود آیا کاربرد انرژی در بخش کشاورزی در تولید زردآلو شهرستان کارا بوده است یا خیر؟ امروزه کشاورزان به دنبال افزایش محصول هستند ولی اطلاع کافی در مورد تجزیه و

تحلیل الگوی مصرف انرژی ندارند. بنابراین انجام تجزیه و تحلیل انرژی ضرورتی است که به برنامه ریزان مزارع و سیاستگذاران اطلاعات مناسبی در جهت بهبود انرژی مصرفی ارائه می دهد. کشاورزی امروزه بسیار بسته به استفاده زیاد از سوخت فسیلی است (رفزگارد و همکاران، ۱۹۹۸). قیمت بالای سوخت های فسیلی و ضرورت کاهش انتشار گازهای گلخانه ای موجب شده است که تقاضای وسیعی در راستای بهبود کارایی استفاده از انرژی بوجود آید. مصرف مناسب انرژی با توجه به بهینه سازی کارایی استفاده از انرژی می تواند بطرز چشمگیری اثرات منفی فعالیت های کشاورزی روی کیفیت محیط زیست را کاهش دهد. علاوه بر این، استفاده کارا از انرژی در فرایند تولید محصولات کشاورزی برای بقای بلند مدت فعالیت های کشاورزی ضروری می باشد و پایداری تولید محصولات کشاورزی را تضمین می کند. بنابراین استفاده کارا از انرژی بطور قابل توجهی در سیستم های کشاورزی به عنوان یک مولفه پایداری شناخته می شود (پروانچون و همکاران، ۲۰۰۲). تحلیل انرژی می تواند به کاهش استفاده از انرژی در نهاده ها کمک نماید و بنابراین کارایی استفاده از انرژی و تولید را افزایش می دهد (محمدی و همکاران، ۲۰۰۸). آنالیز انرژی ورودی-خروجی برای برنامه ریزان و سیاست گذاران بخش کشاورزی یک فرصت مناسب فراهم می آورد تا به ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی بپردازند (اوزکان و همکاران، ۲۰۰۴)، علاوه بر آن کارایی فنی (نسبت وزنی انرژی نهاده های مصرفی به انرژی ستاده) یک راه دیگر برای بررسی کارایی انرژی در مزارع می باشد (چوهان و همکاران، ۲۰۰۶).

از جمله معیارهایی که میتوان براساس آن وضعیت مصرف یک نهاده را مورد بررسی قرار داد، معیارهای کارایی و بهره وری هستند. اصطلاحات فوق در پی تکامل دانش در حوزه مسائل اقتصادی از نظر شکل و محتوا تکامل و توسعه یافته و پیوسته تعاریف جدیدتر و کاملتری برای آنها ارائه شده است. در سال ۱۹۵۰ سازمان همکاری های اقتصادی اروپا تعریف کاملتری از کارایی به صورت خارج قسمت محصول به یکی از عوامل تولید ارائه کرد. چندین روش پارامتریک و غیر پارامتریک برای اندازه گیری کارایی تولید وجود دارد، تحلیل پوششی داده ها (DEA^۱) یک روش غیر پارامتریک برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم گیرنده (DMUs) بر اساس چندین نهاده و چندین ستاده می باشد، بنابراین مدل های تحلیل پوششی مانند CCR^۲ و BCC^۳ نیازمند به داده های مربوط به نهاده و ستانده می باشند. (بانکر و همکاران، ۱۹۸۴). مطالعات زیادی در مورد کارایی استفاده از انرژی صورت پذیرفته است، با این وجود در مورد زردآلو مطالعه چندانی در دست نیست. نصیری و سینگ (۲۰۰۹)، کارایی مصرف انرژی را بررسی نموده اند. در مطالعه آنها روش

1 - Data Envelopment Analysis

2 - (Charnes, Cooper, Rhodes)

3 - (Banker, Charnes, Cooper)

تحلیل پوششی داده‌ها برای بررسی کارایی فنی، کارایی مطلق فنی و کارایی مقیاسی تولیدکنندگان برنج در ایالت پنجاب هندوستان بکار گرفته شد. ریگ مارتینز و پیکازو تادئو (۲۰۰۴)، واحدهای تولید کارا را در مزارع مرکبات اسپانیا تعیین نمودند که این واحدها بهترین مرز عملی فنی را مشخص کرد، و سپس آن‌ها از این مرز برای بررسی سایر واحدها استفاده نمودند. چاوهران و همکاران (۲۰۰۶) بهبود کارایی انرژی را با استفاده از روش DEA در مزارع منطقه آلوویال هندوستان بررسی نمودند. امید و همکاران (۲۰۱۱) کارایی گلخانه‌ها را با استفاده از روش DEA مورد بررسی قرار داده‌اند. نهادهای تحت بررسی نیروی کار، سوخت دیزل، ماشین آلات، کودهای شیمیایی، مواد شیمیایی، آب آبیاری، بذر و الکتروسیته و ستاده خیار سبز بوده است. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که DEA یک روش مفید برای آنالیز کارایی تولید واحدهای کشاورزی می‌باشد. در مطالعه آنان در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس ۱۲ واحد از ۱۸ واحد کارا بودند. میزان متوسط کارایی فنی واحدهای ناکارا ۹۱/۵٪ بود که نشان می‌دهد در صورتی که واحدهای ناکارا به سمت کارآمدن پیش روند ۸/۵٪ صرفه جویی در مصرف انرژی حاصل می‌گردد. خوشرو و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از یک روش دومرحله‌ای به بررسی ارتباط میان کارایی مصرف انرژی و عملکرد کشاورزان پرداختند. کاربرد روش تحلیل پوششی داده‌ها در تحقیق آن‌ها نشان داد که تفاوت عملکرد زارعین در استفاده از سموم شیمیایی، سوخت‌های فسیلی و آبیاری عامل اصلی تفاوت کارایی آنان می‌باشد.

بر اساس اطلاعات سازمان خواربار و کشاورزی (FAO) در سال ۲۰۱۲ ایران رتبه دوم کشت و تولید زردآلو در دنیا را به خود اختصاص داد؛ سطح زیر کشت زردآلو در ایران ۵۰۵۰۰ هکتار و میزان تولید ۴۶۰۰۰۰ تن بوده است در حالی که در ترکیه در همان سال سطح زیر کشت ۶۰۷۳۲ هکتار و تولید ۷۹۵۷۶۸ تن بوده است. میزان تولید زردآلو در سال ۲۰۱۲ در ایران نسبت به سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ به ترتیب بارشده ۲۳٪ و ۹٪ همراه بوده است. تحقیق حاضر با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها سعی دارد کشاورزان کارا را از کشاورزان غیرکارا تفکیک نماید، استفاده غیرکارا از انرژی را مشخص نماید و مقادیر موردنیاز از هر یک از منابع انرژی را به کشاورزان ناکار پیشنهاد دهد، به عبارت دیگر هدف این تحقیق محک زدن کارایی زردآلوکاران در شهرستان ابرکوه واقع در استان یزد می‌باشد.

