

بررسی ارگونومی و آنتروپی در طراحی کابین و دستگاه‌های موجود هواپیماهای ترابری C-130 نهاجا

محمد رضا مروی نام^{۱*}، جواد زروندی^۲، امیرعباس شهرام^۳

۱- استادیار، دانشگاه هوایی شهید ستاری

۲- استادیار، دانشگاه هوایی شهید ستاری

۳- کارشناسی ارشد، دانشگاه هوایی شهید ستاری

(دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵)

چکیده

مهمترین اولویت در هر سازمانی، صیانت و نگهداری نیروی کار می‌باشد. امروزه با یکپارچه شدن علوم همچون ارگونومی، ایمنی و بهداشت در محیط‌های کاری و هدف مشترکی که تمام این علوم در پی دستیابی به آن هستند؛ یعنی ارتقای ایمنی و سلامت کارکنان و بهره‌وری، بررسی میزان تأثیرگذاری آن‌ها بر موارد فوق از اهمیت بالایی برخوردار است. با شناخت وضعیت موجود در سازمان و نگرش افراد در این رابطه، می‌توان به طور ریشه‌ای با بسیاری از مشکلات برخورد و آن‌ها را اصلاح کرد. پژوهش حاضر با هدف بررسی ارگونومی و آنتروپی در طراحی کابین و نصب دستگاه‌های جدید در هواپیماهای نیروی هوایی انجام شد. این پژوهش از نظر هدف کاربردی، به صورت کمی و از نظر روش پژوهش نیز یک پژوهش توصیفی-پیمایشی بود. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه کرای پروازی هواپیما C-130 به تعداد ۶۰ نفر بود که نمونه مورد مطالعه به روش تمام شمار، کلیه افراد در این پیمایش شرکت داده شدند. ابزار اصلی جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه محقق‌ساخته برگرفته از مبانی نظری بود که روایی آن به صورت صوری و محتوایی (CVR-CVI) و پایایی آن به روش آلفای کرونباخ محاسبه و تایید شد. داده‌های به دست آمده در دو بخش توصیفی و استنباطی تجزیه و تحلیل شد. در بخش آماری توصیفی با استفاده از جداول، نمودارها و فراوانی و درصد فراوانی و سپس در بخش آمار استنباطی از آزمون تی استفاده گردید. نرم‌افزار مورد استفاده SPSS نسخه ۲۳ بوده است. نتایج نشان داد ارگونومی و آنتروپی در طراحی کابین و نصب دستگاه‌های جدید در ناوگان هواپیما C-130 نیروی هوایی مورد توجه قرار نگرفته و وضعیت مناسبی ندارند. از این رو، به منظور تقویت وضعیت ارگونومی دستگاه مورد بحث در این تحقیق، با توجه به کم بودن دانش هواپیمایی در کشور، می‌توان از دستگاه‌های مشابه مانند تبلت‌های ای‌پد و یا دستگاه گارمین الگوبرداری نمود. ضمن این که ارتقای سطح کیفی محصول در ابعاد مختلفی همانند تقویت میزان روشنایی کلیدهای صفحه کنترل پانل، میزان دسترسی به صفحه کنترل و بازطراحی سامانه بر اساس وضعیت بدنی کارکنان پروازی می‌تواند به بهبود این وضعیت کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: رفتارهای ارگونومیک، آنتروپی، چیدمان کابین هواپیما، خلبان، ایمنی پرواز

