دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

تعیین زوایای مناسب صندلی تراکتور جهت دست‌یابی به پوسچر مناسب راننده به روش اجزای محدود

استاد راهنما :
دکتر علی ملکی

استادان مشاور:
دکتر احسان اله حبیبی
دکتر یعقوب طادی بنی

پژوهشگر:
شهره دائی‌جواد

اسفند ماه ۱۳۹۲

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم

پایان‌نامه خانم شهره دائی‌جواد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی با عنوان **تعیین زوایای مناسب صندلی تراکتور جهت دست‌یابی به پوسچر مناسب راننده به روش اجزای محدود** درتاریخ ۱۳۹۲/۱۲/۱۹ باحضور هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹/۹۰ مورد تصویب نهایی قرارگرفت.

۱. استاد راهنمای پایان نامه:

دکتر علی ملکی (استادیار) .....

۲. استادان مشاور پایان نامه:

دکتر احسان‌اله حبیبی (استاد) .....

دکتر یعقوب طادی بنی (استادیار) .....

۳. استادان داور پایان نامه:

دکتر مجتبی نادری بلداجی (استادیار) .....

دکتر محمد مرادی (استادیار) .....

دکترسیدحسن طباطبائی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی

دانشکده کشاورزی

کلیه حقوق مادی مترتب برنتایج مطالعات، ابتکارات
ونوآوری‌های ناشی ازتحقیق موضوع این پایان‌نامه
متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس خداوندی را که یاریم کرد تا با بهره‌گیری از گستره بی‌نهایت لطفش گـذر از مرحلـه‌ای دیگـر از زندگیم را تجربه نمایم. خداوندی را که بر هر نعمت حق سپاسی برای بندگان مقرر فرموده است.

این تقریر را ابتدا با قدردانی از زحمات پدر و مادر عزیزم کـه نفسـم بـا نفسشـان گـرم و قلـبم بـا تـپش قلبشان در تپش است، آغاز میکنم.

گلگشت مصفای علم هرگز بی وجود اساتید فرهیختهای که خـود در گـذار از فـراز و فرودهـای زنـدگی، چکیده آزمونها و دانششان را در قالب سخنانی موزون که چون از دل برآید لاجرم بـر دل نشـیند، پـیش روی نوآموزانی چون من نهند، معطر نمیگرداند. لذا در اینجا بر خود لازم میدانم که سپاس قلبی خود را از یـاری تک تک این عزیزان به ویژه استاد راهنمای محترم بنده جاب آقای دکتر علی ملکی عرضه دارم و کمـکهـای ایشان را نهتنها در انجام این پژوهش بلکه در تمام دوران تحصـیلم ارج مـینهـم. همچنـین از راهنمـاییهـای دلسوزانه استادان گرامی، آقایان دکتر احسانالله حبیبی و دکتر یعقوب طادی بنی که مشاوره این پایان نامـه را برعهده داشتند تشکر و قدردانی مینمایم. از آقایان دکتر محمد مرادی و دکتر مجتبی نادری بـه دلیـل قبـول زحمت داوری پایاننامه سپاسگزارم.

در پایان از سایر استادان محترم گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، همکلاسیهـایم، تمـامی دوسـتانم و همه عزیزانی که لحظات زیستن و آموختن در کنارشان بـرایم بـه یکـی از زیبـاترین و مانـدگارترین خـاطرات زندگیم بدل شد، قدردانی مینمایم.

تقدیم به

آخرین پیشگاه کیمیای هستی از نسل اولیا، تنها نماینده عرش بر فرش

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

و

برادران دوست داشتنی‌ام

که تمثیلی هستند از:

گندم‌زار در نور خورشید

که من در میان پرتوهای افسونگرشان آوای خوش زندگی را آموختم.

چکیده:

رانندگی با تراکتور سبب ایجاد تنش‌های زیاد روحی و جسمی به راننده می‌شود. اگر صندلی راننده راحت نباشد عملکرد کاری او نامناسب خواهد بود و احتمال وقوع تصادفات بیشتر می‌شود. از آنجا که طراحی استاندارد صندلی نه تنها باعث افزایش راحتی برای کاربران شده بلکه می‌تواند به کاهش مشکلات جسمی در رانندگان تراکتور نیز کمک کند. مطالعه حاضر، جهت تعیین زوایای مناسب صندلی تراکتور برای دست‌یابی به پوسچر مناسب راننده به روش اجزای محدود انجام گرفت. هدف از این پژوهش مقایسه زوایای مختلف صندلی راننده و انتخاب بهترین زوایای صندلی

