مطالعه‌ی کارایی عمر تراکتور و ماشین‌های کشاورزی مزارع سیب‌زمینی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

نرگس بنائیان[۱] و مرتضی زنگنه[۲]
۱و۲– دانشجویان کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تهران
nrgsbanaei@ut.ac.ir

چکیده

در این مطالعه از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور تعیین کارایی فاکتور عمر تراکتور و ماشین‌های کشاورزی مورد استفاده در مزارع سیب‌زمینی استان همدان استفاده شد. از عمر تراکتور و ۷ ماشین مورد استفاده در مراحل مختلف شامل: گاوآهن برگردان‌دار، غده کار سیب‌زمینی، کودپاش شیمیایی، سمپاش پشت تراکتوری، فاروئر (معروف به پارو یا شیپر یا خاکده)، سرزن و سیب‌کن به عنوان ورودی و عملکرد محصول، بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری انرژی به عنوان خروجی مدل بکار گرفته شد. بر اساس میزان کارایی عمر سیستم ماشینی و تاثیر آن بر شاخص‌های خروجی مورد نظر، مزارع به دو دسته‌ی کارا و ناکارا تقسیم شدند که ۳۸٪ مزارع به‌صورت ناکارا در حال فعالیت بودند. مزارع ناکارا عمدتا به دلیل فرسودگی سیستم ماشینی خود نتواسته‌اند شاخص‌های عملکردی قابل قبولی از خود بروز دهند، در حالی که مزارع کارا با استفاده از ادوات با عمر بهینه‌ی آنها یا حداقل نزدیک به آن شرایط خوبی برای خود ایجاد کرده‌اند به نحوی که علاوه بر سوددهی خوب، بهره‌وری مطلوبی نیز در زمینه‌ی انرژی و هزینه دارند و در مقیاس کلان به نفع کشور (در جهت صرفه جویی منابع و بازدهی مطلوب) در حال تولید هستند. نتایج نشان داد که بیشترین استفاده‌ی افراطی از سیستم مکانیزه مربوط به تراکتورها و گاوآهن‌های برگردان دار می‌باشد که با جلوگیری از استفاده‌ی تراکتورها و ماشین‌های فرسوده می‌توان میزان عملکرد و بهره‌وری انرژی را تا حدود ۷۰٪ و بهره‌وری هزینه را تا دوبرابر افزایش داد و از صرف هزینه‌های اضافی برای مدیریت و تعمیر و نگهداری تراکتورها و ماشین‌های فرسوده خودداری نمود.

واژگان کلیدی: تراکتور، ماشین‌های کشاورزی، کارایی، بهره‌وری انرژی، بهره‌وری اقتصادی، عملکرد.

مقدمه

مدیریت ماشین‌های کشاورزی زیر مجموعه‌ای از مدیریت مزرعه است که از طریق سنجش و ارزیابی گزینه‌ها و امکانات مختلف موجود، به تعیین بهترین ترکیب و اجرای مناسب‌ترین شیوه در به کارگیری ماشین‌های مرتبط با امر تولید کشاورزی می‌پردازد. یکی از اهداف مورد نظر در مدیریت ماشین‌های کشاورزی، تصمیم‌گیری درباره‌ی جایگزینی[۱] ماشین‌های کشاورزی، با در نظر گرفتن شرایط فنی و اقتصادی ویژه‌ی هر ماشین و منطقه است. تصمیم

[1] Replacement

گیری درباره‌ی کنار گذاشتن ماشین‌های کار کرده و جایگزینی ماشین‌های کشاورزی نو، بر پایه‌ی عاملی به نام "عمر اقتصادی" صورت می‌گیرد. عمر اقتصادی که از آن تحت عنوان عمر مفید نیز نام برده می‌شود، عموما از عمر کاری ماشین کوتاهتر است و طول آن وابستگی به روند وقوع و میزان هزینه‌های تعمیراتی ماشین دارد. در عین حال می‌بایست این نکته را هم مدنظر داشت که با عرضه‌ی مدل‌های جدیدتری که دارای هزینه‌ی عملیاتی پایین‌تر و بهره‌وری بالاتری نسبت به مدل‌های پیشین هستند، صرفه‌ی اقتصادی کاربرد مدل‌های جدید به عنوان گزینه‌ای قابل تامل نمایان می‌گردد. بر طبق استانداردهای انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا[۲]، سن جایگزینی که در پایان عمر اقتصادی یک ماشین کشاورزی قرار دارد، غالبا پیش از خرابی‌های عمده ناشی از فرسایش و از کارافتادگی فنی ماشین فرا می‌رسد (انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا، ۲۰۰۰ ب).

