

بررسی کاربرد کنترل از راه دور ماشین آلات پروژه های عمرانی شهرداری

مصطفی الیانی*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۰۸/۲۰

چکیده

امروزه با پیشرفت تکنولوژی محققان در پی آن اند تا در عرصه های مختلف زندگی روزمره دگرگونی هایی را به وجود آورند. یکی از این عرصه ها صنعت ساخت و ساز می باشد که پژوهشگران صنعت ماشین آلات تمام تلاش خود را دارند تا ماشین آلاتی کاملاً هوشمند ساخته که خطای اپراتور و راننده حذف گردد و با توجه هزینه های زیاد پیمانکاران و کارفرمایان در خرید و نگهداری ماشین آلات عمرانی و ساختمانی بسیاری از هزینه های گزاف در زمینه نگهداری و تعمیرات این ماشین آلات را کاهش دهند. از این رو هدف از این تحقیق کاربرد و تاثیر فناوری کنترل از راه دور ماشین آلات در پروژه های عمرانی و ساختمانی (مطالعه موردی شهرداری تهران) در جهت کاهش هزینه های ماشین آلات و افزایش سوددهی پروژه می باشد. با توجه به نوپا بودن این تکنولوژی تنها یک مورد از این نوع ماشین آلات (لودر هیوندای) در شهرداری تهران موجود می باشد که بنا به دلایلی تا معلوم مورد استفاده قرار نمی گیرند و تنها در یک بازه ی زمانی یکساله توسط اپراتور متخصص مورد تحلیل قرار گرفته که نتایج این تحقیق برای مبنای همان تحلیل ها و در مقایسه با ماشین آلات بدون فناوری کنترل از راه دور انجام شده است بر همین مبنا نتایج نشان داد که استفاده از فناوری کنترل از راه دور می تواند موجب کاهش هزینه ها در بلند مدت گردد که برای پیمانکاران و کارفرمایان بسیار با اهمیت خواهد بود.

واژگان کلیدی

شهرداری، ماشین آلات، راهسازی

۱. کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لشت نشا و زیبا کنار، کارشناس نگهداری و تعمیرات، کارشناس ناظر پسماند، سازمان پسماند شهرداری رشت.

مقدمه

باتوجه به اینکه حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد از هزینه های یک پروژه (در صورت نبودن تجهیزات)، مربوط به ماشین آلات و تجهیزات ساختمانی می باشد بنابراین باعث شده است که بحث ماشین آلات از اهمیت خاصی در پروژه های عمرانی برخوردار باشد (۱). تحقیقات انجام شده بر روی اکثریت شرکت های ساختمانی دولتی و خصوصی در ایران نشان می دهد که رویکرد شرکت های ساختمانی در مدیریت ماشین آلات یک رویکرد سنتی است. سیستم های هوشمند سیستم هایی هستند که فناوری پیشرفته ای داشته و نسبت به جهان اطراف خود واکنشی توأم با ادراک دارند. در اواخر دهه ی ۱۹۵۰ میلادی مطالعاتی انجام شد که چگونگی روند ادراک کامپیوترها از محیط اطراف شان و نحوه تفسیر تصاویر و ترتیب ویدئوها را مشخص ساخت؛ از آن زمان به بعد، این فناوری قدرت روز افزونی یافت و به بخش جدایی ناپذیری از جامعه و صنعت تبدیل شد (۲). امروزه هوشمند سازی به تمامی عرصه های زندگی انسان راه پیدا کرده است، یکی از این عرصه ها صنعت عمران و ساختمان می باشد. جدای از فناوری های پیشرفته در ساخت و ساز، هوشمند سازی به استفاده از ماشین آلات عمرانی نیز راه پیدا کرده بدینگونه که در حال حاضر بسیاری از کرین تاور ها و حتی جرثقیل های کوچک از فناوری کنترل از راه دور استفاده می کنند، حتی امروزه ماشین آلات دیگر از جمله لودر، بولدوزر، گریدر و دیگر ماشین آلات به صورت کنترل از راه دور هدایت می شوند. در بحث معادن نیز به دلیل خطرات زیادی که در معدن وجود دارد بسیاری از ماشین آلات حمل به صورت کنترل از راه دور و توسط اپراتور متخصص کنترل می شوند تا در صورت بروز حادثه جان انسانی به خطر نیفتد، در ایران نیز این پروسه توسط متخصصان ایرانی در حال انجام است و ثبت اختراعاتی صورت گرفته است. این نوآوری به اپراتورهای تجهیزات و ماشین آلات راه جدیدی برای انجام کارها معرفی می کند. امروزه رویای داشتن تجهیزات کوچک کنترل از راه دور به واقعیت تبدیل شده است؛ اما یک دستگاه کنترل از راه دور دقیقاً چه کاری انجام می دهد؟ با استفاده از این فناوری پیشرفته اپراتور می تواند از طریق یک اپلیکیشن در تلفن هوشمند، کنترل دستگاه را خارج از کابین به دست گیرد.

