پایش از راه دور و لحظه‌ای بازده انرژی کل تراکتور–خاکورز و مطالعه مهم‌ترین عوامل مدیریتی اثرگذار بر آن

نواب کاظمی[*1]، مرتضی الماسی[2]، هوشنگ بهرامی[3]، محمدجواد شیخ‌داودی[3]، موسی مسگرباشی[3]

۱– نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری مکانیزاسیون دانشگاه شهید چمران اهواز و عضو هیات علمی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان. Navab20@yahoo.com
۲ و ۳– به ترتیب استاد و دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

بازده انرژی کل تراکتور شاخصی مهم در مصرف انرژی در عملیات خاک‌ورزی است. برای اندازه‌گیری دقیق و همزمان این فاکتور و سایر عوامل موثر بر آن، ابتدا تراکتور مسی‌فرگوسن۳۹۹[1] را به انواع حسگرها و واحد جمع‌آوری اطلاعات تجهیز نموده به طوری که پارامترهای میزان مصرف سوخت، سرعت پیش‌روی، سرعت خطی و بکسواد چرخ‌های محرک و سرش چرخ‌های متحرک تراکتور، دور موتور، نیرو و توان کششی را به صورت همزمان با اجرای عملیات دیسک‌زنی، با سرعت داده‌برداری ۱۰۰۰ داده در ثانیه اندازه‌گیری و به صورت بی‌سیم[2] تا ۱/۵ کیلومتر بروی کامپیوتر کاربر نمایش و همزمان با فرمت اکسل[3] ذخیره می‌نماید. سخت‌افزار و برنامه‌نویسی CSHORP به گونه‌ای است که نظارت همزمان بر تغییرات پارامترهای عملکردی و ذخیره‌سازی برای کاربران در فواصل دورتر از طریق اینترنت نیز مقدور است. سپس با اجرای طرح آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های خرد شده، سه عامل مهم مدیریتی سنگین‌سازی، انتخاب دنده و حالت محور محرک مورد بررسی قرار گرفت و با روش‌های تجزیه واریانس، پس از واریانس و تجزیه علیت تحلیل گردید. نتایج نشان داد، استفاده از تجهیزات الکترونیک و پایش از راه دور داده‌ها در شرایط کاملا واقعی و دقیق با تعداد بسیار بالای نمونه‌برداری (تا هر میلی‌متر پیش‌روی تراکتور یک داده) بوده که موجب کسب نتایجی قابل اعتماد است. هم‌چنین تجزیه علیت حاکی از معرفی سه پارامتر درصد بکسواد، مصرف سوخت و درصدی از توان لازم معادل محور تواندهی[4] تراکتور به عنوان اثرگذارترین پارامترها بر بازده انرژی کل ترکیب تراکتور – خاک‌ورز است و نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثرات عوامل دنده و محور محرک در سطح ۱٪ معنی‌دار اما سنگین‌سازی، تاثیر معنی‌داری بر بازده انرژی کل ندارد.

کلمات کلیدی: بازده انرژی کل، بی‌سیم، حسگر، مصرف سوخت

1- Massy Ferguson (MF399)
2- Wireless
3- Excel
4- Power Take Off Shaft (PTO)

مقدمه

در بخش کشاورزی به طور متوسط میزان انرژی مصرفی برای تولید محصولات زراعی از ۱۷/۴ گیگاژول در هکتار در سال ۱۹۷۵ تا ۴۷/۴ گیگاژول در هکتار در سال ۲۰۰۰ رسیده است (Ozkhan *et al*., 2004)، که این مقدار برای کشور ایران رقمی در حدود۳۰-۲۵ گیگاژول در هکتار است (Mohtasebi *et al*.,2008)؛ از طرفی مصرف سوخت‌های فسیلی عملیات ماشینی در تولید محصولات زراعی سهم بالایی از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص می‌دهد و تراکتور نیز به عنوان اصلی‌ترین ماشین کشاورزی ۵۰-۳۵ درصد توان مزرعه را تامین می‌کند لذا اعمال مدیریت صحیح انتخاب ماشین و حرکت در راستای کشاورزی دقیق موجب کاهش نهاده‌های مصرفی، انرژی و هزینه‌ها می‌گردد.

محققین افزایش بازده انرژی کل[1] ترکیب تراکتور- ادوات و تطبیق درست تراکتور با ماشین‌های کشاورزی را از جمله راه‌های مؤثر در کاهش مصرف سوخت می‌دانند. طبق تعریف، بازده انرژی کل، نسبت انرژی منتقل شده از طرف تراکتور برای راه اندازی ادوات، به معادل انرژی سوخت مصرفی مورد نیاز برای انجام عملیات است (Alluvino *et al*., 2011).

هماهنگی بین تراکتور و ادوات در مزرعه جهت بهینه کردن عملکرد متأثر از دقت راننده در به کارگیری آن دسته از عملگرها یا تصمیم‌گیری‌هایی است که در اختیار دارد. از جمله؛ دور موتور، دنده و سرعت مناسب و استفاده به موقع از قابلیت‌هایی هم‌چون، قفل دیفرانسیل، دو یا چهار چرخ محرک، سنگین‌کننده‌ها و اهرم گاز دستی است. به عنوان نمونه استفاده از تکنیک یک درجه دنده را سبک‌تر کردن با گاز کمتر[2] می‌تواند تا ۲۰ درصد موجب کاهش مصرف سوخت گردد (Tsukasa *et al*., 2010) و یا در شرایط تک دیفرانسیل و سنگین کردن چرخ‌های محرک تراکتور مسی‌فرگوسن ۳۹۹ بکسواد چرخ‌های محرک از ۵۹ درصد به ۳۴/۶ درصد و مصرف سوخت از ۳۱/۵ لیتر به ۲۷/۴ لیتر در هکتار کاهش یافته است (Soltani and Loghavi *et al*., 2007).

در شناخت، بررسی و بهبود عملکرد کششی تراکتور بایستی درک درستی از پارامترهای عملیاتی وجود داشته باشد. در این راستا تحقیقات فراوانی با شیوه‌های متنوع جهت اندازه‌گیری و محاسبه این پارامترها در خاک‌ها و ادوات مختلف برای رسیدن به بالاترین بازده انرژی کل و تحلیل تیمارهای گوناگون صورت گرفته است. اما متغیر بودن مشخصه‌های مکانیکی و فیزیکی یک خاک قابل کشت و عکس‌العمل‌های مختلف ماشین‌ها موجب می‌شود بازده عملکرد تراکتور مهم و پیچیده گردد. ازطرفی اجرای عملیات‌های مربوط به کشاورزی دقیق نیازمند این است که فاصله زمانی بین اندازه‌گیری پارامترهای عملیاتی فوق حتی‌الامکان کوتاه و در شرایط واقعی مزرعه باشد و این شرایط نیز مستلزم وجود سامانه‌ای دقیق با ضریب اطمینان بالا است تا بتواند هم‌زمان با اجرای عملیات‌ها در مزرعه اندازه‌گیری‌ها را انجام و ثبت نماید(Kolator *et al*., 2011). به طوری که در روش‌ها جدید مدیریت مزرعه، بر توسعه‌ی سامانه‌های اکتساب داده‌ها[3] برای محاسبه‌ی پارامترهای عملکردی مزرعه[4] بسیار تاکید شده است (Lackas *et*

1- Overall Energy Efficiency (OEE)
2- Gear Up Throttle Down (GUTD)
3- Data Acquisition Systems (DAS)
4- Field Performance Parameter

al., 1991). بنابراین در این تحقیق تلاش شده در ابتدا تراکتور را به گونه‌ای تجهیز نمودتا اندازه‌گیری و ثبت و ذخیر اطلاعات مربوطه به طور آنی و بسیار دقیق انجام شود و طراحی نرم‌افزار سامانه نیز به گونه‌ای باشد تا بتوان هم‌زمان با اجرای عملیات پایش بازده انرژی کل در کنار سایر پارامترها برای کاربر مقدور گردد.

