

تمرین سری دوم درس هدایت و ناوگرانی

علی بنی اسد

۱۴۰۲ اردیبهشت

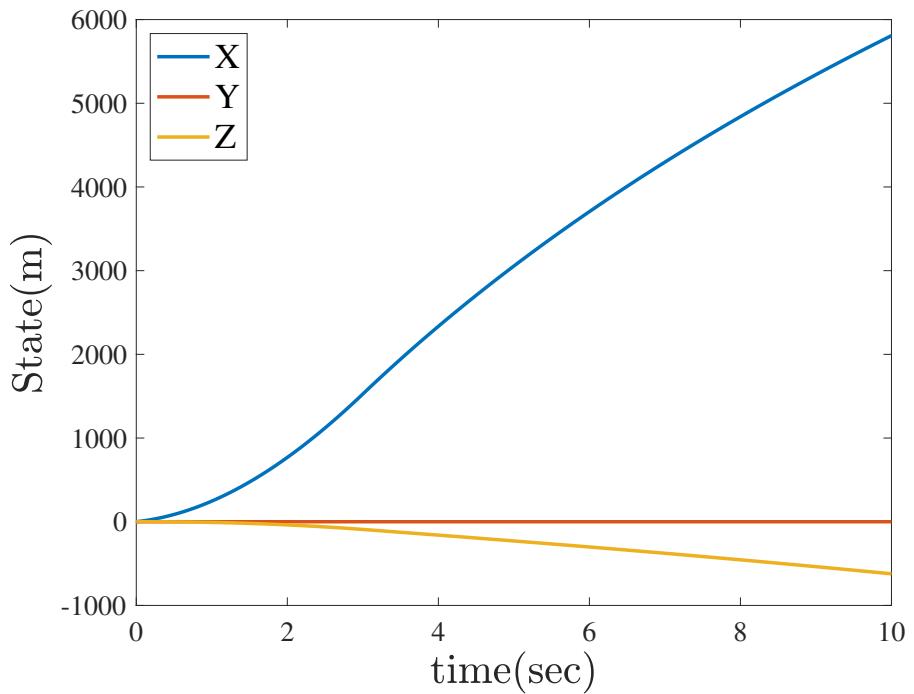
۱ سوال اول

در بخش‌های مختلف سوال به بررسی عملکرد قانون هدایت خط دید^۱ بررسی شده است.

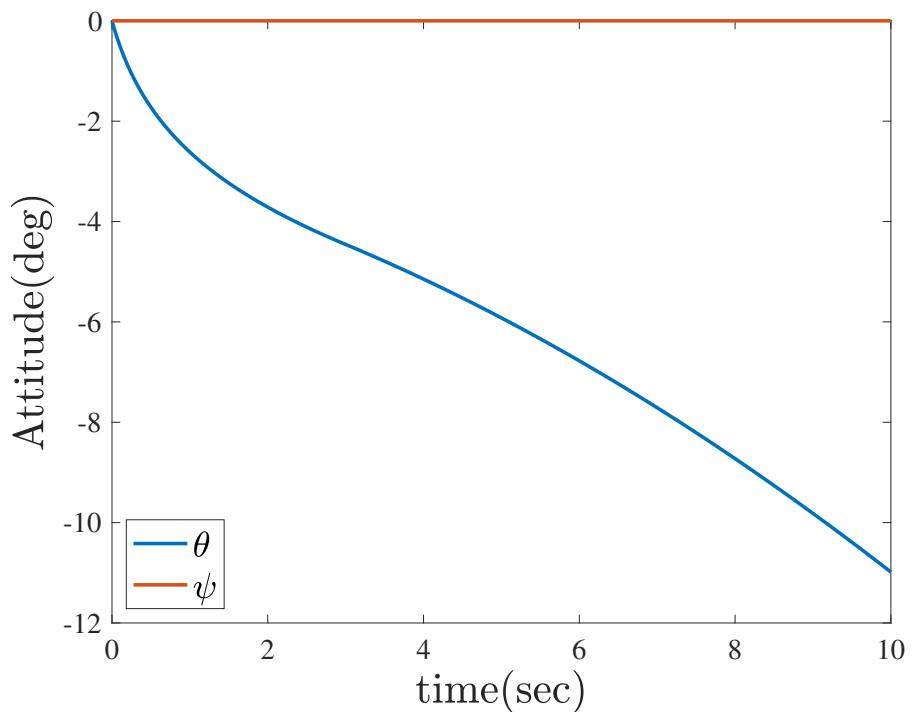
۱.۱ بخش الف

در این بخش شبیه‌سازی موشک و هدف به مدت ۱۰ ثانیه انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی در ادامه آورده شده است.

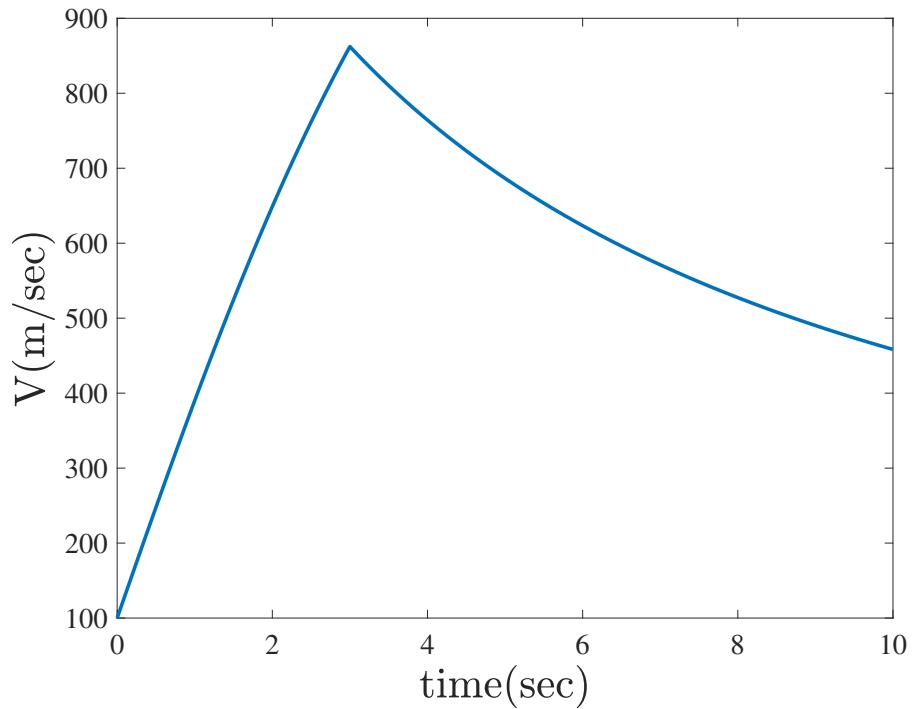
^۱Line Of Sight



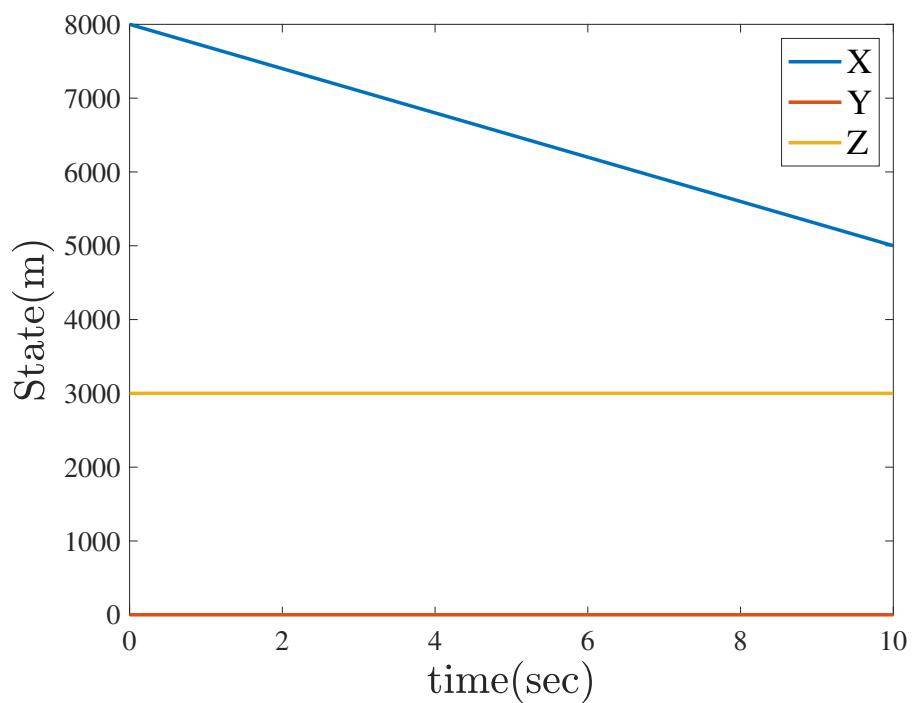
شكل ۱ : موقعیت موشک



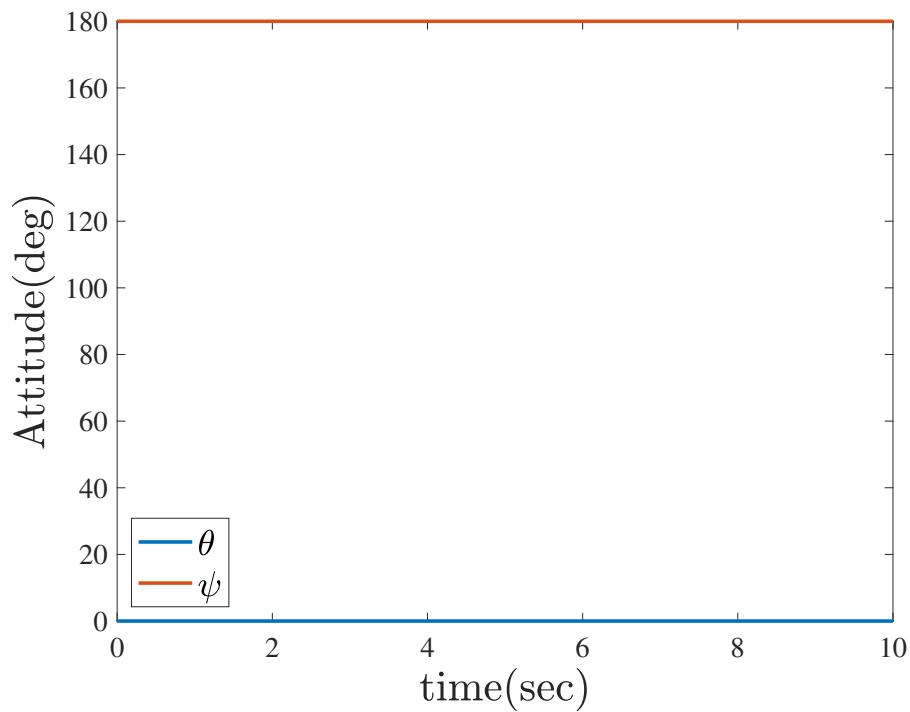
شكل ۲ : وضعیت موشک



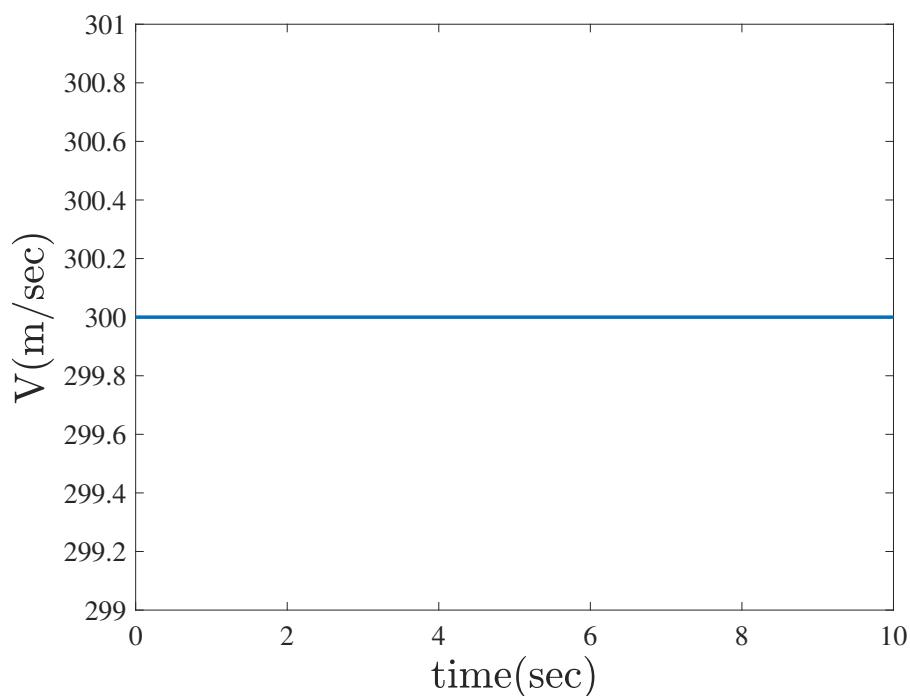
شكل ۳: سرعت موشک



شكل ۴: موقعیت هدف



شكل ۵: وضعیت هدف



شكل ۶: سرعت هدف

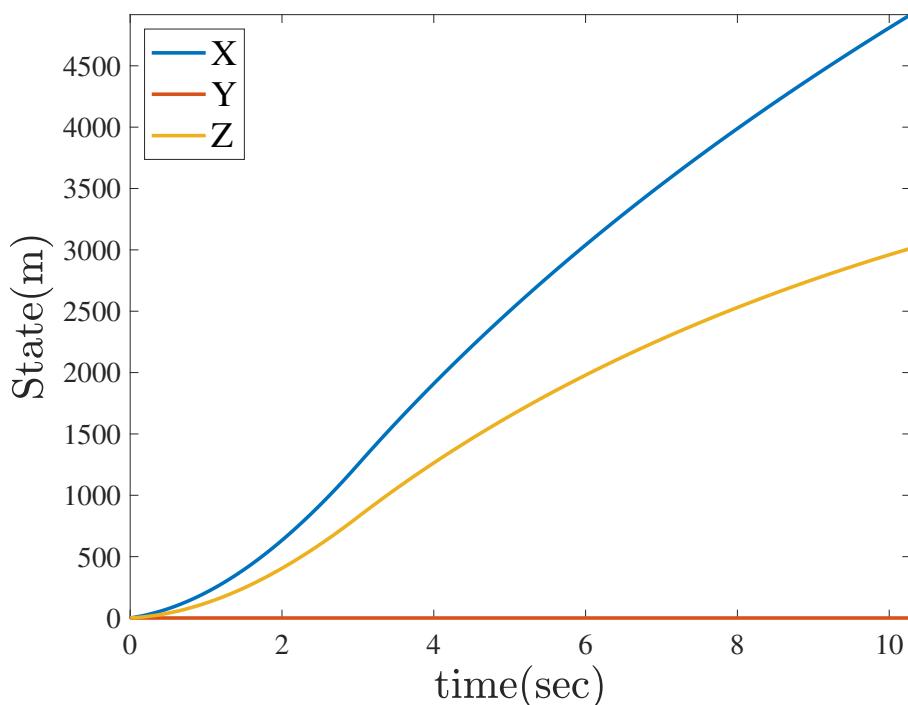
۲.۱ بخش ب

در این بخش با استفاده از بهینه‌سازی مقادیر اولیه θ و ψ محاسبه شد. مقادیر θ_0 ، ψ_0 و فاصله ازدست‌دهی^۲ آورده شده است.