مزایای کنترل از راه دور

فناوری کنترل از راه دور در ماشین آلات ساختمانی پس از به وجود آمدن نیاز استفاده از ماشین آلات در شرایط سخت کارگاهی که انسان در آن محیط دچار خطرات جانی شود شکل گرفت. این شرایط می تواند کار در معدن یا در محیط هایی با هوای آلوده باشد که راننده نتواند به مدت طولانی در آن شرایط سخت قرار گیرد. با توجه به سخت بودن کنترل ماشین آلات سنگین معمولاً از این فناوری در کنترل ماشینی آلات کوچک استفاده می شود مانند لودرهای جام دار کوچک و لودرهای چرخ زنجیری کوچک. این سیستم علاوه بر کنترل ماشین آلات می تواند بدون حضور اپراتور در

کنار ماشین به کنترل ماشین اقدام نماید و وضعیت هر تانیه ای ماشین را به اپراتور اعلام نماید. از دیگر مزایای این سیستم کمک به مدیریت صحیح تعمیرات و نگهداری ماشین آلات.

فناوری کنترل از راه دور پرتابل است و برای کار در سخت ترین محیط های کاری طراحی شده است و عمدتاً در کنترل لودرهای جام دار کوچک و لودرهای چرخ زنجیری کوچک استفاده می شود. یکی از مزایای اصلی کنترل از راه دور توانایی مشاهده کامل دستگاه، بدون حضور فیزیکی اپراتور در کابین است. می توانید همه زوایا را ببینید و طبق آن زوایا موقعیت دستگاه را تغییر دهید. همچنین می توانید در شرایطی که کارگاه با محدودیت حضور فیزیکی روبرو است این ماشین آلات را در خارج از این محیط کنترل و هدایت کنید. از مزایای دیگر این فناوری تسهیل کار اپراتور و انعطاف پذیری بیشتر محیط کار است. به عنوان مثال اگر شما یا اپراتورهای تجهیزات به هر دلیلی نمی توانید در کابین بارگیر ۸ تا ۱۰ ساعت بنشینید، می توانید بدون اینکه بازدهی روزانه خود را از دست دهید در خارج کابین به فعالیت خود ادامه دهید. شما می توانید از طریق عملیات کنترل از راه دور، پروژه ها را بدون توجه به اینکه در چه محلی دستگاه را هدایت می کنید، طبق برنامه زمانی تعریف شده پیش ببرید. این فناوری همچنین به افرادی که به علت جراحت نمی توانند از کابین بالا روند، فرصت فعالیت می دهد.

فناوری متحول کننده

Trevor Brown قبل از اینکه برای درمان مشکل گردن خود تحت عمل جراحی قرار گیرد، کسب و کار موفقی با همسرش در یک کارخانه به مدت ۱۵ سال داشت. زمانی که در بخش مراقبت های ویژه چشمان خود را باز کرد، به طور بهت آوری جهان خود را با معلولیت مواجه دید. او دیگر نتوانست کاری را که عاشقش بود انجام دهد و تمام کارها را به همسر و فرزندان واگذار کرده بود.

او و همسرش این اراده را داشتند که در میدان رقابت باقی بمانند و توانستند کسب و کار با کیفیت خود را با کمک یک فناوری و به شکل دیگری رونق بخشند. با این حال این فناوری جوابگوی حجم زیادی از کار نبود. Brown که چندین دهه دوام کسب و کارش را حفظ کرده بود حال با مشکل مواجه شده بود؛ اما زمانی که یک لودر کوچک همراه با کیت کنترل از راه دور خریداری کرد، زندگی او و خانواده اش تغییر کرد.

