دانشکده مهندسی مکانیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

طراحی و تحلیل فضای کاری ربات‌های کابلی شش درجه آزادی

نام دانشجو

مهران محمودی آذر

استاد راهنما:

دکتر محمد حسن قاسمی

استاد مشاور:

دکتر حمیدرضا محمدی دانیالی

(این پایان نامه با حمایت مالی سازمان بنادر و دریانوردی به انجام رسیده است)

بهمن ماه ۱۳۹۳

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱ پیش گفتار ۲

۱-۲ تعاریف اولیه ۵

۱-۲-۱ ربات‌های موازی ۵

۱-۲-۲ ربات‌های موازی کابلی ۷

۱-۲-۳ علم سینماتیک ۸

۱-۲-۴ تکینگی سینماتیکی ۹

۱-۲-۵ طراحی و تحلیل فضای کاری ۱۱

۱-۳ تعریف مسأله ۱۱

۱-۴ سازمان این پایان نامه ۱۳

فصل۲: مروری بر منابع ۱۵

۲-۱ ربات‌های موازی ۱۶

۲-۲ ربات‌های کابلی ۲۰

۲-۲-۱ پژوهشهای انجام شده در ارتباط با ربات‌های کابلی ۲۱

۲-۳ طراحی و تحلیل فضای کاری ۲۴

۲-۴ الگوریتم بهینه سازی اجتماع ذرات (PSO) ۲۵

۲-۵ کاربردهای ربات موازی در صنعت ۲۷

Archive of SID

www.SID.ir

فصل۳: الگوریتم بهینه سازی اجتماع ذرات ۲۹

۳-۱ مقدمه ۳۰

۳-۲ تاریخچه بهینه سازی اجتماع ذرات ۳۱

۳-۳ بهینه سازی گروه ذرات ۳۵

۳-۳-۱ معرفی الگوریتم ۳۵

۳-۳-۲ آناتومی هر ذره ۳۵

۳-۳-۳ توپولوژی یا ساختار شبکه اجتماعی ۴۲

۳-۳-۴ مشکلات الگوریتم PSO ۴۲

۳-۳-۵ مزایای الگوریتم بهینه سازی ذرات ۴۵

۳-۳-۶ کاربردهای الگوریتم بهینه سازی ذرات ۴۵

۳-۳-۷ مقایسه PSO با الگوریتم های تکاملی ۴۶

۳-۴ مثالی از بهینه سازی اجتماع ذرات ۴۶

۳-۵ انواع روشهای بهینه سازی گروه ذرات ۵۰

فصل۴: ربات موازی کابلی شش درجه آزادی و طراحی و تحلیل فضای کاری ۵۲

۴-۱ مقدمه ۵۳

۴-۲ ربات کابلی شش درجه آزادی فضایی ۵۳

۴-۲-۱ معرفی ساختار کلی ربات ۵۳

۴-۲-۲ مدلسازی هندسی و سینماتیک ۵۴

۴-۲-۳ تجزیه و تحلیل فضای کاری ۵۸

Archive of SID

www.SID.ir

۴-۲-۴ شاخص عملکرد ۶۰
۴-۳ تجزیه و تحلیل و شبیه سازی ۶۲
۴-۳-۱ نسبتهای مختلف MP به BP ۶۴
۴-۳-۲ پیکربندی های هندسی مختلف ۷۰
۴-۴ مسأله طراحی ۷۵
۴-۵ طراحی و تحلیل فضای کاری ربات کابلی ۷۸
۴-۵-۱ مقدمه ۷۸
۴-۵-۲ توابع تک هدفه ۷۸
۴-۵-۲-۱ شاخص GDI و GDUI ۷۹
۴-۵-۲-۲ شاخص GSI و GSUI ۸۱
۴-۵-۲-۳ شاخص حجم فضای کاری ۸۳
۴-۶ توابع چند هدفه ۸۳
۴-۶-۱ شاخص ODI ۸۴
۴-۶-۲ شاخص OSI ۸۵
۴-۶-۳ شاخص ODSI ۸۵
۴-۷ روش شناسی بهینه سازی ۸۶
۴-۷-۱ الگوریتم اجتماع ذرات ۸۶
۴-۸ نتایج بهینه سازی ۸۷

