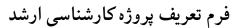
دانشكده مهندسي هوافضا





شماره: ييوست:

تاريخ:

.

معدل: ۲۰ شماره دانشجویی: ۲۰۱۲۰۹۲۴۴ نام و نام خانوادگی: علی بنی اسد استاد راهنما: دكتر نوبهاري تعداد واحدهای گذرانده: ۱۵ گرایش: فضا استاد ممتحن: نام استاد ممتحن استاد راهنمای همکار:

تعداد واحد يروژه: ۶

عنوان كامل پروژه:

فارسى:

هدایت بازی دیفرانسیلی با استفاده از یادگیری تقویتی مقاوم در محیطهای پویا چندجسمی با پیشران کم انگلىسى:

Robust Reinforcement Learning Differential Game Guidance in Low-Thrust, Multi-Body Dynamical Environments

توسعهای: ■ بنیادی: 🗆 نوع پروژه: کاربردی: ■

معرفي موضوع:

این پژوهش یک منطق هدایت مقاوم با استفاده از یادگیری تقویتی بازیهای دیفرانسیلی ۱ را ارائه میدهد. این منطق هدایت در بستر شبکه عصبی ۲ برای راهنمایی خودکار و حلقه بسته فضاپیماهایی با رانشگر کمپیشران در محیطهای چند جسمی متغیر چالشبرانگیز مانند منظومه زمین-ماه، ارائه میشود.

اهميت موضوع:

مطالعه و توسعه این الگوریتم هدایت جدید با استفاده از الگوریتمهای یادگیری تقویتی و یادگیری بازیهای دیفرانسیلی دارای اهمیت ویژهای است. این الگوریتم هدایت، به عنوان یک مدل مقاوم، قابلیت مقابله با نوسانات و متغیرهای محیطی را داراست. علاوه بر این، ساختار جدید پردازندههای کامپیوتر پرواز، با امکانات بهروز و محاسبات ماتریسی بهبود یافته، اجرای بهینهتر الگوریتمهای یادگیری ماتریسی را آسان کرده و توانایی اجرای موثر آنها را فراهم کرده است.

با توجه به اینکه ایستگاه زمینی در بیشتر زمان ماموریت فاصله زمانی قابل توجهی از محل اجرای دستورات تا مکان اعمال واقعی دستورات دارد، استفاده از این الگوریتم هدایت میتواند به عنوان یک تکنولوژی بسیار مهم در کاهش تاخیرهای ناشی از این فواصل زمانی و افزایش پایداری و دقت سیستمهای کامپیوتر پرواز تلقی شود. توانایی این الگوریتم هدایت در انجام محاسبات پیچیده و تصمیمگیریهای برنامهریزی در زمان واقعی، اهمیت ویژهای برای امنیت و پایداری پروازهای فضایی دارد و میتواند تاثیر مثبتی در اجرای موثر ماموریتهای فضایی آینده داشته باشد.

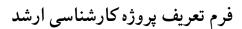
کاربردهای الگوریتم هدایت در ماموریتهای مختلف فضایی در ادامه آورده شده است. این الگوریتم هدایت میتواند در ماموریتهای فضایی مختلفی مانند ماموریتهای ماهوارهای، ماموریتهای سفر به ماه و ماموریتهای نزدیک به زمین مورد استفاده قرار گیرد.

۱. هدایت خودکار فضاپیماها: یکی از کاربردهای اصلی این پژوهش، هدایت خودکار فضاپیماها در محیطهای پویا و پیچیده فضایی است. این پژوهش به ایجاد یک سیستم هدایت مبتنی بر یادگیری تقویتی که توانایی انجام مانورها، تعقیب مسیرهای مرجع بین مدارهای مختلف و بهبود اشتباهات را دارد، میپردازد.

¹Differential Game Reinforcement Learning (DGRL)

²Neural Network (NN)

دانشكده مهندسي هوافضا





شماره: پیوست:

تاريخ:

۲. حل مسائل پیچیده هدایت: این پژوهش برای حل مسائل پیچیده هدایت فضایی که نیازمند تصمیمگیری در زمان واقعی و مطابق
 با متغیرهای محیطی میباشند، استفاده میشود. از جمله این مسائل میتوان به تغییر مسیر در محیطهای پیچیده، تنظیمات نیرویه پیشرانه، و اصلاح وضعیت نسبت به مدارهای مرجع اشاره کرد.

