مدل سازی مصرف سوخت تراکتور در حین عملیات خاکورزی با گاو آهن برگردان دار

محسن مرادزاده[۱*]، داود قنبریان[۲]، محمد جواد شیخ داوودی[۳] و علی ملکی[۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی ، دانشگاه شهرکرد
mmoradzadeh1987@gmail.com

۲- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی- دانشگاه شهرکرد

۳- دانشیار گروه مهندسی ماشین

چکیده

افزایش تقاضای جهانی استفاده از تراکتورهای کشاورزی منجر به افزایش مصرف سوخت و آلودگی هوا می شود و به همین دلیل مطالعه و بررسی مصرف سوخت تراکتور از موضوعاتی است که در دهه های اخیر به طور ویژه مورد توجه محققین قرار گرفته است. در تحقیق حاضر از روش آنالیز ابعادی به منظور پیش بینی مصرف سوخت تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ هنگام اجرای عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار استفاده شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل ۴×۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار استفاده گردید. فاکتورهای دور موتور در سه سطح و نسبت انتقال جعبه دنده در چهار سطح مختلف آزمون و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و متغیر های مقاومت غلتشی، لغزش چرخ های محرک، نیروی کشش خالص و مصرف سوخت تراکتور اندازه‌گیری شدند. پس از انجام آزمایشات و بررسی تاثیر دور موتور، نسبت انتقال جعبه دنده، نیروی مقاومت غلتشی، نیروی کشش خالص و لغزش چرخ‌های محرک روی مصرف سوخت تراکتور، یک مدل ریاضی بر حسب عامل های بی‌بعد به دست آمده از متغیرهای مورد ارزیابی به منظور پیش بینی مصرف سوخت تراکتور به دست آمد. مقایسه نتایج مصرف سوخت اندازه‌گیری شده با مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل قابلیت بسیار خوب مدل را برای پیش بینی مصرف سوخت تایید می‌کند.

کلید واژه‌ها: گاوآهن برگرداندار، مصرف سوخت، تراکتور. تئوري پي باكينگهام

مقدمه

در بخش كشاورزی تراکتور به عنوان عامل اصلی مصرف انرژی تولید توان محسوب می‌شود. ماكزيمم نمودن بازده سوخت يكي از راه‌هاي افزايش عملكرد موثر تراكتورهاي مزرعه‌اي مي‌باشد (Grisso et al., 2010). كاهش ذخاير سوخت هاي فسيلي، رقابت‌هاي اقتصادي و مسائل زيست محيطي، محققين را به سمت راه‌هايي براي پيش‌بيني مصرف سوخت تراكتور در شرايط مختلف كاري سوق داده است. پيش‌بيني مصرف سوخت با استفاده از روش‌ها و معادلات رياضي مي تواند منجر به افزايش بهره‌وري و كاهش هزينه‌هاي فعاليت‌هاي كشاورزي شود. متيز و همكاران (۱۹۸۸) اثرات بار محوری و سرعت پیشروی روی مصرف سوخت یک تراکتور چرخ لاستیکی را بررسی کردند. بر اساس نتایج این تحقیق، میزان سوخت مصرفي طبق رابطه زیر با وزن اضافه شده و سرعت پیشروي ارتباط دارد (Matthes et al, 1988).

$$FC=276.235+0.01673W-61.647V \quad (R^2=0.883) \qquad (۱)$$

در این رابطه، FC سوخت مصرف شده در ۱۰۰ متر پیشروی (گرم)، Wوزن اضافه شده (کیلوگرم) وV سرعت پیشروی (متر بر ثانیه)می‌باشند. فتح اله زاده و همکاران (۲۰۱۰) مصرف سوخت تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ در حال اتصال به گاوآهن برگردان‌دار سه خیش و در عمق‌های مختلف ۱۵، ۲۵ و ۳۵ سانتی متری را اندازه‌گیری کردند، در طول آزمایش سرعت پیشروی تراکتور ثابت و حدود ۳ کیلومتر برساعت بود. با به کار گیری رگرسیون، مدل (۲) برای پیش بینی مصرف سوخت بر حسب عمق کار ادوات پیشنهاد شد که در آن،FC مصرف سوخت (لیتر برهکتار) h عمق شخم در عملیات خاکورزی (سانتی‌متر) می‌باشد(Fatollazadeh et al., 2010).

$$FC = (0.33 \times h) + 22.6 \qquad (R^2 = 0.987) \qquad (۲)$$

آنالیز ابعادی (Dimensional Analysis) از روش‌های قدرتمند در زمینه مدل سازی می‌باشد که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. به كمك اين روش مي توان با تعميم نتايج آزمايشگاهي، پديده‌هاي فيزيكي را به طور كلي و بدون محدود شدن به حالت خاص آزمايش انجام شده

