



اتوماسیون سازی سرعت خودرو (کروز) با استفاده از روش فازی با معرفی الگوریتم علف های هرز برای بهینه سازی

امیر ترابی¹، کاظم پوربدخشان² و سید کمال الدین موسوی مشهدی³

¹ موسسه آموزش عالی خراسان مشهد، Amirtorabi1@gmail.com

² مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی قوچان K_pour@yahoo.com

³ دانشکده برق دانشگاه علم و صنعت ایران، Sk_Mousavi@iust.ac.ir

ای در مورد پیش بینی امر کنترل در بزرگراه ها انجام گرفته است، که در این زمینه سنسورهای منعکس کننده امواج و دریافت کننده آن مورد استفاده قرار گرفته اند [5]. از دیدگاه کنترلی، روش های مختلفی در سال 1996 kosecka نشان داد که تنها با استفاده از یک کنترلر تناسبی صرف برای استفاده در یک سیستم کنترلی با قابلیت تغییرات برای پیچیدگی های کم تر، توماسیون سازی با استفاده از یک کنترلر PID بهینه سازی می شود. مسير مرجع و با خطای کم ارائه شده است [14-8]. کنترلی که برای سیستم فوق مورد استفاده قرار گرفت یک نوع کنترلر PID بود که به نوعی قابلیت پیش بینی هم داشت و در سال 1990 ارائه گردید [8]. وسیله نقلیه در گردش 0.004 و با سرعت 28 متر بر ثانیه می توان اتوموبیل را کنترل نمود [7].

مدل سازی ریاضی

مدل سازی ریاضی وسیله نقلیه از دهه 1950 مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. مدل های وسائل نقلیه ای با شش درجه آزادی توسط LUNGER ارائه شد [7] و پس از آن Peng و tomizuka کاربرد ی بودن آنرا اثبات کردند. این مدل به دلیل پیچیدگی برای طراحی و کنترل مدل مناسبی نمی باشد و تنها بر روی کاغذ و بصورت صوری دارای جواب است و در شرایط اضطراری و اورژانسی نمی توان بدان تکیه کرد.

مدل وسیله نقلیه

وسيله نقلیه در این مقاله دارای 2 درجه آزادی و دارای عملکرد خطی می باشد که این مدل در حقیقت ساده شده مدل پیچیده فوق الذکر می باشد. همچنین فرض شده سرعت ثابت و فاقد اغتشاش است. مدل خطی وسیله نقلیه با توجه به مرجع [16] بصورت زیر بیان می گردد.

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_y \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{C_f + C_r}{-mV_x} & -V_x + \frac{C_r l_r - C_f l_f}{mV_x} \\ -\frac{l_f C_f - l_r C_r}{I_z V_z} & -\frac{l_f^2 C_f + l_r^2 C_r}{I_z V_x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ \phi \end{bmatrix} \quad (1)$$

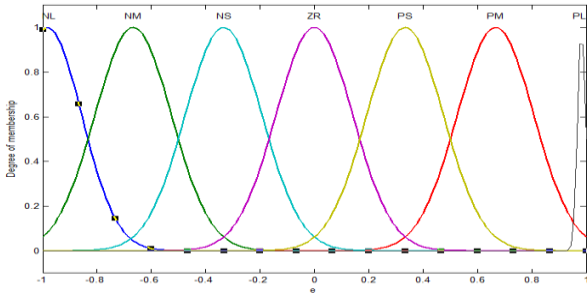
چکیده: در بزرگراه ها فرمان خودکار یک جزء حیاتی در بحث اتوماسیون سازی بزرگراه ها است، در حال حاضر در سراسر جهان برنامه های سیستم های هوشمند حمل و نقل بصورت گسترده مورد بررسی قرار می گیرد. برای نائل شدن به هدف فوق از کنترلرهای PID به همراه مشاهده بصری برای ایجاد کنترل اتوماتیک تحت شرایط مختلف بهره می جویند. اما این کنترلر دارای چندان پاسخ سریعی نمی باشد و از آنجا که سیستم کروز سیستمی حساس بوده و باید در مقابل موانع و خطرات به سرعت واکنش نشان دهد نیازمند دریافت پاسخ سریع از کنترلر هستیم. در این مقاله سعی شده است با اعمال کنترلر فازی خلاء فوق را برطرف نماییم. همچنین الگوریتم بهینه سازی علف های هرز برای به دست آوردن ضرایب مناسب برای کنترل کننده فازی معرفی می گردد. در ادامه شبیه سازی هایی برای مقایسه پاسخ های هر دو کنترلر برای اثبات مزیت های فازی آورده شده است.