مقدمه

ارگونومی یا همان مهندسی عوامل انسانی، علمی ترکیبی است که سعی دارد ابزارها، دستگاه‌ها، محیط کار و مشاغل را با توجه به توانایی‌های جسمی فکری و محدودیت‌ها و علائق انسان‌ها، طراحی نماید. این علم با هدف افزایش بهره‌وری، با عنایت بر سلامتی، ایمنی و رفاه انسان در محیط، شکل گرفته است. همچنین این علم در تلاش است بجای متناسب‌سازی انسان با محیط، محیط را با انسان متناسب سازد. در این راستا، سازمان بین‌المللی کار، واژه ارگونومی را به معنای متناسب کردن کار و شغل برای انسان تعریف کرده است (عقیلیان و همکاران، ۱۳۹۷). این علم برای طراحی و ساخت ابزار و سیستم‌های تولیدی از ساده تا پیچیده و بفرنج، حل مشکلات مربوط به فناوری‌های نوین، و حتی ابزار و وسائل زندگی روزمره، کاربرد دارد (پارکینسون و همکاران، ۲۰۱۶). هواپیماها، هلیکوپترها، شاتل‌های فضایی و تمامی ماشین‌های پرنده نیاز به طراحی خاصی با توجه به آسایش و ایمنی انسان دارند. شرکت‌های هوافضا در سرتاسر جهان با استفاده از پیشرفت فناوری برای پیشرفت‌های بیشتر تلاش می‌کنند. هواپیماهای جدید پیشرفته با تغییرات ارگونومیک تغییرات انقلابی را در صنعت هواپیما چه در نسخه‌های غیرنظامی و چه نظامی ایجاد می‌کنند. ارگونومی و عوامل انسانی در هوانوردی برای ایمنی و کارایی خطوط هوایی تجاری، مسافربری، باربری و عملیات نظامی و برای رفاه مسافران ضروری است. با این حال، آن را فراتر از هواپیما به کنترل و مدیریت ترافیک هوایی، تعمیر و نگهداری، نهادهای نظارتی و سیاست‌گذاران گسترش می‌دهد. ارگونومی و عوامل انسانی سابقه طولانی در نوآوری در تئوری، روش شناسی، علم و کاربرد دارد. به عنوان مثال، رویکردها از بررسی فعالیت‌های خلبانان منفرد، تا مدیریت منابع خدمه تا در نظر گرفتن کل سیستم‌های هوانوردی و ویژگی‌های اضطراری آن‌ها تکامل یافته‌اند. به طور مشابه، روش‌های ارگونومی از تمرکز بر وظایف فردی به کل سیستم‌ها، محدودیت‌های شکل‌دهنده رفتار و فرهنگ سازمان‌ها منتقل شده‌اند (پارکینسون و همکاران، ۲۰۱۶).

نیروی انسانی، کار و بهره‌روی واژه‌هایی هستند که با یکدیگر ارتباط تنگاتنگی دارند. زمانی که سخن از بهره‌روی نیروی انسانی پیش می‌آید انسان به عنوان نیرویی فعال مطرح می‌شود. نیروی انسانی کارآمد پربهترین و ارزنده‌ترین ثروت و دارایی هر سازمان است (مستولی زاده و همکاران، ۱۳۹۸). در نیروی هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران، خلبانان بخش ترابری نقش کلیدی در بخش دفاع هوایی و امنیت ملی دارند. از این رو ضرورت دارد تا در خصوص عوامل موثر بر بهره‌وری نیروی انسانی دخیل در پرواز، مطالعات مختلفی صورت گیرد. بر اساس مطالعات مختلف ارگونومی و آنتروپوی نقش مهمی در ایمنی پرواز دارند. ارگونومی یا به عبارتی مهندسی فاکتورهای انسانی در واقع فرآیند تغییر محیط‌های کاری به منظور تطابق دادن آن با محدودیت‌ها و پیش‌نیازهای فیزیکی افراد است. در دنیای امروز کمتر فعالیتی را می‌توان یافت که عاری از هرگونه عامل تهدید کننده باشند. به همین دلیل حفظ و مراقبت از نیروی انسانی به عنوان یک مسئولیت بسیار مهم همیشه مطرح بوده است. در مقابل، آنتروپومتری مجموعه‌ای از داده‌های عددی مربوط به ویژگی‌های فیزیکی بدن انسان از نظر اندازه، شکل و قدرت و کاربرد این داده‌ها برای رفع مشکلات طراحی است. آنتروپومتری خدمه هوایی به اندازه‌گیری خدمه هواپیما مربوط می‌شود تا اطمینان حاصل شود که آن‌ها می‌توانند هواپیما را در عملیات عادی به طور ایمن اداره کنند و در صورت لزوم بر خروج اضطراری بدون آسیب اثر بگذارند.

