

# تمرین سری دوم درس هدایت و ناوبری

علی بنی‌اسد

۱ اردیبهشت ۱۴۰۲

## ۱ سوال اول

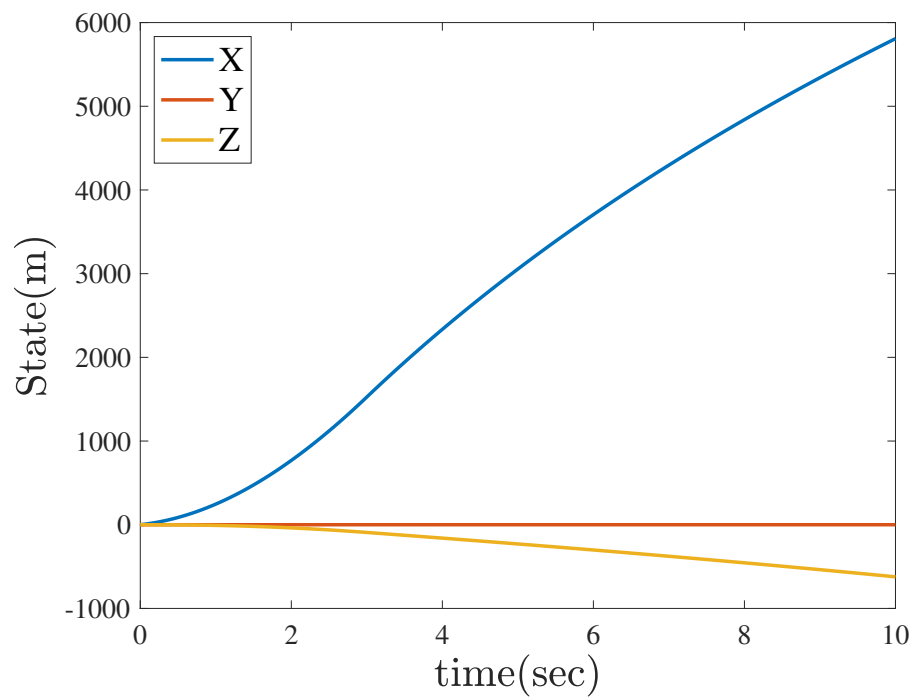
در بخش‌های مختلف سوال به بررسی عملکرد قانون هدایت خط دید<sup>۱</sup> بررسی شده است.

### ۱.۱ بخش الف

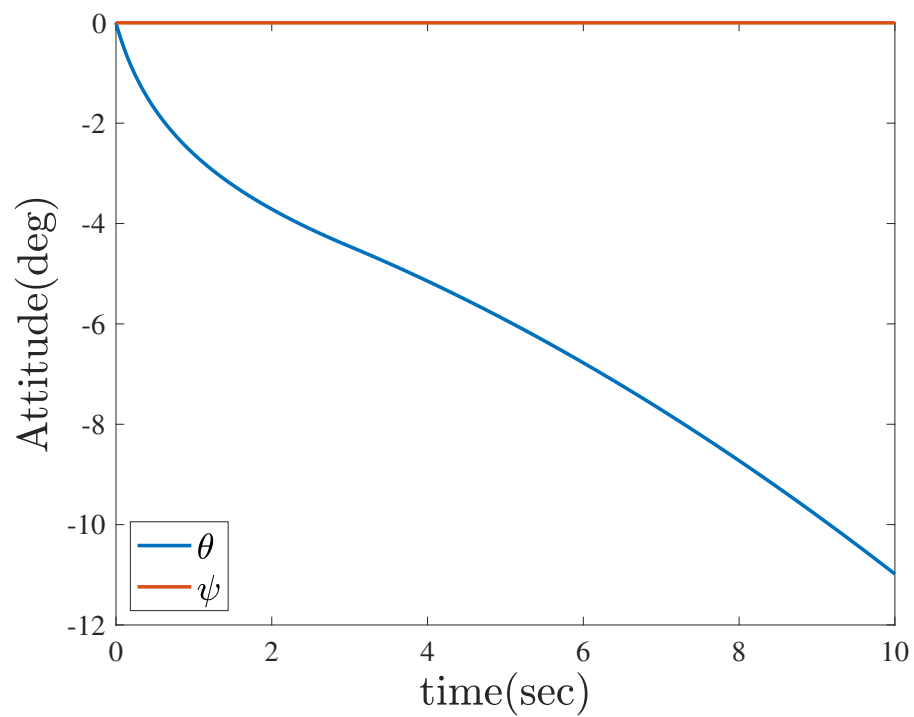
در این بخش شبیه‌سازی موشک و هدف به مدت ۱۰ ثانیه انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی در ادامه آورده شده است.

