



کواهی نامه پذیرش ارائه مقاله

بدینوسیله تاییدی شود مقاله زیر در سیزدهمین کنگره ملی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران پذیرفته شده است. این مقاله به صورت پوستر ارائه گردیده و در مجموعه مقالات کنگره چاپ شده است.

عنوان مقاله: طراحی یک کنترلر فازی و PID جهت تعین نیروی لازم برای پایداری تراکتور در شیب‌های عرضی

فرست نویسنده:

- خانم افروز سلیمانی *، دانشگاه فردوسی مشهد -
- آقای محمد حسین عباسپور فرد، دانشگاه فردوسی مشهد -
- آقای عباس روحانی، دانشگاه فردوسی مشهد -

دبیر اجرایی
دکتر احمد بناکار

دبیر انجمن
دکتر حسن زکی

دبیر علمی



دبیر اجرایی کنگره، دکتر احمد بناکار



طراحی یک کنترلر فازی و PID جهت تعیین نیروی لازم برای پایداری تراکتور در شیب‌های عرضی

افسانه سلیمانی^۱، محمدحسین عباسپور فرد^۲، عباس روحانی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (a.soleimani98@mail.um.ac.ir)

۲. استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (abaspour@um.ac.ir)

۳. دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (arohani@um.ac.ir)

چکیده:

حرکت تراکتور در شیب‌های عرضی یا جانبی سبب واژگونی و خسارت وارده به آن و در اکثر موارد سبب مرگ راننده می‌شود. در این مقاله به طراحی دو کنترلر پرداخته شده است که کنترلر اول یک کنترلر فازی و کنترلر دوم از نوع تناسبی انتگرالی مشتقی (PID) می‌باشد. در هر دو کنترلر نیروی لازم برای پایداری و تعادل تراکتور در شیب‌های عرضی تعیین شده است و در محیط سیمولینک نرم افزار متلب عملکرد این دو کنترلر مورد بررسی قرار گرفت. در واقع کنترلر دوم (PID) به منظور کاهش خطا و بالا بردن سرعت عکس‌العمل سیستم به کار برده شده است. عبارتی استفاده ترکیبی از این دو کنترلر می‌تواند بنحو موثرتری تعادل تراکتور را در راستای شیب عرضی حفظ کرده و از واژگونی آن جلوگیری کند. اطلاعات به دست آمده از این کنترلرها که به صورت تعیین نیروی لازم جهت پایداری تراکتور می‌باشد، به یک سیستم عمل‌کننده داده می‌شود تا این نیرو را به بدنه تراکتور در هنگام شرایط واژگونی در شیب‌های عرضی وارد کند.

کلمات کلیدی:

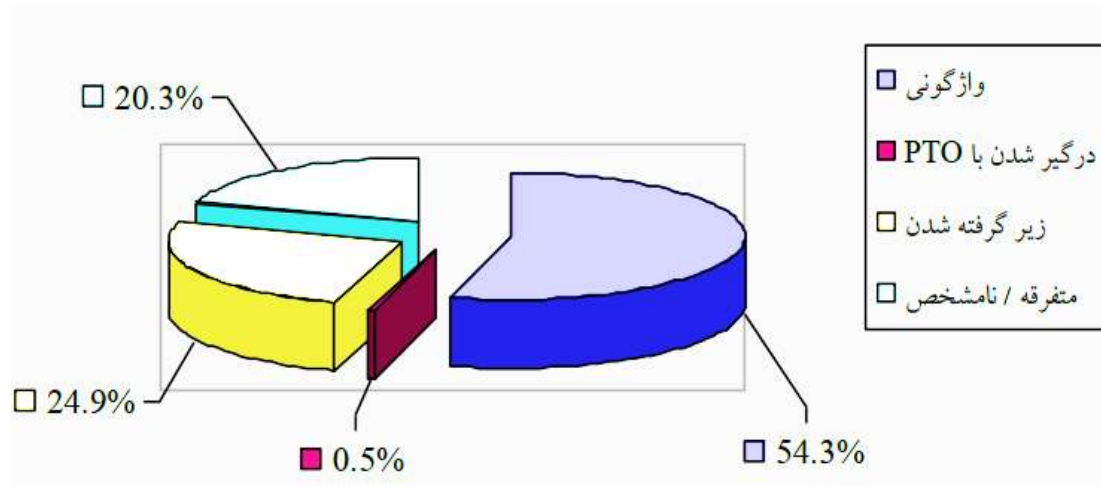
واژگونی جانبی، کنترلر فازی، شیب عرضی

*نویسنده مسئول: آدرس a.soleimani98@mail.um.ac.ir

طراحی یک کنترلر فازی و PID جهت تعیین نیروی لازم برای پایداری تراکتور در شیب‌های عرضی

مقدمه

واژگونی جانبی تراکتور یکی از صدمات جدی است که در اثر حرکت آن روی شیب‌های تند عرضی اتفاق می‌افتد. تراکتورها در کشاورزی باعث 32% مرگ‌ومیر هستند که بیش از 50% آن مربوط به واژگونی می‌باشد. مطابق شکل ۱ که انواع خسارات ناشی از کار کردن با تراکتور را نشان می‌دهد، بیش از نیمی از خسارات ناشی از واژگونی تراکتور می‌باشد [2].