است که راحتی و ایمنی راننده کشاورز در نشستن را بهبود و موجب افزایش بازده کاری او گردد. در این مطالعه صندلی تراکتور مسی‌فرگوسن مدل (۲۸۵) در نرم‌افزار اجزا محدود ABAQUS با زوایای مختلفی برای نشستگاه و تکیه‌گاه شبیه‌سازی شد. داده‌های شتاب خروجی از صندلی شبیه‌سازی شده حاصل از چهار شتاب تحریک ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ متر بر مجذور ثانیه در محدوده فرکانسی ۳ تا ۶۶ هرتز و با سه آنتروپومتری متفاوت رانندگان کشاورز ایرانی از نرم‌افزار استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، همچنین داده‌های شتاب خروجی حاصل از صندلی آزمایشی تحت شتاب‌های تحریک مذکور با داده‌های شتاب خروجی حاصل از صندلی شبیه‌سازی شده مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی نتایج تجزیه واریانس شتاب خروجی در نواحی تماسی بدن راننده با صندلی نشان داد که میانگین‌های اثرات زاویه تکیه‌گاه و شتاب تحریک بر مقادیر شتاب خروجی در تمام نواحی تماسی تکیه‌گاه و میانگین‌های اثرات زاویه نشستگاه، وزن راننده و فرکانس بر مقادیر شتاب خروجی در تمام نواحی تماسی نشستگاه در سطح ۵٪ معنی‌دار بوده است. بررسی شتاب نواحی تماسی بدن راننده با تکیه‌گاه صندلی در محدوده زوایای ۹۰ تا ۱۲۰ درجه نشان داد که محدوده زوایای ۱۰۰ تا ۱۱۵ درجه، محدوده مناسبی برای انتخاب زوایای تکیه‌گاه صندلی تراکتور است، همچنین در این محدوده، زاویه بهینه مشترک در تمامی نواحی تماسی بدن با تکیه‌گاه، زاویه ۱۱۰ درجه بوده است. در نتیجه این زاویه برای صندلی تراکتور مسی‌فرگوسن می‌تواند بهترین انتخاب باشد. با تحلیل نتایج نمودارهای شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی در محدوده زوایای ۰ تا ۲۰ درجه مشخص شد که شتاب در محدوده ۵ تا ۱۵ درجه تقریبا ثابت و در سطح استانداردی قرار داشته است. به این ترتیب این محدوده زوایا ممکن است محدوده مناسبی برای انتخاب زوایای نشستگاه صندلی باشد.