جدول ۱: شرایط اولیه و فاصله ازدست‌دهی

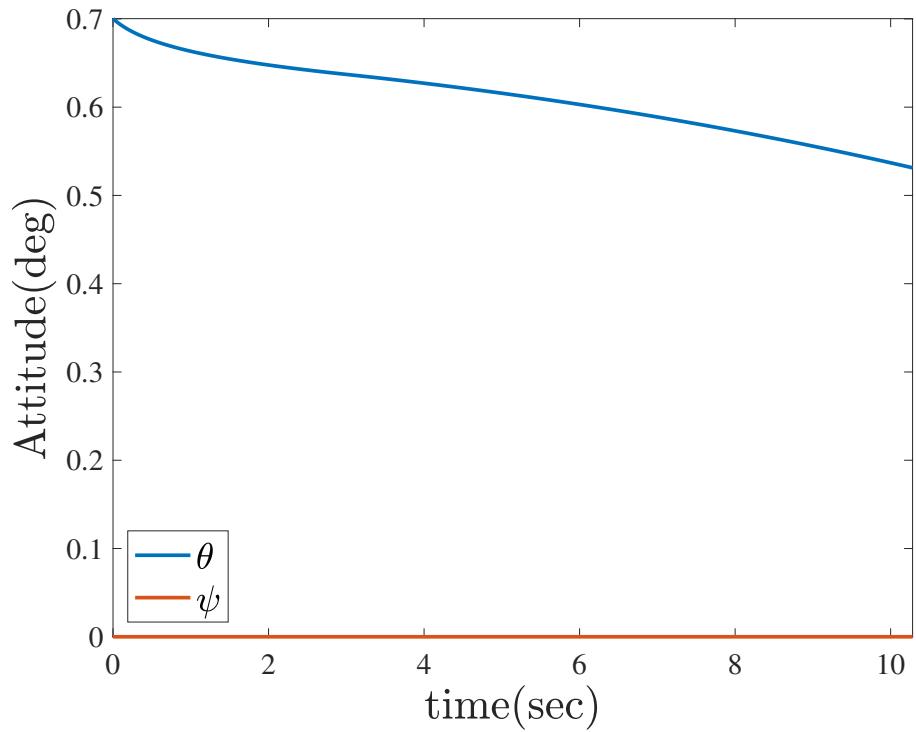
Parameter	Value
θ_0	39.9892°
ψ_0	0°
Miss Distance (m)	0.0741

برای اعمال شتاب در دو ثانیه آخر از زمان نهایی شبیه‌سازی بالا استفاده شده و سپس دو ثانیه از آن کم شد و در نهایت شبیه‌سازی با شرایط جدید انجام شد. با در نظر گرفتن اعمال شتاب در دو ثانیه، فاصله ازدست‌دهی جدید برابر با $\frac{22}{5}$ متر شد.
نتایج شبیه‌سازی در دو حالت اشاره شده در پایین آورده شده است.

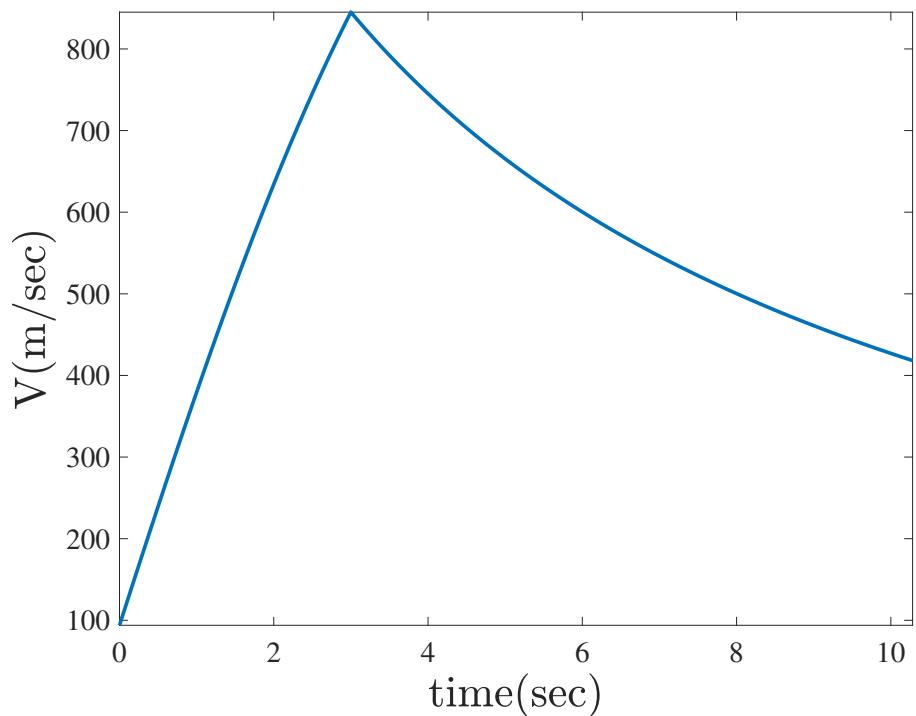


شکل ۷: موقعیت موشک با شرایط اولیه بهینه شده

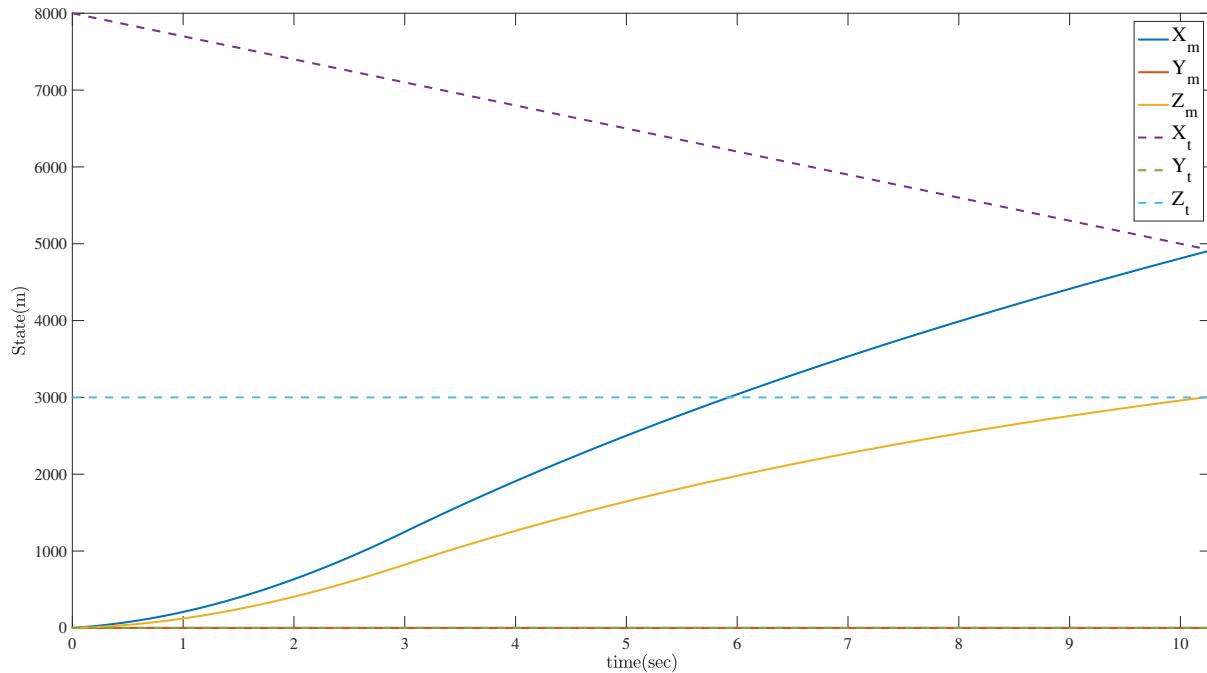
²Miss Distance



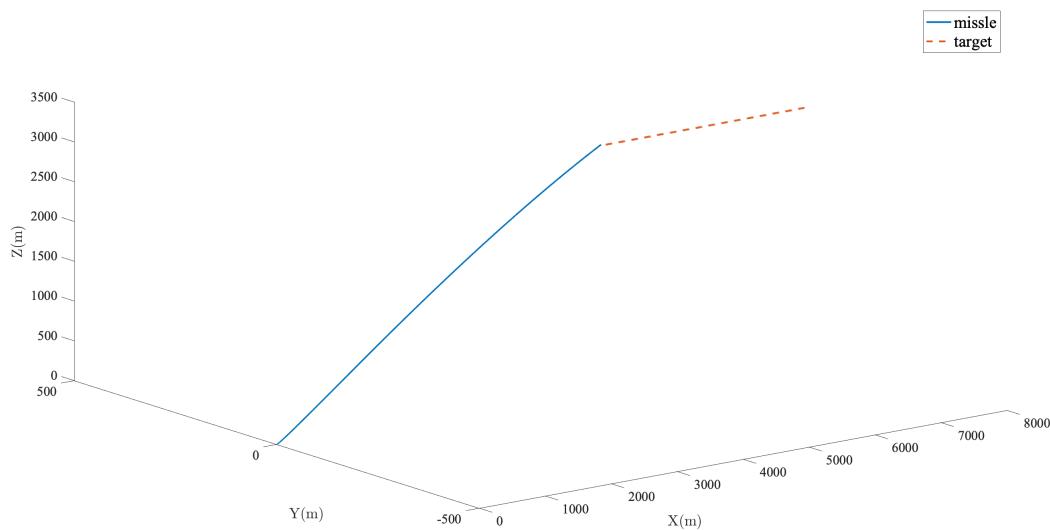
شکل ۸: وضعیت موشک با شرایط اولیه بهینه شده



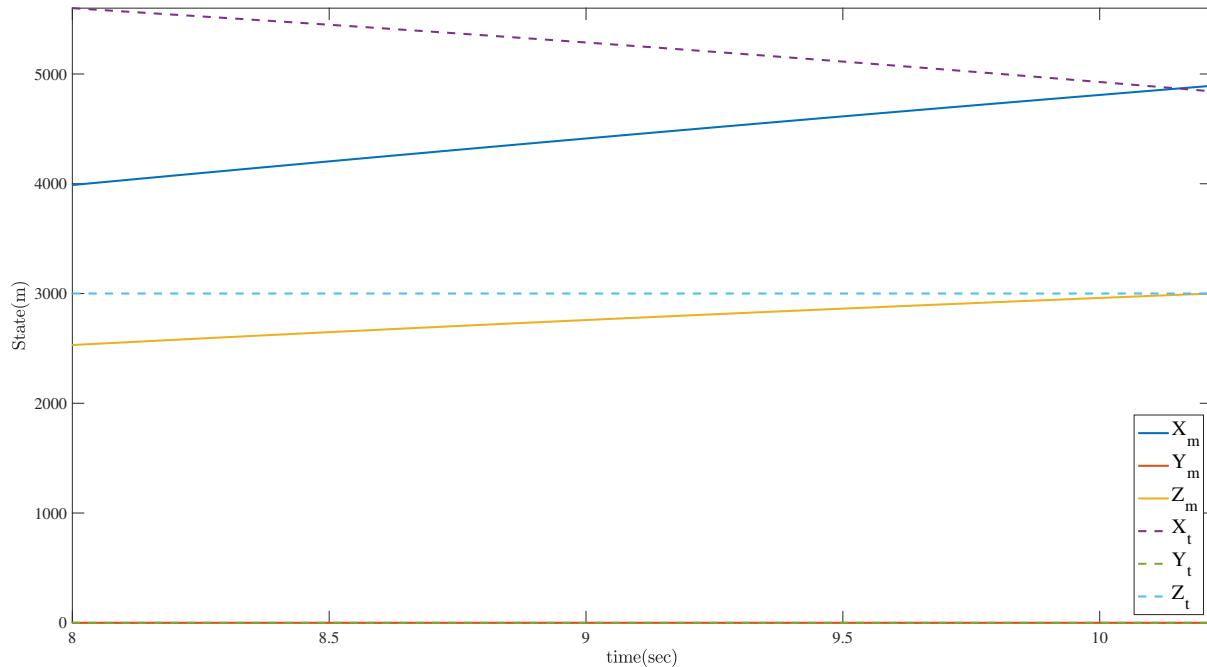
شکل ۹: سرعت موشک با شرایط اولیه بهینه شده



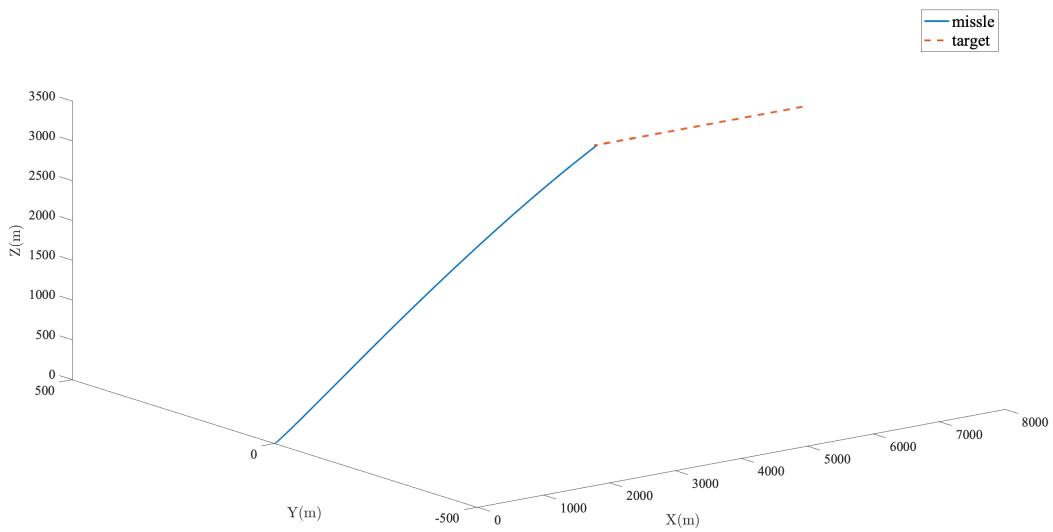
شکل ۱۰: موقعیت موشک و هدف با شرایط اولیه بهینه شده



شکل ۱۱: موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی با شرایط اولیه بهینه شده



شکل ۱۲: موقعیت موشک و هدف با شرایط اولیه بهینه شده همراه با مانور هدف



شکل ۱۳: موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی با شرایط اولیه بهینه شده همراه با مانور هدف

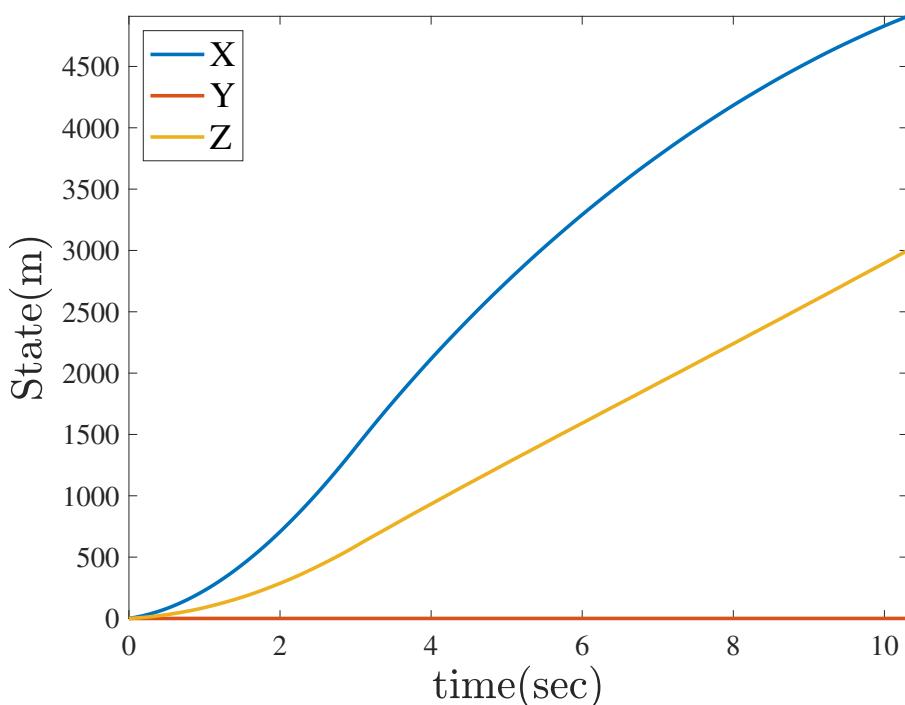
۳.۱ یخش پ

در بخش برای محاسبه ضرایب حلقه هدایت از بهینه‌سازی ازدحام ذرات^۳ استفاده شده است. ضرایب حلقه هدایت بدست آمده در جدول پایین آورده شده است.

جدول ۲: ضرایب حلقه هدایت و فاصله ازدست‌دهی

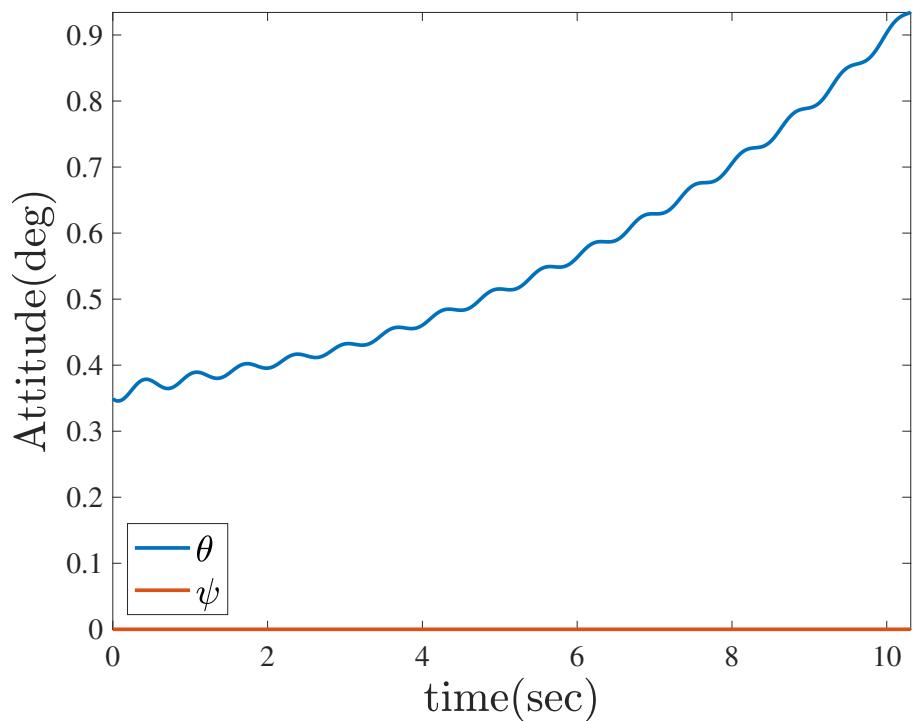
Parameter	Value
k_ϵ	95.2874
k_σ	50.5153
Miss Distance (m)	0.5692

نتایج شبیه‌سازی در پایین آورده شده است.