مبانی نظری و روش تحقیق

شهرستان ابرکوه یکی از شهرستانهای استان یزد در مرکز ایران است. اراضی قابل کشت این شهرستان ۲۴۸۰۸ هکتار می‌باشد. سطح زیر کشت محصولات زراعی ۱۲۰۰۰ هکتار می‌باشد و ۷۵۰۰ هکتار سطح زیر کشت محصولات باغی می‌باشد و سطح زیر کشت زردآلو حدود ۱۲۰۰ هکتار می‌باشد. برای تعیین تعداد کشاورزان نمونه با روش ساده تصادفی از رابطه زیر استفاده گردید.

$$n = \frac{NS^2}{(N-1)D + S^2} \quad (1)$$

کل سطح زیر کشت زردآلو در منطقه مورد مطالعه ۱۱۱۵ هکتار و واریانس ۳۶۳ و خطای تخمین نیز ۵ هکتار در نظر گرفته شد و بدین ترتیب تعداد کشاورزان نمونه ۶۹ عدد به دست آمد. داده های مورد نیاز از طریق پرسشنامه و بصورت مصاحبه حضوری در تابستان ۱۳۹۲ و به روش نمونه گیری از ۶۸ باغ زردآلو جمع آوری گردید.

انرژی معادل نهاده‌ها و ستاده با استفاده از جدول (۱) محاسبه گردید. نسبت انرژی (کارایی مصرف انرژی) و بازدهی انرژی از طریق فرمول (۱) و فرمول (۲) محاسبه گردید. (ماندال و همکاران، ۲۰۰۲)

$$(1) \quad \text{نسبت انرژی خروجی} - \text{انرژی ورودی} = (\text{نسبت انرژی}) = \frac{\text{انرژی خروجی بر حسب مگاژول در هکتار}}{\text{انرژی ورودی بر حسب مگاژول در هکتار}}$$

$$(2) \quad \text{بازدهی انرژی} = \frac{\text{تولید کل بر حسب کیلوگرم در هکتار}}{\text{انرژی ورودی بر حسب مگاژول در هر هکتار}}$$

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش شناخته شده برای تخمین غیرپارامتریک کارایی نسبی تعدادی از واحدهای همگن که معمولاً آن واحدها را به عنوان واحدهای تصمیم گیرنده می‌شناسیم (DMUs) می‌باشد (کوپر و همکاران، ۲۰۰۴). این روش برای محک بخش‌های انرژی در بسیاری از کشورها اجرا شده است. تخمین غیرپارامتریک به معنی این است که در این روش فرض بر آن است که داده‌ها از یک تابع تولید خاص بدست نمی‌آیند.

تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از اطلاعات مشاهده شده یک مرز کارا از تولید را تعیین می‌نماید که در واقع از نقاطی تشکیل شده است که این نقاط از لحاظ تولید نقاطی هستند که امکان پذیرند. روش DEA برای هر یک از DMUها، یک مدل بهینه‌سازی که معمولاً مدل خطی می‌باشد را تولید می‌نماید که این مدل بهینه‌سازی یک نمره برای کارایی واحد تولید می‌کند که معیاری برای سنجش کارایی نسبی واحد مورد نظر می‌باشد و از آن می‌توان برای بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها برای رسیدن به کارایی بیشتر آن واحد استفاده نمود. روش DEA یک روش غیرپارامتریک می‌باشد که نمره یا امتیاز کارایی واحدها را محاسبه می‌کند و برای این کار احتیاج به هیچ فرم تابعی ندارد. برای نخستین بار فارل روش غیرپارامتریک را در سال ۱۹۵۷ مورد استفاده قرار داد. سپس چارلز و همکاران در سال ۱۹۷۸ تکنیک DEA را با استفاده از برنامه ریزی ریاضی معرفی نمودند. رهیافت آن‌ها نسبت به فارل یک بهبود چشمگیر داشت، در رهیافت آن‌ها در محاسبه کارایی نسبی واحدهای همگن تنها یک نهاده و یک ستاده را در نظر نمی‌گرفت بلکه قادر بود چندین نهاده و چندین ستاده را در سیستم‌های تولیدی در نظر بگیرد. برای رسیدن به این هدف حداکثر عملکرد هر واحد (DMU) با

توجه به سایر واحدهای (DMU) موجود در نمونه محاسبه گردید و تنها می‌بایست بررسی نمود که هر کشاورز بر روی مرز یا زیر مرز قرار می‌گیرد.

DEA کارایی را در سه فرم متفاوت تعیین می‌نماید، این کار با در نظر گرفتن نهاده انرژی (مگاژول در هکتار) و عملکرد (مگاژول در هکتار) به عنوان ستاده، کارایی فنی، کارایی فنی مطلق و کارایی مقیاس محاسبه می‌گردد.

کارایی فنی در اصل برای ارزیابی عملکرد یک (DMU) در مقایسه با سایر واحدها (DMU) کاربرد دارد. کارایی فنی مطلق در واقع همان کارایی فنی می‌باشد که تاثیر کارایی مقیاس بر روی آن در نظر گرفته نمی‌شود. فرمول (۳) روابط بین این سه فرم کارایی را نمایش می‌دهد.

$$\text{کارایی فنی} = \text{کارایی فنی مطلق} \times \text{کارایی مقیاس} \quad (۳)$$

همانطور که مشاهده می‌شود کارایی فنی تاثیر کارایی فنی مطلق و کارایی مقیاس را با یکدیگر ترکیب می‌کند. محاسبه این سه فرم کارایی واحدها (DMU) به برنامه ریزان کمک می‌کند تا سریع‌تر منبع عدم کارایی را تعیین نمایند. کارایی فنی با توجه به معادله (۴) توضیح داده می‌شود (کوپر و همکاران، ۲۰۰۴):

$$TE_j(\theta) = \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_{rj}}{\sum_{s=1}^m v_s x_{sj}} \quad (۴)$$

