مروری بر طراحی فضای کار اپراتور ماشین های کشاورزی خود گردان

ادریس قادری[۱*]، علی ملکی[۲] و ایمان دیانت[۳]

[۱*]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیو سیستم، دانشگاه شهرکرد (Email: Edris68gh@gmail.com)

[۲]استادیار و عضو هیأت علمی گروه مهندسی مهندسی بیو سیستم، دانشگاه شهرکرد

[۳]استادیار و عضو هیأت علمی گروه بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

چکیده

جانمایی پست کار راننده که در صنعت به عنوان طراحی بسته شناخته می‌شود، هم از نظر تنوع و پراکندگی افراد استفاده کننده و هم از نظر تعداد کنترل ها و نشانگر های موجود، دارای مشکلات پیچیده ی ارگونومیکی است. از طرف دیگر وضعیت بدنی و صندلی راننده نیز باید به نحوی باشد که سطح معقولی از راحتی در مدت زمان طولانی فراهم آمده و حفظ شود. فاکتور های زیادی باید به منظور طراحی محل کار اپراتور های ماشین آلات کشاورزی لحاظ گردند. همچنین طراحی انجام شده باید به اپراتور اجازه دسترسی آسان و بدون وقفه به همه ی کنترل ها را بدهد. کارایی و راحتی اپراتور می تواند به وسیله ی محل کاری که به صورت مناسب طراحی شده است بهبود داده شود. فضای بسیار باریک و تنگ می تواند باعث خطراتی چون واژگونی وسیله، برخورد و تصادم اعضای بدن راننده با تجهیزات درون آن و نیز افزایش عملکرد های غیر عمدی بر روی کنترل ها در فضای کار گردد. بالعکس فضای بسیار زیاد، کم شدن سطوح دسترسی راننده به کنترل ها و نشانگر ها را به همراه خواهد داشت. علاوه بر مباحث مربوط به استقرار صندلی اپراتور و توجه به نحوه‌ی دسترسی به کنترل های مختلف در فضای کار، مباحثی چون میزان گرد و غبار، سر و صدا، درجه حرارت و ارتعاش مطرح هستند که به عنوان عضوی لاینفک از محیط کار، امنیت کاری و سلامت اپراتور را، هر یک به نوبه ی خود، به خطر می اندازند.

کلمات کلیدی: ارگونومی، طراحی، فضای کار اپراتور، ماشین های کشاورزی خود گردان

۱. مقدمه

امروزه راحتی و امنیت اپراتور تراکتور توجه قابل ملاحظه ای را با لحاظ کردن ارتعاشات، سر و صدا و فضای سرنشین به خود اختصاص داده است (Anonymous, 1990). توسعه ی موفق تراکتور پیشرفت های تکنیکی مفیدی را برای هر دوی اپراتور ها و تولید کنندگان تراکتور به همراه خواهد داشت (Renius, 1994). فاکتور های انسانی رانندگی شامل موارد: راحتی، میدان دید، موقعیت و چیدمان کنترل ها، سادگی کنترل های عملیاتی، طراحی بهینه به منظور رسیدن به راحتی حرارتی (موضوع راحتی حرارتی زمانی مطرح خواهد شد که

گرما یا حرارت توسط انسان ایجاد گردد)، کنترل ارتعاشات و سر و صدا، هستند (Liljedahl et al., 1979). امنیت و راحتی فضای کار به صورت اساسی روی قیمت تمام شده ی محصول تاثیر گذار است. طراحی فضای کار زمانی بهینه است که برای شمار زیادی از اپراتورها مناسب باشد. اطلاعات پایه ای مورد نیاز جهت طراحی و ارزیابی ابعاد و چیدمان عناصر فضای کار، خصوصیات آنتروپومتریک جامعه ی اپراتورهای کاربر است (Haslegrave, 1979). طراحی و چیدمان عناصر فضای کار مطابق با خصوصیات آنتروپومتریک جامعه ی اپراتوری مربوطه، کار پیچیده و زمانبری است. مطالعه ی حاضر با هدف گردآوری اطلاعات موجود جهت طراحی فضای کار اپراتور تراکتور و بحث پیرامون مزایا و معایب آن صورت گرفت.