در خصوص سرعت پیش‌روی واقعی، روش‌های زیادی ابداع شده است اما همه آن‌ها از دقت کافی برخوردار نیستند (Pranav *et al*., 2012). از جمله روش‌هایی که محققین مختلف بکار برده‌اند عبارتند ازکاربرد گیرنده‌های GPS، رادار داپلر، حسگرهای صوتی، چرخ غیر محرک پنجم و برآورد سرعت پیش‌روی بر مبنای سرعت متوسط چرخ‌های غیرمحرک جلو (Norozlo *et al*., 2010; Khalilian *et a* , 1989; Muharrem *et al* , 2006; Lotfi t *et al*., 2007; Khosravi and Abbaspoure, 2012). به طور کلی در دهه‌های اخیر محققین دانشگاهی و یا از طریق سفارش به تولید کنندگان یکسری از ابزار دقیق را به شیوه‌های مختلفی روی تراکتور نصب کرده‌اند که نظر به نوع و یا مدل حسگرهای به کار رفته به لحاظ سخت‌افزاری و همچنین نرم‌افزاری با هم‌دیگر متفاوت هستند (Kheiralla and Azmi, 2001; Alimardani, 1987; Lackas *et a* , 1991; Singh, 2011; Wang and Zeorb, 1990). بسیاری از این سامانه‌ها سفارشی و گران‌قیمت بوده و ویژه یک تراکتور خاصی طراحی شده است و به آسانی سازگار با سایر تراکتورها نیست. (Al-Suhabani *et al*., 2010).

(Loghavi and MollaSdeghi, 2002) در ارزیابی و مقایسه‌ی دو تراکتور مسی‌فرگوسن ۲۸۵ و اونیورسال ام[1] ۶۵۰ به این نتیجه رسیدند وقتی که چرخ‌های محرک مسی فرگوسن۲۸۵ سنگین سازی شوند روند نزولی بازده کششی در طی افزایش عمق به طور چشم‌گیری بهبود می‌یابد و حداقل آن را به ۶۳٪ ارتقا می‌دهد. طی تحقیقی دیگر اثر چهار سطح سنگین‌کننده با آب، صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد روی عملکرد مزرعه‌ای یک تراکتور دو چرخ محرک ارزیابی شد. آن‌ها نشان دادند که سطوح ۵۰٪ به بالای سنگین‌کننده اثر معنی‌داری روی بهبود عملکرد زراعی تراکتور دارد به طوری که بکسواد هرس دیسکی از بدون سنگین‌کننده تا ۷۵٪ سنگین شده، ۲۶/۷٪ کاهش یافت (Sirelkatim *et al*., 2011). سنگین کردن صحیح، می‌تواند بکسواد، مصرف سوخت، فرسایش تایرها و هزینه‌ی عملیات را کاهش دهد به طوری که کاربرد مناسب سنگین‌کننده موجب صرفه‌جویی ۳۳-۲۶٪ در مصرف میزان سوخت می‌گردد (Qisrani *et al*., 1996). هدف از این تحقیق تعیین شاخص بازده انرژی کل و برخی پارامترهای عملکردی با استفاده از سامانه جمع‌آوری داده و پایش لحظه‌ای به صورت بی‌سیم است . هم‌چنین معرفی مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار بر شاخص مذکور در اثر اعمال چند عامل مهم مدیریتی با تجزیه علیت است

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال۱۳۹۲در مزارع تحقیقاتی و کارگاه های فنی گروه مکانیزاسیون دانشگاه کشاورزی رامین خوزستان انجام گردید. این مزرعه دارای خاکی با بافت لوم رسی[2] با درجه شوری ۸/۳ میلی‌موس و وزن مخصوص ۴۳/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب و

1 -U650
2 - Clay Loam

آیش بود. روند اجرا و روش کار شامل سه مرحله است : الف) تجهیز تراکتور چهار چرخ محرک به ابزار دقیق برای اندازه‌گیری ، پایش و ذخیره سازی داده‌ها، ب) اجرای طرح آزمایشی مزرعه‌ای و ج) تجزیه و تحلیل داده‌ها جهت مطالعه اثرات عوامل تعیین شده بر بازده انرژی کل تراکتور – خاک‌ورز است.

این تحقیق پس از آماده سازی تراکتور در قالب ۸ ترکیب تیماری و سه فاکتور مهم مدیریتی سنگین‌کننده (باسنگین‌کننده و بدون سنگین‌کننده[1])، محور محرک(دو چرخ محرک و چهار چرخ محرک[2]) و دنده(سبک و سنگین[3]) با عمق یکسان در ۶ تکرار و در مجموع ۴۸ کرت به ابعاد ۱۵۰ متر مربع بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های خرد شده[4] اجرانموده تا اثرات این فاکتورها بر بازده انرژی کل(متغیر وابسته) مشخص گردد و نهایتا تجزیه تحلیل داده‌های طرح با روش‌های ANOVA و POST ANOVA و تحلیل رگرسیونی تجزیه علیت یا PATH ANALYS با کمک نسخه‌های جدید نرم افزارهای SPSS21، Excel، Sigma Plot و SAS 9.2 انجام شد.

پایش لحظه‌ای بر پارامترهای عملکردی از راه دور

در ابتدا تراکتور MF-399 چهار چرخ محرک را به ابزار دقیق مطابق شکل (۱) تجهیز نموده تا بتوان بازده انرژی کل را با دقت بالا اندازه‌گیری نموده و در هر لحظه نظارت بر عملکرد تراکتور انجام شود. به این صورت که کلیه‌ی داده‌های دریافتی از حسگرها پردازش شده، توسط یک فرستنده بی‌سیم از درون واحد پردازش به صورت تکنولوژی Zigbee به قسمت گیرنده که با اتصال USB به لپ تاب یا PC کاربر وصل شده ارسال می‌شوند (شکل ۱، شماره ۱) و کاربر نیز بانرم‌افزار سامانه کنترل داده‌برداری را در اختیار دارد و ضمن مشاهده‌ی آنی نتایج اندازه‌گیری پارامترها، قادر است منحنی تغییرات لحظه‌ای بین دو پارامتر نسبت به هم و یا نسبت به زمان (به دلخواه) را نیز مشاهده کرده و در پایان ذخیره‌سازی نماید. علی‌رغم برد مفید ۱/۵ کیلومتری بی‌سیم، در نرم‌افزار مربوطه آیکون (زبانه) IP قرار داده شد تا کاربر که نقش سرور را دارد در صورت تمایل آن را فعال کرده و به شرط پوشش شبکه اینترنت کد IP را به شخص دیگر اعلام کند و هم‌زمان برای ایشان شرایط پایش داده‌ها[5] در هر جای دنیا فراهم شود.