با توجه به پیشرفت سریع کشور در زمینه‌های طراحی و ساخت هواپیما و همچنین طراحی و نصب تجهیزات جدید داخل کابین هواپیما و در برخی موارد نصب نامناسب تجهیزات داخل کابین، به نظر می‌رسد هم پای این پیشرفت نیازمند بررسی‌های بیشتر نقاط ضعف و قوت انسان و همچنین استاندارد نمودن تجهیزات و محل نصب آن‌ها در کابین هواپیماهای نیروی هوایی می‌باشد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف پاسخگویی به سوال اصلی تحقیق مبنی بر این که، وضعیت ارگونومی و آنتروپوی در طراحی کابین و نصب دستگاه‌های جدید در هواپیما C-130 نیروی هوایی چگونه است؟، انجام گردید.

ادبیات پژوهش

مفهوم ارگونومی. ارگونومی علم مطالعه انسان‌ها در حین انجام کار، برای درک ارتباط پیچیده میان افراد و جنبه های فیزیکی و روانشناختی محیط کار، نیازهای شغلی و روش‌های کار می‌باشد (حیدری مقدم و همکاران ۱۴۰۰). ارگونومی عبارتست از علم بکارگیری بهینه از ابزار کار در محیط کاری، به نحوی که حداکثر بازدهی در تولیداتی که انسان در آن نقش دارد، بدست آید در حالی که کارگر یا کاربر حداکثر رضایت را از کاربرد ابزار مزبور و همچنین از محیط کاری دارد و میزان ایمنی لازم در کار برای کارگران و کاربران فراهم شده است (عطاری و همکاران، ۱۳۹۸).

با توجه به تعریف فوق، علم ارگونومی از رشته‌های علمی نظیر پزشکی، فیزیولوژی، آمار، روانشناسی، مردم‌شناسی، آناتومی، بیومکانیک و سنجش ابعاد و اجزای بدن انسان، برای طراحی ماشین و محیط کار سود می‌برد. در واقع، ارگونومی یک علم چند رشته‌ای است که ارتباط متقابل تکنولوژی، محیط و نیازهای روحی و جسمانی انسان را برقرار می‌سازد. در ایالات متحده آمریکا، بجای واژه ارگونومی، عبارت مهندسی فاکتورهای انسانی را بکار می‌برند. انجمن فاکتورهای انسانی و ارگونومی آمریکا نیز بر روش‌های طراحی تأکید داشته و مهندسی فاکتورهای انسانی را چنین تعریف می‌کند: «کشف و کاربرد اصول مربوط به رفتار انسان و خصوصیات طراحی، ارزیابی، فرآیند نگهداری محصولات و سیستم‌ها با هدف ایمن بودن، اثر بخش بودن و ایجاد رضایت در بین کارکنان» (لودسدورف و همکاران، ۲۰۱۴).

ارگونومی و نقش آن در محیط کاری

سر و صدا. نویز به عنوان هر صدای ناخواسته تعریف می‌شود. دو جنبه مهم صدا وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد: منابع ایجاد صدا و اثرات فیزیولوژیکی و روانی بر فرد در معرض آن. سر و صدا از طرق مختلف بر روی فرد تأثیر می‌گذارد، بسته به اینکه آیا مورد انتظار است، آیا کار را دشوارتر می‌کند و آیا فرد آرام است یا هوشیار (واری و همکاران، ۲۰۱۵).

درجه حرارت. افزایش دما یکی از رایج‌ترین عوامل استرس‌زا محیطی است. از آنجایی که انسان تنها در یک باند باریک دما راحت است، قبل از انجام اقدامات اصلاحی لازم است بدانیم که در سطوح مختلف دمایی چقدر خوب عمل می‌کنند. سوالات مربوط به الزامات تهویه مطبوع و عملکرد انسان تحت تنش گرما یا سرما باید پاسخ داده شود و در طراحی سیستم مورد توجه قرار گیرد. سیستم‌های کنترل محیطی کابین، ابزار اصلی برای کنترل محیط داخلی هواپیما هستند (یاو و همکاران، ۲۰۱۹).