واژه های کلیدی: الگوریتم علف هرز، رادار، کروز، کنترل سرعت،

کنترل کننده فازی

مقدمه

همانطور که اشاره کنترل فرمان اتوماتیک یک جزء حیاتی در بحث اتوماسیون سازی جاده ها می باشد که این امر در سالهای اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته است. در مورد اتوماسیون سازی جاده ها shladover, bender تحقیقات جامعی انجام داده اند [2], [3]. در اصل بحث کنترل وسیله نقلیه از دهه 50 مورد بررسی قرار گرفته شده است [4]. مسئله کنترل فرمان اتوماتیک دو بحث اصلی را طلب می کند: حس کردن¹ و کنترل². در حقیقت امر کنترل از دو مقوله نگاه به وضعیت فعلی و پیش بینی تشکیل شده است. سیستم های پیش بینی جایگزین رفتار شخص راننده در حین رانندگی بوسیله اندازه گیری فاصله وسیله نقلیه در موقعیت های مختلف، می شود. تحقیقات گسترده



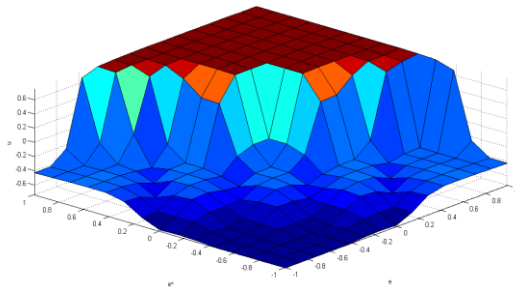
شکل 4: توابع عضویت برای دو ورودی

بانک قواعد (رول) که برای این کنترلر ایجاد شده است به شرح زیر می باشد.

جدول 1: بانک قواعد کنترلر فازی

E/E	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
PL	NS	ZR	PS	PM	PL	PL	PL
PS	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PL
ZR	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
NS	NL	NL	NM	NS	ZR	PS	PM
NM	NL	NL	NL	NM	NS	ZR	PS
NL	NL	NL	NL	NL	NM	NS	ZR

شکل 5: surface مربوط به این کنترلر در زی نشان داده می شود.



شکل 5: تصویری surface کنترلر فازی

الگوریتم علف های هرز

الگوریتم علف های هرز مهاجم برای متغیرهای پیوسته

این الگوریتم جزو روش های بهینه سازی جمعیت محور بوده و از رفتار کلونی علف هرز الهام گرفته شده است. این روش اولین بار توسط Mehrabian و Lucos معرفی شد. الگوریتم IWO یک الگوریتم بسیار ساده و درعین حال موثر در یافتن نقاط بهینه عملکرد توابع می باشد که براساس ویژگی طبیعی علف های هرز مانند تولید بزرگ و رشد و تنازع برای بقا در یک کلونی عمل می کند. IWO در مقایسه با سایر الگوریتم های بهینه سازی مانند الگوریتم ژنتیک ساده تر بوده و توانایی و سرعت خوب در همگرایی به سمت نقطه بهینه عمومی تابع را دارد. برخی از ویژگی های اصلی این الگوریتم که آن را از دیگر روش

در چند دهه اخیر FLC به عنوان متمم و کامل کننده کنترلر های مرسوم شناخته شده است. کنترلر هایی که براساس منطق فازی عمل می کنند در سیستم های غیر خطی حتی از نوع غیر قطعی هم (uncertain) عملکرد مناسبی دارند. بر خلاف کنترلر های مرسوم FLC نیاز چندانی به اطلاعات دقیق ندارند. علی رغم تحقیقات و راه حل های فراوان در رابطه با سیستم های فازی هنوز هم حدود 90٪ همچنان از کنترلر های PID استفاده می گردد. از جمله دلایل این اقبال نسبت به این کنترلر ها را می توان به صورت زیر بیان نمود:

- 1- کنترلر های PID مستحکم اند و طراحی ساده ای هم دارند.
- 2- وجود رابطه بین کنترلر PID و پاسخ سیستم، که در نتیجه آن اپراتور در زمینه ماهیت سیستم می تواند از روی پاسخ سیستم اطلاعی به دست آورد.