- ۳. هدایت در محیطهای نامطمئن: از طریق استفاده از الگوریتمهای یادگیری تقویتی، این پژوهش به هدایت در محیطهای نامطمئن
 و بدون نیاز به مدل دقیق محیط فضایی امکان میدهد. این موضوع در مواقعی که مدلسازی دقیق مدلهای دینامیکی مشکل باشد، قابل اجرا است.
- ۴. استفاده در ماموریتهای متنوع: این پژوهش امکان استفاده در ماموریتهای مختلف فضایی را فراهم میکند. از جمله ماموریتهای مختلف میتوان به ماموریتهای ماهوارهای، تعمیر و نگهداری ماموریت فضایی، تعقیب اهداف در مدارهای مختلف، و انجام مانورهای پیچیده اشاره کرد.

تعريف دقيق مسئله:

در پژوهش حاضر، مسأله هدایت فضاپیما برای سیستم زمین-ماه با استفاده از مدل دینامیکی سهجسم محدود دایرهای مطرح می شود. در این مسأله، یک فضاپیما با سیستم پیشران کم به یک مسیر مرجع در سیستم CR3BP منتقل می شود. شرایط اولیه فضاپیما از مسیر مرجع انحرافهای تصادفی دارند. هدف از این پژوهش، توسعه یک الگوریتم هدایت حلقه بسته با استفاده از اصول یادگیری تقویتی بر مبنای بازی دیفرانسیلی است که به فضاپیما اجازه می دهد با فرض بدترین اغتشاش به محیط مرجع بازگردد، مسیر مرجع را دنبال کرده و به مدار مقصد برسد. بازی دیفرانسیلی موجب می شود الگوریتم هدایت نه تنها بهینه باشد بلکه مقاوم نیز باشد.

فرضيات مسئله:

- مدل دینامیکی مسأله، مسأله سهجسم محدود دایرهای سیستم زمین-ماه است. این فرضیه یک سیستم دوجسمی ساده با فضاپیما به عنوان جسم سوم بسیار کوچک را فرض میکند.
- حرکت فضاپیما تنها در صفحه اتفاق میافتد و تنها نیروهای گرانشی در نظر گرفته میشوند. سایر انحرافهای مانند فشار تابشی خورشید نادیده گرفته میشوند.
- فضاپیما به یک سیستم پیشران کم مجهز است که شعاع تاثیر مشخصی دارد. میزان و جهت پیشران به صورت مستمر تغییر کرده و قابل تنظیم است.
 - مسأله هدایت شامل انتقال بین مدارهای دورهای (مدارهای لیاپانوف) در مدل CR3BP زمین-ماه است.
 - توانایی موتور دارای محدودیت است. موتور قادر به تولید پیشران در هر جهت و مقدار نیست.
 - وضعیت فضاپیما به طور کامل قابل مشاهده و در دسترس الگوریتم هدایت در هر مرحله زمانی است.
- محیط یادگیری تقویتی ویژگیهای مارکوف را دارد، به این معنا که وضعیت فعلی تمام اطلاعات لازم برای پیشبینی وضعیتهای آینده را فراهم میکند.

³Circular Restricted Three-Body Problem (CR3BP)

دانشكده مهندسي هوافضا

فرم تعریف پروژه کارشناسی ارشد



•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	سماره.	
															پيوست:	

تاريخ:

- آموزش در یک محیط چرخهای ۴ انجام میشود.
- تابع پاداش به صورت بازی دیفرانسیلی طراحی شده است که فضاپیما در مسیر نزدیک به مرجع با فرض بدترین اغتشاش بماند
 و به مدار مقصد برسد.
- هدف اصلی تنها اجرا پذیری مسأله نیست و دیگر اهداف مانند مصرف کمتر سوخت یا زمان انتقال با استفاده از نظریه بازی در نظر گرفته میشوند.
- این رویکرد نیاز به دسترسی به منابع محاسباتی با عملکرد بالا برای آموزش یادگیری تقویتی دارد قبل از اجرای آن در رایانه پرواز فضاییما.

روش انجام كار:

• مرحله ١: ایجاد محیط دینامیکی

- پیادهسازی مدل دینامیکی محیط مورد نظر انجام می شود. این مدل باید شامل تمام جوانب مهم محیط رباشد، از جمله قوانین حرکت، ابعاد فضایی، و وضعیت اولیه.
- در صورت پیچیدگی مدل دینامیکی محیط، از کتابخانهها و ابزارهای مهندسی نرم افزاری مانند NumPy و SciPy در پایتون برای پیادهسازی آن استفاده کرد.
- مدل دینامیکی محیط با ویژگی اینکه به درستی کار کند و اطلاعات مورد نیاز برای یادگیری تقویتی (مانند وضعیت فعلی) در دسترس باشند، ایجاد میشود.

