تبیین مدل ریاضی مصرف سوخت دیزل تراکتور MF-399 در تولید ذرت دانه-ای (مطالعه موردی: منطقه پارس‌آباد مغان)

سعید عباسی[1*]، امن‌اله شکری[2]، علیمحمد جعفری[3]

۱- محقق مکانیزاسیون کشاورزی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۲- کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، بخش تولیدات زراعی- شرکت کشت و صنعت مغان.

۳- استادیار پژوهش اقتصاد کشاورزی، بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

* ایمیل نویسنده مسئول:abbassisaeed2@gmail.com

چکیده

مصرف انرژی به خصوص سوخت دیزل مصرفی توسط تراکتور سهم قابل توجهی در هزینه‌های تولیدات کشاورزی داشته و پیش‌بینی آن نیازمند ابزار علمی دقیق می‌باشد. این مطالعه با هدف تعیین و ارزیابی مدل ریاضی مناسب و مستقل از پارامترهای نسبتا پیچیده به منظور پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل در یکی از تراکتورهای متداول یعنی MF-399 در شهرستان پارس آباد مغان و بر اساس پارامترهای زراعی و ماشینی در انجام عملیات مکانیزه ذرت دانه‌ای انجام شد. اندازه سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای (هکتار) به همراه عملکرد زمانی تراکتور در انجام عملیات خاک‌ورزی، کاشت و داشت به عنوان متغیرهای مستقل مورد استفاده قرار گرفتند. پس از بررسی و آزمون مدل‌های مختلف بر اساس شاخص‌های آماری و اقتصادسنجی، مدل کاب- داگلاس با پنج جمله و چهار متغیر مستقل به عنوان بهترین مدل به منظور پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل انتخاب گردید که در آن ضریب تبیین تعدیل شده برابر ۰/۷۰۳ و درصد میانگین مطلق خطا برابر ۹/۴۵ درصد تخمین زده شد. در این مدل متغیر سطح زیرکشت دارای کشش منفی در مصرف سوخت داشت و در ازای افزایش هر یک درصد در مقدار آن، مصرف سوخت به میزان ۰/۰۰۴ درصد کاهش نشان داد. هم‌چنین، زمان‌های صرف شده برای عملیات خاک‌ورزی، کاشت و داشت دارای کشش مثبت در مصرف سوخت داشتند و در ازای افزایش هر یک درصد در هر یک از این زمان‌ها، مصرف سوخت به ترتیب به میزان ۰/۳۹۳، ۰/۱۳۷ و ۰/۰۹۸ درصد افزایش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: زمان عملیات، سطح زیرکشت، سوخت دیزل، ذرت دانه‌ای، مدل کاب- داگلاس

مقدمه

پیش‌بینی مصرف سوخت در تولید محصولات مختلف به چند دلیل دارای اهمیت می‌باشد: اول اینکه، برنامه‌ریزی تولید محصولات کشاورزی بدون بودجه‌ریزی سالیانه در مورد یکی از نهاده‌های هزینه‌بر یعنی سوخت مصرفی بی‌فایده بوده و برای این‌کار نیاز به ابزار علمی دقیق می‌باشد. دوم اینکه، با توجه به مصرف بالای سوخت دیزل در بخش کشاورزی، یافتن راهکارهای کاهش مصرف آن ضروری بوده و این کار با داشتن یک مدل ریاضی مناسب، عملی خواهد بود.

بر اساس نوع سوخت و مقدار زمانی که تراکتور یا ماشین برای انجام عملیات کشاورزی صرف می‌کند، هزینه‌های مربوط به سوخت و روغنکاری حداقل از ٪۱۶ تا بیش از ٪۴۵ از کل هزینه‌های ماشینی را شامل می‌شود. لذا، شاخص مصرف سوخت نقش قابل ملاحظه‌ای در انتخاب و مدیریت تراکتور و تجهیزات زراعی بازی می‌کند. هم‌چنین، بیشتر مدل‌های بودجه‌ریزی از یک روش ساده برای تخمین مصرف سوخت دیزل استفاده می‌کنند. لیکن، تخمینی بهتر است که شرایط واقعی عملیات زراعی را که به منظور مقایسه سیاست‌های مدیریت ماشین‌های کشاورزی مورد نیاز است، در بر داشته باشد(Simens & Bowers, 1999).

در طی مطالعه‌ای که توسط مقیمی و همکاران (Moghimi et al., 2013) در مورد بررسی میزان مصرف انرژی و نیز ارزیابی مدل اقتصادسنجی بین منابع مختلف انرژی مصرف شده و عملکرد گندم تولیدی در شهرستان قروه انجام شد، تابع تولید کاب- داگلاس به عنوان بهترین مدل برای تبیین این ارتباط شناخته شد. صفا و همکاران (Safa et al., 2009) از رهیافت شبکه عصبی مصنوعی به منظور پیش‌بینی مصرف سوخت با درنظر گرفتن متغیرهای اجتماعی، جغرافیایی و فنی موثر در تولید گندم استفاده نمودند که در بین متغیرهای مورد مطالعه، میزان اسب بخار در هکتار و اندازه قطعات مزرعه به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را در میزان مصرف سوخت داشتند. گریسو و همکاران (Grisso et al. 2004) یک مدل کلی به منظور پیش‌بینی مصرف سوخت تراکتور برای حالت‌های تمام‌بار و بارهای جزئی تخمین زدند. با استفاده از این مدل، امکان پیش‌بینی و صرفه‌جویی مصرف سوخت برای مدل‌های خاص از تراکتور و نیز در شرایط متفاوت از نظر نوع عملیات زراعی و نیز بار تراکتور فراهم گردید (Grisso et al. 2008).