---

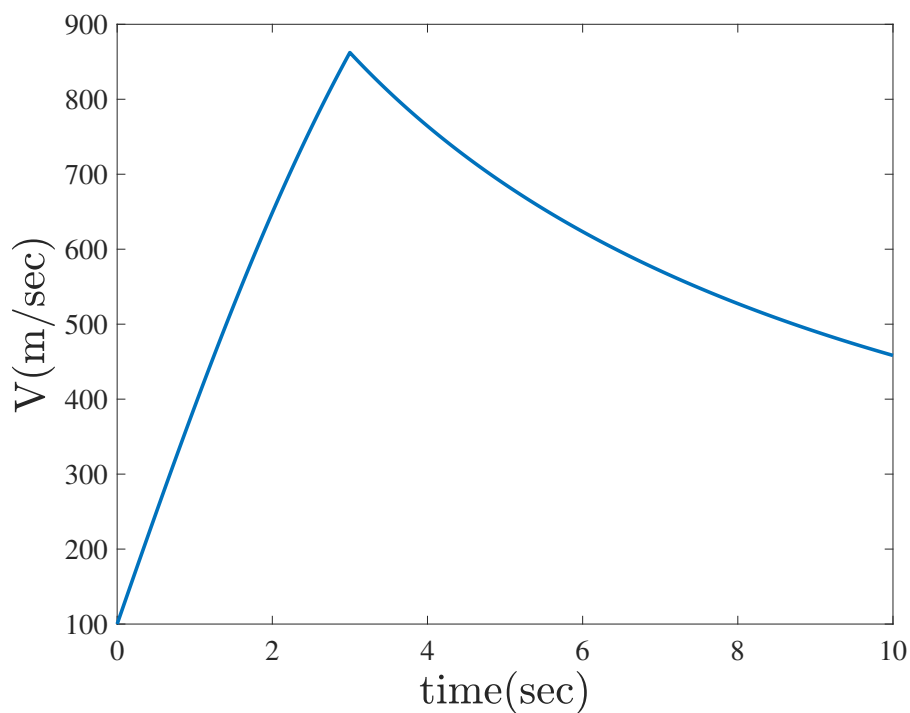
<sup>1</sup>Line Of Sight



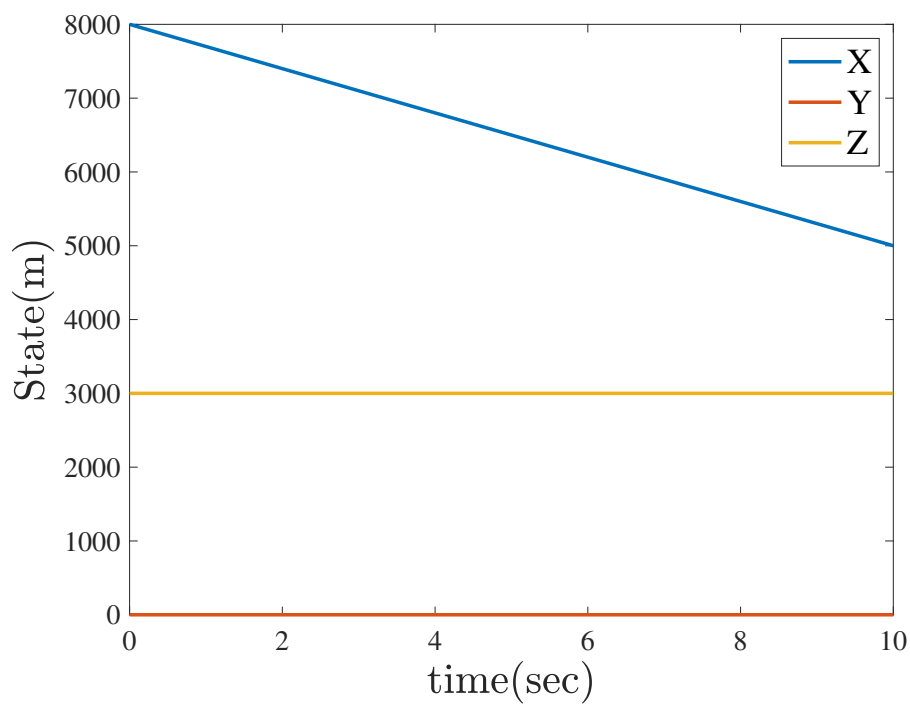
شکل ۱: موقعیت موشک



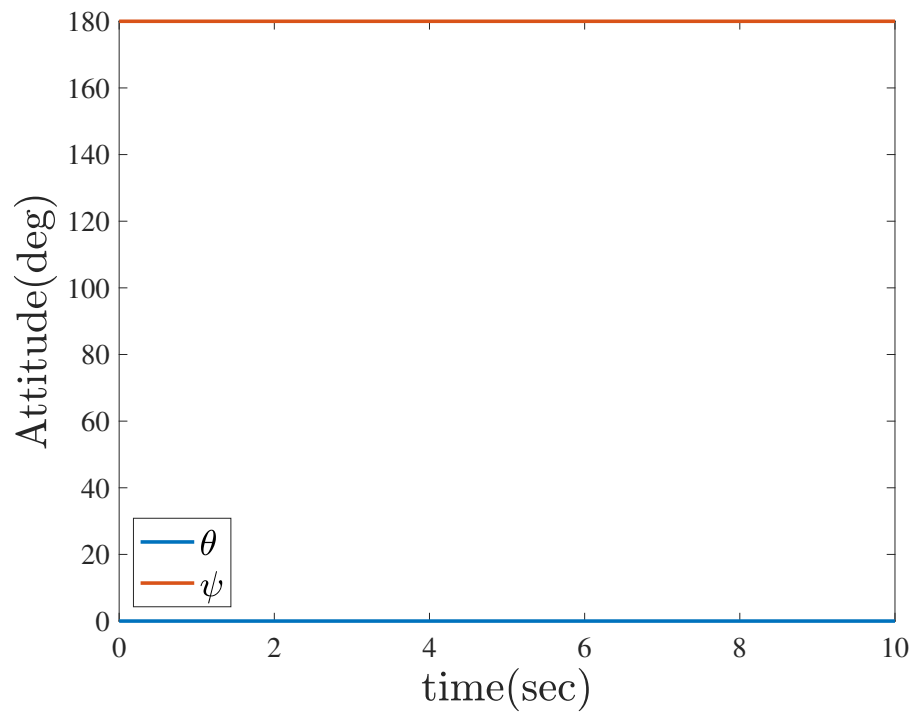
شکل ۲: وضعیت موشک



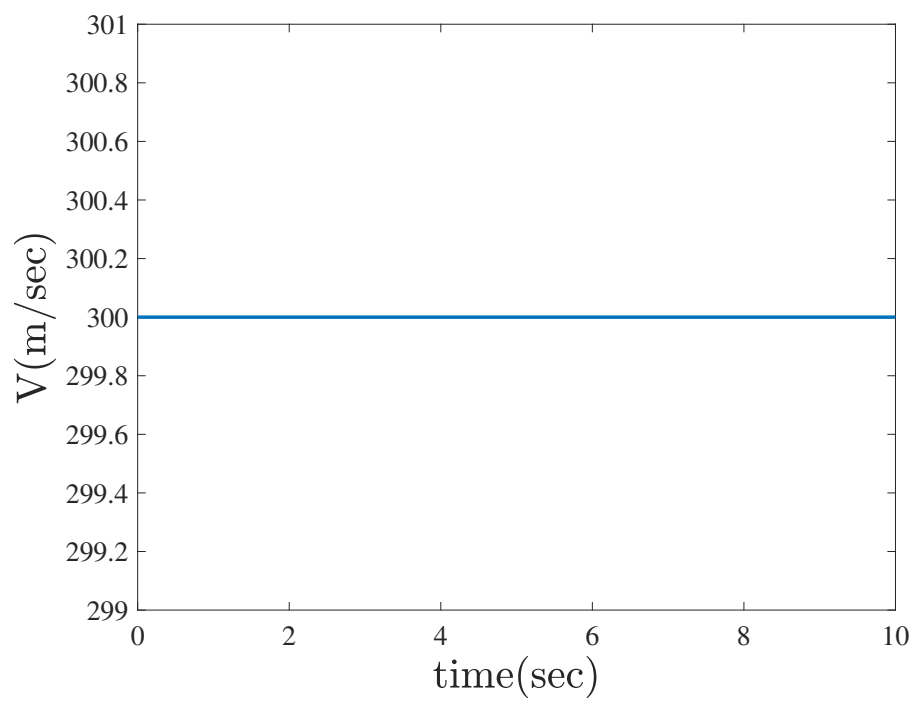
شکل ۳: سرعت موشک



شکل ۴: موقعیت هدف



شکل ۵: وضعیت هدف



شکل ۶: سرعت هدف

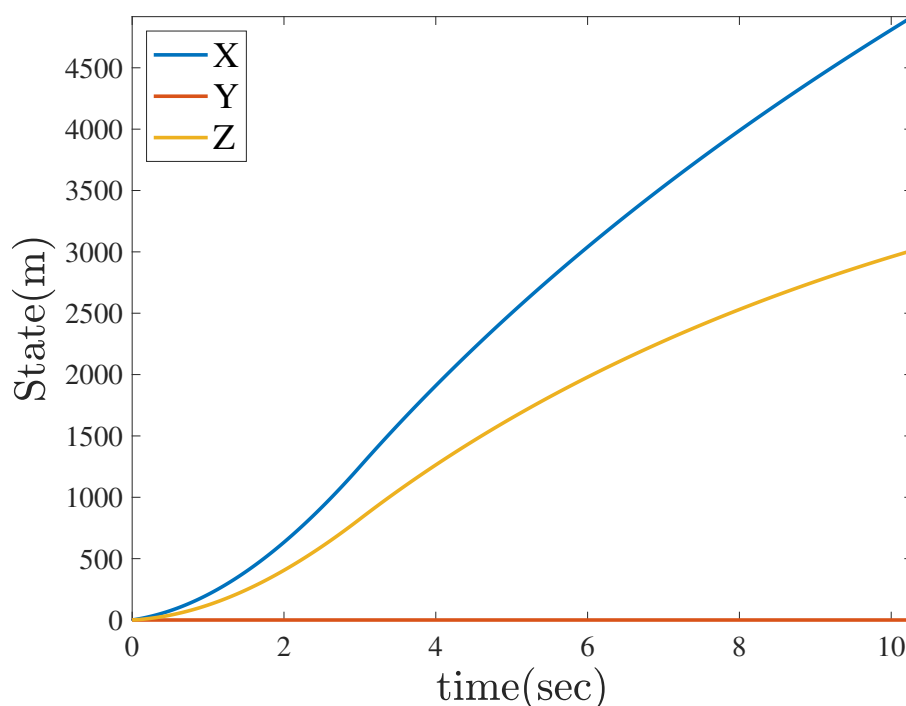
## ۲.۱ بخش ب

در این بخش با استفاده از بهینه‌سازی مقادیر اولیه  $\theta$  و  $\psi$  محاسبه شد. مقادیر  $\theta_0$ ،  $\psi_0$  و فاصله ازدست‌دهی<sup>۲</sup> آورده شده است.

جدول ۱: شرایط اولیه و فاصله ازدست‌دهی

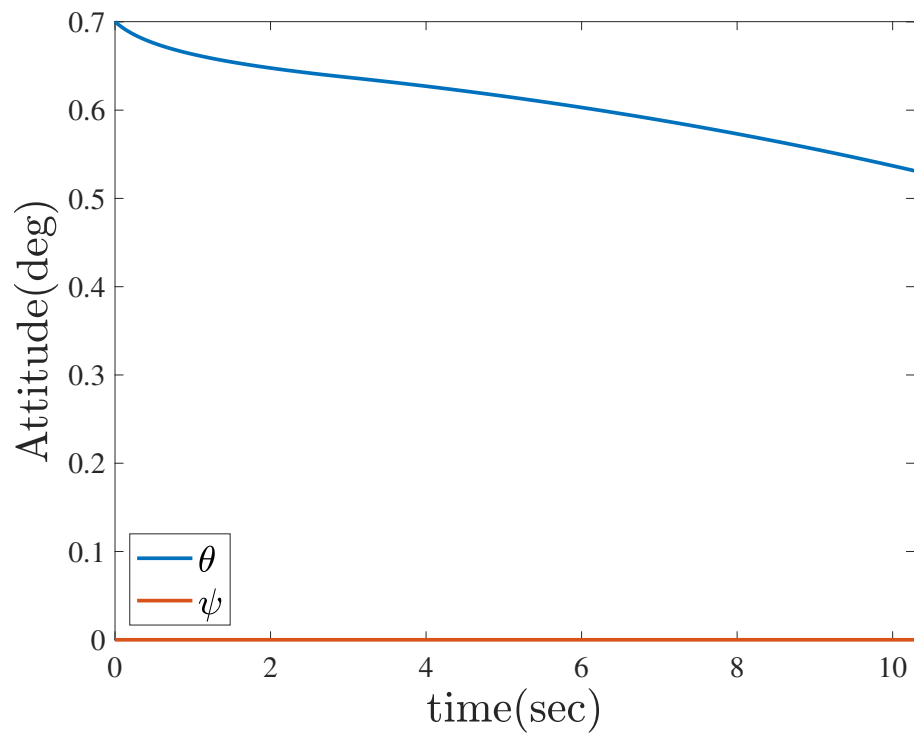
Parameter	Value
$\theta_0$	$39.9892^\circ$
$\psi_0$	$0^\circ$
Miss Distance (m)	0.0741

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  $22/5$  متر شد. نتایج شبیه‌سازی در دو حالت اشاره شده در پایین آورده شده است.