تحلیل کرد. بنابراین می‌توان آزمایش‌های کم‌تری را در مورد وجوه ناشناخته مسأله انجام داد و این هاي مهمي را صورت داد(Striter et al., 2001). جی کلاف و همکاران (۱۹۷۸) پارامترهای تأثیرگذار بر نیروی کشش گاوآهن را مورد تحقیق و بررسی قرار دادند و بر اساس روش آنالیز ابعادی معادله‌ی زیر را جهت پیش‌بینی آن ارائه کردند (Gee-Cloughet al., 1978).

$$\frac{D}{aw} = 1.33\,\gamma.a + 3.06\frac{\gamma.V^2}{g} \qquad (۳)$$

در رابطه فوق D مقاومت کششی گاوآهن (کیلو نیوتن)، a عمق شخم (سانتی‌متر)، Wعرض برش گاوآهن (سانتی‌متر)، γ وزن مخصوص خاک (کیلو نیوتن بر سانتی‌متر مکعب)، Vسرعت پیشروی (سانتی‌متر بر ثانیه) و g شتاب ثقل (سانتی‌متر بر مربع ثانیه) می باشند.

آلبیرو و همکاران(۲۰۱۱) با استفاده ازآنالیز نمودارهای بی بعد، ظرفیت حفاظتی دستگاه گردنده پاراپلو (Paraplow) رامورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق وضعیت دینامیکی خاک با بررسی خصوصیات فیزیکی آن، مورد بررسی قرارگرفت، برای کشیدن نقشه وطرح آزمایش از آنالیز ابعادی استفاده شد. دراین تحقیق دوعامل بی بعد برای بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک تحت تاثیر عمل گردنده پاراپلو انتخاب شدند که عامل بی بعد اول تنش برشی در صفحات شکست بعد از انجام عملیات خاکورزی یا به عبارت دیگر تجزیه خاک و عامل بی بعد دوم خصوصیات فیزیکی و رفتار مکانیکی خاک بعد از انجام عملیات توسط گردنده پاراپلو را نشان می‌داد (Albiero et al., 2011). فخرايي و کار پرورفرد (۲۰۰۹) در تحقیقی با استفاده از آنالیز ابعادی رابطه‌ای کلی جهت تخمین بازده کشی تراکتور به دست آوردند. در این تحقیق از یک تراکتور یونیورسال یو-۴۴۵ و یک گاوآهن برگردان‌دار تک خیش استفاده شد. در این تحقیق، نیروی کشش مالبندی، نیروی مقاومت غلتشی چرخ‌های محرک، مقدار لغزش چرخ‌های محرک، شاخص مخروطی خاک، سرعت تئوری و واقعی تراکتور و بار دینامیکی وارد بر روی چرخ‌های محرک به عنوان عوامل موثر بر بازده کششی در نظر گرفته شدند. آن‌ها از پنج عامل بی بعد برای تخمین بازده کششی استفاده کردند (Fakhraei&Karparvarfard, 2009). ترهان و کارمان (2004) از آنالیز ابعادی به منظور مدلسازی گشتاور و توان مورد نیاز تایرهای کششی به منظور غلبه بر مقاومت غلتشي چرخ‌هاي

محرك در تراکتورهای باغبانی استفاده کردند و مدل زیر را ارائه دادند:

$$T = r.W\left(0.1231 + 0.018\frac{\delta}{h} - 0.2775\frac{b}{D}\right) \quad (٤)$$

که درآن T گشتاور (دکا نیوتن متر) r شعاع غلتش (متر) Wبار عمودی روی چرخ‌ها (دکا نیوتن) δ تغییر شکل تایر (متر) h ارتفاع مقطع تایر (متر) b عرض تایر (متر) D قطر تایر (متر) می باشد (Tarhan&Çarman, 2004). مرور منابع موجود نشان مي‌دهد كه تاكنون از روش آناليز ابعادي براي پيش‌بيني مصرف سوخت در تراكتورهاي كشاورزي استفاده نشده است. از آنجا كه خاك‌ورزي از لحاظ انرژي پر مصرفترين بخش عمليات كشاورزي محسوب مي‌شود اين پژوهش با هدف بررسي امكان استفاده از روش آناليز ابعادي براي پيش‌بيني مصرف سوخت يكي از تراكتورهاي مرسوم در كشور هنگام اجراي عمليات خاك‌ورزي طراحي و به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

آزمون‌ها در مزرعه تحقیقاتی دانشکده ک چمران اهواز اجرا گردید. خاک مزرعه در رطوبتی معادل با ۱۸ درصد رطوبت وزنی بر مبنای وزن خشک قرار داشت. براي انجام آزمايشات از يك دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ به عنوان تراکتور مورد ارزیابی، يك دستگاه تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ با قدرت ۱۱۰ اسب بخار به عنوان تراکتور کشنده، و يك دستگاه تراکتورمستعمل مدل M.A.NAckerdiesel با وزنه‌های اضافی به عنوان تراکتور بارگذار استفاده شد. فاکتورهای دور موتور و نسبت انتقال جعبه دنده به عنوان عوامل تاثیر گذار بر مصرف سوخت انتخاب شدند. آزمايشات مزرعه‌اي به صورت طرح فاکتوریل ۳×۴ در قالب بلوک‌های کامل تصادفی (Complete Randomized Block Design) و در سه تکرار اجرا شد. فاکتور دور موتور در سه سطح ۱۴۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۲۰۰ دور بر دقیقه و فاکتور نسبت انتقال جعبه دنده در چهار سطح دنده یک سنگین، دنده سه سنگین، دنده چهار سنگین و دنده یک سبک انتخاب شدند. آزمون‌های مزرعه‌ای در دو مرحله انجام گرفت، در مرحله اول، متغیرهای نیروی کشش ناخالص و مقاومت غلتشی در سطوح مختلف فاکتورهای آزمایش هنگام اجراي عمليات شخم با يك دستگاه گاوآهن برگردان‌دار سه خیشه با عرض کار ۰/۹ متر تعیین شدند. برای به دست