Brown گفت: من می توانم به راحتی این وسیله را برداشته و کنترل ماشین را به دست بگیرم. این وسیله برای من نقش تغییردهنده بازی را ایفا کرد زیرا من چند سال مجبور بودم اینجا بنشینم در حالی که نمی توانستم کارها را مدیریت کنم.

شیوه های جدید انجام کار

برای کارهایی که غالباً نیاز به دو نفر دارند، فناوری کنترل از راه دور می تواند بطور قابل توجهی مفید باشد زیرا این کارها را بک نفر به تنهایی می تواند انجام دهد. تنها یک اپراتور می تواند کامیون ها را بدون نیاز به چند بار رفت و آمد به داخل و خارج کابین بارگیری کند و برای بلند کردن، انتقال و استقرار مصالح ساختمانی از یک چنگک حمل بار استفاده کند. اپراتورها می توانند از فناوری کنترل از راه دور در محیط های کاری با ریسک بالاتر استفاده کنند. پیمانکاران می توانند با استفاده از کنترل از راه دور ماشین آلات، در زمان خود صرفه جویی کرده و بازدهی را افزایش دهند. این شیوه کمک شایانی به پیمانکاران جهت استفاده از افراد بدون نیاز به داشتن گواهینامه پایه یکم یا گواهینامه های مخصوص رانندگی با ماشین آلات خاص می کند به طوری که با یک دوره آموزشی کوتاه هر شخصی میتواند به کمک انگشتان خود یک ماشین چند تنی را به حرکت وادارد و از آن بهره برداری نماید. سرعت کار نیز بالا رفته و هزینه های پیمانکار به طرز چشمگیری پایین می آید. همچنین به دلیل داشتن نمای ۳۶۰ درجه از ماشین، اپراتور تسلط بیشتری روی آن خواهد داشت. پیمانکاران دیگر نیاز به پرداخت بیمه های سنگین برای افراد در شرایط سخت ندارند و ریسک پروژه نیز پایین خواهد آمد (۵).

جدیدترین پیشرفت ها

هرساله فناوری راه حلی را برای نوآوری ارائه می کند و سریع تر از هر بخشی در صنعت پیشرفت می کند. فناوری کنترل از راه دور هم مستثنی نیست. برخی از تولیدکنندگان به جای استفاده از یک کنترل از راه دور بزرگ که به اپراتور بسته می شود، سیستم هایی را ارائه کرده اند که راه حلی ساده، آسان و قابل دسترس برای راه اندازی تجهیزات کوچک با استفاده از اپلیکیشن های تلفن های هوشمند یا تبلت در اختیار می گذارند. با در اختیار داشتن این سیستم می توانید بلافاصله پس از دریافت اخطار تلفن را از جیب خود بیرون آورید و اقدام لازم را انجام دهید. همچنین شما نیاز به خرید چند کنترل از راه دور برای اپراتورهای خود ندارید چراکه هر یک از آنان احتمالاً دارای تلفن هوشمندی هستند که در جیبشان قرار دارد. فناوری کنترل از راه دور می تواند تقریباً همه جنبه های کسب و کار شما را از پایین ترین سطح گرفته تا روش استخدام تغییر دهد. همچنین برای افرادی مشابه Trevor Brown این فناوری می تواند به منزله نجات دهنده کسب و کارشان باشد. ایده آل این است که سرعت خود را نه از طریق نوع دیگری از ماشین آلات بلکه با استفاده از یکی از جدیدترین شکل های فناوری افزایش دهید. امروزه سیستم هایی تهیه شده اند که بدون نیاز به نصب تجهیزات سنگین بتوان به کنترل ماشین آلات و وسایلی پرداخت که به نظر هر بیننده ای امکان ناپذیر است. تکنولوژی تا جایی پیرفت کرده است که با استفاده از یک گوشی تلفن همراه می توان یک لودر چند تنی را به راحتی آب خوردن کنترل کرد. جدای از کنترل از راه دور وسایل می توان وضعیت آن ها و شرایط کارکردی آن ها را نیز مورد بررسی قرار داد.

ریموت کنترل در جرثقیل

با استفاده از ریموت کنترل جرثقیل یا همان کنترل از راه دور در جرثقیل این امکان در جرثقیل تعبیه شده است تا به کمک آن بتوان اجسام سنگین را به راحتی بلند کرده و جابه جا نمود. در واقع به کمک ریموت کنترل جرثقیل بلند کردن اجسام خیلی ساده شده است.