فصل ۵: جمع بندی و پیشنهادات ۹۰

Archive of SID

www.SID.ir

۵-۱ مقدمه ۹۱

۵-۲ مروری بر کارهای انجام شده ۹۱

۵-۳ نتیجه گیری ۹۳

۵-۴ پیشنهادات برای ادامه کار ۹۷

مراجع ۹۹

Archive of SID

www.SID.ir

اجرای این پایان نامه مورد حمایت مالی سازمان بنادر و دریانوردی قرار گرفته است و سازمان به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتیرانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز پژوهش‌های اسلامی

چکیده

در این پایان‌نامه، به بررسی طراحی و تحلیل فضای کاری ربات کابلی شش درجه آزادی پرداخته می‌شود. با استفاده از ماتریس ژاکوبین و شاخص عدد شرط ماتریس ژاکوبین، حجم فضای کاری ربات در حالیکه تمام کابل‌ها در یک جهت ثابت در حالت کشش باشند تعیین می‌شود. در ادامه، بعضی از جنبه های طراحی بهینه ربات با پرداختن به تغییرات حجم فضای کاری و دقت ربات با استفاده از پیکربندی‌های هندسی مختلف، اندازه‌ها و جهت‌های مختلف صفحه متحرک مورد بررسی و شبیه سازی قرار می‌گیرد و از شاخص شرط عمومی به عنوان یک شاخص عملکرد جهت اندازه گیری کیفیت عملکرد ربات در کل فضای کاری استفاده می‌شود. سپس، طراحی بهینه ربات بر اساس بهینه سازی تک هدفه و چند هدفه به کمک روش الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات صورت می‌گیرد. توابع هدف مورد استفاده شامل شاخص چالاکی عمومی، شاخص چالاکی یکپارچه عمومی، شاخص سفتی عمومی، شاخص سفتی یکپارچه عمومی و شاخص حجم فضای‌کاری می‌باشند. در ابتدا این پنج شاخص بطور جداگانه برای بدست آوردن پارامترهای معماری ربات استفاده می‌شوند. سپس با ترکیب آنها، شاخص عملکرد ترکیبی مشخص و برای رسیدن به پارامترهای بهینه ربات مانند اندازه صفحه ثابت و متحرک و شکل هندسی دو صفحه به منظور رسیدن به بیشینه فضای کاری و بیشترین شاخص مهارت عمومی بهینه می‌شوند. نتایج بدست آمده می‌تواند برای طراحی این دسته از ربات‌ها تحت شرایط مختلف مفید باشد.

واژه های کلیدی: ربات کابلی، فضای کاری، چالاکی، سفتی، طراحی بهینه

Archive of SID

www.SID.ir

Abstract:

In this thesis, we study the design and workspace of a 6-6 cable suspended parallel robot. By using of jacobian matrix and condition number of jacobian matrix the workspace volume is characterized while all suspension cables are under tension at a constant orientation. In continuing some aspects of optimal design of a 6 dof cable robot by addressing the variations of the workspace volume and the accuracy of the robot Using different geometric configurations, different sizes and orientations of the moving platform will be studied and simulated and the global condition index is used as a performance index of a robot to measure the quality of performance of the robot over the whole workspace. In continuing the optimal design of spatial six-cable robot based on single and multi-objective optimization by means of a particle swarm optimization method will be studied. The objective functions used are: Global Dexterity Index (GDI), Global Dexterity Uniformity Index (GDUI), Global Stiffness Index (GSI), Global Stiffness Uniformity Index (GSUI) and Workspace Volume Index. Firstly,these indices are used separately to obtain the architectural parameters of the robot. Then, by mixed performance indices are specified and optimized to obtain the optimal parameters of the robot such as the size of the moving platform, the size of the fixed platform, and the geometric shapes of the two platforms in order to achieve maximum workspace and maximum global dexterity index. The obtained results are useful in designing these robots under different conditions.

Archive of SID

Key words: Cable Robots, Workspace, Dexterity, Stiffness, Optimal design.

www.SID.ir

Babol Noshivani University of Technology
Mechanical Engineering Department

Design and workspace analysis of a 6–6 Cable-suspended parallel robot

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Science in Mechanical Engineering (Applied Design)

By:
Mehran Mahmoudi Azar

Supervisor:
Dr. M. Hassan Ghasemi

Advisor:
Dr. H. R. M. Daniali

January 2015

Archive of SID

www.SID.ir