آوردن نیروهای مذکور، تراکتور ارزیابی در حین عملیات خاکورزی و در سطوح مختلف فاکتورهای آزمایش، توسط تراکتور کشنده تحت کشش قرار گرفت. پس از به دست آوردن نیرو
غلتشی، نیروی کشش خالص متناظر با آن‌ها به دست آمد. در مرحله دوم، نیروی کشش خالص به دست آمده از مرحله قبل، توسط تراکتور بارگذار در سطوح مختلف فاکتور
در حین اعمال این نیرو، مصرف سوخت و لغزش چرخ‌های محرک اندازه‌گیری شدند.
تراکتور مورد ارزیابی را داشت و به این صورت می‌توانست عملیات شخم را شبیه سازی کند. براي اندازه گيري لغزش از دو عدد سنسور U شکل سری BUP و یک پالس متر سری MP5W به عنوان واحد پردازش استفاده شد. خروجی سنسورها به یک پالس متر از سری MP5W داده می‌شد و پالس متر با به کار بردن معادله (۵)، لغزش چرخ های تراکتور را محاسبه می‌نمود. در رابطه مذکور A تعداد دور چرخ جلو و B تعداد دور چرخ عقب می‌باشد.

$$S = \frac{A - B}{A} \times 100 \qquad (۵)$$

برای اندازه گیری نیرو از یک لود سل S شکل سری DBBP-500 به عنوان واحد حسگر و یك میکروکنترلر ATMEGA16 به عنوان واحد پردازش استفاده شد. برای اندازه‌گیری سوخت مصرفی در طی یک زمان معین کار تراکتور، از یک سوخت سنج مکانیکی استفاده شد. این دستگاه شامل دو عدد شیر گاز، یک استوانه مدرج ۱۰۰ سی سی و شیلنگهای رابط بود. برای اندازه‌گیری سوخت مصرفی به وسیله اتصالات موجود مسیر سوخت از پمپ اولیه تراکتور به سمت سوخت سنج منحرف می‌شد.

آنالیز ابعادی

در روش آنالیز ابعادی، متغیرهای تاثیرگذار در مسئله به عنوان ورودی دریافت و تعدادی عامل بی بعدکه تعداد آن
مسئله است به عنوان خروجی تحویل داده می‌شوند.در پژوهش انجام گرفته در ابتدا مصرف سوخت به صورت تابعی از سایر متغیر

$$F.C = f(V, F.E, T.E, P, R) \qquad (٦)$$

که در آن F.C مصرف سوخت، V سرعت پیشروی تراکتور، F.E بازده مزرعه‌ای، T.E، بازده کششی، P نیروی کشش خالص و R مقاومت غلتشی

می‌باشد. روش‌های مختلفی برای به دست آورن عوامل بی بعد وجود دارد که در بین آن‌ها روش متغیرهای تکراری پیشنهاد شده توسط باکینگهام (Buckingham) بهترین و ساده‌ترین روش محسوب می‌شود. (Kasprzak et al., 1990). در این پژوهش با استفاده از تئوری باکینگهام، نخست کاهش مورد انتظار در متغیرهای موجود در مسئله تعیین شد و سپس با تعیین متغیرهای تکراری، عامل‌های بی بعد به دست آمدند (Withe, 2007). پس از انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای، هر یک از متغیرهای F، R، Sو FC به صورت مستقیم و P، FE و TE به صورت غیر مستقیم و با استفاده از معادله‌های (۷)، (۸) و (۹) در سطوح مختلف فاکتورهای دور موتور و نسبت انتقال جعبه دنده محاسبه شدند.

$$P = F - R \qquad (۷)$$

$$T.E = \frac{P}{P+R}(1-S) \qquad (۸)$$

$$F.E = \frac{V \times D}{10} \qquad (۹)$$

در روابط بالا، F نیروی کشش ناخالص و D عرض کار گاوآهن می‌باشد. در جدول (۱) تمام پارامترهای مورد بررسی به همراه ابعاد آن‌ها ذکر شده‌اند، همانطور که مشاهده می‌شود تعداد پارامترها برابر ۶ و تعداد ابعاد اصلی به کار رفته در آن‌ها برابر ۳ می‌باشند، لذا تعداد عوامل بی بعد عبارت بودند از:

$$j = n - m = 3 \qquad (۱۰)$$

در رابطه فوق، j تعداد عوامل بی بعد، n تعداد پارامترهای به کار رفته در مسئله و m تعداد ابعاد اصلی به کار رفت در مسئله می‌باشد.

