

گزارش پروژه ی درس سازه های هوشمند: طراحی سیستم کنترل فازی
برای کنترل یک سازه ی دارای یک درجه ی آزادی با میراگر MR



مرداد 1400

مهراب زمانیان

شماره: 810299091

استاد راهنما: دکتر قربانی تنها

کلیت پروژه

با توجه خواسته های این پروژه کد متلب آن شامل کد در قیمت script متلب می باشد و سه فایل سیمولینک که مربوط به حالت های کنترل با MR damper، حالت بدون کنترل و کنترل با actuator است.

توضیحات کد script

شامل سه بخش تعریف داده ها، کد اجرای سیمولینک و رسم نمودار می باشد.
قسمت تعریف داده ها انواع مختلف داده های قسمت سیمولین را مشخص می کند که در بخش های مختلف دسته بندی شده اند و در ادامه به ترتیب تعریف می شوند.

structure specification : مشخصات سازه شامل جرم، ضریب میرایی، سختی سازه، تغییر مکان و سرعت اولیه مشخص می شود.

ode45 solver.: solver options بصورت می باشد و به ترتیب زمان شروع و پایان و حداقل گام در آن مشخص می شود.

Excitation type: نوع بار مشخص می شود. دو نوع بار تعریف شده است. بصورت chirp signal و بار زلزله ی Elcentro

gravitational acceleration(g): شتاب گرانش زمین برای بار زلزله تعیین می شود.

Chirp signal specification: این مشخصات به ترتیب target time, initial frequency, frequency at target

time و signal amplitude مشخص می شود.

time steps: گام زمانی ای که قرار است با استفاده از آن نمودار ها رسم شوند و همچنین داده های متغیر ها را ذخیره کند

مشخص می شود.

MR damper specifications: مشخصات دمپر مشخص می شود که مشخصات موجود نیز بر اساس مقاله ی S. G.

Karthiga Devi (2012) مشخص شده است.

در قسمت بعد سه دستور برای فراخوانی سه مدل سیمولینک وجود دارد.

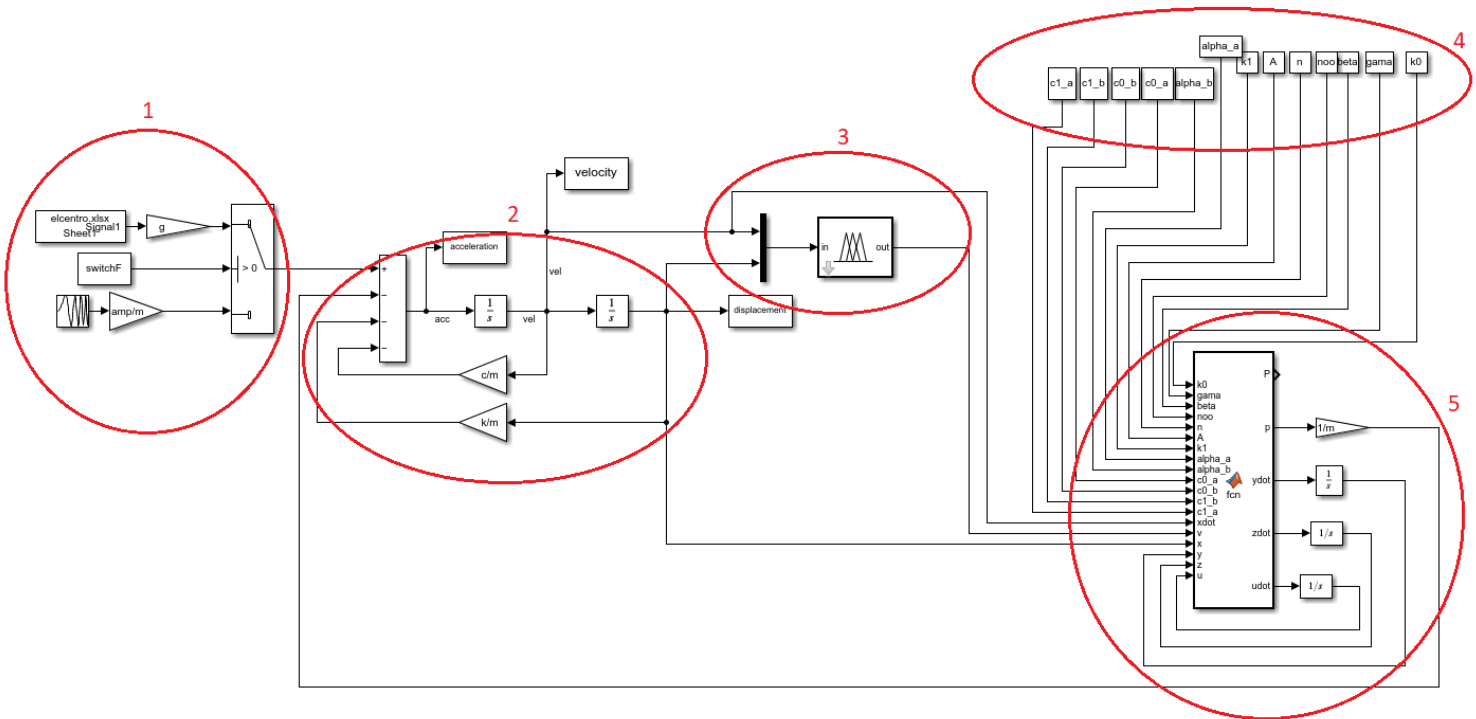
plotting quantities graph : در این بخش نمودار متغیر ها رسم می شود. به ترتیب نمودار های تغییر مکان، سرعت و شتاب

