دانشگاه تبریز

دانشکده فنی مهندسی مکانیک

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

عنوان

مدلسازی کابین تراکتور ITM285 و انتخاب مقادیر مناسب ارتعاشی برای کاهش ارتعاشات انتقالی از بدنه به کابین

اساتید راهنما

دکتر محمد زهساز

دکتر مرتضی صادقی

استاد مشاور

دکتر موسی رضایی

پژوهشگر

فرهاد شمس

۱۳۸۹/۵/۱۵

شهریور ماه ۱۳۸۸

۱۴۰۳۱۰

به نام خدا

افتادگی آموز اگر طالب فیضی هرگز نخورد آب، زمینی که بلند است

امیدوارم که بتوانم در تمامی مراحل زندگی، علم و دانش را سرلوحه کارهای خود قرار داده و همیشه با اهل علم و دانش ارتباط خود را حفظ کنم چرا که با اهل علم بودن، به بشر کرامت انسانی می‌بخشد و خروج از این راه موجب گمراهی و ندامت می‌گردد.

در اینجا جا دارد صمیمانه از کمک‌ها و راهنمایی‌های ارزشمند اساتید بزرگوار آقایان دکتر زهساز، دکتر صادقی، دکتر رضایی، دکتر اتفاق، مهندس شکوری، مهندس رضازاده و تمامی عزیزانی که به هر نحوی در انجام این پایان‌نامه کمک نموده‌اند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

فرهاد شمس
شهریور ۱۳۸۸

نام خانوادگی دانشجو: شمس نام: فرهاد

عنوان پایان نامه: مدلسازی کابین تراکتور ITM285 و انتخاب مقادیر مناسب ارتعاشی برای کاهش ارتعاشات انتقالی از بدنه به کابین

اساتید راهنما: دکتر محمد زهساز و دکتر مرتضی صادقی

استاد مشاور: دکتر موسی رضایی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی مکانیک گرایش: طراحی کاربردی

دانشگاه: تبریز دانشکده: مهندسی مکانیک تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۱۳۸۸

تعداد صفحه :۱۲۳

کلید واژه ها: کابین تراکتور، مقادیر مناسب ارتعاشی، سیستم تعلیق، ناهمواریهای جاده

چکیده :

شرکتهای خودروسازی روز به روز مقوله رضایت مشتری، راحتی سرنشین و مسائل ارگونومیکی را بیش از پیش در اولویت کار طراحی خود قرار می‌دهند تا بتوانند بازار جهانی را در اختیار داشته باشند؛ بطوریکه با تغییرات خیلی جزئی روی موتور، گیربکس و ... و تغییرات عمده روی شکل ظاهری بدنه، امکانات رفاهی و ارگونومیکی انواع مدلهای جدید را به بازار عرضه می‌کنند. در تراکتور نیز مسأله‌ی ایمنی و راحتی کاربر روز به روز اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند، به همین خاطر نصب کابین برای تراکتور به منظور محافظ جان کاربر حین واژگونی تراکتور، جلوگیری از انتقال ارتعاشات، صدا و دود به کاربر و همچنین ایمن کردن کاربر در برابر عوامل طبیعی از جمله آفتاب، برف، باران، باد، گرد و خاک، حشرات و . . . لازم و ضروری می‌باشد.

از عوامل پراهمیت برای افزایش کیفیت و راحتی کاربر، جلوگیری از انتقال ارتعاشات حاصل از محیط خارج به کاربران می‌باشد؛ با توجه به اینکه تراکتور در مزرعه و ناهمواری کار می‌کند، نیروهای ناشی از دست‌انداز و ناهمواریها به عنوان مؤثرترین نیروهای وارد به کابین می‌باشد، که این نیروها به عنوان نیروی محرک باعث ایجاد نوسانات و همچنین پدیده تشدید می‌گردند. بخاطر تماس مستقیم کابین با بدنه، یک سیستم مناسب برای کاهش و کنترل ارتعاشات انتقالی حاصل از ناهمواریهای جاده به کابین احساس نیاز می‌گردد، به گونه‌ای که پایداری و فرمان‌پذیری تراکتور تضعیف نشود. با اعمال این سیستم خرابی قسمتهای مختلف کابین و عدم راحتی سرنشین کاهش

ادامه جدول

می‌یابد.