در فرمول فوق TE_j یا θ کارایی فنی هر واحد (DMU) می‌باشد با در نظر گرفتن اینکه n تعداد کل ستاده‌ها می‌باشد؛ X و Y به ترتیب نهاده و ستاده هستند؛ $(r = 1, \dots, n)$ و $(s = 1, \dots, n)$ به ترتیب ضرایب α آمین ستاده و s آمین نهاده می‌باشند و $(j = 1, \dots, n)$ مشخص کننده λ آمین واحد (DMU) می‌باشد. ارزش کارایی فنی بین ۰ و ۱ می‌باشد. برای حل معادله (۵) برنامه‌ریزی ریاضی خطی (LP) مورد استفاده قرار گرفت. این مدل که به CCR معروف می‌باشد اولین مدل DEA می‌باشد که توسط چارلز و همکاران بسط داده شده است. CCR مدل را تحت شرایط بازده ثابت نسبت به مقیاس بهینه می‌کند که در دنیای واقعی معمولاً این شرایط وجود ندارد: CCR را می‌توان بصورت زیر فرموله نمود:

$$(5) \text{Max}_{u,v} : \theta = u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_r y_{rj}$$

$$(6) \text{Subject to } v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_s x_{sj} = 1$$

$$(7) u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_r y_{rj} \leq v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_s x_{sj}$$

$$(8) u_1, u_2, u_3, \dots, u_r \geq 0$$

$$(9) v_1, v_2, v_3, \dots, v_s \geq 0$$

اندیس i مشخص کننده آمین (DMU) می باشد، در این تحقیق نهاده ها عبارت بودند از سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی، کودهای دامی، ماشین آلات، حمل و نقل، آبیاری، نیروی کار، گازوئیل، الکتریسیته و ستاده نیز زردآلو در نظر گرفته شد. ارزش نهاده و ستاده بایستی در حل مدل خطی محاسبه گردد، به نحوی که ارزش کارایی فنی بیشترین شود.

در سال ۱۹۸۴ بانکر، چارنز و کوپر در تحلیل پوشش داده‌ها مدلی را معرفی نمودند، که به مدل BCC معروف شد این مدل قادر بود کارایی فنی واحدها (DMU) ها را محاسبه نماید. این مدل بازده نسبت به مقیاس را متغیر در نظر گرفت. اگر بازده نسبت به مقیاس متغیر باشد روش (DEA) قادر خواهد بود داده‌ها را بهتر کنترل کند و امتیاز یا نمره کارایی فنی مطلق در این حالت برابر یا بیشتر از حالت می باشد که بازده نسبت به مقیاس ثابت در نظر گرفته شود.

در واقع کارایی فنی در مدل‌های (BCC)، که به کارایی فنی مطلق معروف می باشد را می توان کارایی فنی در مدل‌های CCR در نظر گرفت که اثر کارایی مقیاس از آن‌ها حذف شده باشد، اینکار برنامه ریز را قادر می سازد تا کارایی فنی و کارایی مقیاس را از هم تفکیک نماید. این را می توان از طریق برنامه ریزی خطی دوگان در معادله ۱۱ بیان نمود:

$$(10) \quad \text{Maximize } z = uyi - ui$$

$$(11) \quad \text{Subjected to } vxi = 1$$

$$(12) \quad vX + uY - uoe \leq 0$$

$$(13) \quad v \geq 0 \text{ and } u \geq 0 \text{ and } u_0 \text{ free in sign}$$

که در آن Z و u_0 عدد هستند و می توانند علامت مثبت یا منفی بگیرند. u و v ماتریس وزنی نهاده و ستاده هستند، Y و X به ترتیب ماتریس‌های نهاده و ستاده هستند. x_i و y_i به ترتیب نهاده و ستاده آمین واحد (DMU) هستند. برای هر واحد (DMU) می توان عدم کارایی مقیاس را مشخص نمود. برای این منظور کارایی را در هر دو حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس و بازده متغیر نسبت به مقیاس محاسبه می گردد و کارایی مقیاس با توجه به فرمول (۱۵) بدست می آید:

$$(14) \quad \text{کارایی مقیاس} = \frac{\text{کارایی فنی در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس}}{\text{کارایی فنی در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس}}$$

درجه کارایی یا عدم کارایی مقیاس به خودی خود چندان مفید نیست ولی می توان با استفاده از آن مشخص نمود که آیا واحدها (DMU) در یک منطقه بازده افزایشی نسبت به مقیاس (IRS^1) دارند یا بالعکس بازده کاهشی نسبت به مقیاس (DRS^2) دارند. داده‌های اولیه این پژوهش از پرسش‌نامه‌هایی که توسط زردالوکاران تکمیل گردید استخراج شدند. در تحقیق حاضر ساعت نیروی

1 - Increasing Returns to Scale

2 - Decreasing Returns to scale

کار، مقدار کودهای شیمیایی، کود دامی، سموم شیمیایی، ساعت ماشین آلات، ساعت آبیاری و ساعت الکتریسیته مصرفی به عنوان نهاده و میزان تولید به عنوان ستاده در نظر گرفته شدند. تحلیل پوششی داده‌ها از طریق نرم‌افزار GAMS صورت پذیرفت و کارایی فنی و کارایی فنی مطلق با توجه به فاصله شعاعی از مرز کارا تعیین شد.

نتایج و بحث

متوسط سطح زیر کشت زردآلو در نمونه مورد مطالعه ۵/۳ هکتار می‌باشد که از ۰/۵ تا ۱۵ هکتار متغیر می‌باشد. زردآلو یک محصول با عملیات زراعی گوناگون و فراوان می‌باشد، از ماشین آلات به منظور عملیات آماده‌سازی زمین، کوددهی، مبارزه با آفات، آبیاری، هرس، برداشت، بارگیری و حمل و نقل استفاده می‌شود. قسمتی از نیروی کار مورد نیاز از اعضای خانواده و بقیه بصورت اجاره‌ای می‌باشد، غالب کشاورزان منطقه از ماشین آلات در تملک خود برای عملیات زراعی استفاده می‌کنند. در تمام منطقه استحصال آب از طریق الکتروپمپ‌های برقی صورت می‌گیرد. آبیاری درختان زردآلو در منطقه به روش غرقابی صورت می‌پذیرد و درختان زردآلو بین ۲۰ تا ۲۴ بار در طول سال آبیاری می‌شوند. بیشترین کود شیمیایی مورد استفاده در منطقه به ترتیب کود نیترات، فسفات و پتاس می‌باشد ولی از لحاظ وزنی مقدار استفاده از کود دامی بسیار بیشتر از انواع کودهای شیمیایی می‌باشد. سوخت دیزل، بیشتر در تراکتور مورد استفاده قرار می‌گیرد و اکثر تراکتورهای موجود در منطقه از نوع فرگوسن با توان ۷۰ اسب بخار و وزن ۲۸۰۰ کیلوگرم و عمر اقتصادی مفید ۱۰-۸ سال می‌باشند. مصرف و تولید انرژی و منابع مختلف آن در تولید زردآلو در جدول (۲) آمده است.