نوع و روش اندازه‌گیری متغیرها یا صفات تصادفی

به طور کلی در این تحقیق تمام متغیرها یا صفاتی که لزومشان برای تفسیر ، توصیف و تحلیل اثرات سه فاکتور فوق‌الذکر بر بازده انرژی کل ضروری بوده را به وسیله تراکتور تجهیز شده به طور هم‌زمان با اجرای آزمایشات (ONLINE) اندازه‌گیری نموده و یا بعد از اجرا و با فرمول نویسی روابط آنها در محیط اکسل (OFFLINE) محاسبه و ذخیره می‌شوند به‌عبارتی در هر لحظه

1- Ballast & Un Ballast (B & UNB)
2- 2 Wheel Drive and 4 Wheel Drive (2WD & 4WD)
3- Gear-Low and Gear-High (GL & GH)
4- Split- Plot Design
5 -Data Monitoring

تغییرات متغیر اصلی یعنی بازده انرژی کل و کلیه پارامترهای مرتبط هم‌چون سرعت واقعی پیش‌روی، بکسواد، نیروی کششی، توان، مصرف سوخت به طور هم‌زمان با اجرای عملیات نمایش و ذخیره می‌گردد.

بازده انرژی کل (OEE): تنها صفت یا متغیری است که می‌بایست تغییراتش در اثر عوامل تعیین شده (۳ فاکتور B و W و G) در قالب ۸ ترکیب تیماری مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد (Bower ,1989):

$$OEE = \frac{V_a D_r}{10.2 \times FC} \times 3.6 \qquad (۱)$$

در این رابطه، V_a، سرعت واقعی (کیلومتر بر ساعت)، D_r، نیروی کششی(کیلو نیوتن)، FC، مصرف سوخت (لیتر بر ساعت) که همگی به طور لحظه‌ای اندازه‌گیری می‌شوند و OEE بازده انرژی کل بر حسب درصد، ۱۰/۲ ارزش حرارتی سوخت گازوئیل (بر اساس گازوئیل تولید ایران) بر حسب کیلووات – ساعت بر لیتر.

شکل ۱. نصب تجهیزات ابزار دقیق روی تراکتور MF399 برای پایش از دور پارامترهای عملکردی

بکسواد چرخ‌ها و سرعت پیش‌روی واقعی؛ برای اندازه‌گیری درصد بکسواد یا سرش کلیه چرخ‌ها می‌بایست سرعت واقعی پیش‌روی و سرعت تئوری هر یک از چهار چرخ به طور هم‌زمان اندازه‌گیری شود. برای این‌کار از دورسنجهای نوری شفت انکودر مدل E50S8-100-3-T-24 در چرخ‌های عقب و حسگر نوع القای مدل P-R-L-18-8DP برای چرخ‌های جلو استفاده شد (شکل ۱، شماره‌های ۸ و ۱۱). هم‌چنین با طراحی چرخ غیرمحرک پنجم و نصب یک دستگاه شفت انکودر ۵۰۰ پالسی موجب شد تا سرعت واقعی پیش‌روی با دقت بسیار بالا اندازه‌گیری و ثبت شود. این چرخ بر روی مسیر نسبتا هموار شده توسط چرخ جلو حرکت کرده و مانعی برای ادوات دنباله بند ایجاد نمی‌کند و مطابق شکل (۱) با اتصالات لولایی موجب می‌شود تا در سطح عمودی از پستی و بلندی‌های بعضا عمیق تبعیت کرده و قابلیت فرمان‌پذیری به پیروی از چرخ‌های جلو نیز فراهم شود و در

زمان دنده عقب، ۱۸۰ درجه گردش نموده تا بدون ایجاد فشار جانبی به شاسی و چرخ به سمت عقب حرکت کند . بنابراین با ثبت آنی سرعت‌های کلیه چرخ‌ها و چرخ پنجم و با استفاده از روابط۲و۳ درصد بکسواد (+%S) و سرش(-%S) هر کدام از چرخ‌ها نسبت به سرعت پیش‌روی واقعی ($km\ h^{-1}$) محاسبه، و نرم‌افزار سامانه طبق روابط (۴)،درصد بکسواد جفت چرخ‌های عقب و جلو را نیز به طور هم‌زمان در یک کاربرگ جداگانه در فایل اکسل نتایج ذخیره می‌کند.

$$TRR = 100\left[1 - \frac{V_a}{V_t}\right] \qquad (۲)$$

V_a، سرعت پیش‌روی واقعی(سرعت چرخ پنجم) و V_t، سرعت تئوری (چرخ‌های عقب یا جلو) می‌باشد. در واقع این فرمول میزان کاهش پیش‌روی یا کاهش سرعت نسبت به مسافت یا سرعت تئوری است و عموما به بکسواد یا درصد سرش معروف است که چرخ می‌چرخد اما پیش‌روی صورت نمی‌گیرد (ASAE, 1997).

$$C=2\pi r\ , \quad SP=\frac{C}{n_P}\ , \quad RPM_t=\frac{P_t-P_{t-T}}{T\times n_P}\times 60000\ , \quad V_{ta}=\frac{60\times RPM_t\times P}{1000} \qquad (۳)$$

C، محیط چرخ (متر)، r، شعاع چرخ (متر)، S_P، کمترین مسافت طی شده در هر پالس(میلی‌متر بر پالس)، n_P، پالس ارسالی در هر دور، T، فاصله زمانی ثبت هر داده (میلی‌ثانیه)، RPM_t، دور بر دقیقه چرخ در لحظه‌ی tام، V_{ta}، سرعت واقعی پیش‌روی در لحظه‌ی tام (کیلومتر بر ساعت)، P_{t-T}، تعداد پالس‌های تجمعی در لحظه‌ی(t-T) ام و P_t، تعداد پالس‌های تجمعی در لحظه‌ی t ام می‌باشد.

$$ASRW=\frac{SRRW\ \%+SLRW\ \%}{2}\ , \quad ASFW=\frac{SRFW\ \%+SLFW\ \%}{2} \qquad (۴)$$

که، ASRW[1] و ASFW[2]: به ترتیب متوسط درصد بکسواد چرخ‌های عقب و بکسواد یا سرش چرخ‌های جلو، SRRW[3]: درصد بکسواد چرخ عقب سمت راست، SLRW[4]: درصد بکسواد چرخ عقب سمت راست، SRFW[5]: درصد بکسواد چرخ جلو سمت راست و SLFW[6]: درصد بکسواد چرخ جلو سمت چپ می‌باشد.

بازده کششی(TE)؛ از شاخص‌های مهم در بررسی بازده انرژی کل بازده کششی می‌باشد و به وسیله رابطه زیر بیان می‌شود.

$$TE=\frac{F_{db}}{F_{db}+F_R}\ (1-S) \qquad (۵)$$

در رابطه فوق، TE، درصد بازده کششی، F_{db}، نیروی مقاومت کششی خالص (کیلونیوتن)، F_R، نیروی مقاومت غلتشی (کیلونیوتن) و S، درصد بکسواد است.

