



به نام خدا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

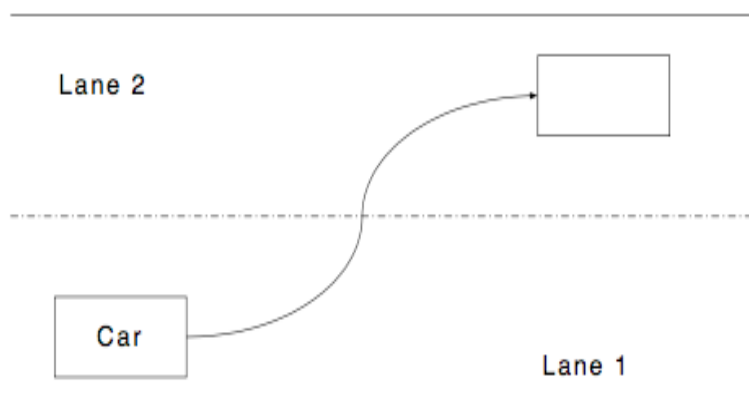


## پروژه پایانی درس کنترل سیستم‌های خطی

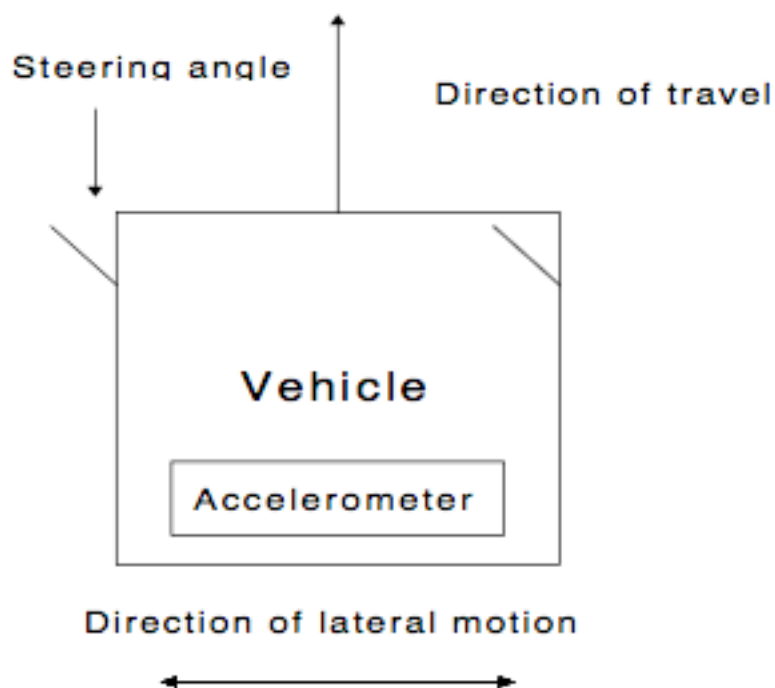
### کنترل خودکار فرمان اتومبیل

## کنترل خودکار فرمان اتومبیل (Automated Steering Control)

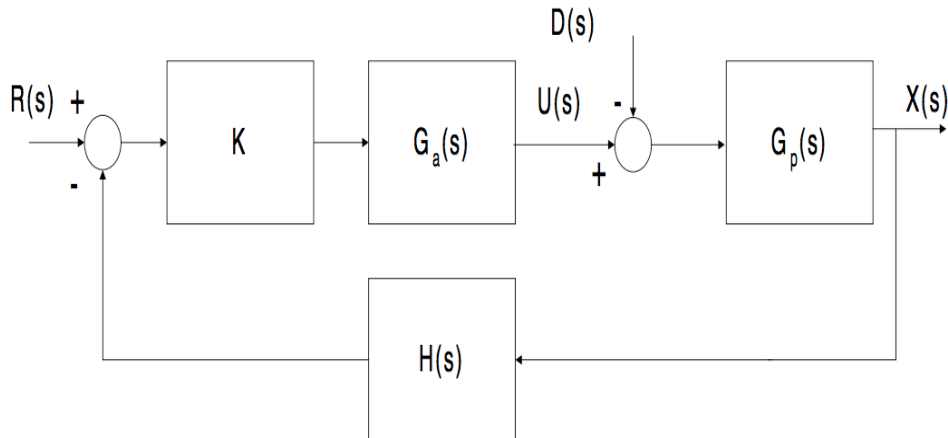
مسئله مورد نظر تعویض لاین اتومبیل مانند شکل زیر می باشد:



سیستم مورد نظر (اتومبیل) را به شکل زیر فرض می کنیم:



ورودی فرمان، حرکت عرضی اتومبیل را کنترل میکند. هنگامی که با چرخش فرمان، چرخ اتومبیل میچرخد یک نیروی جانبی و در نتیجه یک شتاب جانبی تولید میشود. این سیستم کنترلی بدین منظور طراحی میشود تا اتومبیل را از مرکز لاینی که در آن قرار دارد (موقعیت فعلی اتومبیل) به مرکز لاین همسایه آن (موقعیت مطلوب) منتقل کند.