شکل ۱. انواع خسارات ایجاد شده در اثر کار کردن با تراکتور

با توجه به اینکه تراکتور منبع تامین انرژی و توان منحصر بفرود برای فعالیت‌های مختلف کشاورزی است، بایستی بتوان در شرایط گوناگون و زمین‌های مختلف کشاورزی از آن استفاده کرد. بطوریکه کشاورز قادر به استفاده حداکثری از آن باشد. بطور کلی واژگونی^۱ تراکتور می‌تواند به دو صورت واژگونی جانبی^۲ و به سمت عقب^۳ باشد که ناشی از عوامل مختلفی است. یکی از این عوامل قرار گرفتن تراکتور روی شیب‌های عرضی می‌باشد. هنگامی که این شیب بیش از حد باشد و یا ناهمواری‌های روی آن شدید باشد، باعث واژگونی تراکتور می‌گردد [6].

در این زمینه تحقیقات و راهکارهایی ارائه شده که بیشتر در جهت حفظ جان راننده در هنگام واژگونی می‌باشد. استفاده از سیستم جلوگیری از واژگونی (ROPS^۴) که یک سیستم محافظ در برابر واژگونی است به عنوان یکی از راه‌حل‌هایی بیان شده که با نصب روی تراکتور از برخورد مستقیم راننده به زمین هنگام واژگونی شدن جلوگیری می‌شود. بنابراین روش اشاره شده مانعی برای جلوگیری از واژگونی

¹ Roll-over

² Side overturns

³ Rear overturns

⁴ Roll-over protective structures



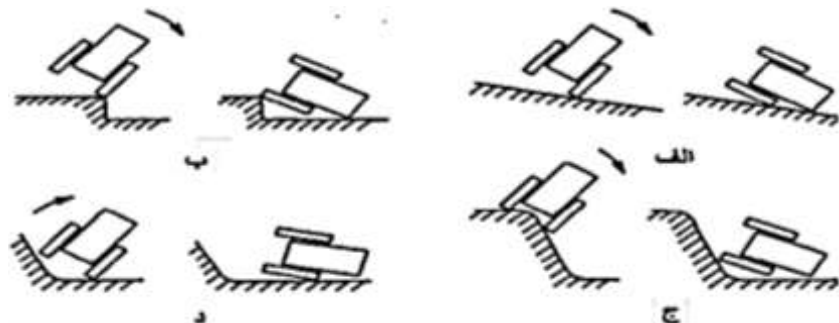
تراکتور نمی‌باشد و تنها از جان راننده حفاظت می‌کند. در همین راستا تحقیقاتی ارائه گردیده که در آن معیاری برای سنجش میزان پایداری تراکتور تعریف شده و تست‌هایی نیز در این زمینه انجام گرفته است [3].

عمده‌ترین تحقیقات در زمینه واژگونی تراکتور در سال‌های اخیر توسط آیرز^۵ و همکاران انجام شده است. این محققین معیاری را برای پایداری تراکتور تعریف کردند که بین صفر و ۱۰۰ می‌باشد. معیار پایداری ۱۰۰ نشان دهنده پایداری کامل تراکتور می‌باشد. برای مثال عبور تراکتور از مسیر کاملاً هموار با سرعت ثابت به عنوان معیار پایداری ۱۰۰ تعریف شده و معیار پایداری صفر حاکی از تمایل آن به واژگونی است [6].

در تحقیقی دیگر استفاده از GPS^۶ و دوربین سه‌بعدی، استفاده شده است که بیشتر برای شناسایی مسیر حرکت تراکتور مورد استفاده قرار می‌گیرند. بطوریکه به راننده هشدار داده و او را از عبور مسیرهایی که احتمال واژگون شدن می‌رود، آگاه می‌سازد [7]. در تحقیق دیگری که توسط زوهانگ^۷ و همکاران [5] انجام شد، پایداری تراکتور با استفاده از یک شبیه‌ساز بنام SIL^۸ مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد که توسط یک دوربین، تصویری سه‌بعدی از مسیر حرکت فراهم می‌کند. پس از آن اطلاعات این تصویر به یک نقشه سه‌بعدی تبدیل می‌شود. در این نقشه سه‌بعدی مسیری که تراکتور از روی آن خواهد گذشت را مشخص می‌کند. با استفاده از این نقشه زوایای رول^۹ و کله زنی^{۱۰} تراکتور و سرعت‌های آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. با تخمین این پارامترها که از عوامل مهم سنجیدن میزان تمایل تراکتور به واژگونی می‌باشد، می‌توان وضعیت تعادلی تراکتور را پیش‌بینی نمود و با استفاده از آنها نسبت به واژگونی تراکتور هشدار داد.

در تحقیق دیگری برای جلوگیری از واژگونی تراکتور در شیب‌های عرضی از یک تراکتور بهینه شده بعنوان معیار واژگونی استفاده شد. به طوریکه با کنترل آن میزان انتقال وزن عرضی به حداقل مقدار خود رسیده و در ناهمواریها روی شیب عرضی که در آن تراکتور معمولی واژگون می‌شود، تراکتور کنترل شده تعادل خود را حفظ و بدون واژگونی به مسیر خود ادامه می‌دهد. همچنین از یک کنترلر دو لایه که به یک جک هیدرولیک متصل است برای حرکت بدنه تراکتور در شیب عرضی استفاده شده است [8].