توان کششی مورد نیاز معادل با توان محور تواندهی (P_{EQ})[7]: توان کششی مورد نیاز وسیله خاک‌ورز در اجرای عملیات برابر چه مقدار از بیش‌ترین توان تراکتور بر حسب توان PTO است واز رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$PEQ=\frac{P_{db}\times 100}{TE\times 0.96\times MAX\ P_{pto}} \qquad P_{db}=\frac{F_{db}.Va}{36}\ . \qquad (۶)$$

1- Average Slip Rear Wheels
2- Average Slip Front Wheels
3- Slip Right Rear Wheel
4- Slip Left Rear Wheel
5- Slip Right Front Wheel
6- Slip Left Front Wheel
7- The Equivalent Power

که، P_{EQ}، برحسب درصد، TE، بازده کششی برحسب درصد و P_{db}، توان کششی مورد نیاز به وسیله‌ی خاک‌ورز بر حسب kw، ۰/۹۶، بازده انتقال توان به محور اکسل تراکتور ها، $MAX\ P_{pto}$، حداکثر توان تراکتور معادل محور توان‌دهی بر حسب کیلووات و Va، سرعت واقعی پیش‌روی بر حسب کیلومتر بر ساعت می‌باشد. در این طرح برای اندازه‌گیری نیروی کششی تک نقطه از یک نیروسنج ۵ تنی مدل S شکل با خروجی آنالوگ استفاده شد (شکل ۱، شماره ۱۲)، و برای کالیبراسیون آن از یک ترازوی دیجیتال و یک سری وزنه‌های با جرم مشخص از ۱ تا ۱۰۰۰ کیلوگرمی بکار رفت به طوری که، ابتدا وزنه‌ها توسط ترازو وزن شده و در دو مرحله افزایشی و کاهشی به نیروسنج آویزان شدند و بر اساس مشخصات فنی نیروسنج، رابطه بین سیگنال خروجی و بار اعمالی با وزنه‌های مختلف معادله زیراستخراج، و کالیبراسیون نیروسنج کامل گردید.

$$Load = (ADC \times Offset) \times Coef \ \rightarrow \ Coef = (Scale \times 40)/(Volt \times mv \times Zero_Load) \qquad (۷)$$

ADC، مقدار خوانده شده از حسگر، Coef، ضریب ثابت حسگر، Scale، حداکثر مقدار قابل سنجش حسگر (۵ تن)، Volt، مقدار ولتاژ تغذیه حسگر، mv، مقدار ولت بر میلی‌ولت حسگر و Zero_Load، مقدار حسگر در حالت بی‌باری است.

مصرف سوخت: برای اندازه‌گیری لحظه‌ای مصرف خالص سوخت از دو دستگاه سوخت‌سنج نوع صوتی ساخت کشور انگلیس با هزار پالس بر لیتر استفاده شد و با تغییراتی در لوله برگشتی انژکتورها طبق شکل (۱شماره ۴) روی مسیرهای رفت و برگشت قرارداده و با نصب یک مخزن کمکی مدرج که از طریق یک پمپ کوچک برقی توسط راننده از مخزن اصلی تغذیه می‌شود. مراحل تست و کالیبراسیون انجام گردید. شکل (۲) منحنی‌های تست آزمایشگاهی تکی سوخت‌سنج‌ها را نشان می‌دهد که هرچه دبی عبوری از ۱۵۰ سانتی‌متر مکعب بیشتر گردد رابطه خطی قوی‌تر خواهد بود و این با داده‌های ذکر شده در برگه مشخصات سوخت‌سنج‌ها[1] یکسان بود.

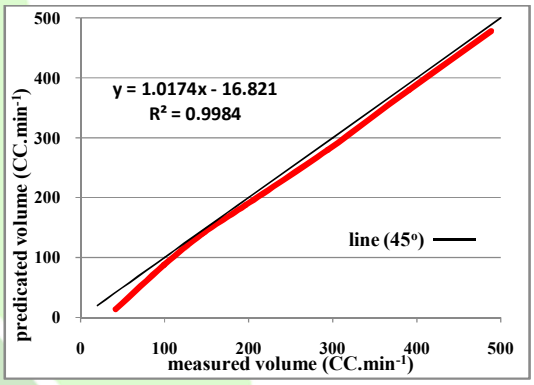
نتایج و بحث

الف- سامانه جمع آوری اطلاعات (DAS)

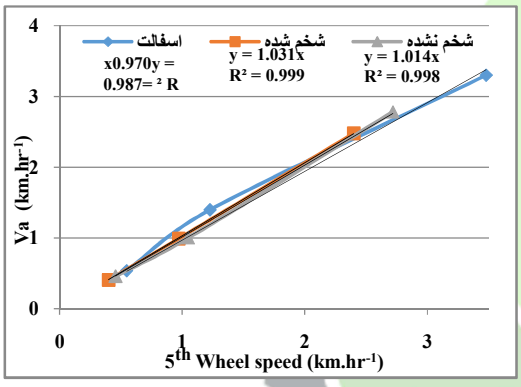
پس از نصب کلیه حسگرها، طراحی و برنامه‌ریزی واحد پردازشگر یا دیتا لاگر[2] کلیه مراحل تست و کالیبراسیون درون کارگاهی و مزرعه‌ای برای سنجش پارامترهای مهم عملکردی با موفقیت و دقت بسیار بالا انجام شد. نتایج آزمایشات انجام شده در شرایط مختلف (زمین شخم شده، شخم نشده و آسفالت) نشان داد که همواره تعداد دورهای ثبت شده با تعداد دورهای واقعی چرخ پنجم برابر است که نشان دهنده دقت انکدر ۵۰۰ پالسی و نصب صحیح آن است. منحنی‌های شکل (۳) نیز نشان می‌دهند که رابطه خطی قوی با ضریب تبین بالا بین سرعت ثبت شده توسط سامانه جمع‌آوری داده و سرعت واقعی اندازه‌گیری شده به‌ویژه برای کار در مزرعه وجود دارد لذا در مجموع نتایج بیانگر عملکرد درست چرخ پنجم است. با اندازه‌گیری لحظه‌ای سرعت کلیه چرخ‌ها و

1- Data Sheet
2 - Data Logger

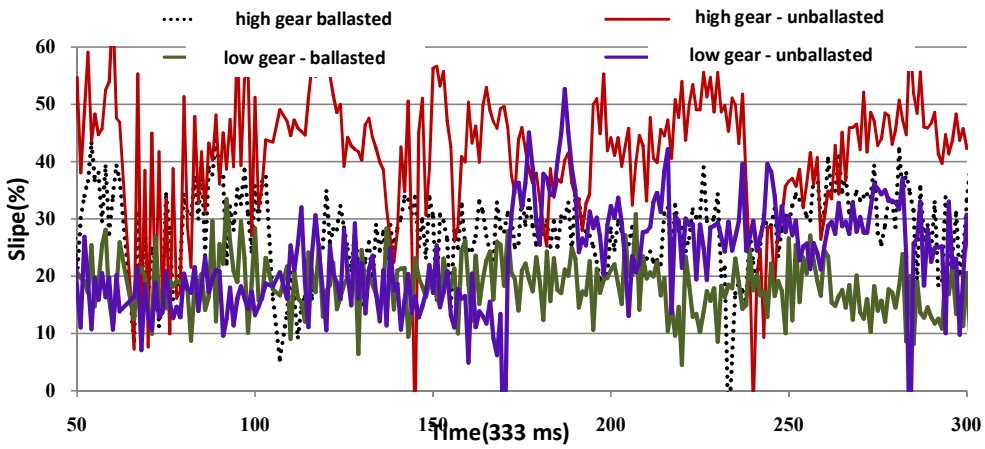
سرعت پیش‌روی توسط چرخ پنجم درصد بکسواد و سرش هر چرخ و متوسط جفت چرخ‌ها به طور لحظه‌ای نمایش و ثبت می‌شوند. در شکل (۴) منحنی‌های تغییرات لحظه‌ای متوسط درصد بکسواد چرخ‌های عقب مربوط به کلیه تیمارها که با دو چرخ محرک اجرا شده‌اند به تفکیک با و بدون سنگین‌کننده رسم شده است، این منحنی‌هاکه به عنوان نمونه‌ای واقعی از طرح آزمایشی اجرا شده با دیسک افست کششی است حاکی از آن است که بالاترین درصد بکسواد به ترتیب مربوط به دنده سبک‌تر و بدون سنگین‌کننده؛ دنده سنگین و بدون سنگین‌کننده؛ دنده سبک با سنگین‌کننده و دنده سنگین با سنگین‌کننده است به عبارتی نقش سنگین‌کننده در کاهش بکسواد به وضوح دیده می‌شود . بنابراین به خوبی می‌توان نتیجه گرفت که سامانه نصب شده روی تراکتور با دقت بسیار بالا نسبت به ثبت داده‌ها به طور آنی و هم‌زمان اجرای عملیات را انجام می‌دهد