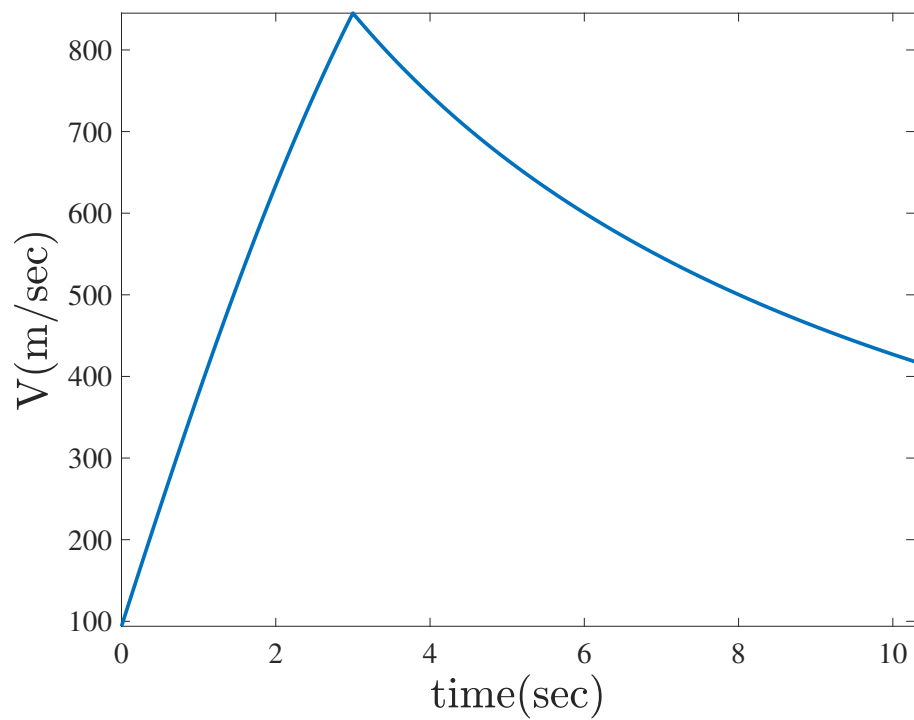


شکل ۷: موقعیت موشک با شرایط اولیه بهینه شده

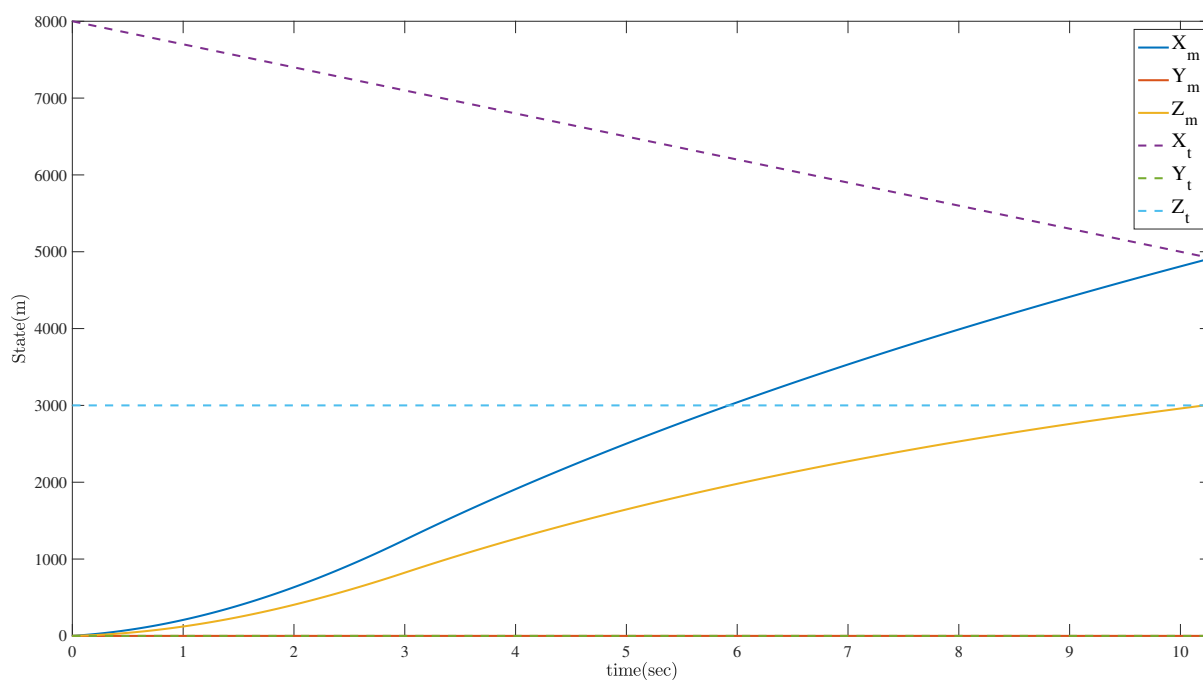
<sup>2</sup>Miss Distance



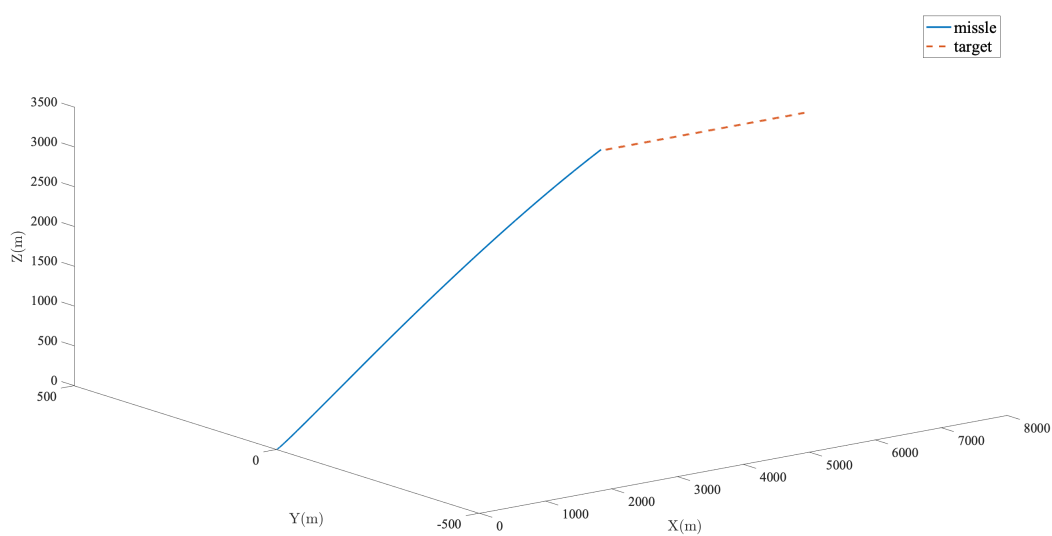
شکل ۸: وضعیت موشک با شرایط اولیه بهینه شده



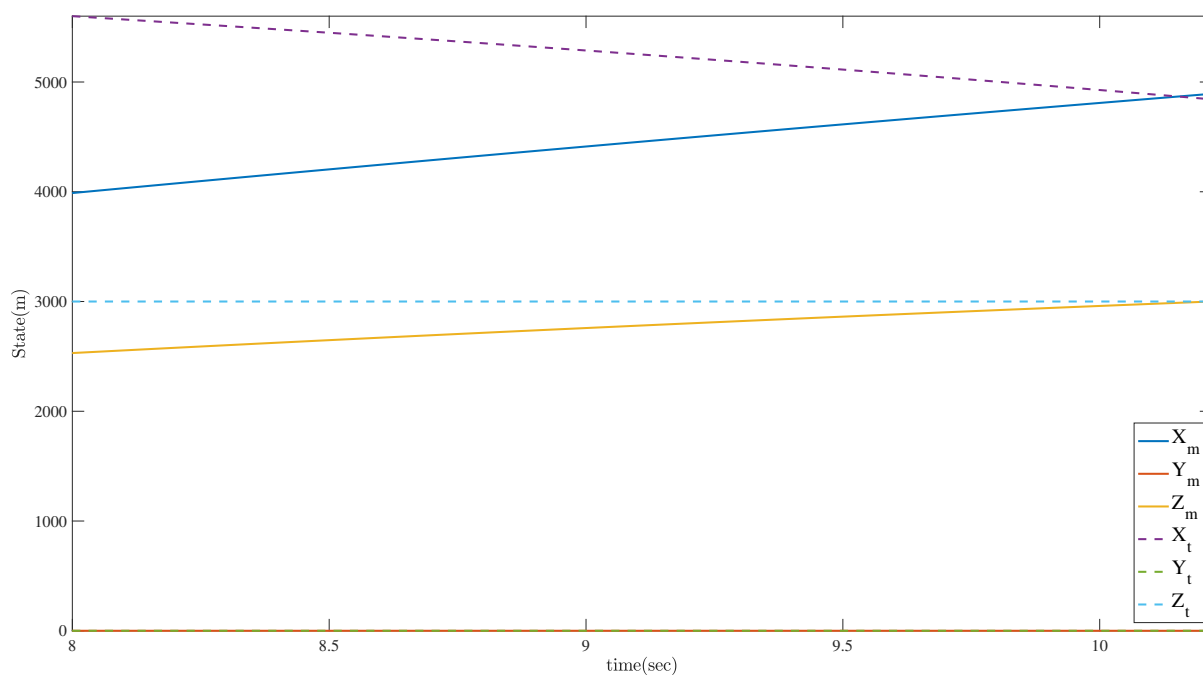
شکل ۹: سرعت موشک با شرایط اولیه بهینه شده



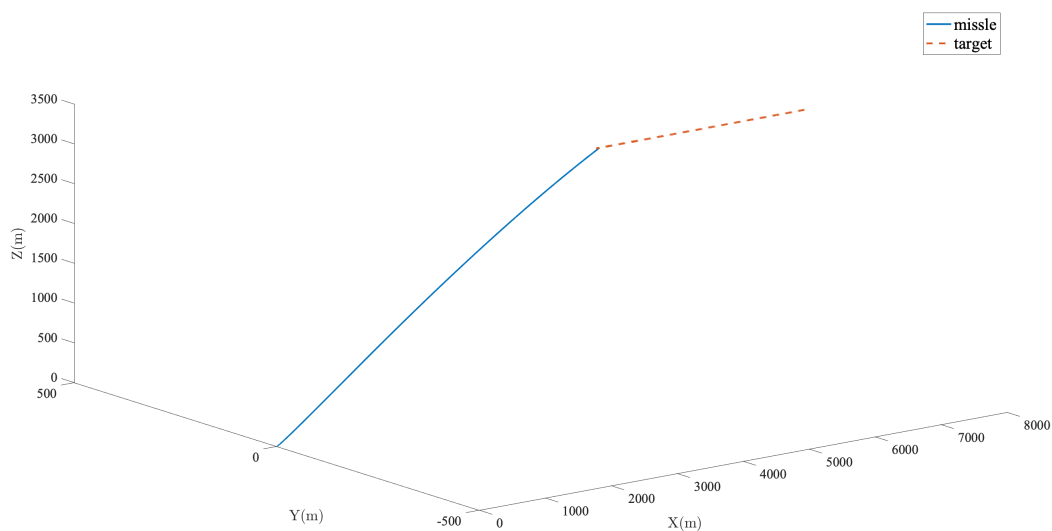
شکل ۱۰: موقعیت موشک و هدف با شرایط اولیه بهینه شده



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



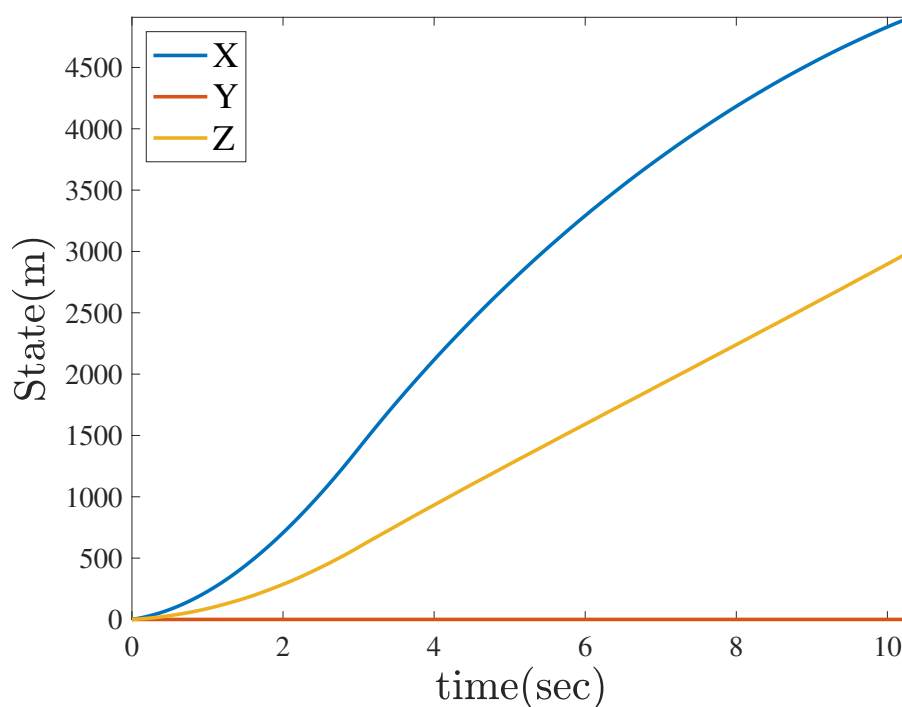
### ۳.۱ یخش پ

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

جدول ۲: ضرایب حلقه هدایت و فاصله ازدست‌دهی

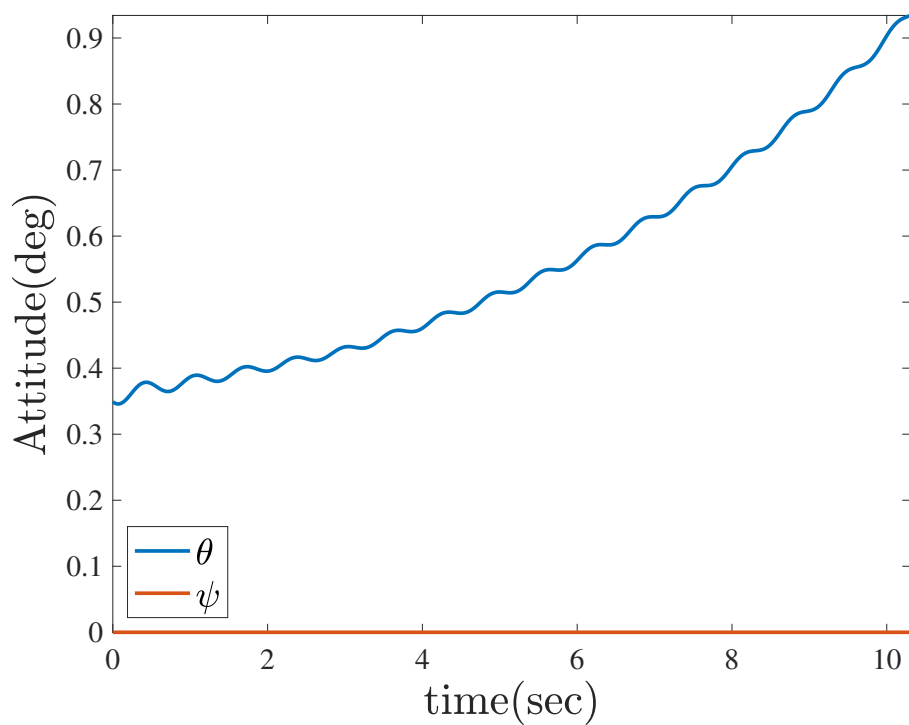
Parameter	Value
$k_e$	95.2874
$k_\sigma$	50.5153
Miss Distance (m)	0.5692

نتایج شبیه‌سازی در پایین آورده شده است.