در شکل ۲ حالت‌های مختلف واژگونی جانبی تراکتور نشان داده شده است که هدف این تحقیق واژگونی در اثر حرکت روی شیب عرضی یعنی حالت الف می‌باشد.



⁵ Paul D. Ayers

⁶ Global Positioning System

⁷ Q. Zhang

⁸ Sensor-in-the Loop

⁹ Roll Angle

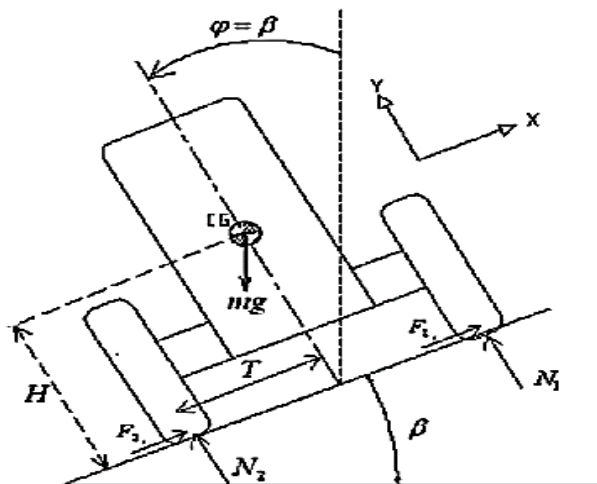
¹⁰ Pitch Angle

شکل ۲. حالات مختلف واژگونی تراکتور، الف) حرکت روی شیب عرضی ب) حالتی که چرخ‌های تراکتور روی یک لبه قرار می‌گیرد ج) حرکت روی یک لبه دهانه بزرگ یا لبه تپه و لبه ناهمواری‌ها د) حرکت روی یک دهانه بزرگ یا مانع بزرگ [1].

پایداری به سه صورت عرضی، طولی و چرخشی اتفاق می‌افتد. چون در این مقاله واژگونی جانبی ناشی از شیب عرضی مورد بررسی قرار گرفته، لذا بایستی معیار پایداری عرضی مورد توجه قرار گیرد. معیار پایداری عرضی در حالت استاتیکی به صورت زیر می‌باشد.

$$SI = (1 - \frac{\varphi}{\varphi_{cr}}) \times 100 \quad (1)$$

در معادله (۱)، φ زاویه رول تراکتور که مطابق شکل ۳ در وضعیتی که چرخ‌های آن از زمین جدا نشده است، برابر با شیب عرضی مسیر حرکت می‌باشد. φ_{cr} زاویه رول بحرانی است که بیشتر از آن، تراکتور واژگون می‌شود [6].



شکل ۳. تصویر جسم آزاد^{۱۱} تراکتور هنگام استقرار و یا حرکت بر روی سطحی با شیب عرضی

دومین معیار پایداری، معیار پایداری دینامیکی است، این معیار هنگامی اهمیت دارد که برای مثال یک تراکتور در حال حرکت روی سطحی با شیب عرضی ثابت، به طور ناگهانی تحت یک اغتشاش دینامیکی مانند عبور کردن از دست‌انداز، قرار بگیرد. این معیار پایداری از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$SI(t) = (1 - \frac{\varphi}{\varphi_{cr}})[1 - (\dot{\varphi} / \dot{\varphi}_{cr})^2] \times 100 \quad (2)$$

$\dot{\varphi}$ سرعت زاویه‌ای رول تراکتور و $\dot{\varphi}_{cr}$ سرعت زاویه‌ای رول بحرانی که وضعیتی است که تراکتور انرژی لازم را برای

¹¹ Free body diagram (FBD)



سیزدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک

بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

(مکانیک بیوسیستم ۱۴۰۰)

۲۶-۲۴ شهریور ۱۴۰۰



واژگونی دارد. ناپایداری استاتیکی به دلیل قرار گرفتن تراکتور روی یک شیب عرضی هموار، به ندرت اتفاق می‌افتد؛ اما از دست دادن پایداری به دلیل ناهمواری روی شیب عرضی بسیار بیشتر از شیب عرضی هموار است [4].

با توجه به معادلات (۱) و (۲) اگر بتوان زاویه رول و سرعت زاویه‌ای را در هر شیب عرضی و همچنین دست‌اندازها و ناهمواری‌ها محاسبه نمود، میتوان توسط یک کنترلر آنها را ارزیابی کرده و شرایطی که باعث واژگونی تراکتور در حین عبور از دست‌اندازها، شیب‌های عرضی و ناهمواری‌ها می‌شود را توسط یک کنترلر تشخیص داد. به این طریق می‌توان نیروی عکس‌العملی که به بدنه تراکتور بایستی وارد شود تا دو معیار پایداری استاتیکی و دینامیکی آن برابر ۱۰۰ باشد که حاکی از پایداری کامل تراکتور می‌باشد، توسط کنترلرها تعیین کرد.