۲. طراحی صندلی فضای کار

با طراحی بهینه ی صندلی می توان ضمن کاهش چشمگیر کار استاتیک ماهیچه ای، راحتی و ایمنی را افزایش داد. به منظور طراحی بهینه ی صندلی بایستی خصوصیات آنتروپومتریک تمامی اپراتورها لحاظ نمود. با توجه به اینکه قسمت زیادی از وزن ستون فقرات یک فرد هنگام نشستن به مهره های کمری و ماهیچه های مربوطه وارد می‌شود لذا، جهت گیری مهره های کمری و لگن از اهمیت زیادی برخوردار است (Oborne, 1982). مک فارلند (McFarland, 1957) به منظور بیان ویژگی های فیزیکی و فیزیولوژیکی رانندگان تراکتور به بررسی میزان قابلیت تنظم در نشستن و کنترل وسیله با استفاده از یک کابین شبیه سازی شده پرداخت. نتایج او نشان داد که بهترین تنظیم هنگامی است که راننده در بیشترین سطح راحتی قرار داشته و کمترین میزان خطا را در طی رانندگی داشته باشد.
لیمن (Lehmann,1958) موقعیت گیری نسبی پدال های کلاچ و ترمز، تکیه‌گاه پا، محور فرمان و غربالک فرمان را مطالعه نمود. او نتیجه گرفت که زاویه ی بهینه ی پدال گیری نسبت به راستای عمود در یک صندلی با ارتفاع نشستگاه ۲۰۰ میلی‌متر ۷۰ درجه بوده و بازه‌ی حرکتی جانبی بهینه‌ی ران ها برای پدال های کلاچ و ترمز بین ۸۰ تا ۱۲۰ میلی‌متر متغییر است. در مطالعه‌ی انجام شده توسط گیبن (Gibbon, 1970) گزارش شد که استفاده از صندلی برای یک سوم رانندگان ناخوشایند بوده است. او همچنین گزارش کرد که ۲۴٪ اپراتور ها دچار خستگی شده و تقریبا یک پنجم رانندگان تقاضای مداوای درمانی داشته اند که درد مزمن پشت شایعترین عارضه بود. او همچنین گزارش کرد که ۴۴٪ از اپراتور ها پیشنهاد ایجاد اصلاحاتی اساسی در کنترل ها را داده و از جمله کارهای زراعی کار با چنگک های دیسکی و کار با گاو آهن برگرداندار به ترتیب در ۴۴٪ و ۳۲.۲٪ موارد، شایعترین عوامل خستگی اپراتور ها بودند.

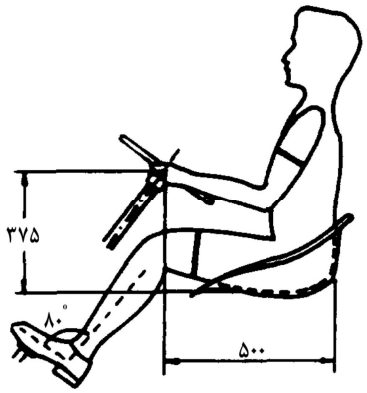
باتم (Bottoms, 1973) ضمن گزارش ابعاد بهینه ی صندلی تراکتور پیشنهاد کرد که تنظیم افقی و عمودی صندلی برای افراد با ابعاد بدنی مختلف ضروری است. او همچنین اشاره کرد که کنترل ها باید جایی قرار گیرند که به آسانی در دسترس بوده و اپراتور به راحتی بتواند ضمن راندن تراکتور با آن ها کار کند. متیوس (Matthews, 1973 and 1977) پس از انجام مطالعات خود به این نتیجه دست

یافت که، با تعبیه ی سیستم تعلیق در صندلی و طراحی بهتر کنترل ها به پیشرفت هایی در بهبود کیفیت رانندگی و کاهش کار فیزیکی انجام شده دست یافته است. به علاوه، این کنترل ها در محیط کار بهتر جای گرفته و قابلیت تمایزشان نیز افزایش یافته است. برخی مشکلات گزارش شده به دلیل نیاز مداوم راننده به چرخیدن و دید زدن ماشین آلات سوار شده بر عقب تراکتور هستند. این مشکل را می توان با استفاده از آینه های عقب (مطالعه شده توسط دانشگاه آستون و موسسه ی نروژی مهندسی کشاورزی) و یا صندلی های چرخان (بررسی شده در NIAE) برطرف نمود، که هر دو مورد ذکر شده نیاز راننده به چرخش به عقب را به میزان چشمگیری کاهش می دهند. شبیه سازی آزمایشگاهی صندلی چرخان نشان داد که حالت بدن در وضعیت قرار گرفته در حداکثر چرخش ۲۰ درجه، بیشترین منافع را برای فرد به همراه دارد. این محدوده و وضعیت قرارگیری نقطه ی لولایی موثر صندلی، هر دو فاکتور هایی بحرانی با هدف کمک به چرخش بدن راننده و باقی ماندن ران ها و پاها در وضعیتی است که پدال ها به آسانی در موقعیت های غیرمنتظره بکار گرفته شوند. به دلیل وجود کشمکش فراوان بین الزامات علمی و عملی، راحتی اپراتور در صندلی را به سختی می توان به حد قابل قبولی رساند. به عنوان مثال با وجود مناسب بودن ارتفاع بهینه تکیه گاه ساعد برای بازو ها و شانه ها، هنگام کار با اهرم های دستی این ارتفاع مانع عملکرد مناسب بازو می شود. به صورت مشابه در ارتباط با ارتفاع پشتی صندلی، یک پشتی پهن هم ارتفاع شانه ممکن است که هنگام رانندگی روی زمین نسبتاً صاف راحت باشد، اما امکان دید زنی راحت عقب تراکتور را از اپراتور می گیرد. این پشتی حتی ممکن است که حرکت بازو هنگام کار با کنترل های نزدیک به بدن را مختل کند. صندلی بایستی قادر باشد تکیه‌گاه مناسبی برای بدن در طی ساعات کاری متداول، به ویژه برای نواحی کمر، ران ها و شانه های اپراتور ایجاد نماید (Pureell, 1980). به منظور طراحی و تولید یک صندلی مناسب بایستی ضمن استفاده از صدک های ابعادی جامعه ی اپراتور های کاربر، سطوح صندلی را با فشردگی های متفاوت لایه گذاری نمود تا تکیه گاه مناسب برای نواحی حساس بدن ایجاد گردد.