رطوبت. رطوبت ممکن است برای هواپیماهای حمل و نقل جت در ارتفاع بالا به دلیل رطوبت نسبی کم در ارتفاعات عملیاتی آن‌ها به یک مشکل تبدیل شود. ناراحتی ناشی از رطوبت نسبی کم ممکن است به معنای ناتوانی فیزیکی نباشد. به طور کلی می‌توان از کم آبی بدن با مصرف مایعات کافی جلوگیری کرد. باید از مصرف داروهای ادرارآور مانند قهوه یا چای خودداری کرد. نصب مرطوب‌کننده‌ها در هواپیما می‌تواند رطوبت کابین را افزایش دهد، اما مشکلات احتمالی مانند جریمه وزن، تراکم و آلودگی‌های معدنی وجود دارد که طراح باید در نظر بگیرد (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۸).

فشار. فشار کابین بسیاری از مشکلات مربوط به پرواز در ارتفاع بالا را از بین می‌برد، اما مشکلات بالقوه دیگری را ایجاد می‌کند که مهم‌ترین آن‌ها خطر کاهش فشار سریع است. زمان هوشیاری مفید پس از رفع فشار سریع به ارتفاع هواپیما، سرعت کاهش فشار و سطح فعالیت بدنی فرد در زمان رویداد بستگی دارد. در ارتفاعات معمولی هواپیماهای جت ترانسپورل (۳۵۰۰۰ فوت) بین ۳۳ تا ۵۴ ثانیه متغیر است. می‌توان انتظار داشت که این مقادیر متوسط در ارتفاع ۴۰۰۰۰ فوتی به نصف کاهش یابد. این امر بر اهمیت دسترسی فوری اکسیژن مکمل به خدمه تأکید می‌کند (سماک امانی و همکاران، ۱۴۰۰).

روشنایی. ماهیت و کمیت روشنایی به عواملی مانند الزامات کار (به عنوان مثال سرعت و دقت)، روشنایی محیط و وجود تابش خیره کننده بستگی دارد. تابش خیره کننده یک جنبه مهم از کیفیت محیط روشن است. این می‌تواند ناشی از منابع نور روشن یا بازتاب نور از سطوح محیطی باشد. تابش خیره کننده ممکن است باعث ناراحتی یا آزار شود و ممکن است در عملکرد بصری اختلال

ایجاد کند. نوع انعکاس از سطوح به خصوصیات سطح بستگی دارد (به عنوان مثال صیقلی بودن، زبری یا مات بودن آن). برخی شواهد نشان می‌دهد که عنصری از ذهنیت در تحمل به خیره‌کننده وجود دارد. موثرترین تکنیک‌ها برای کاهش تابش خیره‌کننده شامل مسدود کردن سطح تابش خیره‌کننده یا قرار دادن نور اضافی برای جبران اثرات تابش خیره‌کننده است (فاضلی و همکاران ۱۴۰۰). ارتعاشات. ارتعاش هر شکلی از حرکت است که مقدار جابجایی خود را به طور متناوب با اشاره به یک نقطه تغییر می‌دهد و یک پدیده فیزیکی گسترده است. حرکت پیستون‌ها در داخل سیلندرهای موتورهای یا اختلالات ایجاد شده در هواپیماهایی که در هوای متلاطم پرواز می‌کنند، اشکالی از ارتعاش هستند که می‌توانند به انسان منتقل شوند. ارتعاش عموماً از طریق تماس مستقیم بین بدن و ساختار ارتعاشی منتقل می‌شود و می‌تواند اثرات بالقوه مضر داشته باشد (ناگابهوشان و همکاران، ۲۰۱۱).