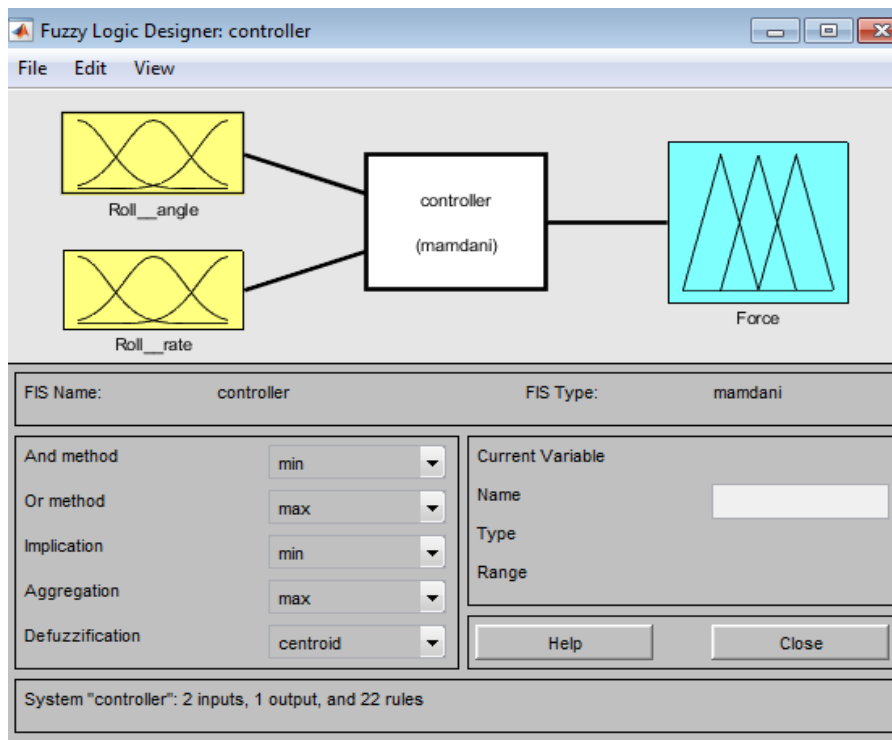
مواد و روش‌ها

ساختار کنترلر:

برای کنترل تراکتور از یک سیستم کنترل فازی مطابق با قوانین فازی برای تشخیص شرایط واژگونی، عدم تعادل تراکتور و تعیین نیروی لازم برای پایدار نگه داشتن بدنه تراکتور استفاده شده است. کنترلر اول یک کنترلر فازی می‌باشد که دارای دو ورودی زاویه رول و مشتق آن و یک خروجی که نیروی مطلوب می‌باشد، است.

طراحی کنترلر فازی:

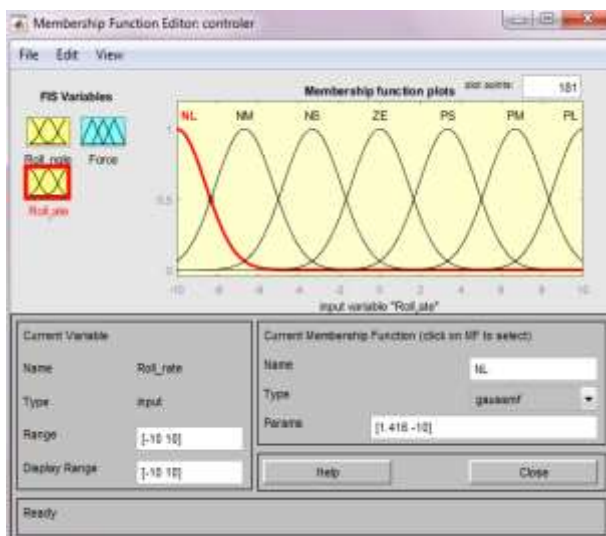
در این طراحی، کنترلر مطابق شکل ۴ دو مقدار ورودی زاویه رول و سرعت زاویه‌ای رول دریافت می‌کند. در واقع دو تا ورودی برای آن در نظر گرفته شده است و در مرحله‌ی بعد یک سری قوانین و قواعد مطابق با قوانین فازی برای این دو مقدار دریافتی تعیین گردید. سپس نیروی واکنش یا عکس‌العملی بر اساس قواعد و قانون‌هایی که تعیین شده برای حفظ تعادل تراکتور برآورد می‌شود.



شکل ۴. نمایش کنترلر فازی با دو ورودی و یک خروجی طراحی شده

برای زاویه رول مطابق شکل ۵ حالت الف، سه تابع عضویت و برای سرعت زاویه‌ای، حالت ب، تعداد خیلی بیشتری تابع عضویت در نظر گرفته شده است که نشان می‌دهد حساسیت سیستم روی سرعت زاویه‌ای بیشتر از زاویه رول است.