۳. طراحی غربالک فرمان

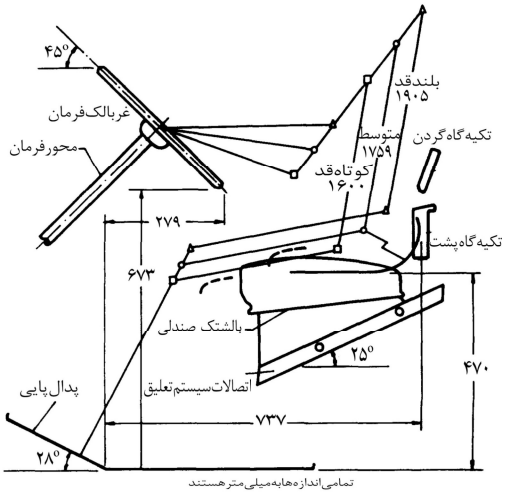
دوپوس (Dupuis, 1959) مطالعاتی را در مورد تنش های وارده به اپراتور در طی انجام کار روی کنترل ها انجام داد. او مشاهده کرد که در طی یک ساعت کاری اپراتور نیاز داشت ۲۳۰ بار کلاچ بگیرد و دنده را تعویض کند، ۱۰۰ بار ترمز بگیرد و ۲۵۰ بار اهرم کنترلی چنگک بار بردار جلویی را تغییر وضعیت دهد. صندلی تعلیقی مجهز به فنر تیغه ای با توجه به میزان انرژی متابولیک مصرفی توسط اپراتور بد ترین نوع صندلی معرفی گردید. او گزارش کرد که انجام کار روی تراکتور های مختلف تحت شرایط کاری کاملاً یکسان (عملیات مزرعه ای مشابه، سرعت پیشروی برابر، اپراتور های یکسان و...) درجات فشار بسیار متفاوتی را روی اپراتور تحمیل می کند. موقعیت غربالک فرمان با توجه به وضعیت اپراتور در نشیمنگاه، تاثیری تعیین کننده بر روی نیرو، سرعت و انرژی فرمان گیری و راحتی اپراتور دارد. بیشترین نیروی فرمان گیری هنگامی است که فرمان در صفحه ی افقی قرار داشته باشد، چرا که در این حالت دست ها در وضعیت نامساعد زاویه‌ی تند نسبت به بازوها قرار می گیرند. غربالک نباید در فاصله ی خیلی دوری از راننده قرار گیرد. قرارگیری ساعد

در وضعیت زاویه‌ی ۹۰ درجه نسبت به بازو چرخاندن غربالک را آسان تر می‌سازد. شکل ۱ وضعیت فیزیولوژیکی مطلوب بازو ها و بدن را نشان می دهد.



شکل ۱. وضعیت فیزیولوژیکی مطلوب بالا تنه و بازو ها هنگام کار با غربالک فرمان (Dupuis, 1959)

لیلجدال و همکاران (Liljedahl et al., 1959) مطالعاتی را روی نیروی فرمان گیری تراکتور های مجهز به فرمان غربالکی انجام دادند. سه تراکتور مجهز به فرمان های دستی و تقویت شده به برای تست کشت، بار برداری و ضربه انتخاب شدند. آن ها مشاده نمودند استفاده از سیستم فرمان دستی و تقویت شده در عملیات کشت ذرت تنش وارده به اپراتور را به ترتیب به میزان ۲۵٪ و ۴۱٪ کاهش می دهد. یک تراکتور مجهز شده به سیستم کمکی جذب شک فرمان قادر بود که شک های وارده از طرف دست انداز های با زاویه‌ی ۱۲.۷ سانتی متر را به میزان ۱۰۰٪ جذب نماید بدون اینکه عملیات فرمان گیری را مختل نماید. موریسون و هارینگون (Morrision and Harrington, 1962) مطالعات مزرعه ای و آزمایشگاهی خود را در راستای ارزیابی ملاحضات مختلف طراحی صندلی با در نظر گرفتن ساختار صندلی، تکیه‌گاه شاعد، بالشتک صندلی، الزامات فیزیولوژیکی و آناتومیکی پیش بردند. آن ها گزارش کردند که برای یک اپراتور با قد و قامتی در بازه‌ی ۱۸۷.۵–۱۵۷.۵ سانتی متر (صدک ۹۵–۵) زاویه ی غربالک فرمان با سطح افق بایستی 45^{o}–30^{o}، زاویه‌ی زانو بین ۱۳۵ و 160^{o} و پا در موقعیت 28^{o} بالای سطح افق قرار گیرد (شکل ۲).