همانطور که در جدول (۲) مشخص می‌باشد کل انرژی مورد استفاده در نهاده‌های مختلف مزرعه برابر با ۶۱۶۸/۷۵ مگاژول در هکتار می‌باشد. سه نهاده پر مصرف عبارتند از الکتریسیته، سوخت دیزل و کود دامی که به ترتیب ۳۴٪، ۱۶٪ و ۱۴٪ از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده‌اند. به دلیل غنی نبودن خاک منطقه استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و استفاده از تراکتورهای قدیمی و الکتروپمپ‌های فرسوده و ناکارا به منظور استحصال آب از چاه عمیق و نیمه عمیق در منطقه سبب شده است این سه نهاده سهم زیادی را در مصرف انرژی داشته باشند. جنیتساریوتیس و همکاران (۲۰۰۰) نعنوان کردند که الکتریسیته و کودهای شیمیایی بیشترین میزان استفاده از انرژی را در باغات زیتون دارند. مطالعه گاندوگموس (۲۰۰۶) نشان داد که در تولید زردآلو بیشترین میزان انرژی مربوط به سوخت دیزل (۳۲٪) و سموم شیمیایی (۳۶٪) بوده است. در محصولات دیگر مثل سیب (استراپتزا و همکاران، ۲۰۰۶) و زیتون (کالتاس و همکاران، ۲۰۰۷) بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به سوخت (۲۲٪ تا ۷۱٪) و الکتریسیته (۲۲٪ تا ۴۴٪) گزارش شده است که کود

شیمیایی به دنبال آن ۱۵٪ تا ۴۵٪ از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. آن گونه که از جدول (۲) مشخص می‌باشد نیروی انسانی ۸۶۱/۳۸ مگاژول از انرژی ورودی را مصرف می‌نماید که اساساً برای عملیات کود دهی، سم پاشی، هرس و برداشت و مورد استفاده قرار گرفته است. سایر مقادیر مربوط به مصرف انرژی در جدول (۲) مشخص می‌باشد.

موازنه انرژی

انرژی خالص، انرژی مخصوص، کارایی استفاده از انرژی و بازدهی انرژی در تولید زردآلو در منطقه مورد مطالعه در جدول (۳) آمده است. کارایی استفاده از انرژی (انرژی ورودی/انرژی خروجی) در تولید زردآلو ۰/۲۳ بود که نشان می‌دهد تولید انرژی از بکارگیری انرژی کمتر می‌باشد. نسبت فوق در مطالعه کیزیلاس (۲۰۰۹) در ترکیه و برای محصول توت فرنگی ۰/۹۶ گزارش شده است در حالیکه در مطالعه حسن زاده (۱۳۸۳) در استان آذربایجان غربی و برای سیب ۰/۹۷ گزارش شد. با مقایسه این نسبت‌ها مشخص می‌شود که تولید زردآلو در منطقه از لحاظ کارایی انرژی پایین‌تر از بسیاری از محصولات باغی دیگر می‌باشد.

شاخص‌های دیگری برای ارزیابی بکارگیری انرژی در تولید محصولات وجود دارد همچون بازده انرژی، انرژی مخصوص و انرژی خالص. انرژی مخصوص عبارت است از انرژی مورد نیاز برای تولید ۱ واحد از محصول. مطابق جدول (۳) بازدهی انرژی در تولید زردآلو ۰/۲۶ بوده است که نشان می‌دهد ۰/۲۶ واحد ستاده برای هر واحد انرژی بدست آمده است. مطالعه (رفیعی و همکاران، ۲۰۰۷) بازدهی انرژی در تولید سیب را ۰/۴۹ نشان می‌دهد.

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد تولید زردآلو در منطقه با سیستم فعلی تولید انرژی کارا نیست. مقادیر پایین شاخص‌های موازنه انرژی که در این مطالعه بدست آمده است چندین دلیل دارد. یک دلیل عمده قیمت پایین سوخت دیزل در ایران است. دلیل دوم استفاده از تراکتورهای قدیمی و ناکارآمد، الکتروپمپ‌های فرسوده می‌باشد. استفاده زیاد از انواع کودهای شیمیایی یکی دیگر از علل عمده این مسئله می‌باشد. با این وجود سیاست‌های جدید دولت در جهت حذف تدریجی یارانه الکتروسیته، سوخت و کود شیمیایی ممکن است رشد بی‌رویه استفاده از این نهادها را کاهش دهد و بهره‌برداران را به سمت بکاربردن عملیات زراعی کاراتر سوق دهد.

تعیین مزارع کارا و غیر کارا

با استفاده از تکنیک DEA نهاده محور و در نظر گرفتن نهاده‌های مورد استفاده در تولید زردآلو که در جدول (۱) ذکر گردید و محصول زردآلو به عنوان ستاده به بررسی کارایی فنی در تولید زردآلو برای ۷۰ واحد (DMU) پرداخته شد. کارایی فنی در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS) نشان می‌دهد از مجموع ۷۰ واحد مورد مطالعه، تعداد ۴۳ واحد کارایی ۱ یا ۱۰۰ درصد داشته‌اند و

در نتیجه کارا هستند. تعداد ۲۷ از واحدها کارایی‌شان کمتر از ۱ و بین ۰/۷۸ و ۰/۹۹ بوده است. کارایی فنی نشان می‌دهد تعداد ۳۳ واحد کارا بوده‌اند.

