روش‌های نوین کاهش مصرف سوخت و آلایندگی خودروهای ساخت‌وساز

قاسم کریمی[1] ، مسعود مسیح طهرانی[2]
۱ کارشناس ارشد، دانشکدهٔ مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران
۲ استادیار دانشکدهٔ مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، masih@iust.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۱۵

چکیده

هزینه مصرف سوخت در ماشین‌آلات ساخت‌وساز یکی از مهم‌ترین فاکتورهای پیش رو در کاربرد این تجهیزات است. استفاده از موتورهای دیزل در خودروهای خارج جاده‌ای یک منبع مهم در تولید اکسیدهای ازت و ذرات معلق ۱۰ هستند. میزان انتشار آلایندگی اکسیدهای ازت در خودروهای خارج جاده‌ای (ساخت‌وساز و معدنی) g/kg ۴۶/۶ و میزان انتشار ذرات معلق۱۰ g/kg ۵/۵ می‌باشد. آمار دقیقی از هزینه‌های مصرف سوخت ماشین‌آلات ساخت‌وساز در دسترس نیست تنها با مراجعه به کاتالوگ این خودروها می‌توان میانگین هزینه مصرف سوخت این خودروها را به دست آورد. با توجه به بالا بودن هزینه سوخت، به حداقل رساندن مصرف سوخت امری ضروری است. عوامل مؤثر در مصرف سوخت این خودروها بسیار متنوع است. تغییرات اب و هوایی مانند تغییر فشار، دما، رطوبت، انتخاب نوع سوخت، نوع گیربکس مورد استفاده در خودرو در میزان مصرف سوخت و آلایندگی و راندمان کاری موتور مؤثرند. در این مقاله قصد بر این است با در نظر گرفتن استانداردهای معتبر امریکا و اروپا با بهره‌گیری از روش‌های نوین مانند: هیبرید کردن، تعویض بهینه دنده، افزودن هیدروژن به سوخت دیزل، تعیین سیکل‌های کاری بهینه و استفاده از کاتالیزور اکسیداسیون، مصرف سوخت و آلایندگی این خودروها را به حداقل رسانده شود.

واژگان کلیدی: ماشین‌آلات ساخت‌وساز، بهبود مصرف سوخت، کاهش آلایندگی، تعیین سیکل کاری بهینه

۱. مقدمه

بیش از ۴۰ سال از ورود ماشین‌آلات سنگین راه‌سازی و معدنی به چرخه فعالیت و سازندگی در کشور ایران گذشته است. و با توجه به اهمیت ماشین‌آلات در پروژه‌های بزرگ عمرانی مانند راه، راه‌آهن، سد، کانال‌های انتقال آب، نفت و گاز، به دلیل وابستگی زیاد به ماشین‌آلات، بیش از نیمی از منابع حاضر در پروژه ازجمله منابع مالی به ماشین‌آلات اختصاص داده می‌شود. یکی از ارکان اساسی در اجرای پروژه‌های راه‌سازی و عمرانی ماشین‌آلات و تجهیزات راه‌سازی است. باوجود تأثیر فن‌آوری و تکنولوژی در پیشرفت و ارتقاء سطح محصولات و سهولت در امر تولید، تأثیر مستقیم و غیرمستقیم مشکلات زیست‌محیطی حاصل از این تولیدات مانند آلایندگی‌های زیست‌محیطی باعث گردیده شرکت‌های تولیدکننده مکلف به بهبود و توسعه این محصولات شوند [۱]. ماشین‌آلات ساخت‌وساز[۱] معمولاً شامل پنج سیستم: آلت، ترکشن، سازه، سیستم انتقال قدرت[۲]، کنترل و اطلاعات می‌باشند[۲]. از ماشین‌آلات ساخت‌وساز برای خاک‌برداری، حمل‌ونقل، جابه‌جایی، کوبیدن، پخش کردن و ... استفاده می‌گردد [۳].

انتخاب نوع سوخت مناسب برای خودروهای دیزل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. میزان گوگرد موجود در سوخت نقش مهمی در میزان آلایندگی و خوردگی موتور این خودروها ایفا می‌کند. آلودگی‌ها و شرایط نگهداری سوخت در مخازن، افزودنی‌های سوخت دیزل و تأثیر آن روی بازدهی و کارکرد خودرو دارد [۴]. شناخت نوع سوخت مصرفی کیفیت سوخت مصرفی و لزوم افزودنی‌های سوخت دیزل ازجمله فاکتورهای مهم در کاهش هزینه‌ها ، آلایندگی و بالا بردن راندمان موتور دیزل هستند. نوع موتور مورداستفاده با توجه به قدرت مورد نیاز خودرو برای انجام وظایف تعیین می‌شود در این میان معمولاً موتورهایی با حجم بالا در ماشین‌آلات ساخت‌وساز مانند بلدوزر[۳] استفاده می‌شود. با توجه به این موضوع استفاده گیربکس‌های قدرتمند با ملحقات مورد نیاز باعث استفاده کمتر از نیروی موتور و کاهش هزینه‌های خودرو می‌شود. اما این کاهش هزینه محسوس نیست و نیاز به روش‌های جدیدی در اصلاح سیکل‌های کاری، تغییر دنده بهینه و دیگر روش‌های نوین است تا هزینه‌های مصرف سوخت خودرو کاهش چشمگیرتری داشته باشد.

از روش‌های رایج و کلاسیک که از گذشته برای کاهش مصرف سوخت استفاده می‌گردیده تنظیم باد تایرها، توزیع یکنواخت توده بار در محفظه بار کامیون‌ها، استفاده از بادگیر برای کامیون‌های ترانزیت، استفاده از دنده مناسب با توجه به تجربه راننده و میزان دور موتور مناسب در شرایط کاری مختلف، تنظیم موتور، تعویض به‌موقع فیلتر هوا، خاموش کردن کامیون در صف‌های بارگیری طولانی می‌توان اشاره کرد. میزان مصرف سوخت ارتباط مستقیم با عمر دستگاه، تغییرات شرایط آب‌وهوایی مانند اثر تغییر رطوبت، تغییر دما، تغییر فشار وکارکردن در هوای سرد، دارد.

با توجه به این موضوع روش‌های کاهش مصرف سوخت برای هر اقلیم و هر نوع خودرو متفاوت خواهد بود. الگوریتم تعویض بهینه دنده برای خودروهای بیابانی، پیدا کردن سیکل کاری بهینه با استفاده از شبیه‌سازی و آزمایش‌های تجربی، هیبرید کردن[۴] استفاده از کاتالیزور اکسیداسیون[۵] جهت کاهش آلایندگی و بهره‌وری بیشتر از سوخت، تنظیم موتور و افزودن هیدروژن به سوخت دیزل از روش‌های نوین مورد بررسی در این مقاله است.

۲. معرفی خودروهای ساخت‌وساز

خودروهای ساخت‌وساز معمولا به خودروهای سنگین اشاره دارد که به ویژه برای انجام عملیات‌های ساخت‌وساز، که اغلب شامل کارهای زمین کاری[۶]، می‌باشند. آن‌ها همچنین به عنوان ماشین آلات سنگین، کامیون‌های سنگین، تجهیزات ساخت‌وساز، تجهیزات مهندسی، وسایل نقلیه سنگین یا تجهیزات هیدرولیکی نیز شناخته می‌شوند [۲].