ترسیم می شود.

print RMS and maximum of quantities: مقادیر RMS و ماکزیمم مقادیر محاسبه می شوند و سپس پرینت می شوند.

تشریح مدل سیمولینکی برای حالت کنترل با استفاده از MR damper:

مدل سیمولینک بصورت زیر است که بخش های مختلف آن به ترتیب شماره توضیح داده خواهد شد.



بخش 1: در این قسمت دو نوع بار **chirp signal** و شتاب پایه زلزله ی **Elcentro** تعریف شده است و در یک واحد **switch** وارد می شوند. با توجه به عددی که توسط واحد **constant parameter** وارد می شود یکی از این دو حالت اجرا خواهد شد.

بخش 2: این قسمت با توجه به معادله ی شتاب و توضیحات کلاس بخش نوشته خواهد شد. خروجی آن شتاب، سرعت و تغییر مکان در حالت بدون کنترل است.

بخش 3: ورودی این واحد به ترتیب سرعت و تغییر مکان است و خروجی آن ولتاژی است که به **MR damper** اعمال می شود می باشد.

بخش کنترل فازی آن با توجه به مقاله **S. G. Karthiga Devi (2012)** نوشته شده است.

که نمودار های ورودی و خروجی و قسمت قوانین در صفحه ی بعد آورده شده است.