+



ب



الف



شکل ۵. توابع عضویت فازی، الف) تابع عضویت مربوط به زاویه‌ی رول ϕ (ب) تابع عضویت مربوط به سرعت زاویه‌ای رول $\dot{\phi}$

قوانین فازی:

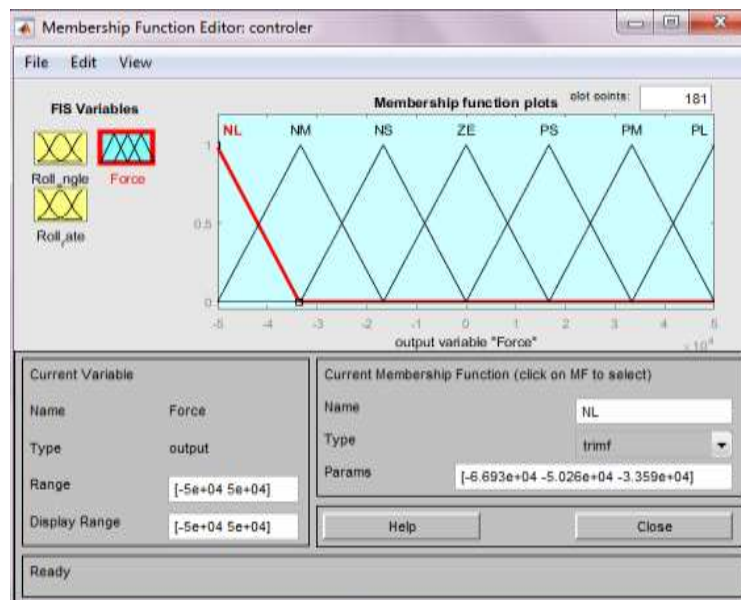
برای تعریف قوانین فازی بایستی نکات مهم در حرکت تراکتور در نظر گرفته شود. وقتی که مقدار زاویه رول در حال افزایش باشد، نیروی تعیین شده باید با ماکزیمم مقدار در جهت عکس تعیین شود. در موقعیتی که زاویه رول با سرعت زاویه‌ای کمی کاهش می‌یابد، نیرویی با مقدار کوچک تعیین می‌شود. در صورتی که زاویه رول با سرعت زاویه‌ای متوسطی کاهش یابد، نیرویی تعیین نمی‌شود. اما اگر کاهش زاویه رول با سرعت زاویه‌ای زیادی باشد، یک مقدار نیرو در جهت عکس تعیین می‌شود که این سرعت را خنثی کند. در صورتی که مقدار زاویه رول کم باشد، متناسب با مقدار سرعت زاویه‌ای، مقدار نیرو تعیین می‌شود. با توجه به این نکات قوانین فازی تعریف می‌شود.

مجموعه قواعد فازی به صورت زیر می‌باشند:

1. If (Roll__angle is N) and (Roll__rate is NL) then (Force is PL)
2. If (Roll__angle is N) and (Roll__rate is NM) then (Force is PL)
3. If (Roll__angle is N) and (Roll__rate is NS) then (Force is PL)
4. If (Roll__angle is N) and (Roll__rate is ZE) then (Force is PL)
5. If (Roll__angle is N) and (Roll__rate is PS) then (Force is PS)
6. If (Roll__angle is N) and (Roll__rate is PM) then (Force is ZE)
7. If (Roll__angle is N) and (Roll__rate is PL) then (Force is NS)
8. If (Roll__angle is ZE) and (Roll__rate is NL) then (Force is PL)
9. If (Roll__angle is ZE) and (Roll__rate is NM) then (Force is PM)
10. If (Roll__angle is ZE) and (Roll__rate is NS) then (Force is PS)
11. If (Roll__angle is ZE) and (Roll__rate is ZE) then (Force is ZE)
12. If (Roll__angle is ZE) and (Roll__rate is PS) then (Force is NS)
13. If (Roll__angle is ZE) and (Roll__rate is PM) then (Force is NM)
14. If (Roll__angle is ZE) and (Roll__rate is PL) then (Force is NL)
15. If (Roll__angle is P) and (Roll__rate is NL) then (Force is PS)

16. If (Roll__angle is P) and (Roll__rate is NM) then (Force is ZE)
17. If (Roll__angle is P) and (Roll__rate is NS) then (Force is NS)
18. If (Roll__angle is P) and (Roll__rate is ZE) then (Force is NL)
19. If (Roll__angle is P) and (Roll__rate is PS) then (Force is NL)
20. If (Roll__angle is P) and (Roll__rate is PM) then (Force is NL)
21. If (Roll__angle is P) and (Roll__rate is PL) then (Force is NL)
22. If (Roll__angle is P) and (Roll__rate is PL) then (Force is NL)

توابع عضویت مربوط به نیرو نیز مطابق شکل ۶ شامل نیروهای زیاد، متوسط، کم و صفر تعریف شده است. همچنین با توجه به تقارن سیستم حول زاویه رول صفر، تمام توابع عضویت مربوط به هر کدام از ورودی‌ها و خروجی کنترلر به صورت قرینه می‌باشند.



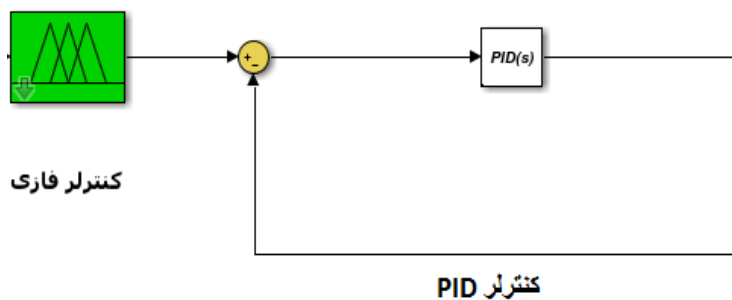
شکل ۶. تابع عضویت مربوط به نیروی خروجی

طراحی کنترلر PID^{۱۲}

¹² Proportional, integral and derivative (PID)

کنترل کننده PID یا تناسبی-انتگرالی-مشتقی، یک الگوریتم و روش کنترل حلقه بسته با بهره‌گیری از مفهوم فیدبک است. این سه ضریب پایه P، I و D در کنترلر به منظور دستیابی به مقدار بهینه می‌باشد که در بسیاری از فرایندهای صنعتی بیشترین کاربرد را برای کنترل سرعت، فشار، دما و ... دارند. از ویژگی‌های این کنترلر می‌توان به پایداری، کاهش زمان پاسخ‌دهی، افزایش سرعت پاسخ‌دهی، کنترل خطا و حذف خطای ماندگار اشاره کرد.