نتایج تحقیقات انجام شده در کشور نپال توسط شرستا (Shrestha, 1998) در دوره زمانی ۱۹۹۵-۱۹۷۰ نشان داد که سهم سوخت مصرفی ٪۱۷ از کل انرژی وارده در مزارع این کشور را تشکیل می‌دهد که سهم قابل توجهی می‌باشد. تاثیر خاک‌ورزی (مرسوم و بی‌خاک‌ورزی) و بازده انرژی روی عملکرد ذرت دانه‌ای در غرب ترکیه مطالعه شد و نتیجه‌گیری شد که بالاترین مصرف سوخت در خاک‌ورزی مرسوم و کمترین آن در بی‌خاک‌ورزی بوده است (Yalcin and Cakir, 2006). در طی تحقیقی که در کشور هند توسط سینگ و همکاران (Singh et al., 2002) به منظور بررسی میزان کل سوخت مصرفی برای سه محصول گندم، نخود سبز و ارزن صدفی انجام شد، نتایج نشان داد که برای تولید این محصولات به ترتیب ۵۹، ۲۲/۳ و ۲۸/۷ لیتر در هکتار سوخت گازوئیل و هم‌چنین ۲۵۱/۲، ۸۲/۷ و ۵۹/۷ کیلووات در هکتار الکتریسیته نیاز است. هم‌چنین در مطالعه‌ای که توسط کاناکسی و همکاران (Canakci et al.,

2005) جهت ارزیابی سوخت مصرفی برای تولید گندم در منطقه آنتالیای ترکیه انجام شد، میزان کل سوخت مصرفی برابر ۶۷/۸ لیتر در هکتار سنجیده شد که از این مقدار عملیات تهیه بستر (خاک ورزی) با ۴۶/۵ لیتر بیشترین سهم را دارا بود. ضمن اینکه عملیات دیگر نظیر برداشت (۱۳/۵ لیتر)، حمل و نقل (۵/۷ لیتر)، کنترل آفات (۱ لیتر)، کوددهی (۰/۶ لیتر) و کاشت (۰/۵ لیتر) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. صفا و طباطبایی‌فر (Safa M. & Tabatabaeefar A., 2008) نیز کل سوخت مصرفی را در دو سامانه کشت گندم آبی و دیم شهرستان ساوه مورد ارزیابی قرار دادند که بیشترین میزان مصرف سوخت در تولید گندم آبی برابر ۵۹۸ و ۷۴ لیتر در هکتار به ترتیب برای دو سامانه کشت گندم آبی و دیم بوده است که در این میان بیشترین سهم سوخت مصرفی در سامانه کشت آبی مربوط به عملیات آبیاری (۷۸/۴٪) و بیشترین سهم مصرف سوخت در سیستم کشت دیم به عملیات خاک‌ورزی (۵۹٪) اختصاص داشته است. سایر تحقیقات نیز نشان دادند که عملیات خاک‌ورزی که به عنوان بخشی از عملیات زراعی جهت آماده‌سازی خاک زراعی انجام می‌شود بیشترین مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی را به خود اختصاص داده است (Pimentel et al., 1973). بورین و همکاران (Borin et al., 1997) گزارش کردند که متوسط انرژی ورودی در هکتار متناسب با شدت عملیات خاک‌ورزی است. وقتی عملیات خاک ورزی کاهش می‌یابد، مصرف سوخت کاهش و کارایی انرژی افزایش می‌یابد. آنها گزارش نمودند که ۳۰٪ از کل انرژی ورودی در مزرعه صرف عملیات خاک‌ورزی می‌شود. بوناری (Bonari, 1995) در مطالعه‌ای نشان داد که مدت انجام عملیات، مصرف سوخت، انرژی مورد نیاز و هزینه در شرایط حداقل خاک ورزی به میزان ۵۵٪ کاهش می‌یابد در حالی که عملکرد محصول گندم تغییر قابل توجهی نداشت. همت و مصدقی (Hemmat & Mossadeghi, 2001) گزارش نمودند که به‌کارگیری روش‌های صحیح خاک ورزی و انتخاب مناسب ادوات زراعی ازجمله عواملی هستند که می‌توانند علاوه بر کاهش میزان سوخت مصرفی سبب آلودگی کمتر محیط‌زیست گردند.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که در مورد پیش‌بینی مصرف سوخت تراکتور از مدل‌ها و روش‌های مختلفی استفاده شده است. لیکن، به چند دلیل ضرورت مطالعه حاضر قابل توجیه تشخیص داده شد: ۱- در هیچ‌کدام از مطالعات زمان‌های مربوط به عملیات مکانیزه به‌صورت مجزا در نظر گرفته نشده است، ۲- مدل‌ها عموما به‌صورت کلی و بدون مطالعه بر روی یک مدل خاص از تراکتور انجام شده است و ۳- در بیشتر مدل‌های تعیین شده، به منظور پیش‌بینی مصرف سوخت نیاز به ابزار خاص برای اندازه‌گیری بوده که در خیلی از موارد سهولت کاربردی بودن آن‌ها به‌خصوص برای کشاورزان غیرممکن می‌باشد و ۴- در مورد محصول ذرت دانه‌ای مدل ریاضی مشخصی به منظور محاسبه میزان مصرف سوخت در تولید آن برآورد نشده است. لذا، با توجه به موارد گفته شده، تعیین و ارزیابی مدلی که ضمن داشتن دقت بالا، دارای پیچیدگی زیادی نباشد و صرفا با داشتن اطلاعات موردنظر در مورد اندازه مزرعه و زمان صرف شده برای انجام عملیات مکانیزه بتواند سوخت مورد نیاز برای عملیات مکانیزه قابل انجام توسط تراکتور MF-399 را محاسبه نماید، ضروری به نظر رسید. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند در برنامه‌ریزی سالیانه سوخت مورد نیاز بخش کشاورزی برای تولید ذرت دانه‌ای استفاده شده و نیز به عنوان یک ابزار علمی برای بودجه‌ریزی سالیانه هزینه‌های جاری مکانیزاسیون به کار گیرد. هم‌چنین، نتایج