اقدام به جایگزینی به علت مواردی همچون تصادف شدید (به حدی که خرید ماشین نو از بازسازی مجدد آن با صرفه‌تر باشد)، ناکافی بودن ظرفیت کاری ماشین فعلی به علت افزایش مقیاس تولید، از رده خارج شدن ماشین، کاهش یافتن قابلیت اطمینان ماشین و در نتیجه افزایش رکود ماشین و هزینه‌های عدم انجام به موقع عملیات، و در نهایت تجاوز نرخ بروز هزینه‌های تعمیر و نگهداری ماشین‌ها از حدی خاص که منجر به افزایش هزینه‌های کل ماشین از یک مقدار کمینه می‌شود، رخ می‌دهد (انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا، ۲۰۰۰ الف؛ هانت، ۲۰۰۱).

در روش‌های متداول تعیین عمر اقتصادی تراکتور و ماشین‌های کشاورزی، از هزینه‌های ثابت و متغیر به کار گیری ماشین استفاده می‌شود، به عنوان مثال آشتیانی و همکاران (۱۳۸۵) مطالعه‌ای به منظور تعیین عمر اقتصادی (سن جایگزینی) ۳۶ دستگاه تراکتور کشاورزی در سه مدل مختلف در شرکت زراعی دشت ناز مازندران انجام دادند. آنها با توجه به قیمت اولیه‌ی تراکتورها، میزان سود سرمایه و استهلاک سالانه را برای هر مدل تراکتور محاسبه کردند و همراه با هزینه‌های سالانه-ی تعمیر و نگهداری آنها، عمر اقتصادی تراکتورها را برآورد کردند. در این مطالعه ما سعی بر آن داریم تا با بهره‌گیری از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها رهیافتی جدید از طریق بررسی کارایی تولید محصول در مزارع سیب‌زمینی استان همدان که به طور ویژه و تخصصی مشغول تولید این محصول ارزشمند هستند و برقراری ارتباط بین شاخص‌های عملکرد مزارع مانند میزان تولید مزرعه (به صورت کیلوگرم بر هکتار)، بهره‌وری اقتصادی تولید محصول، بهره‌وری انرژی و ... با عمر تراکتور و ماشین‌های کشاورزی مورد استفاده در این مزارع عمر بهینه‌ی این ادوات را تعیین کنیم.

ابزار متعددی برای اندازه‌گیری کارایی در تعیین کارایی بین چند بنگاه (در کشاورزی هر مزرعه به مثابه یک بنگاه) در طول زمان وجود دارد. ساده‌ترین آنها استفاده از شاخص نسبت ستانده به نهاده است. گسترش مدل‌های ریاضی اندازه‌گیری کارایی، این امکان را فراهم می‌کند که فضای واقعی فعالیت در عمل به قالب‌های ریاضی و آماری تبدیل گردد و رفتار بهینه-ی بنگاه‌ها را در جهت حداقل کردن هزینه‌ها شناسایی کند. بررسی ابعاد مختلف کارائی بهره‌بردارن بخش کشاورزی همواره مورد توجه محققان قرار گرفته است. در این زمینه تحقیقات زیادی در خصوص محصولات مختلف انجام شده که وضعیت کارایی کشاورزان را در سطح مزارع نشان می‌دهد. نجفی و زیبایی (۱۳۷۳) به منظور اندازه‌گیری کارایی گندم‌کاران منطقه‌ی مرودشت در سال‌های ۱۳۶۸–۷۱ از مدل کاب–داگلاس استفاده کردند و نشان دادند که کارایی فنی کشاورزان در سال‌های مورد بررسی از ٦٧/٦ به ٧٩/٧ درصد افزایش یافته، اما هنوز امکان افزایش تولید از طریق بهبود کارایی فنی به میزان قابل توجهی وجود دارد. کوپاهی و کاظم نژاد (۱۳۷٦) در تحقیقی ضمن تعیین عوامل موثر بر تولید چایکاران گیلان، به محاسبه-

[2] American Society of Agricultural Engineers (ASAE)