شکل ۲. تنظیمات صندلی جهت رسیدن به راحتی (Morrision and Harrington, 1962)

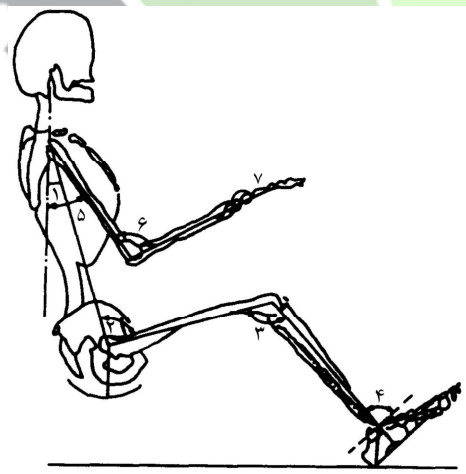
۴. واکنش راننده

روزگر و روزگر (Rosegger and Rosegger, 1960) به منظور بررسی میزان ناراحتی حاصله از رانندگی تراکتور در آلمان شرقی از تابش اشعه ی X استفاده نمودند. آن ها تغییرات نامطلوب و رو به انحطاطی را در ناحیه ی قفسه ی سینه و مهره های کمری مشاهده نمودند و گزارش کردند تنها ۱.۷٪ از رانندگان قبل از شروع کار با تراکتور درد خفیفی در ناحیه‌ی پشت داشت هاند. آن ها به این نتیجه رسیدند که رانندگی تراکتور ناراحتی و اختلالات ناخواسته ای از قبیل تنش های فیزیکی و ذهنی را به وجود می آورد. هانگ و ساگز (Huang and Suggs, 1967) واکنش فیزیولوژیکی بدن انسان (میزان تپش قلب، میزان اکسیژن مصرفی و تهویه) به ارتعاشات وارده را در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار دادند. آن ها به این نتیجه رسیدند که به منظور دست یافتن به راحتی بیشتر برای راننده بایستی ارتعاش غربالک فرمان به کمترین سطح ممکن کاهش داده شود. با افزایش سطح ارتعاش وارده در بازه‌ی فرکانسی ۵-۳ (هرتز) سیکل بر ثانیه، عملکرد اپراتور به طور چشمگیری کاهش می یابد. باربر (Barber, 1978) به منظور ارزیابی تاثیر خصوصیات محیط کار روی ذهنیات رانندگان مطالعاتی را انجام داد. او ضمن نقل قول پیشنهادات ریبف (Rebiffe, 1969) اظهار داشت که، به منظور کسب رضایت راننده در محیط کار بایستی زوایای اندام های بدن فرد در حالت نشسته مطابق با رنج تعریف شده در جدول ۱ باشد.

جدول ۱. محدوده ی زوایای راحتی بدن

ردیف	عضو بدن	زاویه
۱	پشت	۲۰–۳۰ ^{o}
۲	مفصل ران	۹۵–۱۲۰ ^{o}
۳	زانو	۹۵–۱۳۵ ^{o}
۴	قوزک پا	۹۰–۱۱۰ ^{o}
۵	بازو	۱۰– ۴۵ ^{o}
۶	ساعد	۸۰–۱۲۰ ^{o}
۷	مچ دست	۱۷۰–۱۹۶ ^{o}

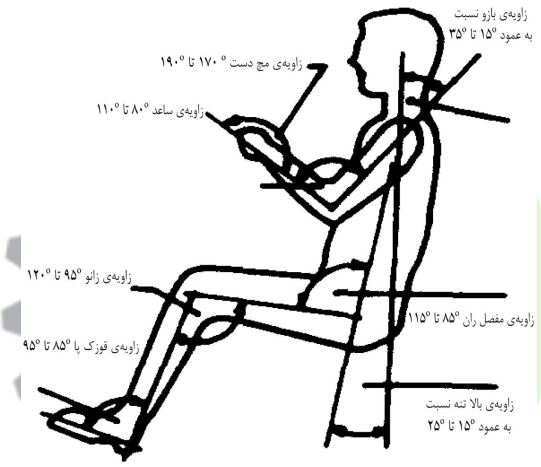
او محدوده های راحتی معرفی شده توسط ربیف (Rebiffe, 1969) و دیفرنت و همکاران (Diffrient et al., 1974) را مقایسه کرده و به نتایج مشابهی رسید. مطابق با نتایج باربر (Barber, 1978)، داده های بدست آمده توسط دیفرنت و همکاران (Diffrient et al., 1974) برای هر دوی محدوده های حرکت کلی بدن و محدوده ی بهینه برای اپراتور در وضعیت نشسته جامعترند. شکل ۳ مقادیر زاوی های گزارش شده در جدول ۲ را نشان می دهد.



شکل ۳. زوایای اعضاء بدن یک اپراتور نشسته (Barber, 1978)

۴.۱. وضعیت استقرار اپراتور

وضعیت نشستن بهینه و راحت برای اپراتور زمانی حاصل می‌شود ضمن حفظ انحناء کمری، زاویه ی ران با تنه ^{o}۱۱۵ بوده و ناحیه ی کمری به صورت مناسب به تکیه گاهش تکیه دهد. بابس (Babbs, 1977) یک چیدمان سیستماتیک را به منظور توصیف مناسب مجموعه ی صندلی و نقاط مرجع بدن در طراحی خودرو به منظور تطبیق یک سری از اندازه ها با جمعیت تحت مطالعه ارائه داد. او تمامی زوایای مفصلی بدن را مطابق با محدوده ی راحتی اپراتور تنظیم نمود (شکل ۴). نواحی استقرار بهینه و بیشینه ی کنترل های پاشنه ای و پنجه ای پا بر اساس اطلاعات آنتروپومتریک دینامیک تعیین شدند. نتایج حاصله نشان داد که نواحی دسترسی بیشینه نیاز آنی کمی به حرکت ران یا پا و یا هر دوی آن ها دارند. محل استقرار صندلی روی تجهیزات کشاورزی توسط نقطه ی شاخص صندلی (SIP) و نقطه ی H تعیین می گردد. و به منظور تعیین محل استقرار کنترل های دستی و پایی فضای کار بایستی از استاندارد SAE J898 استفاده نمود (SAE J898, 1980).