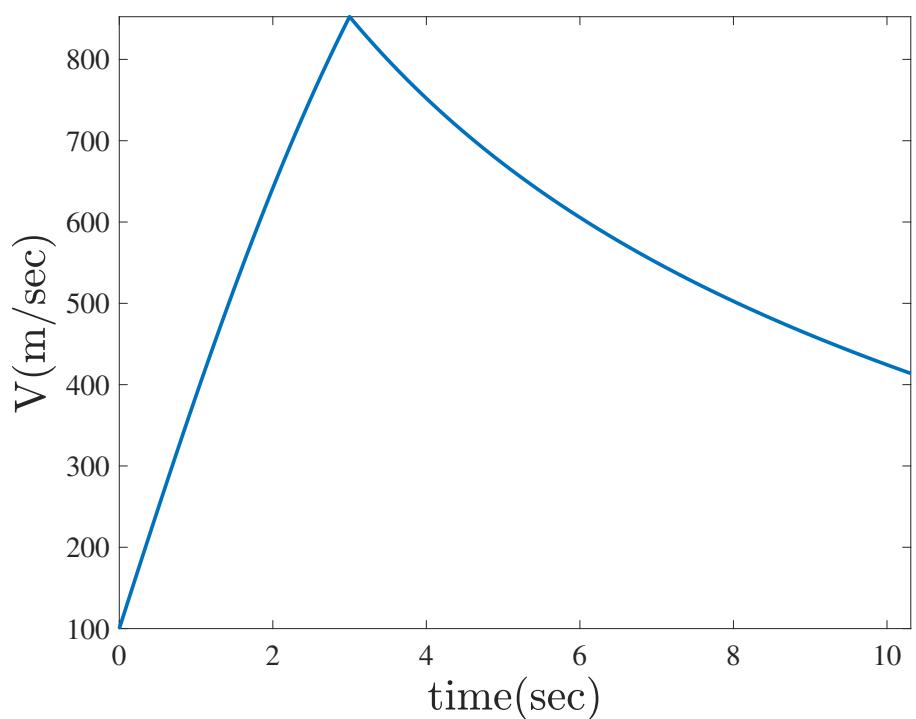


شکل ۱۴: موقعیت موشک در هدایت خط دید پایه

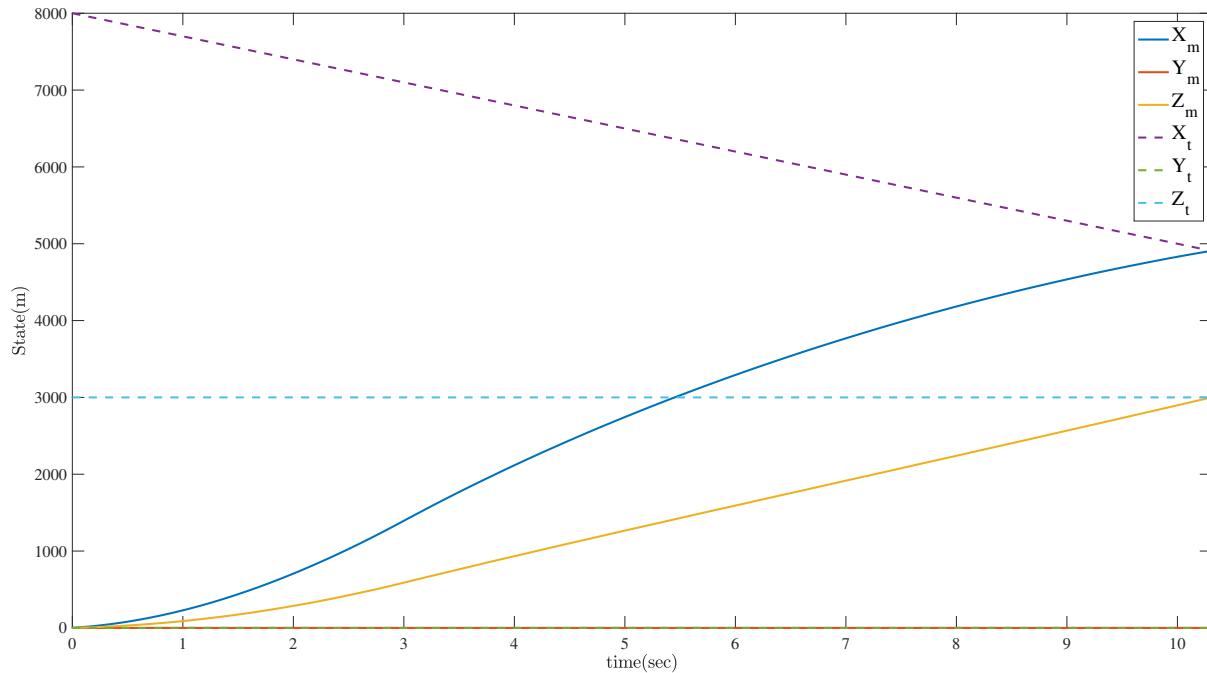
³Particle Swarm Optimization



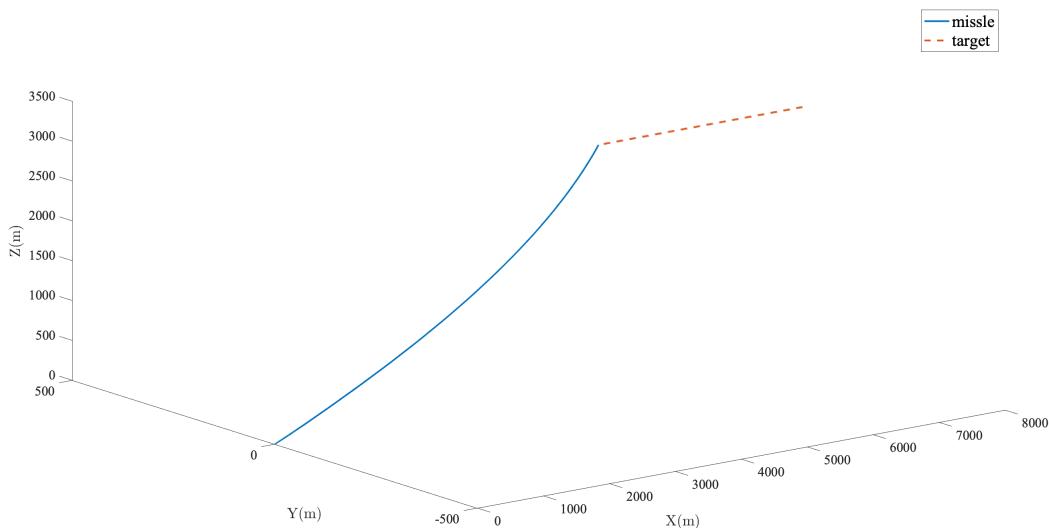
شکل ۱۵: وضعیت موشک در هدایت خط دید پایه



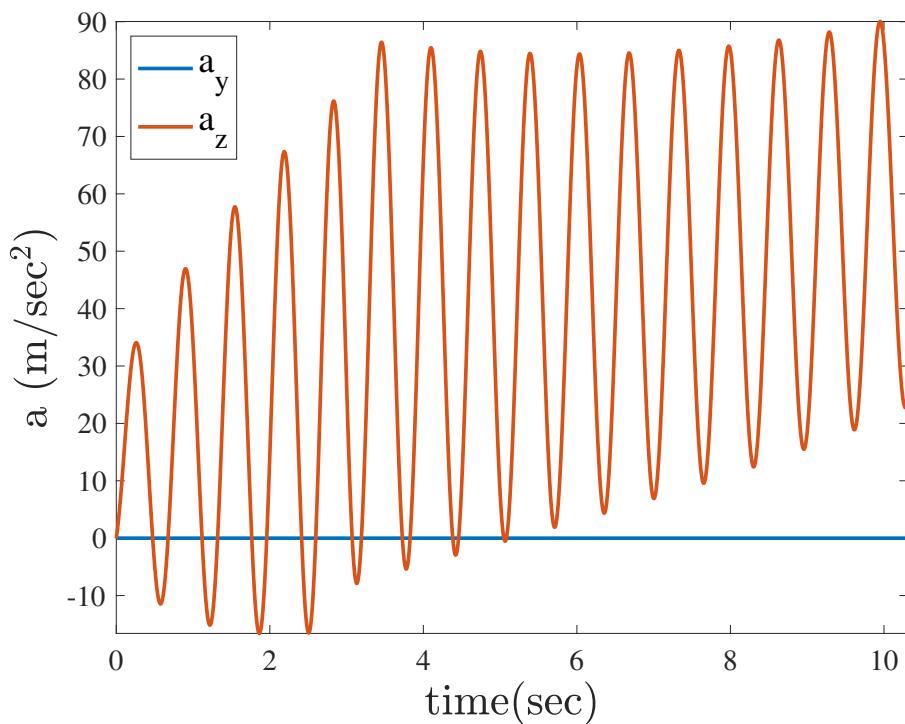
شکل ۱۶: سرعت موشک در هدایت خط دید پایه



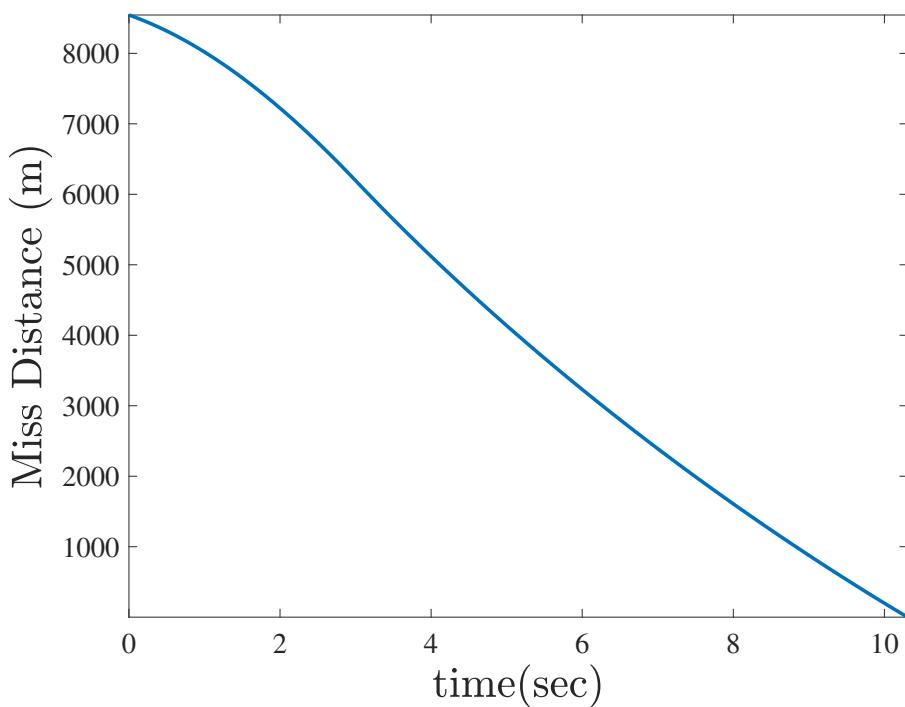
شکل ۱۷: موقعیت موشک و هدف در هدایت خط دید پایه



شکل ۱۸: موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در هدایت خط دید پایه



شکل ۱۹: فرمان شتاب در هدایت خط دید پایه



شکل ۲۰: فاصله ازدستدهی در هدایت خط دید پایه

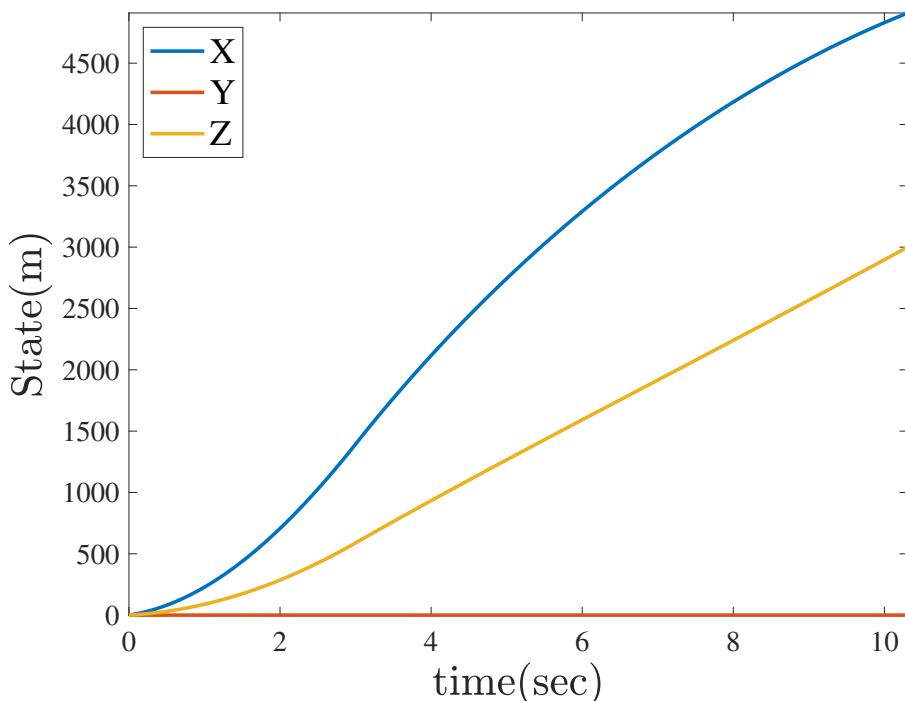
۴.۱ یخشت

ضرایب حلقه هدایت در جدول پایین آورده شده است.

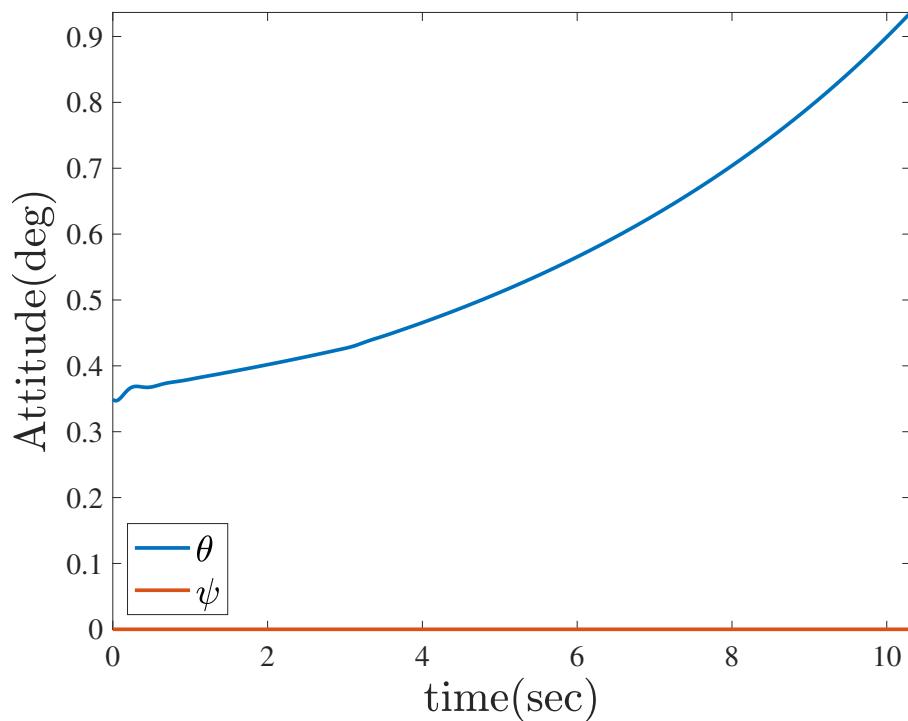
جدول ۳: ضرایب حلقه هدایت و فاصله ازدست دهی همراه با مشتقگیر

Parameter	Value
k_ϵ	95.2874
d_ϵ	10
k_σ	50.5153
d_σ	10
Miss Distance (m)	0.6711

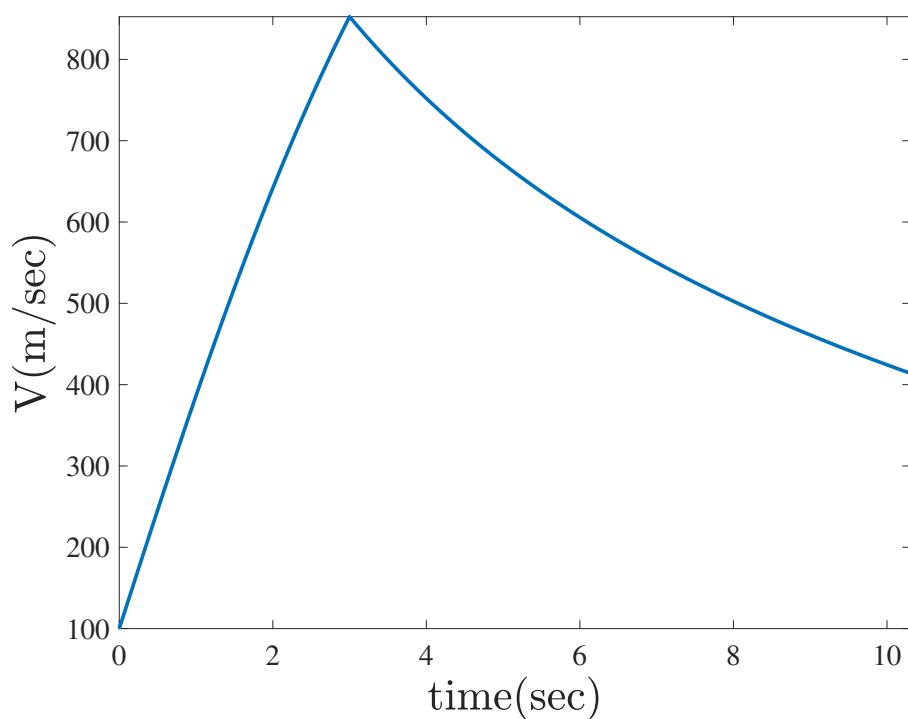
نتایج شبیه سازی در پایین آورده شده است.