شکل ۲. همبستگی بین مقادیر دبی اندازه‌گیری شده با مقادیر سوخت سنج ها



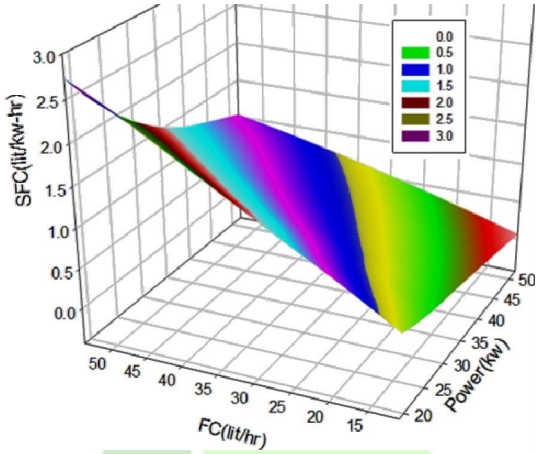
شکل ۳. منحنی مقایسه سرعت واقعی و به دست آمده بوسیله چرخ پنجم در سه سطح متفاوت



شکل ۴. تغییرات بکسواد چرخ‌های عقب مربوط به ترکیب تیماری سنگین‌کننده–دنده و ۲چرخ محرک ثبت شده با دیتالاگر

نتایج مربوط به اندازه‌گیری هم‌زمان مصرف سوخت با سوخت‌سنج‌های آلتراسونیک، نیروی کششی با نیروسنج ۵ تنی و سرعت واقعی با چرخ پنجم و ثبت داده‌های آنها توسط سامانه نصب شده به گونه‌ای است که با استفاده از آن‌ها پارامترهای مهمی هم‌چون

مصرف ویژه سوخت (**SFC**) امکان پذیر شده و در شکل سه بعدی (۵) **یک نمونه واقعی از ارتباط بین SFC** و توان مالبندی دیسک کششی نسبت با اندازه‌گیری سوخت لحظه‌ای مربوط به تیمار2WD-GH-B **ترسیم** شده است که به خوبی نشان دهنده عملکرد تجهیزات نصب شده است.



شکل ۵. منحنی تغییرات لحظه ای مصرف ویژه سوخت با تغییرات لحظه‌ای توان کششی لازم و مصرف سوخت بر اساس داد های برداشت شده توسط دیتالاگر

ب – بازده انرژی کل ترکیب تراکتور – خاک‌ورز (OEE)

متغیر اصلی مورد بررسی بازده انرژی کل (OEE) است. لذا جدول تجزیه واریانس (**جدول** ۱) نشان می‌دهد که در مجموع اثرات دو عامل نوع محور محرک (2WD و 4WD) و عامل دنده (GH و GL) بشکل بسیار معنی‌داری بر بازده انرژی کل تاثیر داشته‌اند اما عامل سنگین سازی تراکتور (B و UB) به طور کلی تاثیر معنی‌داری بر بازده انرژی کل نداشته است.

در خصوص محور محرک (W) با مراجعه به جدول (۲) مقایسه میانگین‌ها، دیده می‌شود در مجموع وقتی از حالت دو چرخ محرک استفاده شده است، بازده انرژی کل ۱۰/۱۴ درصد و در حالت چهارچرخ محرک ۱۴/۳۶ درصد است.

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر سه عامل سنگین‌سازی–دنده - وضعیت محور محرک بر بازده انرژی کل و سایر صفات اندازه‌گیری

منابع تغییر	درجه آزادی	MS میانگین مربعات						
		OEE	ASFW	ASRW	TE	PEQ	FCHR	FCHA
REP	5	7.05^{ns}	0.93^{ns}	38.49^{*}	19.86^{ns}	149.2^{**}	7.17^{ns}	5.47^{ns}
B	1	3.58^{ns}	64.1^{**}	53.73^{ns}	124.74^{**}	158.74^{**}	0.33^{ns}	25.7^{*}
R×B	5	1.65^{ns}	1.69^{ns}	6.66^{ns}	5.69^{ns}	7.54^{ns}	2.52^{ns}	2.95^{ns}
W	1	213.57^{**}	4159.14^{**}	4222.5^{**}	3169^{**}	218.6^{*}	22.08^{**}	175^{**}
B×W	1	0.75^{ns}	20.42^{ns}	203.03^{**}	197.55^{**}	189.7^{*}	0.02^{ns}	8.02^{ns}
R×W×(B)	10	1.38^{ns}	11.8^{**}	8.40^{ns}	5.62^{ns}	30.60^{ns}	1.39^{ns}	2.92^{ns}
G	1	35.38^{**}	31.28^{**}	65.8^{*}	3.10^{ns}	218.33^{ns}	20.96^{**}	15.9^{**}
B×G	1	2.00^{ns}	28.81^{**}	31.5^{*}	8.13^{ns}	227.08^{**}	2.34^{ns}	2.34^{ns}
W×G	1	0.93^{ns}	1.51^{ns}	22.28^{ns}	29.29^{*}	40.46^{ns}	4.94^{ns}	2.59^{ns}
B×W×G	1	0.46^{ns}	28.93^{**}	14.24^{ns}	16.90^{ns}	24.84^{ns}	0.00^{ns}	6.1^{*}
% CV	-	10.76^{ns}	35.7^{ns}	11.59^{ns}	10.2^{ns}	11.14^{ns}	6.1^{ns}	9.7^{ns}

OEE % بازده انرژی کل،ASFW و ASRW متوسط درصد بکسواد چرخ‌های جلو و عقب، TE بازده کششی FCHR وFCHA مصرف سوخت بر حسب لیتر بر هکتار و لیتر بر ساعت ... PEQ **توان معادل محور تواندهی** نیروی کششی .** حاکی از تفاوت در سطح ۱ درصد و * تفاوت در سطح ۵٪ و ns عدم معنی‌داری است

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات مختلف نسبت به عوامل W و B و G

صفات Factors	سنگین‌کننده Ballast	بدون سنگین‌کننده Un Ballast	LSD	دوچرخ محرک 2WD	چهارچرخ محرک 4WD	LSD	دنده سنگین GL	دنده سبک GH	LSD
OEE	12.52[a]	11.98[a]	1.49	10.14[b]	14.36[a]	0.75	13.11[a]	11.4[b]	1.08
ASRW	23.13[b]	29.84[a]	3	35.8[b]	17.09[a]	1.8	27.15[b]	35.4[a]	2.5
ASFW	-1.72[b]	5.5[a]	1.5	-7.38[b]	11.23[b]	2.2	3.7[a]	1.31[a]	1.4
TE	63[b]	59.8[a]	2.77	53.29[b]	69.5[a]	1.5	63.16[a]	61[a]	2.83
PEQ	66.48[b]	60[a]	3.1	60.07[b]	64[a]	3.5	64.3[a]	60[b]	3.8
FCHR	24.2[b]	24.1[b]	1.8	24.8[a]	23.5[b]	0.75	23.0[b]	24.8[a]	1.3

حروف لاتین مشابه در هر سطر حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد است