از مهم‌ترین خودروهای ساخت‌وساز که کاربرد عمده‌ای در سایت‌های عمرانی دارند می‌توان به بلدوزر[۷]، لودر[۸]، دامپ تراک[۹]، گریدر[۱۰]، بیل مکانیکی[۱۱]، مینی لودر[۱۲]، اشاره کرد. کاربردهای این خودروها بسیار متنوع می‌باشد. خودروی بلدوزر از

قدرتمندترین ماشین‌آلات ساخت‌وساز هست. وجود شنی‌های پهن باعث توزیع مناسب وزن خودرو و قدرت مانور پذیری بالا در سطوح ناهموار و نامسطح و توانایی کار در زمین‌های شنی و گلی را فراهم آورده است. موتور دیزلی قدرتمند توانایی جابه‌جایی حجم‌های زیادی از توده‌های خاک یا اجسام سنگین را داراست. برای مثال بلدوزر کاترپیلار مدل D9 می‌تواند به اسانی می‌تواند تانک‌های به وزن ۷۰ را به دنبال خود بکشد.

عمده کاربرد این خودرو در سایت‌های عمرانی جهت تسطیح سطوح و دپو توده‌های خاک یا نخاله می‌باشد. قابلیت های منحصربه‌فرد این خودرو در جنگ جهانی اول باعث تبدیل آن به تانک شد. در حال حاضر بهترین تولیدکننده بلدوزر در دنیا کارخانه کاترپیلار می‌باشد در شکل نمونه‌ای از این خودرو را مشاهده می‌کنید [۵].

شکل ۱. بلدوزر **D 155** کماتسو [۵]

خودروی پر کاربرد بعدی در سایت‌های عمرانی و معادن لودر است به دلیل عملکرد و انعطاف‌پذیری زیادی که دارد و نیز با کمک تغییر جام می‌تواند بسیاری از کارها را انجام دهد. لودر موارد استفاده بسیاری دارد که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: ایجاد خاکریزها، حفاری زیرزمین بناها، پر کردن خندق‌ها، خاکریزی اطراف لوله‌های کار گذاشته‌شده در کانال‌ها، بارکردن کامیون‌ها، حمل بتن به محل قالب‌ها و بلندکردن و حمل مصالح ساختمانی. به ماشین لودر می‌توان انواع ملحقات نظیر برف‌روب[۱۳]، کانال‌کن، لوله‌بر، لوله‌گذار و جرثقیل[۱۴] لیفت‌تراک[۱۵] را نصب کرد و کاربردهای دیگری ازآن گرفت. شکل۲ نمایی از این خودروی انعطاف‌پذیر را نمایش می‌دهد [۶].

شکل ۲. لودر کماتسو **WA700** [۷]

به منظور حمل‌ونقل و جابجایی موادی مانند شن، ماسه، سنگریزه و نخاله‌های معدنی و ساختمانی از کامیون‌های دامپ تراک استفاده می‌شود. بیشتر مدل‌های کمپرسی دارای سازه‌ای هیدرولیکی هستند که از آن برای خالی کردن مواد توسط کفه پشتی آن استفاده می‌کنند. کمپرسی‌های مفصلی[۱۶] یا کمرشکن[۱۷] نیز دارای مفصلی بین اتاقک وکفه پشتی هستند. کاربرد اصلی این نوع دستگاه‌ها بیشتر در معادن و جهت خاکبرداری[۱۸] در سطح وسیع است [۸]. دامپ تراک‌ها کامیون‌های غول‌پیکر معدنی هستند که قابلیت جابه‌جایی نود تا ۳۰۰ تن بار را دارند [۹]. شکل ۳ یکی از غول پیکرترین دامپ تراک‌های جهان را نشان می‌دهد.

شکل ۳. دامپ تراک کاترپیلار **B797** [۱۰]

خودروی ساخت‌وساز مورد نیاز برای تردد در خاک‌های نرم و با قابلیت مانور بالا در خاکبرداری و دارای دستی پر توان بیل هیدرولیکی[۱۹] یا بیل مکانیکی[۲۰] است که شامل بازوی مفصلی (دکل[۲۱] و استیک[۲۲])، باکت[۲۳] و اتاقک گردان[۲۴] (فیرو) در قسمت بالا و زنجیر یا چرخ لاستیکی در زیر است. این ماشین ارتقاءیافته بیل‌های بخار است. قابلیت‌های این ماشین می‌توان به نصب چکش (پیکور[۲۵]) که بسیار پرکاربرد است و نصب مته،

سنگ جت، قیچی فلز بر، چنگک[۲۶]، گراپ و دیگر ادوات اشاره کرد. نصب چکش هیدرولیکی یا پنوماتیک به‌جای باکت این دستگاه، این امکان را فراهم می‌کند که سطوح و حجم‌ها سنگی یا بتونی را که بنا به دلایلی نمی‌توان با مواد منفجره یا کمپرسور تخریب کرد، به وسیله مجموعه این دو وسیله (بیل و چکش) تخریب نمود.

لازم است ذکر شود به دلیل حجم کم باکت و هزینه‌های بالای نگهداری، برای خاک‌های نرم و با حجم زیاد لودر وسیله اقتصادی‌تر است، اما مورد اطمینان برای کارهای شهری نیست (به دلیل رانش ایجادشده برای ساختمان‌های اطراف)، که این موضوع باعث برتری بیل مکانیکی می‌شود [۱۱]. شکل۴ بیل مکانیکی در حال کار را نشان می‌دهد.

شکل٤. بیل مکانیکی ولوو **EC 950** [۱۲]

گِریدِر[۲۷] یا شیب‌ساز، که به‌طور معمول به ماشین تسطیح جاده اطلاق می‌شود. از ماشین‌آلات سنگین مهندسی است که دارای یک تیغه بزرگ برای تسطیح سطوح می‌باشد [۱۳]. بیشتر مدل‌ها دارای سه اکسل با یک موتور و اتاقک تعبیه‌شده در بالای اکسل عقب در انتهای ماشین می‌باشند. مهم‌ترین وسیله برای عملیات تنظیم شیب، تسطیح خاکریزها، خاکبرداری‌ها و رساندن سطح خاک به سطح موردنظر (خط پروژه) توسط گریدر انجام می‌شود [۱۴]. نمونه‌ای از این خودرو طویل در شکل ۵ نشان داده‌شده است.

شکل٥. گریدر سه محور بروکس هایر [۱۵]

از قابلیت‌های این خودرو می‌توان به پخش کردن مواد خاکی، پخش مصالح در شانه سازی‌های راه، شیب بندی‌های دقیق، کندن جوی اشاره کرد. از مهم‌ترین عملیات گریدر پخش کردن مواد و مصالح خاکی درسطح زمین است. البته مقدار مواد جابه‌جاشده به ظرفیت گریدر بستگی دارد ظرفیت گریدر تابع عواملی مانند قدرت موتورکشش ماشین اندازه و ارتفاع تیغه است. مقدار موادی که گریدر می‌تواند جابجا کند بسیار کمتر از بولدوزر است بنابراین بهتر است موادی که باید توسط گریدر جابه‌جا و توزیع شود قبلاً توسط ماشین‌آلاتی مانند بلدوزر بر روی زمین پخش‌شده باشد تا ارتفاع توده خاکی خیلی زیاد نباشد. با تغییر زاویه تیغه گریدر قادر خواهد بود که مواد خاکی را به کنارمسیرحرکت هدایت کند [۱۶].