در این پایان‌نامه کابین تراکتور ITM285 مطابق نقشه‌ها، اسناد و مدارک موجود در شرکت تراکتورسازی ایران از نظر هندسی در کد ANSYS مدلسازی شده است و تحلیل در حوزه‌ی زمان و اندازه‌گیری ارتعاشات منتقله از ناهمواریها به کابین مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از امکانات و دستگاه‌های اندازه‌گیری موجود در آزمایشگاه ارتعاشات، تست تجربی بر روی تراکتور ITM285 در محل شرکت تراکتورسازی، با سرعتهای مختلف روی جاده‌های مختلف، باند مخصوص تست کشش تراکتور و مزرعه، انجام شد و با مقایسه نتایج عددی و تجربی صحت مدل عددی مورد تأیید قرار گرفت. از طرفی به منظور بدست آوردن مقادیر مناسب ارتعاشی بین کابین و بدنه تراکتور مطابق استاندارد ISO2631 در نرم‌افزار برنامه‌نویسی، کد فرترن نوشته شد، مقادیر حاصل شده از کد به مدل عددی اعمال گردید و نتایج حاصله از تحلیل در حوزه‌ی زمان روی مدل نشان داد که سیستم تعلیق بدست آمده ارتعاشات انتقالی به کابین را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

فهرست مطالب

عناوین **صفحه**

بخش اول- مقدمه

فصل اول- مقدمه ۲

بخش دوم- بررسی منابع

فصل دوم- بررسی منابع ۱۱
۲-۱ مقدمه ۱۱
۲-۲ سیستم تعلیق کابین تراکتور ۱۳
۲-۲ مروری بر تحقیقات انجام شده در این زمینه ۱۷

بخش سوم- مواد و روشها

فصل سوم- مبانی نظری المان محدود ۲۳
۳-۱ مقدمه ۲۳
۳-۲ ساختار روشهای عددی ۲۳
۳-۲-۱ نظریه‌ی پایه ۲۳
۳-۲-۲ ساخت مدل ۲۴
۳-۲-۳ الگوی محاسبات ۲۴
فصل چهارم- مبانی نظری ارتعاشات اتفاقی ۲۵
۴-۱ پدیده‌های اتفاقی ۲۵
۴-۲ پروفیل ارتفاع سطح به عنوان تابع اتفاقی ۲۵
۴-۳ تابع پاسخ فرکانس ۳۳
۴-۴ مجموعه‌ی چرخ و تایر ۳۵
۴-۵ ایزولاسیون سیستم تعلیق ۳۶

۴-۶ ارزیابی ارتعاشات تراکتور نسبت به میزان راحتی سرنشین..... ۴۱
۴-۷ طراحی سیستم تعلیق..... ۴۱
۴-۸ تحلیل طیف دیجیتالی..... ۴۴
۴-۹ تبدیل فوریه منفصل..... ۴۵
۴-۱۰ انعکاس فرکانسی..... ۴۷
فصل پنجم- مبانی نظری تست و داده‌برداری..... ۵۰
۵-۱ مقدمه..... ۵۰
۵-۲ تست جاده مصنوعی در استاندارد ISO5008..... ۵۰
۵-۳ شتاب‌سنج..... ۵۲
۵-۴ نحوه‌ی استفاده از داده‌ها..... ۵۶
فصل ششم- مدلسازی ارتعاشی کابین تراکتور..... ۵۹
۶-۱ معادلات حرکت..... ۵۹
۶-۲ تابع انتقال کابین..... ۶۳
۶-۳ روش آنالیز..... ۶۳

