نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

بهینه سازی معادلات کشش تراکتورهای مرسوم با استفاده از الگوریتم ژنتیک

هاله کریم مسلک [۱] سیدکاظم شهیدی[۲] ،عارف مردانی[۲]
۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه ارومیه
۲-استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه
ایمیل مکاتبه کننده: a.mardani@urmia.ac.ir

چکیده

یک الگوریتم ویژه برای تخمین عملکرد مالبندی با در نظر گرفتن تمام پارامترهای دخیل در حین عملیات مزرعه ای تراکتورهای دو چرخ محرک به کار گرفته شده است. عملکرد سیستم تراکتور- دنباله‌بند تابعی از چند پارامتر مربوط به کل سیستم تراکتور- دنباله‌بند - خاک است. بنابراین الگوریتم ژنتیک قابلیت تخمین عملکرد کل سیستم با توجه به پارامترهای مربوط و همچنین تخمین بهترین بازده کششی را دارد. الگوریتم مورد استفاده قادر به تعیین کشش ماکزیمم قابل حصول توسط تراکتور در شرایط مزرعه می باشد. هم چنین این الگوریتم توانایی تخمین لغزش بهینه و مناسب چرخ های محرک تراکتور در شرایط مختلف مزرعه جهت حصول به بازده کششی مناسب را داراست. علاوه بر این، طی مدلسازی کشش توسط الگوریتم ژنتیک مشاهده شد که کشش تراکتور توسط کشش ماکزیمم ناخالص بر روی خاک محدود می گردد. در بررسی های انجام شده با این الگوریتم، مقدار لغزش جهت به دست آمدن بازده کششی ماکزیمم در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد بوده است که در مقایسه با مدل های تجربی و تحقیقات پیشین، معتبر به نظر می رسد. روند تغییرات پارامتر هایی نظیر نیروی کششی، مقاومت غلتشی و بار روی چرخ نیز در مقایسه با مدل های تجربی تطابق خوبی داشته است.

واژه های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، کشش، تراکتور، بهینه سازی.

مقدمه

تراکتور به عنوان منبع تولید توان در راه اندازی بیشتر ادوات کشاورزی مطرح است و غالبا تبدیل انرژی ناشی از احتراق سوخت به سایر انرژیهای مورد نیاز را بر عهده دارد.

علاوه بر مشخصات فنی ماشین کشنده، پارامترهای مربوط به خاک هم در چند و چون کشش تولیدی یک ماشین مولد کشش مؤثر است. به عنوان مثال، در یک مدل خاص، مقدار کشش ناخالص قابل تولید توسط یک چرخ محرک به صورت رابطه ۱ است (ویسمر و لوث[۱]، ۱۹۷٤).

$$H = 0.75W\left[1-e^{-0.3C_n s}\right] \quad (۱)$$

که در این رابطه، W مقدار بار موثر وارده بر روی چرخ محرک و s لغزش چرخ است. C_n عدد چرخ بوده و به صورت رابطه ۲ تعریف می گردد (ویسمر و لوث، ۱۹۷٤).

$$C_n = \frac{CI\ \ bd}{W} \quad (۲)$$

در این رابطه b و d به ترتیب عرض و قطر مؤثر چرخ است. CI به شاخص مخروط موسوم است و مرتبط با سختی خاک است. مقاومت غلتشی چرخ عمدتا مزاحمت سطح خاک درمقابل حرکت چرخ است. این نیرو در استانداردهای ارائه شده به صورت رابطه ۳ و تابعی از هندسه چرخ، وضعیت خاک و بار روی چرخ تعریف می‌شود (ویسمر و لوث، ۱۹۷٤).

$$R = (\frac{1.2}{C_n} + 0.04)W \quad (۳)$$

به این ترتیب مقدار کشش خالص تولید شده توسط چرخ محرک را می‌توان به صورت زیر نشان داد (ویسمر و لوث، ۱۹۷٤).

$$P = H - R = 0.75W\left[1-e^{-0.3C_n s}\right] - (\frac{1.2}{C_n} + 0.04)W \quad (٤)$$