کلمات کلیدی: شبیه‌سازی ، صندلی، تراکتور، روش اجزای محدود، ارتعاش، راحت

فهرست مطالب

عنوان

شماره صفحه

فصل اول: مقدمه ۸

۱-۱ کلیات ۸

۱-۲ هدف اصلی تحقیق ۱۰

۱-۳ ساختار پایان‌نامه ۱۰

فصل دوم: پیشینه تحقیقات ۱۲

۲-۱ عوامل مهم در طراحی صندلی ۱۲

۲-۲ توزیع فشار و تنش در صندلی ۱۴

۲-۳ ارتعاشات در بدن انسان ۱۶

۲-۳-۱ ارتعاش تمام بدن ۱۶

۲-۳-۲ انواع ارتعاش ۱۶

۲-۳-۳ جهت‌های ورود ارتعاش تمام بدن ۱۶

۲-۳-۴ تضعیف، تقویت و تشدید ارتعاش ۱۷

۲-۳-۵ ارتعاش و پوسچر فرد نشسته در هنگام رانندگی ۱۸

۲-۳-۶ آسیب‌های ارتعاشی ۲۱

۲-۳-۶-۱ آسیب ارتعاش بر کمر راننده ۲۱

۲-۳-۶-۲ آسیب فیزیولوژی ارتعاش بر بدن ۲۲

۲-۳-۶-۳ بررسی راه‌های کاهش ارتعاش بدن ۲۳

۲-۳-۷ تحلیل و بررسی مدل‌ها و روش‌های آزمایشی تعیین‌کننده اثر ارتعاش بر بدن ۲۴

۲-۳-۸ مدل‌های ریاضی بیودینامیکی کاربردی از بدن برای تشخیص نیروهای وارد بر بدن ۲۶

۲-۳-۹ پاسخ‌های ذهنی به ارتعاش تمام بدن ۲۸

۲-۴ مدل‌های اجزا محدود از صندلی وسایل نقلیه ۳۱

فصل سوم: مواد و روش‌ها ۳۵

۳-۱ تعریف مسئله ۳۶

۳-۲ مدل اجزای محدود ۳۶

۳-۲-۱ شبیه‌سازی صندلی تراکتور مسی‌فرگوسن ۳۷

۳-۲-۱-۱ ایجاد مدل هندسی در قسمت Part module ۳۷

۳-۲-۱-۲ تعریف خواص مواد در قسمت Property module ۳۷

۳-۲-۱-۳ فراخوانی و مونتاژ کلیه اجزای صندلی در محیط محاسباتی Assembly module ۳۷

۳-۲-۱-۴ انتخاب تحلیل حل مسئله با استفاده از Step module ۳۸

۳-۲-۱-۵ تعیین شرایط تماسی و تعریف فنرها در Interaction module ۳۸

۳-۲-۱-۶ تعریف نیروها و شرایط مرزی در Load module ۳۹

۳-۲-۱-۷ تعریف المان‌ها و مش‌بندی مدل در Mesh module ۳۹

۳-۲-۱-۸ اجرای حل در Job module ۴۰

۳-۲-۱-۹ مشاهده و استخراج نتایج حاصل از شبیه‌سازی در Visualization modul ۴۰

فهرست مطالب

عنوان

شماره صفحه

۳-۳ انتخاب محدوده تغییر پوسچرهای راننده در زوایای مختلف ۴۰
۳-۴ انتخاب جرم‌های متفاوت مربوط به رانندگان ایرانی ۴۰
۳-۵ حدود به کار رفته در مسئله ۴۰
۳-۶ محدوده توزیع فشار در نواحی تماس بدن راننده با صندلی ۴۱
۳-۷ بررسی شرایط آزمون در صندلی آزمایشی ۴۳
۳-۸ نحوه تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی اجزای محدود ۴۴
فصل چهارم: نتایج و بحث ۴۴
۴-۱ اعتبارسنجی مدل اجزا محدود با توجه به نتایج آزمایشگاهی ۴۵
۴-۲ بررسی نتایج حاصل از شبیه‌سازی اجزای محدود ۵۰
۴-۳ نتایج تجزیه و تحلیل سطوح شتاب در نواحی تماسی بدن راننده با صندلی ۵۰
۴-۳-۱ سطوح شتاب خروجی در نواحی تماسی بدن با تکیه‌گاه صندلی ۵۱
۴-۳-۲ سطوح شتاب خروجی در نواحی تماسی بدن با نشستگاه صندلی ۵۱
۴-۴ بررسی و تحلیل اثرات اصلی فاکتورها بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با صندلی ۵۲
۴-۴-۱ اثرات اصلی فاکتورها بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با تکیه‌گاه صندلی ۵۲
۴-۴-۱-۱ اثر زاویه تکیه‌گاه بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با تکیه‌گاه صندلی ۵۲
۴-۴-۱-۲ اثر شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با تکیه‌گاه صندلی ۵۳
۴-۴-۱-۳ اثر جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با تکیه‌گاه صندلی ۵۴
۴-۴-۲ اثرات اصلی فاکتورها بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی ۵۵
۴-۴-۲-۱ اثر زاویه نشستگاه بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی ۵۵
۴-۴-۲-۲ اثر جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی ۵۶
۴-۴-۲-۳ اثر فرکانس بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی ۵۷
۴-۴-۲-۴ اثر شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی ۵۸
۴-۵ بررسی و تحلیل اثرات متقابل فاکتورها بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با صندلی ۶۰
۴-۵-۱ اثرات متقابل فاکتورها بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با تکیه‌گاه صندلی ۶۰
۴-۵-۱-۱ اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی بدن ۶۰
۴-۵-۱-۲ اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و فرکانس بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با تکیه‌گاه صندلی ۶۴
۴-۵-۱-۳ اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با تکیه‌گاه صندلی ۶۸
۴-۵-۱-۴ اثر متقابل فرکانس و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با تکیه‌گاه صندلی ۷۰
۴-۵-۲ اثرات متقابل فاکتورها بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی ۷۰
۴-۵-۲-۱ اثر متقابل زاویه نشستگاه و فرکانس بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی ۷۰
۴-۵-۲-۲ اثر متقابل زاویه نشستگاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی ۷۴

۴-۵-۲-۳ اثر متقابل جرم راننده و فرکانس بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی..... ۷۶
۴-۵-۲-۴ اثر متقابل جرم راننده و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی ۷۸

فهرست مطالب

عنوان

شماره صفحه

۴-۵-۲-۵ اثر متقابل زاویه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی بدن راننده با نشستگاه صندلی..... ۷۸
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۰
۵-۱ نتیجه‌گیری کلی ۸۰
۵-۲ پیشنهادات ۸۲
منابع ۸۵