مزیت ریموت کنترل جرثقیل

۱- نوآوری کنترل از راه دور

۲- نظارت راحت تر در راندگی در جرثقیل

۳- افزایش بهره وری

۴- افزایش ایمنی در سیستم های جرثقیل

جرثقیل در تعدادی از صنایع مانند هواپیما، هوا فضا، تولید خودرو، مواد شیمیایی و مواد معدنی، کاغذ و خمیر کاغذ، تولید فولاد، آب و برق و هم چنین صنعت دانه، ورود به سیستم، راه آهن و بارگیری کشتی کاربرد حیاتی خواهد داشت. در حالت سنتی یعنی بدون ریموت کنترل جرثقیل های صنعتی توسط نشستن اپراتور در کابین جرثقیل صورت می گرفته است. در چنین مواردی، اقداماتی که اپراتور انجام می دهد در جهت حرکت دادن جرثقیل به صورت سیگنال هایی از جرثقیل خارج شده تا بتواند جرثقیل را هدایت نماید.

در گذشته، جرثقیل توسط اپراتورهایی که در کابین جرثقیل حضور فیزیکی داشتند باعث حرکت دادن جرثقیل خواهد شد. براد رابینسون، مهندسی است که فناوری کنترل از راه دور یا همان ریموت کنترل جرثقیل را ارائه کرده است که این فناوری در سال ۱۹۶۲ اختراع شد.

اپراتور در جرثقیل فقط می تواند به صورت اتصال زنجیره ای کارهایی مانند انجام بارگیری را به صورت ایجاد موج با دست خود به طور مستقیم به اپراتور برای حرکت در جرثقیل خواهد شد. در موارد دیگر، به جای این که اپراتور در کابین جرثقیل بنشیند فرد دیگری که بیرون از جرثقیل قرار دارد عملیات اصلی را انجام خواهد داد. انجام این کار با استفاده از آویزی در جرثقیل که حلت معلق دارد انجام خواهد شد. در سال های اخیر، انجام این کار در نقطه ای از جرثقیل با ریموت کنترل جرثقیل یا همان کنترل از راه دور صورت می گیرد.

که حالت پیشرفته ای پیدا کرده است. این فناوری در حدود سال ۱۹۶۰ اختراع شد که انجام این کار در طول سال بهبود پیدا کرد. با پیشرفت این تکنولوژی سیستم های جدیدتری جهت امنیت بیشتر، قابلیت اطمینان، افزایش کارایی، تطبیق پذیری و صرفه جویی در هزینه نسبت به گذشته به ریموت کنترل جرثقیل اضافه شد. بابه کارگیری تمامی این ها مهمترین عامل یعنی صرفه جویی به وجود آمد.

دو تکنولوژی استاندارد برای انجام عملیات در جرتقیل برای ریموت کنترل جرتقیل یا همان کنترل از راه دور توسط فرکانس با ایجاد سیگنال هایی برای امواج ونوردرمادون قمرزایجادشد. درحالی که هر دوهمچنان دردسترس می باشند، تکنولوژی RF رادیویی محبوب تر از این دو بوده زیرا با دارا بودن 98 درصد از سهم بازار با توجه به جا به جایی مواد مغناطیسی در آن به دلیل مزایایی که در آن وجود دارد بیش از فن آوری مادون قرمز خواهد بود. به عنوان مثال، امواج مادون قرمز محدوده کوتاه تری نسبت به خواهد داشت. علاوه براین، نوردرمادون قمرزرامی توان باگردوغبارویادیگرذرات موجوددرهوامنحرف نمود و یا حتی توسط RF واحد اشیاءبزرگترراه خودرامسدود نمود. مادون قرمزیک ایده شسته ورفته می باشدکه راینسون می گوید: با این حال دربسیاری از گیاهان، به ویژه در کارخانه های تولید فولاد می باشد. با وجود خاک و گرد و غبار بیش از حد، دیگر لنز بر روی جرتقیل در خاک و گرد و غبار پوشیده خواهد شد در نتیجه شما باید به طور مداوم سنسور و سایر سطوح را تمیز نمایید (۴).

