



تاریخ:

علی بنی اسد فرم: تعریف پروژه کارشناسی ارشد: شماره:

تعداد واحدهای گذرانده: ۱۵ استاد راهنما: دکتر: نوبهار:

تعداد واحد پروژه: ۶ استاد ممتحن: نام استاد ممتحن

استاد راهنمای همکار:

عنوان کامل پروژه:

فارسی:

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

انگلیسی:

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

Environments

توسعه‌ای: ■

بنیادی: □

نوع پروژه: کاربردی: ■

معرفی 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 فضاییماهایی با رانشگر کم‌پیشران در محیطهای چند جسمی متغیر چالش‌برانگیز مانند منظومه زمین-ماه، ارائه می‌شود.

اهمیت 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 مأموریت 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 مأموریت‌های فضایی آینده داشته باشد.

¹Differential Game Reinforcement Learning (DGRL)

²Neural Network (NN)



تاریخ:

شماره:

فرم تعریف پروژه کارشناسی ارشد

پروست: 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.

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.

تعریف دقیق مسئله:

در پژوهش حاضر، مسأله هدایت فضاپیما برای سیستم زمین-ماه با استفاده از مدل دینامیکی سه‌جسم محدود دایره‌ای^۳ مطرح می‌شود. در این مسأله، یک فضاپیما با سیستم پیشران کم به یک مسیر مرجع در سیستم CR3BP منتقل می‌شود. 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 می‌دهد با فرض بدترین اغتشاش به محیط مرجع بازگردد، مسیر مرجع را دنبال کرده و به مدار مقصد برسد. بازی دیفرانسیلی موجب می‌شود الگوریتم هدایت نه تنها بهینه باشد بلکه مقاوم نیز باشد.

فرضیات 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.

³Circular Restricted Three-Body Problem (CR3BP)



تاریخ:
پایه:
پیشتران فرم تعریف پروژه: کارشناسی ارشد دارد. میشلارو: جهت پیشتران به صورت
پایه و قابل تنظیم است.

- مساله هدایت شامل انتقال بین مدارهای دوره‌ای (مدارهای لیاپانوف) در مدل CR3BP زمین-ماه است.
- توانایی موتور دارای محدودیت است. موتور قادر به تولید پیشتران 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.
- 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 مساله 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 فضاپیما.

روش انجام کار:

• مرحله ۱: ایجاد محیط دینامیکی

- پیاده‌سازی مدل دینامیکی محیط مورد نظر انجام می‌شود. این مدل باید شامل تمام جوانب مهم محیط باشد، از جمله قوانین حرکت، ابعاد فضایی، و وضعیت اولیه.
- در صورت پیچیدگی مدل دینامیکی محیط، از کتابخانه‌ها و ابزارهای مهندسی نرم‌افزاری 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، بازیگر برای انجام هدایت در محیط خود ایجاد می‌شود. این بازیگر مسئول انتخاب اعمال (اعمال کم پیشتران) بر اساس وضعیت فعلی محیط است.
- از الگوریتم‌های یادگیری تقویتی مختلف مانند Q-Learning (DQN)، Deep Q-Networks (DQN)، یا Proximal Policy Optimization (PPO) برای ایجاد بازیگر هدایت استفاده می‌شود. انتخاب الگوریتم بستگی به محیط و اهداف آموزش دارد.

⁴episodic



Google Colab به عنوان یک محیط آموزش آنلاین به کار می‌رود که اجزای مهمی هستند 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 پشتیبانی می‌کنند، استفاده می‌شود. به این ترتیب، آموزش مدل‌های یادگیری تقویتی بسیار سریع‌تر و رایگان انجام می‌شود.

پیشینه‌ی موضوع:

رایج‌ترین تکنیک‌های هدایت معمولاً با استفاده از ایستگاه‌های کنترل مستقر در زمین انجام می‌شوند. 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 کنترل⁵ را از کامپیوتر ایستگاه زمینی به کامپیوتر پرواز منتقل می‌کنند. در حالی که در طراحی مسیر از افزایش قدرت سخت‌افزارهای کامپیوتر بهره‌برداری می‌کنند، تعداد کمی از آن‌ها برای اجرای خودکار درون‌سفینه 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 می‌شود که با معیارهای مأموریت، مصرف سوخت و زمان پرواز، مطابقت داشته باشد. این روش قبل از پرواز انجام می‌شود و می‌تواند از استراتژی‌های متعددی برای هدایت بهینه با پیشران کم استفاده کند، از جمله تکنیک‌های بهینه‌سازی جهانی [؟] و برنامه‌نویسی غیرخطی [؟].

مراحل انجام پروژه و زمان‌بندی آن:

⁵Guidance, Navigation and Control (GNC)

بسمه تعالی

دانشکده مهندسی هوافضا

تاریخ:



فرم تعریف پروژه کارشناسی ارشد		
بررسی و کنترل: برقراری پایداری و کنترل مناسب در حین ناوبری گروهی از پرندهها		
پیشنهادهای: همپایه‌ها در حرکت و جهت‌دهی به پرندهها به‌منظور جلوگیری از تصادف		
۴ ماه	و تضاد در حرکت ضروری است.	
۲	مرحله دوم	۳ ماه
۳	مرحله سوم	۲ ماه
۳	مرحله چهارم	۵ ماه
۵	مرحله پنجم	۲ ماه

دروس مورد نیاز:

تخصصی (ارتباط موضوع پروژه با دروسی که دانشجوی گذرانده یا باید بگذراند)			جبرانی		
باید بگذراند	نمره	گذرانده	باید بگذراند	نمره	گذرانده

نظر کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده:	نظر گروه:	استاد راهنما:
تاریخ جلسه کمیته:	تاریخ جلسه گروه:	تاریخ تحویل فرم به مدیر گروه:
امضای معاون تحصیلات تکمیلی:	امضای مدیر گروه:	امضای استاد راهنما:

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