فهرست شکل‌ها

عنوان

شماره صفحه

شکل ۲-۱ جهت‌های ورود ارتعاش به بدن ۱۶
شکل ۲-۲ پاسخ مکانیکی بدن انسان بر ارتعاش هنگام نشستن روی صندلی‌های مختلفی ۱۸
شکل ۲-۳ یک طراحی جدید از صندلی وسیله نقلیه (ماخساس و همکاران ۲۰۰۵)..... ۲۴
شکل ۲-۴ شبیه‌ساز ارتعاش صندلی وسیله نقلیه (توارد و گریفین ۲۰۰۹)..... ۲۶
شکل ۲-۵ یک مدل بیودینامیکی (مدل جرم و فنر) از بدن شخص نشسته (پانکوک و همکاران، ۱۹۹۸)..... ۲۷
شکل ۲-۶ یک مدل بیودینامیکی (ترکیب فنر- جرم) از شخص ایستاده و نشسته (جیرک، ۱۹۸۸)..... ۲۸
شکل ۲-۷ انتقال‌پذیری صندلی به بدن فرد نشسته در جهت عمودی..... ۲۸
شکل ۲-۸ خطوط تراز شده راحتی معادل برای ارتعاش عمودی و جانبی (کاربریج و گریفین، ۱۹۸۶)..... ۳۰
شکل ۲-۹ نمایی از صندلی راننده (گراجیکیک و همکاران، ۲۰۰۹)..... ۳۳
شکل ۲-۱۰ توزیع فشار در سطح نشستگاه صندلی در تماس با بدن راننده ۳۳
شکل ۳-۱ نمای جلوی صندلی تراکتور..... ۳۸
شکل ۳-۲ نمای جانبی صندلی تراکتور..... ۳۸
شکل ۳-۳ نمای پشتی صندلی تراکتور..... ۳۸
شکل ۳-۴ بررسی همگرایی مش در نرم‌افزارABAQUS..... ۳۹
شکل ۳-۵ ناحیه تماسی بدن با سطح نشستگاه صندلی (ناصری، ۲۰۱۱)..... ۴۱
شکل ۳-۶ نقشه فشاری در ناحیه تماسی بدن با سطح نشستگاه صندلی (ناصری، ۲۰۱۱)..... ۴۲
شکل ۳-۷ تماس بدن با سطح تکیه‌گاه صندلی(زنک و همکاران، ۲۰۰۶) ۴۲
شکل ۳-۸ نقشه فشاری در ناحیه تماسی بدن با سطح تکیه‌گاه صندلی (زنک و همکاران، ۲۰۰۶)..... ۴۳
شکل ۳-۹ قسمت‌های مختلف دستگاه اندازه‌گیری ارتعاش و ثبت آن..... ۴۳
شکل ۴-۱ نمودار دامنه اسپکتروم حاصل از شتاب خروجی در شتاب تحریک ۰/۵ متر بر مجذور ثانیه..... ۴۶
شکل ۴-۲ نمودار دامنه اسپکتروم حاصل از شتاب خروجی در شتاب تحریک ۰/۵ متر بر مجذور ثانیه..... ۴۶
شکل ۴-۳ نمودار دامنه اسپکتروم حاصل از شتاب خروجی در شتاب تحریک ۱ متر بر مجذور ثانیه..... ۴۷
شکل ۴-۴ نمودار دامنه اسپکتروم حاصل از شتاب خروجی در شتاب تحریک ۱ متر بر مجذور ثانیه..... ۴۷
شکل ۴-۵ نمودار دامنه اسپکتروم حاصل از شتاب خروجی در شتاب تحریک ۱/۵ متر بر مجذور ثانیه..... ۴۸
شکل ۴-۶ نمودار دامنه اسپکتروم حاصل از شتاب خروجی در شتاب تحریک ۱/۵ متر بر مجذور ثانیه..... ۴۸
شکل ۴-۷ نمودار دامنه اسپکتروم حاصل از شتاب خروجی در شتاب تحریک ۲ متر بر مجذور ثانیه..... ۴۹
شکل ۴-۸ نمودار شتاب های خروجی در شتاب تحریک ۲ متر بر مجذور ثانیه..... ۴۹
شکل ۴-۹ صندلی شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار ABAQUS..... ۵۰
شکل ۴-۱۰ میانگین‌های اثر زاویه تکیه‌گاه بر شتاب نواحی تماسی تکیه‌گاه صندلی..... ۵۳

شکل ۴-۱۱ میانگین‌های اثر شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی تکیه‌گاه صندلی ۵۴

فهرست شکل‌ها

عنوان

شماره صفحه

شکل ۴-۱۲ میانگین‌های اثر فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی تماسی تکیه‌گاه صندلی ۵۴
شکل ۴-۱۳ میانگین‌های اثر جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی تکیه‌گاه صندلی ۵۵
شکل ۴-۱۴ اثر زاویه نشستگاه بر شتاب نواحی تماسی نشستگاه صندلی ۵۶
شکل ۴-۱۵ میانگین‌های اثر زاویه نشستگاه بر شتاب نواحی تماسی نشستگاه صندلی ۵۶
شکل ۴-۱۶ میانگین‌های اثر جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی نشستگاه صندلی ۵۷
شکل ۴-۱۷ میانگین‌های اثر جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی نشستگاه صندلی ۵۷
شکل ۴-۱۸ میانگین اثر فرکانس بر مقادیر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی تماسی نشستگاه صندلی ۵۸
شکل ۴-۱۹ میانگین اثر فرکانس بر مقادیر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی تماسی نشستگاه صندلی ۵۸
شکل ۴-۲۰ میانگین‌های اثر شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی نشستگاه صندلی ۵۹
شکل ۴-۲۱ صندلی شبیه‌سازی شده با کانتورهای رنگی مربوط به شتاب‌های خروجی ۶۰
شکل ۴-۲۲ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی ۶۱
شکل ۴-۲۳ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی ۶۱
شکل ۴-۲۴ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی ۶۱
شکل ۴-۲۵ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی ۶۲
شکل ۴-۲۶ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی ۶۲
شکل ۴-۲۷ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی ۶۲
شکل ۴-۲۸ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی ۶۳
شکل ۴-۲۹ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی ۶۴
شکل ۴-۳۰ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۶۵
شکل ۴-۳۱ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۶۵
شکل ۴-۳۲ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۶۶
شکل ۴-۳۳ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۶۶
شکل ۴-۳۴ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۶۶
شکل ۴-۳۵ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۶۷
شکل ۴-۳۶ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۶۷
شکل ۴-۳۷ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۶۸
شکل ۴-۳۸ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی ۶۸
شکل ۴-۳۹ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی ۶۹
شکل ۴-۴۰ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی ۶۹