حاصل از این مطالعه می‌تواند در یافتن راهکارهای مفید به منظور کاهش مصرف انرژی در بخش کشاورزی و حرکت به سمت کشاورزی پایدار موثر باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت موردی در شهرستان پارس آباد مغان انجام شده است که شمالی ترین شهرستان استان اردبیل به شمار می آید و از نظر مختصات جغرافیایی روی محور ۳۹ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این شهرستان از سمت شمال به واسطه رودخانه مرزی ارس به جمهوری آذربایجان، از سمت غرب با استان آذربایجان شرقی، از سمت جنوب وجنوب غربی با شهرستان های بیله سوار و گرمی همجوار بوده و سرانجام از سمت شمال شرقی نیز به جمهوری آذربایجان محدود می شود. شهرستان پارس‌آباد مغان مهم‌ترین مرکز تولید ذرت دانه‌ای در استان است. سطح زیرکشت این محصول در سال ۱۳۹۰ برابر ۱۵۸۳۲/۵ هکتار بوده است (گزارش مرکز آمار ایران، ۱۳۹۲).

در این مطالعه به منظور ایجاد شرایط همگن در بررسی مصرف سوخت دیزل و عدم تاثیر نوع و مدل تراکتور در آن، صرفا مصرف سوخت دیزل توسط تراکتور MF-399 در نظر گرفته شد و انتخاب زارعین نمونه نیز از بین دارندگان این نوع تراکتور نمونه‌گیری و انتخاب شدند.

روش نمونه‌گیری

قبل از برآورد تعداد نمونه مورد نیاز جهت مطالعه، به تعداد ۱۷ نمونه تراکتور MF-399 از نظر میزان مصرف سوخت دیزل مورد مطالعه قرار گرفت که میزان انحراف معیار آن برابر ۳۱/۹۱ لیتر در هکتار برآورد گردید. سپس، انتخاب دارندگان تراکتور MF-399 شهرستان پارس‌آباد مغان با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی سیستماتیک(منظم) انجام شد و نیز به منظور به‌دست آوردن تعداد نمونه از جامعه یاد شده از فرمول کوکران به شرح زیر استفاده گردید (Cochran,1963):

$$n = \frac{Nz^2 pq}{Nd^2 + z^2 pq} \qquad (۱)$$

در این رابطه:

n : تعداد نمونه

N : تعداد جامعه آماری(تعداد تراکتور MF-399 در شهرستان) که برابر ۲۱۲ دستگاه می‌باشد.

Z : مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد، که در سطح اطمینان ۹۵٪ برابر ۱/۹۶ می باشد.

P : درصد زارعینی که دارای تراکتور MF-399 در شهرستان می‌باشند که در اینجا برابر ۰/۵ در نظر گرفته شد.

q : درصد زارعینی که فاقد تراکتور MF-399 در شهرستان هستند (q =1-p) که برابر ۰/۵ به دست می‌آید.

d : مقدار اشتباه مجاز (که در این تحقیق برابر ۱۳ درصد در نظر گرفته شد).

به این ترتیب تعداد نمونه بر اساس فرمول کوکران و مقادیر متغیرهای یاد شده برابر ۴۵ مورد تخمین زده شد.

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در این مطالعه با استفاده از پرسشنامه مخصوصی که شامل اطلاعات مربوط به: مشخصات عمومی کشاورز دارنده تراکتور، سن تراکتور، محصولاتی که عملیات مکانیزه آن توسط تراکتور مورد نظر انجام می‌شود، سطح زیرکشت هر یک از محصولات، میزان مصرف سوخت دیزل در هر هکتار برای انجام عملیات مکانیزه‌ی هر یک از محصولات و زمان صرف شده برای انجام هریک از عملیات در هر هکتار بود، انجام شد. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها، در نه مورد از نمونه‌ها، اطلاعات مربوط به مصرف سوخت دیزل از نظر آماری به شکل داده پرت بودند که از جریان تحلیل آماری حذف شده و عملا محاسبات مربوطه بر روی ۳۶ نمونه انجام گردید.