شکل ۱ : سیستم حلقه بسته کنترل فرمان خودرو

سیستم کنترلی حلقه بسته با فیدبک شتاب در شکل بالا نشان داده شده است. (در فاز دوم پروژه علت استفاده از شتاب سنج به طور کامل بیان شده است)

تابع تبدیل اتومبیل به صورت  $G_p(s) = \frac{0.1}{s(s+1)}$ ، تابع تبدیل فرمان به صورت  $G_a(s) = \frac{10}{s+5}$  و تابع

تبدیل شتاب سنج به صورت  $H(s) = \frac{100}{s^2+20s+100}$  می باشد. سیگنال های نشان داده شده در

دیگرام بالا به شرح زیر میباشند :

$x(t)$  : موقعیت عرضی ( واحد : لاین)

$e(t)$  : خطای موقعیت عرضی ( واحد : لاین)

$u(t)$  : زاویه فرمان ( واحد : درجه)

$d(t)$  : اغتشاشات باد ( واحد : درجه)

توابع تبدیل مذکور بر پایه سیستم حقیقی نیستند اما نتایج معقولی میدهند !

هدف از طراحی این کنترل کننده (Controller) بدست آوردن بهره  $K$  برای سیستم است . این بهره به حرکت اتومبیل در حین تغییر لاین و اغتشاشات خارجی وابسته است. توجه کنید که علامت سیگنال اغتشاش  $(d(t))$  منفی می باشد و این بدین معناست که فرض شده است که اغتشاش بر خلاف جهت حرکت اتومبیل اعمال می شود .

ویژگی های مطلوب این سیستم کنترلی این است که اتومبیل حرکت تغییر لاین را به سرعت و امن و بدون ایجاد ناراحتی برای مسافران انجام دهد . از دیدگاه کنترلی، یعنی پاسخ پله سیستم باید  $rise\ time$  و  $settling\ time$  کوتاه و حداقل Overshoot را داشته باشد . همچنین راحتی مسافران به شتاب عرضی خودرو هنگام تغییر لاین وابسته است . یعنی برای راحتی مسافران باید شتاب عرضی خودرو کوچک باشد . شتاب عرضی خودرو با ورودی فرمان متناسب است . در نتیجه برای راحتی مسافران باید ورودی از سمت فرمان کوچک باشد . اغتشاش وارده از وزش باد باعث ایجاد یک خطای حالت دائم میشود و باید در طراحی کنترل کننده در نظر گرفته شود .

به طور خلاصه ویژگی های مطلوب کنترل کننده مدنظر به سه دسته زیر تقسیم میشوند :

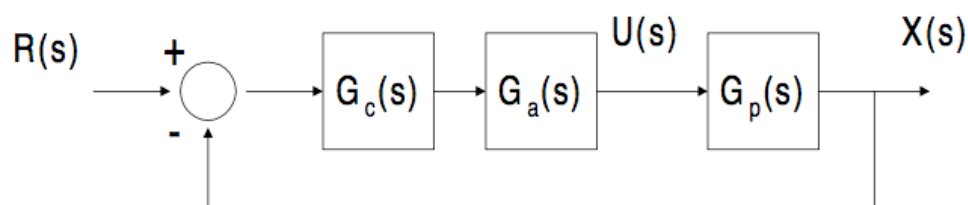
**۱- امنیت :** سیستم کنترلی حلقه بسته باید Overshoot زیر 10% داشته باشد .

**۲- راحتی مسافران :** حداکثر ورودی فرمان باید کمتر از 4 درجه باشد .

**۳- کنترل اغتشاشات :** خطای حالت دائم برای ورودی خطای پله باید مینیمم شود .

## فاز اول

در فاز اول پروژه، فیدبک را ایده آل فرض کرده و از اغتشاشات وارده به سیستم و دینامیک عمگر (actuator) ها صرف نظر کنید (یعنی  $G_a(s) = 2$ ). سیستم حلقه بسته بدست آمده، یک سیستم استاندارد مرتبه دوم است و در شکل زیر نشان داده شده است:



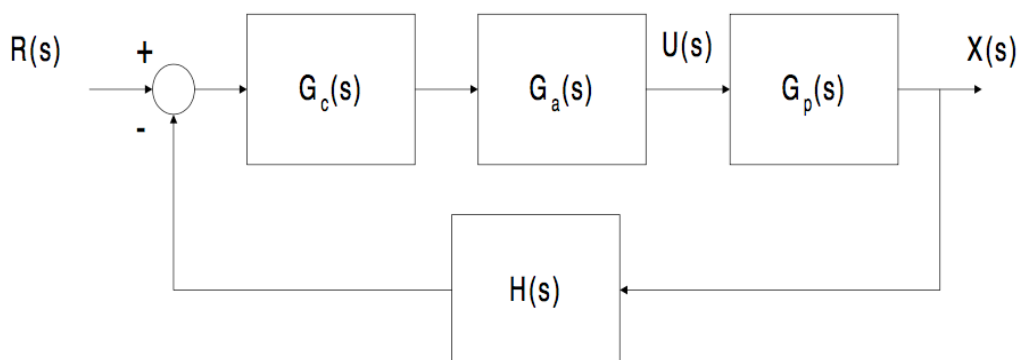
شکل ۲: سیستم حلقه بسته بدون در نظر گرفتن فیدبک شتاب و اثر اغتشاش

در این بخش پروژه مقدار مطلوبی برای مشخصات پاسخ گذرا مد نظر نیست. نیاز است که پاسخ های مختلف سیستم حلقه بسته را بدست آورده (با تغییر بهره کنترل کننده تناسبی) و بهترین آن ها را انتخاب کنید.

## فاز دوم

یکی از مشکلاتی که هنگام پیاده سازی عملی با آن مواجه می‌شویم این است که برای بدست آوردن سیگنال موقعیت اتومبیل از چه سنسوری استفاده کنیم. در واقع در حال حاضر سنسوری وجود ندارد که بتوان از طریق آن مستقیماً موقعیت اتومبیل (یا هر وسیله دیگری) را بدست آورد. برای حل این مشکل می‌توان با استفاده از شتاب سنج (که خروجی آن مشتق دوم مکان می‌باشد) و دوبار انتگرال گیری از آن سیگنال موقعیت را بدست آورد. یک شتاب سنج را می‌توان با یک سیستم جرم، فنر و دمپر مدل کرد که بدیهی است یک سیستم مرتبه دوم می‌باشد. هر چه پاسخ پله این سیستم (شتاب‌سنج) سریع‌تر باشد، سرعت پاسخ پله سیستم حلقه بسته (کنترل فرمان اتومبیل) نیز بیشتر می‌شود. شتاب‌سنج‌های با سرعت بالا معمولاً مشکل اندازه و قیمت بسیار بالایی دارند. از طرفی در پیاده سازی عملی، انتگرال گیری عددی از شتاب، باعث ایجاد خطا می‌شود که در چندین مرحله انتگرال‌گیری این خطاها جمع شده و می‌توانند به میزان قابل توجهی افزایش یابند یا اصطلاحاً drift کنند.

در این بخش پروژه فیدبک ایده آل را با فیدبک شتاب‌سنج جابجا کنید (مانند شکل ۳) :



شکل ۳: سیستم حلقه بسته با در نظر گرفتن فیدبک شتاب

## فاز سوم

---

در پایان سیستم نشان داده شده در شکل ۱ را با تمام جزئیات و با در نظر گرفتن مشخصات پاسخ گذرا و حالت دائم بیان شده، شبیه سازی کنید.

## فاز چهارم

---

در پایان به جای controller طراحی شده، یعنی ضریب  $K$  بدست آمده، از pid controller متلب استفاده کرده و با تغییر ضرایب  $K_p, K_i, K_d$  و کنترل کننده مطلوب را طراحی کنید. بررسی کنید که با تغییرات ضرایب ذکر شده پاسخ سیستم چه تغییری خواهد کرد و کنترلر طراحی شده توسط خودتان با این کنترلر چه تفاوتی دارد؟

## نکاتی در مورد تحویل پروژه

---

- ✓ مهلت ارسال پروژه متعاقبا اعلام خواهد شد.
- ✓ برای تمامی بخش‌های این پروژه باید گزارش کامل و جامعی بنویسید. بخش زیادی از نمره پروژه شما مربوط به گزارشتان می‌باشد. همچنین تحویل این پروژه به صورت حضوری خواهد بود.
- ✓ تمامی مراحل پروژه باید شخصا توسط هر فرد انجام شود. هرگونه شباهت بین پروژه‌ها مسبب نمره صفر برای هر دو نفر خواهد شد.
- ✓ تمام شبیه سازی ها باید در Simulink انجام شوند.