فهرست شکل‌ها

عنوان

شماره صفحه

شکل ۴-۴۱ میانگین‌های اثر متقابل زاویه تکیه‌گاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی ۶۹
شکل ۴-۴۲ میانگین‌های اثر متقابل فرکانس و جرم راننده بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی تماسی ۷۰
شکل ۴-۴۳ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۷۱
شکل ۴-۴۴ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۷۱
شکل ۴-۴۵ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۷۲
شکل ۴-۴۶ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۷۲
شکل ۴-۴۷ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۷۲
شکل ۴-۴۸ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۷۳
شکل ۴-۴۹ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۷۳
شکل ۴-۵۰ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی ۷۳
شکل ۴-۵۱ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی ۷۴
شکل ۴-۵۲ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی ۷۴
شکل ۴-۵۳ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی ۷۵
شکل ۴-۵۴ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی ۷۵
شکل ۴-۵۵ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی ۷۵
شکل ۴-۵۶ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و جرم راننده بر شتاب نواحی تماسی ۷۶
شکل ۴-۵۷ میانگین‌های اثر متقابل جرم راننده و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی تماسی ۷۷
شکل ۴-۵۸ میانگین‌های اثر متقابل جرم راننده و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی تماسی ۷۷
شکل ۴-۵۹ میانگین‌های اثر متقابل جرم راننده و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی تماسی ۷۷
شکل ۴-۶۰ میانگین‌های اثر متقابل جرم راننده و فرکانس بر دامنه اسپکتروم شتاب نواحی تماسی ۷۸
شکل ۴-۶۱ میانگین‌های اثر متقابل جرم راننده و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی ۷۸
شکل ۴-۶۲ میانگین‌های اثر متقابل زاویه نشستگاه و شتاب تحریک بر شتاب نواحی تماسی ۷۹

فهرست جدول‌ها

عنوان

شماره صفحه

جدول ۲-۱ عکس‌العمل‌های راحتی و عدم راحتی افراد در محیط‌های ارتعاش..... ۳۱
جدول ۳-۱ نتایج حاصل از تحلیل همگرایی مش در فوم نشستگاه صندلی..... ۳۹
جدول ۴-۱ نتایج تجزیه واریانس میانگین‌های شتاب خروجی اثرات اصلی فاکتورها..... ۵۱
جدول ۴-۲ نتایج تجزیه واریانس میانگین‌های شتاب خروجی اثرات اصلی فاکتورها..... ۵۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱ کلیات

بهبود راحتی نشستن یک فاکتور مهم است که بیشتر تولیدکنندگان وسایل نقلیه برای متمایز کردن محصولاتشان نسبت به سایر رقبا به آن توجه می‌کنند. در تجربه مهندسی خودرو راحتی راننده در نشستن یکی از عوامل مهم در طراحی صندلی خودرو محسوب می‌شود. در واقع راحتی صندلی خودرو علم جدیدی است و معیارهای ارگونومیکی تا زمانی به عنوان پایه‌های این علم به خدمت گرفته می‌شودکه بتواند راحتی صندلی خودرو را تضمین کند (مایک کولیچ،۲۰۰۳).

وضعیت و حالت بدن در موقع نشستن به چندین عامل بستگی دارد. این عوامل عبارتند از: نوع صندلی مورد استفاده، طراحی آن و رفتارهای فردی در نحوه نشستن. افرادی که بیشتر اوقاتشان را در حال نشستن می‌گذرانند ۳۰ درصد بیشتر از افراد دیگر در معرض خطر ابتلاء به دیسک کمر هستند (بوگز، ۲۰۰۴).

نحوه نشستن فرد می‌تواند یکی ازعلت‌های ایجاد کمردرد باشد. کمردرد ممکن است با یک کشیدگی

ساده شروع شده باشد و با گذشت زمان، عوامل دیگری مانند رانندگی طولانی مدت یا خم شدن‌های زیاد و یا بلند کردن مکرر اجسام سنگین موجب تشدید آن شود. با صرف نظر کردن از چند استثنا می‌توان گفت که اختلال‌های ناحیه کمری نتیجه سال‌ها وضعیت بدنی ضعیف، مکانیک بدنی غلط، عادت‌های کاری، از دست دادن انعطاف پذیری و... است.

رمز برخورداری از یک کمر سالم، حفظ تعادل خوب ستون فقرات در طولانی‌ترین زمان ممکن است. افراد با توجه به نوع شغل و فعالیت روزانه خود متحمل وضعیت بدنی متفاوتی می‌شوند، باید اشاره کرد که صندلی نقش بسیار مهم در جلوگیری از خستگی و بروز ناراحتی های اسکلتی عضلانی دارد، یک صندلی زمانی می‌تواند نقش خود را بخوبی ایفا کندکه بتواند حالت انحنای قوس کمر و ستون فقرات را در هنگام نشستن حفظ نماید .