این کنترلر در واقع پارامتر ورودی را می‌گیرد و خروجی خواسته شده را ایجاد می‌کند. در این مقاله یک کنترلر کننده PID به همراه کنترلر کننده فازی در محیط سیمولینک متلب^{۱۳} مطابق شکل ۶ طراحی گردید که دستور تولید شده توسط کنترلر فازی را می‌گیرد و مقادیر اغتشاش وارده به تراکتور را با خطای قابل قبول ۰.۰۰۱ که در این کنترلر در نظر گرفته شده را دریافت می‌کند و فرمان لازم برای تعادل تراکتور را صادر می‌کند بطوریکه کارایی سیستم کنترل را بهبود بخشد.



شکل ۶. کنترلر PID طراحی شده

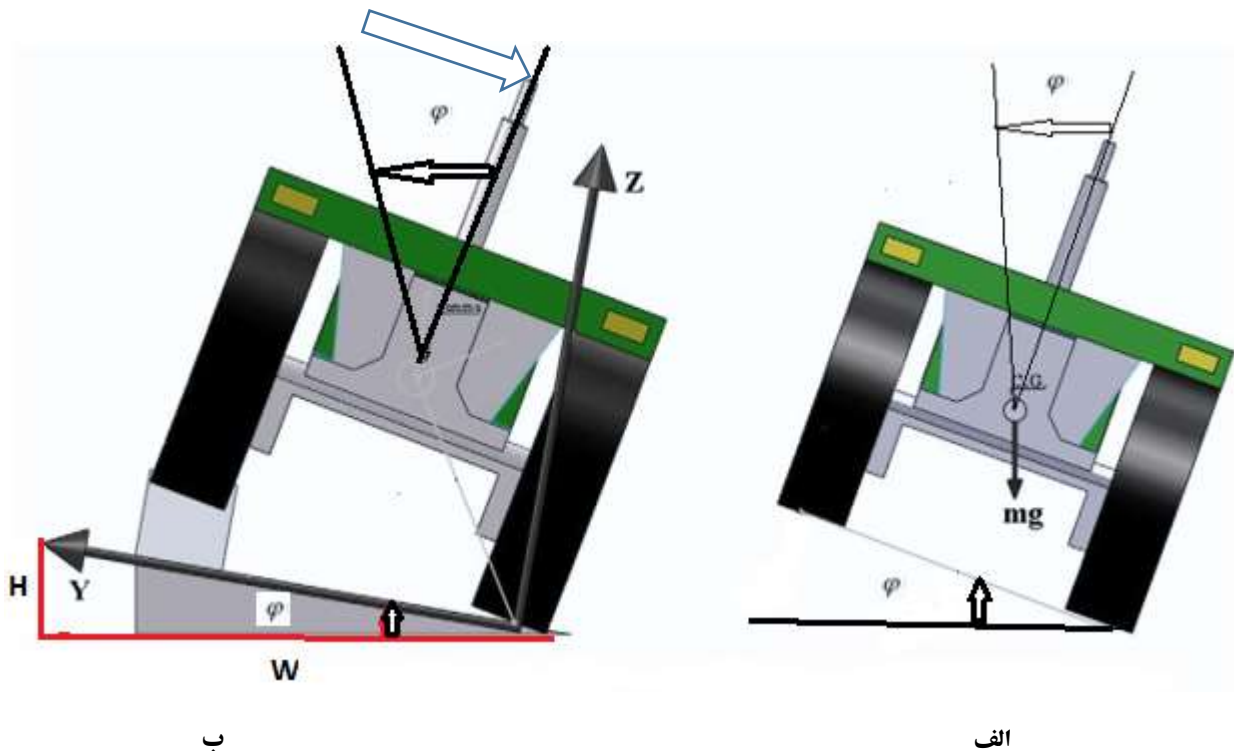
نتایج

در شبیه‌سازی حرکت تراکتور، مطابق شکل ۷ حالت الف پس از آنکه تراکتور روی شیب عرضی $0 < \varphi < 20$ و دست‌اندازی با ارتفاع $H=0.5$ (m)، $W=3$ (m) با سرعت 10 (km/h) و ۱۵ (km/h) قرار می‌گیرد، زاویه رول آن برابر زاویه شیب عرضی است که نشان دهنده پایداری کامل آن می‌باشد. اما در ثانیه دوم وقتی چرخ‌های سمت بالای شیب عرضی از دست‌انداز اشاره شده که به‌عنوان اغتشاش سیستم تلقی می‌شود، گذشت، زاویه رول آن ناگهان افزایش یافته و چرخ‌ها از سطح زمین جدا می‌شود که نشان دهنده ناپایداری آن است، ولی دوباره به موقعیت اولیه خود و شیب مورد نظر بازگشته و پایدار می‌شود [8].

