فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال یازدهم / شماره‌ی ۴۶/ پاییز ۱۳۹۴/ صفحات ۱۳۴ - ۱۱۳

بررسی کارایی استفاده از انرژی در تولید محصول پسته در استان یزد

حمید محمدی[۱]

استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل، hamidmohammadi@uoz.ac.ir

محمد مهری

دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل، mdmehry@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۵/۲۱

چکیده

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی بـه تجزیـه و تحلیـل اقتصـادی مصـرف انـرژی در تولیـد پرداخته‌اند. استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای بررسی رابطه‌ی میان انرژی نهـاده‌هـای مصرفی و عملکرد محصول در تولید می‌تواند اطلاعات مفیدی در راستای بهبود کـارایی مصـرف انرژی فراهم کند. تحقیق حاضر شامل ۷۰ واحد زراعی تولید پسته در استان یزد می‌باشد که به روش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شده‌اند. به منظور بررسی کارایی مصرف انرژی در تولید پسته از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه اطلاعات مـورد نیـاز جمـع‌آوری گردیـده اسـت. نتایج اولیه نشان می‌دهد متوسط کل انرژی نهاده‌های مصرفی برای تولید پسته در مـزارع مـورد بررسی برابر با ۱۲۹۴۱۱/۸ مگاژول می‌باشد. متوسط کارایی انرژی ۰/۴۱، متوسـط بـازده انـرژی ۰/۰۳۳ ($\mathbf{Kg\ Mj^{-1}}$)، متوسـط شـدت انـرژی (۲۹/۴۱ $\mathbf{Mj\ Kg^{-1}}$) و متوسـط انـرژی خـالص (۷۷۴۸۱/۸- $\mathbf{Mj\ h^{-1}}$) می‌باشد. هم‌چنین مشـخص گردیـد در حالـت بـازده متغیـر نسـبت بـه مقیاس، ۳۳ بهره‌بردار صد در صد کارایی دارند و بقیه به درجات مختلف ناکارا هسـتند. تحلیـل نشان می‌دهد بین کارایی هر واحـد و سـطح تجهیـزات بـه‌کـار رفتـه در واحـد مربوطـه رابطـه معناداری وجود دارد. براساس منابع مطالعه حاضر برای بهبود کارایی در مرحله‌ی اول اسـتفاده بهتر از نهاده‌هـای سـوخت دیـزل، الکتریسـیته و کـود شـیمیایی و در مرحلـه بعـد اسـتفاده از مکانیزاسیون پیشرفته را توصیه می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: Q49,C02

کلید واژه‌ها: کارایی مصرف انرژی، موازنه انرژی، تحلیل پوششی داده‌ها، پسته

۱- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

یکی از عوامل پیشرفت و توسعه در جوامع توسعه یافته، استفاده از انرژی در مقیاس وسیع می‌باشد که منجر به تقویت سیستم تولید مدرن می‌شود. زیرا وجود منابع انرژی، زیر بنایی قوی برای پیشرفت در تمام عرصه‌های تولید است و نقش تعیین‌کننده‌ای در بهبود اقتصاد هر جامعه دارد. به همین دلیل تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان انرژی بایستی همواره نقش تعیین‌کننده‌ی انرژی را در دستیابی به توسعه پایدار مدنظر قرار دهند (شورای جهانی انرژی[1]، ۲۰۰۸). میزان مصرف و اتلاف انرژی در ایران به مراتب بالاتر از کشورهای صنعتی است و وضعیت مصرف انرژی در کشور با اصول مربوط به ارتقای بهره‌وری و بازدهی انرژی، مغایرت دارد. به‌عنوان مثال مصرف انرژی در ایران بیش از ۵ برابر مصرف سرانه‌ی اندونزی، ۲ برابر چین و ۴ برابر کشور هند است. مقایسه‌ی شاخص شدت مصرف انرژی در ایران با بسیاری از کشورهای جهان، وضعیت نامناسبی را نشان می‌دهد (زیبایی، ۱۳۹۰). ارزان بودن قیمت حامل‌های انرژی و در دسترس بودن انواع منابع انرژی سبب شده تا جامعه ما با تاخیر قابل توجهی به ضرورت بهینه سازی الگوی مصرف انرژی بیندیشد. ایران سیزدهمین کشور پرمصرف انرژی جهان است. مصرف انرژی در کشور پنج برابر متوسط جهانی است لذا توجه جدی به اعمال راهکارهایی برای بهینه کردن مصرف انرژی در کشور ضروری است. در سال ۱۳۸۶، بخش کشاورزی ۳/۶ درصد از کل مصرف نهایی انرژی کشور را به خود اختصاص داده است. در حالی که متوسط مصرف نهایی انرژی جهانی در این بخش در این سال ۲/۲ درصد و متوسط مصرف نهایی انرژی کشورهای در حال توسعه ۱/۸درصد بوده است (وزارت نیرو، ۱۳۹۰). این آمار حاکی از مصرف بالای انرژی در این بخش است. مصرف انرژی در بخش کشاورزی به دلایل پاسخ به تقاضای 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 که مسائل و مشکلاتی را برای سلامتی بشر و محیط زیست ایجاد می‌کند. درحالی که مصرف کارای انرژی در بخش کشاورزی مشکلات زیست محیطی را کاهش می‌دهد، از اتلاف منابع محیطی جلوگیری می‌کند و سیستم کشاورزی پایدار را به‌عنوان یک سیستم تولیدی اقتصادی ترویج می‌دهد (فائو[2]، ۲۰۱۳). امروزه کشاورزان به دنبال افزایش محصول هستند ولی در مورد تجزیه و تحلیل الگوی مصرف انرژی اطلاعات کافی ندارند. بنابراین تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ضرورتی است که به برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران اطلاعات مناسبی در جهت بهبود مصرف انرژی ارائه می‌دهد.

1- World Energy Council

2 - Food and Agriculture Organization of the United Nations

پسته یک محصول کشاورزی مهم در ایران بوده و در صدر محصولات صادراتی کشور قرار دارد. ایران اولین کشور از لحاظ تولید و برداشت پسته در دنیاست و بعد از آن آمریکا و ترکیه قرار دارند (فائو، ۲۰۱۱). در سال‌های اخیر کشت محصول پسته افزایش قابل توجهی یافته به نحوی که در استان یزد سطح زیر کشت پسته از ۲۰۴۳۸ هکتار در سال ۱۳۸۱ به ۴۳۳۰۷ هکتار در سال ۱۳۹۲ رسیده است. این رشد سریع نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از سرمایه‌های استان به سمت گسترش باغات پسته اختصاص یافته است بنابراین استفاده‌ی مطلوب از سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در این حیطه از ضرورت‌های انکار ناپذیر می‌باشد. با این حال مطالعه وضعیت موجود در مزارع کشت پسته حاکی از آن است که این صنعت از بازدهی مناسبی برخوردار است. از جمله مشکلات مهم در این بخش می‌توان به عدم استفاده از مکانیزاسیون مدرن در بسیاری از باغات پسته استاناشاره نمود. یکی ازمهم‌ترین عوامل مؤثر بر بازده تولید واحدهای زراعی تولید پسته، استفاده بهینه از نهاده‌های مصرفی است که می‌تواند در سودآوری و بهره‌برداری مناسب از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در این بخش مؤثر باشد. در ایران میزان عملکرد پسته در سال‌های اخیر به ۶۳۳ کیلوگرم در هکتار رسیده است در حالیکه در دنیا عملکرد در هکتار ۱۱۱۸ کیلوگرم در هکتار است.