شکل ۴. محدوده‌ی زوایای راحتی برای مفاصل بدن (Babbs, 1977)

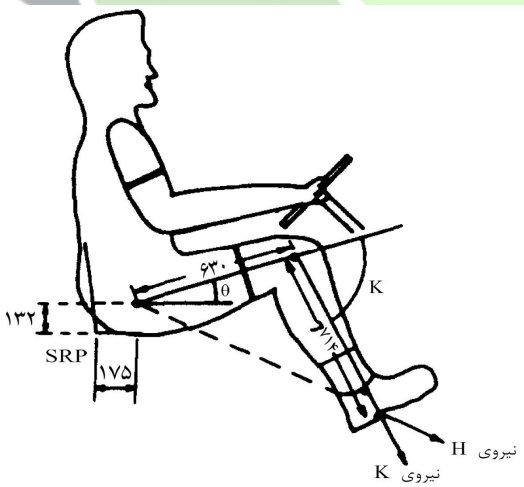
فیسانت و هاریس (Pheasant and Harris, 1982) فاکتور های بیومکانیکی را که در انجام کار روی پدال بر قدرت و توان اپراتور تاثیر می گذارند را مورد بررسی قرار دادند. این فاکتور ها شامل موارد: فاصله ی افقی جلوی نقطه‌ی مرجع صندلی (SRP)، فاصله ی عمودی بالا و پایین SRP، فاصله ی جانبی از خط میانی، جهت نیرو و کاربرد غربالک فرمان در مقاومت در برابر پرت شدن بودند. آن ها اشاره کردند که مجموعه ی پیوسته ی صندلی- اپراتور- پدال را می‌توان توسط زنجیره اتصالات سینماتیک متشکل از ۴ اتصال ارائه داد (شکل ۵).

جدول ۲. محدوده ی حرکتی بهینه برای اپراتور نشسته

ردیف	عضو بدن	محدوده ی حرکتی (درجه)	محدوده ی راحتی (درجه)	تعابیر
۱	پشت	a	۱۰-۴۵	-
۲	مفصل ران	۸۰-۲۲۶[b]	۹۵-۱۲۰	زوایای ^{o}۹۵ -^{o}۹۷.۵ برای رانندگی در هوشیاری کامل
۳	زانو	۵۳-۱۸۰[b]	۹۵-۱۳۵	زوایای ^{o}۱۰۰ -^{o}۱۲۰ برای کار با پدال ها
۴	قوزک پا	۵۵-۱۲۸[b]	۹۰-۱۰۰	-
۵	بازو	۵۵-۱۷۹[b]	۱۰-۴۵	برای کار با غربالک فرمان
۶	ساعد	۳۸-۱۸۰[b]	۸۰-۱۲۰	برای کار در وضعیت نشسته
۷	مچ دست	۱۲۶-۲۷۷[b]	a	-

[a] اشکال داده نشده است

[b] مقادیر مستخرج



شکل ۵. اتصالات پایین تنه. ابعاد به صورت درصدی از قد (s ٪) بعد از دمستر (۱۹۵۵) زاویه‌ی مفصل ران (θ) و زاویه‌ی زانو (k) به همراه نیروهای اعمال شده در جهت مفصل زانو (نیروی K) و مفصل لگن (نیروی H) (Pheasant and Harris, 1982).

راخجا و سانکر (Rakheja and Sanker, 1994) به منظور انجام آزمایشات پرش، چرخش و شتاب غلط روی صندلی، یک ایزوله گر مرکب صندلی را توسعه دادند. این ایزوله گر ضمن دفع ارتعاشات وارده رانندگی رضایت بخشی را برای راننده ایجاد نمود. وایت و باربر

(Whyte and Barber, 1985) به منظور بررسی ماهیت رانندگی تراکتور و تغییرات وضعیت قرار گیری در عملیات مختلف کشاورزی از یک صندلی گردان استفاده نمودند. آن ها گزارش کردند که استفاده از صندلی گردان در عملیات شخم زنی و بسته بندی علوفه (تا ۱۲ ساعت در روز) مفید بوده و با استفاده از این صندلی می‌توان ضمن بهبود وضعیت قرار گیری اپراتور میزان تنش های فیزیکی وارده به او را کاهش داد.