برای بررسی کارایی یک واحد آن واحد را با واحدهای دیگری مقایسه می‌کنند. واحدهای ناکارا بایستی با تعدادی از واحدهایی که کارا هستند مقایسه شوند. به منظور به دست آوردن ترکیب واحدهای کارا بایستی بردار ∇ را در نهاده ها و ستاده های واحدهای کارا ضرب نمود. در روش (BCC) این کار از طریق قرار دادن قید تحذب بر روی آن مجموعه کارا بدست می‌آید به نحوی که مجموع بردارهای ∇ برابر با ۱ باشند (امید و همکاران، ۲۰۱۱). جدول (۵) در بین واحدهای ناکارا واحدهایی که کمترین امتیاز را دارند (DMU22) با امتیاز ۰/۷۸ و واحدی که بیشترین امتیاز را دارد یعنی (DMU35) با امتیاز ۰/۹۹ را نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد مرز کارا برای (DMU22) از طریق ترکیب واحدهای ۶، ۵۴، ۳۴ و ۶۴ بدست آمده است. انتخاب این ۴ واحد بر اساس قابل مقایسه بودن سطح نهاده و ستاده‌شان با واحد ۲۲ است. اعداد داخل پرانتز نمایانگر مقادیر بردار ∇ می‌باشد. هر چه این مقدار بزرگتر باشد مفهوم آن این است که آن واحد از نظر سطح نهاده و ستاده نسبت به سایر واحدها قابل مقایسه تر با واحد غیر کارای ۲۲ می‌باشد. مزیت اساسی این روش عینی بودن، واضح بودن و صراحت در معیارهایی است که در اندازه‌گیری کارایی به کار می‌روند و همان‌طور که قبلاً گفته شد، در تنظیم اهداف مدیریت باید به این مطلب توجه زیادی شود. عملکرد بهتر مستلزم وجود الگوهای برتر و پیشتاز است که با تحلیل فراگیر داده‌ها می‌توان گامی مؤثر در شناسایی و معرفی این واحدهای برتر برداشت. مطلب مهم‌تر الزاماتی است که هر واحد سازمانی باید انجام دهد تا عملکرد بهتری داشته باشد و تبدیل به یک واحد برتر شود. این نیز سؤالی است که پاسخ آن با تشکیل واحد مجازی و مقایسه واحد مورد نظر با واحد مجازی قابل پاسخگویی است به گونه‌ای که راهکارهای اجرایی مناسبی از این مقایسه حاصل می‌شود.

مقدار متوسط کارایی فنی اطلاعاتی را فراهم می‌نماید که با استفاده از آن اطلاعات صرفه‌جویی‌های بالقوه در زمینه مصرف نهاده‌ها با توجه به سطح مشخصی از ستاده قابل محاسبه می‌گردد. مقدار متوسط کارایی فنی مطلق، کارایی مقیاس و کارایی فنی در جدول (۶) آمده است (مقدار متوسط برای کل ۷۰ واحد مورد مطالعه). مقدار متوسط کارایی فنی مطلق، کارایی فنی و کارایی مقیاس برابر با ۰/۹۵، ۰/۸۲ و ۰/۸۵ می‌باشد. محققان در مطالعات قبلی مقدار متوسط کارایی فنی مطلق در اسپانیا را برای محصول مارچوبه ۰/۸ و برای گوجه ۰/۸۹ بدست آورده‌اند (ایرایزوز و همکاران، ۲۰۰۳).

در مطالعه (بینام و همکاران، ۲۰۰۴) در کامرون مقدار کارایی فنی برای محصولات مثل بادام زمینی، ذرت و ذرت خوشه‌ای به ترتیب برابر با ۰/۷۷، ۰/۷۳ و ۰/۷۵ بوده است که نمایانگر این مساله

می باشد که می توان از طریق افزایش ستاده با توجه به سیستم موجود کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌ها داشت. همچنین میانگین کارایی فنی مطلق برای مزارع پرورش خوک در یونان با توجه به مطالعه گالانیولوس و همکاران، (۲۰۰۳) برابر با ۰/۸۳ بوده است. در مطالعه امید و همکاران (۲۰۱۱)، مقدار متوسط کارایی فنی مطلق، کارایی فنی و کارایی مقیاس برای ۱۰ گلخانه خیار به ترتیب برابر با ۰/۹۷۲، ۰/۸۷۲ و ۰/۹ بوده است.

مقدار متوسط کارایی برای واحدهای ناکارا در مزارع زردآلو در مطالعه حاضر برابر با ۰/۹۱ بوده است. این امر مؤید این مطلب می باشد که واحدها قادرند سطح یکسانی از ستاده را با بکارگیری ۰/۹۱ از منابع تولید کنند. البته در صورتی که روی مرز کارایی قرار گیرند. به عبارت دیگر ۰/۹ از کل منابع را از طریق افزایش عملکرد واحد های ناکار می توان ذخیره نمود. نتایج تحلیل همچنان نشان می دهد ۰/۴۰ از واحدهای غیرکارا بازده کاهشی نسبت به مقیاس و ۰/۶۰ بازده افزایشی دارند که نشان می دهد برای این که تغییر قابل ملاحظه‌ای در عملکرد به وجود آید، تغییرات تکنولوژیکی اجتناب ناپذیر هستند.

بهینه سازی استفاده از انرژی برای واحدهای ناکارا

اگر کارایی فنی مطلق برای یک تولیدکننده کمتر از ۱ باشد، نمایانگر این مطلب می باشد که آن واحد مقداری بیش از مورد نیاز از منابع مختلف استفاده می کند. بنابراین، با معرفی نمودن سطح مطلوب استفاده از انرژی برای واحدهای ناکارا پیشنهاداتی جهت کارا نمودن آن‌ها ارائه نمود. با استفاده از مدل (BCC) کارایی فنی مطلق یک مزرعه قابل محاسبه می باشد. این کار با توجه به مقادیر slack قابل اندازه گیریست. مطابق با تعریف کویلی، (۱۹۹۶) Slack ها برای بیان عدم کارایی تخصیصی قابل استفاده هستند.

کارایی تخصیصی نشان دهنده‌ی ظرفیت یک واحد برای استفاده نهاده‌ها در حالت بهینه می باشد. Slack ها بیانگر این مطلبند که واحدهای ناکارا برای کارا شدن بایستی به اندازه (کارایی فنی - ۱) میزان مصرف نهاده هاشان را کاهش دهند. برای هر تولید کننده غیر کارا، مقدار واقعی انرژی مصرفی محاسبه شده است و همچنین مقدار انرژی توصیه شده برای آن واحد برای هر یک از نهاده ها نیز محاسبه شده است. در جدول (۷) میزان صرفه جویی بر حسب مگاژول در هکتار را از منابع مختلف مشاهده نمود. با استفاده از اطلاعات جدول (۵) می توان پیشنهاداتی به تولیدکنندگان ارائه نمود تا عملیات بهتری را بکار گیرند تا سطح استفاده از انرژی شان را کاهش دهند و به مقدار هدف نزدیک شوند.