مجموعه این عوامل سبب شده تا واحدهای تولید پسته در ایران کارایی مناسبی نداشته باشند. بنابراین مطالعه ابعاد مختلف این مشکل اهمیت فراوانی برخوردار است و جا دارد با بهره‌گیری از روش‌های علمی مناسب، مسئله کارایی در این صنعت مورد مطالعه قرار گیرد. در این راستا مطالعه‌ی حاضر با هدف استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها انجام گرفته تا ابتدا واحدهای تولیدی کارا و ناکارا را از هم تفکیک شده و سپس با الگو برداری از واحدهای کارا، روش‌های مناسبی را برای واحدهای ناکارا تعیین نمود.

امروزه کشاورزی تا حد زیادی به استفاده از سوخت‌های فسیلی وابسته است (رفزگارد و همکاران[1]، ۱۹۹۸). قیمت بالای سوخت‌های فسیلی و ضرورت کاهش انتشار گازهای گل‌خانه‌ای موجب شده که تقاضای گسترده‌ای برای بهبود کارایی انرژی به‌وجود آید. مصرف مناسب انرژی با توجه به بهینه‌سازی استفاده از انرژی می‌تواند به‌طور چشم‌گیری اثرات منفی فعالیت‌های کشاورزی بر کیفیت محیط زیست را کاهش دهد. علاوه بر این، استفاده کارا از انرژی در فرایند تولید محصولات کشاورزی برای بقای بلند

1- Refsgaard K et al

مدت فعالیت‌های کشاورزی ضروری است و پایداری تولید محصولات کشاورزی را تضمین می‌کند. بنابراین استفاده کارا از انرژی در سیستم‌های کشاورزی به‌عنوان یک مولفه مهم پایداری شناخته می‌شود (پروانچون و همکاران، ۲۰۰۲). تحلیل انرژی می‌تواند به کاهش استفاده از انرژی در نهاده‌ها کمک نماید و کارایی استفاده از انرژی و تولید را افزایش دهد (محمدی و همکاران[1]، ۲۰۰۸).

در این مقاله موضوع مصرف انرژی در یک فعالیت مهم تولیدی در کشور یعنی تولید پسته در استان یزد مورد بررسی قرار گرفته است. تأکید این مقاله بر بررسی بهره‌وری و کارایی مصرف انرژی در مزارع مورد مطالعه می‌باشد و برای رسیدن به این هدف سعی شده با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها کارایی نسبی واحدهای تولیدی با یکدیگر مقایسه و در نهایت با الگو برداری از واحدهای کارا، پیشنهاداتی در راستای بهبود کارائی سایر واحدها ارائه شود.

۲- مروری بر مطالعات انجام شده

در زمینه‌ی به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌ها برای مطالعه کارایی واحدهای تولیدی مطالعات بسیاری در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. اسکواسی و همکاران[2] (۲۰۱۲)، بیان داشتند که تأثیرات پویای استفاده از حشره‌کش‌ها و عدم حتمیت تولید، نقش مهمی در تصمیمات تولیدی کشاورزان بازی می‌کنند. به عقیده آنان استفاده از حشره‌کش‌ها دو اثر برجای می‌گذارند: اول این‌کهدر دوره فعلی کشت، بسیاری از آفات را از بین می‌برد ولی اثرات پویای آن در دوره‌های بعدی موجب می‌شود تا تنوع در اکولوژی مزرعه از بین برود. آن‌ها برای بررسی این موضوع و هم‌چنین مسئله عدم حتمیت در کشاورزی از مدل پویای تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمودند. نتیجه تحلیل آن‌ها نشان می‌دهد که واحدهایی که با در نظر گرفتن عدم حتمیت در تولید و آثار جانبی استفاده از حشره کش‌ها به تولید می‌پردازند بسیار کاراتر عمل می‌کنند.

امید و همکاران (۲۰۱۱)، به بررسی میزان کارایی فنی و کارایی مقیاس در واحدهای منتخب گلخانه‌ای در ایران پرداختند و فرآیند استفاده از انرژی به‌عنوان نهاده و تولید خیار را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها ۸ نهاده ورودی و ستانده خیار را نیز در نظر گرفته و با استفاده از DEA، به تحلیل کارایی واحدهای تولیدی پرداختند. نتایج تحلیل آن‌ها

1- Mohammadi et al
2-Skevas et al.

نشان داد در صورتی که واحدهای ناکارا بتوانند استفاده از انـرژی را ۹/۵ درصـد کـاهش دهند روی مرز کارا قرار می‌گیرند.

خوشرو و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از یک روش دو مرحله‌ای به بررسـی ارتبـاط میان کارایی انرژی و عملکرد بـا توجـه بـه خصوصـیات کشـاورزان پرداختنـد. آن‌هـا بـا استفاده از مدل DEA یک تابع از نیروی کار، ماشین آلات، نهـاده‌هـای شـیمیایی، کـود حیوانی، سوخت دیزل، الکتریسیته و آب در نظر گرفتند و از طریق آن میـزان کـارایی را محاسبه نمودند. در مرحله دوم ویژگی‌های کشاورزان هم‌چون سطح تحصیلات و تجربـه کشاورزی در نظر گرفته شد و با استفاده از مدل توبیت این مسـئله مـورد بررسـی قـرار گرفت که خصوصیات انسانی چه میزان کارایی مزارع انگور را تحت تأثیر قـرار مـی‌دهـد. نتایج اولیه پژوهش نشان می‌دهد که عدم کارایی قابل توجهی بین تولید کنندگان انگور در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. در مرحله دوم نتـایج حـاکی از آن اسـت کـه عامـل اصلی تفاوت میان مزارع کارا و ناکارا در استفاده از مواد شیمیایی، سـوخت دیـزل و آب جهت آبیاری می‌باشد. در مزارع کارا استفاده از مواد شیمیایی هم‌چون حشـره کـش‌هـا، آفت کش‌ها و قارچ کش‌ها به طور قابـل تـوجهی کـم‌تـر از مـزارع غیرکاراسـت. مـزارع کشاورزانی که تحصیلات بالاتری دارند کاراتر از مزارع کشاورزان با تحصـیلات پـایین‌تـر هستند. ریگ مارتینز و پیکازو تادئو[1](۲۰۰۴)، واحدهای تولیـد کـارا در مـزارع مرکبـات اسپانیا را مشخص نمودند (بهترین مرز عملی فنی)، سپس از این مرز برای بررسی سـایر واحدها استفاده نمودند. در پایان می‌توان به مطالعه چاوهان[2] و همکاران (۲۰۰۶) اشـاره نمود که بهبود کـارایی انـرژی را بـا اسـتفاده از روش DEA در مـزارع منطقـه آلوویـال هندوستان بررسی نمودند.