مجموع فعالیت‌هایی که توسط اپراتور بر روی صندلی تراکتور صورت می‌گیرد، بارگذاری‌های زیادی را بر ساختار بدن اپراتور وارد می‌کند به همین علت صندلی تراکتور را می‌توان به عنوان یک بخش تأثیرگذار در راحتی سرنشین به حساب آورد.

راحتی کوتاه‌مدت توسط یک صندلی به وسیله بسیاری از اقدامات به آسانی مهیا می‌شود. عوامل مؤثر برای تعیین پتانسیل کاربران صندلی، با مقایسه احساس آن‌ها از یک صندلی در یک دوره کوتاه مدت نسبت به صندلی‌های دیگر از همان نوع برای صندلی‌های وسایل نقلیه مختلف مانند خودروهای سواری و خودروهای تجاری مثل کامیون‌ها، اتوبوس‌ها، تراکتورها و دیگر وسایل نقلیه جاده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. پژوهش‌های زیادی در سال‌های اخیر برای پیدا کردن اقدامات عینی برای پیش بینی درک راحتی صندلی انجام گرفته است. برخی از اقدامات عینی پیشنهادی عبارتند از: لرزش، فشار تماسی و فعالیت عضلانی. هدف از این اقدامات ارتباط داده‌های ذهنی برای تعیین اثرات نسبی هر یک از اندازه‌گیری‌های مربوط به آسایش است (بوگز، ۲۰۰۴). مطابق با تحقیقات انجام شده برخی از عوامل اصلی تأثیرگذار در راحتی صندلی عبارتند از: توزیع فشار رابط صندلی، ارتعاش تمام بدن و میزان تغییر فشار (افاری باتانگ، ۲۰۰۳).

با توجه به این موارد در طراحی صندلی تراکتور، راحتی اپراتور در نشستن و نیروهای وارد بر بدن از صندلی باید مدنظر قرار گیرد. به طورکلی انتخاب صندلی تراکتور از نقطه نظر مهندسی تلاش برای افزایش احساس راحتی در نشستن، ایمنی و آسودگی اپراتور دارد، همچنین این انتخاب می‌تواند موجب بازده کاری بالای اپراتور را شود. در طراحی یک صندلی توجه به داده‌های آنتروپومتریک افراد نشسته در جمعیت مورد مطالعه ضروری است، با استفاده از این داده‌ها ابعاد و زوایای صندلی‌های مختلف با توجه به نوع کاربرد تعیین می‌شود.

در معرض ارتعاش قرار گرفتن بسته به نوع لرزش، طیف گسترده‌ای از احساس را به بدن انسان وارد می‌کند. ویژگی‌های فیزیکی فردی و مدت زمان قرارگیری در حین رانندگی در یک محیط پویا فرد نشسته را در معرض تحریک‌های مختلف قرار می‌دهد.

در بیشتر مطالعاتی که به منظور بررسی اثرات ارتعاش وارد بر بدن راننده وسیله نقلیه انجام شده، وجود یک مدل پیشگو مناسب از وسایل نقلیه بدون ساخت نمونه اولیه از آن از اهمیت بالایی برخوردار است، که در این راستا محیط‌های کنترل‌شده آزمایشگاهی و شبیه‌سازهای کامپیوتری برای ساخت یک مدل صحیح به کار می‌روند.

مطالعه و بررسی ارتعاش وارد بر بدن فرد در هنگام رانندگی با استفاده از شبیه‌سازی‌های ارتعاشی و مدل‌های کامپیوتری در دهه‌های اخیر، گسترش و بهبود یافته است. این مدل‌های ارتعاشی با مدل کردن واکنش بدن راننده امکان پیشگویی نیروها و تغییرمکان‌های ایجاد شده در سطح مشترک صندلی و انسان را میسر می‌سازند. مدل‌ها و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری برای تحلیل پارامترهای فیزیکی تأثیرگذار در یک سیستم به کار گرفته می‌شوند.

در این شبیه‌سازی‌ها پوسچرهای مختلف در هنگام رانندگی مورد آزمون قرار می‌گیرد و در نتیجه آن پوسچرهایی که باعث بهبود راحتی در نشستن می‌شوند انتخاب و مورد بررسی قرار می‌گیرند.

در این راستا مدل‌های اجزا محدود (finite element) از صندلی ماشین و نشستن انسان در بررسی اثر متقابل صندلی و انسان می‌تواند مورد استفاده واقع شود. در شبیه‌سازی اجزا محدود، اجزا و گره‌ها، زیربنای هندسه سازه‌ای را که قرار است تحلیل شود می‌سازند. اجزا توسط گره‌های مشترک به یکدیگر متصل می‌شوند. مختصات گره‌ها و نحوه اتصال المان‌ها (که نشان می‌دهد کدام گره به کدام المان تعلق دارد) هندسه مدل را تشکیل می‌دهد. جوابی که از مدل عددی به دست می‌آید، معمولا پاسخ تقریبی از حل مسأله‌ای است که شبیه‌سازی شده است. وسعت تقریب‌ها به هندسه مدل، رفتار مصالح، شرایط مرزی و بارگذاری بستگی دارد و این پارامترها میزان دقت جواب‌های عددی را در مقایسه با جواب‌های واقعی تعیین می‌کند.