آنتروپومتریک در طراحی کابین هواپیماها

آنتروپومتری از کلمه آنتروپو به معنای انسان و متری به معنای اندازه‌گیری گرفته شده است. به گفته استیونسون (۱۹۸۹) و نورمیانتو (۱۹۹۱)، آنتروپومتری مجموعه‌ای از داده‌های عددی مربوط به ویژگی‌های فیزیکی بدن انسان از نظر اندازه، شکل و قدرت و کاربرد این داده‌ها برای رفع مشکلات طراحی است. آنتروپومتری خدمه هوایی به اندازه‌گیری خدمه هواپیما مربوط می‌شود تا اطمینان حاصل شود که آن‌ها می‌توانند هواپیما را در عملیات عادی به طور ایمن اداره کنند و در صورت لزوم بر خروج اضطراری بدون آسیب اثر بگذارند. بنابراین، آنتروپومتری مطالعه اندازه‌گیری ابعادی است که متعلق به انسان یا اندازه انسان است که از استخوان، ماهیچه و همچنین چربی شروع می‌شود. داده‌هایی که از طریق اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک به شکل اندازه‌گیری‌های انسان مانند وزن بدن، موقعیت در هنگام ایستادن، موقعیت زمانی که بازوها دراز می‌کنند، دور بدن و غیره تولید می‌شوند. عناصر اصلی آنتروپومتری عبارتند از قد، وزن، دور سر، شاخص توده بدنی، دور بدن برای ارزیابی چاقی (کم، لگن و اندام‌ها) و ضخامت چین خوردگی پوست (غنچه پور و همکاران، ۱۴۰۱).

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف جزء تحقیقات کاربردی، از نوع کمی و روش توصیفی-پیمایشی است. جامعه آماری تحقیق شامل کلیه کروی پروازی هواپیما C-130 به تعداد ۶۰ نفر بود که نمونه مورد مطالعه به روش تمام شمار کلیه افراد در این پیمایش شرکت داده شدند. شایان ذکر است که کلیه کروی پرواز مستقر در پایگاه‌های مختلف نهاجا مد نظر قرار گرفت. ابزار اصلی جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه محقق ساخته بر گرفته از مبانی نظری تحقیق بود که روایی آن به روش محتوایی و محاسبه شاخص نسبت روایی محتوایی (CVR) و شاخص روایی محتوایی (CVI) انجام شد. برای سنجش پایایی، پرسشنامه، در جامعه مورد نظر توزیع و جمع‌آوری و پس از وارد کردن داده‌ها در نرم افزار SPSS نسخه ۲۳، ضریب پایایی (آلفای کرونباخ) محاسبه شد. ضریب مورد نظر برای کل مقیاس ۰/۷۵۴ تعیین گردید. با توجه به اینکه آلفای محاسبه شده بزرگتر از ۰/۷ است، پس می‌توان گفت که قابلیت اعتماد پرسش‌نامه در حد قابل قبول است.

داده‌های به دست آمده در دو بخش توصیفی و استنباطی تجزیه و تحلیل شد. در بخش آماری توصیفی با استفاده از جداول، نمودارها، فراوانی و درصد فراوانی و سپس در بخش آمار استنباطی، از آزمون تی استفاده گردید. همچنین نرم‌افزار مورد استفاده SPSS نسخه ۲۳ بود.

یافته‌ها

آمار توصیفی

تمامی شرکت‌کنندگان در این پیمایش مرد بودند. همچنین، بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از پرسشنامه، فراوانی آزمودنی‌ها بر حسب سطح تحصیلات بیشترین فراوانی مربوط به پاسخ‌دهندگان دارای مدرک لیسانس با (۸۳) درصد و کمترین فراوانی مربوط به مدرک فوق لیسانس با (۱۷) درصد است. ضمن این که فراوانی آزمودنی‌ها بر حسب سن بیشترین فراوانی مربوط به پاسخ‌دهندگان دارای رده سنی زیر ۳۵ سال با (۴۱) درصد و کمترین فراوانی مربوط به افراد بالای ۴۶ سال با (۱۲) درصد است. آمار استنباطی. بررسی نرمال یا غیرنرمال بودن داده‌ها. به منظور مشخص شدن نوع آزمون مورد استفاده برای فرضیه‌های تحقیق ابتدا به بررسی نرمال یا غیرنرمال بودن داده‌های مربوط به فرضیه‌ها از طریق آزمون کولموگروف-اسیمرئوف پرداخته شد. نتایج حاصل از آزمون کولموگروف-اسیمرئوف در جدول (۱) ارایه گردید.