جدول (۶) نشان می دهد سهم نهاده الکتریسیته در مجموع صرفه جویی در نهاده ها به میزان ۰/۴۷ می باشد، بعد از آن نهاده سوخت دیزل به میزان ۰/۲۴ و کود شیمیایی به میزان ۰/۷ قرار دارد. مطالعه

ای برای تعیین کارایی مزارع در زمینه مصرف انرژی در بنگال هند نشان داد در صورتی که کشاورزان به پیشنهادات حاصل از مطالعه عمل نمایند قادرند حدود ۱۱/۶٪ در انرژی مصرفی به منظور بسته بندی صرفه جویی کنند (چاوهان و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج مطالعه امید و همکاران (۲۰۱۱) نشان می دهد در گلخانه های خیار بیشترین میزان صرفه جویی در مصرف انرژی مربوط به نهاده های سوخت دیزل و الکتریسیته به ترتیب ۷۶/۷٪ و ۱۰/۳٪ می باشد. مطالعه حاضر استفاده بهتر از نهاده های سوخت دیزل، الکتریسیته و کود شیمیایی را توصیه می نماید. زردآلو کاران مقادیر زیادی از انرژی را با توجه به قیمت کم این نهاده ها مصرف می نمایند. در نهایت در صورتی که واحدهای ناکارا به سمت کارا شدن پیش روند میزان مصرف انرژی از ۶۹۱۲۰/۵ مگاژول به ۶۰۳۳۲/۴ مگاژول کاهش می یابد که ۱۲٪ صرفه جویی را نشان می دهد. باید توجه نمود که واحدهای ناکارا تنها با کاهش دادن میزان مصرف نهاده ها قادر نخواهند بود کارایی خود را افزایش دهند، بلکه تحلیل های دقیق تری مورد نیاز است تا بتوان علل اصولی دیگری را نیز شناسایی نمود که شامل فاکتورهای محیطی و نحوه عملیات زراعی می گردند.

نتیجه گیری

اطلاعات مورد استفاده در این مطالعه از ۷۰ کشاورز در شهرستان ابرکوه واقع در استان یزد جمع آوری گردید. مقدار انرژی نهاده های مورد نیاز برای تولید محصول زردآلو ۶۱۱۶۸/۷۵ مگاژول در هکتار و میزان انرژی تولیدی ۳۶۸۳۱/۵۳ مگاژول بود. سه نهاده پر مصرف عبارت بودند از الکتریسیته، سوخت دیزل و کود دامی که به ترتیب ۳۴٪، ۱۶٪ و ۱۴٪ از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده اند.

در این تحقیق با استفاده از تحلیل پوششی داده ها بهینه سازی استفاده از انرژی در باغات زردآلو بررسی شد. مدل نهاده گرای DEA برای تخمین کارایی فنی در تولید زردآلو مورد استفاده قرار گرفت. مطابق نتایج مدل DEA در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس تعداد ۴۳ واحد کارا بودند در حالی که در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس ۳۳ واحد کارا بودند. بیشترین سهم در صرفه جویی نهاده های مصرفی مربوط به الکتریسیته و به میزان ۴۱۷۹/۳ مگاژول (۴۷٪) بود. از آنجائی که انرژی الکتریسیته عمدتاً برای راه اندازی الکتروپمپها و استحصال آب مورد استفاده قرار می گیرد، در مزارعی که عمر مفید الکتروپمپها به پایان رسیده است، مصرف انرژی این الکتروپمپها نیز به شدت افزایش می یابد و در نتیجه میزان اتلاف انرژی در این مزارع مقایسه با مزارعی که الکتروپمپهای جدید را بکار می برند بیشتر می باشد. استفاده از روش های آبیاری سنتی با بهره وری پایین که منجر به اتلاف مقادیر زیاد آب و الکتریسیته به شکل انرژی می گردد، افت سطح آب های زیرزمینی و افزایش

عمق چاه‌های عمیق و فرسودگی دستگاه‌های استحصال منجر به افزایش مصرف الکتریسیته در مزارع منطقه شده است.

بعد از الکتریسیته بیشترین سهم در صرفه‌جویی نهاده‌ها مربوط به سوخت دیزل و به میزان ۲۱۷۳/۶ مگاژول (۰/۲۴٪) بود. عمده‌ترین دلیلی که مصرف سوخت را در مزارع افزایش می‌دهد، مستهلک بودن ادوات مورد استفاده و عدم تناسب این ادوات با ابعاد مزرعه است. هر چه مزرعه از سطح مکانیزاسیون بالاتری برخوردار باشد، دفعات انجام عملیات و تردد تراکتور کاهش می‌یابد و این امر منجر به کاهش مصرف سوخت و در نهایت کاهش انرژی ورودی به مزرعه خواهد داشت.

از تفسیر نتایج DEA می‌توان به منظور بهبود استفاده از انرژی و افزایش کارایی آن بهره برد. همچنین این نتایج کمک می‌کند تا بتوان منشأ اتلاف انرژی در واحدهای ناکارا را یافت. نقش عوامل برونزایی همچون بارندگی، تغییرات آب و هوایی و حاصلخیزی خاک در تحقیقات بعدی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

فهرست منابع:

۱. حسن زاده ا. رهبر س. (۱۳۸۳). مطالعه جریان انرژی در باغات سیب در آذربایجان غربی. چهارمین کنگره ملی علوم باغبانی. دانشگاه فردوسی مشهد.
۲. کوچکی ع. و حسینی م. (۱۳۶۸). سیر انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی. انتشارات جاوید مشهد.
۳. رضانی ه. زیبایی م. (۱۳۹۰). بررسی ارتباط میان انرژی نهاده‌های مصرفی و عملکرد محصولات گوجه، خیار و خربزه.
۴. تحت شرایط کشت زیر پلاستیک در شهرستان فیروزآباد فارس. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰، ص. ۶۵-۵۸.
۵. طاهری اصل، احمد رضا و عباس صادقی، ۱۳۹۰، ضرورتها و راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی در بخش کشاورزی، هشتمین همایش ملی انرژی، تهران، کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران.
۶. مهرابی بشرآبادی، حسین و عادل اسمعیلی، ۱۳۸۹، تجزیه و تحلیل ورودی - خروجی انرژی در بخش کشاورزی ایران، نشریه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال نوزدهم، شماره ۷۴، تابستان ۱۳۹۰.
۷. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۰. آمار و داده ها.
۸. وزارت نیرو. ۱۳۸۸. ترازنامه انرژی.
۹. وزارت نیرو. ۱۳۹۰. ترازنامه انرژی.
10. Banker R. D. Charnes A. and Cooper W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis, *Management Science*, 30: 1078-1092.
11. Binam, J. N., Tonye, J., Wandji, N., Nyambi, G., Akoa. M. (2004). Factors affecting the technical efficiency among small holder farmers in the slash and burn agriculture zone of Cameroon, *Food Policy*, 29:531-45.
12. Charnes A. Cooper W. W. and Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2: 429-44.
13. Chauhan N. Mohapatra PKJ. and Pandey KP. (2006). Improving energy productivity in paddy production through benchmarking – an application of data envelopment analysis, *Energy Convers Manage*, 47: 1063-1085.