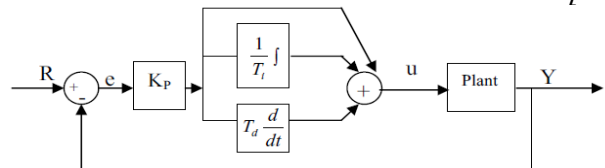
3- در چند دهه اخیر بر روی برخی پروسه های کنترلی ضرایب PID مشخصی تعیین شده است که وظیفه متصدیان امر کنترل را سبک تر می کند.

4- امروزه بستر کنترلر های PID صنعتی این قابلیت را دارند که به صورت اتوماتیک بتوان ضرایب PID مناسب را تخمین زد.

در حقیقت کنترل فازی بین دو اصل هوش مصنوعی و مهندسی کنترل قرار دارد که در عمل مورد استفاده قرار می گیرد.

سیستم را حذف می کند و عامل مشتقی پایداری سیستم حلقه بسته را بهبود می بخشد. روابط بین این پارامتر ها به صورت زیر است.

[17]



شکل 3: نمایش کنترلر PID [14]

بعد از تنظیم ضرایب PID ضرایب فازی را هم با توجه به پروسه تنظیم نموده و در صورت بکار بردن رول ها و نیز توابع عضویت مناسب برای ورودی ها و خروجی شکل موجی که از خروجی استخراج می شود به مراتب بهتر از مدل مشابه کنترلر فازی می باشد.

در ادامه رول ها و قواعد نوشته شده برای کنترل این پروسه نشان داده خواهد شد. این رول ها بطور مشابه برای دو ورودی خطا و تغییرات خطا اعمال شده اند.



ها متمایز می کند عبارتند از: بازتولید، فضای پراکندگی و رقابت انحصاری. این الگوریتم با الگوریتم ژنتیک، الگوریتم جهش قورباغه و الگوریتم اجتماع ذرات (PSO) مقایسه شده، نتایج حاصل نشان می دهد که IWO به خوبی روش های ذکر شده و حتی گاهی بسیار بهتر از آنها عمل می کند. به منظور شبیه سازی رفتار علف هرز با الگوریتم IWO مراحل زیر را انجام می دهیم:

گام 1: تولید جمعیت اولیه: یک جمعیت متشکل از تعدادی بزرگ (راه حل های اولیه) با تعداد اعضایی برابر با N_0 در فضای n بعدی مسئله به صورت تصادفی پخش می شود.

گام 2- تولید مثل (بازتولید): هر بذری شروع به رشد کرده و به یک گیاه بالغ تبدیل می شود و شروع به تولید بزرگ با نسل جدیدتر می کند. تعداد بذری که هر گیاه تولید می کند به صورت خطی بین مقادیر حداقل (S_{min}) و حداکثر (S_{max}) ممکن بذری تولیدی افزایش می یابد. تعداد این بذری تولیدی برای گیاه i ام در هر تکرار وابسته به مقدار گیاه i ام در هر تکرار وابسته به مقدار هدف خود

گیاه (F_i) و نیز بهترین (F_g) و بدترین (F_w) مقدار هدف در آن تکرار است و از رابطه (11) به دست می آید:

$$Num_seeds(i) = \frac{F_i - F_w}{F_g - F_w} \times (S_{max} - S_{min}) + S_{min} \quad (12)$$

گام 3- فضای پراکندگی: تصادفی بودن و همگون سازی الگوریتم مربوط به این قسمت است. بذری تولیدی در n بعد فضای جستجو به صورت تصادفی با توزیع نرمال با میانگینی برابر صفر و واریانس متفاوت $N(0, \delta_{iter}^n)$ پخش می شوند، در این حالت بذری نزدیک گیاه والد خواهند بود. هر چند انحراف معیار نتایج رضایت بخشی می دهد که به صورت زیر نشان داده می شود:

$$\delta_{iter} = \left(\frac{iter_{max} - iter}{iter_{max}} \right)^\lambda \times (\delta_{start} - \delta_{stop}) + \delta_{stop} \quad (13)$$