تحلیل داده‌ها و مدلسازی

در این مطالعه، به‌منظور مدل‌سازی مصرف سوخت دیزل در تولید ذرت دانه‌ای از دو پارامتر سطح زیرکشت و زمان انجام عملیات مکانیزه استفاده شد. به‌طوریکه، عملیات مکانیزه مورد نظر که توسط تراکتور قابل انجام است شامل: عملیات خاک‌ورزی، کاشت و داشت بوده و زمان انجام هر یک از این عملیات در واحد سطح به همراه متغیر سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای به عنوان چهار متغیر مستقل در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند و ارزیابی نرمال بودن داده‌های مربوط به میزان مصرف سوخت دیزل با استفاده از آزمون‌های اسکیونس[۱] ، کورتوسیس[۲] و نیز کولموگوروف- اسمیرنوف[۳] انجام گردید. لازم به توضیح است با توجه به عدم به‌کارگیری تراکتور موردنظر در عملیات برداشت ذرت دانه‌ای، مصرف سوختی در این مرحله منظور نشده است.

در پیش‌بینی مصرف سوخت دیزل، از مدل‌های خطی چندمتغیره مختلف استفاده شد که از بین آن‌ها مدل کاب داگلاس[۴] از شرایط نسبی بهتری برخوردار بود که در جدول (۱) شکل تابعی آن نشان داده شده است.

در انتخاب مناسب‌ترین مدل از شاخص‌های آماری شامل ضریب تبیین تعدیل شده، آزمون F، آزمون معنی‌دار بودن ضرایب، آزمون درصد میانگین مطلق خطا (MAPE[۵])، آزمون ناهمسانی واریانس، آزمون نرمالیته خطا و آزمون نرمالیته مقادیر مشاهده شده استفاده گردید. کلیه محاسبات آماری و نیز مدل‌سازی توسط نرم‌افزارهای Excel و SPSS16 انجام شد.

جدول ۱: مدل‌های نهایی مورد ارزیابی در این مطالعه.

1 - Skewness
2 - Kortosis
3 - Kolmogorov- Smirnov Test
4 - Cobb- Douglas
2 - Mean Absolute Percentage Error

نوع مدل	شکل تابعی
کاب- داگلاس	$Fuel_{Diesel} = \alpha.A^{\beta_0}.T_1^{\beta_1}.T_2^{\beta_2}.T_3^{\beta_3}$

$Fuel_{diesel}$: میزان مصرف سوخت دیزل (بر حسب لیتر در هکتار)

A: سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای (بر حسب هکتار)

T_1: زمان انجام عملیات خاک‌ورزی (بر حسب ساعت در هکتار)

T_2: زمان انجام عملیات کاشت (بر حسب ساعت در هکتار)

T_3: زمان انجام عملیات داشت (بر حسب ساعت در هکتار)

α و$ß$: ضرایب مدل

۲-۲-۱ اعتبارسنجی مدل برازش شده

به‌منظور اندازه‌گیری قدرت پیش‌بینی مدل (اعتبارسنجی) از آزمون درصد میانگین مطلق خطا ($MAPE$) به‌صورت رابطه (۲) استفاده شد:

$$MAPE = \left[\frac{\sum \frac{|Y_{pred.} - Y_{obs.}|}{Y_{pred.}}}{n} \right] \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

در این رابطه:

$Y_{pred.}$: مقدار پیش بینی شده با استفاده از مدل (لیتر در هکتار)

$Y_{obs.}$: مقدار مشاهده شده (لیتر در هکتار)

n: تعداد نمونه مورد مطالعه

نتایج و بحث

در این بخش نتایج به دست آمده در مورد مدل‌سازی میزان مصرف سوخت دیزل در انجام عملیات مکانیزه ذرت دانه‌ای بر اساس معیارها و شاخص‌های آماری و اقتصادسنجی مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد تا اینکه پیش‌بینی متغیر یاد شده بر اساس مشخصات مربوط به سطح زیرکشت و نیز عملکرد زمانی در انجام عملیات مکانیزه با کم‌ترین خطا امکان‌پذیر گردد.

نتایج مربوط به آزمون نرمالیته داده‌های مربوط به متغیر تابع (میزان سوخت دیزل مصرفی در هکتار) در جدول (۲) نشان می‌دهد که این داده‌ها هم از نظر آزمون پارامتریک (اسکیونس- کورتوسیس) و هم از نظر آزمون ناپارامتریک (کولموگروف- اسمیرنوف) نرمال بوده و استفاده از پارامترهای میانگین و انحراف معیار در مدل‌سازی امکان‌پذیر بوده و خطای موجود قابل قبول خواهد بود.

جدول۲: نتایج مربوط به آزمون نرمالیته توزیع مقادیر مربوط به سوخت دیزل مصرفی.