مدل بریکسیوس مدل دیگری است که بر اساس آزمون‌های نیروی کشش مالبند تراکتورهای کشاورزی بوسیله شرکت جاندیر در آمریکا تدوین و ارائه گردیده است. این مدل یکی از مدل های مبتنی بر عدد چرخ است. نسبت نیروی زمین‌گیرایی ناخالص در این مدل به صورت رابطه۵ است.

$$GTR = 0.88\left(1-e^{-0.1N_B}\right)\left(1-e^{-7.5S}\right)+0.04 \quad (۵)$$

نسبت نیروی زمین‌گیرایی‌خالص هم در این مدل به صورت رابطه ٦ می باشد.

$$NTR = 0.88(1-e^{-0.1N_B})(1-e^{-7.5S}) - \left[\frac{1.0}{N_B} + \frac{0.05S}{\sqrt{N_B}}\right] \quad (٦)$$

[۱]- Wismer, R.D. and Luth, J.H. 1974

ضریب کشش مالبندی در این مدل به صورت رابطه۷ تعریف شده است.

$$\mu_{P0} = 0.76(1 - e^{-0.07NccS}) \qquad (۷)$$

ضریب کشش ناخالص هم به قرار رابطه۸ بیان می گردد.

$$\mu_{T0} = 0.36(1 - e^{-0.35NccS}) \qquad (۸)$$

که در این رابطه عدد چرخ فریتاگ به صورت رابطه ۹ ارائه شده است.

$$N_{CC} = \frac{CI.b.d}{w}\sqrt{\frac{\delta}{h}} \qquad (۹)$$

در رابطه با کارآمدی مدل های مختلف باید به این موضوع اشاره نمود که این مدل ها هر یک در شرایط معینی تدوین و توصیه شده است و از اینرو نمی توان یک مدل منحصر به فرد را برای پیش بینی رفتار چرخ و خاک ارائه کرد. تحقیقات متنوعی در زمینه شبیه سازی و بررسی تحلیلی معادلات کشش نیز صورت گرفته است که از این جمله می توان به مطالعات کیم و جرالد[۱] در ۱۹۸۷، علیمردانی و همکاران در ۱۹۸۹، وانگ و دومیر[۲] در ۱۹۸۹، کمپ[۳] در ۱۹۹۳ و آپادیایا و ولفسن[٤] در ۱۹۹۳ اشاره کرد (شارما[٥]، ۱۹۹۸).

نظریه این محقق توسط دانشمندان دیگر گسترش یافت. اصول اولیه الگوریتم ژنتیک اولین بار به وسیله جان هالند همکاران و دانشجویانش در دانشگاه میشیگان ارائه شد. اولین کار بزرگ این محقق انتشار مقاله ای تحت عنوان سازگاری در طبیعت و سیستم های مصنوعی بود. جان کوزا در سال ۱۹۹۲ الگوریتم های ژنتیک را برای ابداع برنامه هایی به منظور انجام وظایف خاص به کار برد.

با نگاهی گذرا به معادلات کشش و بازده کششی چرخ مشاهده می شود که این دو، توابع پیچیده ای از متغیرهای چرخ و خاک است و به نوبه خود رفتار ریاضی پیچیده ای را نمایش می دهد. در همین راستا، اگر مطالعه رفتار این دو تابع و تعیین نحوه تغییرات آنها به منظور بهینه سازی آنها مد نظر قرار گیرد به نظر می رسد که باید به روشهای سوای روشهای مقدماتی متوسل شد چراکه به عنوان مثال، معادله بازده کششی تابعی غیر خطی و نمایی است. از طرف دیگر این دو تابع، ترکیبی از تعداد زیادی از پارامترهای متغیر است که همگی در یک محدوده نسبتا گسترده تغییر می کنند و بررسی این معادلات در حالتهای مختلف دربرگیرنده چند متغیر مانند شاخص مخروط خاک، پارامترهای هندسی چرخ، بار روی چرخ و لغزش است در حالی که روشهای مرسوم بررسی رفتار ریاضی یک تابع غالبا محدود به یک یا دو متغیر است.

---

[۱] - Kim & Gerald
[۲]- Wang & Domier
[۳]- Kemp
[٤]- Upadhyaya & Wulfsohn
[٥]- -Sharma, A.J. and Pandey, K.P. 1998.