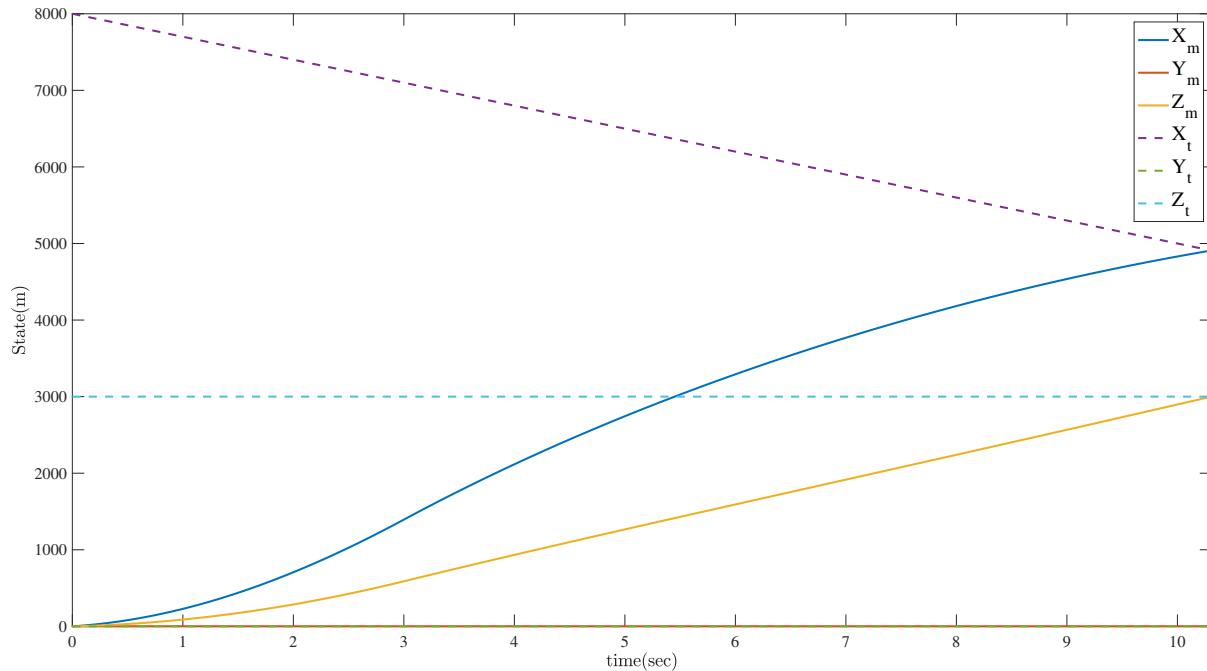
شکل ۲۱: موقعیت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر



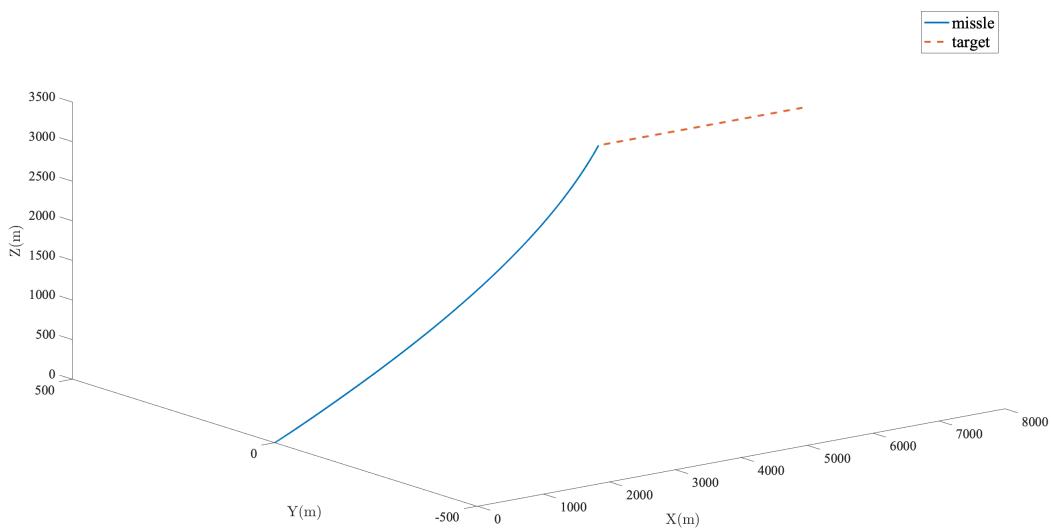
شکل ۲۲: وضعیت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



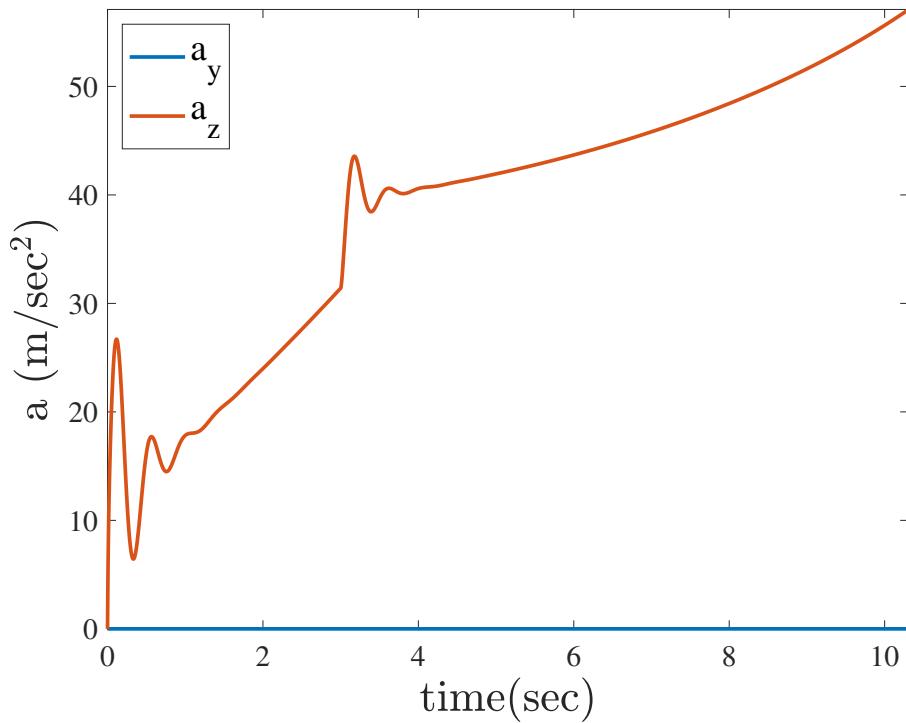
شکل ۲۳: سرعت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



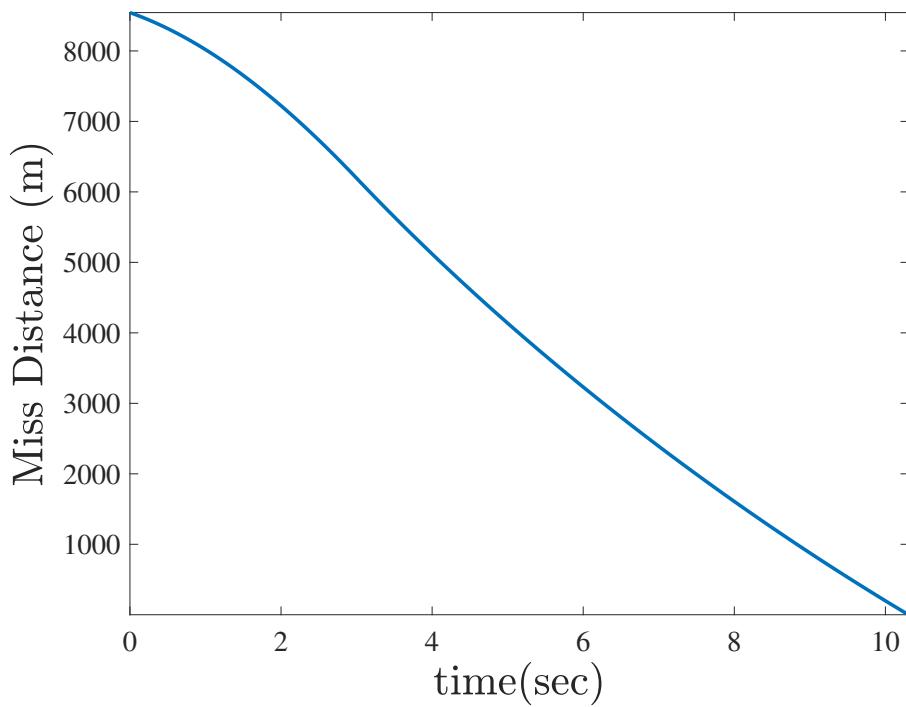
شکل ۲۴: موقعیت موشک و هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر



شکل ۲۵: موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر



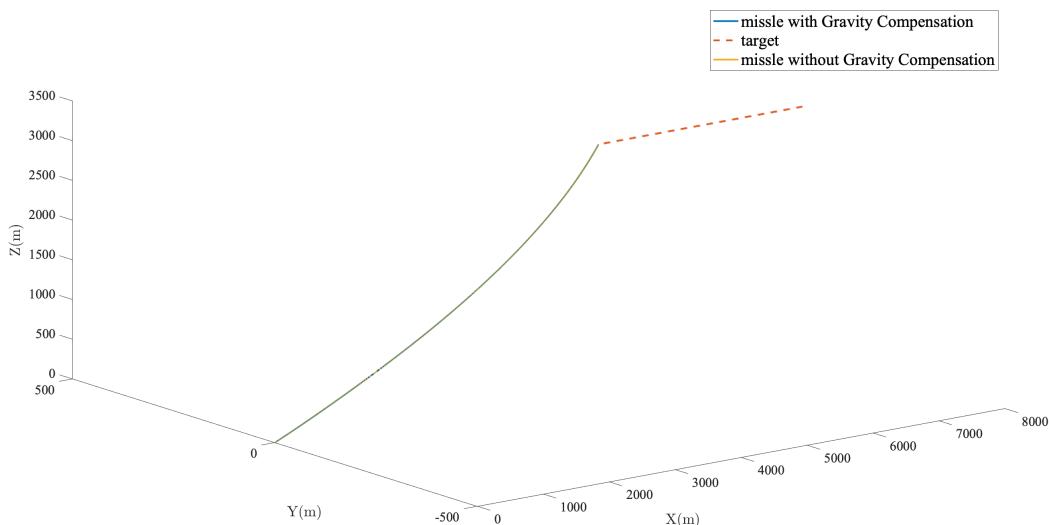
شکل ۲۶: فرمان شتاب در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



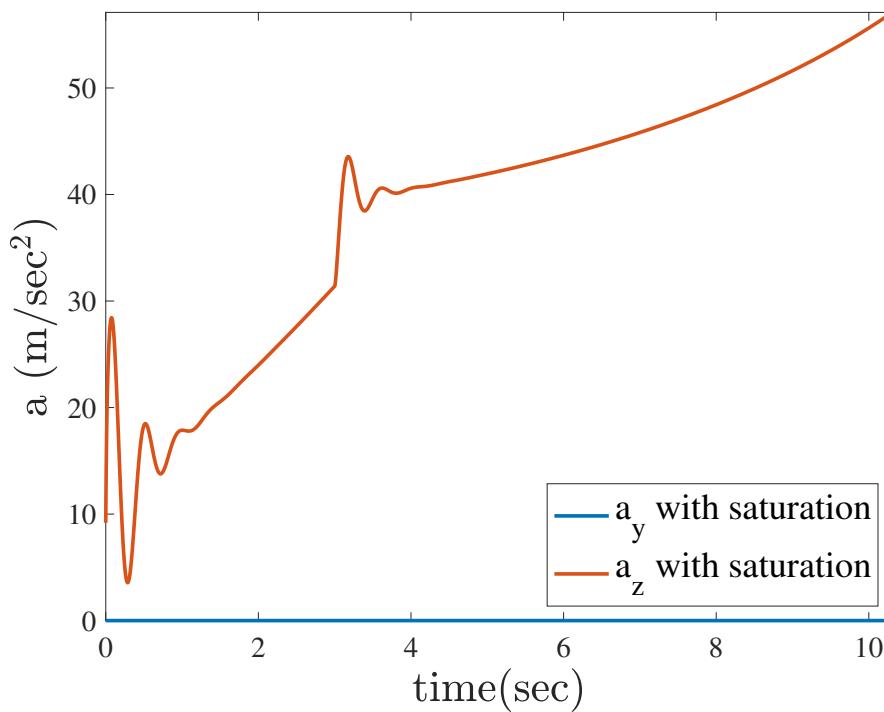
شکل ۲۷: فاصله ازدست‌دهی در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر

۵.۱ بخش ث

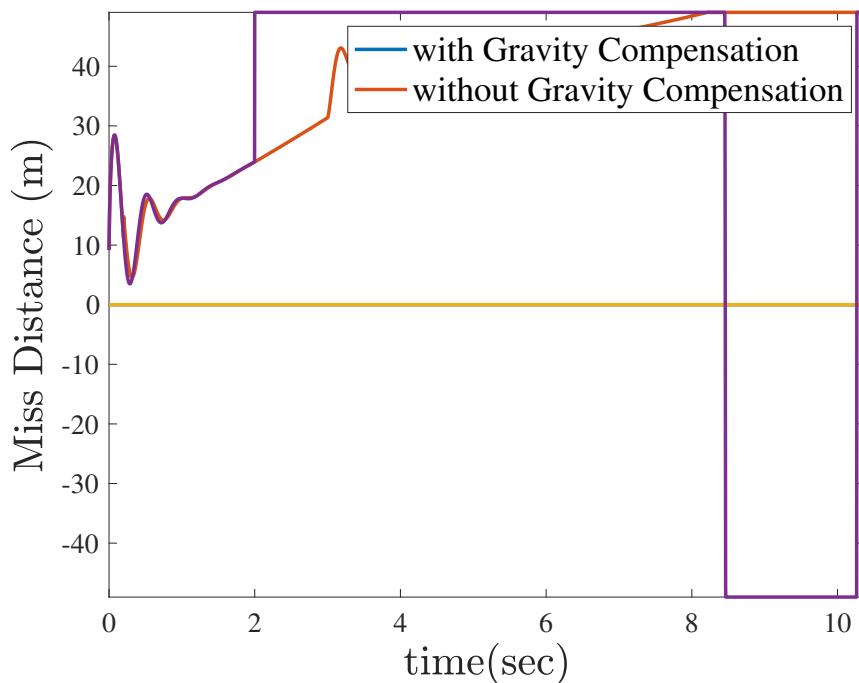
در این بخش عبارت جبرانساز شتاب گرانش در دستور خروجی هدایت اضافه شده است و سپس نتایج در حضور و بدون حضور جبرانساز شتاب گرانش بررسی شده است.