متغیر تابع	آزمون کوا‌موگروف- اسمیرنوف	اسکیونس	کورتوسیس
سوخت دیزل مصرفی (لیتر در هکتار)	۰/۱۳۴	۱/۱۹۰	۱/۳۰۸

نتایج مربوط به شاخص‌های آماری و اقتصادسنجی دو مدل کاب- داگلاس و متعالی در پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس، ضریب تبیین و اعتبارسنجی مدل ریاضی مصرف سوخت دیزل تراکتور.

نوع مدل	ضریب تبیین تعدیل شده (R^2)	F	MAPE(٪)
کاب داگلاس	۰/۷۰۳	۲۱/۷۳۲****	۹/۴۵

****: معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۰۱

همان‌طور که مشخص است، مقدار ضریب تبیین تعدیل شده در مدل کاب- داگلاس برابر ۰/۷۰۳ می‌باشد. این نتیجه نشان می-دهد که بین مصرف سوخت دیزلی توسط تراکتور هدف (به عنوان متغیر وابسته) و متغیرهای مستقل شامل سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای و عملکرد زمانی عملیات مکانیزه‌ی خاک‌ورزی، کاشت و داشت همبستگی قابل قبولی وجود داشته و این ارتباط در مدل کاب- داگلاس ۷۰/۳٪ می‌باشد که با کمترین خطا برآورد شده است .

نتایج به دست آمده در مورد تجزیه واریانس مدل پیش‌بینی مصرف سوخت دیزل که به شرح جدول (۳) و با استفاده از آزمون F ارائه شده است، نشان می‌دهد که در مجموع ضرایب رگرسیونی مربوط به متغیرهای مستقل سطح زیرکشت و عملکرد زمانی انجام عملیات مکانیزه در مدل کاب-داگلاس در سطح احتمال ۰/۰۰۱ معنی‌دار بوده و استفاده از روش رگرسیونی در پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل به مراتب دقیق‌تر از روش معمولی استفاده از میانگین که خطای نسبتا بالایی دارد، می‌باشد.

به منظور ارزیابی اعتبار مدل تخمین زده شده در صحت پیش‌بینی مقادیر متغیر تابع، لازم است که مقادیر پیش‌بینی شده با استفاده از مدل‌های تخمین زده شده و نیز مقادیر واقعی مشاهده شده مورد مقایسه قرار گیرند. لذا، در این مطالعه از شاخص درصد میانگین مطلق خطا (MAPE) استفاده گردید که نتیجه آن در جدول (۳) ملاحظه می‌شود. به طوری‌که مقدار این شاخص برای مدل کاب- داگلاس برابر ۹/۴۵٪ می‌باشد.

پس از بررسی کلی مدل تخمین زده شده، معنی‌دار بودن ضرایب مدل در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول٤: وضعیت ضرایب در مدل برازش شده

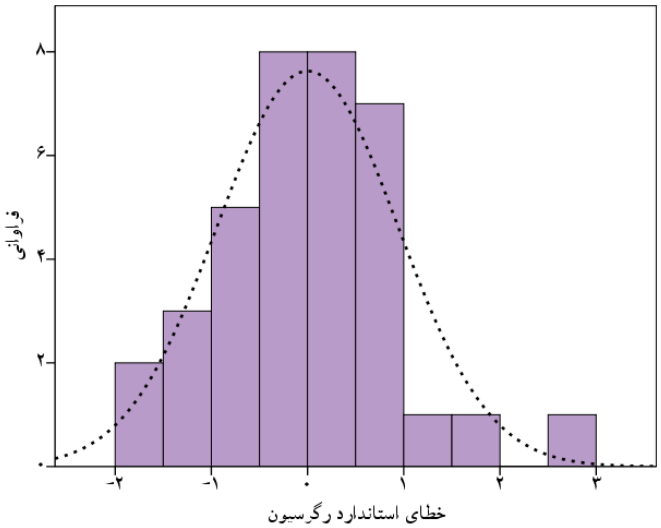
متغیر مستقل	ضریب	ضریب استاندارد شده‌ی بتا	هم‌خطی[6] (تولرانس[7])
β_0[8]	****۴/۰۱۷	–	–
lnA	ns–۰/۰۰۴	–۰/۰۱۹	۰/۷۰۶
lnT_1	****۰/۳۹۳	۰/۷۴۴	۰/۸۹۸
lnT_2	**۰/۱۳۷	۰/۳۴۸	۰/۹۸۴
lnT_3	ns۰/۰۹۸	۰/۱۹۱	۰/۷۶۸

****، **، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱ و عدم معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱.