توجه به تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که تحلیل پوششی داده‌ها روش مناسبی برای تحلیل کاراییاست؛ لذا این تحقیق سعی دارد با استفاده از این روش کشاورزان کارا را از کشاورزان غیرکارا تفکیک نموده، اسـتفاده غیرکـارا از انـرژی را مشـخص و مقـادیر موردنیاز از هر یک از منابع انرژی را به کشاورزان ناکارا پیشنهاد نماید، به عبارت دیگـر هدف این تحقیق محـک زدن کـارایی پسـته کـاران در شهرسـتان ابرکـوه اسـتان یـزد می‌باشد.

1- Reig-Martinez Ernest and Picazo-Tadeo
2- Chauhan et al.

۳- روش شناسی تحقیق

ابرکوه یکی از شهرستان‌های استان یزد در مرکز ایران است. این شهر در غرب استان یزد و در ۳۰ کیلومتری مرز آن با استان فارس قرار دارد. مختصات جغرافیایی ابرکوه ۳۱ درجه و ۷ دقیقه و ۴۴ ثانیه شمالی و ۵۳ درجه و ۱۶ دقیقه و ۵۷ ثانیه شرقی می‌باشد. میانگین بارش سالانه در این شهرستان ۶۴ میلی‌متر است. اراضی قابل کشت این شهرستان ۲۴۸۰۸ هکتار می‌باشد. سطح زیر کشت محصولات زراعی ۱۲ هزار هکتار سطح زیر کشت محصولات باغی ۷۵۹۰ هکتار و سطح زیر کشت پسته حدود ۶۰۳۴ هکتار می‌باشد.

داده‌های مورد نیاز از طریق پرسشنامه و به‌صورت حضوری در تابستان ۱۳۹۲ و به روش نمونه‌گیری جمع‌آوری شده است. برای تعیین تعداد کشاورزان نمونه با روش ساده تصادفی از رابطه زیر استفاده شده است:

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

S^2 واریانس سطح زیر کشت بهره برداران، N کل مساحت زیر کشت محصولات زراعی، n تعداد زارعین نمونه و D خطای تخمین می‌باشند. اطلاعات مربوط به کشاورزان برای محاسبه اندازه نمونه در جدول زیر آمده است.

جدول ۱ - اطلاعات کشاورزان منطقه مورد مطالعه

کل سطح زیر کشت باغات پسته	۶۰۳۴ هکتار
واریانس سطح زیر کشت	۳۶۲ هکتار
خطای تخمین	۵ هکتار

مأخذ: یافته های تحقیق

با توجه به اطلاعات جامعه آماری، حجم نمونه کشاورزان معادل ۷۰ نفر برآورد گردید. از این‌رو، ۷۰ پرسشنامه برای جمع‌آوری داده‌ها تهیه شد.

انرژی معادل نهاده‌ها و ستاده با استفاده از جدول (۲) محاسبه گردید. نسبت انرژی (کارایی مصرف انرژی) و بازدهی انرژی از طریق فرمول‌های (۲) و (۳) محاسبه شد. (ماندال[1] و همکاران، ۲۰۰۲)

1- Mandal et al

(۲) نسبت خروجی – ورودی (نسبت انرژی)=$\frac{\text{انرژی خروجی بر حسب مگاژول در هکتار}}{\text{انرژی ورودی بر حسب مگاژول در هکتار}}$

(۳) بازدهی انرژی=$\frac{\text{تولید کل بر حسب کیلوگرم در هکتار}}{\text{انرژی ورودی بر حسب مگا ژول در هر هکتار}}$

جدول ۲- انرژی معادل نهاده و ستاده در تولیدات کشاورزی

الف- نهاده‌ها	انرژی معادل ($Mj.h^{-1}$)	**منبع**
نیروی کار (ساعت)	۱/۹۶	Singh, 2002
کود شیمیایی		
نیتروژن (کیلوگرم)	۶۰/۶۰	Singh, 2002
فسفات (کیلوگرم)	۱۱/۱۰	Singh, 2002
پتاس (کیلوگرم)	۶/۷۰	Singh, 2002
کود دامی (کیلوگرم)	۰/۳۰	Singh, 2002
سموم شیمایی		
حشره‌کش (لیتر)	۱۹۲	Hassel, 1992
قارچ‌کش (لیتر)	۹۲	Hassel, 1992
علف‌کش (لیتر)	۲۳۸	Hassel, 1992
سوخت فسیل (لیتر)	۵۶/۳۱	Singh, 2002
ماشین آلات (ساعت)	۶۲/۷۰	Gundogmus, 2006
آبیاری (متر مکعب)	۰/۶۳	Gundogmus, 2006
الکتریسیته (کیلووات ساعت)	۱۱/۹۳	Gundogmus, 2006
ب- ستاده		
پسته	۱۱/۸۰	Kocheki, 1994

افزایش کارایی و بهره‌وری مستلزم شناخت و این مهم نیز مستلزم اندازه‌گیری است. اندازه‌گیری بهره‌وری مزایای زیر را برای هر سازمان یا واحد از جمله واحدهای تولیدی کشاورزی به‌دنبال دارد:

- فراهم ساختن موجبات شناسایی عوامل مؤثر در بهبود بهره‌وری
- کمک به تعیین اولویت‌ها و تصمیم گیری‌ها
- کمک به مدیریت در شناخت فراگیر و مؤثر نواحی مسأله دار - اطلاعات با ارزش برای ارزیابی تأثیر تغییرات و هدایت منابع.

روش DEA یک روش غیرپارامتریک است که نمره یا امتیاز کارایی واحدها را محاسبه می‌کند و برای این کار به هیچ فرم تابعی نیاز ندارد. بار فارل[1] برای نخستین روش غیرپارامتریک را در سال ۱۹۵۷ مورد استفاده قرار داد.سپس چارنز و همکاران[2] در سال ۱۹۷۸ تکنیک DEA را با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی معرفی نمودند. رهیافت آن‌ها نسبت به فارل یک بهبود چشمگیر داشت، و برای 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 می‌شود و تنها می‌بایست بررسی شود که هر کشاورز بر روی مرز یا زیر مرز قرارمی‌گیرد.

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) به‌عنوان ستاده، کارایی فنی، کارایی فنی مطلقو کارایی مقیاس محاسبه می‌گردد.

کارایی فنی در اصل یک سنجش برای ارزیابی یک عملکرد واحد نسبت به سایر واحدها می‌باشد. کارایی فنی مطلق در واقع همان کارایی فنی است که تأثیر کارایی مقیاس بر روی آن در نظر گرفته نمی‌شود. فرمول (۴) روابط بین این سه فرم کارایی را نمایش می‌دهد.