۳. اهمیت انتخاب سوخت مناسب برای موتورهای دیزل

کیفیت سوخت نقش مهمی در کارکرد درست، افزایش طول عمر و کنترل انتشار آلاینده‌ها در موتورهای دیزل دارد. به‌طورکلی موتورهای دیزلی که با استاندارد ASTM-D975[۲۸] مطابقت داشته باشند عملکرد قابل قبولی دارند. البته سوختی که مورداستفاده قرارمی گیرد باید تمیز، پایدار و تصفیه‌شده بوده و خورندگی نداشته باشد. از ویژگی‌های سوخت مناسب تمیز بودن آن است به طوری که عاری از هرگونه آلاینده‌ای باشد. محل نگهداری سوخت و مخزن سوخت را باید مرتب مورد بازرسی قرارداد تا عاری از قطرات آب و ذرات آلاینده و رسوبات باشد. ناپایداری سوخت سبب تشکیل لجن و لعاب در مخزن سوخت می‌شود. در بیشتر اوقات آلودگی موجود در سوخت به هنگام جابه‌جایی نامناسب آن اتفاق می‌افتد بیشتر این آلاینده‌ها عبارت‌اند از آب، ذرات غبار و ذرات ناشی از رشد میکربی که موجب تشکیل لجن سیاه می‌شوند. ناپایداری سوخت

و نگهداری آن به مدت طولانی هم می‌تواند سبب رسوب لعاب در مخزن شود. بهترین روش استفاده از سوخت‌های با کیفیت بالا، نگهداری آن در مخازن تمیز است. گوگرد موجود در سوخت باید به‌اندازه‌ای کم باشد که موجب سایش زود هنگام رینگ‌های پیستون و جداره سیلندر نشود و حداقل مقدار دی‌اکسید گوگرد را هم از طریق اگزوز دفع کند. میزان ناچیز گوگرد در سوخت قابل‌چشم‌پوشی است ولی باید توجه داشت که همین مقدار کم هم می‌تواند باعث خوردگی و آسیب‌دیدگی موتور شود. استفاده از سوخت‌هایی که بیشتر از ۰/۵ درصد جرمی گوگرد دارند موجب افزایش دفعات تعویض روغن می‌شود. تمامی موتورهای دیزلی که در شاهراه‌های ایالات‌متحده حرکت می‌کنند باید ذرات معلقی که از اگزوز آن‌ها خارج می‌شود کمتر از ۰/۱ گرم به ازای هر اسب بخار باشد. به‌منظور فراهم‌سازی چنین شرایطی میزان گوگرد موجود در سوخت نباید بیشتر از ۰/۵ درصد باشد. این نوع سوخت با برچسب ترمز مشخص‌شده است. کم بودن میزان گوگرد سوخت سبب میشود که دفعات تعویض روغن و فیلتر کمتر شود [۴]،[۱۷].

بعضی از سوخت‌های دیزل با مواد افزودنی همراه هستند که با نام سوخت ممتاز و نظایر آن و با قیمتی گران‌تر فروخته می‌شوند. به‌طورکلی موتورهای دیزل نیاز چندانی به این‌گونه سوخت‌های خاص ندارند ولی این به خواست مشتری و صلاحدید او بستگی دارد که از این سوخت‌ها استفاده کند یا نه. استفاده از مواد افزودنی در سوختها به ویژه در مناطقی مانند ایران که کیفیت سوخت و گازوئیل پایین است مفید است. در ایران میزان گوگرد موجود در گازوئیل بسیار بالاست و بهترین نوع گازوییلی که در ایران تولید می‌شود حاوی ۵۰۰ پی پی ام گوگرد است. (بیشتر گازوئیل تولیدی حتی بیش از این مقدار گوگرد دارد) در صورتی که میزان مجاز آن طبق قوانین زیست‌محیطی اتحادیه اروپا پایین‌تر از میزان۵۰۰ پی پی ام است. به همین دلیل بیشتر ساییدگی موتور ناشی از گوگرد بالایی است که در سوخت وجود دارد.

اثر افزودنی‌هایی که توسط مصرف‌کننده به سوخت دیزل اضافه می‌شوند عبارت‌اند از: کاهش تشکیل رسوب بر روی نازل‌های انژکتور، بهینه کردن بازدهی سوخت، افزایش میزان متان از دو به‌پنج هیدروکربنی با فرمول $C16H34^{29}$، بهبود وضعیت احتراق در هنگام سرد بودن موتور و قبل از گرم شدن کامل آن، کم‌کردن زمان تأخیر احتراق، کاهش ضربه در موتور، کاهش سروصدا، کارکرده آرام‌تر و یکنواخت‌تر موتور و درنتیجه افزایش عمر موتور، از تشکیل زنگ‌زدگی در سیستم توزیع سوخت موتور و مخزن ذخیره آن جلوگیری می‌کند، پایداری سوخت در برابر اکسید شدن را بیشتر می‌کند، تحمل موتور در برابر وجود آب را بیشتر می‌کند، احتراق سریع‌تر و کامل‌تری را ایجاد می‌کند. میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن، مونواکسید کربن، هیدروکربن و ذرات معلق (دود سیاه و دوده) را کاهش می‌دهد و پایین بودن نقطه ریزش گازوئیل و مشخصه روان بودن آن در حالت سرد را بهبود می‌بخشد. احتراق ناقص و وارد آمدن شوک به موتور سبب کاهش عمر موتور و ساییدگی آن می‌شود[۴].

٤. تاثیر انتخاب سیستم انتقال قدرت مناسب بر مصرف سوخت

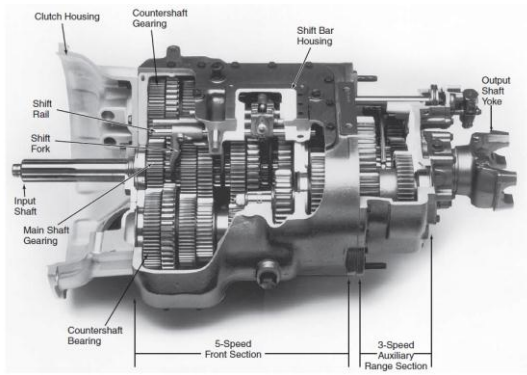
طراحی سیستم انتقال قدرت با طراحی پارامترهای اولیه سایز کردن و جفت کردن اجزا آن بر اساس معادلات حاکم بر دینامیک خودرو شروع می‌شود [۱۸]. تحقیقات نشان می‌دهد گیربکس‌های انتقال قدرت پیوسته می‌توانند مصرف سوخت و آلایندگی را تا ۱۷/۷ درصد بهبود می‌بخشد [۱۹]. کامیون‌های سنگین از نسبت دنده بین ۵ تا ۲۰ در سیستم انتقال قدرت خود استفاده می‌کنند. نسبت دنده مورد استفاده بستگی به کاربرد کامیون دارد. اندازه، هزینه، و پیچیدگی انتقال قدت اتوماتیک با افزایش نسبت دنده خروجی افزایش پیدا می‌کند. اکثریت کامیون‌های سبک و متوسط از انتقال قدرت یک‌تکه استفاده می‌کنند. درحالی‌که اکثریت کامیون‌های سنگین از انتقال قدرت اصلی به همراه حداقل یک انتقال قدرت کمکی جفت شده با آن استفاده می‌کنند. در شکل۱ نمایی از این سیستم انتقال قدرت را مشاهده می‌کنید [۲۰].