بخش چهارم- نتایج و بحث

فصل هفتم- نحوه‌ی انجام آزمایشات و نتایج بدست آمده از تست..... ۶۶
۷-۱ مرحله‌ی آماده‌سازی..... ۶۶
۷-۲ مرحله‌ی اندازه‌گیری..... ۶۸
۷-۳ مرحله‌ی استخراج داده‌ها..... ۷۲
فصل هشتم- نحوه‌ی کدنویسی و نتایج بدست آمده..... ۷۶
فصل نهم- نحوه‌ی مدلسازی کابین تراکتور و نتایج بدست آمده..... ۷۹
۹-۱ مدلسازی کابین تراکتور..... ۷۹

۹-۲ مدلسازی قطعات ۸۰
۹-۲-۱ مدلسازی قطعات ورقی ۸۰
۹-۲-۲ مدلسازی سازه‌ی پروفیل بدنه ۸۲
۹-۲-۳ مدلسازی درز جوش‌ها ۸۴
۹-۲-۴ مدلسازی لولای درب ۸۵
۹-۲-۵ مدلسازی سیستم فنر و مستهلک‌کننده ۸۶
۹-۳ بررسی صحت مدلسازی کابین از نظر اتصالات ۸۷
۹-۴ مشخصات مواد ورودی ۸۹
۹-۵ مقایسه‌ی صحت مدل عددی با مدل واقعی ۹۰
فصل دهم- مقایسه‌ی نتایج و بحث در مورد آنها ۹۶
فصل یازدهم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۰۷
ضمائم ۱۱۰
مراجع ۱۲۰

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۴-۱ : مقادیر C_{sp} و N برای توابع چگالی طیف توان روی سطوح مختلف..... ۳۱

جدول ۴-۲ : طبقه‌بندی ناهمواری جاده پیشنهاد شده از طرف ISO ۳۱

جدول ۴-۳ : مقادیر W_i و g_i از استاندارد ISO2631,1985(E) طی ۱ دقیقه..... ۴۲

جدول ۵-۱ : جاده ناهموار- عرض بلندی به نسبت خط پایه دلخواه..... ۵۱

جدول ۵-۲ : جاده هموار- عرض بلندی به نسبت خط پایه دلخواه..... ۵۱

جدول ۷-۱ : مشخصات فنی تراکتور تک دیفرانسیل ITM 285 ..... ۶۸

جدول ۷-۲ : مقادیر $\overline{\alpha}(\tau)$ محاسبه شده برای سرعتهای مختلف بر روی باند کشش تراکتور به طول ۱۰۰ متر..... ۷۳

جدول ۷-۳ : مقادیر $\overline{\alpha}(\tau)$ محاسبه شده برای سرعتهای مختلف در مزرعه به طول ۳۵ متر..... ۷۳

جدول ۷-۴ : ماکزیمم دامنه در مدت زمان برداشت داده‌ها برای سرعتهای مختلف در مزرعه..... ۷۴

جدول ۷-۵: ماکزیمم دامنه در مدت زمان برداشت داده‌ها برای سرعتهای مختلف روی باند کشش.. ۷۴

جدول ۸-۱ : مشخصات استفاده شده در برنامه‌ی فرترن برای کابین..... ۷۶

جدول ۸-۲ : مقادیر مناسب ارتعاشی برای کابین..... ۷۸

جدول ۹-۱: ضخامت‌های بکار رفته در مدلسازی کابین..... ۸۳

جدول ۹-۲ : فرکانس‌های مودهای ارتعاشی اولیه کابین در حالت تحلیل آزاد..... ۸۸

جدول ۹-۳ : مشخصات مواد بکار رفته در کابین..... ۸۹

جدول ۱۰-۱ : مقادیر دلخواه ارتعاشی برای کابین..... ۱۰۱

جدول ۱۰-۲: مقادیر مربوط به rms کل بازه‌ی اندازه‌گیری شده نشیمنگاه‌های جلو، عقب و داخل کابین برای حالتهای واقعی، دلخواه و مناسب در باند تست برای سرعت‌های مختلف بر حسب متر. ۱۰۵