کارایی فنی = کارایی فنی مطلق × کارایی مقیاس (۴)

همان‌طور که مشاهده می‌شود کارایی فنی تأثیر کارایی فنی مطلق و کارایی مقیاس را با یکدیگر ترکیب می‌کند. محاسبه این سه فرم کارایی واحدها به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا سریع‌تر منبع عدم کارایی را تعیین نمایند. کارایی فنی با توجه به معادله (۵) توضیح داده می‌شود (کوپر و همکاران، ۲۰۰۴):

$$\text{کارایی فنی} = \frac{\text{مجموع وزنی ستاده‌ها}}{\text{مجموع وزنی نهاده‌ها}} \qquad (۵)$$

به زبان ریاضی فرمول (۶) مشخص کننده کارایی می‌باشد:

$$TE_j(\theta) = \frac{\sum_{r=1}^{n} u_r y_{rj}}{\sum_{s=1}^{m} v_s x_{sj}} \qquad (۶)$$

1- Farrell
2- Charnes et al.

در فرمول فوق TE_j یا θ کارایی فنی هر واحد (DMU) می‌باشد با در نظر گرفتن این‌که n تعداد کل ستاده‌ها می‌باشد؛ u و v به ترتیب ماتریس وزنی ستاده و نهاده هستند، x و y به ترتیب نهاده و ستاده هستند؛ $(r = 1, \ldots, n)$ و $(s = 1, \ldots, n)$ به‌ترتیب ضرایب r امین ستاده و s امین نهاده می‌باشند و $(j = 1, \ldots, n)$ مشخص کننده j امین واحد (DMU) می‌باشد. ارزش کارایی فنی بین ۰ و ۱ می‌باشد. برای حل معادله ۵ از برنامه‌ریزی خطی(LP) استفاده شده است. این مدل که به CCR معروف می‌باشد اولین مدل DEA است که توسط چارنز و همکاران بسط داده شده است. CCR مدل را تحت شرایط بازده ثابت نسبت به مقیاس بهینه بررسی می‌کند که در دنیای واقعی معمولا این شرایط وجود ندارد:

CCR را می‌توان به‌صورت زیر فرموله نمود:

$$\text{Max}_{u,v}: \theta = u_1y_{1j}+u_2y_{2j}+ \ldots + u_ry_{rj} \quad (۷)$$

$$\text{Subject to} \quad v_1x_{1j} + v_2x_{2j} + \cdots + v_sx_{sj} = 1 \quad (۸)$$

$$u_1y_{1j} + u_2y_{2j} + \cdots + u_ry_{rj} \leq v_1x_{1j} + v_2x_{2j} + \cdots + v_sx_{sj} \quad (۹)$$

$$u_1, u_2, u_3, \ldots, u_r \geq 0 \quad (۱۰)$$

$$v_1, v_2, v_3, \ldots, v_4 \geq 0 \quad (۱۱)$$

اندیس i مشخص کننده i امین واحد می‌باشد، در این تحقیق نهاده‌ها عبارت بودند از سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی، کودهای دامی، ماشین آلات، حمل و نقل، آبیاری، نیروی کار، گازوئیل، الکتریسیته و ستاده نیز پسته بوده است. 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 واحدهارا 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 حالتی برابر یا بیش‌تر از حالت می‌باشد که بازده نسبت به مقیاس ثابت در نظر گرفته شود.

در واقع کارایی فنی در مدل‌های (BCC)، که به کارایی فنی مطلق معروف هستند را می‌توان کارایی فنی در مدل‌های CCR در نظر گرفت که تأثیر کارایی مقیاس از آن‌ها حذف شده باشد، اینکار برنامه‌ریز را قادر می‌سازد تا کارایی فنی و کارایی مقیاس را از

هم تفکیک نماید. این را می‌توان از طریق برنامه‌ریزی خطی دوگان در معادلـه ۱۲ بیـان نمود:

$\max z = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} - u_o$

subject to: $\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} - u_0 \leq 0$, j=1……,n

$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1, u_r, v_i \geq o,$

v≥0 and u≥0 and u0 free in sign

که در آن z و u0 عدد هستند و می‌تواننـد علامـت مثبـت یـا منفـی بگیرنـد. u و v ماتریس وزنی نهاده و ستاده هستند، Y و X بـه ترتیـب مـاتریس‌هـای نهـاده و سـتاده هستند. xi و yi به ترتیب نهاده و ستاده i امین واحد هستند.

برای هر واحد می‌توان عدم کارایی مقیاس را مشخص نمود. برای این منظور کـارایی در هر دو حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس و بازده متغیر نسـبت بـه مقیـاس محاسـبه می‌گردد. کارایی مقیاس با توجه به فرمول ۱۳ به‌دست می‌آید:

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

درجه کارایی یا عدم کارایی مقیاس به خودی خود چندان مفید نیست ولی می‌تـوان با استفاده از آن مشخص نمود که آیا واحدها در یک منطقه بـازده افزایشـی نسـبت بـه مقیاس (IRS) قرار دارند یا بالعکس بازده کاهشی نسبت بـه مقیـاس (DRS) دارنـد. در این تحقیق تحلیل پوششی داده‌ها از طریق نرم‌افـزار GAMS و Excel صـورت گرفتـه و کارایی فنی وکارایی فنی مطلق با توجه به فاصله شعاعی از مرز کارا تعیین شده است.

۵- نتایج تحقیق

متوسط سطح زیر کشت پسته به ازای هر کشاورز در منطقه ۵/۷ هکتار می‌باشد کـه از ۰/۲ تا ۲۰ هکتار متغیر می‌باشد. پسته محصولی با عملیات زراعی گونـاگون و فـراوان می‌باشد، از ماشین آلات به منظور عملیات آماده‌سازی زمین، کوددهی، مبارزه بـا آفـات، آبیاری، هرس، برداشت، بارگیری و حمل و نقل استفاده می‌شود. قسمتی از نیـروی کـار مورد نیاز از اعضای خانواده و بقیه به‌صورت اجاره‌ای می‌باشد، غالب کشاورزان منطقـه از ماشین آلات در تملک خود برای عملیـات زراعـی اسـتفاده مـی‌کننـد. در تمـام منطقـه استحصال آب از طریق الکتروپمپ‌های برقی صورت می‌گیرد. آبیاری درختان پسـته در منطقه به روش غرقابی و قطره‌ای صورت می‌پذیرد و درختان پسته بین ۸ تـا ۱۰ بـار در طول سال آبیاری می‌شوند. بیش‌ترین کود شیمیایی مورد استفاده در منطقه بـه ترتیـب

کود نیترات، فسفات و پتاس می‌باشد ولی از لحاظ وزنی مقدار استفاده از کود حیوانی 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.