۴.۲.موقعیت کنترل ها

لیلجدال و همکارانش (Liljedahl et al., 1979) بر روی طراحی محل کار اپراتور تراکتور بر اساس خصوصیات آنتروپومتریک و بیومکانیک تاکید کرده و همچنین با نقل قول از هانسن و همکارانش (Hansson et al., 1970) بیان کردند که فاکتور های امنیت و راحتی فضای کار بایستی در طراحی فضا، ساختار و موقعیت استقرار کنترل ها لحاظ گردد. کنترل ها بایستی برای هر دوی اپراتور های با قد و قامت کوچک و بزرگ به آسانی در دسترس قرار گیرند. . ساندر و مک کورمیک (Sanders and McCormick, 1987) فاکتور های بحرانی جهت طراحی کابین را از قبیل: ارتفاع نشستگاه، عمق نشستگاه و زاویه‌ی پشتی؛ قابلیت تنظیم جلو به عقب صندلی؛ فضای استقرار پا و زانو؛ محل استقرار کنترل های دستی و پایی؛ و میدان دید (راننده بایستی دید مناسبی از جاده و محیط اطراف داشته باشد) برشمردند. نیروهای پدال ترمز به ترتیب برای وضعیت های طبیعی و دراز شده ی پا زمانیکه زوایای استقرار پا روی پدال ترمز نسبت به راستای عمود به ترتیب 15^{o} و 35^{o} باشد، نیروی پدال‌گیری به بیشترین مقدار ممکن افزایش می یابد.

گراندجین (Grandjean, 1988) پیشنهاد کرد که صندلی بایستی به نحوی طراحی گردد که در هر دوی وضعیت های خم شدن به جلو و عقب، لبه ی بالایی لگن خاصره ای را به منظور فراهم نمودن حرکت گردشی ساپورت کند. بر اساس گزارش گراندجین (Grandjean, 1988) به منظور حرکت چرخشی آسان تر در هر دو وضعیت خمیده به جلو و عقب، صندلی باید به گونه ای طراحی گردد که همواره تکیه‌گاه مناسبی برای بالا ترین سطح لگن ایجاد نماید. با تعبیه‌ی امکان تنظیم صندلی، می توان ضمن افزایش میزان مطابقت ابعادی اپراتورها در فضای کار، دسترسی اپراتور به کنترل ها را بهبود بخشید. به منظور افزایش میزان مطابقت ابعادی فضای کار، بایستی کنترل های دستی و پایی را در ارتباط با محل استقرار صندلی طراحی نمود. به عنوان مثال برای فردی با ابعاد بدنی کوچک، صندلی با ارتفاع زیاد عمل پدال گیری فرد را با مشکل مواجه می‌سازد.

کاسی و کیسو (Casey and Kiso, 1991) مطالعه ای را انجام دادند که در آن ۱۷۲ اپراتور تراکتور از شمال آمریکا و اروپا در آزمون ارزیابی ۶۹ تراکتور تولید شده توسط کارخانه های مختلف شرکت داده شدند. فاکتورهای انسانی و چالش های قابلیت استفاده، کانون اولیه‌ی ارزیابی ها قرار گرفتند. دو دسته اطلاعات فیزیکی خودروها و اطلاعات انتزاعی از نمونه های آماری موجود گرد آوری شدند. اطلاعات فیزیکی شامل: موقعیت کنترل، حرکت کنترل و الزامات نیرویی هستند. اطلاعات انتزاعی شامل صدها محدوده ی قابل قبول

۵ نقطه ای گزارش شده توسط افراد بود. از اطلاعات فیزیکی موجود به منظور ایجاد روابط رگرسیون چند جمله ای استفاده شد تا ارتباط متغیرهای فیزیکی فضای کار (به عنوان مثال: وضعیت استقرار کنترل) و پاسخ عینی افراد در باره ی کیفیت آن شناسایی گردد. کوکن و زگرس (Kokken and Zegers, 1992) با محوریت فاکتورهای امنیت و راحتی اپراتور مطالعاتی را پیرامون طراحی کابین انجام دادند. مطابق با نظر آن ها صندلی بایستی تکیه‌گاه مناسبی را جهت محافظت در برابر جراحات ایجاد کرده و کنترل ها به راحتی در دسترس قرارگیرند. آن ها به این نتیجه رسیدند که به منظور افزایش سازگاری ابعادی باید تغییراتی اساسی را مطابق با الزامات ارگونومیکی در ساختار فضای کار ایجاد نمود.