جدول ۳. تجزیه واریانس برش دهی B×w/w

صفات Factors	دوچرخ محرک2WD			چهار چرخ محرک4WD		
	باسنگین‌کننده Ballast	بدون سنگین‌کننده UN Ballast	MS	با سنگین‌کننده Ballast	بدون سنگین‌کننده UN Ballast	MS
OEE	10.54	9.7	3.8[ns]	14.51	14.2	0.525[ns]
ASRW	30.45	41.25	700.48[**]	15.8	18.4	39.88[ns]
ASFW	-10.38	-4.3	215.94[**]	6.9	15.5	444/62[**]
TE	56.93	49.65	318.13[**]	69.16	69.96	4.166[ns]
PEQ	59.9	60.24	0.689[ns]	68.14	60.53	347.6[*]
FCHR	24.98	24.78	0.248[ns]	23.06	23.46	0.096[ns]

.** حاکی از تفاوت در سطح ۱ درصد و * تفاوت در سطح ۵٪است و ns نشانه عدم معنی‌داراست

علی‌رغم عدم معنی‌داری اثرات متقابل(B×W)، طبق جداول تجزیه واریانس برش‌دهی بر اساس سطوح عامل سنگین‌کننده (B×W/B) تفاوت بین دو وضعیت دو چرخ و چهار چرخ محرک در شرایط با سنگین‌کننده (B) و بدون سنگین‌کننده (UB) بسیار معنی‌دار بوده به طوری که بازده انرژی کل چهار چرخ محرک حدود ۴ درصد بیشتر از دوچرخ محرک است. اما با دقت در ارقام جدول تجزیه واریانس برش دهی بر اساس محور محرک(B×W/W)، بازده انرژی کل در مقایسه با سنگین‌کننده و بدون سنگین‌کننده در هر دو وضعیت 2WDو یا 4WD تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. به عبارتی انتخاب چهار چرخ محرک به جای دو چرخ محرک به تنهای موجب افزایش معنی‌دار بازده انرژی کل می‌شود و دیگر نیازی به سنگین‌کننده نمی‌باشد (جداول ۳ و ۴).

دلایل عدم تاثیر سنگین‌کننده بر بازده انرژی کل این است که وقتی تراکتور از دو چرخ به چهار چرخ محرک تبدیل می‌شود بدون اینکه سنگین شود متوسط درصد بکسواد چرخ‌های عقب کاهش قابل توجه‌ای دارد(از ۴۱/۲۵ به ۱۸/۴ درصد کاهش می‌یابد) و این در حالی است که اثر سنگین‌کننده در وضعیت چهار چرخ تنها موجب کاهشی در حد ۳ درصد شده است (جدول۳)، بنابراین با کاهش شدید بکسواد چرخ‌های عقب 2WD، انتظار افزایش بازده کششی را داشته که طبق جدول ۴ این افزایش در حد ۲۰ درصد است(از۴۹/۶ به ۶۹/۹۶) همچنین نتایج نشان می‌دهد که میزان تاثیر سنگین شدن تراکتور در وضعیت دوچرخ محرک بودن برای کاهش بکسواد، بیشتر است از وقتی که تراکتور چهار چرخ باشد و سنگین شود. چون‌که سنگین کردن درصد بکسواد چرخ‌های عقب در وضعیت 2WD را از ۴۱/۲۵ درصد به ۳۰/۴۵ می‌رساند و علی‌رغم کاهش ۱۰ درصدی، هنوز در محدوده بالای قرار دارد و این مورد بر پایه گزارش (Jenan *et al.*,1996)، موجب افزایش بازده انرژی نمی‌شود. از طرفی سنگین‌کننده باعث افزایش درصد

سرش چرخ‌های جلو از ۴/۳- درصد به ۱۰/۳۸- درصد شده که اثری منفی بر بازده انرژی کل دارد ، دلیل افزایش سرش چرخ‌های جلو با سنگین شدن این بود که حرکت آب موجود در چرخ‌ها موجب افزایش سرش شده است. هم‌چنین بر اساس جدول تجزیه واریانس برش‌دهی (جدول ۳) تفاوتی بین درصد توان معادل محور تواندهی به کار رفته وجود ندارد و این درحالی است که میزان به کارگیری از حداکثر توان تراکتور فاکتوری موثر بر بازده کششی و بازده انرژی کل است لذا عدم بهبود بازده انرژی کل با سنگین‌کننده در وضعیت 2WD منطقی است در خصوص درصد بکسواد و بازده کششی (Soltani and Loghavi *et al*., 2007) نتایج مشابه‌ای با تراکتور یکسان ولی برای گاوآهن برگرداندار گرفته‌اند، و با نتایج (Jenan and Bashford,1995)، که درمجموع تراکتورهای 2wd و4wdرا مقایسه کرده و(Sirelkatim *et al,*. 2001) ; که روی دیسک کششی کار کرده مطابقت دارد.

جدول ۴. تجزیه واریانس برش‌دهی B×w/B

صفات Factors	با سنگین‌کننده Ballast			بدون سنگین‌کننده UN Ballast		
	دوچرخ محرک 2WD	چهار چرخ محرک 4WD	MS	دوچرخ محرک 2WD	چهارچرخ محرک 4WD	MS
OEE	10.54	14.5	94.48**	9.7	14.2	1119**
ASRW	30.45	15.8	1286**	41.3	18.3	1338**
ASFW	-10.3	6.92	1798.3**	-4.3	15.5	2381.2**
TE	56.9	69.13	892.06**	49.6	69.96	2474.5**
PEQ	59.9	68.1	407.8**	60.2	60.5	0.51^{ns}
FCHR	24.9	23.6	11.67^{ns}	24.7	23.5	10.4^{ns}
FCHA	13.2	10.2	54**	15.5	10.8	128.9**

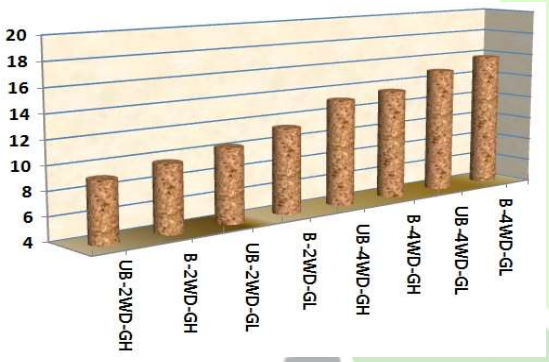
در مراجعه به جدول تجزیه واریانس (جدول شماره ۱) اثر اصلی عامل دنده بسیار معنی‌دار شده است و طبق جدول مقایسه میانگین(جدول ۲) در مجموع متوسط بازده انرژی کل در دنده سنگین‌تر(GL) ۱۳/۱۱٪ در مقابل دنده‌ی سبک‌تر(GH) که ۱۱/۴٪ شده است. به عبارتی تجزیه‌ی آماری نشان می‌دهد در حالت GH که دور موتور برابر ۸۰٪ دور مشخصه موتور است دارای بازده انرژی کل کم‌تری در قیاس با GL که میانگین دور موتور با دوری معادل ۹۰٪ دور مشخصه بوده زیرا در شرایط دنده سبک که اصولا گشتاور کمتری دارد و در عمل نیز دور کم به ویژه در 2WD تراکتور تمایل به خاموش شدن داشت، گاورنر در این لحظه سوخت بیشتری را ارسال می‌کند ارقام طبق جدول (۲) نیز حاکی ار این است که مصرف ساعتی سوخت ودر صد بکسواد چرخ‌های عقب در شرایط GL به ترتیب ۲۳ لیتر بر ساعت و ۲۷ درصد بوده و به طور معنی‌داری کم‌تر از GH با ۲۴/۸ لیتر بر ساعت و ۳۵ درصد است. هم‌چنین در وضعیت GL، بازده کششی نیز به طور معنی‌داری بیشتر از GH است. لذا تفاوت در مقادیر این پارامترها که هر کدام به طور مستقیم بر OEE تاثیرگذار هستند نشان از افزایش منطقی بازده انرژی کل GL نسبت به GH دارد.