تحلیل انرژی ورودی - خروجی در تولید پسته

مصرف و تولید انرژی و منابع مختلف آن در تولید پسته در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳- مقدار انرژی نهاده‌ها و ستاده در تولید پسته

الف – نهاده‌ها	مقدار مورد استفاده (h^{-1})	مگاژول (h^{-1})
نیروی کار(ساعت)		
آماده سازی زمین و کانال کشی	۶۷/۸	۱۳۲/۸
کود دهی (شیمیایی و حیوانی)	۴۷/۲	۹۲/۵
مبارزه با آفات	۳۲/۵	۶۳/۷
آبیاری	۳۲	۶۲/۷
هرس	۱۰۵/۷	۲۰۷/۲
برداشت، طبقه‌بندی، طبقه‌بندی	۲۸۵/۵	۵۵۹/۶
بارگیری و تخلیه بار	۲۶	۵۱/۰
حمل و نقل	۲۲/۳	۴۳/۷
ماشین الات (ساعت)		
آماده‌سازی	۱۷	۱۰۶۵/۹
کود دهی (شیمیایی و دامی)	۱۵/۳	۱۰۲۰/۹
مبارزه شیمیایی	۱۴/۵	۱۲۰۰/۰
آبیاری	۳/۲	۲۰۰/۶
حمل و نقل	۳	۱۸۸/۱
کود شیمیایی (کیلو)		
نیتراته	۲۲۰	۱۶۸۹۳
فسفاته	۱۵۰	۱۶۶۵
پتاس	۵۵	۳۶۸/۵
کود حیوانی (کیلو)	۲۰۰۰۰	۶۰۰۰
سموم شیمیایی(لیتر)		
حشره کش	۲/۳	۴۵۷/۷

الف – نهاده‌ها	مقدار مورد استفاده (h^{-1})	مگاژول (h^{-1})
قارچ کش	۳/۳	۳۰۳/۶
علف کش	۲	۴۷۶
سوخت دیزل (لیتر)	۳۰۲	۱۲۸۹۳
الکتریسیته (کیلو وات ساعت)	۱۷۶۵	۲۰۹۴۹
آب آبیاری (متر مکعب)	۹۰۳۰	۵۶۷۰
کل انرژی ورودی		۱۲۹۴۱۱/۸
ب- ستاده		
پسته آجیلی (کیلو)	۴۴۰۰	۵۱۹۳۰
کل انرژی خروجی		۵۱۹۳۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که از جدول (۳) نشان می‌دهد کل انرژی مورد استفاده در نهاده‌های مختلف مزرعه برابر با ۱۲۹۴۱۱/۸ مگاژول در هکتار می‌باشد. سه نهاده پر مصرف عبارتند از کود نیترات، گازوئیل و الکتریسیته که به ترتیب ۱۶٪، ۱۳٪ و ۱۰٪ از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده‌اند. استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی به‌دلیل غنی نبودن خاک منطقه و استفاده از تراکتورهای قدیمی و الکتروپمپ‌های فرسوده و ناکارا به منظور استحصال آب از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در منطقه سبب شده این سه نهاده سهم زیادی را در مصرف انرژی به خود اختصاص دهند. براساس اطلاعات جدول (۳) نیروی انسانی ۱۲۱۳/۲ مگاژول از انرژی ورودی را مصرف می‌نماید که اساسا برای عملیات برداشت، هرس و کانال‌کشی و آبیاری مورد استفاده قرار گرفته است.

موازنه انرژی

تجزیه و تحلیل انرژی ورودی-خروجی برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی یک فرصت مناسب فراهم می‌آورد تا به ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی بپردازند (اوزکان و همکاران[1]، ۲۰۰۴)، علاوه بر آن کارایی فنی (نسبت وزنی انرژی نهاده‌های مصرفی به انرژی ستاده) یک راه دیگر برای بررسی کارایی انرژی در مزارع می‌باشد (چوهان و همکاران[2]، ۲۰۰۶).

1- Ozkan et al
2- Chauhan et al

استفاده از شاخص‌های توازن انرژی هنگام مطالعه‌ی جریان انـرژی در سیسـتم‌هـای کشاورزی ضروریاست (بینام و همکاران[1]، ۲۰۰۸). انرژی خالص، شـدت انـرژی، کـارایی استفاده از انرژی وبازدهی انرژی در تولید پسته در منطقه مـورد مطالعـه در جـدول (۴) آمده است. (نسبت انرژی) کارایی مصرف انرژی ($\frac{\text{کل انرژی خروجی}}{\text{کل انرژی ورودی}}$) در تولیـد پسـته ۰/۴۱ بود که نشان می‌دهد تولید انرژی از به‌کارگیری انـرژی کـم‌تراسـت. نسـبت فـوق بـرای محصولاتی مانند لیمو ۱/۰۶ و نارنگی ۱/۱۷ گزارش شده است. با مقایسه این نسـبت‌هـا مشخص می‌شود که تولید پسته در منطقه از لحاظ کارایی انرژی پایین‌تـر از بسـیاری از محصولات باغی دیگر می‌باشد.

شاخص‌های دیگری برای ارزیابی به‌کارگیری انرژی در تولید محصـولات وجـود دارد هم‌چون بازده انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص. شدت انـرژی عبـارت اسـت از انـرژی مورد نیاز برای تولید ۱ واحد از محصول. مطابق جدول (۴) بازدهی انرژی در تولید پسته ۰/۰۳۳ بوده است که نشان می‌دهد ۰/۰۳۳ واحد ستاده برای هر واحد انـرژی بـه‌دسـت آمده است. مطالعه (رفیعی و همکاران، ۲۰۰۷) بازدهی انـرژی در تولیـد سـیب را ۰/۴۹ نشان می‌دهـد، هـم‌چنـین در تولیـد زردآلـو ایـن نسـبت ۰/۲۴ در مطالعـه (کالتسـاز و همکاران[2]، ۲۰۱۰) گزارش شده است.

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان می‌دهد تولید پسته در منطقه با سیستم فعلی تولید کارا نیست. دلایل مقادیر پایین شاخص‌های به‌دست آمده‌ی موازنه انرژی در این مطالعه کـه عبارتند از قیمت پایین سوخت دیزل در ایران، استفاده از تراکتورهای قدیمی و ناکـارا و الکتروپمپ‌هـای فرسـوده و اسـتفاده زیـاد از انـواع کودهـای شـیمیایی. بـا ایـن وجـود سیاست‌های جدید دولت در جهت حذف تـدریجی یارانـه الکتریسـیته، سـوخت و کـود شیمیایی ممکن است رشد بی‌رویه استفاده از این نهاده‌ها را کاهش دهد و بهره بـرداران را به حرکت به سمت به‌کاربردن عملیات زراعی کاراتر تشویق نماید.

1- Binam et al
2- Kaltsas et al.