۱-۲ هدف اصلی تحقیق

در این پژوهش به بررسی تأثیر زوایای مختلف نشستگاه و تکیه‌گاه صندلی تراکتور برای رانندگان با آنتروپومتری‌های مختلف به روش اجزا محدود پرداخته می‌شود، به گونه‌ای که در بازه فرکانسی مشخص و در چهار شتاب تحریک، با مقایسه حالات مختلف زوایای صندلی تراکتور مسی فرگوسن مدل ۲۸۵ به زاویه یا زوایای مناسبی نائل آمد که راحتی بیشتر را برای راننده فراهم آورد.

۱-۳ ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه حاوی پنج فصل است. فصل اول که به مقدمه‌ای از پژوهش اختصاص یافته بود و چهار فصل دیگر که به ترتیب با عناوین پیشینه تحقیقات، مواد و روش‌ها، بحث و نتایج، نتیجه‌گیری و پیشنهادات و در آخر فهرستی از منابع مورد استفاده، مشخص شده است. فصل دوم از پنج بخش اصلی تشکیل شده است. در بخش اول به معرفی عوامل مهم در طراحی صندلی پرداخته شده است. در بخش دوم اطلاعات آنتروپومتریک مورد نیاز برای ایستگاه‌های کاری نشسته معرفی شده است. در بخش سوم توزیع فشار و تنش در صندلی توضیح داده می‌شود. در بخش چهارم با تعریف ارتعاش تمام بدن، انواع ارتعاش، جهت‌های ورود ارتعاش تمام بدن، تضعیف، تقویت و تشدید ارتعاش، رابطه ارتعاش و پوسچر فرد نشسته در هنگام رانندگی، آسیب‌های ارتعاشی و راه‌های کاهش آن، تحلیل و بررسی مدل‌ها و روش‌های آزمایشی تعیین‌کننده اثر ارتعاش بر بدن، مدل‌های ریاضی بیودینامیکی کاربردی از بدن برای تشخیص نیروهای وارد بر بدن از طریق صندلی وسایل نقلیه در طی مواجهه ارتعاشی و پاسخ‌های ذهنی به ارتعاش تمام بدن مشخص و نتایج تحقیقات انجام شده در گذشته بیان شده است. در بخش پنجم از این فصل به معرفی مدل‌های اجزا محدود از صندلی وسایل نقلیه در

مطالعات گذشته پرداخته می‌شود. فصل سوم شامل مراحل شبیه‌سازی صندلی در نرم‌افزار اجزای محدود و مراحل انجام آزمایش است. فصل چهارم به تجزیه و تحلیل داده‌های خروجی از نرم‌افزار اجزا محدود و نتایج و بحث در مورد آزمایش مذکور پرداخته می‌شود، در این فصل جدول تجزیه واریانس، نمودارهای مقایسه میانگین تیمارهای اعمال شده و نمودارهای مقایسه‌ای داده‌های حاصل از آزمایش و داده‌های خروجی حاصل از شبیه‌سازی و صحت‌سازی آن‌ها مشاهده می‌شود. در فصل پنجم نتیجه‌گیری کلی از صحت شبیه‌سازی اجزای محدود و پارامترهای تأثیرگذار در آن و پیشنهاداتی در راستای بهبود و تکمیل نتایج این مطالعه مطرح می‌شود.

فصل دوم

پیشینه تحقیقات

۲-۱ عوامل مهم در طراحی صندلی

صندلی جزئی از محل کار راننده است، طراحی صندلی می‌تواند به عنوان عاملی تعیین کننده به منظور اصلاح نیروهای وارده روی ساختارهای بدنی و همچنین کاهش عدم راحتی مورد استفاده قرار گیرد (مهتا و توواری، ۲۰۰۰). رانندگی تراکتور نیازمند قرارگیری اپراتورها در یک وضعیت ثابت و پایدار با وجود شرایط دینامیکی گذرا است. این الزامات ممکن است شمار زیادی از حرکات چرخشی از جمله چرخش از جلو به عقب و عکس آن را شامل شوند که این چرخش‌ها بدن را در وضعیت قرارگیری ضعیفی قرار می‌دهند (دوناتی و همکاران، ۱۹۸۴).

دسترسی به راحتی در وضعیت نشستن روی صندلی تابعی از مشخصه‌ها و ویژگی‌های تکیه‌گاهی صندلی است. طراحی صندلی‌هایی که وضعیت نشستن راحت و کنترل شده‌ای را فراهم می‌کنند مطلوب هستند (گراندجین، ۱۹۸۸).

تعادل و کنترل بدن در طراحی صندلی وسایل نقلیه بخصوص در طراحی تکیه‌گاه پشتی صندلی باید مد نظر قرار گیرد، صندلی‌هایی که مطابق با اندازه بدن راننده طراحی نشده‌اند نیرو را در یک پوسچر ضعیف نشستن منتقل می‌کنند این نوع صندلی‌ها فاقد تنظیم‌پذیری مناسب با درد کمر در رانندگی طولانی مدت بوده و باعث افزایش فشار تماسی به بدن در سطوح تماسی صندلی می‌شوند (پورتر و گایی، ۲۰۰۲).