جدول ۱- متغیرهای مورد بررسی در مدل سازی مصرف سوخت

متغیر	نماد	بعد	واحد
سرعت پیشروی	V	LT^{-1}	$M.S^{-1}$
مصرف سوخت	F.C	L	$L.\ ha^{-1}$
ظرفیت مزرعه ای	F.E	L^2T^{-1}	$ha.h^{-1}$
بازده کششی	T.E	-	-
کشش مالبندی	P	MLT^{-2}	N
مقاومت غلتشی	R	MLT^{-2}	N

برای تخمین زدن گروههای بی بعد، با توجه به اصل همگنی ابعادی Principle (of Dimensional Homogeneity) معادله (۱۱) بنا نهاده شد.

$$\Pi_i = V^{x1}.F.E^{x2}.T.E^{x3}.P^{x4}.R^{x5}.F.C^{x6} \qquad (۱۱)$$

با توجه به اینکه Π_i نماد گروههای بی بعد است، لذا معادله (۱۲) به صورت زیر نوشته شد.

$$M^0L^0T^0 = (LT^{-1})^{x1}.(L^2T^{-1})^{x2}.(M^0L^0T^0)^{x3}.(MLT^{-2})^{x4}.(MLT^{-2})^{x5}.(L)^{x6} \qquad (۱۲)$$

از آنجا که ابعاد M، L وT در پارامترهای مورد ارزیابی به کار رفته است، تعداد متغیرهای تکراری موجود در مسئله سه عدد می‌باشند. با توجه به ویژگی‌های مسئله مورد نظر، متغیرهایV، F.EوP (پایه توان‌های**x1**، **x2**و **x4**) به عنوان متغیرهای تکراری انتخاب شدند. همانطور که در معادله (۱۳) دیده می‌شود، دترمینان ماتریس ضرایب توان متغیرهای تکراری انتخاب شده مخالف صفر می‌باشد، که این آزمون شرط مستقل بودن عامل‌های بی بعد ایجاد شده توسط این متغیرها را تایید می‌کند (Murphy, 1950&1951Langar,).

(۱۳)

$$\begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} V & F.E & P \end{array} \\ \begin{vmatrix} ۰ & ۰ & ۱ \\ ۱ & ۲ & ۱ \\ -۱ & -۱ & -۲ \end{vmatrix} \end{array} = ۱$$

معادله‌های (۱٤)، (۱۵) و (۱٦) بر اساس معادله (۱۲) و به ترتیب برای بعدهای M، L وTنوشته شدند.

$$x4 + x5 = 0 \qquad (۱٤)$$

$$x1 + 2x2 + x4 + x5 + x6 = 0 \qquad (۱۵)$$

$$-x1 - x2 - 2x4 - 2x5 = 0 \qquad (۱٦)$$

طبق جدول (۲) با مقدار دهی توان متغیرهای غیر تکراری در معادلات (۱٤)، (۱۵) و (۱٦) گروه‌های بی بعد محاسبه شدند. با توجه به نتایج جدول شماره (۲)، سه عامل بی یعد $\Pi_1 = T.E$، $\Pi_2 = \frac{R}{P}$و $\Pi_3 = \frac{F.C \times V}{F.E}$ به عنوان عوامل بی بعد موثر در مدل سازی مصرف سوخت تراکتور معرفی شدند. از آنجا که معکوس عامل بی بعد خود نیز یک عامل بی بعد است با معکوس نمودن عامل بی بعد دوم، این عامل به صورت $\Pi_2 = \frac{P}{R}$ در محاسبات وارد شد. لازم به ذکراست که آنالیز ابعادي توانايي ارائه مدل‌هاي متنوع

از متغیرهاي مسئله را داردکه در مسئله مذکور تلاش گردید تا بهترین مدل از لحاظ هم خواني با آزمایشات صورت گرفته انتخاب شود.

جدول۲- محاسبات مربوط به عوامل بی بعد

گروههای بی بعد	مقدار دهی توان متغیرهای غیر تکراری در معادلات(۱۶)، (۱۷) و (۱۸)	توان متغیرهای غیر تکراری
$\Pi_1 = T.E$	$x4 + 0 = 0$ $x1 + 2x2 + x4 + 0 + 0 = 0$ $-x1 - x2 - 2x4 - 2 \times 0 = 0$	x3=1، x5=0، x6=0
$\Pi_2 = \frac{R}{P}$	$x4 + 1 = 0$ $x1 + 2x2 + x4 + 1 + x6 = 0$ $-x1 - x2 - 2x4 - 2 \times 1 = 0$	x3=0، x5=1، x6=0
$\Pi_3 = \frac{F.C \times V}{F.E}$	$x4 + 0 = 0$ $x1 + 2x2 + x4 + 0 + 1 = 0$ $-x1 - x2 - 2x4 - 2 \times 0 = 0$	x3=0، x5=0، x6=1