با توجه به نتایج به دست آمده در جدول (۴)، به طور کلی از مجموع پنج ضریب مربوط به متغیرهای مستقل در مدل کاب- داگلاس، دو ضریب (سطح زیرکشت و ضریب مربوط به متغیر زمان انجام عملیات داشت) در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار نبوده ولی ضرایب دیگر معنی‌دار می‌باشند. در اینجا نتیجه به‌دست آمده در مورد تاثیر اندک سطح زیرکشت در میزان مصرف سوخت تا حدودی نزدیک به نتیجه حاصل از مطالعه صفا و همکاران (Safa *et al*., 2009) می‌باشد. البته هر چند دو مورد از ضرایب از نظر آزمون t استیودنت معنی‌دار نمی‌باشند، لیکن با توجه به بالا بودن ضریب تبیین تعدیل شده (در حدود ٪۷۰) و نیز پایین بودن قابل ملاحظه درصد میانگین مطلق خطا (٪۹۰/۴۵)، نمی‌توان تاثیر این دو متغیر را نادیده گرفت. به عبارت دیگر، حداکثر می‌توان تاثیر این دو متغیر را نسبت به متغیرهای دیگر کمتر دانست. هم‌چنین با توجه به مقادیر تولرانس مربوط به متغیرهای مستقل در مدل کاب- داگلاس در جدول (۴)، بین هیچکدام از متغیرهای مستقل هم‌خطی وجود نداشته و همگی نزدیک به یک می‌باشند که این خود تاییدی است بر اعتبار بالای ضریب تبیین تعدیل شده و در نتیجه همبستگی مستقل بین میزان مصرف سوخت دیزل و تک‌تک متغیرهای مستقل در مدل کاب- داگلاس.

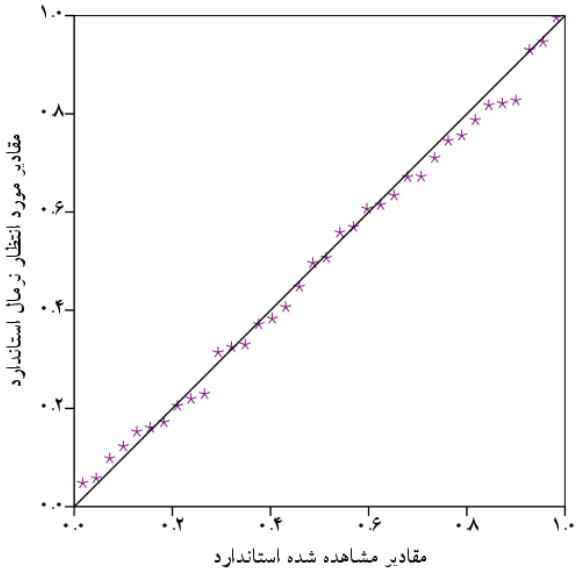
نتیجه بررسی انجام شده در مورد مدل کاب- داگلاس در جداول (۲) و (۳)، نشان‌دهنده قابلیت بالای مدل کاب- داگلاس در پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل بر اساس متغیرهای سطح زیرکشت و عملکرد زمانی در انجام عملیات مکانیزه می‌باشد. این نتیجه مشابه نتیجه حاصل از مطالعه مقیمی و همکاران (Moghimi *et al*., 2013) در انتخاب مدل کاب- داگلاس در ارزیابی اقتصادسنجی بین منابع مختلف انرزی و تولید گندم می‌باشد. حال به منظور بررسی نرمال بودن مقادیر خطای مربوط به پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل در مدل کاب- داگلاس و نیز مقادیر مشاهده شده، نتایج مربوطه در شکل‌های (۱) و (۲) ارائه شده است.

6 -Collinearity
7 - Tolerance
8 - $ß_0 = Ln\alpha$



شکل۱: وضعیت خطای استاندارد مقادیر پیش‌بینی شده‌ی میزان سوخت مصرفی از نظر نرمال بودن

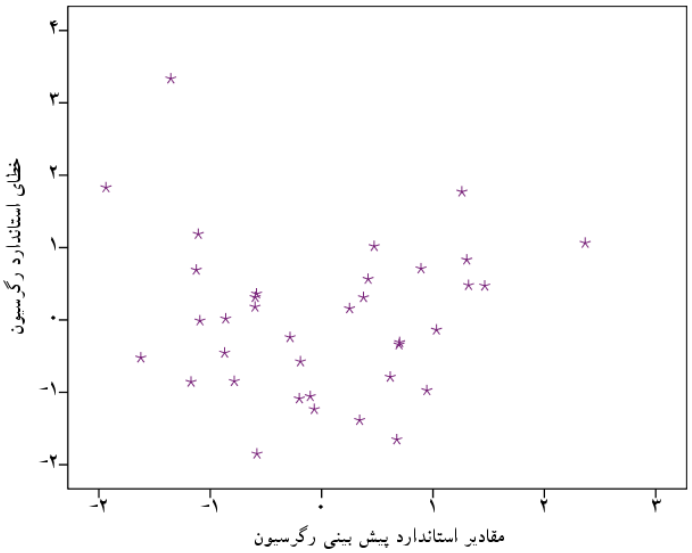
بر اساس شکل (۱)، توزیع خطای استاندارد مقادیر پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل در مدل کاب- داگلاس تقریبا به صورت نرمال می‌باشد.



شکل۲: آزمون تصویری تطابق مقادیر مشاهده شده استاندارد با مقادیر مورد انتظار نرمال استاندارد برای سوخت دیزل مصرفی

هم‌چنین مطابق شکل (۲)، پراکندگی مقادیر مشاهده شده در مورد میزان مصرف سوخت دیزل تقریبا منطبق با شرایط نرمال می-باشد.