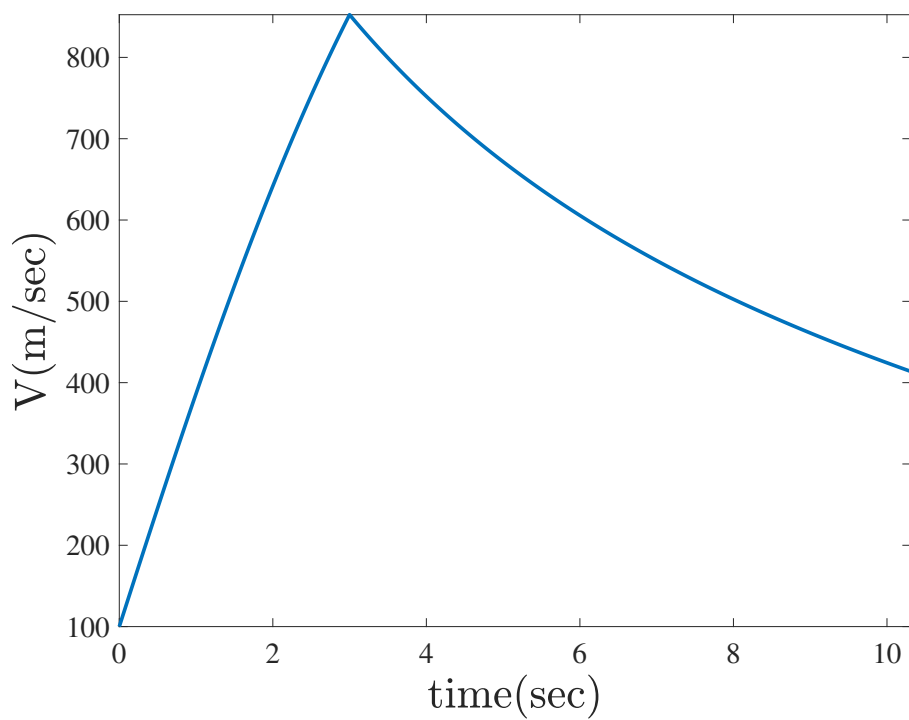


شکل ۱۴: موقعیت موشک در هدایت خط دید پایه

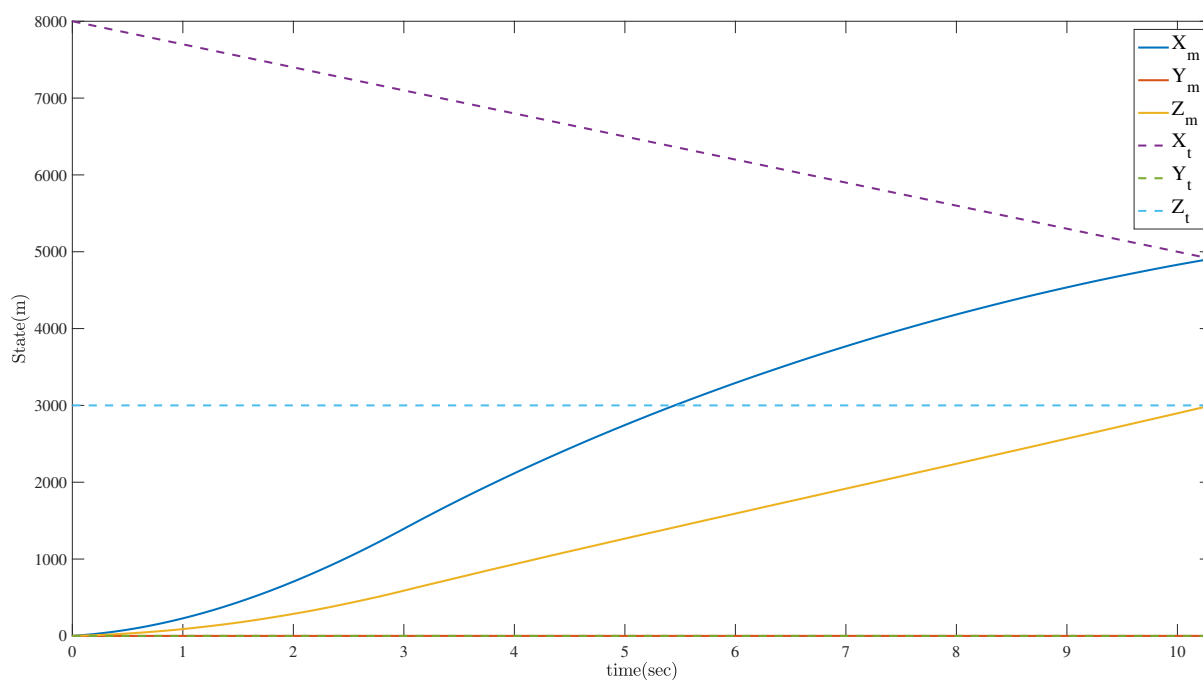
<sup>3</sup>Particle Swarm Optimization



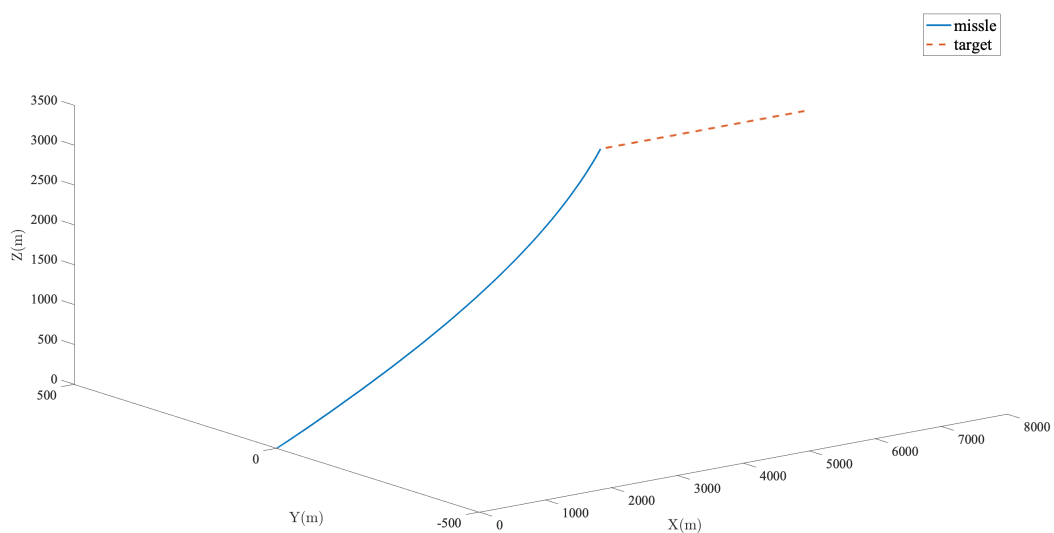
شکل ۱۵: وضعیت موشک در هدایت خط دید پایه



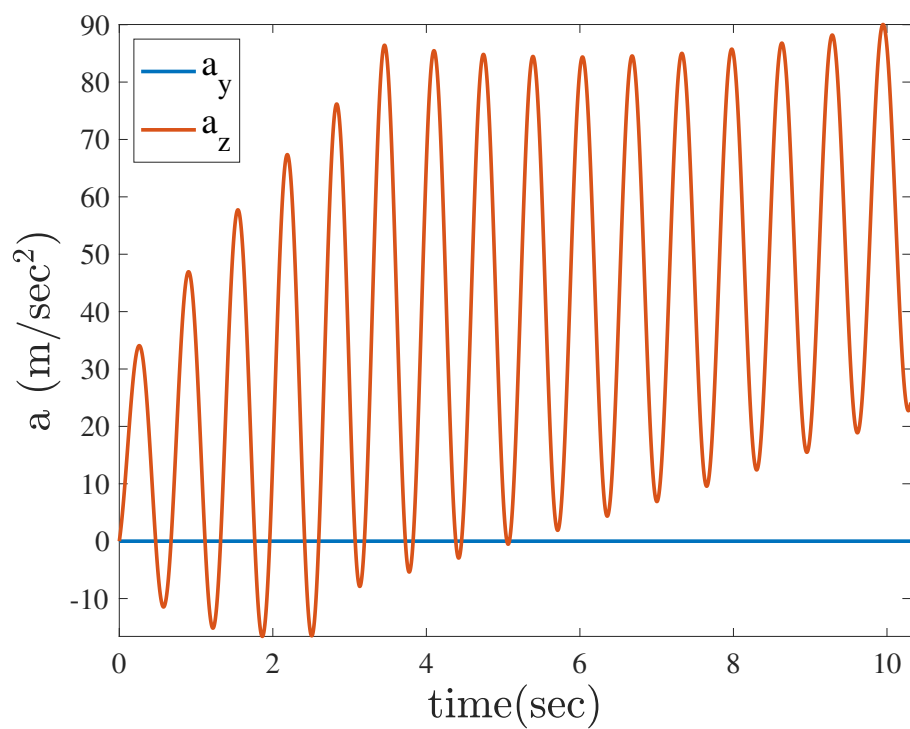
شکل ۱۶: سرعت موشک در هدایت خط دید پایه



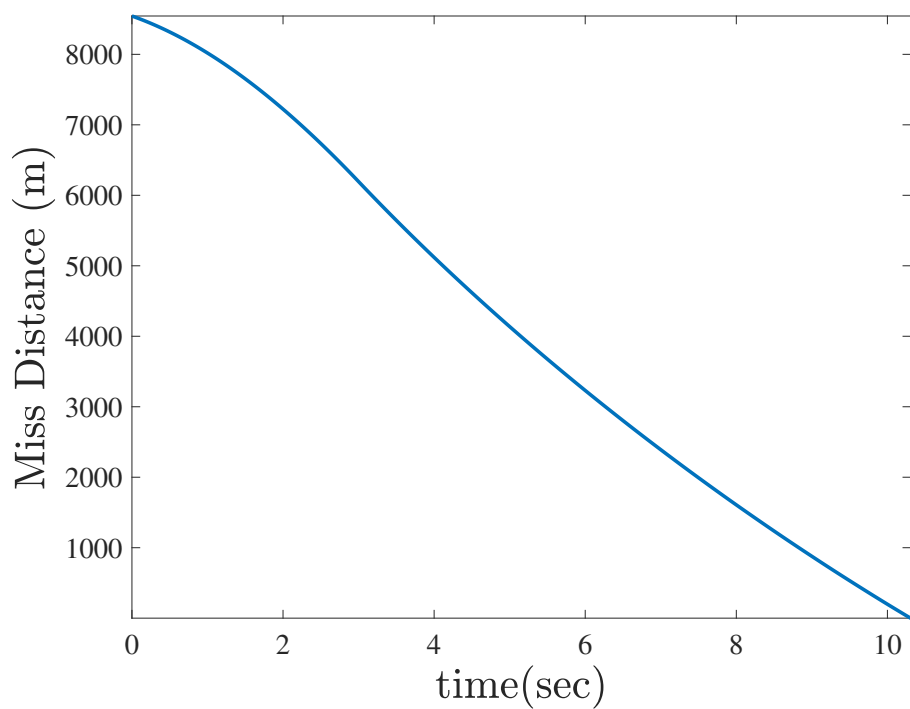
شکل ۱۷: موقعیت موشک و هدف در هدایت خط دید پایه



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 از دست‌دهی در هدایت خط دید پایه