برای زوایای $20 < \varphi < 30$ و دست‌اندازی با ارتفاع $H=0.3$ (m)، $W=3$ (m) با سرعت 10 (km/h) و 15 (km/h) زمانی که یکی از چرخ‌های عقبی یا جلویی تماس خود را با سطح شیب‌دار از دست می‌دهد یا از سطح زمین جدا می‌شود و در ثانیه دوم که چرخ‌های سمت بالای شیب عرضی مطابق شکل ۷ حالت ب با سرعت مشخصی از دست‌اندازی سینوسی شکل به طول و ارتفاعی مشخص عبور می‌کند، این

¹³ MATLAB-SIMULINK

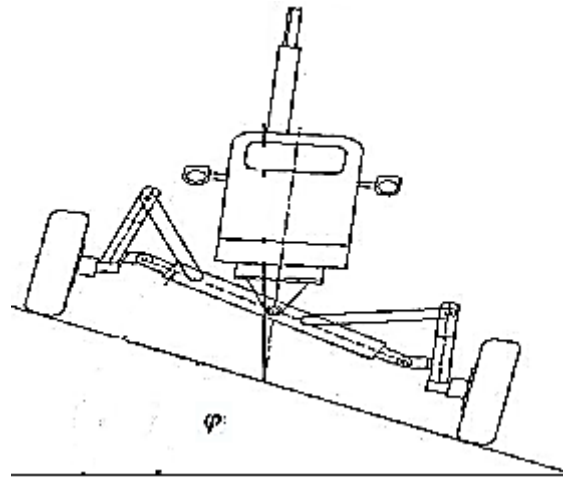
دست انداز به عنوان اغتشاش وارده به سیستم می تواند شیب عرضی را به طور ناگهانی با سرعت زاویه ای بالایی افزایش داده و باعث ناپایداری تراکتور شود [8]. زاویه رول تراکتور، در هر دو سرعت حرکت پس از عبور از دست انداز افزایش یافته و در نهایت واژگون می شود.



شکل ۷. نمایش تراکتور در شیب عرضی، الف) تراکتور روی شیب عرضی در حالت پایدار ب) تراکتور روی شیب عرضی در حالت ناپایدار

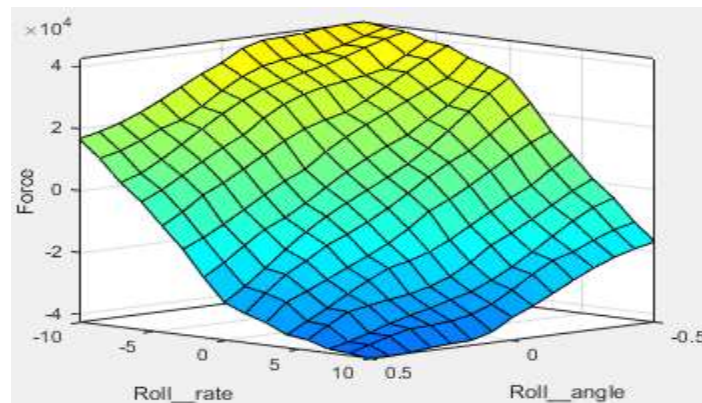
برای جلوگیری از این واژگونی در مناطقی با شیب عرضی از تراکتورهای شیرو^{۱۴} استفاده می کنند. مطابق شکل ۸ که تراکتور شیرو را نشان می دهد، توسط جک هیدرولیک و عملگر هیدرولیک در هرشیبی چرخ ها در تماس با زمین قرار می گیرد. کنترلر فازی که ما در این مقاله طراحی کردیم با گرفتن زاویه و سرعت زاویه ای رول در حرکت تراکتور با دو سرعت ثابت و مستقیم یک نیروی عکس العملی را تعیین و مشخص می کند و با انتقال این نیرو به عملگر هیدرولیک به طور خودکار تراکتور در شیب عرضی بدون واژگونی حرکت می کند.

¹⁴ Slope tractor



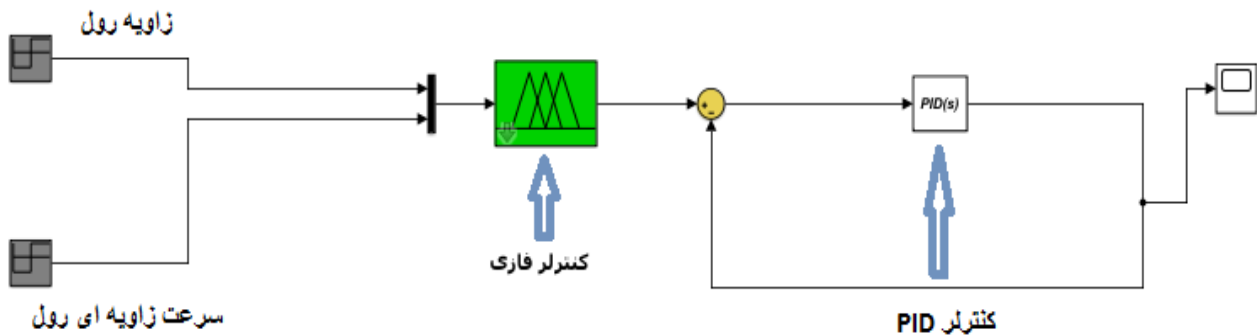
شکل ۸. نمایش تراکتور شیبرو

با توجه به شکل ۹ که نیروی تعیین شده توسط کنترلر فازی را نشان می‌دهد هرچه زاویه و سرعت زاویه‌ای بیشتر شود، مقدار نیروی عکس‌العملی افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به شکل مشخص است که تغییرات نیرو، همراه با تغییرات سرعت زاویه‌ای حساس تر است.