ی کارایی فنی پرداختند. برای انجام این مطالعه با استفاده از تخمین تابع تولید و روش حداکثر مربعات معمولی تصحیح شده، کارایی فنی را محاسبه کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کارایی فنی چایکاران بسیار پایین بوده و به طور متوسط ۳۸ درصد می‌باشد. نجفی و شجری (۱۳۷٦) با بهره‌گیری از سه روش (حداکثر مربعات معمولی تصحیح شده، برنامه‌ریزی خطی و حداکثر درستنمایی) کارایی فنی کشاورزان گندم‌کار را در استان فارس برآورد نمودند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بین کارایی گندم‌کاران اختلاف نسبتا زیادی وجود دارد که می‌توان از طریق آموزش روش‌های اعمال شده در مزارع پیشرفته و گسترش دانش مدیریت در میان سایر کشاورزان، تولید را افزایش داد. همچنین نتایج مطالعه‌ی محمدی و همکاران (۱۳۷۷) نشان داد که با تکنولوژی موجود در سطح مزارع ذرت استان فارس از طریق روش‌های صحیح و انجام به موقع عملیات کاشت، داشت و برداشت می‌توان به افزایش تولید قابل ملاحظه‌ای دست یافت. همانطوری که از نتایج این مطالعه‌ها مشاهده می‌گردد بهبود عملکرد تولید در مزرعه و افزایش کارائی و بهره‌وری از راه‌های مختلفی امکان‌پذیر است، به این ترتیب می‌توان گفت استفاده از ماشین‌های کشاورزی تا بهترین عمر اقتصادی آنها یکی از راهکارهای بسیار مفید در کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بهره‌وری و کارایی تولید است. مقایسه‌ی کارایی مزارع مختلف با مجموعه‌های متفاوت از ماشین‌های مورد نیاز در فرآیند تولید سیب‌زمینی از نقطه نظر عمر آنها هدف اصلی این مطالعه است.

مواد و روش‌ها

روش‌های زیادی در نیم‌قرن اخیر برای تخمین مرز کارا جهت بررسی کارایی واحدهای تولیدی مورد استفاده قرار گرفته است، اما دو روش عمده برای تخمین، روش پارامتریک و ناپارامتریک است. روش پارامتریک، تحلیل تابع تولید مرز تصادفی و روش ناپارمتریک روش تحلیل پوششی داده‌هاست که یک روش برنامه‌ریزی خطی می‌باشد و نخستین بار فارل (۱۹۵۷)، مدل اولیه‌ی آن را ارائه کرد. تحلیل پوششی داده‌ها (Data Envelopment Analysis) یک روش برنامه‌ریزی ریاضی ناپارامتری است که با استفاده از کلیه مشاهدات یک تابع مرزی را برآورد می‌کند و به دلیل در بر گرفتن کلیه‌ی داده‌ها به این نام مشهور شده است. از معایب این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: خطای اندازه‌گیری عوامل تولید و محصول، شکل و موقعیت منحنی مرزی کارا را تغییر می‌دهد و همچنین اضافه نمودن عامل تولید یا محصول در DEA موجب کاهش مقدار کارایی نمی‌شود، اما با توجه به آسان و شفاف بودن این روش و محاسبه‌ی راحت آن و همچنین عدم نیاز به پیش-فرض تاثیر متغیرهای گسسته استفاده از آن عمومیت یافته است (امامی میبدی، ۱۳۷۹).

در این مطالعه، برای محاسبه‌ی کارایی عمر تراکتور و ماشین‌های کشاورزی از یک مدل نهاده محور (معطوف به حداقل سازی استفاده از نهاده‌ها با فرض ثبات ستانده‌ها) که به وسیله‌ی چارنز و همکارانش در سال ۱۹۸۷پیشنهاد شد، استفاده شده است.

$$\begin{aligned} Min_{\theta,\lambda} \quad & \theta, \\ s.t. \quad & -y_i + \mathbf{Y}\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - \mathbf{X}\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \qquad (1)$$

در رابطه‌ی شماره‌ی ۱، θ یک اسکالر است، λ بردار N*1 مقادیر ثابت، x_i بردار ستونی نهاده‌ها برای مزرعه‌ی i ام، y_i بردار ستونی ستانده برای مزرعه‌ی i ام، x مقادیر K*N نهاده‌ها، y ماتریس M*N ستانده‌ها، K تعداد ماشین‌های مورد استفاده در تولید سیب‌زمینی، M تعداد محصول مورد بررسی و N تعداد مزارع سیب‌زمینی را نشان می‌دهد (امامی میبدی،

۱۳۷۹). مقدار θ میزان کارایی فنی تولید کننده‌ی i ام را نشان می‌دهد که کمتر یا مساوی با یک است. مقدار یک نمایانگر واحد تولیدی با کارایی فنی کامل است.