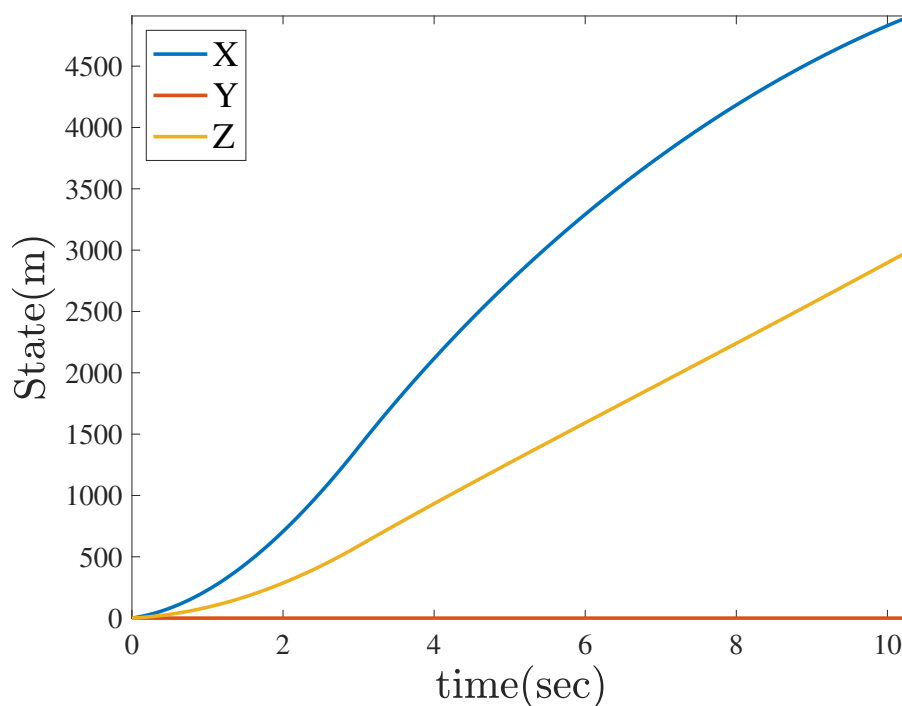
## ۴.۱ یخشت

ضرایب حلقه هدایت در جدول پایین آورده شده است.

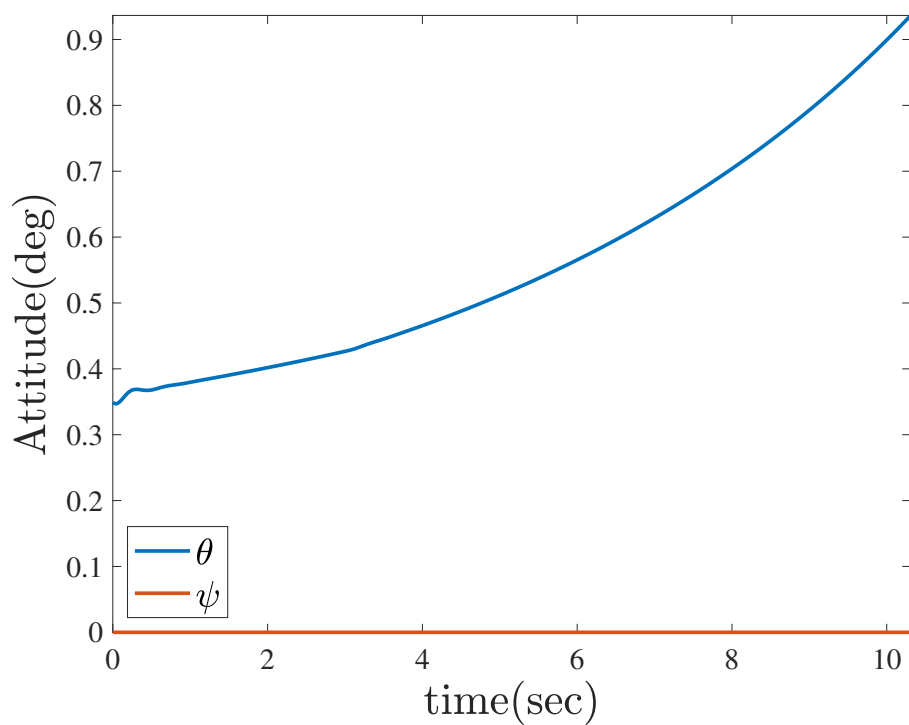
جدول ۳: ضرایب حلقه هدایت و فاصله ازدست‌دهی همراه با مشتق‌گیر

Parameter	Value
$k_\epsilon$	95.2874
$d_\epsilon$	10
$k_\sigma$	50.5153
$d_\sigma$	10
Miss Distance (m)	0.6711

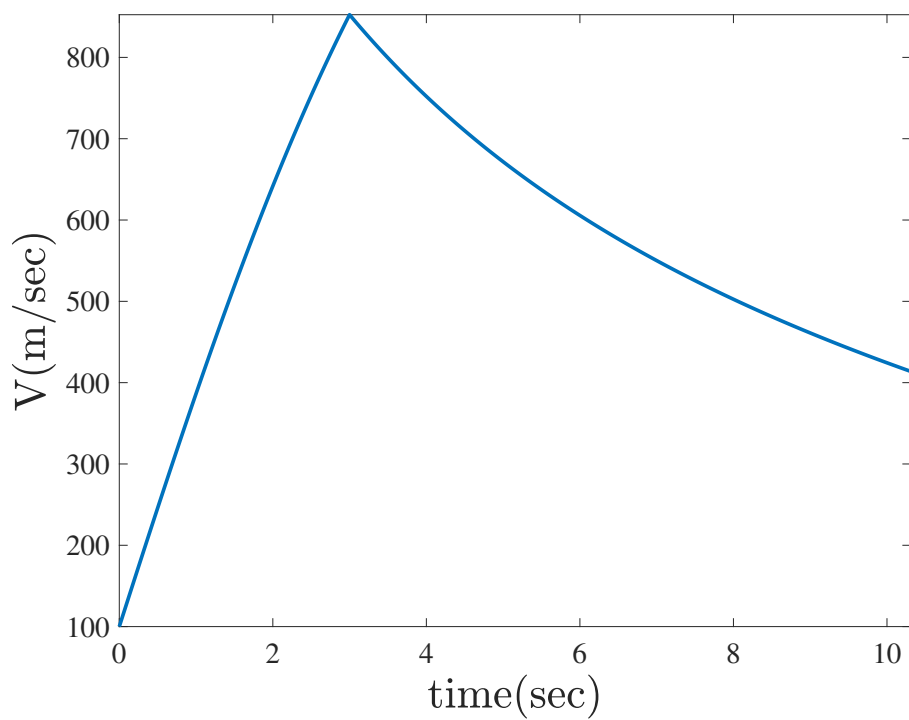
نتایج شبیه‌سازی در پایین آورده شده است.



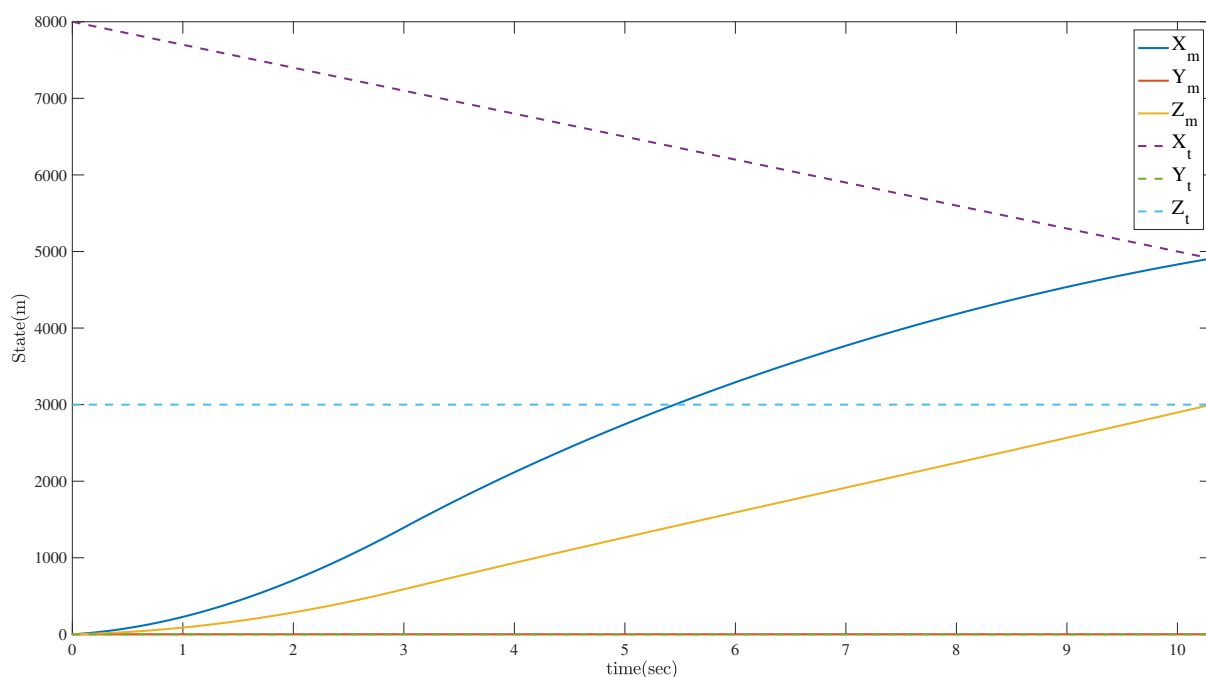
شکل ۲۱: موقعیت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



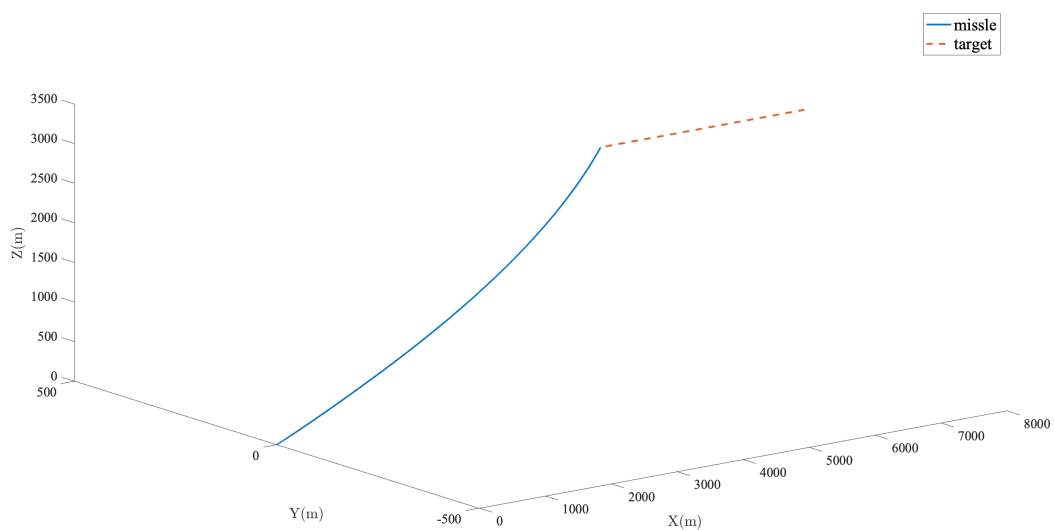
شکل ۲۲: وضعیت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