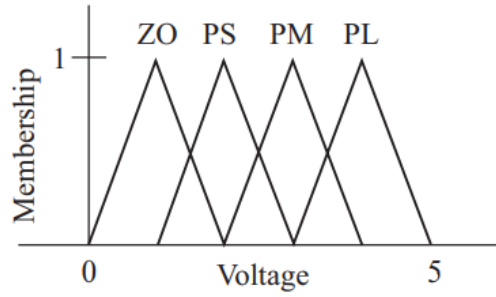


Fig. 13 Membership function for output voltage

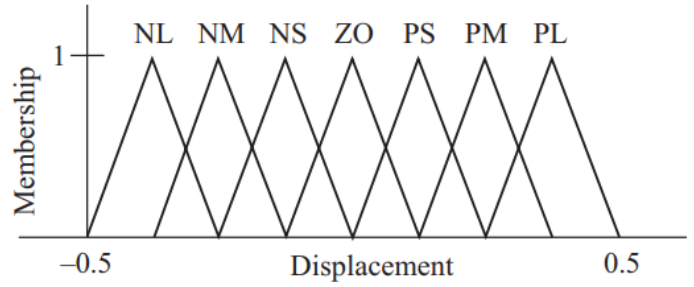


Fig. 11 Membership function for displacement

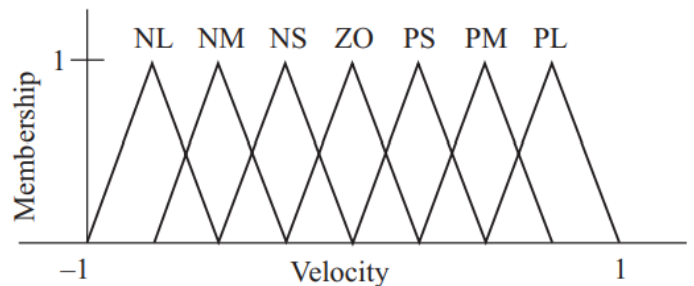


Fig. 12 Membership function for velocity

TABLE 2							
CONTROL RULE BASE ²⁶							
D \ V	NL	NM	NS	ZO	PS	PM	PL
NL	PL	PL	PL	PM	ZO	ZO	ZO
NM	PL	PL	PL	PS	ZO	ZO	PS
NS	PL	PL	PL	ZO	ZO	PS	PM
ZO	PL	PM	PS	ZO	PS	PM	PL
PS	PM	PS	ZO	ZO	PL	PL	PL
PM	PS	ZO	ZO	PS	PL	PL	PL
PL	ZO	ZO	ZO	PM	PL	PL	PL

بخش 4: این قسمت مربوط به وارد کردن مشخصات دمپر مورد نظر به موجود در مقاله به قسمت فانکشن محاسبه ی نیروی دمپر می باشد.

مشخصات دمپر:

TABLE 1 PARAMETERS OF THE MODIFIED BOUC-WEN MODEL ¹³			
Parameter	Value	Parameter	Value
c_{0a}	21.0 Ns/cm	γ	363 cm^{-2}
c_{0b}	3.5 Ns/cm	A	301
c_{1a}	283 Ns/cm	k_0	46.9 N/cm
c_{1b}	2.95 Ns/cm	k_1	5.0 N/cm
α_a	140 N/cm	x_0	14.3 cm
α_b	695 N/cm.V	n	2
β	363 cm^{-2}	η	190 s^{-1}

بخش 5: در این بخش با گرفتن مشخصات دمپر، ولتاژ ، سرعت و تغییر مکان با مدل Bouc-wen اصلاح شده نیروی دمپر را محاسبه می کند.

فرمول های محاسبه ی نیرو:

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \alpha(u) = \alpha_a + \alpha_b u \\
 c_0 &= c_0(u) = c_{0a} + c_{0b} u \\
 c_1 &= c_1(u) = c_{1a} + c_{1b} u
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Along with these parameters, which depend on the commanded voltage, the dynamics involved in the model due to the presence of resistance and inductance in the circuit has been taken into account by the first order filter on the input voltage and is given by

$$\dot{u} = -\eta(u - v) \tag{13}$$

where v is the applied voltage by the current driver. Thus the optimal values of the all the 14 parameters (i.e., c_{0a} , c_{0b} , c_{1a} , c_{1b} , α_a , α_b , β , γ , A , k_0 , k_1 , x_0 , n and η)

$$F = c_1 \dot{y} + k_1 (x - x_0) \quad (9)$$

where

$$\dot{y} = \frac{1}{c_0 + c_1} \{ \alpha z + c_0 \dot{x} + k_0 (x - y) \} \quad (10)$$