جدول ۱۰-۳ : مقادیر مربوط به rms کل بازه‌ی اندازه‌گیری شده نشیمنگاه‌های جلو، عقب و داخل کابین برای حالتهای واقعی، دلخواه و مناسب در مزرعه برای سرعت‌های مختلف بر حسب متر.....۱۰۵

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱ : مدل کانو..... ۴

شکل ۲-۱ : محدوده کاهش خستگی برای شتاب قائم بر حسب ISO 2631..... ۱۲

شکل ۲-۲ : سیستم تعلیق کابین تراکتور در شرکت رنو..... ۱۵

شکل ۲-۳ : سیستم تعلیق کابین تراکتور سریهای TM در شرکت نیوهولند..... ۱۶

شکل ۲-۴ : جزئیات سیستم تعلیق خوش سواری کابین نیوهولند..... ۱۶

شکل ۲-۵ : حرکت عمودی میراشده با کنترل GPC..... ۲۰

شکل ۴-۱ : پروفیل ارتفاع سطح به عنوان تابع اتفاقی..... ۲۶

شکل ۴-۲ : ارتباط بین دامنه و طول موج پروفیل سطح..... ۲۷

شکل ۴-۳ : چگالی فرکانس گسسته‌ی تابع اتفاقی..... ۲۸

شکل ۴-۴ : تابع چگالی طیف توان پیوسته..... ۲۸

شکل ۴-۵ : توابع چگالی طیف توان فرکانس فضایی برای انواع مختلف جاده‌ها و خیابانها..... ۲۹

شکل ۴-۶ : توابع چگالی طیف توان فرکانس فضایی برای دو نوع زمینهای آماده نشده..... ۳۰

شکل ۴-۷ : طبقه‌بندی ناهمواری سطح بر اساس استاندارد پیشنهادی ISO ۳۲

شکل ۴-۸ : ورودی و خروجی سیستم خطی خودرو..... ۳۴

شکل ۴-۹ : مربع قدر مطلق توابع انتقال دو مدل خودرو ساده شده با فرکانسهای طبیعی و نسبتهای میرایی مختلف..... ۳۴

شکل ۴-۱۰ : مدل یک چهارم خودرو..... ۳۷

شکل ۴-۱۱ : مدل ریاضی سیستم تعلیق..... ۳۹

شکل ۴-۱۲ : تغییرات نسبت میرایی پرش و غلتش برای جرم فنربندی‌شده و فنربندی‌نشده با تغییر موقعیت عرضی نقطه‌ی اتصال پایینی دمپر از ۴۵/. متر تا یک متر..... ۴۰