اصول اولیه تکنولوژی ریموت کنترل جرتقیل

یک سیستم ریموت کنترل جرتقیل دارای دو واحد خواهد بود. یک واحد شامل یک فرستنده بوده که قابل حمل نیز خواهد بود که از این توانایی برخوردار خواهد بود که سیگنال های کنترل را ایجاد نماید. واحد دیگر گیرنده ای خواهد بود که دائما بر روی جرتقیل نصب شده خواهد بود. گیرنده به واحد کنترل در جرتقیل متصل خواهد بود. هر کدام از سوئیچ ها در فرستنده ترکیبی مشخص از پالس خواهد بود که به گیرنده پس از رمزگشایی و ایجاد پالس و انتقال آن ها به کنترل موتور در جرتقیل منتقل خواهد شد. تکنولوژی ریموت کنترل جرتقیل از این قابلیت برخوردار خواهد بود تا بتواند بر روی تمام جرتقیل ها به خصوص جرتقیل های مجهز نصب شود. یک شرط لازم برای مقاوم سازی جرتقیل بدین صورت خواهد بود که جرتقیل های موجود باید با کنترل موتور مغناطیسی مجهز شود به جای این که از کنترل درام استفاده شود.

کنترل از راه دور از طریق فیلم

در این روش اپراتور از طریق اتاق کنترل، سیستم را کنترل کرده و از طریق دوربین های که روی سیستم نصب شده است، قادر به مشاهده وضعیت می باشد. متاسفانه این راه حل ها در مقایسه با دستگاهی که توسط یک اپراتور هدایت می شود، دچار کاهش بهره وری هستند، با این حال، اخیرا تکنیک های جدید ترکیبی از این دو مورد موفق بوده اند. شرکت های فعال در این زمینه به منظور بالا بردن ایمنی در معادن زیر زمینی در تلاش هستند تا سیستم های دور برد خود را بهبود ببخشند و در این زمینه توسط اطلس کوپکو نمونه های بدون نقصی به وجود آمده است.

نتایج و یافته ها

در ابتدا هزینه سوخت هر دو لودر که بر حسب لیتر در ساعت می باشد در جدول (۲) آورده شده است:

جدول ۲: میزان مصرف سوخت در دو مینی لودر بر حسب لیتر در ساعت

ردیف	ماشین آلات	مصرف سوخت بر حسب لیتر در ساعت
۱	مینی لودر هیوندای با فناوری کنترل از راه دور	۲۵
۲	مینی لودر هیوندای فاقد فناوری کنترل از راه دور	۲۸

طبق جدول (۲) و اطلاعات به دست آمده از آن می توان نتیجه گرفت در یک روز کاری به میزان 18 لیتر در مصرف سوخت به کمک فناوری کنترل از راه دور می توان صرفه جویی کرد، با توجه به گفته های اپراتور علت اصلی این کاهش مصرف تمرکز بیشتر اپراتور کنترل کننده از راه دور بر روی مینی لودر در حین کار نسبت به زمانی که سوار بر مینی لودر بوده است می باشد.

در جدول (۳) زمان سرویس های دوره ای هر دو لودر آورده شده است:

جدول ۳: تعداد سرویس های دوره ای هر دو مینی لودر در طول یک سال

ردیف	عنوان سرویس	تعداد دوره های سرویس مینی لودر هیوندای با فناوری کنترل از راه دور در سال	تعداد دوره های سرویس مینی لودر هیوندای فاقد فناوری کنترل از راه دور در سال
۱	تعویض روغن هیدرولیک	۳	۲
۲	تعویض روغن موتور	۱۲	۱۰
۳	تعویض لاستیک	۴	۶
۴	تعویض فیلتر هوا	۱۰	۸
۵	تعویض فیلتر روغن موتور	۱۲	۱۰

قبل از تحلیل جدول (۳) باید موارد زیر در نظر گرفته شود

- ساعت کارکرد هر لودر در هر روز ۸ ساعت در نظر گرفته شده است

- دوره های سرویس در یک سال آورده شده است

نتایج جدول (۳) نشان می دهد تعداد دفعات سرویس در مینی لودر هیوندای با فناوری کنترل از راه دور بیشتر از همین نوع لودر بدون فناوری کنترل از راه دور می باشد و علت آن طبق بررسی های پژوهشگر آلازم های دستگاه کنترل از راه دور می باشد به این معنی که هر زمان ماشین نیاز به سرویس داشته و طبق برنامه ای که بر اساس کاتالوگ ماشین در نرم افزار