مواد و روشها

هدف کلی این تحقیق، بررسی روابط مربوط به نیروی کششی تراکتور وبازده کششی از یک دیدگاه جدیدتر می باشد. با توجه به اقبال بیشتر محققین به مدل ویسمر و لوث، این مدل به عنوان مبنای بررسی و شبیه سازی انتخاب شده است. مدل یاد شده با استفاده از عدد چرخ و مبتنی بر داده های نفوذسنجی مزرعه طرح ریزی شده است. دو بخش نهایی این مدل که بیشتر مد نظر است عبارت است از معادله پیشنهادی مدل برای کشش ناخالص و بازده کششی چرخ که تابعی از شرایط خاک و چرخ می باشند. این دو معادله به صورت روابط ۱۰ و ۱۱ درنظر گرفته شده است.

$$P = 0.75w(1-e^{-0.3Cns}) \qquad (۱۰)$$

$$T.E = \frac{0.75w(1-e^{-0.3Cns})}{0.75w(1-e^{-0.3Cns}) + w(0.04+\frac{1.2}{Cn})} \qquad (۱۱)$$

که در این رابطه، Cn عدد چرخ است که پارامتر های مربوط به چرخ و خاک در آن دخیل است. CI عبارت است از شاخص مخروطی خاک که پارامتر مربوط به سختی خاک است و با پنترومتر اندازه گیری می شود. b و d به ترتیب عرض و قطر چرخ محرک می باشند و s درصد لغزش یا لغزش است که بر حسب اعشار در مدل وارد می شود. هر یک از این پارامترها در یک محدوده معین می توانند تغییر نمایند و بدیهی است که با تغییر خود، خروجی مدل را هم تغییر می دهند. خواسته مطالعه حاضر، تعیین بهترین مقدار برای این پارامترها است به نحوی که خروجی مدل تا حد امکان بیشینه باشد.

به منظور بررسی معادلات کشش و بازده کششی چرخ با استفاده از الگوریتم ژنتیک از محیط متلب استفاده شده است. نرم افزار متلب دارای یک تول باکس مستقل برای الگوریتم ژنتیک است.

در قدم نخست، ابتدا تابع هدف را که در تول باکس الگوریتم ژنتیک با عنوان تابع هدف یا تابع برازش نامیده شده است به شکل یک ام- فایل نوشته شده‌است. برای تعریف محدوده متغیرها، انتخاب ها به گونه ای انجام شده است که شرایط، اعم از شرایط هندسی تراکتورهای متداول و شرایط خاک های کشاورزی را در بر بگیرد. از این رو این رنج ها به شرح جدول ۱ در نظر گرفته شده است.

جدول۱- دامنه تغییرات پارامترهای تعریف شده برای الگوریتم

دامنه تغییرات	نماد پارامتر	پارامتر
یک تا دو تن	W	بار روی یک چرخ محرک
۳۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلو پاسکال	CI	شاخص مخروط خاک
$0.25\ m < b < 0.6\ m$	b	عرض چرخ محرک
$1.2\ m < d < 2\ m$	d	قطر چرخ محرک
$0.1 < s < 0.3$	s	لغزش

نتیجه گیری

کشش و بازده کششی در قالب دو تابه هدف مورد بهینه‌سازی قرار گرفته است. در یک بخش، نیروی کششی تراکتور به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده است و با تنظیمات و فرضیات اعمال شده، الگوریتم اجرا شده است. پس از تنظیمات الگوریتم و تعریف دامنه تغییرات مجاز هر متغیر می توان با تکیه بر مشخصات ذکر شده، الگوریتم را اجرا کرد. پس از اجرای برنامه، نیروی کششی به میزان ۱۱,٦ کیلو نیوتن به دست آمد. هم چنین مقدار بیشینه نیروی کششی در شاخص مخروط ۱۰۰۰ کیلو پاسکال و لغزش ۳۰٪ به میزان ۱۲,٦٤ کیلو نیوتن به دست آمد. با اعمال شاخص مخروط ۵۰۰ کیلو پاسکال بیشترین میزان نیروی کششی توسط الگوریتم به مقدار ۱۲,۳٤ کیلو نیوتن و در لغزش ۳۰٪ به دست آمد.