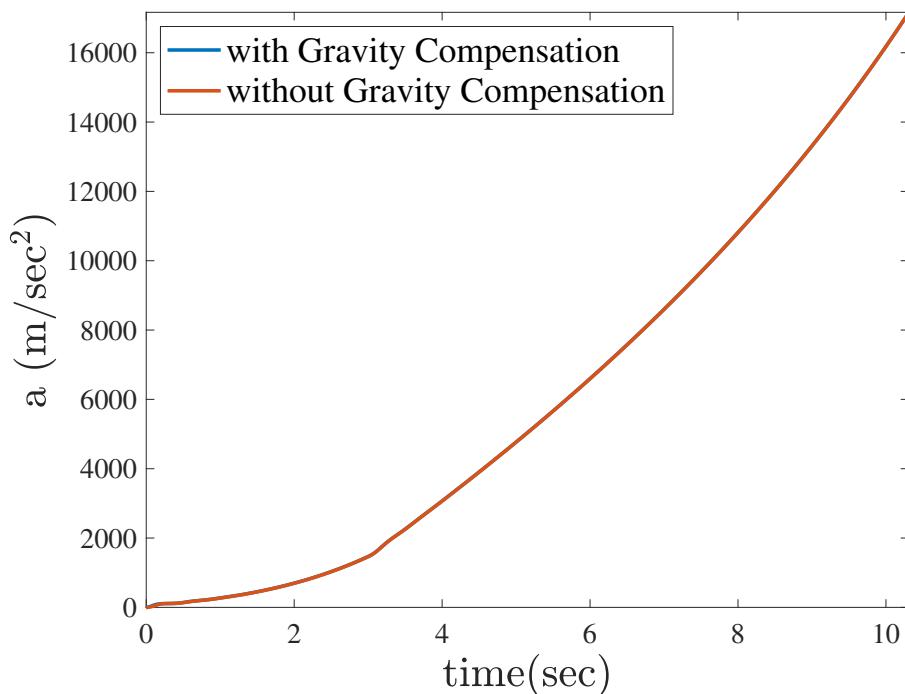
شکل ۲۸: مقایسه موقعیت موشک در حضور و عدم حضور جبرانساز شتاب گرانش و هدف به صورت سه بعدی در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر



شکل ۲۹: مقایسه فرمان موشک در حضور و عدم حضور جبران‌ساز شتاب گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



شکل ۳۰: مقایسه فاصله ازدست‌دهی موشک در حضور و عدم حضور جبران‌ساز شتاب گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



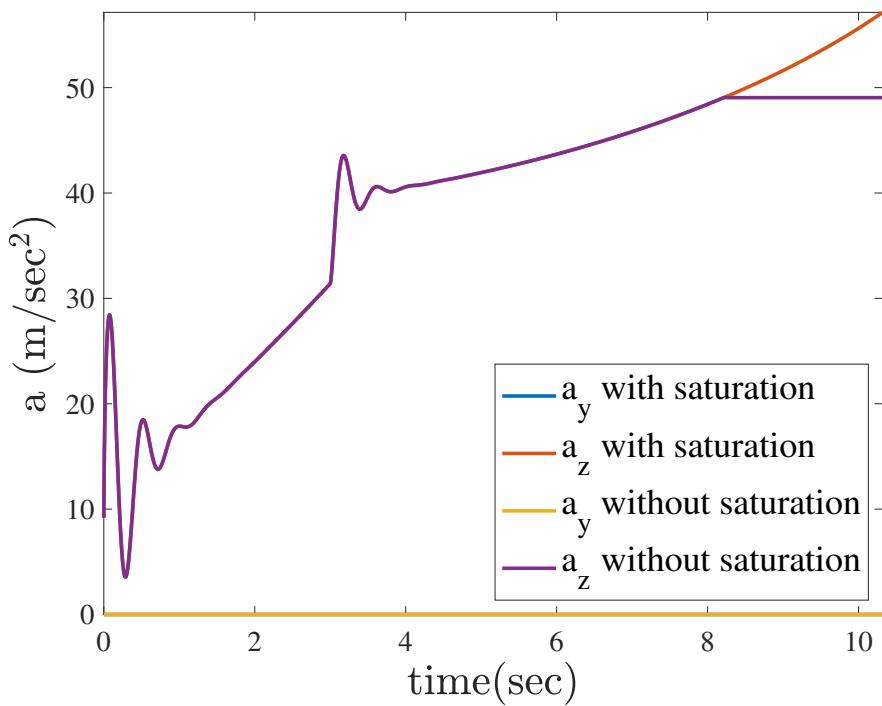
شکل ۳۱: مقایسه مقدار تلاش کنترلی موشک در حضور و عدم حضور جبران‌ساز شتاب گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر

۶.۱ بخش ج

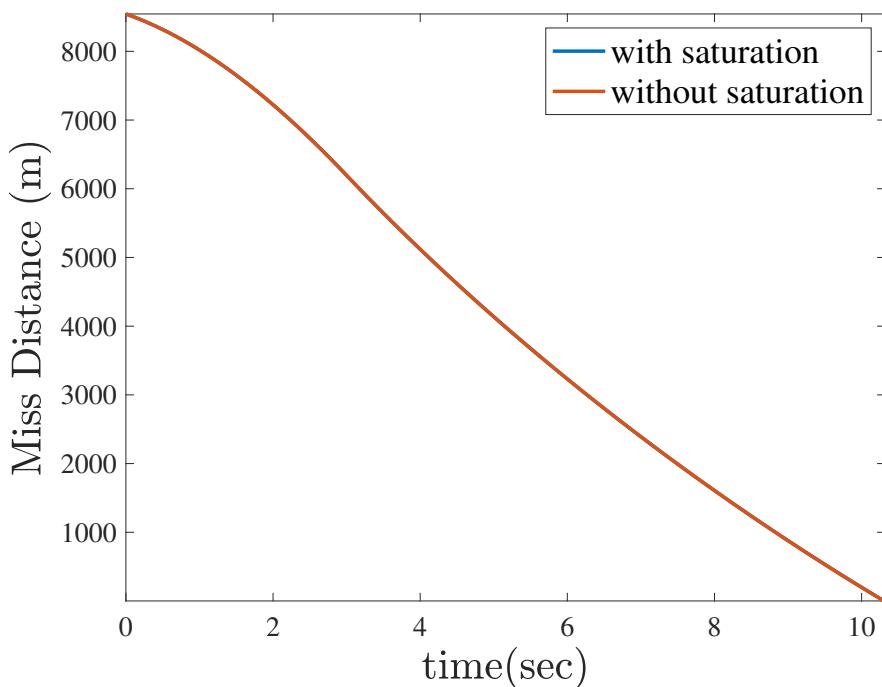
در این بخش محدود کننده شتاب ورودی به سیستم اضافه شده و نتایج آن مقایسه شده است.

جدول ۴: مقایسه فاصله ازدست‌دهی در حضور و عدم حضور محدود کننده

Saturation Mode	Miss Distance (m)
Off	0.6034
On	5.1746



شکل ۳۲: مقایسه فرمان موشک در حضور و عدم حضور محدود کننده در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر



شکل ۳۳: مقایسه فاصله ازدست دهی موشک در حضور و عدم حضور محدود کننده در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر

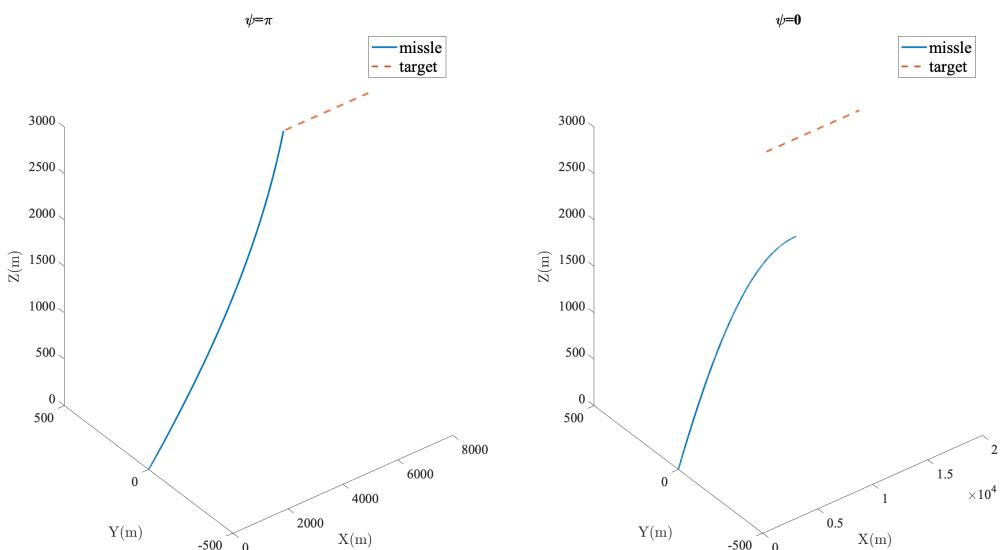
۷.۱ بخش چ

این بخش به بررسی تغیر زاویه ψ هدف پرداخته است. فاصله ازدستدهی در جدول زیر آمده است.

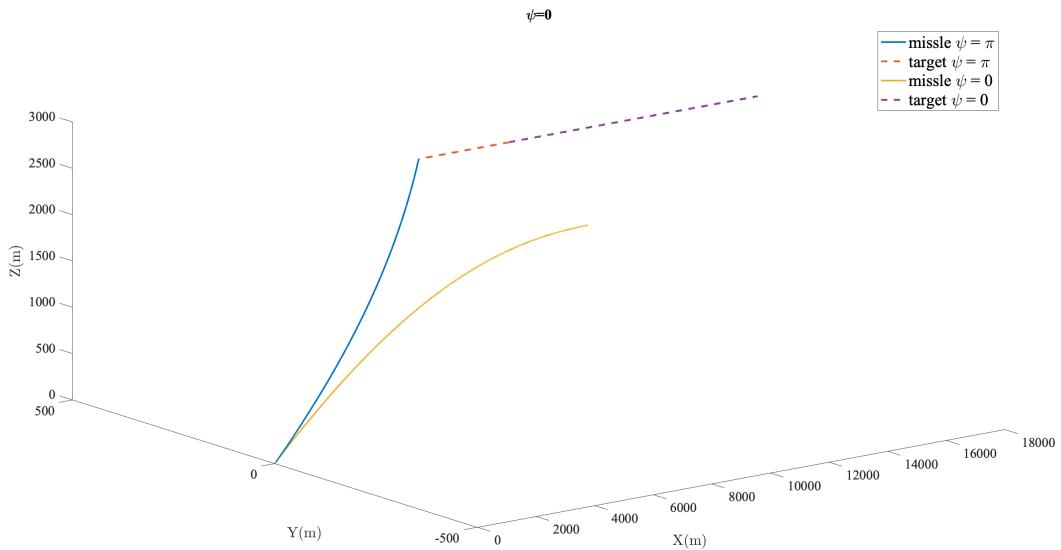
جدول ۵: فاصله ازدستدهی در شرایط اولیه مختلف هدف

ψ	Miss Distance (m)
180°	0.6022
0°	5212.3835

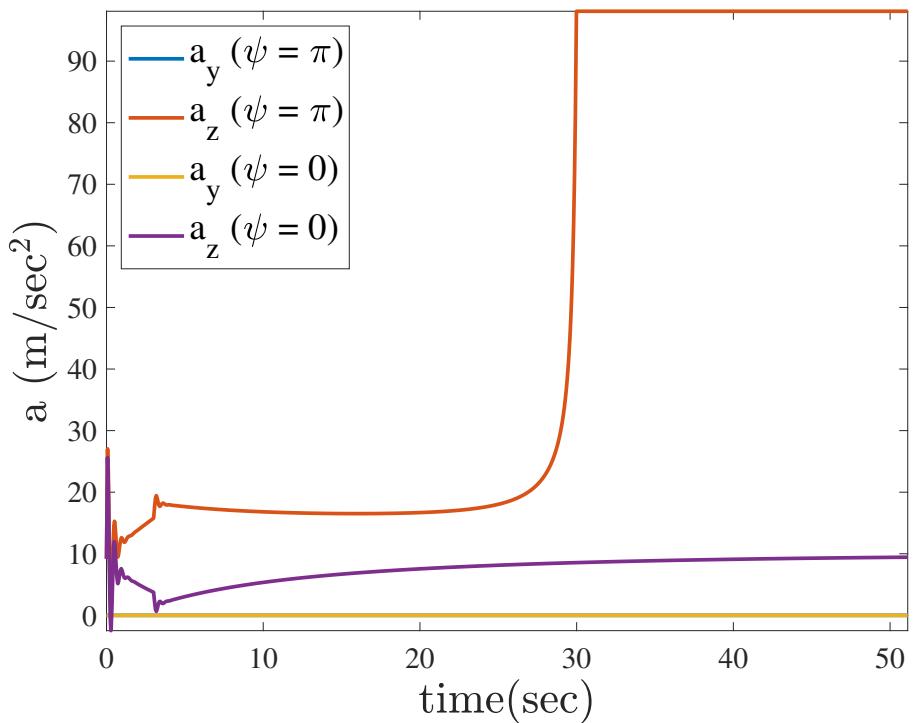
نمودار نتایج در ادامه آورده شده است.



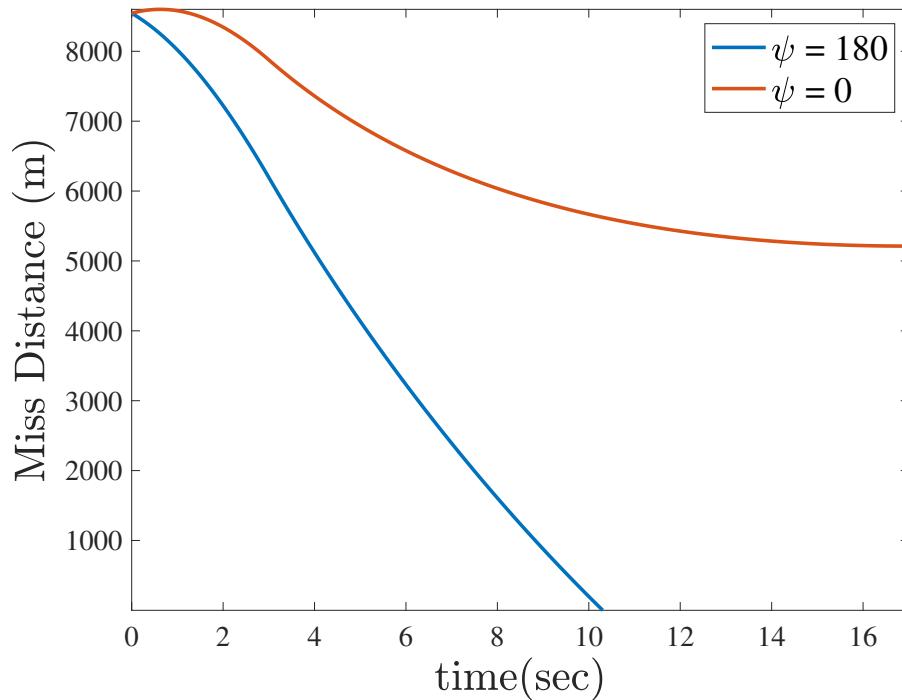
شکل ۳۴: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر



شکل ۳۵: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر



شکل ۳۶: مقایسه فرمان موشک با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر



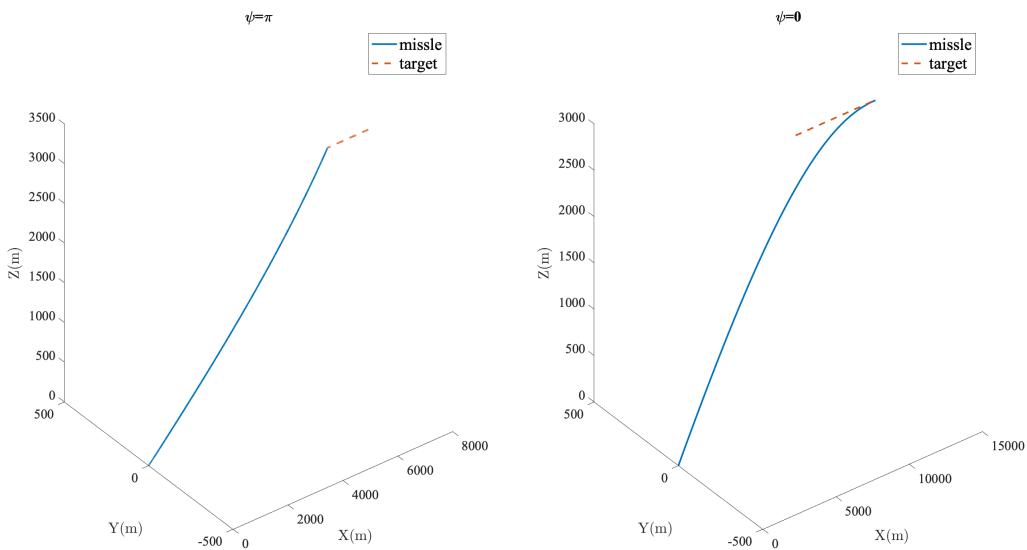
شکل ۳۷: مقایسه فاصله ازدست‌دهی موشک با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر

در ادامه با استفاده از الگوریتم Greedy کمینه سرعت برای فاصله ازدست‌دهی کمتر از ۱۵ متر بدست آمد. با توجه به اینکه در حالت اول عمکرد بهتری دارد پس اگر حالت دو ارضاء شود، حالت یک هم حتما ارضاء شود

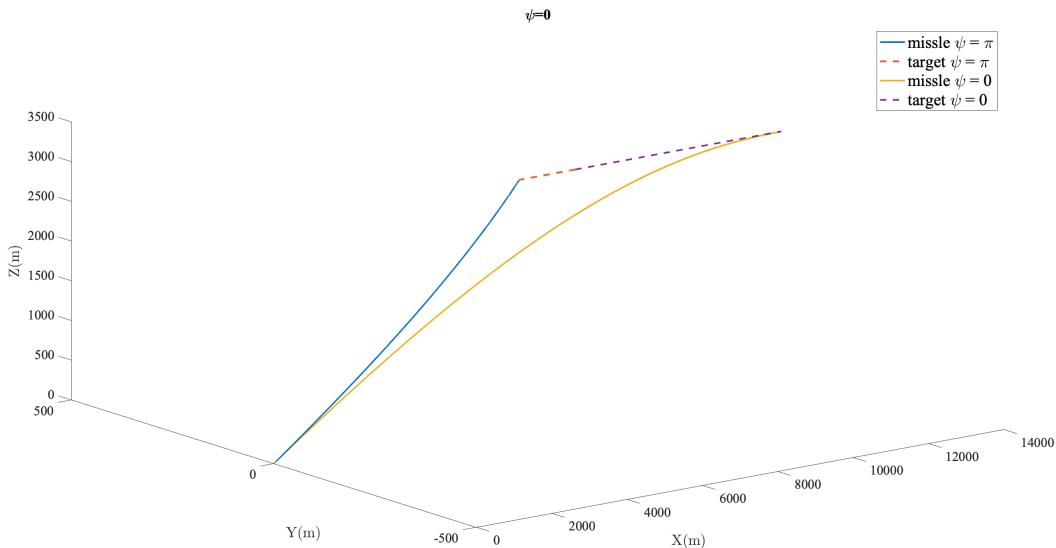
جدول ۶: فاصله ازدست‌دهی در شرایط اولیه مختلف هدف

V (m/sec)	ψ	Miss Distance (m)
300	180°	0.6022
300	0°	5212.3835
106.9	180°	0.3293
106.9	0°	14.4173

نمودار نتایج در ادامه آورده شده است.



شکل ۳۸: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار با شرایط اولیه مختلف هدف و کمینه سرعت اولیه جهت فاصله ازدستدهی کمتر از ۱۵ متر در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر



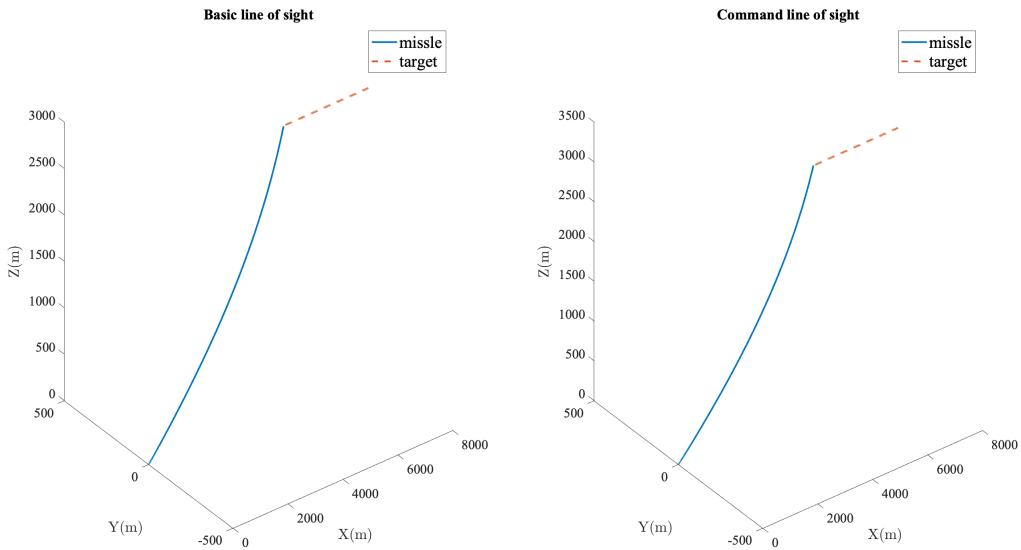
شکل ۳۹: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار با شرایط اولیه مختلف هدف و کمینه سرعت اولیه جهت فاصله ازدستدهی کمتر از ۱۵ متر در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر

۸.۱ بخش ح

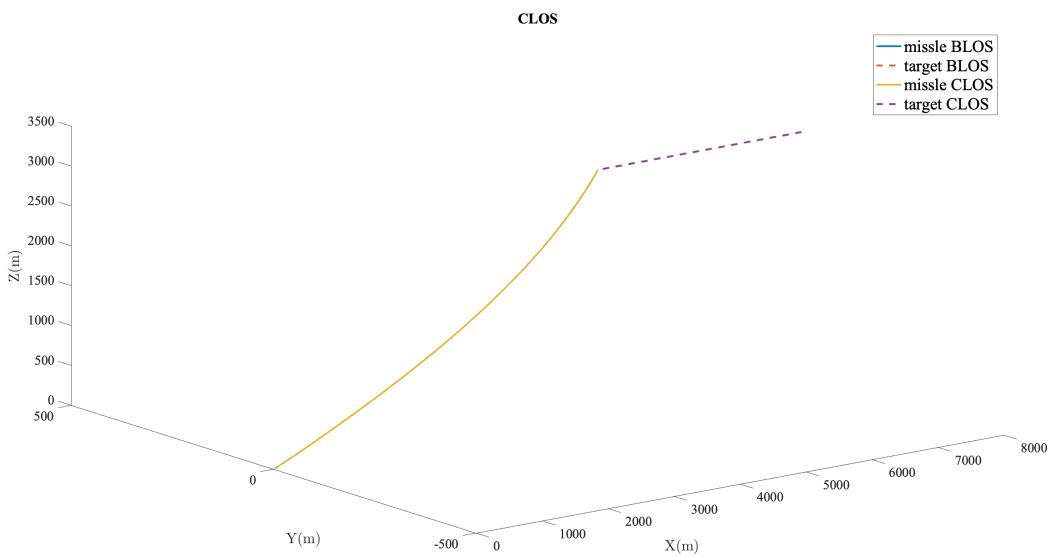
در این بخش بر اساس شرایط اولیه داده شده، قانون هدایت فرمان به خط دید با جبران‌سازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه مقایسه شده است.

جدول ۷: فاصله ازدستدهی در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران‌سازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه

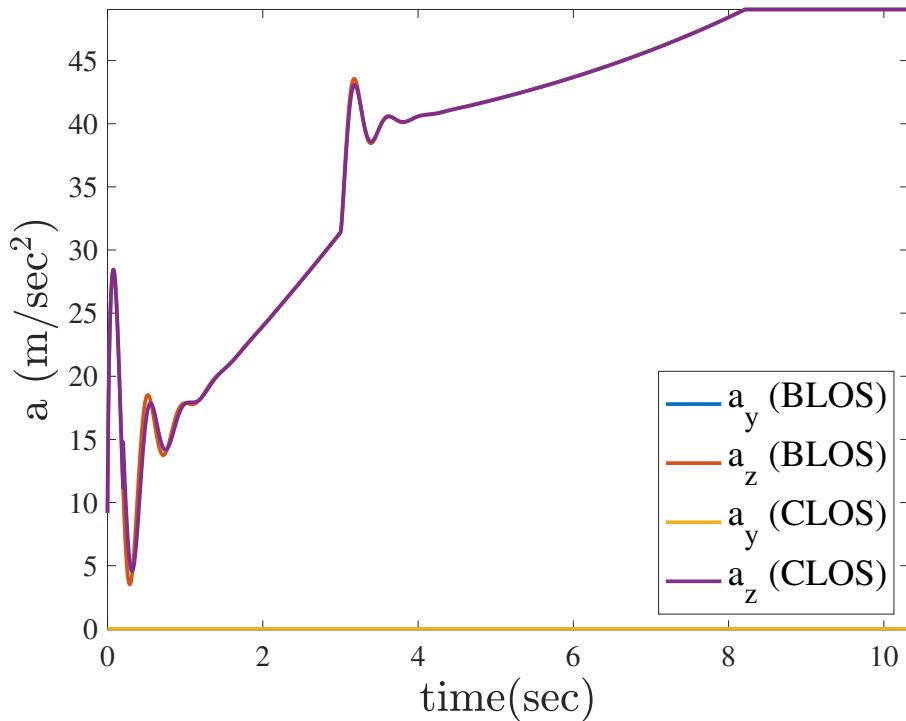
Guidance Law	Miss Distance (m)
BLOS	5.1732
CLOS	4.8192



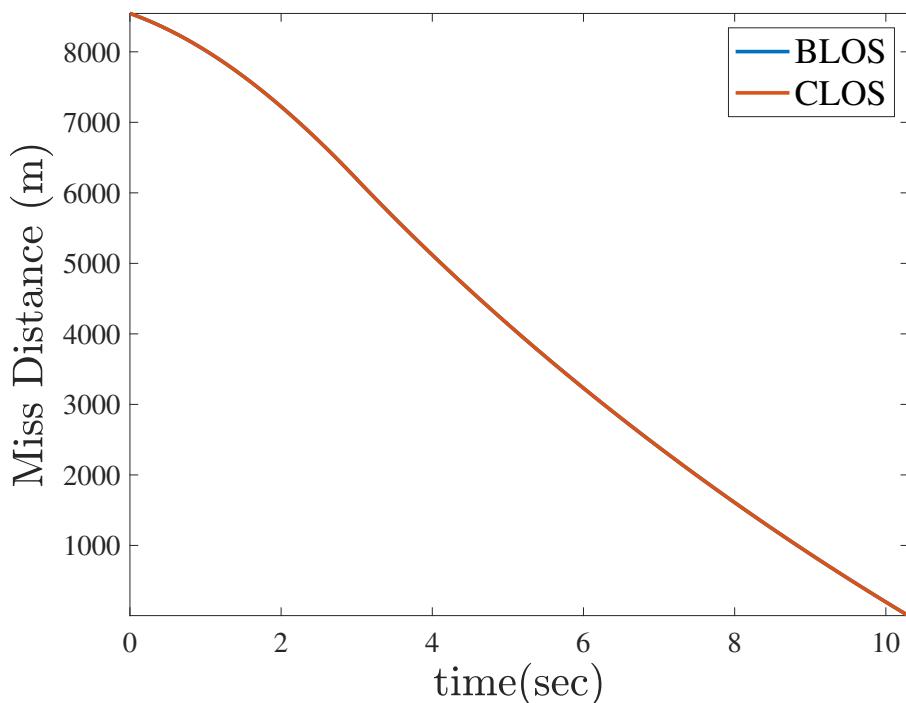
شکل ۴۰: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران‌سازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه



شکل ۴۱: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران‌سازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه



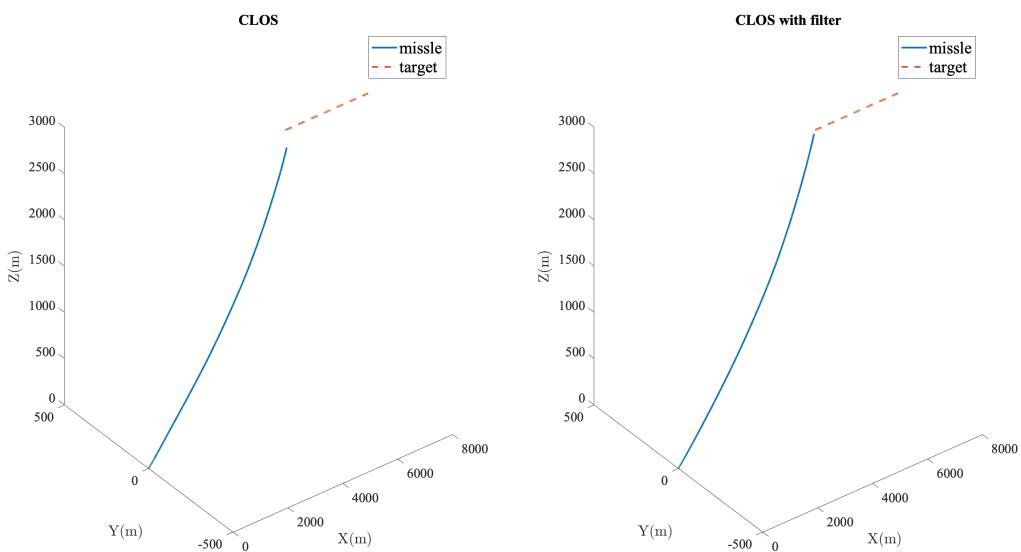
شکل ۴۲: مقایسه فرمان موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران سازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه



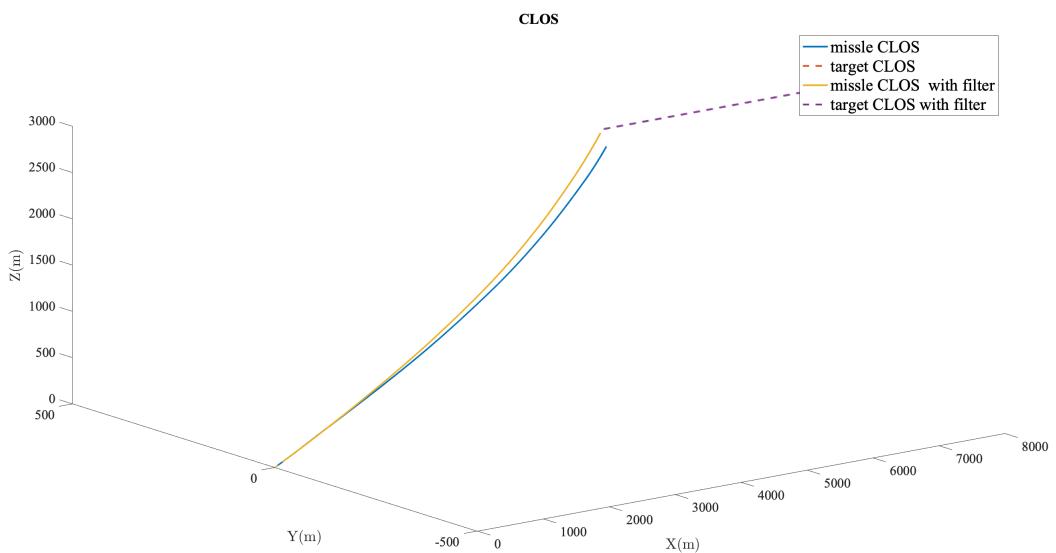
شکل ۴۳: مقایسه فاصله ازدست دهی موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران سازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه

۹.۱ بخش خ

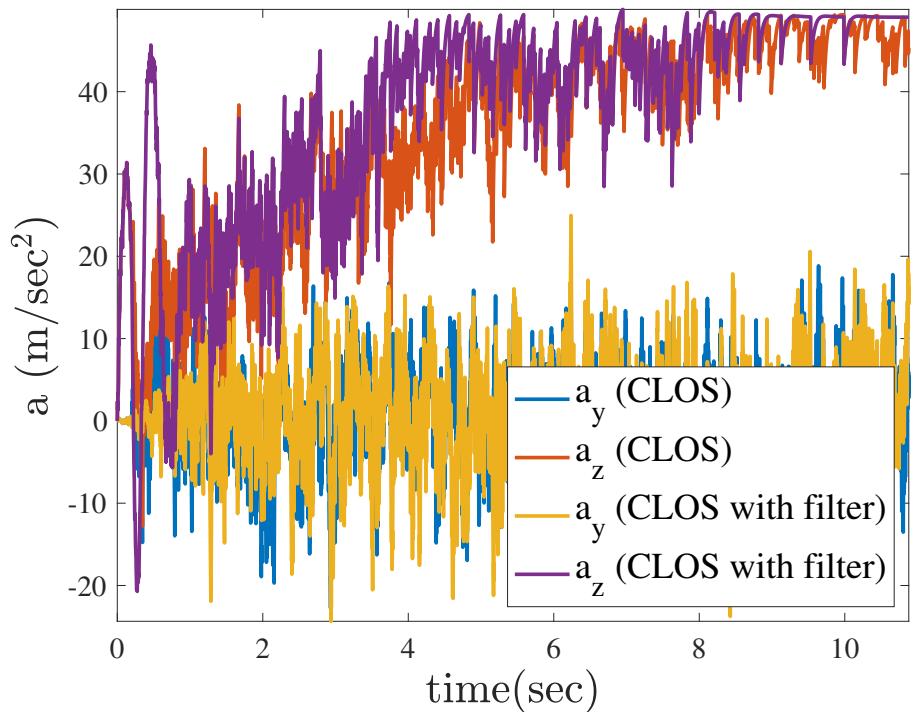
این بخش به بررسی اثر نویز و فیلتر پایین‌گذر پرداخته است.