٤-١. گیربکس

یک گیربکس کمکی شامل چرخ‌دنده‌هایی با دو یا سه نسبت دنده است. انتقال قدرت کمکی با دو نسبت دنده خروجی، برای تولید دو نسبت سرعت سبک و سنگین استفاده می‌شوند.

انتقال قدرت کمکی دارای سه نسبت دنده ممکن است سیستم اوردرایو یا فرا محرک داشته باشند [۲۰]. اوردرایو این امکان را فراهم می‌سازد تا موتور با دور موتور پایین‌تر سرعت بیشتری را ایجاد کند درواقع با دو برابر ساختن اعمال گیربکس بازده درصدی موتور را افزایش و مصرف سوخت را کاهش می‌دهد. درنتیجه مزایای اوردرایو شامل شتاب‌گیری سریع‌تر در حال حرکت، مصرف سوخت کمتر، استهلاک کمتر موتور، صدای کمتر موتور در سرعت‌های بالا و پایداری خودرو در یک سرعت ثابت است[۲۱].

بعضی از سیستم‌های انتقال قدرت از دو سیستم انتقال قدرت کمکی گیربکس بهره می‌برند که شامل یک گیربکس اصلی و دو سیستم انتقال قدرت کمکی می‌باشد. سیستم‌های انتقال قدرت کمکی نسبت دنده خروجی در گیربکس اصلی را چند برابر می‌کنند. گیربکس‌های کمکی بسته به کاربردشان ۷-۸-۹-۱۰-۱۳-۱۵-۱۸ و ۲۰ نسبت دنده خروجی تولید می‌کنند. [۲۰]. در شکل۶ نمایی از این گیربکس را مشاهده می‌شود.



شکل۶. گیربکسی با ۱۳ نسبت دنده خروجی شامل گیربکس اصلی و کمکی که با پیچ به هم، جفت شده‌اند [۲۰].

۵. اثر افزایش دما بر سازوکار مصرف سوخت

با افزایش دمای ورودی مقدار اندکی مصرف مخصوص سوخت کاهش پیدا می‌کند که علت آن صرف انرژی کمتر برای گرم کردن هواست. همچنین به دلیل افزایش دمای حداکثری، اندکی میزان آلاینده‌ها اکسیدهای نیتروژن نیز افزایش پیدا می‌کند. جدول ۱ اثر تغییر دما بر تغییر مصرف سوخت و آلایندها را نشان می‌دهد [۲۲].

جدول ۱. اثر تغییر دما بر تغییر مصرف سوخت و اکسیدهای ازت [۲۲]

دما	۲۰۰۰-۲bar		۴۰۰۰-۴bar	
C°	Bsfc %	NOx %	Bsfc %	NOx %
۲۰	۰,۰۰۳	-۰,۲۹	۰,۰۰۱۷	-۰,۳۹
۲۵	۰	۰	۰	۰
۳۰	-۰,۰۰۲	۰,۲۹	-۰,۰۰۱	۰,۳۹
۳۵	-۰,۰۰۶	۰,۵۹	-۰,۰۰۱۷	۰,۸

۵-۱.کارکردن در هوای سرد

سوخت دیزل در هنگامی‌که هوا سرد است تشکیل کریستال های[۳۰] مومی شکلی را می‌دهد که می‌تواند سبب مسدود شدن فیلتر سوخت و اختلال در سوخت‌رسانی شود. برای جلوگیری از این مشکل راه‌حل‌های متفاوت ارائه‌شده است. بعضی‌ها از سوختی که به همین منظور، تصفیه اضافی شده است، استفاده می‌کنند و برخی نیز افزودنی‌هایی به سوخت اضافه می‌کنند مانند اضافه کردن نفت سفید به گازوئیل که موجب بهتر شدن درجه ابری بودن سوخت[۳۱] می‌شود. ولی این مسئله سبب می‌شود که سوختی سبک‌تر با ارزش حرارتی پایین‌تری به وجود آید و توان به‌دست‌آمده از موتور کم شود. همچنین میزان هزینه به ازای مسافت طی شده را هم افزایش می‌دهد [۲۳].

۵-۲. اثر تغییر فشار بر سازوکار مصرف سوخت

با افزایش فشار محیط فشار مرحله تخلیه به‌اندازه افزایش فشار محیط افزایش می‌یابد. اما به دلیل وجود دریچه گاز در مسیر مکش، فشار داخل استوانه در مرحله مکش به‌اندازه تخلیه افزایش نمی‌یابد. لذا اختلاف فشار خروجی و ورودی (اتلافات تلمبه‌ای) با افزایش فشار محیط، افزایش‌یافته و این به معنای افزایش مصرف مخصوص است. با افزایش فشار محیط به دلیل کاهش دمای بیشینه احتراق، میزان نیز به‌طور چشمگیری

کاهش می‌یابد. علت کاهش دمای اکسیدهای ازت آلاینده بیشینه احتراق نیز افزایش ضریب و نرخ انتقال حرارت به دلیل افزایش فشار است.

۵-۳. اثر تغییر رطوبت بر سازوکار مصرف سوخت

تغییر رطوبت نسبی هوا بر آلاینده اکسیدهای ازت موتور تأثیر محسوسی خواهد داشت با افزایش رطوبت نسبی، دمای بیشینهٔ داخل استوانه کاهش‌یافته کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش میزان رطوبت نسبی و افزایش جرم بخارآب مصرف مخصوص سوخت نیز افزایش می‌یابد [۲۲].

٦.روش‌های نوین کاهش مصرف سوخت

روش‌های کاهش مصرف سوخت برای هر اقلیم و هر نوع خودرو متفاوت خواهد بود. تنظیم موتور، الگوریتم تعویض بهینه دنده برای خودروهای بیابانی، پیدا کردن سیکل کاری بهینه با استفاده از شبیه سازی و آزمایش‌های تجربی، هیبرید کردن استفاده از کاتالیزور اکسیداسیون جهت کاهش آلایندگی و بهره‌وری بیشتر از سوخت، تنظیم موتور و افزودن هیدروژن به سوخت دیزل از از روش‌های نوین مورد بررسی در این مقاله است.