۴.۳.بهینه سازی کامپیوتری

در راستای بهینه سازی طراحی فضای کار فام و آندر (Pham and Onder, 1992) سیستمی دانش بنیان را توسعه دادند. این سیستم با استفاده از یک ابزار توسعه ی هیبریدی ساخته شد. این سیستم با یک پایگاه اطلاعات آنتروپومتریک و یک برنامه ی بهینه ساز در ارتباط بود. برنامه ی بهینه ساز یک الگوریتم ژنتیکی را به خدمت می گرفت. جزئیات سیستم بعد از یک بررسی مختصر سیستم دانش محور و الگوریتم ژنتیکی ارائه داده شد. به منظور شبیه سازی هر چه بهتر رانندگی تحت شرایط واقعی مزرعه ای، یاداو (Yadav, 1995) یک شبیه ساز فضای کار اپراتور تراکتورهای هندی از ۵ پیکره بندی متفاوت را در مقیاس آزمایشگاهی طراحی کرده و توسعه داد (T1- T2- T3- T4 و T5). تدارکات ویژه ای جهت تغییر موقعیت کنترل های گوناگون از قبیل: صندلی، فرمان، پدال پایی، کنترل دستی و اهرم کنترل کشش ایجاد شد. همچنین، ارتعاشات سینوسی عمودی با دامنه و فرکانس متغییر در رنج و محدوده ی ارتعاش پایه ی رانندگی (0-20 Hz) شبیه سازی گردید. مطالعات در یک اتاقک کنترل محیط انجام گرفت. شکل ۶ پیکره بندی محل کار بهینه سازی شده ی تراکتور را نشان می دهد (ISO 4252, 1983; ISO 4253, 1977). نتایج حاصله از این قرار بود که برای اپراتورهای هندی، زاویه‌ی محور فرمان 64.8^{o}، فاصله ی پدال پایی (ترمز و کلاچ) از نقطه ی SRP ۶۲.۷ سانتی متر و فاصله ی اهرم کنترل کشش از نقطه ی SRP ۱۶.۷ سانتی متر، مقادیر بهینه بر اساس کمترین مقدار انرژی مصرفی (EER) و محاسبات مقدار نیروی مجاز بکار گرفته شده جهت انجام کار (RPE) می باشند. سیستم دانش بنیان توسعه داده شده به منظور بهینه سازی فضای کار اپراتور ها مطابق با خصوصیات آنتروپومتریک جامعه ی کاربران، به ترتیب برای تراکتور های T1- T2- T3- T4 و T5 تغییرات زیر را پیشنهاد نمود:

- زاویه ی استقرار محور فرمان: 4.8^{o}+، 10.2^{o}-، 14.8^{o}+، 5.2^{o}- و 9.8^{o}
- پدال کلاچ: ۱۳.۳-، ۱۰.۲+، ۱.۳-، ۳.۷+ و ۴.۲- سانتی متر
- پدال ترمز: ۱۶.۳-، ۱۰.۲+، ۱.۳-، ۴۰.۷ و ۱۱.۸- سانتی متر

- اهرم کنترل کشش: ۵.۵+، ۵.۲+، ۲.۸–، ۱۲.۸–، ۳.۳– سانتی متر

۵. نتیجه گیری

فضای کار تراکتورهای پیشرفته جانمایی کامل و بدون نقصی را بر اساس مطالعات آنتروپومتریک جامعه ی اپراتورهای کاربر از صندلی، سیستم تعلیق صندلی و محل استقرار کنترل ها ارائه می دهد. نقطه ی مرجع صندلی (SRP) مهمترین نقطه ای است که بر اساس آن طراحی فضای کار اپراتور انجام می گیرد. صندلی باید به گونه ای طراحی گردد که همواره با بر آمدگی لگن خاصره در تماس باشد. به منظور افزایش میزان سازگاری اپراتور با فضای کار، تعبیه ی امکان تنظیم وضعیت استقرار صندلی، ساده تر از تنظیم کنترل ها است. بیشترین نیروی فرمانگیری هنگامی است که غربالک فرمان در صفحه ی افق قرار داشته باشد. نیروهای پدال ترمز به ترتیب برای وضعیت های طبیعی و دراز شده ی پا زمانیکه زوایای استقرار پا روی پدال ترمز نسبت به راستای عمود به ترتیب 15^{o} و 35^{o} باشد، نیروی پدال گیری به بیشترین مقدار ممکن افزایش می‌یابد. به منظور استفاده ی بهینه از انرژی و دست یافتن به توان کاری بیشینه، باید تغیراتی اساسی در فضای کار اپراتور مطابق با خصوصیات آنتروپومتریک جامعه ی کاربران ایجاد نمود. می توان نتیجه گرفت که بهترین طراحی برای محیط کار زمانی است که اپراتور در سخت ترین شرایط کاری کمترین میزان خطای عملکردی را داشته و کمترین میزان انرژی متابولیک در واحد خروجی کار مزرعه را مصرف نماید.

منابع

1. Anonymous. 1990. Technology in Indian tractor industry (a status report prepared under the national register of foreign collaboration), Govt. of India, Department of Scientific and Industrial
2. Babbs, F.W. 1977. A design layout method for relating seating to the occupant and vehicle. Ergonomics; 22(2):227-234.
3. Barber, T.S. 1978. A survey of tractor seating and postural requirements. Deptt. Note No. DN/E/922/ 02005, NIAE, Silsoe, England.
4. Bottoms, D.J. 1973. Tractor workplace design. NIAE Subject Day Tractor Ergonomics, Wednesday, 17 October.
5. Casey, S.M., J.C. Kiso. 1991. The acceptability of control locations and related features in agricultural tractor cabs. In Count down of 21 st Century--Proceeding of Human Factor Society 34th Annual Meeting, USA. Human Factor Society. Ergonomics Systems Designs Inc. Santa Barbara, California, USA, pp. 743-747.
6. Demster, W.T. 1955. The anthropometry of body action. Annals of the New York Academy of Sciences; 63:559-585.