در رابطه (13) $iter_{max}$ بیشترین تکرار δ_{iter} انحراف معیار تکرار مربوطه ($iter$) و ضریب مدولاسیون غیر خطی است. در این حالت موقعیت بذری (S_j) برابر i امین گیاه (W_i) از رابطه زیر بدست می آید:

$$S_j = W_j + N(0, \delta_{iter}^n), 1 \leq j \leq num_seeds(i) \quad (14)$$

گام 4- رقابت انحصاری: با گذشت چند تکرار تعداد گیاهان توسط باز تولید سریع به حداکثر تعداد (W_{max}) خود می رسد، در این حالت هر گیاه اجازه دارد بذری مطابق با باز تولید ایجاد کند. بذری مجازند در فضای جستجو مطابق روش فضای پراکندگی گسترش یابند. زمانی که بذری هم موقعیت خود را یافتند در کنار والدینشان با هم و به صورت یک کلونی قرار می گیرند. سپس اعضا با برابری بدتر حذف می شوند تا تعداد اعضا به ماکزیمم مجاز برسد در این روش والدین و فرزندانشان با هم ترکیب شده و از بین آنها گیاهانی که بهترین برازندگی را دارند حفظ شده و اجازه ی

جایگزینی می یابند. مکانیزم کنترل جمعیت به نسل های بعد هم تارسیدن به انتهای دوره (آخرین تکرار) اعمال می شود.

صورت باینری الگوریتم IWO

صورت باینری الگوریتم IWO در مرجع [20] ارائه شده است. در این مرجع پیشنهاد شده است برای استفاده از الگوریتم به صورت باینری بایستی دو تغییر در آن ایجاد شود. از یک طرف تمام متغیر ها بایستی بصورت باینری نشان داده شود که در این صورت تنهادرای دو مقدار صفر و یک خواهند بود. از سوی دیگر باید عملگر پراکندگی (فضای پراکندگی) در فضای جستجو با فرم باینری مطابقت داده شود. دلیل این امر آنست که رابطه (12) که در صورت اصلی الگوریتم برای تعیین موقعیت بذری جدید بکار می رود در حالت باینری به دلیل عدم مفهوم مقدار $N(0, \delta_{iter}^n)$ برای حالت باینری غیر قابل استفاده است، چرا که مقدار $N(0, \delta_{iter}^n)$ فقط می تواند شامل دو مقدار صفر و یک باشد که با این شرایط عملگر جمع (+) بکار رفته در رابطه (12) بی معنی خواهد بود.

رابطه فوق نشان می دهد که موقعیت بذری جدید یک نقطه در همسایگی گیاه والد است، که شعاع این همسایگی توسط مقدار δ_{iter} کنترل می شود و مکانیزم تبدیل الگوریتم را ادامه می دهد.

الگوریتم بهینه سازی علف هرز مهاجم باینری (BIWOA) عبارت $N(0, \delta_{iter}^n)$ مطابق مراحل زیر تعریف می گردد:

گام 1- تعیین تعداد بیت هایی که باید در بذری تولیدی تغییر یابند

(r_{bits}). به منظور عملکرد بهتر الگوریتم از توزیع نرمال

$N(0, \delta_{iter}^n)$ برای تعیین این بیت ها استفاده می شود. همچنین به دلیل بی معنی بودن مقدار منفی در حالت باینری از مقادیر مثبت این توزیع $N(0, \delta_{iter}^n)$ استفاده می شود.

گام 2- محاسبه مقدار احتمال تغییر هر بیت بر اساس تعداد r_{bits}

$$P_{change} = \frac{r_{bits}}{n} \quad (16)$$

کام 3- گیاه W_i جایگزین بذری S_i می شود. ($S_i = W_i$)

گام 4- تمام n بیت بذری تولیدی مطابق با احتمال تغییر P_{change} تغییر می کنند. این مرحله شبیه عملگر جهش در الگوریتم ژنتیک است با این تفاوت که در GA مقدار جهش از قبل مشخص می شود ولی در BIWO این مقدار در هر مرحله و بر اساس توزیع نرمال تعیین می شود. این روش تعداد بیت های تغییر یافته را کاهش داده و سبب نزدیکی بیشتر بذری تولیدی به گیاه والد می شود.