جدول۴- نسبت ورودی-خروجی انرژی در تولید پسته

	واحد	شاخص
۰/۴۱	-	کارایی انرژی = $\frac{\text{کل انرژی خروجی}(\mathbf{Mj\ ha^{-1}})}{\text{کل انرژی ورودی}(\mathbf{Mj\ ha^{-1}})}$
۰/۰۳۳	$Kg\ Mj^{-1}$	بازده انرژی = $\frac{\text{محصول خشک}(\mathbf{kg\ ha^{-1}})}{\text{کل انرژی ورودی}(\mathbf{Mj\ ha^{-1}})}$
۲۹/۴۱	$Mj\ kg^{-1}$	شدت انرژی = $\frac{\text{کل انرژی ورودی}(\mathbf{Mj\ ha^{-1}})}{\text{محصول خشک}(\mathbf{kg\ ha^{-1}})}$
-۷۷۴۸۱/۸	$Mj\ ha^{-1}$	انرژی خالص = انرژی ورودی ($Mj\ ha^{-1}$) – انرژی خروجی($Mj\ ha^{-1}$)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

تعیین مزارع کارا و غیر کارابا استفاده از DEA

با استفاده از تکنیک DEA و در نظر گرفتن نهاده‌های مورد استفاده در تولید (که در جدول (۱) ذکر گردید) و محصول پسته به‌عنوان ستاده، به بررسی کارایی فنی در تولید پسته برای ۷۰ واحد پرداخته شد. کارایی فنی در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS) نشان می‌دهد از مجموع ۷۰ واحد مورد مطالعه، ۳۳ واحد کارایی ۱ یا ۱۰۰ درصد داشته‌اند و در نتیجه کارا هستند و کارایی ۳۷ واحد کم‌تر از ۱ و بین ۰/۷۲ و ۰/۹۹بوده است. کارایی فنی (CCR) نشان می‌دهد تعداد ۲۶ واحد کارا بوده‌اند.

استفاده از نتایج DEA به منظور مطالعه عدم کارایی در مزارع

برای بررسی کارایی یک واحد آن واحد را با واحدهای دیگر مقایسه می‌کنند. واحدهای ناکارا بایستی با تعدادی از واحدهای کارا مقایسه شوند. به منظور به دست آوردن ترکیب واحدهای کارا بایستی بردار$\forall$ را در نهاده‌ها و ستاده‌های واحدهای کارا ضرب نمود. در روش BCC این کار از طریق قرار دادن قید تحدب بر روی آن مجموعه کارا به‌دست می‌آید به نحوی که مجموع بردارهای $\forall$ برابر با ۱ باشند (امید و همکاران[1] ۲۰۱۱). جدول (۵) در بین واحدهای ناکارا واحدهایی که کم‌ترین امتیاز را دارند (DMU61) با امتیاز ۰/۷۶ و واحدی که بیش‌ترین امتیاز را دارد یعنی (DMU59) با امتیاز ۰/۹۹ را نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد مرز کارا برای (DMU61) از طریق ترکیب واحدهای ۷، ۴۲، ۵۶ و ۶۰ به‌دست آمده است. انتخاب این ۴ واحد

1- Omid M et al.

براساس قابل مقایسه بودن سطح نهاده و ستاده‌شان با واحد ۶۱ است. اعداد داخل پرانتز نمایانگر مقادیر بردارλ می‌باشد. هر چه این مقدار بزرگ‌تر باشد یعنی آن واحد از نظر سطح نهاده و ستاده نسبت به سایر واحدها نزدیک‌تر به واحد غیر کارای ۶۱ می‌باشد. مزیت اساسی این روش عینی و واضح بودن و صراحت در معیارهایی است که در اندازه‌گیری کارایی به کار می‌روند و همان‌طور که قبلا گفته شد، در تنظیم اهداف مدیریت باید به این مطلب توجه زیادی شود. عملکرد بهتر مستلزم وجود الگوهای برتر و پیشتاز است و 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 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 به‌گونه‌ای که راهکارهای اجرایی مناسبی از این مقایسه حاصل خواهد شد.

جدول ۵- نتایج کارایی فنی

واحد	امتیاز کارایی فنی	واحدهای الگو
DMU(61)	۰/۷۶	۷ (۰/۲۹)، ۴۲ (۰/۰۲۷)، ۵۶ (۰/۶۱)، ۶۰ (۰/۰۷۳)
DMU(50)	۰/۷۹	۸ (۰/۳۱)، ۱۴ (۰/۴۶)، ۴۲ (۰/۲۳)
DMU(59)	۰/۹۹	۷ (۰/۰۳)، ۱۵ (۰/۱۵)، ۴۵ (۰/۴۷)، ۶۰ (۰/۳۲)

ماخذ: یافته‌های تحقیق

مقدار متوسط کارایی فنی اطلاعاتی را فراهم می‌نماید که با استفاده از آن 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 (برای کل ۷۰ واحد مورد مطالعه) در جدول (۶) آمده است. مقدار متوسط کارایی فنی مطلق، کارایی فنی و کارایی مقیاس برابر با ۰/۹۵، ۰/۸۲ و ۰/۸۵ می‌باشد.

جدول ۶- کارایی فنی، فنی مطلق و مقیاس

DMU	کارایی فنی		کارایی مقیاس (CRS/VRS)
	CRS	VRS	
متوسط	۰/۸۱	۰/۹۵	۰/۸۵
SD	۰/۰۶۳	۰/۲۲	۰/۲۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مطالعه حاضر مقدار متوسط کارایی فنی برای واحدهای ناکارا در مزارع پسته در برابر با ۰/۹۱ بوده نشان می دهد که واحدها قادرند سطح یکسانی از ستاده را با بـه‌کـارگیری ۹۱ درصد از منابع، تولید کنند البته در صورتی که روی مرز کارایی قرار گیرند. به‌عبارت دیگر ۹ درصد از کـل منـابع را از طریـق افـزایش عملکـرد واحـدهـای ناکـارا مـی‌تـوان صرفه‌جویی نمود. نتایج تحلیل هم‌چنان نشان می‌دهد ۴۰ درصد از واحدهای ناکارا بازده کاهشی و ۶۰ درصد بازده افزایشی نسبت به مقیاس دارند که نشان می‌دهد برای ایجـاد تغییر قابل ملاحظه در عملکرد، انجام تغییرات تکنولوژیکی اجتناب ناپذیر است.

بازده انرژی نیز در جدول ۴ برای هر ۷۰ واحد محاسبه شده، شاخص مـذکور بعـد از مشخص شدن واحدهایی که کارایی ۱۰۰ درصد دارند، محاسبه گردید. تحلیل پوششـی داده‌ها مشخص نمود که ۳۳ واحد در حالت بازده متغیر نسـبت بـه مقیـاس دارای ۱۰۰ درصد کارا هستند؛ بنابراین بازده انرژی برای این واحدها محاسبه و متوسط بازده انرژی برای آن‌ها ۰/۰۳۸ کیلوگرم بر مگاژول تعیـین گردیـد. هـم‌چنـین ایـن شـاخص بـرای واحدهایی که به درجات مختلف ناکارا هسـتند محاسـبه شـد کـه متوسـط آن برابـر بـا ۰/۰۲۸ محاسبه گردید. مقایسه شاخص فوق برای واحدهای کارا و ناکارا نشان مـی‌دهـد که واحدهایی که دارای کارایی ۱۰۰ درصد هستند، بـا مصـرف هـر مگـاژول ۳۵ درصـد بیش‌تر محصول تولید می‌نمایند. متوسط میزان شدت انرژی برای واحدهای کارا ۲۶/۳۲ مگاژول بر کیلوگرم و برای واحدهای ناکارا ۳۵/۷۱ مگاژول بـر کیلـوگرم بـه‌دسـت آمـد. مقایسه این شاخص نشان می‌دهد واحدهای ناکارا برای تولید هر واحد محصول حدوداً ۹ مگاژول انرژی بیش‌تری مصرف می‌کنند.