کنترل از راه دور مینی لودر نصب شده اپراتور اقدام به سرویس نموده است اما در دیگر لودر راننده با صلاح دید خود اقدام به سرویس دوره ای نموده است. تنها گزینه ای که مینی لودر با فناوری کنترل از راه دور کمتر از همتای خود بدون فناوری کنترل از راه دور به سرویس رفته است در تعویض لاستیک ها بوده که به گفته اپراتور علت آن دید مناسب اپراتور مینی لودر با فناوری کنترل از راه دور بوده که مانع از چرخش ها و حرکت های اضافه به علت کمبود دید راننده در دیگر مینی لودر می باشد.

در جدول (۴) دوره های تعمیرات اساسی در هر دو مینی لودر در مدت یکسال آورده شده است:

جدول ۴: تعداد دفعات تعمیرات اساسی مینی لودر های مورد بررسی در یکسال

ردیف	نوع تعمیر	مینی لودر هیوندای با فناوری کنترل از راه دور	مینی لودر هیوندای فاقد فناوری کنترل از راه دور
۱	تعمیرات مربوط به موتور	۳	۵
۲	تعمیرات مربوط به سیستم برق	۲	۳
۳	سایر تعمیرات	۴	۸

بر اساس جدول (۴) نتایج نشان می دهد که مشکلات فنی در مینی لودر فاقد فناوری کنترل از راه دور بیشتر از همتای خود با فناوری کنترل از راه دور می باشد علت این مساله نیز بر می گردد به اطلاعات به دست آمده از جدول (۳)، نتایج جدول (۳) نشان داد که تعداد دفعات سرویس مینی لودر با فناوری کنترل از راه دور بیشتر از دیگر مینی لودر می باشد و همین امر در طولانی مدت باعث گردیده که مشکلات فنی کمتری نسبت به همتای بدون فناوری کنترل از راه دور خود داشته باشد.

جمع بندی

نتایج این تحقیق نشان می دهد که استفاده از فناوری های مدرن مطمینا در طولانی مدت موجبات کاهش هزینه های پروژه ها را مهیا می سازد، البته باید خاطر نشان کرد که استفاده از فناوری کنترل از راه دور تنها موجب کاهش هزینه ها و بالا رفتن عمر مفید ماشین آلات نمی شود بلکه در پروژه های عمرانی و معدنی که خطرات زیادی رانندگان و کارگران را تهدید می کنند امنیت را به ارمغان می آورد به طور مثال هنگام بارگیری اگر اتفاقی افتاده، اشتباهی صورت گیرد یا انفجاری رخ دهد به دلیل دور بودن افراد از منطقه خطر اتفاقی برای آن ها رخ نخواهد داد و جان انسان های زیادی بدین گونه حفظ خواهد شد که به مراتب بسیار با ارزش تر از هزینه ها و خسارات مالی می باشد.

به طور کلی استفاده از فناوری های نوین در هر صنعتی هزینه هایی را در پی خواهد داشت اما این هزینه ها به مرور کاهش می یابد و به نوعی پس انداز برای فردا می باشد. هرچه این فناوری پیشرفت کند و به تولید انبوه در کشور برسد هزینه های آن کاهش خواهد یافت و در آینده ای نزدیک بسیار قابل رقابت تر خواهند بود.

منابع

۱- معینی م، "دستورالعمل کاربرد آنالیزهای ساعتی ماشین آلات ساختمانی"، اولین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، تهران، ۱۳۹۳.

2. ERABUILD; "Review of the Current State of RFID Technology", Its Use and Potential Future Use in Construction; Final Report; December 2006.

3. S. Dadhich, U. Bodin, U. Andersson, "Key challenges in automation of earth-moving machines, Automation in Construction", Volume 68, 2016, Pages 212-222.

4. T. Nilsson, "Optimal Predictive Control of Wheel Loader Transmissions", (Ph.D. thesis) Department of Electrical Engineering, Vehicular Systems, Linköping University, 2015.

5. Fang-Le Peng, Yun-Hao Dong, Hai-Lin Wang, Jian-Wei Jia, Yao-Liang Li, "Remote-control technology performance for excavation with pneumatic caisson in soft ground", Automation in Construction, Volume 105, 2019, 102834, ISSN 0926-5805.