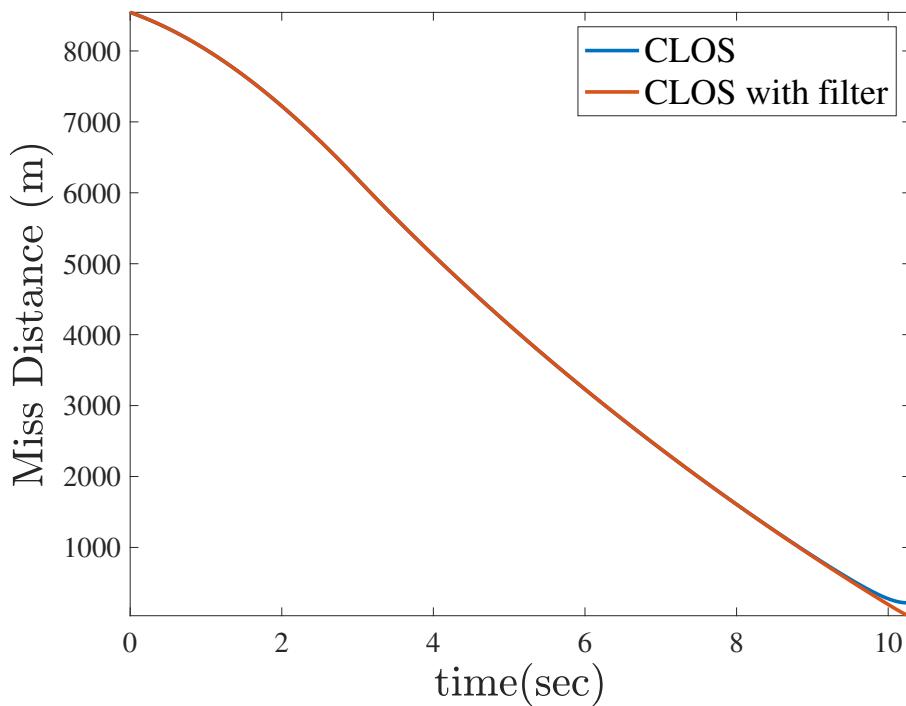
شکل ۴۴: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران‌سازی شتاب گرانش در در حضور و عدم حضور فیلتر پایین‌گذر



شکل ۴۵: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران‌سازی شتاب گرانش در در حضور و عدم حضور فیلتر پایین‌گذر



شکل ۴۶: مقایسه فرمان موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران سازی شتاب گرانش در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران سازی شتاب گرانش در حضور و عدم حضور فیلتر پایین گذر



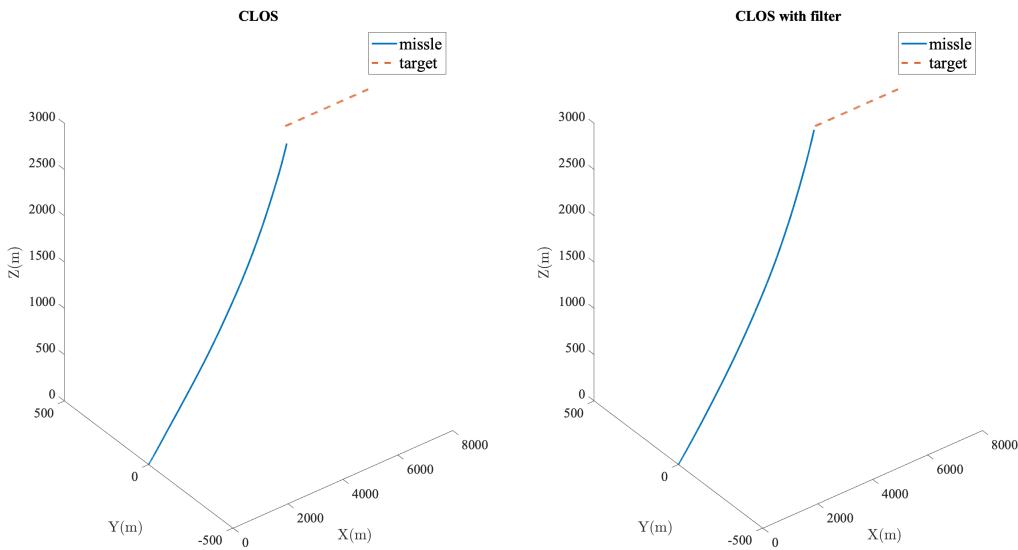
شکل ۴۷: مقایسه فاصله ازدستدهی موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران‌سازی شتاب گرانش در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران‌سازی شتاب گرانش در در حضور و عدم حضور فیلتر پایین‌گذر

جدول ۸: فاصله ازدستدهی در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبران‌سازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه

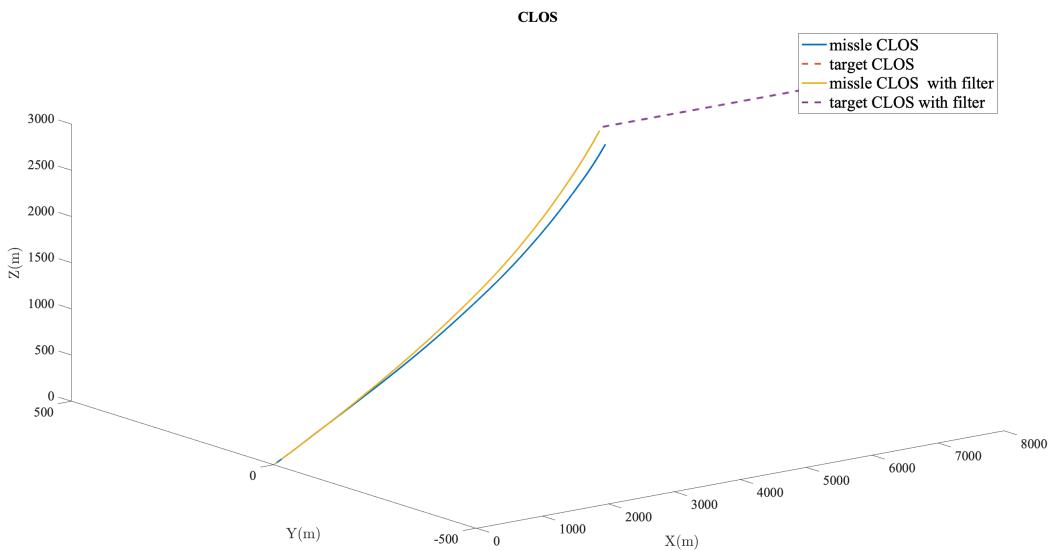
Signal	Mean	Standard Deviation
θ	0.4473	0.0588
$\dot{\theta}$	0.0553	0.8462
$\ddot{\theta}$	0.3548	65.5899

۱۰.۱ بخش د

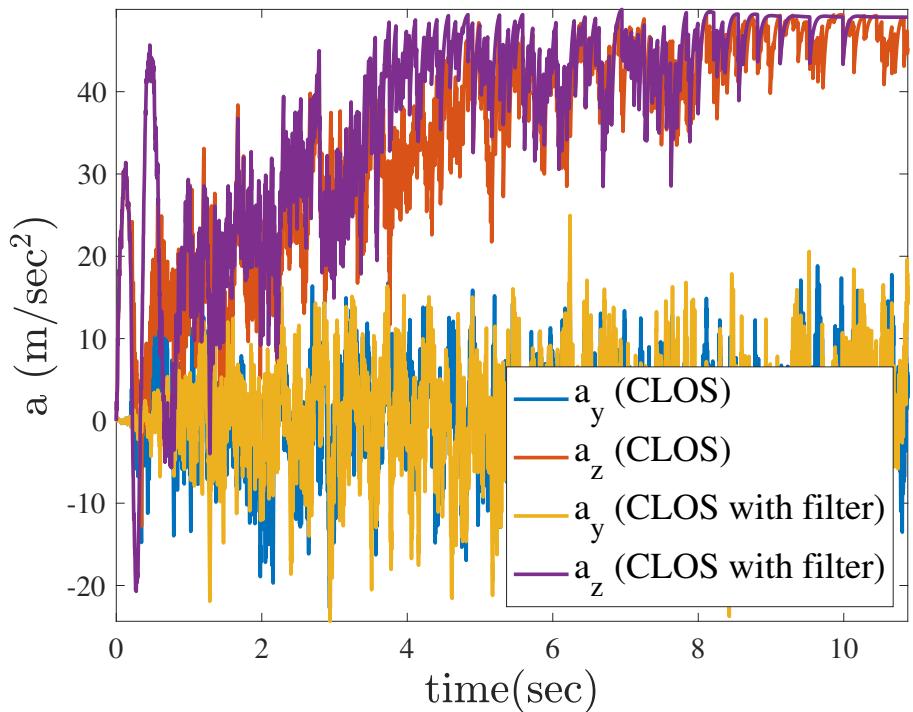
در این بخش به بررسی درنظرگرفتن زاویه پیش‌بین در قانون هدایت فرمان به خط دید پرداخته شده است.



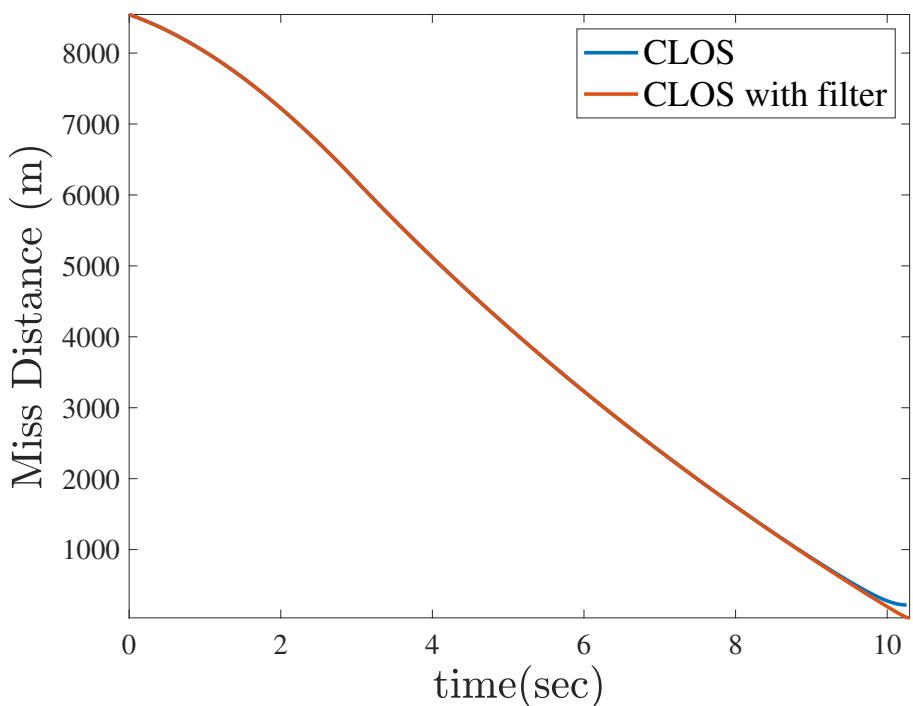
شکل ۴۸: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار برای بررسی درنظرگرفتن زاویه پیش‌بین در قانون هدایت فرمان به خط دید



شکل ۴۹: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار برای بررسی درنظرگرفتن زاویه پیش‌بین در قانون هدایت فرمان به خط دید



شکل ۵۰: مقایسه فرمان موشک برای بررسی درنظرگرفتن زاویه پیش‌بین در قانون هدایت فرمان به خط دید



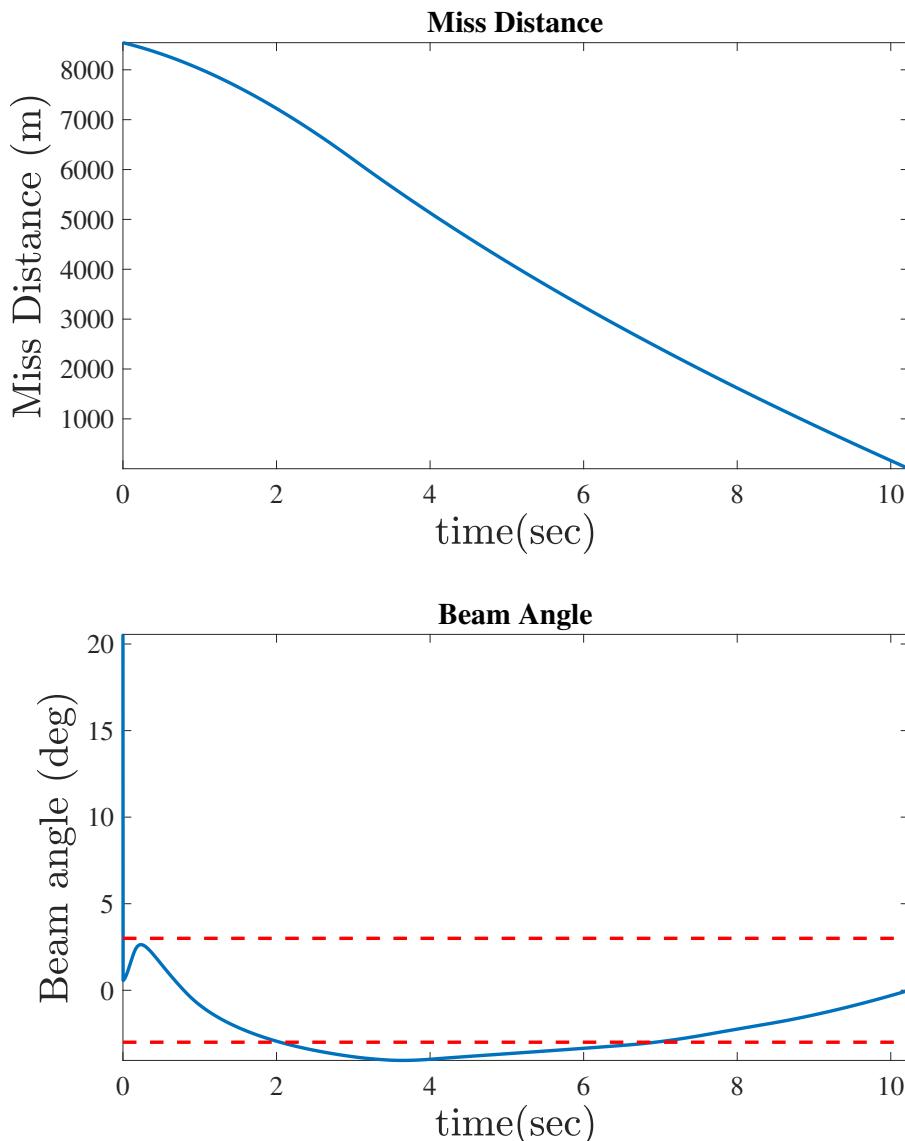
شکل ۵۱: مقایسه فاصله ازدست‌دهی موشک برای بررسی درنظرگرفتن زاویه پیش‌بین در قانون هدایت فرمان به خط دید

جدول ۹: فاصله ازدستدهی در قانون هدایت فرمان به خط ایه

Signal	Mean	Standard Deviation
θ	0.4473	0.0588
$\dot{\theta}$	0.0553	0.8462
$\ddot{\theta}$	0.3548	65.5899

۱۱.۱ بخش ذ

در این بخش به بررسی پهنهای بیم پرداخته شده است. در شکل زیر نمودار فاصله ازدستدهی و زمان‌هایی که موشک خارج از پهنهای بیم است رسم شده است.