با توجه به مطالب فوق تمام مراحل ارائه شده برای صورت اصلی

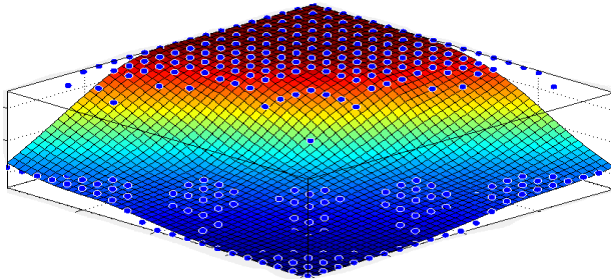
الگوریتم در صورت باینری نیز صادق است و تنها تفاوت در نحوه

پراکندگی بذری تولیدی در فضای جستجو است. [1]



نتایج رگرسیون فازی، کنترلر فازی:

در شکل ۸ براساس موارد ذکر شده در مورد رگرسیون، surface کنترلر فازی نشان داده شده است.



شکل ۶: نمای مربوط به surface رگرسیون فازی

معادله خطی مربوط به این کنترلر عبارتست از:

$$F(X,Y)=P_0+P_1X+P_2Y+P_3X^2+P_4X*Y+P_5Y^2 \quad (19)$$

مقادیر عددی ضرایب فوق عبارتند از:

$$P_0 = -0.04699$$

$$P_1 = 1.22$$

$$P_2 = 1.208$$

$$P_3 = 0.00719$$

$$P_4 = 0.1923$$

$$P_5 = 0.002203$$

لازم به ذکر است در مدل فوق ضرایب Y و X هردو تا توان دو مورد

بررسی و شبیه سازی قرار گرفته اند.

در نهایت خطاهای R -square (میانگین مربع ریشه ها) و $RMSE$

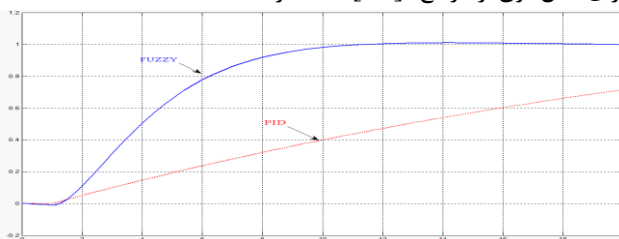
(انحراف معیار) عبارتند از:

$$R\text{-square: } 0.6831$$

$$RMSE: 0.6904$$

شبیه سازی:

در قسمت پایانی شکل موج خروجی ناشی از دو ورودی با دو کنترلر فازی و PID بوده است را نشان داده شده است. بدیهی است با دادن ضرایب مناسب برای کنترلر فازی شکل موج خروجی که در اینجا پله به سیستم اعمال گشته دارای شکلی مطلوب تر نسبت به PID می باشد. لذا در کنترلر کروز مناسب تر این است که از آن استفاده گردد. برای مدل فوق از مرجع [18] کمک گرفته شده است.



شکل ۷: نمایش خروجی کنترلر فازی و PID

در اینجا لازم به ذکر می دانیم که از این الگوریتم می توان برای به دست آوردن ضرایب مناسب برای کنترلر فازی استفاده نمود و مادر اینجا فعلا از همان روش سعی و خطا برای به دست آوردن ضرایب مناسب استفاده نموده ایم. و هدف اصلی از باز کردن این الگوریتم در حقیقت معرفی آن به عنوان یک الگوریتم جدید و مدرن برای بحث بهینه سازی است.

رگرسیون فازی:

تحلیل رگرسیون با مدل کردن رابطه بین متغیرهای وابسته و متغیرهای مستقل جهت پیش بینی مقادیر متغیرهای وابسته بر اساس متغیرهای مستقل بکار می رود. در تحلیل رگرسیون متغیر وابسته (Y) تابعی از متغیرهای مستقل است و درجه مشارکت یا نقش هر متغیر مستقل در خروجی (متغیر وابسته) توسط ضرایب متغیرهای وابسته می شود. مدل رگرسیون بر اساس داده های جمع آوری شده و مشاهدات ساخته می شود که مدل عمومی و استاندارد رگرسیون خطی در حالت کلاسیک بصورت زیر است:

به طوریکه متغیر وابسته Y_i ، متغیرهای مستقل X_{ij} و پارامترهای مدل یا همان ضرایب متغیرهای مستقل (β_j) مقادیر قطعی هستند و همین طور ϵ_i خطای تصادفی مدل رگرسیون است بطوریکه:

$$\begin{aligned} E(\epsilon_i) &= 0 \\ V(\epsilon_i) &= \sigma^2(\epsilon_i) = \sigma^2 \end{aligned} \quad (17)$$

مدل عمومی رگرسیون فازی

در روش های رایج رگرسیون، تفاوت بین مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل، خطای پیش بینی در مقایسه با مشاهدات بوده و یک متغیر تصادفی فرض می شود. حد بالا و حد پایین مقدار پیش بینی محاسبه شده و احتمال قرار گرفتن مقدار پیش بینی در بین این دو حد بیانگر اطمینان تخمین است. به عبارت دیگر مدل های رایج رگرسیون، ساختار احتمالی دارند. در حالی که در رگرسیون فازی، اختلاف بین مقادیر پیش بینی و مشاهده شده ناشی از ابهام ذاتی در سیستم است. مقدار خروجی برای ورودی های مشخص، دامنه مقادیر ممکن فرض می شود. بنابراین در رگرسیون فازی، امکان پذیری مقدار خروجی با توجه به مقادیر متغیرهای ورودی بررسی می شوند. یک مدل عمومی، رگرسیون خطی فازی به شرح فوق است:

$$Y = f(x, \tilde{A}) = \tilde{A}_1 x_1 + \tilde{A}_2 x_2 + \dots + \tilde{A}_n x_n \quad (18)$$

به طوری که \tilde{A}_i عدد فازی i امین است.

رگرسیون فازی یک دامنه مقادیر ممکن را که با یک تابع توزیع امکان (تابع عضویت) همراه است پیش بینی می کند. توابع عضویت با تخصیص درجه های عضویت مشخص به مقادیر پیش بینی شده شکل می گیرند. همچنین توابع عضویت برای ضرایب متغیرهای مستقل نیز تعریف می شوند.



Automatic Vehicle Guidance. Proc. of the 5th ICCV. 61-66.

[6] Kosecka, J. 1997. *Vision Based Lateral Control of Vehicle: Look – Ahead and Delay Issues. Internal*

[7] Lugner, P. 1997. *The Influence of the Structure of Automobile Models and Type Characteristics on the Theoretical Results of Steady-State and Transient Vehicle Performance.*

[8] Peng, H., and M. Tomizuka. 1990. *Vehicle Lateral Control for Highway Automation.*

[9] Hessburg, T., and M. Tomizuka. 1991. *A Fuzzy Rule-based Controller for Automotive Vehicle Guidance.*

[10] Peng, H., and M. Tomizuka. 1993. *Preview Control for Vehicle Lateral Guidance in Highway Automation.*

[11] Pham, H., K. Hedrick, and M. Tomizuka. 1994. *Combined Lateral and Longitudinal Control of Vehicles.*

[12] Ackermann, J., J. Guldner, W. Sienel, and R. Steinhauser. 1995. *Linear and Nonlinear for Controller Design Robust Automatic Steering. IEEE Trans. on Control Systems Technology. 3: 132-143.*

[14] A PHOTOVOLTAIC POWERED TRACKING SYSTEM FOR MOVING OBJECTS

[15] AN INTELLIGENT HYBRID FUZZY PID CONTROLLER.

[16] Peng, H., and M. Tomizuka. 1990. *Vehicle Lateral Control for Highway Automation*