شکل ۴-۱۳ : بیان شکل مودهای پرش، کله‌زنی، غلت‌زنی و چرخش..... ۴۳
شکل ۴-۱۴ : وضعیت عمودی اندازه‌گیری شده‌ی لرزاننده به عنوان تابع فرکانس..... ۴۳
شکل ۴-۱۵ : نمونه برداری از یک تابع پیوسته در فواصل زمانی منظم..... ۴۴
شکل ۴-۱۶ : تعریف موجود در محاسبه ضرایب فوریه از یک سری منفصل..... ۴۶
شکل ۴-۱۷ : تناوب ضرایب فوریه محاسبه شده توسط تبدیل فوریه منفصل..... ۴۸
شکل ۴-۱۸ : اختلال در اثر انعکاس فرکانسی وقتی که پهنای عرض سیگنال بیشتر از $\pi/\Delta(rad/s)$ باشد..... ۴۸
شکل ۵-۱ : تست جاده‌ای ارتعاشات سواری ISO 5008 برای جاده‌های ۳۵ و ۱۰۰ متر ۵۲
شکل ۵-۲ : نمودار حساسیت بر حسب فرکانس برای یک شتاب‌سنج نمونه..... ۵۳
شکل ۵-۳ : مدل یک درجه آزادی از شتاب‌سنج و پایه نصب آن..... ۵۴
شکل ۵-۴ : ساختار یک شتاب‌سنج پیزو الکتریک..... ۵۵
شکل ۵-۵ : مدل نصف خودرو با دو درجه آزادی..... ۵۶
شکل ۶-۱ : جابجایی عمودی اکسل جلو $q_1(t)$، اکسل عقب $q_2(t)$ و جلو کابین $q(t)$..... ۵۹
شکل ۶-۲ : موقعیت نصب کابین با سیستم تعلیق تا اکسل‌ها..... ۶۰
شکل ۶-۳ : مدل دو درجه آزادی کابین تراکتور..... ۶۱
شکل ۶-۴ : مدل نصف کابین با دو درجه آزادی حین تحریکهای $q(\tau)$ و $q_2(t)$..... ۶۲
شکل ۶-۵ : معیار ناهمواری IRI..... ۶۴
شکل ۷-۱ : تراکتور ۲۸۵ تک دیفرانسیل کابین‌دار (ITM285-2WD) ۶۷
شکل ۷-۲ : نصب شتاب‌سنج بر روی نشیمنگاه طرف راست جلو کابین..... ۶۹
شکل ۷-۳ : نصب شتاب‌سنج بر روی اکسل عقب (نشیمنگاه طرف راست عقب کابین)..... ۶۹
شکل ۷-۴ : نصب شتاب‌سنج در طرف راست داخل کابین..... ۷۰
شکل ۷-۵ : دیاگرام سینماتیکی سیستم انتقال قدرت تراکتور ۲۸۵..... ۷۱

شکل ۷-۶ : برداشت شتاب بر روی سه نقطه از تراکتور روی باند کشش تراکتور با دنده چهار سبک ۷۲

شکل ۹-۱ : هندسه المان Shell63 ..... ۸۲

شکل ۹-۲ : قسمتهایی از کابین با ضخامت ۲ میلیمتر ۸۳

شکل ۹-۳ : قسمتهایی از کابین با ضخامت ۲/۵ میلیمتر ۸۳

شکل ۹-۴ : قسمتهایی از کابین با ضخامت ۳ میلیمتر ۸۴

شکل ۹-۵ : قسمتهایی از کابین با ضخامت ۴ میلیمتر ۸۴

شکل ۹-۶ : قسمتهایی از کابین با ضخامت ۵ میلیمتر ۸۴

شکل ۹-۷ : قسمتهایی از کابین با ضخامت ۶ میلیمتر ۸۴

شکل ۲-۸ : تبدیل سطوح ۲،۱ و ۳ پس از Partitionبندی به سطوح مجزای ۵،۴،۳ و ۶ ..... ۸۵

شکل ۹-۹ : هندسه المان Beam4 ..... ۸۶

شکل ۹-۱۰ : هندسه المان Combin14 ..... ۸۷

شکل ۹-۱۱ : کابین مش بندی شده از نماهای مختلف ۸۹

شکل ۲-۱۲ : قسمتهای کابین از جنس فولاد ۹۰

شکل ۲-۱۳ : قسمتهای کابین از جنس شیشه ۹۰

شکل ۹-۱۴ : تبدیل فوریه سریع جابجایی سمت راست و چپ کابین تحت ارتعاشات اتفاقی با دنده یک سبک در مدل واقعی ۹۱

شکل ۹-۱۵ : تبدیل فوریه سریع جابجایی سمت راست و چپ کابین تحت ارتعاشات اتفاقی با دنده یک سبک در مدل ANSYS ۹۱