٦-١.تنظیم موتور

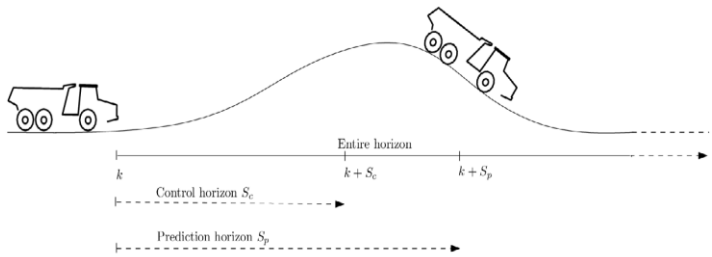
تنظیم موتور، مهم‌ترین عامل شناخته‌شده کاهش مصرف سوخت خودروها و یکی از عوامل اصلی کاهش آلودگی هواست. تنظیم موتور خودروهای سنگین دیزلی در حدود ۸ تا ۱۴ درصد از مصرف سوخت آن‌ها را کاهش می‌دهد. خارج شدن پمپ انژکتور از تنظیم، گرفتگی لوله‌های انتقال سوخت انژکتور به سیلندرها، مشکل نازل‌های انژکتوری سر سیلندر، بروز اختلال در سوپرشارژ، فیلترهای سوخت، هوا و روغن از عوامل اختلال در کارکرد موتورهای دیزلی محسوب میشوند .تنظیم موتور خودروهای دیزلی که در قالب تنظیم اجزای مختلف موجود در سیستم سوخت‌رسانی و احتراق انجام می‌گیرد، یکی از مؤثرترین راه‌حل‌های کاهش مصرف سوخت و تولید آلاینده‌ها و افزایش عمر و قدرت موتور است که البته نسبت به خودروهای بنزینی، پرهزینه‌تر است.

تنظیم به‌موقع موتور باعث صرفه‌جویی حداقل ۳/۱ و حداکثر ۳/۲ میلیارد لیتر در مصرف گازوییل سالانه کل خودروهای سنگین می‌گردد و سالانه حداقل ۵۲۰ و حداکثر ۹۲۰ میلیون دلار صرفه‌جویی ارزی به دنبال دارد که برابر با خرید حداقل ۴۸۰۰ و حداکثر ۸۵۰۰ اتوبوس در راستای توسعه ناوگان حمل‌ونقل عمومی است که این امر منجر به کاهش سهم مشارکت در آلودگی محیطزیست می‌گردد [۲۴].

٦-٢.روش تعویض دنده بهینه

ترتیب تغییرات بهینه دنده شبیه به رفتار یک راننده با تجربه است. چندین مطالعه اخیر نشان می‌دهد که اگر شیب جاده در یک محدوده خاصی باشد حرکت با سرعت ثابت بهینه است. آزمایشات تجربی نشان می‌دهد که روش تعویض دنده بهینه تا هفت درصد مصرف سوخت کامیون‌های سنگین دیزلی را کاهش می‌دهد (بدون افزایش زمان مسیر پیموده شده). در این روش با استفاده از تکنیک کنترل بهینه که تابع هزینه های سیستم‌های دینامیکی را به حداقل می‌رساند.

شرایط فعلی سیستم به‌عنوان نمونه است و کنترلر ورودی‌ها رو تعیین می‌کند به‌طوری‌که یک تابع عملکرد بهینه با برنامه ریزی دینامیکی در طول افق پیش‌بینی‌شده برای مسیر بعدی .در مرحله بعدی برای سرتاسر مسیر برنامه‌ریزی دینامیکی پیش‌بینی و بهینه‌سازی می‌شود . انتخاب افق پیش‌بینی طولانی و کنترل آن در حالت کلی نتایج خوبی به دست می‌دهد اما در واقع نتایج نزول خواهد کرد زیرا زمان محاسبات طولانی باعث خطا در پیش‌بینی افق و نهایتاً اختلال در کل پیش‌بینی می‌شود .تعیین زمان اندازگیری افق پیش‌بینی و به کار بردن آن بستگی به زمان محاسبات سیستم و بهترین بازده دارد. شماتیکی از این مدل در شکل ۷ قابل مشاهده است [۲۵].



شکل ۷. شماتیکی از تکنیک کنترل بهینه [۲۵]

٦-۳. روش بهینه انتقال قدرت

لودر یکی از مهم‌ترین ماشین‌آلات سنگین در سایت‌های ساخت‌وساز است. لودرها می‌توانند بازدهی زیادی در انتقال مواد داشته باشند و مهم‌ترین فاکتور برای توسعه سایت‌های ساخت‌وساز به شمار می‌آیند. در سیستم انتقال قدرت لودرهای مرسوم از تورک کانورتور[۳۲] استفاده می‌شود که این سیستم انتقال قدرت خودکار است. تورک کانورتور باعث به هدر رفتن بسیار زیاد انرژی می‌شود. برای بهبود مصرف انرژی در لودر پیشنهاد می‌شود که به‌جای استفاده از تورک کانورتور سیستم انتقال قدرت دستی اتوماتیک[۳۳] و سیستم انتقال قدرت دو کلاچه[۳۴] جایگزین شوند.

برای بازدهی بیشتر راندمان[۳۵] لودر باید از جدول تغییر نسبت دنده که از روش‌های تجربی تعیین می‌شود استفاده نمود[۲۶]. سیکل رانندگی یک جز حیاتی در مطالعه است[۲۷]. با توجه به این‌که موتور لودر در سیکل کاری V تبعیت می‌کند تورک کانورتور در این چرخه برای تأمین گشتاور موردنیاز لودر از دو دنده یک و دو استفاده می‌کند. در این سیکل موتور در حالت قدرتمند کار می‌کند. برای حالت سیستم انتقال قدرت دو کلاچه دنده‌های یک و دو و سه به کار گرفته می‌شود. در این حالت بر اساس مصرف سوخت ویژه ترمزی[۳۶] موتور حالت بهینه کارکرد موتور خواهد بود. در جدول۲ آنالیز مصرف سوخت در هر مرحله کاری نشان داده شده است [۲۶].

جدول۲.آنالیز مصرف سوخت در هر مرحله کاری لودر [۲٦].

Division	Stage-1	Stage-2	Stage-3	Stage-4	Total
T/C	36.0%	18.0%	27.1%	18.1%	100.0%
AMT	32.0%	18.2%	20.4%	17.4%	88.1%
DCT	32.5%	17.8%	25.2%	16.7%	92.2%

٥-٤. الگوریتم کاری برای کامیون‌های معدنی

هزینه مصرف سوخت در دامپ تراک‌های معدنی در حدود ۳۰ درصد هزینه‌های صرف شده در معدن را تشکیل می‌دهد [۲۶]. به حداقل رساندن فعالیت‌های چرخه‌ای در معدن منجر به افزایش بازده انرژی می‌شود. زمان بی‌بار دور آرام خودرو از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین مصارف سوخت غیرضروری است هنگامی‌که کامیون‌ها در صف بارگیری هستند بزرگ‌ترین بخش مصرف انرژی غیرضروری زمان بی‌بار دور آرام است. بازبینی برای کاهش صف بستن کامیون‌ها در محل بارگیری، بهبود استراتژی اعزام کامیون‌ها به محل بارگیری، نوع بارگیری و همچنین مهارت اپراتور لودر یا بیل مکانیکی تأثیر به سزایی در کاهش مصرف سوخت کامیون‌ها دارد. داده‌های به‌دست‌آمده از ازمایشات تجربی نشان می‌دهد که زمان سفر با بار و زمان سفر بدون بار به مسافت پیموده شده و بیشینه سرعت خودرو وابسته هستند. شرایط جاده (شیب .پیچ و...) بیشینه سرعت خودرو را مشخص می‌کند. بنابرین شرایط بهتر جاده تأثیر به سزایی در کاهش زمان سفر با بار و زمان سفر بدون بار و درنتیجه کاهش مصرف سوخت خواهد داشت. جدول ۳ نرخ مصرف سوخت کامیون در عملیات‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نرخ مصرف سوخت کامیون در عملیات‌های مختلف [۲۸].