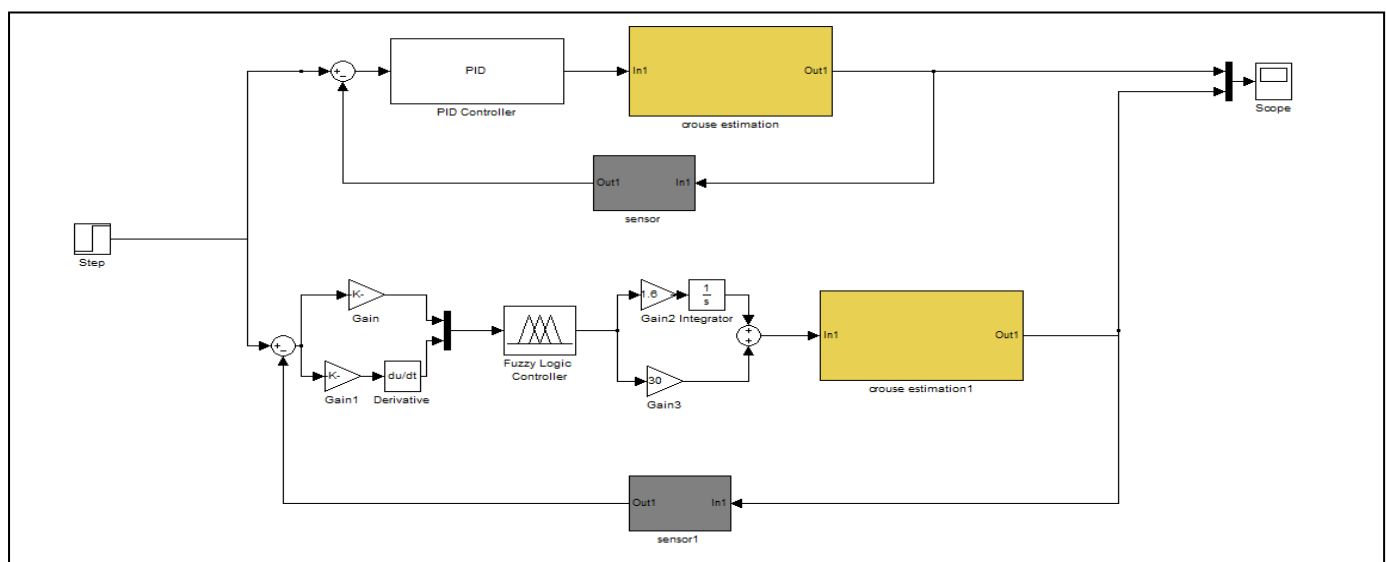
[17] VISION BASED AUTOMATIC STEERING CONTROL USING A PID CONTROLLER, Jurnal Teknologi, 44(A) Jun 2006

نتیجه گیری:

سیستم کنترل سرعت امروزه جزء قطعات اصلی در خودکارسازی وسایل نقلیه می باشد. این قطعه به خاطر وظیفه ای که در کل پروسه کنترل بر دوش دارد نیازمند سرعت بالا در پاسخ به ورودی می باشد که در گذشته که کنترلر های PID استفاده می شدند این قطعات دارای سرعت پایین تری نسبت به کنترلر فازی امروزی هستند. هدف اصلی در این مقاله ارائه کنترل کننده فازی و نمایش عملکرد مناسب و سریع این کنترل کننده نسبت به کنترل کننده PID با نشان دادن خروجی های شبیه سازی و اثبات بهبود این کنترل کننده بود. همچنین مشاهده شد که در ادامه الگوریتم علف های هرز برای به دست آوردن ضرایب مناسب برای فازی معرفی گشت. سر انجام در بخش انتهایی مدل رگرسیون فازی برای محاسبه خطا و ضرایب مربوطه برای مدل خطی و فازی رگرسیون نشان داده شده است.

مراجع:

- [1] حسین شایقی، بهزاد اسماعیل نژاد، بازیابی بار شبکه توزیع با استفاده از الگوریتم بهینه سازی علف هرز مهاجم باینری، چهارمین کنفرانس مهندسی برق الکترونیک ایران، گناباد، شهریور سال 1391
- [2] Shladover, S. E. 1995. *Review of the State of Development of Advanced Vehicle Control Systems (AVCS). Vehicle System Dynamics. 24: 551-595.*
- [3] *Automobile Steering Control. Proc. Auto. Div Instn, Mech. Eng. No. 7. Department of EECS, University of California, Berkeley.*
- [4] Segel, L. 1956-57. *Theoretical Prediction and Experimental substation of the response of the automobile steering control*
- [5] Luong, Q. T., J. Weber, D. Roller, and J. Malik. 1995. *An Integrated Stereo-based Approach to*



شکل 8: شبیه سازی کنترلر فازی و PID در محیط متلب