در این مطالعه از ۸ متغیر ($K=8$)، متوسط عمر تراکتور یا تراکتورهای مزرعه و عمر ماشین‌هایی که در اکثریت سیستم‌هایی ماشینی مزارع سیب‌زمینی استان همدان به کار می‌رود برای بررسی کارایی تولید، بهره‌وری انرژی و هزینه‌ی ($M=۳$) مزارع سیب‌زمینی ($N=۱۶۰$) از دیدگاه عمر تراکتور و ماشین‌های کشاورزی استفاده گردید. سیستم‌های ماشینی متداول استان همدان در جدول شماره‌ی ۱ معرفی شده‌اند. برای بیان شکل ماتریسی متغیرهای مورد بررسی در رابطه‌ی ۱، می‌توان گفت که x ماتریس ۵۰×۸ از ورودی‌های مزارع و y یک ماتریس ۵۰×۳ از محصول سیب‌زمینی است. در رابطه‌ی شماره‌ی ۱، محدودیت نخست نشان می‌دهد که آیا مقادیر واقعی محصول سیب‌زمینی تولید شده به وسیله‌ی مزرعه‌ی i ام با استفاده از سیستم ماشینی خود با عمر فعلی آنها، می‌تواند بیش از این باشد؟ همچنین محدودیت دوم در رابطه‌ی ۱ نیز بر این دلالت دارد که عوامل تولیدی (ماشین‌های کشاورزی با یک مجموعه عمر خاص) که به وسیله‌ی کشاورز i ام در تولید محصول به کار می‌رود، دست کم باید به اندازه‌ی عمر ماشین‌های به کار رفته به وسیله‌ی مزرعه‌ی مرجع (مزرعه‌ای که عمر دستگاه‌ها و ادوات مزرعه‌ی مورد نظر برای محاسبه‌ی کارایی با آن سنجیده می‌شود) باشند.

اندازه‌گیری کارایی فنی با استفاده از مدل بازده به مقیاس ثابت (CRS[3]) زمانی که همه‌ی تولیدکنندگان سیب‌زمینی در مقیاس بهینه عمل نمی‌کنند، به دلیل کارایی مقیاس با اشکال مواجه بوده و کارایی فنی بدست آمده از این راه خالص نبوده و با کارایی مقیاس همراه است، بنابراین بانکر و همکاران (۱۹۸٤)، مدل CRS را جهت اندازه گیری بازده‌ی متغیر به مقیاس بسط دادند، لذا برای تفکیک کارایی فنی از کارایی مقیاس(VRS[4]) جهت اندازه‌گیری کارایی فنی خالص استفاده می‌شود. مدل (VRS) با اضافه کردن قید تحدب و صرف نظر کردن از قید بازدهی ثابت نسبت به مقیاس در ظاهر پوششی، از مدل CRS به‌دست آمد و در آن قیدی که مجموع λ مساوی با یک باشد درج شد. در این مدل، شکل پوششی به صورتی است که الزاما از مبدأ عبور نمی‌کند. در نتیجه نقاطی که در پروژه برای واحدهای ناکارا به صورت ترکیب محدب واحدهای ناکارا تعیین شده نسبت به ترکیب خطی در حالت بازدهی ثابت به مقیاس در ظاهر پوششی بیشتر است. با حذف محدودیت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، بازدهی نسبت به مقیاس بر روی مرز مجموعه‌ی امکانات تولید متغیر خواهدشد، این حالت بازدهی متغیر نسبت به مقیاس (VRS) نامیده می‌شود.

آمار و اطلاعات مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه از سیب‌زمینی‌کاران استان همدان برای سال زراعی ۸۸-۸۷ جمع‌آوری گردید. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها، داده‌های خام مورد پردازش قرار گرفت، هزینه‌ی تولید و عملکرد برای هر مزرعه تعیین شد. پس از محاسبه انرژی نهاده‌ها در تولید سیب زمینی، شاخص بهره وری انرژی که عبارتست از میزان محصول تولید شده به ازای صرف هر مگاژول انرژی ($kg\ MJ^{-1}$) محاسبه گردید. جدول شماره ۱ میزان انرژی نهاده و ستانده را نشان می‌دهد که در مطالعه‌ای که توسط زنگنه و همکاران (۲۰۱۰) انجام شده به دست آمده است.