شکل ۹-۱۶ : تبدیل فوریه سریع جابجایی سمت راست کابین روی مدل ANSYS و مدل واقعی تحت ارتعاشات اتفاقی با دنده یک سبک ۹۲

شکل ۹-۱۷ : تبدیل فوریه سریع جابجایی سمت چپ کابین روی مدل ANSYS و مدل واقعی تحت ارتعاشات اتفاقی با دنده یک سبک..... ۹۲
شکل ۹-۱۸ : مقایسه‌ی دو نمودار با برداشت‌های سمت راست کابین به مدت دو ثانیه و دنده یک سبک روی باند کشش در دو فاصله‌ی زمانی متفاوت..... ۹۳
شکل ۹-۱۹ : مقایسه‌ی دو نمودار با برداشت‌های سمت راست نشیمنگاه جلو کابین به مدت دو ثانیه و دنده یک سبک روی باند کشش در دو فاصله‌ی زمانی متفاوت..... ۹۴
شکل ۹-۲۰ : مقایسه‌ی دو نمودار با برداشت‌های سمت راست نشیمنگاه عقب کابین به مدت دو ثانیه و دنده یک سبک روی باند کشش در دو فاصله‌ی زمانی متفاوت..... ۹۴
شکل ۹-۲۱ : مقایسه‌ی دو نمودار با برداشت‌های سمت راست کابین به مدت ده ثانیه و دنده یک سبک روی باند کشش در دو فاصله‌ی زمانی متفاوت با اعمال سیستم تعلیق دلخواه..... ۹۵
شکل ۱۰-۱ : تحریک‌های اعمالی نشیمنگاه‌های جلو و عقب سمت چپ کابین و جابجایی عمودی یک نقطه از داخل کابین در حالت دنده یک سبک روی باند تست کشش..... ۹۷
شکل ۱۰-۲ : تحریک‌های اعمالی نشیمنگاه‌های جلو و عقب سمت چپ کابین و جابجایی عمودی یک نقطه از داخل کابین با سیستم تعلیق در حالت دنده یک سبک روی باند تست کشش..... ۹۷
شکل ۱۰-۳ : تحریک‌های اعمالی نشیمنگاه‌های جلو و عقب سمت راست کابین و جابجایی عمودی یک نقطه از داخل کابین در حالت دنده یک سبک روی باند تست کشش..... ۹۸
شکل ۱۰-۴ : تحریک‌های اعمالی نشیمنگاه‌های جلو و عقب سمت راست کابین و جابجایی عمودی یک نقطه از داخل کابین با سیستم تعلیق در حالت دنده یک سبک روی باند تست کشش..... ۹۸
شکل ۱۰-۵ : تحریک‌های اعمالی نشیمنگاه‌های جلو و عقب سمت چپ کابین و جابجایی عمودی یک نقطه از داخل کابین در حالت دنده یک سبک در مزرعه..... ۹۹
شکل ۱۰-۶ : تحریک‌های اعمالی نشیمنگاه‌های جلو و عقب سمت چپ کابین و جابجایی عمودی یک نقطه از داخل کابین با سیستم تعلیق در حالت دنده یک سبک در مزرعه..... ۹۹

شکل ۱۰-۷ : تحریک‌های اعمالی نشیمنگاه‌های جلو و عقب سمت راست کابین و جابجایی عمودی یک نقطه از داخل کابین در حالت دنده یک سبک در مزرعه..... ۱۰۰

شکل ۱۰-۸ : تحریک‌های اعمالی نشیمنگاه‌های جلو و عقب سمت راست کابین و جابجایی عمودی یک نقطه از داخل کابین با سیستم تعلیق در حالت دنده یک سبک در مزرعه..... ۱۰۰

شکل ۱۰-۹ : جابجایی عمودی یک نقطه از سمت چپ داخل کابین با دنده یک سبک با مقادیر ارتعاشی دلخواه و مناسب روی باند تست..... ۱۰۱