بهینه سازی استفاده از انرژی برای واحدهای ناکارا

اگر کارایی فنی مطلق برای یک تولیدکننده کم‌تر از ۱ باشد، نشان‌دهنده‌ی آن اسـت که آن واحد بیش از مقدار مورد نیاز از منابع مختلف استفاده می‌کند. بنابراین، با معرفی سطح مطلوب استفاده از انرژی برای واحدهای ناکارا مـی‌تـوان پیشـنهاداتی جهـت کـارا نمودن آن‌ها ارائه نمود. کارایی فنی مطلق یک مزرعه بـا اسـتفاده از مـدل BCC قابـل محاسبه است. این موضوع با توجه به مقادیر slack قابل اندازه‌گیریست. براساس تعریـف Slackها برای بیان عدم کارایی تخصیصی قابل استفاده هستند (کویلی[1]، ۱۹۹۶).کارایی تخصیصی نشان دهنده‌ی ظرفیت یک واحد برای اسـتفاده از نهـاده‌هـا در حالـت بهینـه می‌باشد. Slackها بیانگر این مطلبند که جدا از این‌کهبایستی مقدار نهاده‌ها را بـه‌انـدازه

1- Coelli TJ.

(کارایی فنی-۱) کاهش داد، واحدهای غیرکار مجبورند مقدار استفاده از نهاده‌ها یشان را به میزان slackها کاهش دهند تا کارایی تخصیصی پیدا کنند. برای هر تولید کننده غیر کارا، مقدار واقعی انرژی مصرفی محاسبه شده و هم‌چنین مقدار انرژی توصیه شده برای آن واحد برای هر یک از نهاده‌ها نیز محاسبه می‌شود. جدول (۷) کل صرفه‌جویی بر حسب مگاژول در هکتار را از منابع مختلف نشان می‌دهد. با استفاده از اطلاعات جدول (۵) می‌توان پیشنهاداتی به تولیدکنندگان ارائه نمود تا عملیات بهتری را به‌کار گیرند تا سطح استفاده از انرژی خود را کاهش دهند و به مقدار هدف نزدیک شوند.

جدول۷- 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 ($Mj\ ha^{-1}$)
آب آبیاری	۱۶۲۸۷۶/۷۲	۱۳۷۳۴۳/۳	۲۵۵۳۳/۴۲
سوخت دیزل	۴۶۰۰۰۰/۴۶	۳۶۱۴۱۱/۴۵	۹۸۵۸۹/۰۱
ماشین آلات	۱۱۴۱۰۰/۴۹	۹۶۵۳۸/۶۷	۱۷۵۶۱/۸۲
سموم شیمیایی	۸۷۴۷۲/۴۶	۶۸۶۵۶/۶۷	۱۸۸۱۵/۷۹
نیروی انسانی	۴۰۰۶۴/۷۲	۳۳۷۸۱/۴۳	۶۲۸۳/۲۹
کود شیمیایی	۵۰۰۲۲۲/۹۸	۴۲۵۴۱۱/۴۵	۷۴۸۱۱/۵۳
کود دامی	۲۴۸۰۰/۸۸	۱۷۹۵۴/۷	۶۸۴۶/۱۸
الکتریسیته	۲۸۴۱۴۵/۶۸	۲۰۵۲۲۲/۸	۷۸۹۲۲/۸۸
کل	۱۵۷۰۹۸۴/۳۹	۱۳۴۶۳۲۰/۴۷	۳۲۳۳۶۷/۹۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۷) نشان می‌دهد سهم نهاده سوخت دیزل در مجموع صرفه‌جویی در نهاده‌ها به میزان ۳۰ ٪ می‌باشد و بعد از آن نهاده الکتریسیته به میزان ۲۴ ٪ و کود شیمیایی به میزان ۲۳ ٪ قرار دارد. مطالعه حاضر استفاده بهتر از نهاده‌های سوخت دیزل، الکتریسیته و کود شیمیایی را توصیه می‌نماید. پسته‌کاران مقدار زیادی انرژی با توجه به قیمت کم این نهاده‌ها مصرف می‌نمایند. باید توجه داشت که واحدهای ناکارا تنها با کاهش دادن میزان مصرف نهاده‌ها نمی‌توانند کارایی خود را افزایش دهند، بلکه تحلیل‌های دقیق‌تری مورد نیاز است تا بتوان علل اصولی دیگر از جمله فاکتورهای محیطی و نحوه‌ی عملیات زراعی را نیز شناسایی نمود نکتهٔ مهم دیگری که از تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع آوری شده حاصل می‌شود، وجود رابطهٔ تنگاتنگ بین سطح تجهیزات به کار گرفته شده و کارایی به دست آمده می‌باشد. برای نشان دادن این ارتباط،

واحدهای تولیدی به دو دسته تقسیم شدند: واحدهایی که برای عملیات زراعی از ماشین آلات و تجهیزات جدید بهره می‌گیرند و واحدهایی که از شیوه‌ها و ماشین آلات سنتی در عملیات زراعی استفاده می‌کنند. میانگین مقادیر کارایی گروه اول ۹۳/۹ و میانگین کارایی گروه دوم ۸۶/۸ به دست آمد. برای مقایسه کارایی دو گروه از آزمون t استفاده شد که در آن آماره t برابر با ۵/۵۴ به دست آمد که نشان دهنده تفاوت معنادار در میانگین کارایی دو گروه است.

اطلاعات جانبی دیگر نیز نشان می‌دهد که استفاده مرتب از نظرات کارشناسی و خدمات کارشناسان باغبانی از جمله وجوه اشتراک تمام واحدهای تولید کاراست.

۶- نتیجه گیری و پیشنهادات

بهبود کارایی و بهره‌وری یکی از اهداف اساسی واحدهای تولیدی کشاورزی است. دستیابی به این مهم از طریق تخصیص بهینه عوامل تولید در این بخش امکان پذیر است. یکی از راه‌های تخصیص بهینه این است که واحدهای تولیدی را با واحدهای تولیدی برتر مقایسه نمود و از این طریق و درک چرایی تفاوت عمل کردشان با این واحدها، زمینه را برای بهبود بهره‌وری فراهم ساخت. برای شناسایی واحدهای برتر در یک مجموعه می‌توان از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمود. در این راستا و به منظور بررسی کارایی پسته‌کاران شهرستان ابرکوه اطلاعات مورد استفاده از ۷۰ کشاورز در شهرستان ابرکوه واقع در استان یزد جمع آوری گردید. مقدار انرژی نهاده‌های مورد نیاز برای تولید پسته ۱۲۹۴۱۱/۸ مگاژول در هکتار و میزان انرژی تولیدی ۵۱۹۳۰ مگاژول بود. نتایج نشان داد کود نیترات، گازوئیل و الکتریسیته که به ترتیب ۱۶٪، ۱۳٪ و ۱۰٪ از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده‌اند، بیش‌ترین سهم را در مصرف انرژی در بین نهاده‌ها دارند.