در شکل ۳ وضعیت استقلال خطاهای مدل کاب- داگلاس از مقادیر پیش‌بینی مصرف سوخت دیزل به صورت تصویری نشان داده شده است.



شکل۳: آزمون تصویری وضعیت استقلال خطا در مدل پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزلی

همان طور که ملاحظه می‌شود، پراکندگی مقادیر خطا در مدل کاب- داگلاس تقریبا مستقل از مقادیر پیش‌بینی در این مدل بوده و منطبق با طرح خاصی نمی‌باشد. به به بیان دیگر، مدل کاب- داگلاس از نظر آزمون ناهمسانی واریانس نیز مورد تایید می‌باشد.

با توجه به شاخص‌های اقتصادسنجی و آماری، مدل کاب- داگلاس با پنج جمله و چهار متغیر مستقل، دارای توانایی قابل قبول در پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل در انجام عملیات مکانیزه ذرت دانه‌ای مطابق رابطه (۳) می‌باشد:

$$Fuel_{diesel} = ۴/۰۱۷A^{-۰/۰۰۴}T_۱^{۰/۳۹۳}T_۲^{۰/۱۳۷}T_۳^{۰/۰۹۸} \qquad (۳)$$

حال که بر اساس شاخص‌های آماری و اقتصادسنجی بهترین مدل ریاضی برای پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل برای انجام عملیات مکانیزه ذرت دانه‌ای به‌دست آمد، لازم است که ماهیت استفاده از این مدل روشن‌تر شده و میزان تغییرات مصرف سوخت در ازای تغییرات مربوط به هر یک از پارامترهای زراعی و ماشینی مشخص شود تا اینکه بتوان از مدل به‌دست آمده که به عنوان یک ابزار مدیریتی در حوزه مکانیزاسیون کشاورزی محسوب می‌شود، علاوه بر پیش‌بینی میزان سوخت مورد نیاز، بتوان تمهیدات و راهکارهای مناسب در جهت کاهش میزان مصرف سوخت دیزل اتخاذ نمود.

بر اساس مدل تخمین زده شده (رابطه۳)، مشخص است که افزایش سطح زیر کشت دارای کشش[9] منفی در میزان مصرف سوخت دیزل دارد که البته این تاثیر بسیار اندک می‌باشد. به طوری که، در ازای افزایش هر ۱٪ در مقدار سطح زیرکشت، میزان مصرف سوخت دیزلی به میزان ۰/۰۰۴٪ کاهش می‌یابد. این نتیجه با ماهیت انجام عملیات مکانیزه سازگار می‌باشد. چرا که، در شرایط یکسان و صرفا با افزایش سطح زیر کشت، تعداد دفعات دورزدن‌ها کاهش یافته و متناسب با آن، زمان‌های غیرمفید انجام عملیات و در نهایت میزان مصرف سوخت کاهش می‌یابد.

هم‌چنین بر اساس مدل تخمین زده شده، مدت زمان انجام عملیات خاک ورزی دارای کشش مثبت در میزان مصرف سوخت دیزل و در بین سایر متغیرهای مدل، بالاترین کشش را دارد. به طوری که، در ازای افزایش هر ۱٪ در مدت زمان انجام عملیات خاک ورزی، به میزان ۰/۳۹۳٪ مصرف سوخت دیزل افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتایج حاصل از مطالعات انجام یافته توسط کاناکسی و همکاران (Canakci *et al*., 2005)، صفا و طباطبایی‌فر (Safa M. & Tabatabaeefar A., 2008)، (Pimentel *et al*., 1973)، بورین و همکاران (Borin et al., 1997) و همت و مصدقی (Hemmat & Mossadeghi, 2001) هم‌سو می‌باشد. هم‌چنین، مشخص است که افزایش ۰/۳۹۳٪ در مصرف سوخت برای عملیات خاک ورزی رقم قابل توجهی بوده و نشان‌دهنده این نکته است که مدیران مزرعه لزوم مدیریت زمان را به ویژه در انجام عملیات خاک ورزی جدی گرفته و در جهت کاهش این زمان تلاش کنند.

بر اساس مدل تخمین زده شده، مدت زمان انجام عملیات کاشت نیز دارای کشش مثبت در میزان مصرف سوخت دیزل دارد. به طوری که، در ازای افزایش هر ۱٪ در مدت زمان انجام عملیات کاشت، به میزان ۰/۱۳۷٪ مصرف سوخت دیزل افزایش می‌یابد. البته مشخص است که میزان تاثیر افزایش مدت زمان انجام عملیات کاشت در افزایش مصرف سوخت کمتر از مقدار مربوطه در عملیات خاک ورزی می‌باشد. به عبارت دیگر، شدت تاثیر مدت زمان انجام عملیات خاک ورزی در مصرف سوخت در حدود ۳ برابر تاثیر مدت زمان انجام عملیات کاشت در مصرف سوخت می‌باشد.