شکل ۱۰-۱۰ : جابجایی عمودی یک نقطه از سمت راست داخل کابین با دنده یک سبک با مقادیر ارتعاشی دلخواه و مناسب روی باند تست..... ۱۰۲

شکل ۱۰-۱۱ : جابجایی عمودی یک نقطه از سمت چپ داخل کابین با دنده یک سبک با مقادیر ارتعاشی دلخواه و مناسب در مزرعه..... ۱۰۲

شکل ۱۰-۱۲ : جابجایی عمودی یک نقطه از سمت راست داخل کابین با دنده یک سبک با مقادیر ارتعاشی دلخواه و مناسب در مزرعه..... ۱۰۳

شکل ۱۰-۱۳ : ماکزیمم مقدار جابجایی نشیمنگاه‌های جلو، عقب و داخل کابین در سمت چپ و راست برای سرعتهای مختلف در باند تست..... ۱۰۴

شکل ۱۰-۱۴ : ماکزیمم مقدار جابجایی نشیمنگاه‌های جلو، عقب و داخل کابین در سمت چپ و راست برای سرعتهای مختلف در مزرعه..... ۱۰۴

فهرست علائم و نشانه ها

فاصله اکسل جلو از نشیمنگاه جلو کابین روی بدنه..... a

ضرایب سری فوریه..... a_k, b_k

نقاطی از پروفیل سطح جاده..... A و B

بخش‌هایی از پروفیل سطح..... CD و AD و $A'D'$

فاصله اکسل عقب از نشیمنگاه جلو کابین روی بدنه..... b

کلاس جاده از دیدگاه ناهمواری جاده..... B

ضریب میرایی جلو جرم فنربندی‌شده..... C_1

ضریب میرایی عقب جرم فنربندی‌شده..... C_2

ضرایب ناهمواری..... C'_{sp} و C_{sp}

فرکانس زاویه‌ای تحریک..... f

فرکانس مرکزی..... f_c

فرکانس نایکویست..... f_0

فرکانس نمونه‌برداری..... f_s

فرکانس طبیعی سیستم..... f_n

شتاب جاذبه‌ی زمین..... g

مقدار مطلوب ریشه متوسط مربع شتاب عمودی در فرکانس iام..... g_i

هرتز (واحد فرکانس فضایی)..... Hz

تابع انتقال..... $H(f)$ و $H(i\omega)$

معیار ناهمواری..... IRI

ممان اینرسی کابین و یا بدنه خودرو نسبت به محور مرکزی عرضی..... I

شماره‌ی گره‌های المان چهار ضلعی در مدل..... I, J, K, L

K_2 ..... ثابت فنریت عقب جرم فنربندی‌شده

K_1 ..... ثابت فنریت جلو جرم فنربندی‌شده

L_1 ..... فاصله بین سیستم تعلیق جلو و مرکز ثقل جرم فنربندی‌شده

L_2 ..... فاصله بین سیستم تعلیق عقب و مرکز ثقل جرم فنربندی‌شده

l_w ..... طول موج پروفیل سطح

l_{wm} ..... طول موج پروفیل سطح

M ..... جرم کابین و یا جرم فنربندی‌شده

m ..... جرم فنربندی‌نشده

N ..... تعداد نمونه‌برداری

N_1 و N_2 و N ..... نماهای ثابت در معادله‌ی ناهمواری

$q_1(t)$ ..... جابجایی عمودی تحریک شده‌ی اکسل جلو تراکتور یا خودرو

$q_2(t)$ ..... جابجایی عمودی تحریک شده‌ی اکسل عقب تراکتور یا خودرو

$q(t)$ ..... جابجایی عمودی تحریک شده‌ی نشیمنگاه جلو کابین تراکتور

$q_{1i}(t)$ ..... جابجایی عمودی تحریک شده‌ی اکسل جلو تراکتور یا خودرو در لحظه iام