• مرحله ۲: ایجاد بازیگر هدایت

- در این مرحله، بازیگری برای انجام هدایت در محیط خود ایجاد می شود. این بازیگر مسئول انتخاب اعمال (اعمال کم پیشران) بر اساس وضعیت فعلی محیط است.
- از الگوریتمهای یادگیری تقویتی مختلف مانند Q-Learning، (Q-Learning، یا Deep Q-Networks) یا الگوریتمهای یادگیری تقویتی مختلف مانند (PPO) برای ایجاد بازیگر هدایت استفاده می شود. انتخاب الگوریتم بستگی به محیط و اهداف آموزش دارد.

• مرحله ۳: استفاده از منابع GPU در Google Colab

- Google Colab به عنوان یک محیط آموزش آنلاین به کار میرود که اجازه میدهد کدهای پایتون در یک محیط مبتنی بر مرورگر اجرا شوند. از این مزیت این محیط میتوان به دسترسی به منابع GPU برای آموزش مدلهای عمیق اشاره کرد.
- برای استفاده از GPU در Google Colab، میتوانید از کتابخانههای معروفی مانند TensorFlow یا PyTorch که از GPU که پشتیبانی میکنند، استفاده میشود. به این ترتیب، آموزش مدلهای یادگیری تقویتی بسیار سریعتر و رایگان انجام میشود.

پیشینهی موضوع:

فرم

 تاريخ:	دانشكده مهندسي هوافضا
 شماره:	تعریف پروژه کارشناسی ارشد
_	



رایجترین تکنیکهای هدایت معمولاً با استفاده از ایستگاههای کنترل مستقر در زمین انجام می شوند. با این حال، حساسیت به شکست ارتباطات، تاخیرهای زمانی، محدودیتهای انتقال داده، پیچیدگی سنسورها و هزینههای عملیاتی همگی از دلایلی هستند که هدایت، مسیریابی و کنترل 0 را از کامپیوتر ایستگاه زمینی به کامپیوتر پرواز منتقل می کنند. در حالی که در طراحی مسیر از افزایش قدرت سخت افزارهای کامپیوتر بهرهبرداری می کنند، تعداد کمی از آنها برای اجرای خودکار درون سفینه عملی هستند. این به دلیل محدودیتهای منابع محاسباتی است که در فضاپیماها وجود دارد.

در فرآیند طراحی مسیر، معمولاً یک مسیر بهینه و تاریخچه فرمان کنترلی طراحی می شود که با معیارهای ماموریت، مصرف سوخت و زمان پرواز، مطابقت داشته باشد. این روش قبل از پرواز انجام می شود و می تواند از استراتژی های متعددی برای هدایت بهینه با پیشران کم استفاده کند، از جمله تکنیک های بهینه سازی جهانی [۱] و برنامه نویسی غیرخطی [۲].

[۱] مراحل انجام پروژه و زمانبندی آن:

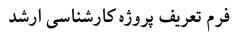
۴ ماه	پایداری و کنترل: برقراری پایداری و کنترل مناسب در حین ناوبری گروهی از پرندهها بسیاراهمیت دارد. هماهنگی در حرکت و جهتدهی به پرندهها بهمنظور جلوگیری از تصادف و تضاد در حرکت ضروری است. علی	\
۳ ماه	مرحله دوم	۲
۲ ماه	مرحله سوم	٣
۵ ماه	مرحله چهارم	٣
۲ ماه	مرحله پنجم	۵

References

- [1] Vavrina, Matthew A, Jacob A Englander, Sean M Phillips, and Kyle M Hughes. "Global, multi-objective trajectory optimization with parametric spreading." In AAS AIAA Astrodynamics Specialist Conference 2017, Tech. No. GSFC-E-DAA-TN45282, 2017.
- [2] Ocampo, Cesar. "Finite Burn Maneuver Modeling for a Generalized Spacecraft Trajectory Design and Optimization System." Annals of the New York Academy of Sciences 1017 (2004): 210-233. doi: 10.1196/annals.1311.013.

⁵Guidance, Navigation and Control (GNC)

دانشكده مهندسي هوافضا





شماره: پیوست:

تاريخ:

دروس مورد نیاز:

نشجو گذرانده یا باید بگذراند)	ضوع پروژه با دروسی که دا	تخصصی (ارتباط مو	جبرانی		
باید بگذراند	نمره	گذرانده	باید بگذراند	نمره	گذرانده

استاد راهنما:	نظر گروه:	نظر كميته تحصيلات تكميلي دانشكده:
تاریخ تحویل فرم به مدیر گروه:		
امضای استاد راهنما:	تاريخ جلسه گروه:	تاريخ جلسه كميته:
	امضای مدیر گروه:	امضاي معاون تحصيلات تكميلي:

توجه: فرم تعریف پروژه بایستی یک روز قبل از جلسه گروه توسط استاد راهنما تحویل مدیر گروه شود.