در مورد ابعاد چرخ های محرک تراکتور هم، بهترین نتیجه وقتی حاصل شده است که اندازه عرض چرخ های محرک در حدود ۰,۵ تا ۰,٦ متر باشند و قطر آن ها هم در حدود ۱,۸ تا ۲ متر باشند. این که اندازه ابعاد چرخ های محرک تراکتور در این بررسی نزدیک به بیشترین مقدار آن ها در محدوده مجاز به دست آمده است، شاهدی است بر دلیل بزرگتر بودن چرخ های محرک تراکتور نسبت به چرخ های فرمان گیر آن. هم چنین از نتایج حاصل شده بر می آید که در بیشترین میزان درصد لغزش، بیشترین نیروی کششی حاصل می شود. ستونی که به نام تعداد نسل در خروجی‌های الگوریتم به‌دست آمده است شامل اعدادی است که نشان می دهند الگوریتم در کدام نسل به بهترین پاسخ رسیده است و قبل از آن چه تعداد نسل مورد محاسبه قرار گرفته اند (جمعیت، ردیفی از افراد است و هر جمعیت موفق یک نسل نامیده می شود). بررسی نتایج مربوط به بازده کششی نشان داده است که وقتی نیروی کششی بیشینه تولید می شود،

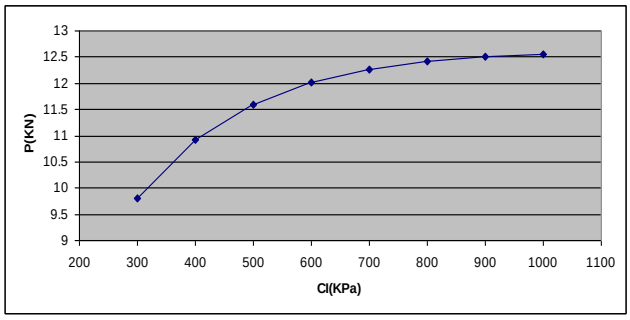
لزوما بازده کششی هم ماکزیمم نیست و مقدار آن از حدود ٦٥٪ تا ٧٢٪ می باشد. آن چه از نتایج اولین بخش این تحقیق بر می آید این است که این نتایج قرابت قابل قبولی با نتایج تجربی دارند.

در بخش دیگری از تحلیل، به بررسی اثرات تغییرات شاخص مخروط و به عبارت دیگر سفتی خاک بر روی نیروی کششی پرداخته شده است. پر واضح است که هنگام عبور تراکتور از مزرعه، سفتی خاک ثابت نیست و مرتبا تغییر می کند. هم چنین با هر بار عبور تراکتور از روی خاک، سفتی خاک به دلیل افزایش تراکم آن بیشتر می شود و در نتیجه سفتی یک خاک معین با افزایش عملیات و عبور تراکتور بیشتر می شود. همین عامل سبب بروز تغییراتی در میزان نیروی کششی تولیدی می گردد.CI با استفاده از پنترومتر در خاک های زراعی به دست می آید. هم چنین پارامتر لغزش در شرایط مزرعه ای اندازه گیری می شود. به این منظور تراکتور در دو حالت بدون بار و با بار در طول زمین حرکت داده می شود.

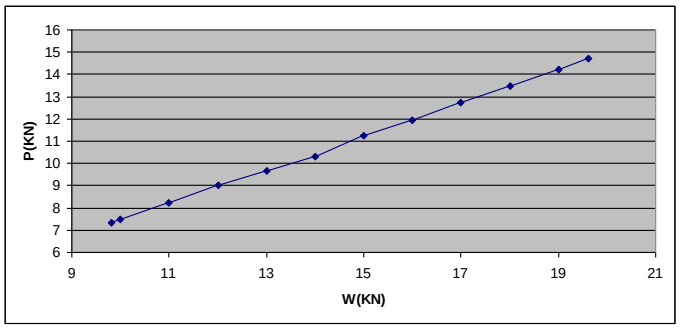
نتایج نشان دهنده این است که حتی با وجود ثابت نبودن هیچ کدام از متغیر ها، باز هم اندازه نیروی کششی با افزایش سفتی خاک (CI) افزایش می یابد، هرچند این افزایش ها به علت قابل تغییر بودن پارامترهای دخیل در رابطه، اندک است. شکل ۱روند این تغییرات را نشان می دهد. آن چه که در این نمودار هم مشهود است، روند صعودی نمودار است. همان گونه که در این نمودار دیده می‌شود افزایش شاخص مخروطی خاک تا اندازه‌ای منجر به افزایش کشش شده است اما درنهایت تقریبا بی تاثیر بوده است که با منطق واقعی حاکم بر خاک نیز سازگار است چراکه با خروج خاک از وضعیت نرم تقریبا ظرفیت کششی آن تثبیت گردیده و چندان دستخوش سخت‌تر شدن هرچه بیشتر خاک نخواهدبود.