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون کولموگروف-اسیمرئوف

ردیف	متغیر	مقادیر آماره‌ی Z	مقادیر معناداری
۱	عوامل ارگونومی	۳/۶۷۹	۰/۰۵۸
۲	عوامل آنتروپی	۳/۰۷۷	۰/۰۶۵

مقدار آماره آزمون در مورد متغیرهای تحقیق در سطح خطای ۵ درصد بیشتر از مقدار بحرانی است. بنابراین فرضیه صفر، یعنی نرمال بودن داده‌ها تایید می‌شود.

نتایج بالا حاکی از بزرگتر بودن آماره‌ی آزمون از آماره استاندارد (۱/۹۶) برای مولفه‌ی پژوهش می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که مقادیر به دست آمد در ناحیه بحرانی واقع نشده است و فرض صفر رد می‌شود و بر همین اساس فرض مقابل تایید می‌گردد. شماره یک. وضعیت ارگونومی در طراحی کابین و نصب دستگاه‌های جدید در هواپیماها نیروی هوایی مناسب است. به عبارتی، عوامل ارگونومی (میانگین = ۲/۸۳۵، مقدار معناداری $t = ۲/۰۹۶$) در هواپیما C-130 مناسب نیست. بنابراین می‌توان ادعا نمود که فرضیه رد شده است. در ادامه زیرمقیاس‌های عوامل ارگونومی مورد بررسی قرار می‌گیرد. آزمون فرضیه‌های تحقیق. برای آزمون فرضیه‌های تحقیق از آزمون تی تک نمونه‌ای استفاده شده است. به گونه‌ای که با توجه به شیوه نمره‌دهی در پرسشنامه (کاملاً مخالفم = ۱ الی کاملاً موافقم = ۵)، حد وسط یعنی میانگین ۳ به بالا برای پاسخ‌های شرکت‌کنندگان در پژوهش در نظر گرفته شد. بدین صورت که اگر میانگین پاسخ‌های شرکت‌کنندگان از ۳ بالاتر بوده باشد می‌توان استنباط نمود که وضعیت متغیرهای تحقیق مناسب می‌باشد. نتایج حاصل از انجام این آزمون در جدول (۲) گزارش گردیده است.

جدول ۲- آزمون t تک نمونه‌ای بررسی وضعیت مقیاس ارگونومی

مولفه‌ها		درجه آزادی	آماره آزمون = ۳	فاصله اطمینان ۹۵٪
میانگین	تفاوت میانگین	سطح معناداری	آماره t	پیشینه
۲/۸۳۵	-۰/۱۶۴	۵۹	۰/۰۴۰	کمیته
			-۲/۰۹۶	-۰/۳۲۰