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور اعتبار سنجی عوامل بی بعد به دست آمده لازم بود چگونگي تاثیر فاکتورهاي مورد آزمایش (دور موتور،نسبت تبدیل جعبه دنده) برعامل‌های یاد شده به دست آید. ابتدا با استفاده از نرم‌افزار SPSS17نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف اسمیرنوف تایید شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار MSTAT1/42 استفاده شد. به منظور انتخاب بهترین مدل براي پیش‌بیني مصرف سوخت بر اساس پارامترهاي بدون بعد به دست آمده، از نرم‌افزار SPSS17 و جعبه ابزار Solver از نرم افزار EXCEL2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

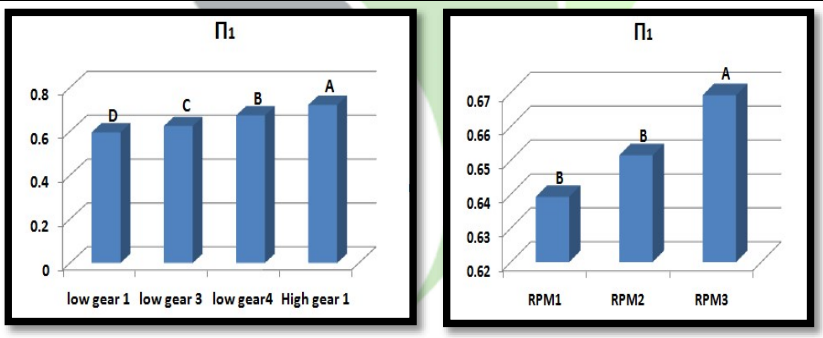
تاثیر سطوح مختلف فاکتور

بر عامل بي بعدΠ_1، در جدول (۳)، نشان داده شده است. همانطور که از جدول مشخص است فاکتورهای دور موتور و نسبت انتقال جعبه دنده در سطح احتمال ۱% بر عاملΠ_1 تاثیر معنی دار دارند. به بیان دیگر نسبت انتقال جعبه دنده و دور موتور با احتمال ۹۹% بر روی فاکتور مورد بررسی تاثیر گذارهستند. نمودار چگونگی تغییرات عامل بی بعد Π_1 تحت تاثیر فاکتورهای دور موتور و نسبت انتقال جعبه دندهدر شکل۱(الف و ب) آمده است.در این نمودارها، RPM_1، RPM_2 و RPM_3 به ترتیب برابر با

۱۴۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۲۰۰ دور بر دقیقه بوده و $Low\ gear_1$، $Low\ gear_3$، $Low\ gear_4$ و High $gear_1$ به ترتیب دنده یک سنگین، دنده سه سنگین، دنده چهار سنگین و دنده یک سبک را نشان می‌دهند. این نمودارها نشان می‌دهند که با افزایش دور موتور و سبک شدن دنده، عامل Π_1 که معرف بازده کششي است به طور محسوسی افزایش پیدا می‌کند. دلیل این افزایش را می‌توان در چگونگی تغییر نیروی کشش خالص، مقاومت غلطشي و لغزش چرخ‌های تراکتور دانست. زیرا افزایش دور موتور و سبکتر شدن نسبت دنده در مجموع منجر به افزایش سرعت پیشروي تراکتور شده و این موضوع نشست کمتر چرخ‌ها و در نهایت کاهش مقاومت غلتشی و لغزش چرخ‌های محرک مرا به همراه خواهد داشت. این نتیجه با یافته‌هاي سایر محققین از جمله (Sheikhdavoodi&Minei, 2008) مطابقت دارد.

جدول۳- نتایج تحلیل واریانس عامل بی بعد Π_1

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
تکرار	۲	۰/۵۰۷	۰/۳۰۸۲	
دور موتور	۲	۲۶/۶۸۸	۱۶/۲۲۵۳	۰/۰۰۰۰
نسبت انتقال جعبه دنده	۳	۲۷۲/۹۹۱	۱۶۵/۹۶۹۷	۰/۰۰۰۰
اثر متقابل	۶	۱/۲۰۳	۰/۷۳۱۱	
خطای آزمایش	۲۲	۱/۶۴۵		
جمع کل	۳۵	ضریب تغییرات=۱/۹۶درصد		