در این تحقیق با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، بهینه سازی استفاده از انرژی در باغات پسته بررسی شد و مدل DEA برای تخمین کارایی فنی در تولید پسته مورد استفاده قرار گرفت. مطابق نتایج مدل DEA در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس ۳۳ واحد کارا بودند در حالی در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس ۲۶ واحد کارا بودند. بیش‌ترین سهم در صرفه‌جویی نهاده‌های مصرفی مربوط به سوخت دیزل و به میزان ۹۸۵۸۹/۰۱(۳۰٪) بود. از تفسیر نتایج DEA می‌توان به منظور بهبود استفاده از انرژی و افزایش کارایی آن بهره برد. هم‌چنین این نتایج به شناسایی منشا اتلاف انرژی در

واحدهای ناکارا کمک می‌نماید. بدین منظور الگو برداری از واحدهای تولیدی کارا می‌تواند بسیار کارساز باشد. از جمله نکاتی که می‌توان از بررسی دقیق واحدهای کارا دریافت این است که تمام واحدهای کارا از مکانیزاسیون پیشرفته‌تری در مقایسه با واحدهای ناکارا برخوردار هستند؛ بدین معنا که رابطه‌ی معناداری بین سطح مکانیزاسیون به‌کار رفته در واحد تولیدی و نمره کارایی آن‌ها وجود دارد. بنابراین برای بهبود کارایی لازم است که واحدهای تولیدی ناکارا استفاده از مکانیزاسیون پیشرفته‌تر را مد نظر قرار دهند، مانند استفاده از ماشین آلات جدیدتر و تعویض الکتروپمپ‌های فرسوده با الکتروپمپ‌های جدید و پیشرفته؛ این مسئله لزوم توجه به اعطای وام‌های کم بهره برای خرید تجهیزات جدیدتر را برای سیاست‌گذاران آشکار می‌سازد. استفاده از نظرات کارشناسان باغبانی، نقطه مشترک تمام واحدهایی بود که دارای کارایی ۱۰۰ ٪ بودند، از این‌رو تدارک دوره‌های آموزشی برای آشنا ساختن بهره برداران با اصول باغبانی می‌تواند مزیت‌های انکارناپذیری برای تولیدکنندگان به همراه داشته و موجب تحول اساسی در کشت پسته گردد. از سوی دیگر با توجه به نقش مهم فناوری تولید، باید بسترسازی لازم برای تجهیز واحدهای تولیدی به تجهیزات و ادوات جدید از طریق سرمایه‌گذاری مناسب فراهم شود. بدیهی است که تحقق این هدف مستلزم مشارکت تولیدکنندگان و نهادهایی است که پشتیبانی از بخش کشاورزی و باغبانی کشور را بر عهده دارند. مطالعه حاضر نشان داد که اگر واحدهای ناکارای تولید پسته به سمت کارا شدن حرکت کنند میزان صرفه‌جویی حاصل از این مسئله برای ۳۷ واحد ناکارا ۳۲۳۳۶۷/۹۲ مگاژول خواهد بود، حال اگر چنین صرفه‌جویی را برای کل بخش تولید پسته کشور در نظر گرفته شود، ملاحظه می‌شود که چه صرفه‌جویی کلان و قابل توجهی تحقق خواهد یافت. هم‌چنین با توجه به پایین بودن قیمت انرژی در کشور و پرداخت یارانه به مصرف کنندگان انرژی، طبیعی است سیاست‌های جدید دولت در جهت حذف یارانه‌های الکتریسیته، سوخت و کود شیمیایی به صورت تدریجی، می‌تواند رشد بی‌رویه و غیر اصولی استفاده از این نهاده‌ها را کاهش داده و بهره‌برداران را به سمت استفاده کاراتر از نهاده‌ها سوق دهد. در یک جمع‌بندی کلی مطالعه حاضر برای بهبود کارایی اولا استفاده بهتر از نهاده‌های سوخت دیزل، الکتریسیته و کود شیمیایی و ثانیا استفاده از مکانیزاسیون پیشرفته‌تر را توصیه می‌نماید. نقش عوامل برون‌زا هم‌چون بارندگی، تغییرات آب و هوایی و حاصلخیزی خاک در تحقیقات بعدی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

فهرست منابع

کوچکی ع. و حسینی م. (۱۳۶۸). سیر انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی. انتشارات جاوید مشهد.

رمضانی ه. زیبایی م. (۱۳۹۰). *بررسی ارتباط میان انرژی نهاده‌های مصرفی و عملکرد محصولات گوجه، خیار و خربزه تحت شرایط کشت زیر پلاستیک در شهرستان فیروزآباد فارس*. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۵، شماره۱، بهار ۱۳۹۰، ص.۶۵-۵۸.

وزارت نیرو. ۱۳۸۷. *آمار و نمودارهای انرژی ایران و جهان۱۳۸۷*. دفتر برنامه‌ریزی کلان انرژی وزارت نیرو جمهوری اسلامی ایران، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی.

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.

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.

Charnes A. Cooper W. W. and Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research, 2: 429–44.

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.

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>.

Cooper W. W, Seiford L. M, Zhu J. (2004b) Handbook on Data Envelopment Analysis. Springer;

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.

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.

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.

FAO, 2011. FAO statistics. Available online at http://faostat3.fao.org/home/index.html.

Farrell MJ. (1957) .the measurement of productive efficiency, J Roy Stat Soc. Ser A (Gen) 120: 253–81.

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.

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 Hortic 525: 455-458.

Gezer I. Acaroglu M. and Haciseferogullari H. (2003). Use of energy and labour in apricot agriculture in Turkey, Biomass and Bioenergy, 24: 215-19.

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.

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.

Iraizoz M. Rapun M. and Zabaleta I. (2003). Assessing the technical efficiency of horticultural production in Navarra, Spain, Agricultural Systems, 78 387-403.

Jebaraj S. and Iniyan S. (2006). A review of energy models, Renew, Sustain, Energy Rev, 10: 281-311.

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.

Khoshroo A, Richard M, Ali E, Behrouz A. (2013). A non-parametric Data Envelopment Analysis approach for improving energy efficiency of grape production, Energy 63 189-194.

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.

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.

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.

Ozkan B. Akcaoz H. Fert C. (2004a). Energy input–output analysis in Turkish agriculture, Renew Energy, Vol. 29, pp. 39–51.

Rafiee S, Mousavi Avval SH, Mohammadi A, (2010). Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy 35: 3301-3306.

Refsgaard K. Halberg N. Kristensen ES(.1998). Energy utilization in crop and diary production in organic and conventional livestock production systems. Agr Syst 57:599-630.

Reig-Martinez Ernest and Picazo-Tadeo A. J. (2004). Analyzing farming systems with Data Envelopment Analysis: citrus farming in Spain, Agricultural Systems, and 82: 17–30.

Singh S. Mittal J. P. (1992). Energy in Production Agriculture, Mittal Pub. New Delhi.

Skevas T, Alfonos L, Spiro S. (2012). Measuring technical efficiency in the presence of pesticide spillovers and production uncertainty: The case of Dutch arable farms, European Journal of Operational Research 223 550–559.

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.