نتایج مقایسه اثرات ۸ ترکیب تیماری در نمودار شکل (۶) آمده است، دقت در مقادیر بازده انرژی کل به تفکیک هر تیمار نشان می‌دهد که بالاترین بازده انرژی کل به تیمارهای با حالت چهار چرخ محرک و دنده سنگین‌تر اختصاص دارد و پایین‌ترین بازده انرژی کل مربوط به دوچرخ محرک، بدون سنگین‌کننده و با دنده سبک‌تر است. در مجموع مقادیر به دست آمده از بازده انرژی کل در این تحقیق شامل کم‌ترین ۸/۸ درصد و بالاترین ۱۵/۳ درصد است این محدوده در مقایسه با تحقیقات

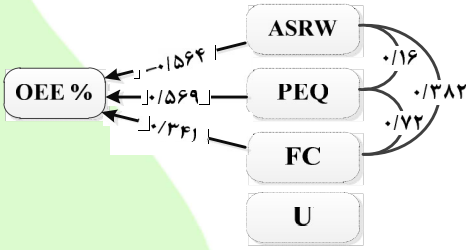
(Bower *et al*., 1990)، طی چند سال متمادی بروی ماشین‌های خاک‌ورزی بازده انرژی کل را از ۱۳ تا ۱۹/۶درصد گزارش کرده‌اند و نیز با تحقیق بروی دیسک افست این بازده ۹ تا ۱۷ درصد اعلام شده است (Kheiralla and Azmi., 2004). لذا محدوده بازده انرژی کل ۲۰–۸ درصد است.

ج- تجزیه علیت

علاوه بر تجزیه واریانس اثرات عوامل مدیریتی بر بازده انرژی کل، با تجزیه رگرسیونی مسیر یا تجزیه علیت (PA) اثرگذارترین متغیر با تعیین میزان و جهت اثرات مستقیم و غیر مستقیم آن‌ها استخراج شده و طبق نمای مسیر در شکل (۷)، عبارتند از: بکسواد چرخ‌های عقب (ASRW%)، توان به‌کار رفته معادل محور تواندهی (PEQ%) و مصرف سوخت(لیتر بر ساعت).

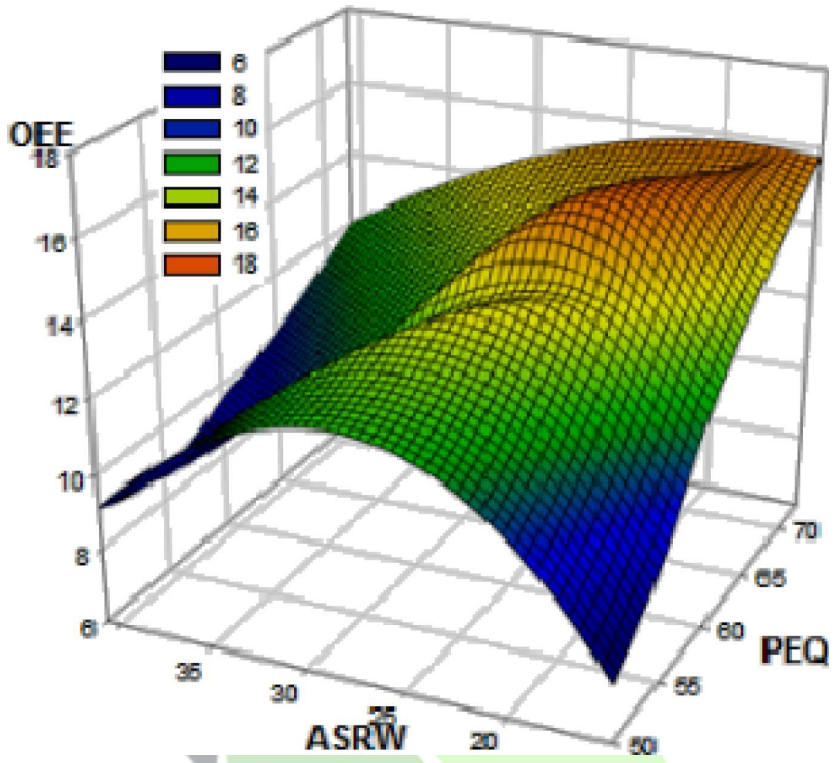


شکل ۶. منحنی درصد بازده انرژی کل



شکل ۷ . نمای مسیر اثرات مهمترین متغیرها ناشی از تجزیه علیت

توجه به ضرایب مسیر طبق روش تجزیه علیت حاکی از آن است که پارامترهای درصد بکسواد چرخ‌های عقب به طور مستقیم اثری منفی و قوی (۰/۵۶۴–) هم‌چنین به طور غیر مستقیم و از طریق مصرف سوخت (۰/۱۹۷–)بر بازده انرژی کل دارد. هم‌چنین اثرمستقیمی که PEQ بر افزایش بازده انرژی کل دارد (۰/۵۶۹) برابر اثر مستقیمی است که درصد بکسواد بر کاهش این بازده دارد (۰/۵۶۴–) و در مقام مقایسه کلی نتایج اثرات هر سه متغیر، حاکی از آن است که اثرات در صد بکسواد چرخ‌های عقب و اینکه چند درصد از توان ماکزیمم تراکتور معادل محور تواندهی به کار می‌رود (PEQ) برابر اما هم جهت نیستند و این اثر به مراتب بیشتر از اثر مستقیم مصرف سوخت بر بازده انرژی کل است، منحنی سه بعدی درشکل(۸) وضعیت تغییرات دو متغیر با تاثیر بیش‌تر نسبت به بازده انرژی کل تراکتور – خاک‌ورز را نشان می دهد و حاکی از آن است که با افزایش درصد توان به کار رفته از توان ماکزیمم تراکتور (PEQ) و کاهش درصد بکسواد، بازده انرژی کل افزایش می‌یابد. در مجموع درصد بکسواد و مصرف سوخت هر دو به طور مستقیم اثر منفی روی OEE دارند وPEQ اثر مستقیم مثبت دارد، و در نهایت سهم این سه متغیر در توجیه و پیش‌بینی OEE، ۸۵٪ است که ۱۵٪ دیگر به عوامل غیر از آن‌ها مربوط می‌شود (عوامل ناشناخته $U=\sqrt{1-(0.798)}=0/15$).



شکل ۸. درصد بازده انرژی کل (OEE) در مقابل درصد بکسواد چرخ‌های عقب (ASRW) و درصدی از توان ماکزیمم تراکتور معادل پی‌تی‌او (PEQ)

نتیجه گیری

نتایج نهایی برداشت اطلاعات هم‌زمان بازده انرژی کل و پارامترهای عملکردی با فرکانس سه داده در ثانیه نشان می‌دهد که عامل‌های سنگین‌کننده(B) نسبت به سنگین نشدن(UB) و عامل 4WD نسبت به 2WD و دنده سنگین‌تر (GL) نسبت به دنده سبک‌تر (GL) بازده انرژی کل را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد اما عامل سنگین کننده در مجموع اثر معنی‌داری بر بازده انرژی کل ندارد. هم‌چنین نتایج نهایی تجزیه علیت، سه پارامتر ASRW، PEQ و FC را به عنوان اثرگذارترین پارامتر بر بازده انرژی کل تراکتور – خاک‌ورز معرفی می‌نماید. در کل نیز می‌توان نتیجه گرفت که مدیریت صحیح عوامل مدیریتی موجب بازده انرژی کل ۱۵/۳ درصد و در صورت عدم انتخاب صحیح این عوامل تا ۸/۸ درصد تقلیل می‌یابد که در هر صورت محدوده ۱۵/۳–۸/۸ درصد نشان دهنده اتلاف دست‌کم ۸۴ درصدی انرژی است.