ب الف

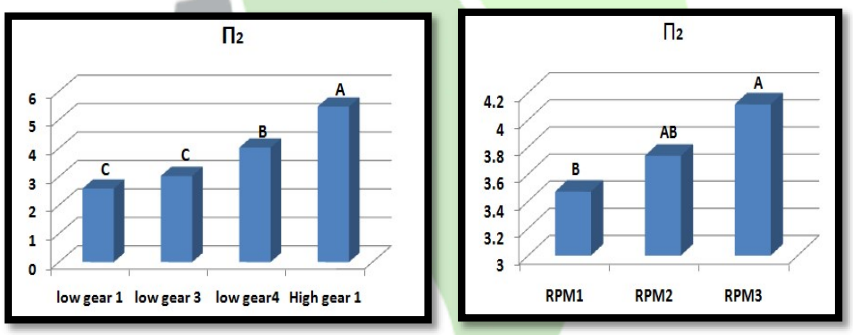
شکل ۱: الف- نمودار عامل بی بعد Π_1 بر حسب مقادیر مختلف دور موتور، ب- نمودار عامل بی بعد Π_1 بر حسب مقادیر مختلف نسبت انتقال جعبه دنده. میانگین‌هایی که با حروف لاتین مشابه نشان داده شده‌اند، از نظر آماری در سطح احتمال ۱% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

تاثیر سطوح مختلف فاکتورهاي دور موتور و نسبت انتقال جعبه دنده بر عامل بي بعد Π_2، در جدول(٤)، نشان داده شده است. همانطور که از

جدول مشخص است فاکتورهای دور موتور و نسبت انتقال جعبه دنده در سطح احتمال ۱% بر متغیر Π_2 تاثیر معنی دار دارند. شکل۲ (الف و ب) چگونگی روند تغییر این عامل را تحت تاثیر فاکتورهای آزمایش نشان می‌دهند. همانطورکه در شکل دیده می‌شود، با افزایش دور موتور و همچنین سبک شدن دنده، عامل بی بعد Π_2 به طور محسوسی افزایش می‌یابد که علت آن را می‌توان در افزایش نیروی کشش خالص و کاهش مقاومت غلطش چرخ‌های تراکتور دانست.

جدول۴- نتایج تحلیل واریانس عامل بی بعد Π_2

منابع تغییر	درجات ازادی	میانگین مربعات	مقدارF	سطح معنی‌داری
تکرار	۲	۰/۰۸۵	۰/۷۳٤۱	
دور موتور	۲	۱/۲۸۵	۱۰/۸۲۷۵	۰/۰۰۰۵
نسبت انتقال جعبه دنده	۳	۱٤/٦۷۲	۱۲٦/۲۷۸٦	۰/۰۰۰۰
اثر متقابل	۶	۰/۱۲٦	۱/۰۸٦۹	۰/٤۰۰٦
خطای آزمایش	۲۲	۰/۱۱٦		
جمع کل	۳۵	ضریب تغییرات =۹/۰۳درصد		



الف ب

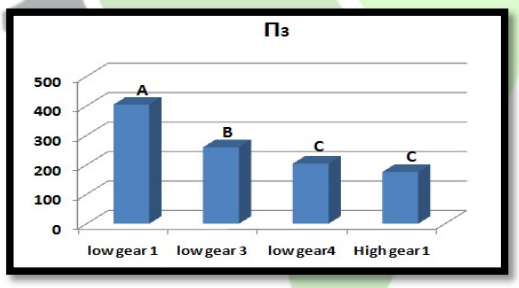
شکل ۲: الف- نمودار عامل بی بعد Π_2 بر حسب مقادیر مختلف دور موتور، ب-نمودار عامل بی بعد Π_2 بر حسب مقادیر مختلف نسبت انتقال جعبه دنده. میانگین‌هایی که با حروف لاتین مشابه نشان داده شده‌اند، از نظر آماری در سطح احتمال ۱% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

تاثیر سطوح مختلف فاکتورهاي دور موتور و نسبت انتقال جعبه دنده بر عامل بي بعدΠ_3، در جدول(۵)، نشان داده شده است. از جدول (۵) مشاهده می‌گردد که فاکتور نسبت انتقال جعبه دنده تاثیر معنی داری در سطح ۱% روی عامل بی بعد Π_3 داشته است. شکل(۵) نمودار ستونی مربوط به عامل بی بعد Π_3 را در نسبت‌های مختلف جعبه دنده نشان می‌دهد. همانطور که از نمودار مشخص است، با سبکتر شدن وضعیت دنده، مقدار

این عامل به صورت قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند که دلیل آن را می‌توان در زیاد شدن بازده مزرعه‌ای دانست، زیرا در عامل بی بعد Π_3، مقدار $\frac{F.E}{V}$ ثابت و ضریبی از عرض کار گاوآهن است. با سبکتر شدن دنده سرعت افزایش یافته و بازده مزرعه‌اي نیز افزایش مي‌یابد. افزایش بازده مزرعه‌اي نیز به نوبه خود کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش عامل Π_3را به همراه خواهد داشت. نتایج پژوهش محققین دیگر از جمله (Matthes, 1988;Grissoet al,1998; Grisso& Pitman, 2001) همین مطلب را تایید می‌کند.