جدول شماره‌ی ۱- مقادیر انرژی نهاده، ستانده در تولید محصول سیب‌زمینی

[3] Constant Return to Scale
[4] Variable Return to Scale

نهاده/ستانده	کل انرژی معادل (مگاژول بر هکتار)
مجموع انرژی نهاده	۱۵۳۰۷۱/٤
مجموع انرژی ستانده	۱۵۷۱۸۲/۳۵

منبع: زنگنه و همکاران، ۲۰۱۰

در تولید سیب‌زمینی با دو نوع سیستم ماشینی متداول در سطح مزارع استان مواجه هستیم. با توجه به این دو نوع سیستم ماشینی، در این مطالعه ۷ نوع ماشین مشترک در هر دو نوع سیستم ماشینی مورد مطالعه قرار گرفت. این ماشین‌ها عبارتند از: گاوآهن برگرداندار، غده کار سیب‌زمینی، کودپاش شیمیایی، سمپاش پشت تراکتوری، فاروئر (معروف به پارو یا شیپر)، سرزن و سیب‌کن.

جدول شماره‌ی ۲- سیستم‌های ماشینی متداول در کشت سیب‌زمینی استان همدان

سیستم اول	تراکتور، گاوآهن برگرداندار، کلوخ خردکن، زیرشکن، غده کار سیب‌زمینی، کودپاش شیمیایی، کودپاش کود مرغی، سمپاش پشت تراکتوری، فاروئر (معروف به پارو یا شیپر)، سرزن، سیب‌کن.
سیستم دوم	تراکتور، گاوآهن برگرداندار، دیسک، کولتیواتور قلمی (معروف به شش خیش)، غده‌کار سیب‌زمینی، کودپاش شیمیایی، سمپاش پشت تراکتوری، فاروئر (معروف به پارو یا شیپر)، سرزن، سیب‌کن.

جدول شماره‌ی ۳ مشخصات آماری تراکتور و ماشین‌های مورد استفاده به عنوان ورودی و عملکرد، بهره‌وری انرژی و هزینه‌ی سیب‌زمینی به عنوان خروجی مدل DEA را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول شماره‌ی ۳ مشاهده می‌شود، استفاده بیش از اندازه از ماشین‌ها در برخی موارد حالتی بحرانی ایجاد کرده است تا آنجا که از تراکتور، کودپاش و گاوآهن برگردان‌دار گاهی تا ۳۰ سال استفاده می‌شود. با افزایش عمر ماشین علاوه بر افزایش هزینه‌های به کارگیری، به دلیل افزایش ریسک لنگی‌ها و توقف‌های ناخواسته در طول فصل کاری هزینه‌های مخفی به موقع نبودن نیز رو به افزایش می‌گذارند. بالارفتن هزینه‌های تولید علاوه بر تاثیر کلان آن در اقتصاد ملی و کاهش توان رقابت تولیدکنندگان داخلی، تاثیر مستقیم بر وضع معیشتی کشاورزان گذاشته و در دراز مدت باعث خروج و حذف آنها از چرخه‌ی تولید می‌شود. توجه به عمر تراکتور و ماشین‌های مورد استفاده باید به صورت امری مستمر درآید و همواره تاثیرات آن بر تولید مورد رصد قرار گیرد.

جدول شماره‌ی ۳ – میانگین، کمینه، بیشینه و انحراف معیار ورودی و خروجی‌های مورد استفاده در مدل تحلیل پوششی داده‌ها

ورودی*	بیشینه	کمینه	میانگین	انحراف معیار
عمر تراکتور	۲۹	۲	۱۳/۰٦	۹/۳٤
عمر گاوآهن برگردان‌دار	۲۸	۱	۵/۵۹	٤/۱۲
عمر غده کار	۱۵	۱	٦/٤٦	۳/۹۲
عمر کود پاش	۳۰	۱	۷/۳٤	٤/۸۱
عمر سم پاش	۱۳	۱	٦/۸٦	۲/۹۷

عمر خاک ده	۱۸	۱	۵/۵	۲/۹۶
عمر سرزن	۱۵	۱	۵/۳۲	۲/۶۸
عمر سیب کن	۱۲	۱	۶/۵۵	۲/۹۳
خروجی				
عملکرد (تن در هکتار)	۸۵	۱۰	۴۳/۶۲	۱۴/۵۹
بهره‌وری اقتصادی (کیلوگرم بر هزار ریال)	۱۱/۳۹	۲/۰۵	۲۵/۳۵	۵/۹
بهره‌وری انرژی (مگاژول بر کیلوگرم)	۰/۶۴	۰/۰۵	۰/۳۱	۰/۱۳

*ورودی‌ها بر حسب سال عمر ماشین است.