نوع عملکرد	نرخ مصرف سوخت (لیتر/ثانیه/ 1000 سیکل)
بارگذاری	3.98
دور آرام بدون بار	4.99
در حال حرکت بدون بار	14.71
دور آرام بارگیری شده	2.78
در حال حرکت بارگیری شده	51.9

چون زمان سفر با بار و زمان سفر بدون بار به مسافت پیموده شده وابسته است. تغییری در آن‌ها نمی‌توان ایجاد کرد اما برای می‌توان برای کاهش زمان بدون بار دور آرام استراتژی اعزام کامیون به محل بارگیری را اصلاح کرد تا دو یا چندین کامیون هم‌زمان به محل بارگیری نرسند و باعث صف بستن کامیون‌ها نشود با این کار زمان بدون بار دور آرام در حدود۳۰ درصد کاهش می‌یابد. در صورت نبود دپو برای بارگیری لودر یا

بیل مکانیکی می‌توان از ماشین‌آلات کمکی مانند بلدوزر برای دپو کردن استفاده کرد. اگر اپراتور مهارت کافی برای بارگیری در کوتاه‌ترین زمان ممکن را ندارد باید آموزش‌های فنی لازم را به اپراتور داد .این اقدامات همگی باعث کاهش زمان بدون بار دور آرام و درنتیجه کاهش مصرف سوخت کامیون‌های معدنی خواهد شد [۲۸].

۵-۵. تعیین سیکل کاری بهینه

توسعه سیکل رانندگی در دنیای واقعی برای کنترل، اندازه گیری الایندگی وسایل نقلیه و کنترل انرژی و مصرف سوخت ضرورت دارد . دو نوع سیکل رانندگی مهم وجود دارد. ۱- سیکل رانندگی رسمی. ۲- سیکل رانندگی غیر رسمی [۲۹]. به طور کلی، روش های ساخت چرخه معمولا شامل مراحل زیر است:

۱. جمع‌آوری داده‌های سیکل رانندگی واقعی
۲. طبقه بندی داده‌های جمع آوری شده
۳. ساخت سیکل‌های رانندگی
۴. ارزیابی و انتخاب سیکل نهایی که وابسته به نوع فعالیت‌های رانندگی که مورد استفاده برای ساختن سیکل‌های رانندگی است [۳۰].

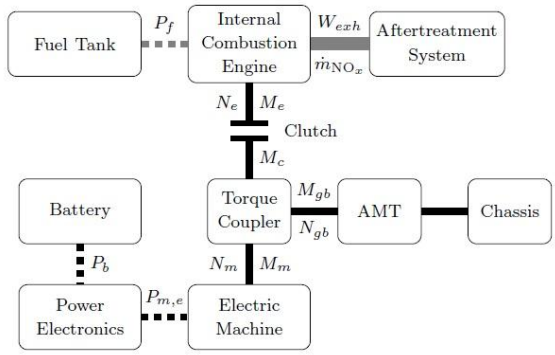
مصرف سوخت و انتشار آلایندگی خودروها با الگوهای رانندگی متفاوت و شرایط مختلف تحت تأثیر قرار می‌گیرد. البته این سیکل‌های رانندگی وابسته به نوع جاده و نوع خودرو و دیگر ویژگی‌ها برای شرایط مختلف فرق می‌کند [۳۱].

٦.هیبرید کردن

در طول ده سال اخیر تولید کنندگان مختلف بزرگ و مراکز تحقیقات جهانی با انجام چندین پروژه، به منظور هیبرید کردن ماشین الات ساخت‌وساز شامل: بلدوزر هیبریدی الکتریکی، بیل مکانیکی هیبریدی و لودر هیبریدی، سر انجام در می[۳۷] ۲۰۰۷ اولین لیف تراک هیبریدی دنیا توسط شرکت کوماتسو تولید شد. و درست یکسال بعد اولین بیل مکانیکی هیبریدی نیز توسط همان کارخانه تولید شد. که در مقایسه با بیل مکانیکی مدل PC (200-8) ۲۵ الی ۴۰ درصد مصرف سوخت کمتری داشت. شرکت کاتپیلار نیز بلدوزر هیبریدی خود را با ۲۵ درصد کاهش مصرف سوخت در مقایسه با نمونه معمولی خود به تولید رساند. در این میان شرکت سوئدی ولوو نیز در سال ۲۰۰۸ از اولین لودر هیبریدی خود در یک نمایشگاه خودرو رونمایی کرد که در مقایسه با لودرهای عادی ده درصد کاهش مصرف سوخت داشت [۳۲]. هیبرید کردن یک‌راه آشکار و امیدبخش برای کاهش مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌هاست. به دلیل پیچیدگی سیستم انتقال قدرت در خودروهای هیبریدی طراحی سیستم کنترلی خوب نیاز است تا بتوان به‌خوبی از تمام ظرفیت های هیبریدی استفاده نمود [۳۳]. تحقیقات نشان می‌دهد مصرف سوخت در خودروهای سنگین هیبریدی نسبت به خودرو های رایج می‌تواند تا شش درصد کمتر باشد. همچنین خودروهای هیبریدی عملکرد بهتری در بالا رفتن از تپه نسبت به خودروهای معمولی دارند. یکی از معضلات هیبرید کردن خودروها فناوری باطری است.

باطری‌های لیتیومی امیدوارکننده هستند زیرا به‌اندازه کافی انرژی و نیرو برای کاربرد در وسایل نقلیه ذخیره می‌کنند. هرچند هنوز هزینه و عمر کارکرد باطری‌های لیتیومی نامشخص است. عمر کارکرد باطری می‌تواند به‌طورکلی یک فاکتور خیلی مهم برای طراحی در خودروهای سنگین است که باید در هنگام انتخاب باطری به آن توجه کرد [۳۴]. در سیستم‌های هیبرید باطری و ابر خازن به‌طور گسترده مورد استفاده هستند. ابر خازن‌ها نسبت به باطری دارای بازدهی بالاتر و عمر طولانی‌تری هستند. باطری‌های نیکل_ هیدرید فلز[۳۸]و باطری لیتیومی[۳۹] از رایج‌ترین باطری‌های مورداستفاده در سیستم‌های هیبرید هستند [۳۵]. هیبرید کردن می‌تواند تا ۳۱ درصد مقدار آلاینده اکسیدهای ازت را به سبب شرایط دمایی بهتر در سیستم اگزوز در هنگام ترمز گیری کاهش دهد. درعین‌حال مصرف سوخت ۳/۸ درصد در مقایسه با خودروهای غیر هیبریدی کاهش پیدا کرده است [۳۳].

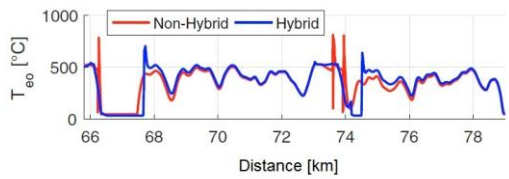
خودرو هیبرید و هیبرید الکتریک[۴۰] تکنولوژی‌های احتمالی و شناخته‌شده جایگزین موتورهای احتراق داخلی[۴۱] رایج هستند. عمده سیستم‌های انتقال قدرت هیبرید[۴۲] الکتریک به‌صورت هیبرید سری[۴۳]، هیبرید موازی[۴۴] و هیبرید سری موازی[۴۵] در دسترس هستند [۱۸].