جدول ۵ - نتایج تحلیل واریانس عامل بی بعد Π_3

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات	مقدارF	سطح معنی داری
تکرار	۲	۳٦۷/۲۹۲	۰/۸۰٤۹	
دور موتور	۲	۱٥٦/۳۰۹	۰/۳٤۲٥	
نسبت انتقال جعبه دنده	۳	۹۳۲۲٤/٤۹٥	۲۰٤/۲۹٤۰	۰/۰۰۰۰
اثر متقابل	٦	٥۲۲/٦۲۰	۱/۱٤٥۳	۰/۳۷۰۰
خطای آزمایش	۲۲	٤٥٦/۳۲٥		
جمع کل	۳٥	ضریب تغییرات =۸/۱۹ درصد		



شکل ۵- نمودار عامل بی بعد Π_3 بر حسب مقادیر مختلف نسبت انتقال جعبه دنده. میانگین‌هایی که با حروف لاتین مشابه نشان داده شده‌اند، از نظر آماری در سطح احتمال ۱% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

با توجه به نتایج مربوط به جداول تحلیل واریانس، معلوم می که عوامل بی بعد انتخاب شده با تغییر فاکتور معنی‌داری (در سطح ۱%) تغییر نموده و این امر نشان می‌دهد که عوامل بی بعد انتخاب شده اعتبار لازم را سوخت دارا می‌باشند. بر اساس گروه‌های بی بعد محاسبه شده و با در نظر گرفتن مصرف سوخت به عنوان متغیر وابسته، مدل پیش بینی مصرف سوخت ارائه گردید.

$$\frac{V \times FC}{F.E} = f\left(T.E, \frac{P}{R}\right) \qquad (۱۷)$$

براي تعيين بهترين مدل رياضي پيش بيني رگرسيون غير خطي چندگانه استفاده شد. از بين مدل بهترين مدل بر اساس كمينه خطای استاندارد (Standarderror) و بيشينه ضريبهمبستگيبه صورت زير ارائه گرديد. ضرايب ثابت مدل پيشنهادی (A، B، C، D وE) و آناليز آماری آن در جداول (6) و (7) آمده است.

$$FC = \frac{F.E}{V} \times e^{\left(A((\Pi_1)^B \times (\ln(\Pi_2))^C)^D + E\right)} \qquad (۱۸)$$

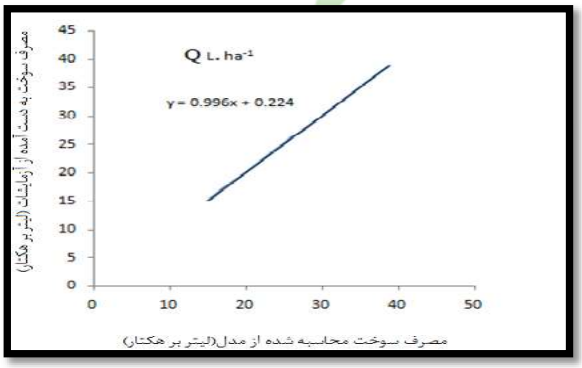
جدول٦- ضرايب ثابت مدل پيشنهادی

ضريب	A	B	C	D	E
مقدار	۰/۰۲۱۷٦٥	۲/٤٨٤۱۱۷	-۰/۱۰٥۳٦	-۳/۰۰۳۸۱	٤/۸٦۲۲۸۳

جدول ۷- آناليز آماری مدل پيشنهادی

سطح احتمال	خطای استاندارد استاندارد	ضريب همبستگی	جمع مربعات باقيمانده ($SS_{residuals}$)	جمع مربعات تصحيح شده (رگرسيون) ($SS_{corrected}$)
%٥	۰/۱۳٦٥۹	۰/۸۹۳	۰/۱۳۰٦۰٤	۱/۲۲۱۳٦۳

نمودار (۱) شده از مدل به دست آمده در اين تحقيق (معادله ۱۸) را نشان می‌دهد. شيب ۰/۹۹٦ در اين برازش كه نزديک به ۱ می‌باشد، اعتبار بالای اين مدل را در پيش بينی مصرف سوخت نشان می‌دهد.



شکل ۶-اعتبار سنجی مدل پيشنهادی(۲۱) برای مصرف سوخت

نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات

در این تحقیق با استفاده از روش آنالیز ابعادی دو عامل بی ($\frac{P}{R}$) و (T.E) و نیز ثابت ($\frac{F.E}{V}$) که معرف عرض کار دستگاه محسوب می‌شود برای پیش بینی مصرف سوخت تراکتور معرفی شدند. با استفاده از روش‌های آماری معادله پیش‌بینی کننده مصرف سوخت تعیین شد. مقایسه نتایج مصرف سوخت پیش‌بینی شده توسط مدل با مقادیر مصرف اندازه‌گیری شده در شرایط کار در مزرعه نشان می‌دهد که آنالیز ابعادی از قابلیت فوق‌العاده‌ای در پیش‌بینی مصرف سوخت تراکتور برخوردار است. مدل به دست آمده از این پژوهش که برای اولین بار ارائه شده است امکان تعمیم نتایج تحقیق را به نحو مطلوب فراهم می‌آورد. به منظور تکمیل نمودن پژوهش صورت گرفته پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی با توجه به اثر سایر عوامل روی مصرف سوخت تراکتور از جمله شاخص مخروطی، رطوبت خاک، تراکم خاک، انواع مختلف تراکتور و ادوات مختلف، مدل‌های بیشتر و جامع‌تری برای پیش بینی مصرف سوخت ارائه گردد.