منابع

Al-Janobi, A. A., and Al-Suhaibani, S. A., 1998. Draft of primary tillage implements in sandy loam soil. Applied Engineering in Agriculture 14(4): 336 – 348.

Alimardani, R., 1987. A computer based instrumentation system for measuring tractor field performance. Ph.D. Thesis, Iowa State University, Ames, IO,USA.

Alluvione, F., Moretti, B., Sacco, D., and Grignani, C., 2011. EUE (Energy Use Efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. Journal of Energy Engineering 36: 4468 - 4481.

Al-suhaibani, S.A., Janobi, A., and Majhadi, Y., 2010. Development and evolution of tractors and tillage implements instrumentation system. American Journal of Engineering and Applied Sciences 3(2): 363-371.

ASAE Standards, 1997a. ASAE D497.3: Agricultural Machinery Management Data. in: Hahn, R.H, Purschwitz, M.A., Rosentreter, E.E. (Eds), ASAE Standards 1997, 44th Ed. ASAE, Pp. 363-370

Bower, C. G. Jr., 1990. Tillage draught and energy measurements of twelve southeastern soil series. Trans. ASAE 32(5): 1495-1502

Jenane, C., and bashford, L. L., 1995. Field tractive performance comparisons between a tractor oprated in the 2wd and 4wd mode. 1995. Actes inst. Agron. Vet (maroc)15(1):47-57

Jenane, C., Bashford, L.L., Monroe, G., 1996. Reduction of fuel consumption through improved tractive performance. J. Agric. Eng. Res. 64 (2), 131–138.

Khalilian, A., Hale, S. A., Hood, C. H., Garner, T. H., and Dodd, R. B., 1989. Comparison Of Four Ground Speed Measurement Techniques. ASAE Paper, 89-1040

Kheiralla, A. F., and Azmi, A., 2004. Modeling of power and energy requirements for tillage implements operating in serdang sandy clay loam. Journal of Malaysia Soil &Tillage Research,78: 21-3.

Kheiralla, A. F., and Azmi, A., 2001. A tractor data acquisition system for power and energy demand monitoring of agriculture field operations. Journal of Science & Technology (JST). 9(2):1-14.

Khosravi, M., M. H. Abbaspour-Fard., M. H. Aghkhani. 2012. Design and evaluation a digital system for measuring slip and forward speed of 2WD tractor in Iran. Journal of Agricultural Machinery Engineering, 2(1): 1-10(In Farsi).

Kolator, B., and Bialobrzewiski. I., 2011. A simulation model of 2WD tractor performance. Journal of Computer and Electronics in Agriculture, 76:231-239

Lackas, G. M., Grisso, R. D., Yasin, M., and Bashford. L. L., 1991. Portable data acquisition system for measuring energy requirements of soil-engaging implements. Journal of Computers and Electronics In Agriculture. 5: 285-296.

Loghavi,M., and A. Mollasadeghi. 2002. Comparison and evaluation traction efficiency of U650 & MF285 tractors in plowing with moldboard plow. Journal of Science & Technology, of Agriculture & Natural Resources 6(2). (In Farsi).

Lotfi, D., A. Hemmat, and M. R. Akhanan Sarraf. 2007.Development and evaluation of a three-point hitch dynamometer and a fifth wheel for mounted implement draft and tractor speed measurements. Journal Science & Technology, Of Agriculture & Natural Resources 11(1): 147-163. (In Farsi).

Mohtasebi,S.S., M. Behrozi Lar., M. Safa. 2008. Computer of direct and indirect energy coefficients for seeding and fertilizing in irrigated wheat production. World Applied Sciences. J. 3(3):353-358

Muharrem Keskin,A., M.Sait. 2006 Feasibility of low-cost GPS receivers for ground 9speed measurement. Say Computers and Electronics in Agriculture 54: 36–43.

Norozlo. M. A., R. Alimardani., S.Minae, and M. Borghe. 2010. Evaluate and compare the field performance of automatic traction control system on MF399 tractor. The Sixth Nation Congress n Farm Machinery and Mechanization-Kraj(In Farsi.)

Ozk an Burhan, Handan Akcaoz, Cemal Fert. 2004 Energy input-output analysis in Turkish Agriculture. Renewable Energy 29: 39-51

Pranav, P. K., Tewari, V. K., Pandey, K. P., and Joha, K. R., 2012. Automatic wheel slip control system in field operations for 2WD tractors. Journal of Computer and Electronics in Agriculture. 84:1-6.

Qaisrani, A. R.; Bingcong, C. and Farooq, M. A., 1996 Tractor ballasting and its effects on wheel slip and fuel consumption. International Conference on Agricultural Engineering. Beijing 1:12-14.

Singh, C. D. and Singr, R. C., 2011. Computerized instrumentation system for monitoring the tractor performance in the field. Journal of Terra Mechanics. 48: 333-338.

Sirelkatim, K., Abbouda, H, And Alhashem, A., 2011. Scientific Journal Of King Faisal University 2(1).

Soltani, A.,and M. Loghavi. 2007. the effect of axle load and second directional on fuel consumption and farm efficiency of MF 399 tractors with 4- bottom plow in tillage operation. Journal of Iranian Agricultural Science. 38(4): 641-649 (In Farsi).

Tsukasa, Teshima, Yasuroh. 2010. reduction rates of fuel consumption by gear upend throttle down on an agricultural tractor. The Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ). 44 (4): 369 – 374.

Wang, G., and Zoerb, G. C., 1990. A farm tractor drivers information system. Journal of Computer and

Electronics in Agriculture. 4:191-207.

Efficacy Analysis of Management Major Factors Affecting on Overall Energy Efficiency of Tractor-Implement By Real-Time Performance Monitoring

Navab Kazemi[1], Morteza Almasi[2], Hoshang Bahrami[3], Mohammad Javad Shaykh Davoodi[3], Mosa Mesgarbashi[3]

1- PHD Student – Shahid Chamran University And Faculty Member Of Dept Of Mechanization, Ramin Agriculture And Natural Resource University. Navab20@yahoo.com
2 And 3- Prof And Associate Of Shahid Chamran University

Abstract

Overall energy efficiency (OEE) is an indicator to show the amount and who much of energy consumption in. Tillage energy are studied Objectivity to accurately measure OEE and that affect the returns to different types of sensors fitted to the tractor MF399-4WD , so after the installation , and tests of the calibration parameters of fuel consumption ,actual forward speed, wheel speed, slippage, engine speed , draft and drawbar power. The operations and simultaneously with a minimum speed in milliseconds (1000 record per seconds) measured and wirelessly to1.5 km on the user 's personal computer and is stored in Excel format . Hardware and programming language C SHORP simultaneous monitoring of changes in functional parameters that define the users' distance via the Internet is also possible. The split factorial experiment three factors ballast, select the gear and 2or4wheel drive was investigated by analysis of variance (ANOVA) ,POST ANOVA AND PATH ANALYSIS were analyzed Results , the installation of remote monitoring devices are very accurate and high-quality performance and introduce three parameters of statistical analysis suggests Slippage, Fuel consumption and PEQ of Effective parameters on overall energy efficiency of tractors - tillage gear and drive shaft as well as the effects Significant at 1% level, but un ballasted, making significant effect on OEE.

Keyword: Overall Energy Efficiency, Sensor, Wireless, Fuel Consumption, Performance Parameters