جدول شماره‌ی ٤ مقادیر کارایی مزارع سیب‌زمینی را با ترکیب‌های مختلفی از شاخص‌های عملکردی آنها نشان می‌دهد. تحلیل کارایی تراکتور و ماشین‌ها در هر چهار مدل اجرا شده، نتایج تقریبا یکسانی را حاصل نمود. مدل سوم که با ۸ ورودی و سه خروجی در بازده به مقیاس متغیر انجام شد به دلیل دخالت هر سه عامل عملکرد، بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری انرژی در کارایی‌سنجی عمر ماشین‌ها و همچنین دارا بودن میانگین کارایی بالاتر نسبت به مدل‌های انفرادی (۰/۹۱) برای تحلیل میزان عمر بهینه هر ماشین انتخاب گردید. در این مدل بیش از نیمی از مزارع (۶۲٪) مورد مطالعه در مرز کارایی قرار دارند و ۲۸٪ تولید کنندگان وضعیت قابل قبولی در استفاده از سیستم ماشینی خود ندارند. انتخاب شاخص عملکرد (کیلوگرم در هکتار) تاثیر فاکتور عمر سیستم ماشینی مزرعه بر تولید را به طور مستقیم نشان می‌دهد و از این لحاظ بسیار حائز اهمیت است. بهره‌وری اقتصادی عبارتست از میزان محصول به ازای هزینه تولید، شاخص هزینه‌ی تولید می‌تواند علاوه بر هزینه‌های معمول تولید، سایر هزینه‌های مستتر در تولید به دلیل بالا بودن عمر سیستم ماشینی، از جمله هزینه‌های به موقع نبودن یا لنگی‌های حین کار را وارد مسئله کند. شاخص بهره‌وری انرژی نیز با در نظر گرفتن هر دو جنبه‌ی تولید یعنی نهاده‌ها و ستانده‌ها کاربرد ویژه‌ای در مطالعه‌ی تاثیر عمر تراکتور و ماشین‌ها بر ویژگی‌های تولید سیب‌زمینی در سطح مزارع استان دارد، بنابراین با توجه به کاربردها و اهداف هر یک از این شاخص‌ها، ترکیب آنها و در نظر گرفتن همزمان این سه شاخص می‌تواند بهترین نتایج را در بر داشته باشد. همچنین همانطور که در جدول شماره‌ی ٤ مشاهده می‌شود با استفاده از مدل سه خروجی همزمان کمترین تعداد مزارع کارا مشخص شده است که نشان دهنده‌ی جامعیت این مدل در مطالعه و تعیین کارایی عامل عمر دستگاه‌ها در فرآیند تولید است.

جدول شماره‌ی ٤ – میانگین، کمینه، بیشینه و انحراف معیار کارایی با چهار خروجی متفاوت در بازده به مقیاس متغیر

	یک خروجی			سه خروجی همزمان
	عملکرد	بهره‌وری اقتصادی	بهره‌وری انرژی	عملکرد+ بهره‌وری اقتصادی+ بهره‌وری انرژی
میانگین	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۹	۰/۹۱

انحراف معیار	۰/۱۵	۰/۱٦	۰/۱۵	۰/۱٤
بیشینه	۱	۱	۱	۱
کمینه	۰/٤۱	۰/٤۱	۰/٤۱	۰/٤۱
تعداد واحد کارا	۲٤	۲٤	۲۷	۳۱
تعداد واحد ناکارا	۲٦	۲٦	۲۳	۱۹

منبع: یافته‌های پژوهش

در جدول شماره‌ی ۵ عمر واقعی در مقایسه با عمر بهینه‌ی سیستم ماشینی مزارع ناکارا در مدل ورودی محور(به معنی حداقل سازی میزان نهاده‌ها با همان مقدار محصول) بوده‌اند آورده شده است. این نتایج این جدول همچنین در شکل شماره‌ی ۱ به خاطر مقایسه‌ی ساده‌تر به صورت نمودار نشان داده شده است.