References

1- Albiero, D., A.J.S. Macial, C.A. Gamero, K.P. Lancas, R.L. Mion, C.A. viliotti, and L. A. Monteiro. 2011. Dimensional analysis of soil properties after treatment with the rotary paraplow, a new conservation tillage tool.Spanish Journal of Agricultural Research.

2- Fakhraei, A., and H. Karparvarfard. 2008. Development of a General Equation for Estimation of Tractive Efficiency by Dimensional Analysis. Fifth National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization.27 to 28 August, 2008. Mashhad. Ferdowsi University. (In Farsi)

3- Fathollahzadeh, H., H. Mobli, A. Rajabipour, S. Minaee, A. Jafari, and S.M.H. Tabatabaie. 2010. Average and instantaneous fuel consumption of Iranian conventional tractor with moldboard plow tillage. ARPN journal engineering and applied sciencs, vol. 5, No. 2, 30-35.

4- Gee-Clough, D., M. Mcallister, G. Pearson, and D.W. Evernden. 1978. The empirical prediction of tractor implement field performance. Journal of Terramechanics. 15 (2): 81-94.

5- Grisso, R., J. Perumpral, D. Vaughan, G. Roberson, and R. Pitman. 2010. Predicting tractor diesel fuel consumption. Virginia Cooperative Extension publication, pp: 442-072.

6- Grisso, R., and R. Pitman. 2001. Gear up and throttle down – saving fuel. Publication 442-450. Virginia state university.

7- Grisso, R., D.P. Shelton, and K. V. Bargen. 1998. Gear up and throttle down – saving fuel. Available file G1296 under: Farm Power and Machenery A-7, tractors.

8- Kasprzak, W., B. Lysik, and M. Rybaczuk. 1990. Dimensional analysis in the identification of mathematical models. World scientific Publishing Co. Pte. Ltd. Singapore.

9- Kepner, R.A., R. Bainer, and E.L. Barger. 1978. Principles of Farm Machinery. 3th(ed) Avi Publishing Compan, Inc. Westport, Connecticut. USA. 527P.

10- Langhaar, H.L. 1951. Dimensional analysis and theory of models, John Wiley&Sons, Inc, New York.

11- Matthes, R.K.W.F., I. W. Watson, k. Savelle, and D. L. Sirois. 1988. Effect of load and speed on fuel consumption of a rubber-tired skidder Trans. ASAE, 31(1):37-39.

12- Murphy, G. C. 1950.Similitude in engineering. Ronald press company. New York.

13- Sheikhdavoodi, M.J., and S. Minei. 2008. Effect of Travel Reduction on Motion Resistance of Rubber Tires. Fifth National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization.27 to 28 August, 2008. Mashhad. Ferdowsi University. (In Farsi)

14- Striter, V.L., E.B. Wylie, and K.W. Bedford. 2001. Fluid Mechanics. Translation: Motabi H. Published Keyhan. Danial Publications.

15- Tarhan, S., and K. Çarman. 2004. Modling the torque and power requirements of traction tires horticultural tractors using dimensional analysis.mathematical and computational applications, 9:427-434.

16- White, F.M. 2006. Fluid Mechanics. Translation: MosaviNasab K. Sound Publishing Center Publication.

Modeling of fuel consumption of tractor in tillage operation with moldboard plow

Moradzadeh M[1], Ghanbarian D[2], Sheikhdavoodi M.J[3], Maleki A[2]

1- Graduate Student, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery; Faculty of Agriculture, Shahrekord University

mmoradzadeh1987@gmail.com

2- Assistant Professor of Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery; Faculty of Agriculture, Shahrekord University

3- Associate Professor, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, University of Shahid chmran of Ahvaz

Abstract

Risingglobaldemand foragricultural tractors,leads toincrement of fuel consumptionand air pollution and that'swhy inrecentdecades the fuel consumption of tractorisone of the topics that researchershave beenparticularlyinterested in. In the present study the technique of dimensional analysis is used to predict fuel consumption Massey Ferguson 285 tractors during plowing with moldboard plow. The experiment got used in the form of3 × 4factorial witha randomized completeblock designwith threereplications. Factors ofengine speedat three levels and Transmission ratio gearbox infourdifferentlevels of testwere analyzed. Variables of rolling resistance, drive wheel slip, net traction force, fuel consumption of tractor were measured. After the test's and survey of the effect of rolling resistance, drive wheel slip,net traction force on fuelconsumption oftractor, Amathematical modelbased onthe obtaineddimensionlessfactors of Variablesassessedin order topredict thefuel consumption ofthe tractorobtained. Comparison the fuel consumption measured in test with the values predicted by themodel supports theverygoodabilityof the modelto predictfuel consumption.

Keywords: moldboard plow, dimensional analysis, fuel consumption, tractor, Buckingham Pi theorem