داپویس (۱۹۵۹) فشار وارد آمده به اپراتورهای تراکتور را در طی انجام کار اپراتوری روی کنترل‌های مختلف بررسی نمود. مشاهده شد که انرژی مصرفی انسان می‌تواند با بهبود طراحی کنترل‌های تراکتور و صندلی تا ۱۳٪-۲۹٪ کاهش داده شود، در نتیجه کارایی و راحتی اپراتور تراکتور در محیط کاری که به صورت مناسب طراحی شده است، بهبود خواهد یافت.

مهتا و همکاران (۲۰۰۸) ابعاد آنتروپومتریک رانندگان کشاورز را که در طراحی ارتفاع صندلی، پهنای نشستگاه صندلی، طول نشستگاه صندلی، پهنا و ارتفاع تکیه‌گاه پشت صندلی مورد نیاز است، بیان کردند. آنها ابعاد صندلی برای راحتی اپراتور تراکتور را بر پایه داده آنتروپومتریک از ۵۴۳۴ راننده مرد کشاورز هندی بیان کردند، که برای شیب نشستگاه صندلی زاویه ۵-۷ درجه به عقب توصیه شده بود.

وایت و استاینر (۱۹۸۴-۱۹۸۵) آزمایش‌های فردی زیادی را بر روی جنبه‌های مختلف طراحی صندلی تراکتور انجام دادند که در تمامی آن‌ها وضعیت تکیه‌گاهی مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها در این آزمون‌ها ۵ ترکیب از بالشتک صندلی و پشتی صندلی را برای ۱۰ نفر مورد آزمایش قرار دادند، در این آزمون هر فرد از ترکیب پشتی و بالشتک صندلی یک‌بار استفاده کرد، هر بالشتک و پشتی بعد از ۱۵ دقیقه رانندگی تعویض شد، آن‌ها مقادیر بهینه برای پهنای بالشتک صندلی تراکتور، طول صندلی، پهنای پشتی صندلی، ارتفاع پشتی و شیب پشتی صندلی را به دست آوردند. طبق این گزارش‌ها زاویه بهینه برای تکیه‌گاه پشتی صندلی در محدوده ۱۰۲-۱۰۳ درجه بوده است.

شاو و ژو (۱۹۹۰) اصول طراحی صندلی راننده تراکتور با راحتی استاتیک را از نقطه نظر ارگونومی شرح دادند. آن‌ها پارامترهای ارگونومی ساختار صندلی را از اطلاعات آنتروپومتریک جمعیت تحت مطالعه چینی به دست آوردند. پارامترهای هندسی لحاظ شده، شامل زاویه تکیه‌گاه کمری، زاویه‌ی شیب پشتی صندلی، پهنای صندلی، طول صندلی، ارتفاع صندلی و ... بودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که موقعیت قرارگیری صندلی بایستی به صورت طولی و عمودی قابل تنظیم باشد. صندلی باید به اپراتور این اجازه را بدهد که بتواند به صورت پیوسته موقعیتش را تغییر دهد تا بتواند فشارهای وارد آمده را آزاد کرده و گروه ماهیچه‌ای تحت فشار را حرکت دهد. زوایه تکیه‌گاه کمری تعیین شده در این مطالعه در محدوده ۱۰۵- ۱۱۵ درجه بوده است.

استاندارد بین‌المللی ایزو (۱۹۹۳) محدوده‌ی ابعاد برای صندلی اپراتور را در تطابق و سازگاری با نشستن روی نشیمنگاه تراکتور کشاورزی با پهنای بزرگتر از ۱۱۵۰ میلی‌متر تعیین کردند. در استاندارد بین‌المللی ایزو (۱۹۹۳) شیب تکیه‌گاه پشتی صندلی در محدوده ۹۵ تا ۱۰۵ درجه تعیین شده است.

پورسل (۱۹۸۰) و استیکلیزر (۱۹۸۱) الزامات رسیدن به صندلی راحت برای تراکتور را شرح داده‌اند. این الزامات شامل این موارد است: صندلی باید وضعیت قرارگیری راحت و نشیمنگاه کنترل شده‌ای را فراهم آورد، صندلی طوری تنظیم شود که ارتعاشات وارد به بدن را به حداقل برساند و وضعیت استقرار اپراتور بر صندلی به گونه‌ای باشد که دسترسی ساده و غیرمخربی را به کنترل‌های ماشین فراهم آورد.

در مطالعه‌ای که توسط مرجا و هیلکا (۱۹۹۷) در ارتباط با ارگونومی رانندگان تراکتورهای بیشه و جنگل برای بررسی تطبیق صندلی تراکتورها با بدن رانندگان صورت گرفت، بیشتر رانندگان در انتهای شیفت کاری خود به دلیل استفاده از تکیه‌گاه کمری یدکی احساس خستگی کمتری در ناحیه کمر نسبت به حالت بدون تکیه‌گاه داشته‌اند.