جدول شماره‌ی ۵ – تفاوت عمر واقعی در حال کار تراکتور و ماشین‌ها و عمر بهینه‌ی آن‌ها در مزارع ناکارا

	تراکتورها	گاوآهن برگردان‌دار	غده‌کار	کودپاش	سم‌پاش	خاک‌ده	سرزن	سیب کن
میزان عمر واقعی	۱۷/۵	۷/۳٦	۷/۲۵	۹/۵	۷/۵	٦/٤٤	۵/۸	٦/۵۲
میزان عمر بهینه	۸/٤٦	۳/٤۷	۵/۱۱	۵/۵۲	۵/۰۹	٤/۲۳	٤	٤/۷٤
تفاوت	۹/۰۳	۳/۸۸	۲/۱۳	۳/۹۷	۲/٤	۲/۲۱	۱/۸	۱/۷۸
درصد عمر نامطلوب (اضافه)	۱/۰٦	۱/۱۲	۰/٤۲	۰/۷۲	۰/٤۷	۰/۵۲	۰/٤۵	۰/۳۷

منبع: یافته‌های پژوهش

شکل شماره‌ی ۱– تفاوت میزان عمر بهینه تخمین زده شده و عمر در حال کار تراکتورها و ماشین‌ها در کشت سیب‌زمینی

شکل شماره‌ی ۱ نشان می‌دهد که بیشتر از همه در کشت سیب زمینی از ترکتور بیش از حد عمر بهینه خود استفاده می‌شود که سبب ناکارایی و پایین آمدن میزان عملکرد محصول می‌گردد. از بین ماشین‌های مورد استفاده کودپاش (۱۵٪) و گاو آهن برگردان‌دار (۱٤٪) بیشترین میزان انحراف از عمر بهینه را در مقایسه با سایر ماشین‌ها دارند، که این موضوع لزوم توجه ویژه به این دو ماشین و تعویض و جایگزینی به موقع آنها را می‌طلبد.

در صورت استفاده از ماشین‌ها مطابق عمر توصیه شده‌ی آن‌ها، می‌توان تا حد زیادی از صرف بیهوده‌ی هزینه و انرژی جلوگیری نمود. جدول شماره ٦ پتانسیل سیستم ماشینی با عمر مناسب را در بهبود فرآیند تولید نشان می‌دهد. چنانچه در تحلیل کارایی مدل بازده به مقیاس متغیر خروجی محور مشخص شد، می‌توان بهره‌وری هزینه را تا بیش از دو برابر بالا برد، همچنین با استفاده از سیستم مکانیزه صحیح و کاربرد ماشین‌ها با سن مناسب عملکرد را ۷۲٪ و بهره‌وری انرژی را ۷٦٪ افزایش داد.

جدول شماره ٦ – تفاوت مقدار واقعی و بهینه‌ی عملکرد و بهره‌وری در مزارع ناکارا

خروجی	واحد	مقدار واقعی	مقدار بهینه	درصد افزایش
عملکرد	(کیلوگرم بر هکتار)	۳۵/٦٤	٦۱/٦۲	۰/۷۲
بهره‌وری انرژی	(کیلوگرم بر هزار ریال)	۰/۲۳	۰/٤۱	۰/۷٦
بهره‌وری هزینه	(کیلوگرم بر مگاژول)	۸/۷۱	۱۸/۲٦	۱/۰۹

منبع: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این مطالعه به منظور بررسی و تعیین کارایی عمر تراکتور و ماشین‌های کشاورزی مورد استفاده در سیستم ماشینی کشت سیب‌زمینی استان همدان انجام گردید. استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها اقدامی بدیع در این زمینه بود که با توجه به توانایی‌های منحصر به فرد خود توانست نتایج بسیار ارزشمندی به دست دهد. این تکنیک ما را قادر ساخت تا مزارع سیب-زمینی استان همدان را به دو دسته‌ی کارا و ناکارا از نقطه نظر عمر سیستم ماشینی و تاثیرات آن بر سه فاکتور اساسی تولید یعنی عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)، بهره‌وری اقتصادی (کیلوگرم بر هزار ریال) و بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول) تقسیم کنیم. استفاده از مدل بازده به مقیاس متغیر ورودی محور در تعیین کارایی مزارع این امکان را فراهم نمود تا سایر عواملی را که می‌توانست باعث ایجاد تفاوت و کارا و ناکارا شدن مزارع شود تا حد بسیار زیادی کنترل نماییم. تفاوت زیادی بین این دو گروه مشاهده گردید که می‌توان سهم قابل توجهی از آن را به خاطر بهینه نبودن مزارع ناکارا قلمداد نمود. وخیم‌ترین اوضاع مربوط به تراکتور است که عمر بالای آن و بالتبع فرسودگی آن هزینه‌های زیادی را به کشاورز و به همین ترتیب کشور وارد می‌کند.