14. Coelli TJ. (1996) A Guide to DEAP Ver. 2.1, A data envelopment analysis (computer) program. Centre for efficiency and productivity analysis. University of New England; <www.une.edu.au/econometrics/cepa.htm>.
15. Cooper W. W, Seiford L. M, Zhu J. (2004b) Handbook on Data Envelopment Analysis. Springer.
16. De D. Singh R.S. and Chandra H. (2001). Technological impact on energy consumption in rainfed soybean cultivation in Madhya Pradesh, Appl Energy, 70: 193-213.
17. Esengun K. Erdal G. Gunduz O. and Erdal H. (2007). An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey, Renew Energy, 32: 1873-1881.
18. Fadavi R. Samavataean N. Keyhani A. and Mohtasebi S. (2012). An Analysis of Improving Energy use with Data Envelopment Analysis in Apple Orchard, Asian Economics and Social Society, 2: 277-286.
19. FAO, 2011. FAO statistics. Available online at <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.
20. Farrell MJ. (1957) .the measurement of productive efficiency, J Roy Stat Soc. Ser A (Gen) 120: 253-81.
21. Galanopoulos K. Aggelopoulos S. Kamenidou I. and Mattas K. (2006). Assessing the effects of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming, Agricultural Systems, 88: 125-41.
22. Genitsariotis M. Chlioumis G. Tsarouhas B. Tsatsarelis C, Sfakiotakis E. (2000). Energy and nutrient inputs and outputs of a typical olive orchard in northern Greece, Acta Hort 525: 455-458.
23. Gezer I. Acaroglu M. and Haciseferogullari H. (2003). Use of energy and labour in apricot agriculture in Turkey, Biomass and Bioenergy, 24: 215-19.
24. Gundogmus E (2006). Energy use on organic farming: A comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. Energy Convers Manage 47: 3351-3359.
25. Hessel ZR (1992). Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use. In: Energy in world agriculture (Flick RC,ed), 6. Elsevier Sci Publ, pp: 177-210.

26. Iraizoz M. Rapun M. and Zabaleta I. (2003). Assessing the technical efficiency of horticultural production in Navarra, Spain, *Agricultural Systems*, 78: 387-403.
27. Jebaraj S. and Iniyar S. (2006). A review of energy models, *Renew, Sustain, Energy Rev*, 10: 281-311.
28. Kaltsas AM. Mamolos AP. Tsatsarelis CA. Nanos GD, Kalburtji KL. (2007). Energy budget in organic and conventional olive groves. *Agric Ecosyst Environ* 122:243-251.
29. Khoshroo A. Mulwa R. Emrouznejad A. Arabi B. (2013). A non-parametric Data Envelopment Analysis approach for improving energy efficiency of grape production. *Energy* 63: 189-194.
30. Kizilaslan H. (2009). Input-output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey”, *Applied Energy*, Vol. 86, pp. 1354-58.
31. Mandal K.G. Saha K.P. Gosh P.L. Hati K.M. and Bandyopadhyay K. K. (2002) Bioenergy and economic analyses of soybean-based crop production systems in central India, *Biomass Bioenergy*, 23: 337-45.
32. Mohammadi A. Tabatabaeefar A. Shahin S. Rafiee S. and Keyhani A. (2008) Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province, *Energy Convers Manage*, 49: 3566-3570.
33. Nassiri MS. And Singh S. (2009). Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique, *Appl Energy*, 86: 1320-1325.
34. Omid M. Ghojabeige M. Delshad and H. Ahmadi. (2011). Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis, *Energy Conversion and Management*, 52 (1): 153-162.
35. Ozkan B. Akcaoz H. Fert C. (2004a). Energy input-output analysis in Turkish agriculture, *Renew Energy*, Vol. 29, pp. 39-51.
36. Rafiee S, Mousavi Avval SH, Mohammadi A, (2010). Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy* 35: 3301-3306.
37. Refsgaard K. Halberg N. Kristensen ES. (1998) Energy utilization in crop and dairy production in organic and conventional livestock production systems. *Agr Syst* 57:599-630.

38. Reig-Martinez Ernest and Picazo-Tadeo A. J. (2004). Analyzing farming systems with Data Envelopment Analysis: citrus farming in Spain, *Agricultural Systems*, 82: 17-30.
39. Singh S. Mittal J. P. (1992). *Energy in Production Agriculture*, Mittal Pub. New Delhi.
40. Strapatsa A. V. Nanos G. D. and Tsatsarelis C. A. (2006). Energy flow for integrated apple production in Greece, *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 116: 176-180.

پیوست‌ها

جدول ۱- انرژی معادل نهاده و ستاده در تولیدات کشاورزی

| منبع | انرژی معادل (Mj.h ⁻¹) | الف- نهاده ها | منبع | انرژی معادل (Mj.h ⁻¹) | الف - نهاده ها |
|-----------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------|
| | | سموم شیمیایی | Singh, 2002 | ۱/۹۶ | نیروی کار (ساعت) |
| Hassel, 1992 | ۱۹۲ | حشره کش (لیتر) | | | کود شیمیایی |
| Hassel, 1992 | ۲۳۸ | علف کش (لیتر) | Singh, 2002 | ۶۰/۶۰ | نیترژن (کیلوگرم) |
| | | سوخت | | | |
| Singh, 2002 | ۵۶/۳۱ | فسیل (لیتر) | Singh, 2002 | ۱۱/۱۰ | فسفات (کیلوگرم) |
| Hassel, 1992 | ۹۲ | قارچ کش (لیتر) | Singh, 2002 | ۶/۷۰ | پتاس (کیلوگرم) |
| Gundogmus, 2006 | ۶۲/۷۰ | ماشین آلات (ساعت) | | | کود دامی (کیلوگرم) |
| | | | Gundogmus, 2006 | ۰/۶۳ | آبیاری (متر مکعب) |
| | | | Gundogmus, 2006 | ۱۱/۹۳ | الکتریسیته (کیلووات ساعت) |
| | | | | | ب- ستاده |
| | | | Singh, 2002 | ۱/۹۰ | میوه زردآلو |
| | | | Gezer, 2003 | ۹ | هسته زردآلو |