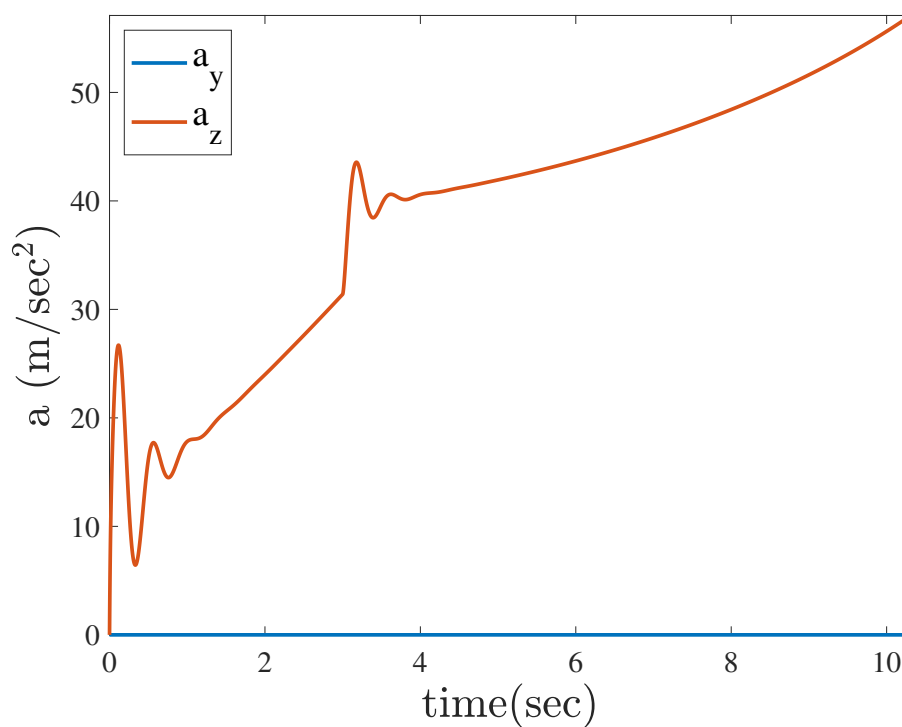
شکل ۲۳: سرعت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



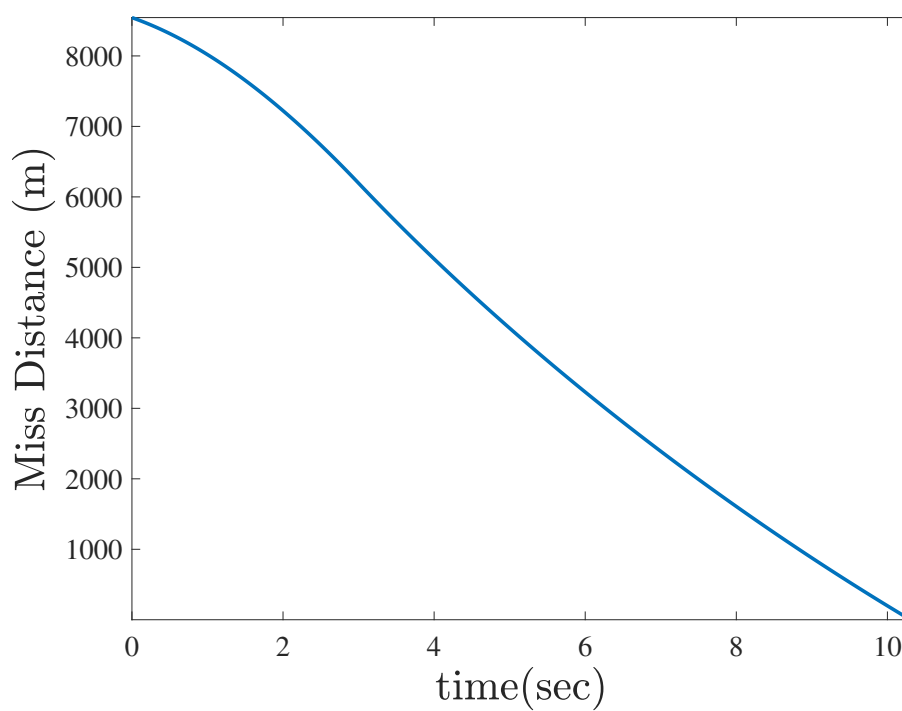
شکل ۲۴: موقعیت موشک و هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



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

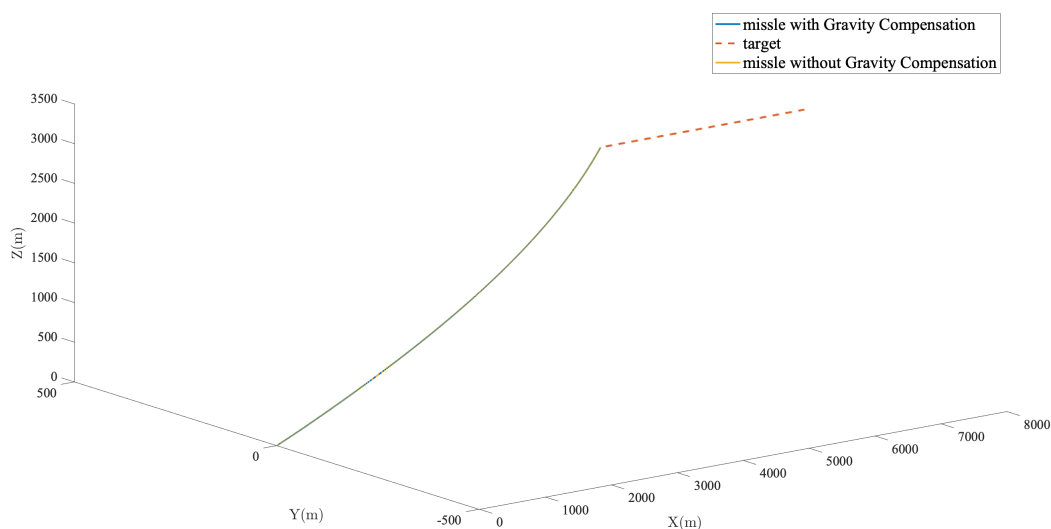


شکل ۲۷: فاصله از دست‌دهی در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر

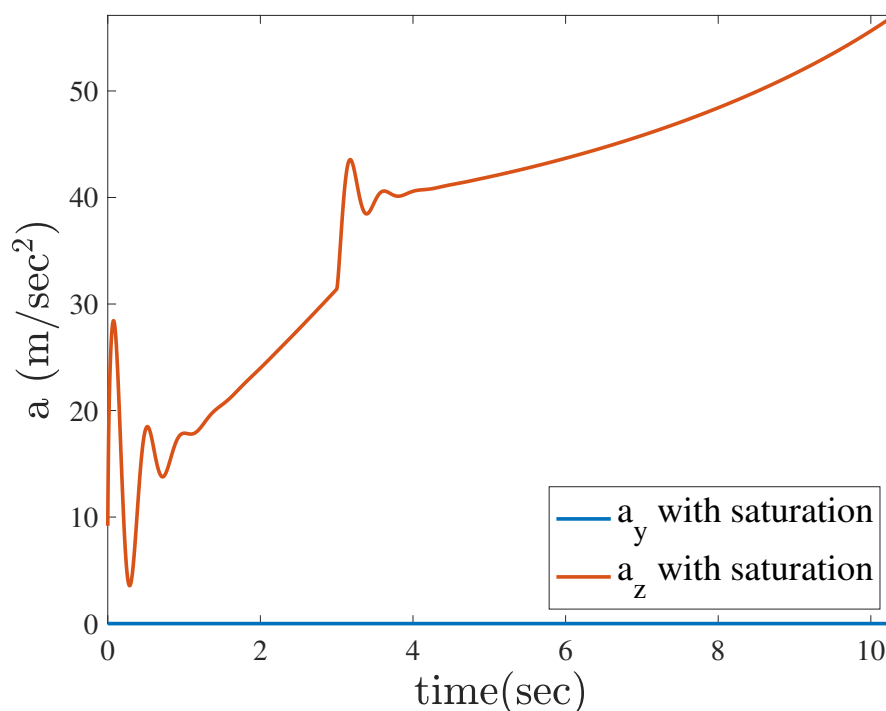


## ۵.۱ بخش ث

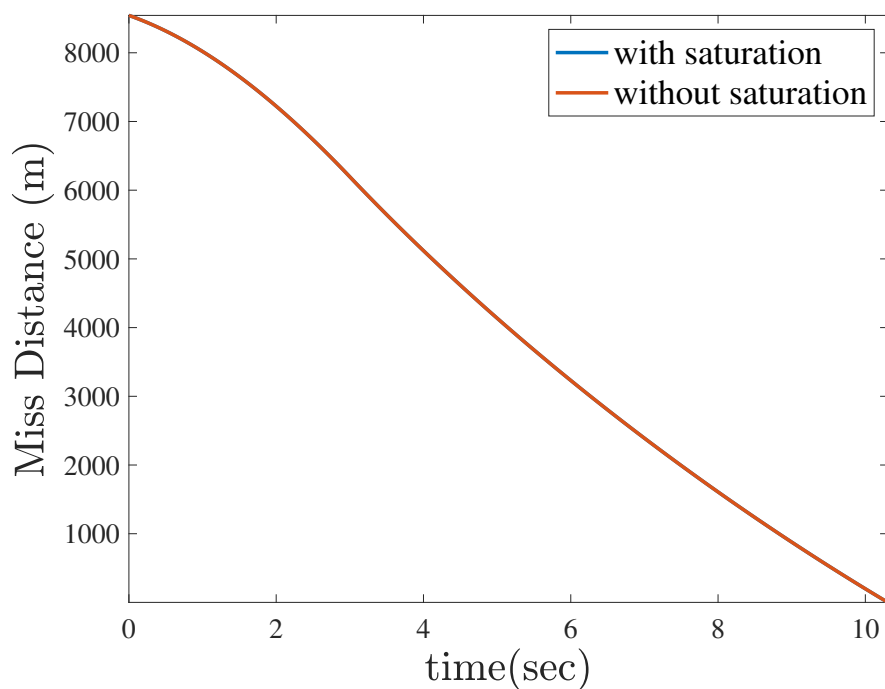
در این بخش عبارت جبران‌ساز شتاب گرانش در دستور خروجی هدایت اضافه شده است و سپس نتایج در حضور و بدون حضور جبران‌ساز شتاب گرانش بررسی شده است.