بررسی اثر بار روی چرخ محرک نیز در تحلیل الگوریتم ژنتیک به انجام رسیده است و آن چه از نتایج برمی آید آن است که با افزایش مقدار وزن روی چرخ های محرک، مقادیر نیروی کششی هم افزایش می یابد. این افزایش نیروی کششی به قدری است که تغییرات پارامترهای دیگر هم نتوانسته است آن را کم رنگ کند. برای انجام این محاسبات، افزایش وزنی که در قالب انتقال وزن منظور شده است از صفر تا ٦ کیلو نیوتن بوده است. شکل ۲ خروجی الگوریتم را به‌صورت رابطه‌ای تقریبا خطی برای کشش و بار روی چرخ‌های محرک نشان داده است که تایید کننده ملاحظات تجربی برای نقش بار روی چرخ نیز بوده است. در بررسی دیگری، تأثیر تغییرات لغزش بر روی نیروی کششی به انجام رسیده است. روند افزایشی کشش طی زیاد شدن لغزش در مدل‌های متعدد چرخ و خاک گزارش شده است که البته این افزایش نیز محدود به سطوح منطقی لغزش است و بعد از این سطوح، افزایش لغزش قابل پیشنهاد نخواهد بود.

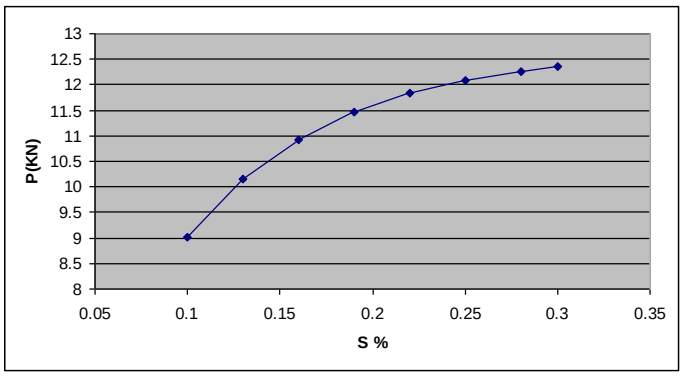
جدول ۲ روند تشکیل جمعیت‌های جدید و نیل به وضعیت بهینه را برای ارتباط نیروی کششی با لغزش نمایش داده است. نتایج الگوریتم در قالب ترسیمی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۱- نتایج حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک دررابطه با اثر تغییر شاخص مخروطی بر روی کشش.



شکل ۲- نتایج حاصل از اجرای الگوریتم اثر تغییر بار عمودی بر روی کشش تراکتور



شکل ۳- اثر تغییرات لغزش بر روی نیروی کششی

بازده کششی پارامتر مهم دیگری است که طی تحلیل‌های الگوریتم طراحی شده مورد ارزیابی قرار گرفته است که خلاصه نتایج آن در شکل ٤ نمایش داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشینه بازده کششی در حدود ۸۰٪ است که رقمی ایده‌آل است. از داده های خروجی الگوریتم دیده می‌شود که بازده کششی بیشینه هنگامی اتفاق می افتد