جدول ۲- مقدار انرژی نهاده‌ها و ستاده در تولید زردآلو

| درصد | مگاژول (هکتار) | مقدار مورد استفاده (در هکتار) | الف - نهاده ها |
|------|----------------|-------------------------------|--------------------|
| | | | نیروی کار (ساعت) |
| ۰/۷۵ | ۴۶۴/۰۸ | ۲۳۶/۷۸ | عملیات کاشت و داشت |
| ۰/۶۵ | ۳۹۷/۲۹ | ۲۰۲/۷ | برداشت، طبقه بندی |
| | | | ماشین آلات (ساعت) |
| ۱/۷ | ۱۰۶۵/۹ | ۱۷ | آماده سازی زمین |
| ۳/۶ | ۲۱۹۴/۵ | ۳۵ | عملیات زراعی |
| ۰/۳ | ۱۸۸/۱ | ۳ | برداشت و حمل و نقل |

| | | | |
|-------|----------|----------|----------------------------|
| | | | کود شیمیایی (کیلو) |
| ۹/۹ | ۶۰۶۰ | ۱۰۰ | نیترا ته |
| ۰/۹ | ۵۵۵ | ۵۰ | فسفات ه |
| ۰/۵۴ | ۳۳۵ | ۵۰ | پتاس |
| ۱۴/۷۲ | ۹۰۰۰ | ۳۰۰۰۰ | کود دامی (کیلو) |
| | | | سموم شیمیایی (لیتر) |
| ۱/۶۵ | ۱۰۱۳/۷۶ | ۵/۲۸ | حشره کش |
| ۰/۳۲ | ۲۰۰/۳۷ | ۲/۱۷ | قارچ کش |
| ۱/۵۴ | ۹۴۲/۴۸ | ۳/۹۶ | علف هرز کش |
| ۱۶/۵۸ | ۱۰۱۳۵/۸ | ۱۸۰ | سوخت دیزل (لیتر) |
| ۳۴/۴۵ | ۲۱۰۵۶ | ۱۷۶۵ | الکتریسیته (کیلو وات ساعت) |
| ۱۲/۷۲ | ۷۵۰۰ | ۱۲۰۰۰ | آب آبیاری (متر مکعب) |
| | ۶۱۱۶۸/۷۵ | | کل انرژی ورودی |
| | | | ب- ستاده |
| ۷۸ | ۲۸۶۷۸/۸۹ | ۱۵۰۹۴/۱۵ | میوه زردآلو (کیلو) |
| ۲۲ | ۸۱۵۲/۶۴ | ۹۰۵/۸۴ | هسته زردآلو (کیلو) |
| | ۳۶۸۳۱/۵۳ | | کل انرژی خروجی |

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۳- نسبت ورودی-خروجی انرژی در تولید زردآلو

| واحد | شاخص |
|----------|--|
| ۰/۴۱ | کارایی انرژی = $\frac{\text{کل انرژی خروجی } (Mj ha^{-1})}{\text{کل انرژی ورودی } (Mj ha^{-1})}$ |
| ۰/۲۶ | بازده انرژی = $\frac{\text{محصول خشک } (kg ha^{-1})}{\text{کل انرژی ورودی } (Mj ha^{-1})}$ |
| ۳/۸۲ | انرژی مخصوص = $\frac{\text{کل انرژی ورودی } (Mj ha^{-1})}{\text{محصول خشک } (kg ha^{-1})}$ |
| -۲۴۳۳۷/۲ | انرژی خالص = انرژی ورودی $(Mj ha^{-1})$ - انرژی خروجی $(Mj ha^{-1})$ |

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۴- نتایج کارایی فنی

| واحد | امتیاز کارایی فنی | واحد های الگو |
|---------|-------------------|---|
| DMU(22) | ۰/۷۸ | ۶ (۰/۳۴)، ۵۴ (۰/۴۳)، ۳۴ (۰/۰۴۳)، ۶۴ (۰/۲) |
| DMU(5) | ۰/۸۲ | ۸ (۰/۳۳)، ۳۴ (۰/۴۳)، ۴۵ (۰/۰۷۳) |
| DMU(35) | ۰/۹۹ | ۳ (۰/۳۳)، ۶۵ (۰/۵۵)، ۵۱ (۰/۰۷)، ۶۵ (۰/۳۵) |

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۵- کارایی فنی، فنی مطلق و مقیاس

| DMU | کارایی فنی | | کارایی مقیاس (CRS/VRS) |
|--------------|------------|------|---------------------------|
| | CRS | VRS | |
| متوسط | ۰/۸۱ | ۰/۹۵ | ۰/۸۵ |
| انحراف معیار | ۰/۰۶۳ | ۰/۲۲ | ۰/۲۸ |

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۶- مقدار ذخیره انرژی در نهاده‌های مختلف بر حسب پیشنهادات ارائه شده در مطالعه

| نهاده | مقدار استفاده فعلی ($Mj ha^{-1}$) | مقدار هدف ($Mj ha^{-1}$) | صرفه‌جویی انرژی ($Mj ha^{-1}$) | سهم نهاده در صرفه‌جویی (درصد) |
|--------------|--|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| آب آبیاری | ۷۸۵۶ | ۷۵۰۰/۴ | ۳۵۵/۶ | ۴ |
| سوخت دیزل | ۱۲۲۳۹/۶ | ۱۰۰۶۶ | ۲۱۷۳/۶ | ۲۴ |
| ماشین آلات | ۳۶۷۶/۶ | ۳۲۹۰/۴ | ۳۸۶/۲ | ۴ |
| سموم شیمیایی | ۲۳۴۱/۵ | ۱۸۵۴/۹ | ۴۸۶/۶ | ۵ |
| نیروی انسانی | ۹۰۰/۹ | ۸۵۰/۶ | ۶۲۸۳۵۰/۳ | ۰/۵ |
| کود شیمیایی | ۷۵۴۹/۷ | ۶۸۹۳/۴ | ۶۵۶/۵ | ۷ |
| کود دامی | ۹۵۰۰ | ۹۰۰۰ | ۵۰۰ | ۵ |
| الکتریسیته | ۲۵۰۵۶ | ۲۰۸۷۶/۷ | ۴۱۷۹/۳ | ۴۷ |
| کل | ۶۹۱۲۰/۵ | ۶۰۳۳۲/۴ | ۸۷۸۸/۱ | ۱۰۰ |

مأخذ: یافته‌های تحقیق