مدت زمان انجام عملیات داشت نیز دارای کشش مثبت در میزان مصرف سوخت دیزل می‌باشد. به طوری که، در ازای افزایش هر ۱٪ در مدت زمان انجام عملیات داشت، به میزان ۰/۰۹۸٪ مصرف سوخت دیزل افزایش می‌یابد. در اینجا نیز مشخص است که تاثیر مدت زمان انجام عملیات داشت در مصرف سوخت در مقایسه با عملیات خاک ورزی و کاشت کمتر است. به طوری که، شدت تاثیر مدت زمان انجام عملیات داشت در مصرف سوخت در حدود ۲۵٪ مدت زمان انجام عملیات خاک ورزی و ۷۲٪ مدت زمان انجام عملیات کاشت می‌باشد.

نتیجه‌گیری

اهم نتایج به دست آمده و پیشنهادهای مورد نظر در این مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

[9] - Elasticity

۱- استفاده از مدل کاب- داگلاس با پنج جمله و چهار متغیر مستقل شامل: سطح زیرکشت، زمان انجام عملیات خاک ورزی، زمان انجام عملیات کاشت و زمان انجام عملیات داشت به منظور پیش‌بینی میزان مصرف سوخت دیزل برای تولید ذرت دانه‌ای نتایج قابل قبول و معنی‌داری ارائه داده و به عنوان یک مدل پیش‌بینی‌کننده با پیچیدگی کم و لیکن با دقت بالا، می‌تواند به راحتی در بودجه‌ریزی سالیانه تولید ذرت دانه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. ۲- در بین عملیات مکانیزه ذرت دانه‌ای، افزایش مدت زمان عملیات خاک ورزی بیشترین تاثیر را در افزایش شدت مصرف سوخت دیزلی داشته و عملیات کاشت و داشت به ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند. ۳- پیشنهاد می‌گردد به منظور داشتن برنامه کامل در جهت بهینه‌سازی و پیش‌بینی مصرف انرژی در عملیات مکانیزه و نیز ارائه تمهیدات لازم در جهت کاهش مصرف آن، مطالعات مشابه در مورد دیگر محصولات رایج در مناطق مختلف نیز انجام شود.

قدردانی

به این وسیله، از همکاری کشاورزان شهرستان مغان در انجام این مطالعه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

مرکز آمار ایران. ۱۳۹۲. نتایج سرشماری سال ۱۳۹۰. بازبینی شده در اردیبهشت سال ۱۳۹۲.

Bonari, E., Mazzoncini, M., and Peruzzi, A. 1995. Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. Soil and Tillage Research, 33: 91-108.

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. and Ozmerzi, A., 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. Energy Conversion and management, 46: 655-66.

Cochran, W. G. 1963. Sampling Techniques, 2nd Ed., New York: John Wiley and Sons, Inc.

Farahmandpour, B., Nasseri I., and Houri jafari, H., 2008. Analysis of Ultimate Energy Consumption by ector in Islamic Republic of Iran. 3rd IASME/WSEAS Int. Conf. on Energy& Environ, University of Cambridge, UK, ISBN 978-960-6766-43-5, 151-7.

Grisso, R.D.; Kocher, M.F. and Vaughan, D.H. (2004). Predicting tractor fuel consumption. Applied Engineering in Agriculture 20(5), 553-561.

Grisso, R.D.; Vaughan, D.H. and Roberson, G.T. (2008). Fuel prediction for specific tractor models. Applied Engineering in Agriculture 24(4), 423-428.

Hemmat, A., and Mossadeghi, M.R., 2001. Tillage for production in low rainfall area. Author Godwin, R. G. Published research organization, education and agricultural extension.

Moghimi M.R., Mohammadi Alasti B., Hadad Drafsh M.A., Abasgholipor ghadim M. and Taki M. 2013. Energy consumption and assessment of econometric model between input and output for wheat production in Gorve country, Kordestan Province of Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. Vol., 5(20), 2342-2348.

Pimentel, D., Hurd, L.E., Bellotti, A.C., Forster, M.J., Oka, I.N., Sholes, O.D., and Whitman, R.J., 1973. Food production and the energy crisis. Science, 182, 443–9.

Pinstrup-Andersen, P., 1999. Towards Ecologically Sustainable World Food Production, vol. 22. UNEP Industry and Environment, United Nations Environment Programme, Paris.

Safa, M., and Tabatabaeefar, A., 2008. Fuel Consumption in Wheat Production in Irrigated and Dry Land Farming. World Journal of Agricultural Sciences, 4(1): 86-90.

Safa, M.; Samarasinghe, S. and Mohsen, M. (2009). Modeling fuel consumption in wheat production using neural networks. 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009. http://mssanz.org.au/modsim09.(Accessed 18 jun 2016).

Shrestha, B. L., 1998. Energy analysis in selected crop in Nepal. AIT thesis, No AE-8815, 34-35.

Siemens, J. C., and W. W. Bowers. 1999. Machinery management: How to select machinery to fit the real needs of farm managers. Farm Business Management (FMB) series. East Moline, Ill.: John Deere Publishing.

Singh, H., Mishra, D.,. Nahar, N.M., 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India_ part I. Energy Conversion and Management, 43: 2275-86.

Yalcin, H. and E. Cakir. 2006. Tillage effect and energy efficiencies of subsoiling and direct seeding in light soil on yield of second crop corn for silage in western Turkey. Soil and Tillage Research 90: 250-255.