جدول ۳- آزمون t تک نمونه ای بررسی وضعیت زیرمقیاسهای ارگونومی

فاصله اطمینان ۹۵٪		آماره آزمون = ۳		درجه آزادی		زیرمقیاسها
کمینه	پیشینه	آماره t	سطح معناداری	تفاوت میانگین	میانگین	
-۰/۲۸	۰/۳۲	-۰/۱۱۲	۰/۰۰۵۵/۹۱۲	۰/۰۱۷	۳/۰۲	ER1
-۰/۰۱	۰/۵۷	۱/۹۵۷	۰/۰۰۰	۰/۲۸۳	۳/۲۸	ER2
۰/۸۷	۱/۲۹	۱۰/۳۷۷	۰/۹۰۹	۱/۰۸۳	۴/۰۸	ER3
-۰/۲۷	۰/۳۱	-۰/۱۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۱۷	۳/۰۲	ER4
۰/۳۱	۰/۸۹	۴/۱۳۹	-۰/۳۵۷	۰/۶۰۰	۳/۶۰	ER5
-۰/۴۲	۰/۱۵	-۰/۹۲۹	۰/۰۰۰	۰/۱۳۳	۲/۸۷	ER6
-۰/۹۱	-۰/۳۲	-۴/۱۴۹	-۰/۷۰۴	-۰/۶۱۷	۲/۳۸	ER7
-۰/۳۱	۰/۲۱	-۰/۳۸۱	۰/۰۰۰	-۰/۰۵۰	۲/۹۵	ER8
-۰/۸۹	۰/۳۷	-۴/۸۶۷	۰/۰۰۰	-۰/۶۳۳	۲/۳۷	ER9
-۱/۳۱	-۰/۹۳	-۱۱/۷۱۱	۰/۰۰۰	-۱/۱۱۷	۱/۸۸	ER10
-۰/۸۵	-۰/۳۹	-۵/۳۹۹	۰/۰۰۰	-۰/۶۱۷	۲/۳۸	ER11
-۰/۵۴	۰/۰۸	-۱/۵۰۸	-۰/۱۳۷	-۰/۲۲۳	۲/۷۷	ER12
-۰/۹۶	-۰/۵۱	-۶/۵۹۸	۰/۰۰۰	-۰/۷۳۳	۲/۲۷	ER13

شماره دو . وضعیت آنتروپی در طراحی کابین و نصب دستگاه‌های جدید در هواپیماهای نیروی هوایی مناسب است. نتایج جدول ۳ حاکی از بزرگتر بودن آماره‌ی آزمون از آماره استاندارد (۱/۹۶) برای مولفه‌ی تحقیق می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که مقادیر به دست آمد در ناحیه بحرانی واقع نشده است و فرض صفر رد می‌شود و بر همین اساس فرض مقابل تایید می‌گردد. به عبارتی، عوامل آنتروپی (میانگین = ۲/۶۶، مقدار معناداری $t = ۳/۵۷۰$) در هواپیما C-130 مناسب نیست. در ادامه زیرمقیاس‌های عوامل آنتروپی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۴- آزمون t تک نمونه ای بررسی وضعیت مقیاس آنتروپی

فاصله اطمینان ۹۵٪		آماره آزمون = ۳		درجه آزادی		مولفه ها
کمینه	پیشینه	آماره t	سطح معناداری	تفاوت میانگین	میانگین	
-۰/۵۲۳	-۰/۱۴۷	-۳/۵۷۰	۰/۰۰۱	-۰/۳۳۵	۲/۶۶	عوامل آنتروپی

جدول ۵- آزمون t تک نمونه‌ای بررسی وضعیت زیرمقیاسهای آنتروپی

فاصله اطمینان ۹۵٪		آماره آزمون = ۳		درجه آزادی		مولفه ها
کمینه	پیشینه	آماره t	سطح معناداری	تفاوت میانگین	میانگین	
-۰/۸۲	-۰/۳۴	-۴/۸۸۰	۰/۰۰۰	-۰/۵۸۳	۲/۴۲	AN1
-۰/۵۲	۰/۰۵	-۱/۶۲۸	۰/۱۰۹	-۰/۲۳۳	۲/۷۷	AN2
۰/۵۴	۰/۰۱	-۱/۹۵۷	۰/۰۵۵	-۰/۲۶۷	۲/۷۳	AN3
-۰/۲۸	۰/۲۱	-۰/۵۶۷	۰/۵۷۳	-۰/۰۸۳	۲/۹۲	AN4
-۱/۱۳	-۰/۷۰	-۸/۵۶۱	۰/۰۰۰	-۰/۹۱۷	۲/۰۸	AN5
-۰/۴۱	۰/۲۱	-۰/۶۵۲	۰/۵۱۷	-۰/۱۰۰	۲/۹۰	AN6
-۰/۴۶	۰/۱۳	-۱/۱۳۵	۰/۲۶۱	-۰/۱۶۷	۲/۸۳	AN7