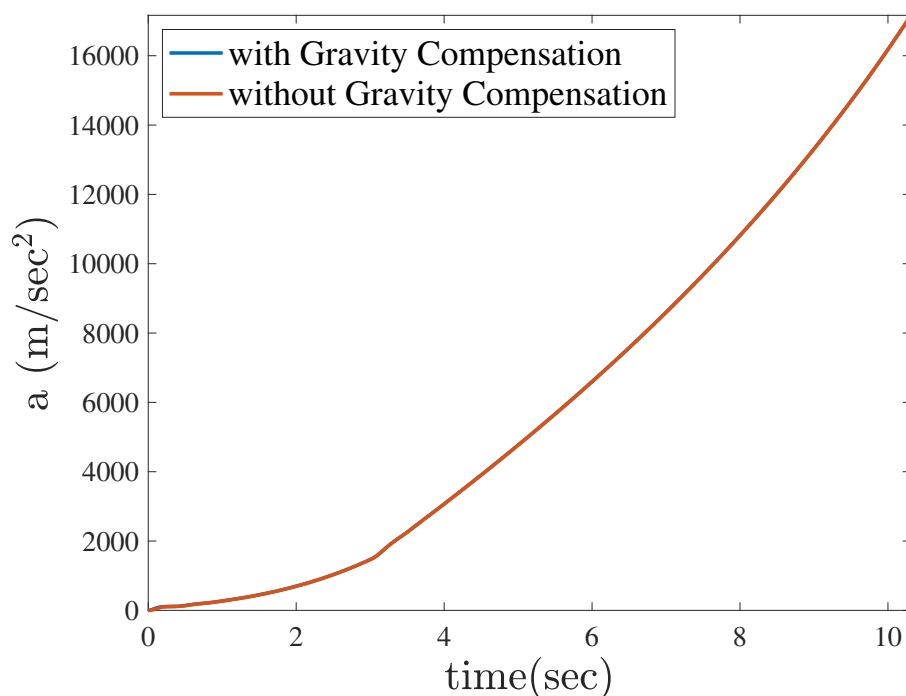
شکل ۲۸: مقایسه موقعیت موشک در حضور و عدم حضور جبران‌ساز شتاب گرانش و هدف به صورت سه بعدی در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



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



شکل ۳۰: مقایسه فاصله از دست‌دهی موشک در حضور و عدم حضور جبران‌ساز شتاب‌گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



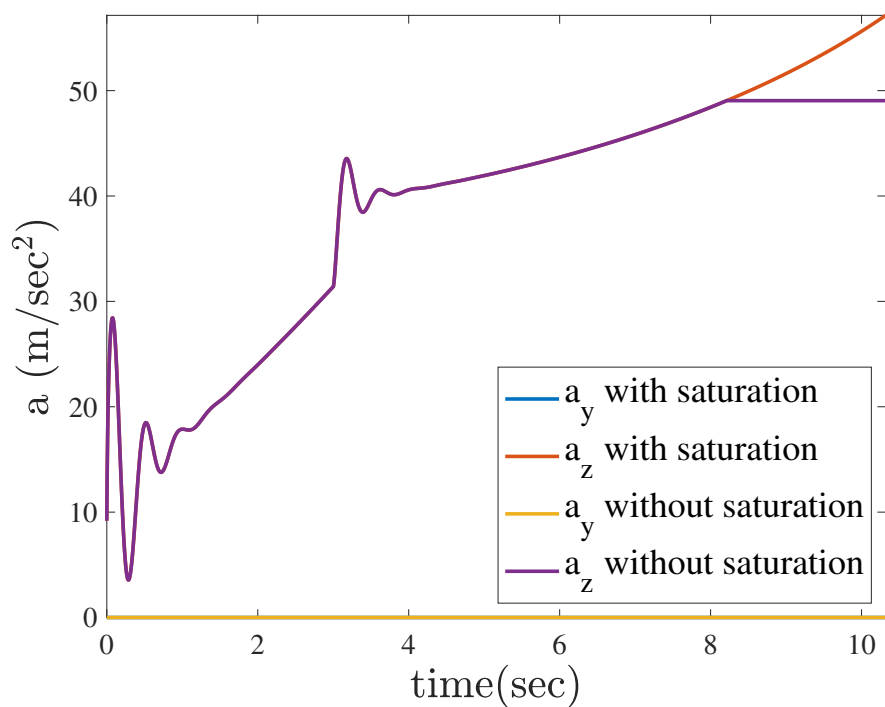
شکل ۳۱: مقایسه مقدار تلاش کنترلی موشک در حضور و عدم حضور جبران‌ساز شتاب گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر

## ۶.۱ بخش ج

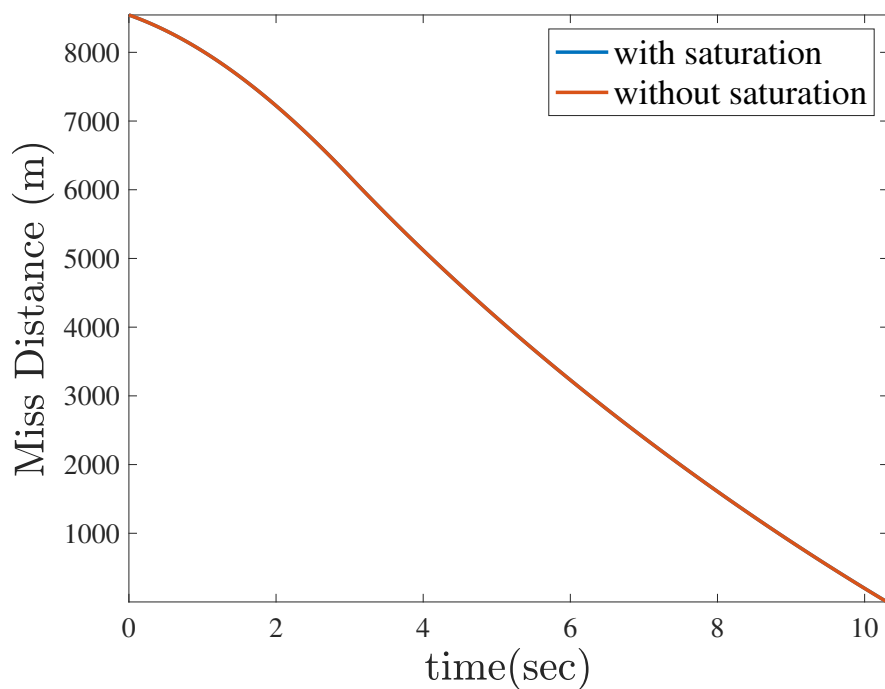
در این بخش محدود کننده شتاب ورودی به سیستم اضافه شده و نتایج آن مقایسه شده است.

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 ازدست‌دهی موشک در حضور و عدم حضور محدود کننده در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر

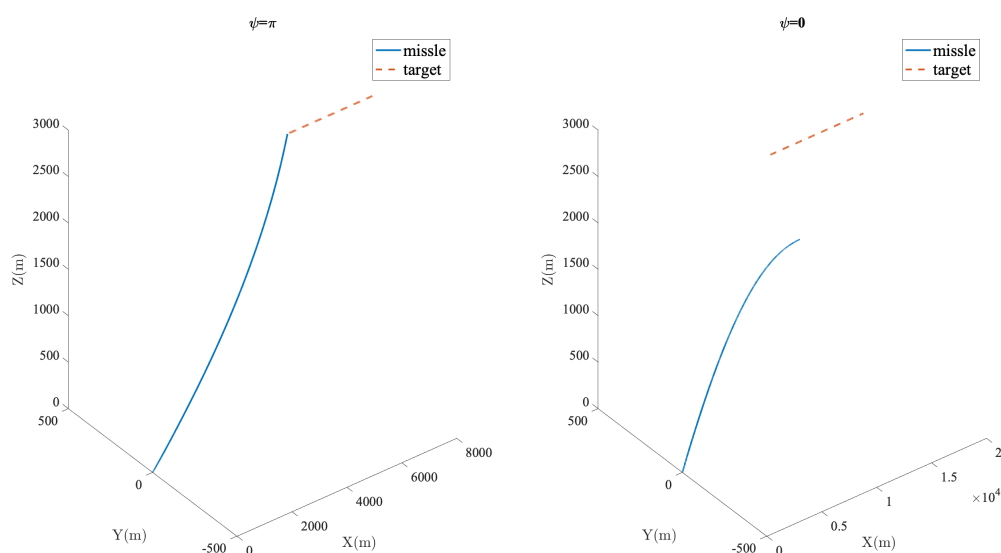
## ۷.۱ بخش چ

این بخش به بررسی تغییر زاویه  $\psi$  هدف پرداخته است. فاصله ازدست‌دهی در جدول زیر آمده است.

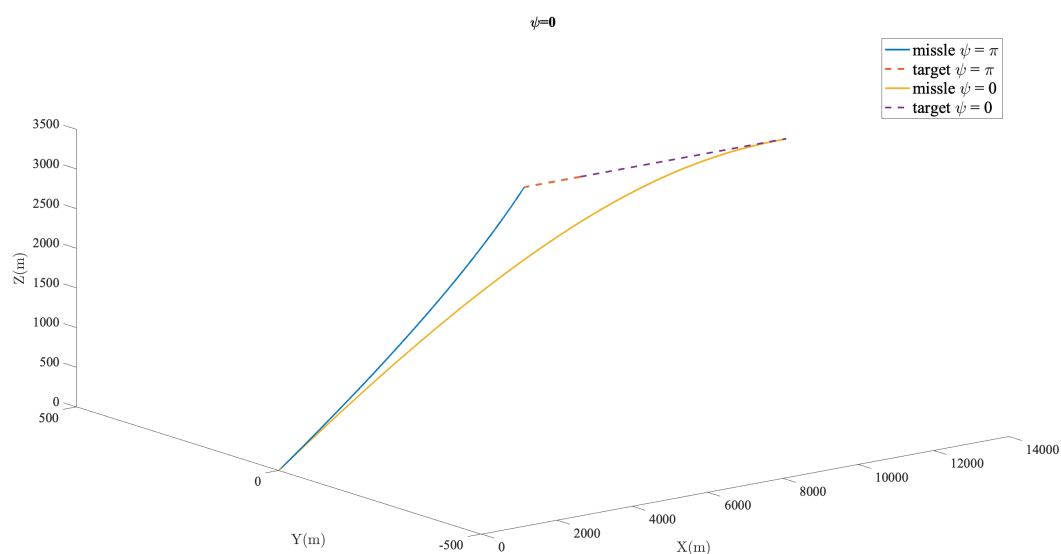
جدول ۵: فاصله ازدست‌دهی در شرایط اولیه مختلف هدف

$\psi$	Miss Distance (m)
$180^\circ$	0.6022
$0^\circ$	5212.3835

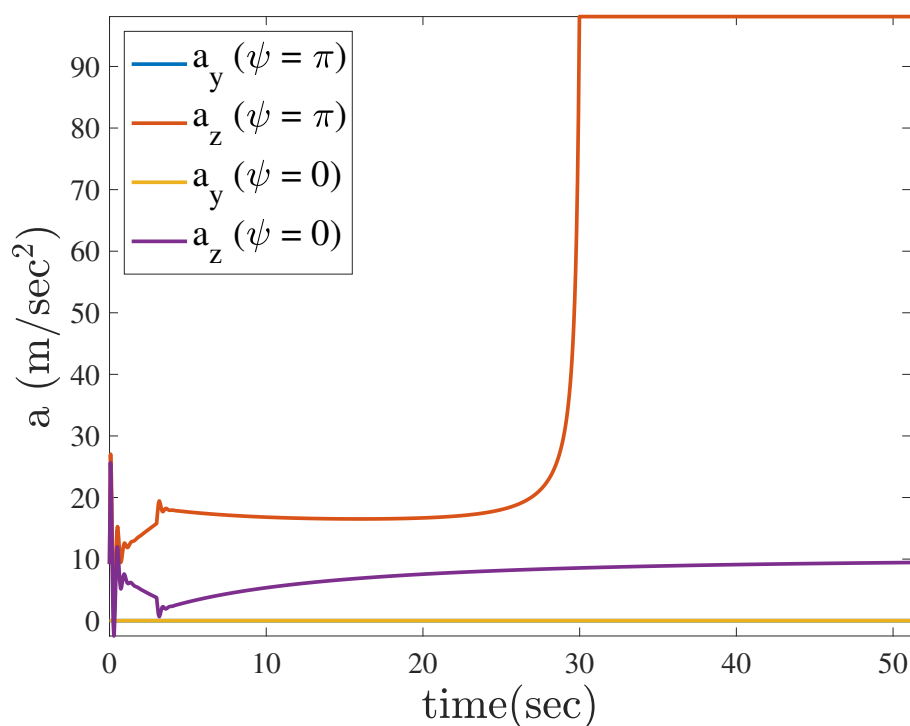
نمودار نتایج در ادامه آورده شده است.