شکل ۹. نمایش سطح نیروی به دست آمده توسط کنترلر فازی

مطابق شکل ۱۰ کنترلر فازی دو مقدار زاویه رول و سرعت زاویه‌ای رول را دریافت می‌کند و براساس قوانینی که برای آن نوشته شده مقدار نیروی بهینه برای کنترل و تعادل تراکتور پیش‌بینی می‌شود. همچنین برای بهبود کارایی سیستم کنترل و پایداری در برابر اغتشاش وارده و همچنین سرعت پاسخ‌دهی بالا و کاهش خطا از کنترلر PID بعد از کنترلر فازی در محیط نرم‌افزار سیمولینک متلب استفاده شد. با این کار سرعت عکس‌العمل سیستم افزایش پیدا کرد و با در نظر گرفتن خطای قابل قبولی دستوری را که از کنترلر فازی می‌گیرد، دنبال و نیروی تصحیحی برای پایداری تراکتور در نظر می‌گیرد.



شکل ۱۰. شبیه‌سازی سیستم کنترل واژگونی تراکتور در محیط سیمولینک متلب

پیشنهادها

در این تحقیق طراحی یک کنترلر و فیدبک برای تعیین نیروی مورد نیاز برای پایداری تراکتور که با دو سرعت ثابت ۱۰ و ۱۵ کیلومتر بر ساعت روی شیب عرضی حرکت می‌کند ارائه گردید. در صورتی که وضعیت‌های مختلف تراکتور در حرکت مثل دور زدن و چرخیدن تراکتور در حرکت روی شیب عرضی در نظر گرفته نشد و تنها حرکت با سرعت ثابت و در مسیر مستقیم بررسی گردید. بنابراین پیشنهاد می‌شود در این راستا تحقیقات بیشتری صورت بگیرد.

مراجع

1. Chisholm, C.J., 1979. A mathematical model of tractor overturning and impact behaviour. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 24(4), pp.375-394.
2. Hard, D.L., Myers, J.R., Snyder, K.A., Casini, V.J., Morton, L.L., Cianfrocco, R. and Fields, J., 1999. Identifying work-related fatalities in the agricultural production sector using two national occupational fatality surveillance systems, 1990-1995. *Journal of agricultural safety and health*, 5(2), p.155.
3. Hoy, R.M., 2009. Farm tractor rollover protection: Why simply getting rollover protective structures installed on all tractors is not sufficient.
4. Hunter, A.G.M. and Owen, G.M., 1983. Tractor overturning accidents on slopes. *Journal of Occupational Accidents*, 5(3), pp.195-210.
5. Kise, M. and Zhang, Q., 2006. Sensor-in-the-loop tractor stability control: Look-ahead attitude prediction and field tests. *Computers and electronics in agriculture*, 52(1-2), pp.107-118.
6. Liu, J. and Ayers, P.D., 1996. Technology for measuring tractor stability on-site. *ASAE paper*, 965034.
7. Liu, J., Ayers, P.D. and Vance, M., 1999, July. Off-road vehicle stability mapping integrating gps/gis and video technology. In *ASAE Annual International Meeting, Tech. Rep.*



سیزدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک

بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

(مکانیک بیوسیستم ۱۴۰۰)

۲۴-۲۶ شهریور ۱۴۰۰



-
8. Mashadi, B. and Nasrolahi, H., 2009. Automatic control of a modified tractor to work on steep side slopes. *Journal of Terramechanics*, 46(6), pp.299-311.

Design of a fuzzy and PID controller to determine the force required for tractor stability in side slopes

Afsaneh Soleimani^{*1}, Mohammad Hossein Abbaspour-Fard², Abbas Rohani³

1. Master student of Biosystem Mechanics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
- 30 Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

The movement of the tractor on side or lateral slopes causes overturning and damage to it and in most cases causes the death of the driver. In this paper, two controllers are designed, the first controller is a fuzzy controller and the second controller is a Proportional integral derivative controller (PID). By these two controllers, the necessary force for the stability and balance of the tractor in side slopes has been determined and in Simulink MATLAB environment, the performance of these two controllers has been investigated. The combination of these two controllers was able to maintain the balance of the tractor in moving on the side slope and prevent it from overturning. The information obtained from these controllers, which is in the form of determining the force required for the stability of the tractor, is given to an operating system to apply this force to the tractor body during overturning conditions on side slopes.

Key words: Lateral overturning, fuzzy controller, side slope

*Corresponding author: E-mail: a.soleimani98@mail.um.ac.ir