بهتر است علاوه بر روش‌های قدیمی تعیین عمر جایگزینی ادوات که مبتنی بر هزینه هستند و تنها صرفه‌ی اقتصادی مسئله را مدنظر قرار می‌دهند مسائل کلان مانند مبحث انرژی و بهره‌وری آن را نیز وارد تصمیم‌گیری‌های خود کنیم. با استفاده از این فاکتورها و سایر عواملی که می‌توان اثر گذاری آنها بر ویژگی‌های تولید یک محصول را توجیه نمود مطمئنا درک عمیق‌تری از بحث جایگزینی ادوات در عمر بهینه ایجاد خواهد شد. بیشترین بحران متوجه تراکتورهای مزارع است که این موضوع همت عالی سیاست‌گذاران بخش کشاورزی را بیش از پیش می‌طلبد. نتایج این مطالعه تاثیر شگرف استفاده از سیستم ماشینی تا عمر بهینه‌ی آن را نشان داد که می‌تواند تا چه حد در افزایش تولید، کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری انرژی دخیل باشد، تا آنجا که این پتانسیل در کشت سیب زمینی وجود دارد که با استفاده از تراکتورها و ماشین‌هایی با عمر مناسب تا بیش از دو برابر(۱۰۹٪) بهره‌وری هزینه را افزایش داد و از صرف هزینه‌های اضافی برای مدیریت و تعمیر و نگهداری تراکتورها و ماشین‌های فرسوده خودداری نمود. پیشنهاد می‌شود این مطالعه در سایر نقاط با اقلیم و شرایط متفاوت انجام گیرد تا بتوان به صورت مکان‌ویژه عمر بهینه‌ی سیستم ماشینی را تعیین نمود.

منابع

۱. آشتیانی، ع.، رنجبر، ا. و تورچی م. ۱۳۸۵. تعیین عمر اقتصادی سه مدل تراکتور کشاورزی در ایران (مطالعه‌ی موردی شرکت زراعی دشت ناز مازندران). علوم کشاورزی، ۱۲ (۱): ۲۲۱-۲۳۰.

۲. امامی میبدی، ع.۱۳۷۹. اصول اندازه گیری کارایی و بهره‌وری(علمی کاربردی). موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی تهران.

۳. کوپاهی، م. و م. کاظم نژاد. ۱۳۷٦. بررسی و تحلیل اقتصادی کارایی فنی چایکاران گیلان با تاکید بر تاثیر سن، سواد و اندازه زمین. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. سال پنجم. شماره ۱۷. ص ۹۹-۸۹ .

٤. محمدی، د. و همکاران. ۱۳۷۷. تعیین کارایی عوامل تولید در زراعت ذرت دانه‌ای و بررسی عوامل مؤثر بر آن. مرکز تحقیقات کشاورزی استان فارس. گروه بررسی‌های اقتصادی طرح‌های تحقیقاتی.

۵. نجفی، ب.ا. و ش.شجری. ۱۳۷٦. کارایی گندم کاران و عوامل مؤثر بر آن: مطالعه موردی استان فارس. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. سال پنجم. شماره ۱۹.ص ۷-۳۰.

6. ASAE Standards EP496 (2000a). Agricultural Machinery Management Engineering Practice.
7. ASAE Standards S495 (2000b).Uniform Terminology for Agricultural Machinery Management.
8. Banker R D, Charnes A, Cooper W W (1984) Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, management science, 30(9):
9. Charnes A, Cooper W, Rhods E (1978) Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research 2: 429-441.
10. Farrell M J (1957**)** The measurement of productive efficiency, Journal of the Royal Statistical Society, 120: 252-90.
11. Hunt, D.R. 2001. Farm Power and Machinery Management. Tenth Edition. Iowa State University Press. Ames. USA.
12. Zangeneh M, Omid M, Akram A. (2010) A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies, Energy, 352 (7): 2927-2933.

Study on tractor and machinery lifetime efficiency in potato production- using Data Envelopment Analysis

Abstract

In this study lifetime efficiency of tractor and farm machinery used in Hamedan province potato production calculated by Data Envelopment Analysis method. Input oriented model was used in order to determine optimized machinery system, in this model inputs was tractor lifetime and 7 machinery lifetime including moldboard plow, potato tuber planter, chemical fertilizer sprayer, tractor mounted sprayer, furrower, potato haulm cutter and potato digger , output was yield, economic and energy productivity of potato production. Results showed that 28% of farms were inefficient, these farm because of salvage tractor and machinery are unable to produce acceptable yield and subsequently energy and economic efficiency, whereas efficient farm by using optimized machinery lifetime pay less maintenance cost and also can produce more product, benefit and consume less energy. Analysis showed that if inefficient farms use suitable mechanization system, they can reduplicate economic productivity and improve yield and energy productivity respectively 72% and 76%.