$q_{2i}(t)$ ..... جابجایی عمودی تحریک شده‌ی اکسل عقب تراکتور یا خودرو در لحظه iام

r ..... شمارنده‌ی سری زمانی منفصل

$R(\tau)$ ..... تابع خودهمبستگی تحریک جابجایی

ROTX, ROTY, ROT ..... درجه آزادی چرخشی گره حول محورهای مختصات

RR ..... نرخ سواری

s ..... متغیر تبدیل لاپلاس

$S(\omega)$ ..... تابع چگالی طیفی توانی پروفیل تحریک

$S(n\Omega_0)$ ..... تابع چگالی طیف توان گسسته در nامین فرکانس

تابع چگالی طیف توان پیوسته ..... $S(n\Omega)$

چگالی طیف توان ورودی سیستم ..... $S_g(\Omega)$

چگالی طیف توان ورودی سیستم در اولین فرکانس ..... $S_g(\Omega_0)$

چگالی طیف توان ورودی سیستم ..... $S_g(f)$

چگالی طیف توان خروجی سیستم ..... $S_v(f)$

زمان ..... t

زمان تناوب ..... T

طول و عرض مقطع المان Beam4 ..... TKY, TKZ

درجه آزادی انتقالی هر گره در راستای محورهای مختصات ..... UX, UY, UZ

سرعت طولی تراکتور یا خودرو V

وزن جرم فنربندی‌شده ..... W

فاکتور وزنی در فرکانس iام ..... W_i

ریشه متوسط مربع شتاب عمودی در فرکانس iام ..... $\ddot{X}_i$

متغیر گسسته ..... x_i

نمونه زمانی پیوسته ..... $x(t)$

تبدیل فوریه منفصل ..... X_k

مزدوج مختلط ..... X_{-l}, X_l^*

عکس تبدیل فوریه منفصل ..... x_r

سری زمانی منفصل ..... $\{x_r\}$

محورهای مختصات ..... z, y, x

ارتفاع پروفیل سطح ..... $z_n(x)$

ارتفاع پروفیل سطح ..... $z(x)$

دامنه پروفیل سطح ..... Z_n

مقدار میانگین مربع اجزای تابع ..... $\bar{z}_n^2$

ارتفاع پروفیل سطح نسبت به صفحه مبنا ..... z

ورودی سیستم ..... $z_g(t)$

خروجی سیستم ..... $z_v(t)$

مقادیر متوسط مربع ورودی ..... $\bar{z}_g^2$

مقادیر متوسط مربع خروجی ..... $\bar{z}_v^2$

تابع هدف ..... Z

نسبت جابجایی عمودی تحریک شده‌ی اکسل جلو به اکسل عقب در لحظه iام ..... $\alpha_i(\tau)$

مقدار متوسط نسبت‌های جابجایی عمودی تحریک شده‌ی اکسل جلو به اکسل عقب در کل زمان نمونه‌برداری ..... $\alpha_a(\tau)$

مقدار متوسط نسبت‌های جابجایی عمودی تحریک شده‌ی اکسل جلو به اکسل عقب در کل زمان نمونه‌برداری ..... $\bar{\alpha}(\tau)$

فاصله‌ی زمان نمونه برداری ..... Δ

فاصله‌ی فرکانسی ..... $\Delta\Omega$

زاویه‌ی دورانی کله‌زنی جرم فنربندی‌شده حول محور عرضی آن ..... θ

نسبت میرایی ..... ξ_{z1} و ξ

انحراف معیار ..... σ

تأخیر زمانی ..... τ

فرکانس دایروی فضایی ..... Ω_n

nامین فرکانس ..... $n\Omega_0$

باند فرکانسی ..... $\Omega_1 - \Omega_2$

فرکانس فضایی ..... Ω

فرکانس ..... ω

فرکانس طبیعی میرا شده ..... ω_d

فرکانس طبیعی میرانشده ..... ω_n

بالاترین فرکانس موجود در تابع زمانی ..... ω_0

مقدمه