in which z is the evolutionary variable, given by

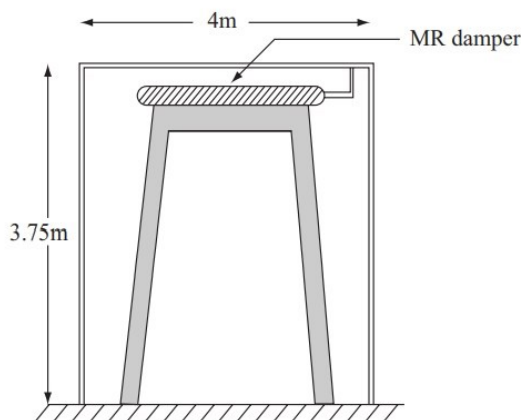
$$\dot{z} = -\gamma |\dot{x} - \dot{y}| z |z|^{n-1} - \beta (\dot{x} - \dot{y}) |z|^n + A (\dot{x} - \dot{y}) \quad (11)$$

The accumulator stiffness is represented by k_1 and the viscous damping observed at larger velocities is represented by c_0 . A dashpot c_1 is included to produce the roll-off that was observed in the experimental data at low velocities, the stiffness k_1 is provided to control the stiffness at large velocities, and x_0 is the initial displacement of spring associated with the damper force due to the accumulator.

اجرای برنامه:

ساختمان یک طبقه مطابق شکل زیر، با تکیه گاه گیردار متشکل از 4 ستون بی وزن و یک دال با ضخامت 150mm جهت آنالیز در نظر گرفته می شود. ابعاد ستون برابر با 300mm*400mm می باشد. وزن واحد برای ستون بتن آرمه 24 KN/m³ و مدول الاستیسیته بتن برابر 20Mpa می باشد.

تغییر مکان اولیه: 0.01m سرعت اولیه: 0.1m/s ضریب میرایی: $c=0$



Schematic representation of SDOF shear building with MR damper

$$m = 0.15 \times 4 \times 4 \times 24 \times 10^2 = 5760 \text{ kg}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 0.4 \times 0.6^3 = 7.2 \times 10^{-3}$$

$$k = 4 \times \frac{12 \times 20 \times 10^6 \times 7.2 \times 10^{-3}}{3.75^3} = 29127 \text{ N/m}$$

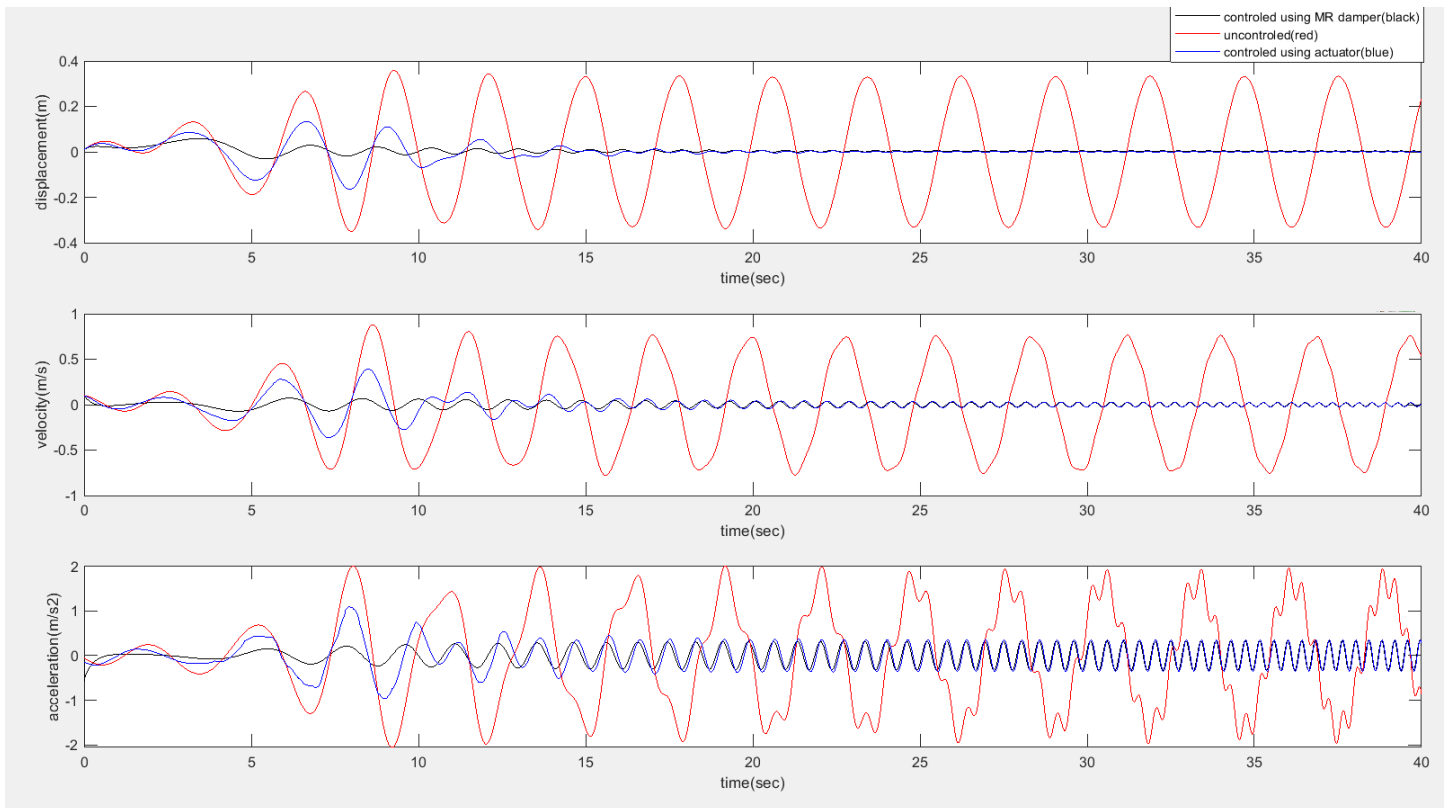
خروجی برنامه تحت بار chirp signal:

فرکانس اولیه: 0 فرکانس هدف: 2 زمان هدف: 30 ثانیه دامنه: 2000 نیوتن

The RMS of acceleration of structure using MR damper is 0.20251 m/s² and the maximum is 0.580366 m/s²
 The RMS of acceleration of uncontrolled structure is 1.10694 m/s² and the maximum is 2.05834 m/s²
 The RMS of acceleration of structure using actuator is 0.315786 m/s² and the maximum is 1.09696 m/s²

The RMS of velocity of structure using MR damper is 0.0302452 m/s and the maximum is 0.1 m/s
 The RMS of velocity of uncontrolled structure is 0.489142 m/s and the maximum is 0.879 m/s
 The RMS of velocity of structure using actuator is 0.0929215 m/s and the maximum is 0.390573 m/s

The RMS of displacement of structure using MR damper is 0.0146464 m and the maximum is 0.0583271 m
 The RMS of displacement of uncontrolled structure is 0.218452 m and the maximum is 0.358108 m
 The RMS of displacement of structure using actuator is 0.0401327 m and the maximum is 0.165359 m

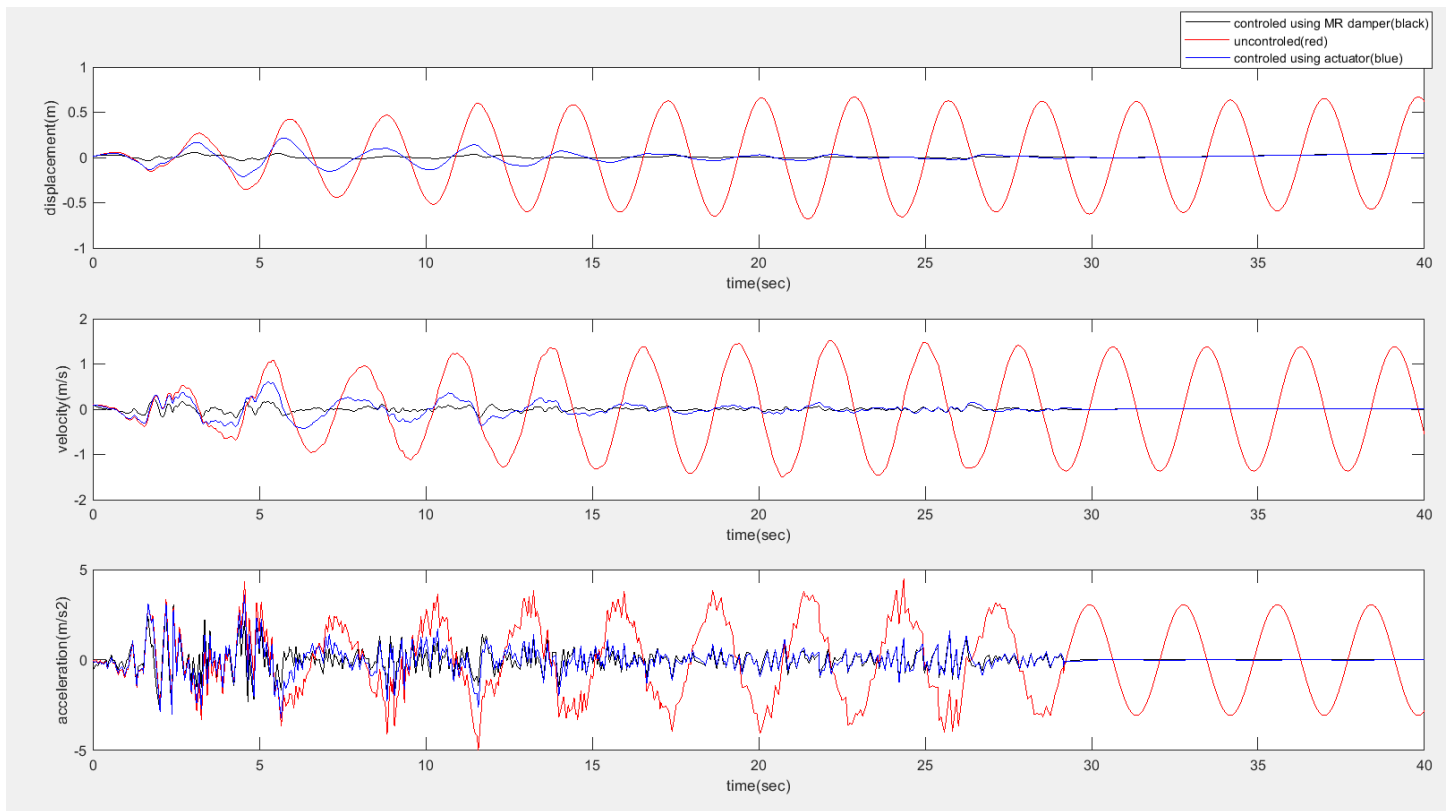


خروجی برنامه تحت بار زلزله ی السنترو:

The RMS of acceleration of structure using MR damper is 0.489787 m/s² and the maximum is 3.05005 m/s²
The RMS of acceleration of uncontrolled structure is 2.06615 m/s² and the maximum is 4.988 m/s²
The RMS of acceleration of structure using actuator is 0.621241 m/s² and the maximum is 3.60383 m/s²

The RMS of velocity of structure using MR damper is 0.0457072 m/s and the maximum is 0.221315 m/s
The RMS of velocity of uncontrolled structure is 0.891412 m/s and the maximum is 1.52279 m/s
The RMS of velocity of structure using actuator is 0.14587 m/s and the maximum is 0.599588 m/s

The RMS of displacement of structure using MR damper is 0.0177182 m and the maximum is 0.0539471 m
The RMS of displacement of uncontrolled structure is 0.401852 m and the maximum is 0.680178 m
The RMS of displacement of structure using actuator is 0.0611884 m and the maximum is 0.217136 m



منبع مورد استفاده:

S. G. Karthiga Devi, G. R. Dodagoudar, and V. B. Maji., "Control of SDOF system using magnetorheological damper and fuzzy logic", JI Structural Engineering, Vol. 38, No. 6, pp. 519-531