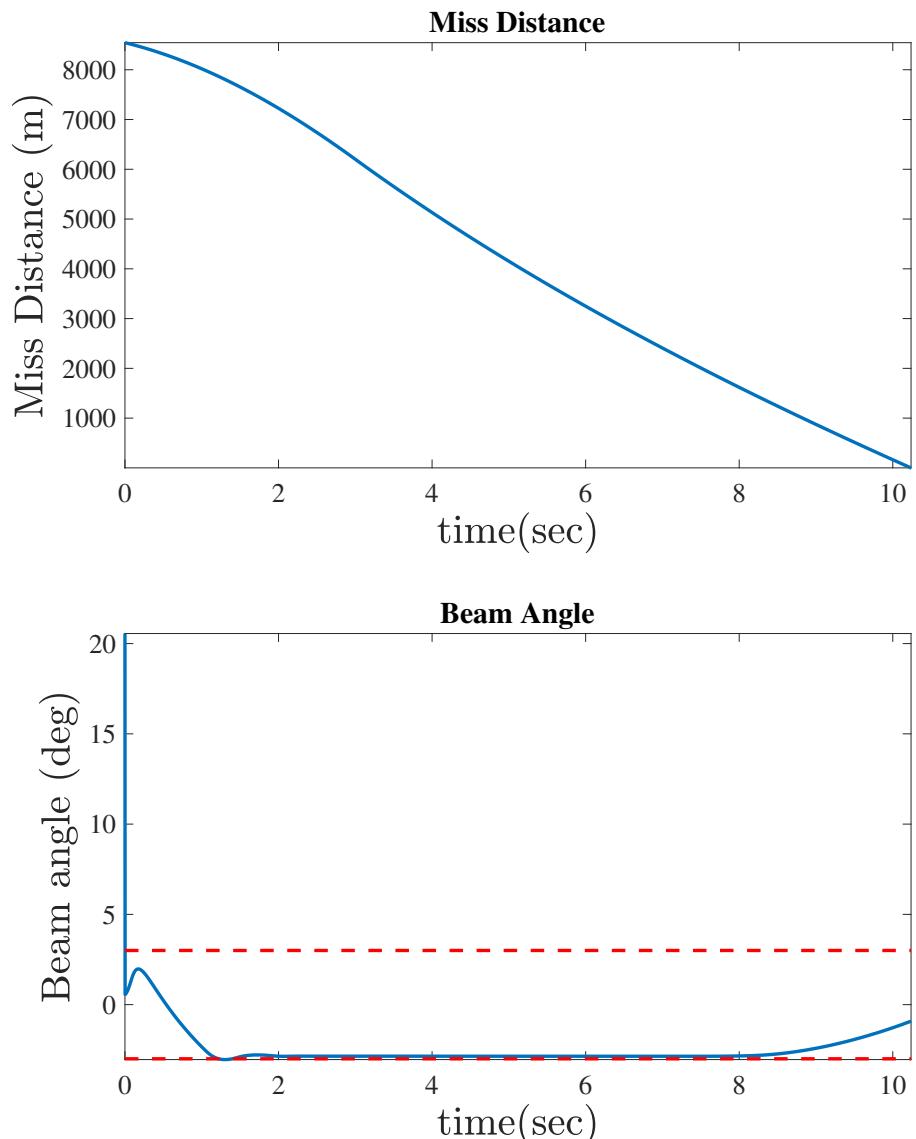


شکل ۵۲: تاریخچه فاصله ازدستدهی و پهنای بیم مورد نیاز در طی مسیر

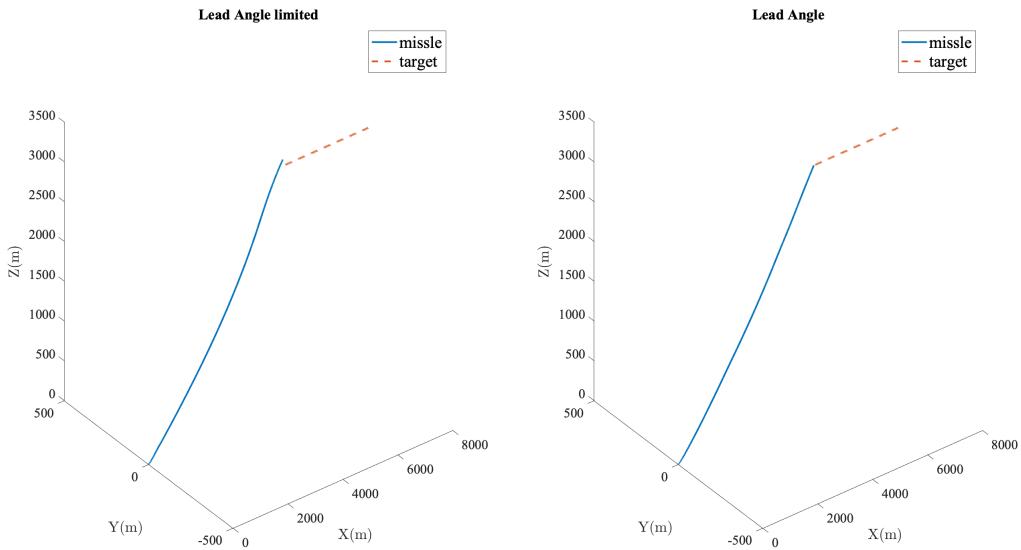
همانطور که در نمودار بالا مشخص است، در بعضی از زمان‌ها از پهنای بیم خارج شده است.

۱۲.۱ بخش ر

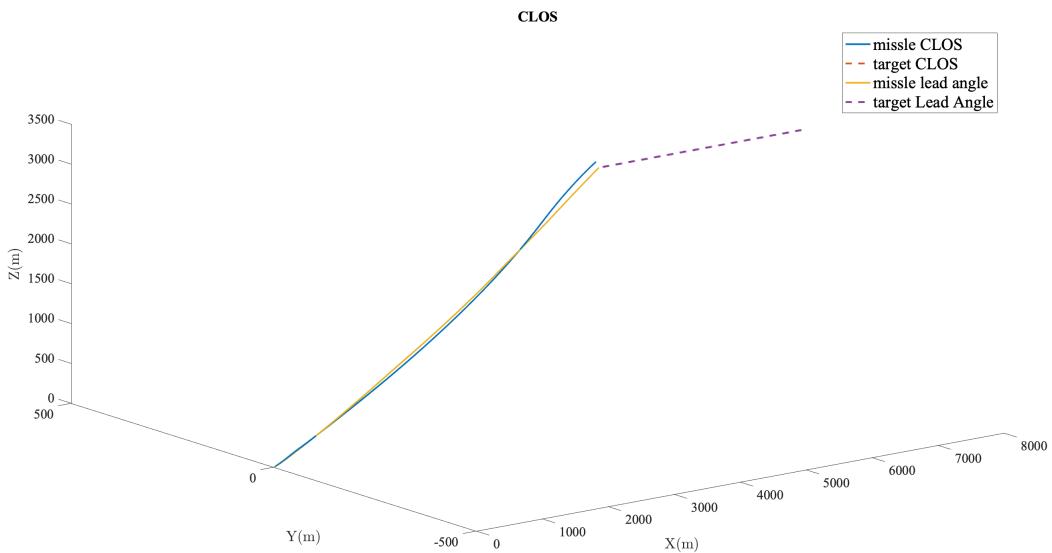
در این بخش با محدود کردن زاویه پیش‌بین بین 5° / 0° رادیان، موشک از پهنای باند خارج نشد. نتایج در ادامه آمده است.



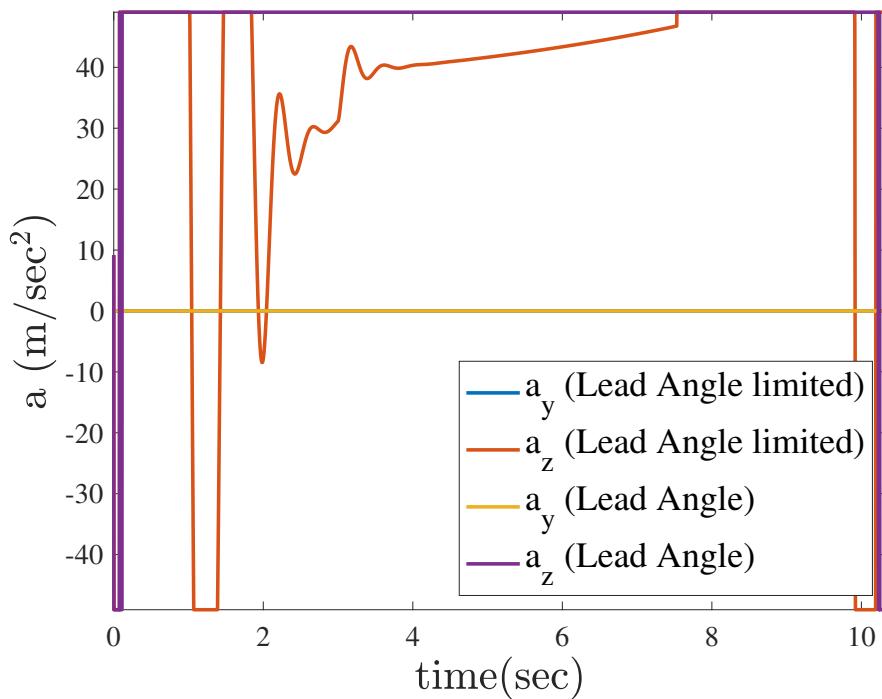
شکل ۵۳: تاریخچه فاصله ازدستدهی و پهناهی بیم مورد نیاز در طی مسیر



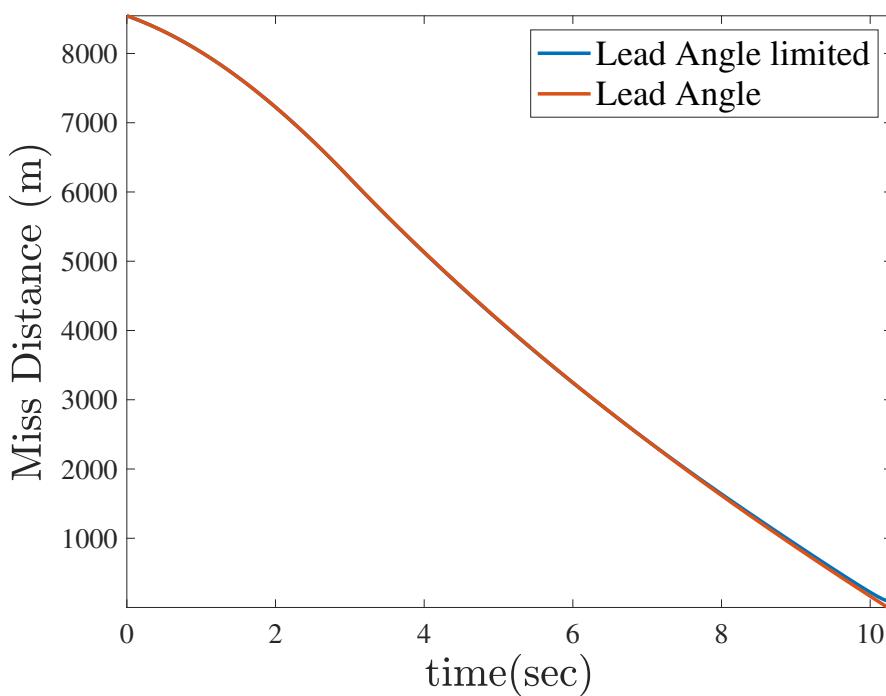
شکل ۵۴: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار در قانون هدایت فرمان به خط دید همراه با محدود کننده زاویه پیش‌بین



شکل ۵۵: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار در قانون هدایت فرمان به خط دید همراه با محدود کننده زاویه پیش‌بین



شکل ۵۶: مقایسه فرمان موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید همراه با محدود کننده زاویه پیش بین



شکل ۵۷: مقایسه فاصله ازدست دهی موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید همراه با محدود کننده زاویه پیش بین

فهرست مطالب

١	سؤال اول	١
١	١.١ بخش الف	١.١
٥	٢.١ بخش ب	٢.١
٩	٣.١ بخش پ	٣.١
١٣	٤.١ بخش ت	٤.١
١٧	٥.١ بخش ث	٥.١
١٩	٦.١ بخش ج	٦.١
٢١	٧.١ بخش چ	٧.١
٢٥	٨.١ بخش ح	٨.١
٢٨	٩.١ بخش خ	٩.١
٣١	١٠.١ بخش د	١٠.١
٣٥	١١.١ بخش ذ	١١.١
٣٦	١٢.١ بخش ر	١٢.١

فهرست تصاویر

١	موقعیت موشک	١
٢	وضعیت موشک	٢
٣	سرعت موشک	٣
٤	موقعیت هدف	٤
٤	وضعیت هدف	٥
٤	سرعت هدف	٦
٥	موقعیت موشک با شرایط اولیه بهینه شده	٧
٦	وضعیت موشک با شرایط اولیه بهینه شده	٨
٦	سرعت موشک با شرایط اولیه بهینه شده	٩
٧	موقعیت موشک و هدف با شرایط اولیه بهینه شده	١٠
٧	موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی با شرایط اولیه بهینه شده	١١
٨	موقعیت موشک و هدف با شرایط اولیه بهینه شده همراه با مانور هدف	١٢

۱۳	موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی با شرایط اولیه بهینه شده همراه با مانور هدف
۸	موقعیت موشک در هدایت خط دید پایه
۹	وضعیت موشک در هدایت خط دید پایه
۱۰	سرعت موشک در هدایت خط دید پایه
۱۰	موقعیت موشک و هدف در هدایت خط دید پایه
۱۱	موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در هدایت خط دید پایه
۱۱	فرمان شتاب در هدایت خط دید پایه
۱۲	فاصله ازدستدهی در هدایت خط دید پایه
۱۲	موقعیت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۱۳	وضعیت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۱۴	سرعت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۱۴	موقعیت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۱۵	موقعیت موشک و هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۱۵	مقایسه موقعیت موشک در حضور و عدم حضور جبرانساز شتاب گرانش و هدف به صورت سه بعدی در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۱۶	مقایسه فرمان موشک در حضور و عدم حضور جبرانساز شتاب گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۱۶	مقایسه فاصله ازدستدهی موشک در حضور و عدم حضور جبرانساز شتاب گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۱۷	مقایسه مقدار تلاش کنترلی موشک در حضور و عدم حضور جبرانساز شتاب گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۱۸	مقایسه مقدار محدود کننده در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۱۹	مقایسه فرمان موشک در حضور و عدم حضور محدود کننده در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۲۰	مقایسه فاصله ازدستدهی موشک در حضور و عدم حضور محدود کننده در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۲۰	مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۲۱	

۳۵	مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۳۶	مقایسه فرمان موشک با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۳۷	مقایسه فاصله ازدستدهی موشک با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۳۸	مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار با شرایط اولیه مختلف هدف و کمینه سرعت اولیه جهت فاصله ازدستدهی کمتر از ۱۵ متر در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۳۹	مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار با شرایط اولیه مختلف هدف و کمینه سرعت اولیه جهت فاصله ازدستدهی کمتر از ۱۵ متر در هدایت خط دید پایه همراه با مشتقگیر
۴۰	مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه
۴۱	مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه
۴۲	مقایسه فرمان موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه
۴۳	مقایسه فاصله ازدستدهی موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه
۴۴	مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش در در حضور و عدم حضور فیلتر پایین‌گذر
۴۵	مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش در در حضور و عدم حضور فیلتر پایین‌گذر
۴۶	مقایسه فرمان موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش در در حضور و عدم حضور فیلتر پایین‌گذر

۴۷	مقایسه فاصله ازدستدهی موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش
۳۱ در در حضور و عدم حضور فیلتر پایین‌گذر
۴۸ تاریخچه فاصله ازدستدهی و پهناهی بیم مورد نیاز در طی مسیر
۴۹ مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار در قانون
۳۲ هدایت فرمان به خط دید همراه با محدود کننده زاویه پیش‌بین
۵۰ مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در یک نمودار در قانون
۳۳ هدایت فرمان به خط دید همراه با محدود کننده زاویه پیش‌بین
۵۱ مقایسه فرمان موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید همراه با محدود کننده زاویه پیش‌بین
۳۴ مقایسه فاصله ازدستدهی موشک در قانون هدایت فرمان به خط دید همراه با محدود کننده زاویه پیش‌بین
۵۲ تاریخچه فاصله ازدستدهی و پهناهی بیم مورد نیاز در طی مسیر
۳۴
۳۵

فهرست جداول

۱	شرط اولیه و فاصله ازدستدهی
۲	ضرایب حلقه هدایت و فاصله ازدستدهی
۳	ضرایب حلقه هدایت و فاصله ازدستدهی همراه با مشتق‌گیر
۴	مقایسه فاصله ازدستدهی در حضور و عدم حضور محدود کننده
۵	فاصله ازدستدهی در شرایط اولیه مختلف هدف
۶	فاصله ازدستدهی در شرایط اولیه مختلف هدف
۷	فاصله ازدستدهی در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه
۸	فاصله ازدستدهی در قانون هدایت فرمان به خط دید و جبرانسازی شتاب گرانش با قانون هدایت خط دید پایه
۵
۹
۱۲
۱۹
۲۱
۲۲
۲۵
۳۱