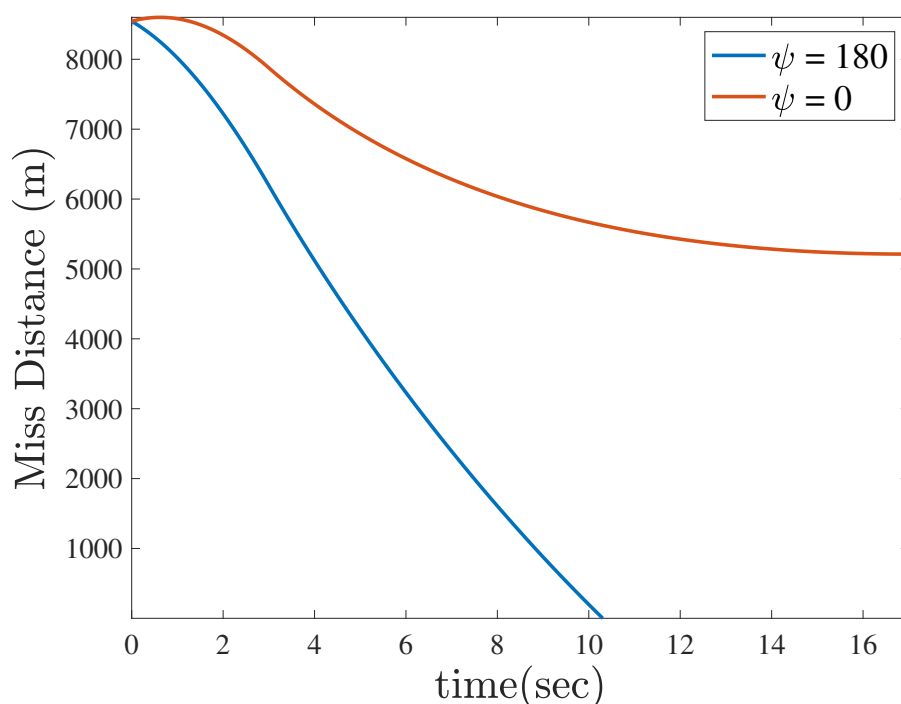
شکل ۳۴: مقایسه موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در دو نمودار با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر



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



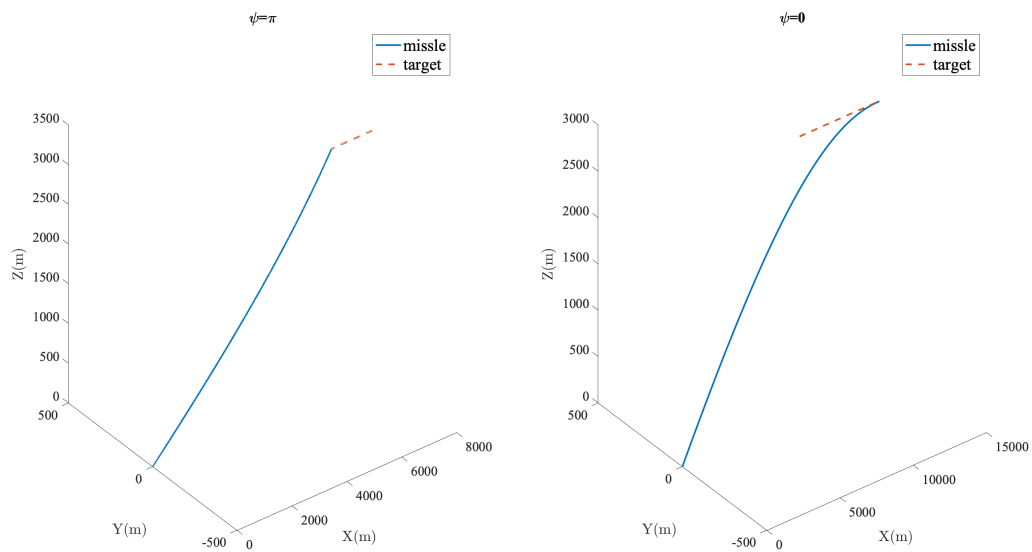
شکل ۳۷: مقایسه فاصله ازدست‌دهی موشک با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر

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 عملکرد بهتری دارد پس اگر حالت دو ارضا شود، حالت یک هم حتما ارضا می‌شود

جدول ۶: فاصله ازدست‌دهی در شرایط اولیه مختلف هدف

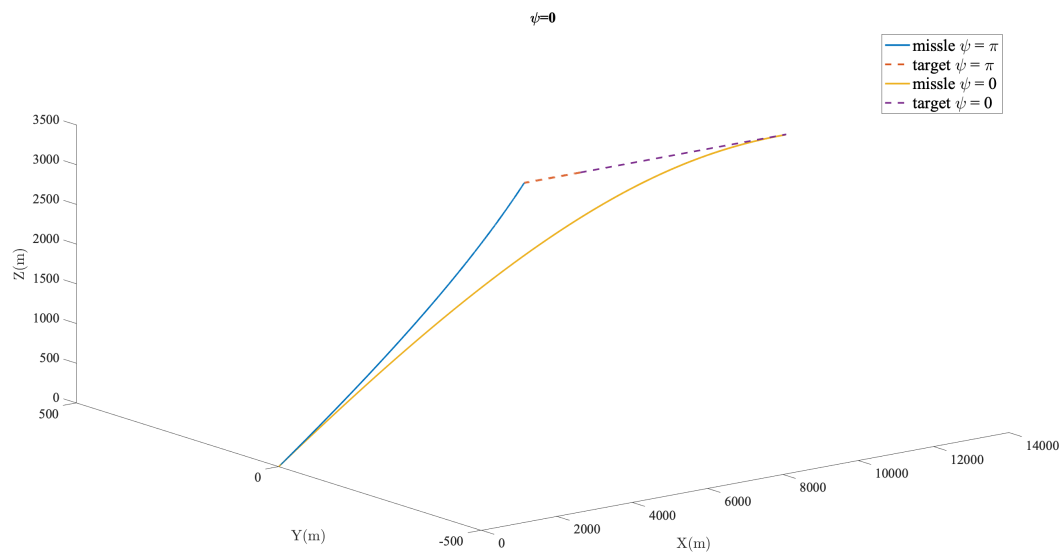
V (m/sec)	$\psi$	Miss Distance (m)
300	$180^\circ$	0.6022
300	$0^\circ$	5212.3835
106.9	$180^\circ$	0.3293
106.9	$0^\circ$	14.4173

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 از دست‌دهی 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 از دست‌دهی کمتر از ۱۵ متر در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر

## فهرست مطالب

۱	سوال اول	۱
۱	بخش الف	۱.۱
۵	بخش ب	۲.۱
۹	بخش پ	۳.۱
۱۳	بخش ت	۴.۱
۱۷	بخش ث	۵.۱
۱۹	بخش ج	۶.۱
۲۱	بخش چ	۷.۱

## فهرست تصاویر

۲	موقعیت موشک	۱
۲	وضعیت موشک	۲
۳	سرعت موشک	۳
۳	موقعیت هدف	۴
۴	وضعیت هدف	۵
۴	سرعت هدف	۶
۵	موقعیت موشک با شرایط اولیه بهینه شده	۷
۶	وضعیت موشک با شرایط اولیه بهینه شده	۸
۶	سرعت موشک با شرایط اولیه بهینه شده	۹
۷	موقعیت موشک و هدف با شرایط اولیه بهینه شده	۱۰
۷	موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی با شرایط اولیه بهینه شده	۱۱
۸	موقعیت موشک و هدف با شرایط اولیه بهینه شده همراه با مانور هدف	۱۲
۸	موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی با شرایط اولیه بهینه شده همراه با مانور هدف	۱۳
۹	موقعیت موشک در هدایت خط دید پایه	۱۴
۱۰	وضعیت موشک در هدایت خط دید پایه	۱۵
۱۰	سرعت موشک در هدایت خط دید پایه	۱۶
۱۱	موقعیت موشک و هدف در هدایت خط دید پایه	۱۷

۱۸	موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در هدایت خط دید پایه . . . . .	۱۱
۱۹	فرمان شتاب در هدایت خط دید پایه . . . . .	۱۲
۲۰	فاصله ازدست‌دهی در هدایت خط دید پایه . . . . .	۱۲
۲۱	موقعیت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۳
۲۲	وضعیت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۴
۲۳	سرعت موشک در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۴
۲۴	موقعیت موشک و هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۵
۲۵	موقعیت موشک و هدف به صورت سه بعدی در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۵
۲۶	فرمان شتاب در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۶
۲۷	فاصله ازدست‌دهی در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۶
۲۸	مقایسه موقعیت موشک در حضور و عدم حضور جبران‌ساز شتاب‌گرانش و هدف به صورت سه بعدی در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۷
۲۹	مقایسه فرمان موشک در حضور و عدم حضور جبران‌ساز شتاب‌گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۸
۳۰	مقایسه فاصله ازدست‌دهی موشک در حضور و عدم حضور جبران‌ساز شتاب‌گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۸
۳۱	مقایسه مقدار تلاش کنترلی موشک در حضور و عدم حضور جبران‌ساز شتاب‌گرانش در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۹
۳۲	مقایسه فرمان موشک در حضور و عدم حضور محدود‌کننده در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۲۰
۳۳	مقایسه فاصله ازدست‌دهی موشک در حضور و عدم حضور محدود‌کننده در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۲۰
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 . . . . .	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 . . . . .	۲۲
۳۶	مقایسه فرمان موشک با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۲۲
۳۷	مقایسه فاصله ازدست‌دهی موشک با شرایط اولیه مختلف هدف در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۲۳

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 . . . . .	۲۴
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 . . . . .	۲۵
۴۰	مقایسه فرمان موشک با شرایط اولیه مختلف هدف و کمینه سرعت اولیه جهت فاصله ازدست‌دهی کمتر از ۱۵ متر در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . .	۲۵
۴۱	مقایسه فاصله ازدست‌دهی موشک با شرایط اولیه مختلف هدف و کمینه سرعت اولیه جهت فاصله ازدست‌دهی کمتر از ۱۵ متر در هدایت خط دید پایه همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۲۵

## فهرست جداول

۱	شرایط اولیه و فاصله ازدست‌دهی . . . . .	۵
۲	ضرایب حلقه هدایت و فاصله ازدست‌دهی . . . . .	۹
۳	ضرایب حلقه هدایت و فاصله ازدست‌دهی همراه با مشتق‌گیر . . . . .	۱۳
۴	مقایسه فاصله ازدست‌دهی در حضور و عدم حضور محدود کننده . . . . .	۱۹
۵	فاصله ازدست‌دهی در شرایط اولیه مختلف هدف . . . . .	۲۱
۶	فاصله ازدست‌دهی در شرایط اولیه مختلف هدف . . . . .	۲۳