که وزن روی چرخ های محرک در مقدار مینیمم خود باشد. از داده های مربوط به CI هم پیداست که در هر نوع خاکی امکان به دست آوردن بازده کششی ماکزیمم به شرطی وجود دارد که بتوان سایر عوامل را تغییر داد. البته شرط دوم هم این است که محدوده بازده کششی ماکزیمم بین ۸۰٪ تا ۸٤,۹٪ در نظر گرفته شود. در این صورت، بیشترین بازده کششی در خاک های دارای شاخص مخروطی در حدود ۱۰۰۰ کیلو پاسکال اتفاق می افتد و بازده های کششی حدود ۸۰٪ تا ۸۲٪ در خاک های دارای شاخص مخروط در حدود ۳۰۰ کیلو پاسکال روی می دهد. در مورد ابعاد چرخ های محرک هم، عرض و قطر بیشتر باعث ایجاد بازده کششی بیشتری می شوند. اما بر خلاف نیروی کششی ماکزیمم که میزان لغزش در حدود ۲۵٪ تا۳۰٪ بوده است، بازده کششی ماکزیمم در لغزش حدودا ۱۰٪ اتفاق می افتد. نتایج نشان داده است که میزان نیروی کششی به ازاء مقادیر پارامترها، در حالتی که باعث وقوع بازده کششی ماکزیمم می شوند، در حدود 6.5 KN تا 7.4 KN می باشد و این نتیجه نشان دهنده این است که لزوما هنگامی که بازده کششی ماکزیمم است، نیروی کششی، ماکزیمم نیست واین به دلیل تلفات نیرو است که در هنگام ایجاد نیروی کششی ماکزیمم رخ می دهد و یکی از دلایل این افت، میزان بالای لغزش برای تولید نیروی کششی ماکزیمم است.

جمع‌بندی کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که با استفاده از محدوده های در نظر گرفته شده برای متغیرهای مطرح در رابطه نیروی کششی، نیروی کششی بیشینه در حدود ١٤,٥ تا ١٤,٧ کیلو نیوتن می باشد که این نتیجه با استناد به این فرضیه که اندازه نیروی کششی تولیدی بیشینه توسط تراکتور، در حدود ۰,۷۵ وزن روی چرخ های محرک آن است و با توجه به این که نیروی کششی بیشینه در نتایج حاصله، در بیشترین وزن روی چرخ های محرک ۱۹,٦۲ کیلو نیوتن است، منطقی به نظر می‌رسد. از طرفی، بازده کششی هنگامی که نیروی کششی بیشینه است، در حدود ٦٥٪ تا ۷۲٪ است و این موضوع نشان گر آن است که با افزایش بیش از حد نیروی کششی، افت نیرو افزایش یافته و باعث کاهش بازده کششی می شود. همچنین تحلیل‌های الگوریتم حاکی است نیروی کششی ماکزیمم هنگامی اتفاق می افتد که وزن روی چرخ های محرک ، شاخص مخروط ،عرض چرخ ، قطر چرخ و درصد لغزش در بیشترین مقدار خود قرار داشته باشند. در بررسی اثر تغییرات وزن روی چرخ های محرک بر روی نیروی کششی تراکتور، ملاحظه می شود که با افزایش وزن روی چرخ های محرک، نیروی کششی به صورت تقریبا خطی افزایش می یابد. با افزایش درصد لغزش، نیروی کششی هم افزایش می یابد. این روند افزایشی ابتدا با شیب تند و با افزایش بیشتر لغزش با شیب ملایم تری ادامه می یابد. مقایسه نمودارهای به دست آمده توسط الگوریتم ژنتیک در مورد تاثیر لغزش بر نیروی کششی با نمودار تجربی آن حاکی از تشابه قابل قبول آن ها است.

در بررسی بازده کششی بهینه با استفاده از محدوده های در نظر گرفته شده برای متغیرهای مطرح در رابطه بازده کششی، بازده کششی بیشینه در حدود ۸۱٪ تا ۸٤,۸٪ به دست آمد. نیروی کششی هنگامی که بازده کششی بیشینه است در حدود ٦,٥ تا ۷,٤ کیلو نیوتن به دست آمده است که بیان کننده این واقعیت است که لزوما بیشرین بازده کششی با بیشترین نیروی کششی مقارن نیست. بازده کششی ماکزیمم هنگامی روی می دهد که وزن روی چرخ های محرک، عرض چرخ و قطر چرخ در بیشترین اندازه خود و درصد لغزش در مقادیر حدود ۱۰ درصد باشند. هم چنین بازده کششی ماکزیمم میتواند در هر نوع خاکی اتفاق بیفتد. بازده کششی می تواند در شاخص های مخروط مختلف به بیشترین میزان خود برسد به شرطی که سایر پارامترها به میزان کمی تغییر کنند.