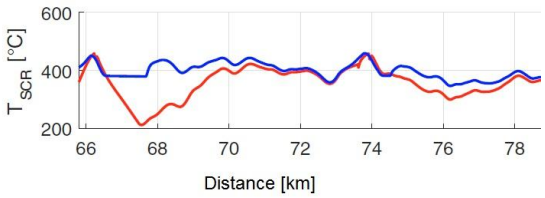
شکل ۸.پیکربندی خودرو هیبریدی [۱۸].

کاتالیزور اکسیداسیون از سیستم‌های مورد استفاده در خودرو های هیبریدی برای کاهش آلایندگی و همچنین بهره‌وری بیشتر از سوخت خودرو است. این سیستم شامل کاتالیست اکسیدکننده دیزل[۴۶] ،فیلتر مخصوص دیزل[۴۷] و اوره مبنی بر کاتالیست انتخابی کاهنده[۴۸] است. شکل۸ پیکربندی خودرو هیبریدی را نشان داده است.

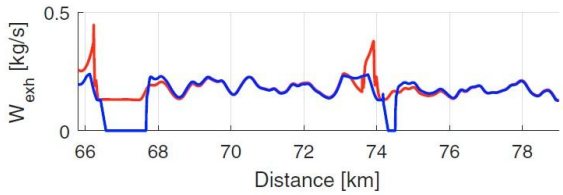
این سیستم بسیار مهم و مؤثر برای کنترل دما است. بنابرین استراتژی کنترل دما که به‌صورت واضح و آشکار شرایط دمایی خودرو هیبریدی است. نگه‌داشتن دمای خودروی هیبریدی در یک سطح مشخص باعث بهره‌وری بیشتر سوخت خواهد شد [۳۳]. نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی در دو نوع خودرو هیبریدی وغیرهیبریدی که در هر دو نوع خودرو از کاتالیزور اکسیداسیون استفاده شده و بر اساس استاندارد آلایندگی یورو شش بررسی‌شده است در نمودار شکل‌های ۹- ۱۰ و ۱۱ مشاهده می‌شود. همچنین جدول ۴ نیز مقایسه نرخ مصرف سوخت و انتشار آلایندگی برای دو خودرو هیبرید و غیر هیبریدی را نشان می‌دهد.



شکل ۹.دمای گازهای خروجی اگزوز [۳۳].



شکل۱۰.دمای کاتالیست **SCR** [۳۳].

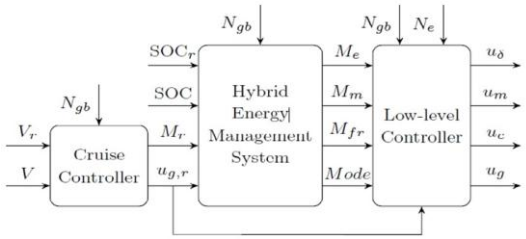


شکل ۱۱.جرم جریان خروجی **Wexh** [۳۳].

جدول ٤.نرخ مصرف سوخت و انتشار آلایندگی برای هر دو خودرو هیبرید و غیر هیبرید [۳۳].

کمیت	غیر هیبرید	هیبرید
اکسیدهای ازت خروجی موتور (گرم)	706	365
اکسیدهای ازت خروجی اگزوز (گرم)	132	91
آمونیاک خروجی اگزوز (گرم)	6.63	10.4
نرخ تبدیل اکسیدهای ازت (%)	81	86
ادبلو (لیتر/910 km	0.287	0.276

کنترلر شامل سه قسمت است: کرزکنترل[۴۹] که ترک موردنیاز برای جریان سرعت اصلی را محاسبه می‌کند و یک سیستم مدیریت انرژی که تصمیم می‌گیرد که اجزای مختلف سیستم انتقال قدرت هرکدام چه مقدار ترک تولید کنند. و سیستم کنترلی سطح پایین که سیگنال‌های کنترلی ویژه برای هر جزء در سیستم انتقال قدرت را کنترل می‌کند. در تصویر شکل ۱۲ شماتیکی از کنترل کننده خودروی هیبریدی به تصویر کشیده شده است [۳۳].



شکل ۱۲.شماتیکی از کنترل‌کننده خودروی هیبریدی [۳۳].

۷.نتیجه‌گیری

شرایط آب و هوایی با اینکه در مصرف سوخت و میزان آلایندگی مؤثر است اما نمی‌توان شرایط آب و هوایی را تغییر داد، اما می‌توان با روش‌های دیگر میزان مصرف سوخت را به حداقل رساند. چون اکثر خودروهای ساخت‌وساز سیکل‌های تکراری کاری دارند بنابرین پیدا کردن سیکل کاری بهینه با استفاده از شبیه‌سازی و آزمایش‌های تجربی از مهم‌ترین روش‌های کاهش مصرف سوخت و آلایندگی و زمان کاری است. تغییر سیستم انتقال قدرت در ماشین‌آلات ساخت‌وساز از دیگر روش‌های محبوب در بین خودروسازان برای کاهش مصرف سوخت و آلایندگی است. سیستم‌های انتقال قدرت هیبریدی از بهترین انواع انتقال قدرت است. باید به این موضوع توجه داشت که روش‌های کاهش مصرف سوخت برای هر نوع خودرو ساخت‌وساز متفاوت خواهد بود. چون الگوریتم‌های کاری وظایف کاری هر خودرو متفاوت است. در کنار این روش‌ها استفاده از افزودن هیدروژن به سوخت دیزل تأثیر به سزایی در کاهش آلایندگی و میزان مصرف سوخت و دارد . استفاده از کاتالیزور اکسیداسیون، فیلترهای گازوییل مناسب و تنظیم به‌موقع موتور نیز سهم محسوسی در کاهش میزان آلایندگی دارند.

۸.مآخذ

[1] , ‘‘شناسایی عوامل موثر در باز سازی و نوسازی ماشین آلات راهسازی ومعدنی, حمید قضایی، جعفر نظم ابادی *"کنفرانس راهبری و کاربردی ماشین الات راه سازی و معدنی*, vol. 15, p. 2, 1393.

[2] W. R. Haycraft, “History of Construction Equipment,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 137, no. 10, pp. 720–723, Oct. 2011.

[3] ا. رسولی, "ماشین الات ساختمانی در راه سازی,'' AD.۹۲

[4] “سوخت دیزل.” [Online]. Available: http://www.imencms.com/article-7146.aspx. [Accessed: 13-Aug-2018].

[5] “بلدوزر - راهنمای جامع آشنایی با بولدوزر - ژوپیتر | مرجع بررسی و تحلیل دنیای ساختمان .” [Online]. Available: http://jupiterdesign.ir/bulldozer/. [Accessed: 13-Aug-2018].

[6] *ماشین آلات ساختمانی*. مرجع مهندسی عمران.

[7] “Komatsu WA700 Wheel Loader - Construction & Mining Equipment India | L&T Construction & Mining Machinery.” [Online]. Available: http://www.larsentoubro.com/construction-mining-machinery/products/construction-mining-equipment/komatsu-wheel-loaders/komatsu-wa700/. [Accessed: 13-Oct-2018].