7. Diffrient, N., Tilley, A.R., Bardagju, J.C., Humanscate. 1974. 1/2/3 A portfolio of Information (1) Sizes of people, (2) Seating Considerations (3) Requirements for the Handicapped and Elderly. The M.I.T. Press, Cambridge, MA.
8. Dupuis, H., 1959. Effect of tractor operation on human stresses. Agric Engng; 40:510-519, 525.
9. Gibbon, J.M., 1970. Tractor operator's survey. Deptt. Note No 45/1952 Crop Engng. Div. NIAE/Silsoe, England.
10. Grandjean, E., 1988. Fitting the Task to the Man. Taylor and Francis.
11. Hansson, J.E., S. Lars, C.W, Suggs. 1970. Matching the farm machine to the operator's capabilities and limitations. Implement and Tractor; August 21.
12. Haslegrave, C.M., 1979. An anthropometric survey of British drivers. Ergonomics; 22(2):145-153.
13. Huang, BK., C.W. Suggs. 1967. Vibration studies of tractor operators. Trans ASAE; 10(4):478-482.
14. ISO 4252. 1983. Agricultural accommodation tractors-access, exit and operator's work-space dimensions, (1st. Ed.).
15. ISO 4253 (E). 1977. Agricultural tractors---operators seating accommodation.
16. Kokken, J., D. Zegers. 1992. Narrow tractors are in need of adjustments. Fruittelt 82(29) 14-15 [NI] IMAG-DLO Mansholtlaan 10-1 L, 6700 AA Wageningen, the Netherlands.
17. Lehmann, G., 1958. Physiological basis of tractor design. Ergonomics; 1(3):197-206.
18. Liljedahl, JB., W.M. Carleton, P.K. Turnquist, D.W. Smith. 1979. Tractor and Their Power Units, 3rd ed. John Wiley & Sons: New York.
19. Liljedahl, J.B., R. Gluck.R, M.E. Schroeder. 1959. Steering force requirements of wheel tractors. Agric Engng; 40:522-525.
20. Matthews, J. 1977. The ergonomics of tractors. ARC Research Review; 3(3):59-65.
21. Matthews, J. 1973. The measurement of tractor ride comfort. SAE paper No. 730795.
22. McFarland, R.A. 1957. Human limitations and vehicle design. Ergonomics; 1(1):5-20.
23. Morrision, C.S., R.E. 1962. Harrington. Tractor seating for operator comfort. Agric Engng; 42:633 635 & 650-652.
24. Oborne, D.J. 1982. Ergonomics at Work. New York: John Wiley and Sons.
25. Pham, D.T., H.H. Onder. 1992. Knowledge based system for optimising workplace layout using a genetic algorithm. Ergonomics; 35(12):1479-1487.
26. Pheasant, S.T., C.M. Harris. 1982. Human strength in the operation of tractor pedals. Ergonomics; 25(1):53-63.

27. Pureell, W.F.H. 1980. The human factor in farm and industrial equipment design. ASAE Distinguished Lecture Series No. 6.
28. Rakheja, S., S. Sanker. 1994. Suspension design to improve tractor ride: Passive seat suspension. SAE Trans; 4:1096-1104.
29. Rebiffe, R. 1969. Le siege du conducteur: som adaption aus exigences fonctionnellee et anthropometriques. In Sitting Posture, ed. E. Grandjean. Taylor and Francis, London, pp. 132-476.
30. Renius, K.T.H. 1994. Trends in tractor design with particular reference to Europe. J Agric Engng Res; 57:3-22.
31. Rosegger, R., S. Rosegger. 1960. Health effects of tractor driving. J Agric Engng Res; 5(2):241-275.
32. SAE J898. 1980. Location of operator seat relative to hand and foot controls, APR.
33. Sanders, M.S., E.J. McCormick. 1987. Human Factors in Engineering Design, 6th ed., McGraw Hill International Editions, Industrial Engineering Series, pp. 664.
34. Whyte, R.T., T.S. Barber. 1985. Tractor seats and the tractor drivers postural requirements. Proc. VIllth Joint Ergonomics Symposium (CIGR/AAMRH/IUFRO) NIAE, Silsoe.
35. Yadav, R. 1995. Some ergonomic investigations on tractor operator workplace design. Unpublished Ph.D. Thesis, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India.

Self- propelled agricultural machines workplace design- a review

Edris Ghaderi[1*], Ali Maleki[2], Iman Dianat[3]

[1]M.Sc Student, Department of Bio systems Engineering, Shahr-e Kord University (edris68gh@gmail.com)

[2]Assistant Professor, Department of Bio systems Engineering, Shahr-e Kord University

[3]Assistant Professor, Department of Occupational Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz

Abstract

Locating driver post, known as package design in industry, is involved with complicated ergonomic problems in two regards: first, operators are different and dispersed and second, there are different controls and markers. On the other hand, the seat and the operator's body posture should be in a way that a reasonable level of comfort can be gained and maintained in long run. Numerous factors need to be taken into consideration in order to design the operator's workplace in agricultural machinery. Moreover, the design should enable the operator to easily and constantly access all of the available controls. Operator's efficiency and comfort can be enhanced by designing the workplace appropriately. Small and narrow workplaces can cause dangers such as: the vehicle overturn, fraction between body parts and the equipment, and an increase in the operator's unintentional actions on the controls. On the contrary, large workplaces decrease the level of the operator's access to the controls and markers. In addition to the issues of seat location and how to access the controls available in a workplace, other issues like level of dust, noise, temperature, and vibration need to be considered as an undeniable part of every workplace that can endanger work security and the operator's health.

Keywords: Ergonomics, Workspace design, Self- propelled agricultural machines