مقایسه نمودارهای به دست آمده توسط الگوریتم ژنتیک در مورد تأثیر شاخص مخروط بر بازده کششی با ملاحظات تجربی مربوط به روابط لغزش – بازده کششی برای مقادیر مختلف شاخص مخروط و هم چنین نمودار تجربی تأثیر شاخص مخروط بر مقاومت غلتشی، انطباق نسبی و قابل قبولی را نشان داده است. علاوه بر این، با افزایش درصد لغزش، بازده کششی ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد. بیشترین میزان بازده کششی در لغزش ۱۰٪ به دست آمد که منطبق با سایر تحقیقات است که بیان می کنند معمولا بیشترین بازده کششی در لغزش ۱۰٪ تا ۱۵٪ روی می دهد. به عبارتی کلی، انطباقی که بین نمودارهای به دست آمده از الگوریتم ژنتیک و نمودارهای تجربی وجود دارد، در واقع هم تأییدی است بر نتایج تجربی و هم بر کارآمدی الگوریتم ژنتیک.

منابع

1. Ageikin JS. Off-the-road wheeled and combined traction devices: theory and calculations. New Delhi: Amerind Pub. Co.; 1987 [Translation from 1972 Russian book].
2. Ageikin JS. Off-the-road mobility of automobiles. New Delhi: Amerind Pub. Co.; 1987 [Translation from 1981 Russian book].
3. Aksenov PV. Multi-axle automobiles. Moscow: Mashinostroenie; 1989 [in Russian].
4. Bekker MG. Introduction to terrain-vehicle systems. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press; 1969.
5. Hohl GH. Military terrain vehicles. J Terramech 2007;44:23–34.
6. Jukov AV, Provotorov YI, Skotnikov VA, Lyasko MI, Ginsburg YV. Tractors for melioration, construction and forest works. Minsk: Uradjai; 1989 [in Russian].
7. Kharkhuta NYa. Machines for soil compaction. Leningrad: Mashinostroenie; 1973 [in Russian].
8. Ksenevich IP, Skotnikov VA, Lyasko MI. Undercarriage systems; soil; crop. Moscow: Agropromizdat; 1985 [in Russian].
9. Vasil'ev AV, Dokychaeva EN, Utkin-Lubovtsov OL. Effect of tracked tractor design parameters on tractive performance. Moscow: Mashinostroenie; 1969 [in Russian].
10. Wong JY. Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, Inc.; 2001.
11. Letoshnev MN. Interaction between wheeled cart and road. Leningrad; 1929 [in Russian].
12.] Garbari G. Off-road motion resistance of wheeled vehicles. Rome: ATA Rediconti; 1949 [in Italian].
13. Ul'yanov NA. Theory of self-propelled wheeled earthmoving machines. Moscow: Mashinostroenie; 1969 [in Russian].
14. Brixius WW. Traction prediction equations for bias-ply tires. ASA Paper No. 871622. St. Joseph, MI: ASAE; 1987.
15. Holm IC. Multi-pass behavior of wheels in soft soil, also in a curve. In: Proceedings of the 11 international conference of ISTVS, Nevada, USA; 1993. p. 222–32.
16. Wong JY, Huang W. "Wheels vs. tracks" – a fundamental evaluation from the traction perspective. J Terramech 2006;43(1):27–42.
17. Schmid IC. Interaction of vehicle and terrain – results from 10 years research at IKK. J Terramech 1995;32(1):3–26.

Optimization of Traction Equations of Conventional Tractors Using Genetic Algorithm

Abstract

A special algorithm has been developed to predict drawbar performance of a tractor taking into account all the necessary variables during field operation. The performance of tractor–implement system involves the effect of a number of variables on the whole tractor–implement–soil system. Considering all these, the genetic algorithm is able to predict the performance of whole operation for selecting the various parameters and obtaining the best traction efficiency. This model is capable of determining the maximum pull available in the given field condition and matches the performance of trailed implements. On the other hand, the model was able to predict optimum slip of tractor driven wheels under different conditions. It was predicted by the model that the maximum pull developed by a tractor is limited by gross traction in the soft soil.

Keywords: Genetic Algorithm, Traction, Tractor, Optimization