[8] “کمپرسی - ویکی‌پدیا، دانشنامهٔ آزاد .” [Online]. Available: https://fa.wikipedia.org/wiki/کمپرسی . [Accessed: 13-Aug-2018].

[9] “دامپ تراکت چیست؟/ ابر ماشینی در حمل و نقل .” [Online]. Available: http://www.dana.ir/news/73540.html/دامپ-تراکت-چیست---ابر-ماشینی-در-حمل-و-نقل . [Accessed: 13-Aug-2018].

[10] “دامپ تراک کاترپیلار ۷۹۷ b - Google Search.” [Online]. Available: https://www.google.com/search?biw=1093&bih=462&tbm=isch&sa=1&ei=_CDCW_anHI_psAfN2ISoCA&q=دامپ+تراک+کاترپیلار+۷۹۷+%DA.b&oq=دامپ+تراک. [Accessed: 13-Oct-2018].

[11] “بیل مکانیکی - راهنمای جامع آشنایی با بیل مکانیکی - ژوپیتر | بررسی و تحلیل دنیای ساختمان .” [Online]. Available: http://jupiterdesign.ir/hydraulic-excavator/. [Accessed: 25-Aug-2018].

[12] VolvoCE, “Volvo Brochure Crawler Excavator EC950E English.”

[13] “گریدر - ویکی‌پدیا، دانشنامهٔ آزاد .” [Online]. Available: https://fa.wikipedia.org/wiki/گریدر . [Accessed: 27-Aug-2018].

[14] “نسخه قابل چاپ.” [Online]. Available: http://machinerysystem.blogsky.com/print/post-75. [Accessed: 27-Aug-2018].

[15] “Graders For Hire | Brooks Hire.” [Online]. Available: http://brookshire.com.au/equipment/graders/. [Accessed: 14-Oct-2018].

[16] “طبقه بندی ماشین آلات راه سازی و ساختمانی - راه، ترافیک، حمل و نقل - انجمن علوم زمین و نقشه ژئومپیا .” [Online]. Available: http://forum.geomapia.net/index.php?/topic/221-طبقه-بندی-ماشین-آلات-راه-سازی-و-ساختمانی-7/. [Accessed: 27-Aug-2018].

[17] “Advantages And Disadvantages of Diesel Fuel - Fuel Cleaning equipment.” [Online]. Available: https://fuelcleaning.globecore.com/advantages-disadvantages-diesel-fuel/. [Accessed: 13-Aug-2018].

[18] S. Borthakur and S. C. Subramanian,

"Optimized Design and Analysis of a Series-Parallel Hybrid Electric Vehicle Powertrain for a Heavy Duty Truck," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 1, pp. 184–189, 2018.

[19] M. Masih-Tehrani and S. Ebrahimi-Nejad, "Hybrid Genetic Algorithm and Linear Programming for Bulldozer Emissions and Fuel-Consumption Management Using Continuously Variable Transmission," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 144, no. 7, pp. 2–10, 2018.

[20] S. BENNETT, *HEAVY DUTY TRUCK SYSTEM*, no. HEAVY DUTY TRUCK SYSTEM. 2015.

[21] خودرونویس, "اوردرایو چیست؟," ۱۳۹۵ . [Online]. Available: http://khodronevis.com/fa/news/1324/اوردرایو-چیست. [Accessed: 23-Aug-2018] .

[22] "اثر عوامل محیطی و ترکیب سوخت بر اندازگیری میزان مصرف سوخت و آلاینده NOx خودرو در یک چرخه مشخص رانندگی".

[23] "گازوییل، سوخت دیزل," ۱۳۹۴.

[24] "راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی," *سازمان بهینه سازی مصرف سوخت*.

[25] J. Fu and G. Bortolin, "Gear shift optimization for off-road construction vehicles," *Eur. J. Transp. Infrastruct. Res.*, vol. 14, no. 3, pp. 214–228, 2014.

[26] K. Oh, S. Yun, K. Ko, S. Ha, P. Kim, J. Seo, and K. Yi, "Gear ratio and shift schedule optimization of wheel loader transmission for performance and energy efficiency," *Autom. Constr.*, vol. 69, pp. 89–101, 2016.

[27] B. Zhang, X. Zhang, L. Xi, and C. Sun, "Development of a representative operation cycle characterized by dual time series for bulldozers," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.*, vol. 231, no. 13, pp. 1818–1828, 2017.

[28] S. R. Dindarloo and E. Siami-Irdemoosa, "Determinants of fuel consumption in mining trucks," *Energy*, vol. 112, pp. 232–240, 2016.

[29] S. Kamble, T. Mathew, and G. Sharma, "I2.Development of real-world driving cycle: Case study of Pune, India," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 14, no. 2, pp. 132–140, 2009.

[30] A. Fotouhi and M. Montazeri-Gh, "Tehran driving cycle development using the k-means clustering method," *Sci. Iran.*, vol. 20, no. 2, pp. 286–293, 2013.

[31] Z. Dai, D. Niemeier, and D. Eisinger, "Driving cycles: a new cycle-building method that better represents real-world emissions," *U.C. Davis-Caltrans Air Qual. Proj.*, vol. 66, no. 66, p. 37, 2008.

[32] H. Wang, Y. Huang, A. Khajepour, H. He, and D. Cao, "A novel energy management for hybrid off-road vehicles without future driving cycles as a priori," *Energy*, vol. 133, pp. 929–940, 2017.

[33] O. Holmer and L. Eriksson, "Simultaneous Reduction of Fuel Consumption and NOxEmissions through Hybridization of a Long Haulage Truck," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 8927–8932, 2017.

[34] A. Lajunen, "Fuel economy analysis of conventional and hybrid heavy vehicle combinations over real-world operating routes," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 31, pp. 70–84, 2014.

[35] H. Wang, Q. Wang, and B. Hu, "A review of developments in energy storage systems for hybrid excavators," *Autom. Constr.*, vol. 80, pp. 1–10, 2017.

---

[1] Construction vehicles
[2] Powertrain systems
[3] Bulldozer
[4] Hybridization
[5] After threatment system
[6] Earthwork operations
[7] Bulldozer
[8] Loaders
[9] Dump Trucks
[10] Grader
[11] Excavator
[12] Skid-steer loader
[13] snowplow
[14] crane
[15] forklift
[16] Large truck
[17] Articulation
[18] Excaviation
[19] Hydraulic excavator
[20] Excavator
[21] Boom
[22] Dipper
[23] Bucket
[24] House
[25] Jack hammer
[26] Grapple
[27] Grader
[28] Standard Specification for Diesel Fuel Oils
[29] Hexadecane

[30] Crystal
[31] Cloud Point Temperatures
[32] Torque converter
[33] Automated manual transmission
[34] Dual clutch transmission
[35] Efficiency
[36] Brake specific fuel consumption
[37] May
[38] Nickel–metal hydride battery (Ni MH)
[39] Lithium
[40] Hybrid Electric
[41] Internal Combustion Engine
[42] Hybrid Powertrain systems
[43] Series Hybrid Electric vehicle (SHEVS)
[44] Parallel Hybrid Electric vehicle (PHEVS)

[45] Series Parallel Hybrid Electric vehicle (SPHEVS)
[46] Diesel Oxidation catalyst
[47] Diesel particulate filter
[48] Urea-selective Catalytic Reduction
[49] Cruise Controller