بحث و نتیجه گیری

یافته‌های تحقیق نشان داد وضعیت ارگونومی در طراحی کابین و نصب دستگاه‌های جدید در هواپیماهای نیروی هوایی مناسب است. به عبارتی، عوامل ارگونومی (میانگین = $2/835$ ، مقدار معناداری $t = 2/096$) در هواپیما C-130 مناسب نیست. یافته‌های تحقیق نشان داد وضعیت آنتروپی در طراحی کابین و نصب دستگاه‌های جدید در هواپیماهای نیروی هوایی مناسب است. تحلیل داده‌ها حاکی از بزرگتر بودن آماره‌ی آزمون از آماره استاندارد ($1/96$) برای مولفه‌ی تحقیق می‌باشد. در تبیین این نتایج می‌توان بیان داشت مهمترین اولویت در هر سازمانی، صیانت و نگهداری نیروی کار می‌باشد. امروزه با یکپارچه شدن علمی همچون ارگونومی، ایمنی و بهداشت در محیط‌های کاری و هدف مشترکی که تمام این علوم در پی دستیابی به آن هستند یعنی ارتقای ایمنی و سلامت کارکنان و بهره‌وری، بررسی میزان تأثیرگذاری هر یک از آن‌ها بر خروجی‌های دیگر آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. با شناخت وضعیت موجود در سازمان و نگرش افراد در این رابطه، می‌توان به طور ریشه‌ای با بسیاری از مشکلات برخورد و آن‌ها را اصلاح کرد. از طرف دیگر، شرایط موجود در سازمان و نگرش افراد در مورد این شرایط در رفتارشان نمود پیدا می‌کند. در این بین، رفتارهای ارگونومیک نیز در محیط‌های کاری از این نظر که نقش کلیدی در کاهش حوادث و صدمات دارند حائز اهمیت است. چرا که طراحی و چیدمان کابین خلبان از ابتدایی‌ترین شکل شروع شد و به یک کابین شلوغ تبدیل شد. معرفی بسیاری از ابزارها و گج‌ها به منظور ارائه اطلاعات به خلبان در مورد عملکرد هواپیمای خود بود. با این حال، به دلیل عدم توانایی انسان برای پردازش همه این اطلاعات، این منجر به سطوح استرس بالا و نرخ خطای بالا نیز شد. عوامل انسانی در دهه ۱۹۸۰ در مطالعات مربوط به فرآیند شناختی انسان و محدودیت‌های توجه و حافظه پیشرفت کرد. در نتیجه تحقیقات انجام شده، کابین خلبان‌ها به گونه‌ای طراحی شدند که با اپراتور انسان سازگاری بیشتری داشته باشند. کاهش تعداد ابزارها، استفاده از کابین شیشه‌ای و نمایش اطلاعات روی این صفحه نمایش‌ها از جمله موارد دیگر، همه در سال‌های اخیر معرفی شده‌اند. تغییر چیدمان و طراحی کابین خلبان اجتناب‌ناپذیر است، اما مهم است که این تغییر مطابق با تحقیقات عوامل انسانی باشد که به بهترین وجه برای اپراتور انسانی و محدودیت‌ها و قابلیت‌های آن‌ها مناسب است.

طراحی کابین هواپیما با موتورها، ابزار و سایر تجهیزات با هدف ایمنی و امنیت مسافران، همراه با آسایش انسان، به تفصیل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. «طرح اولیه کابین خلبان دارای تجهیزات مختلفی بود، به دلیل معرفی ابزارها و گج‌های زیادی به منظور ارائه اطلاعات به خلبان در مورد عملکرد هواپیما. با این حال، به دلیل عدم توانایی انسان برای پردازش همه این اطلاعات به طور همزمان، این منجر به سطح استرس بالا و نرخ خطای بالا نیز شد.» مطالعات ارگونومیک پیشرفته مربوط به فرآیند شناختی انسان و محدودیت‌های توجه و حافظه، با تحقیقات ویژه در سراسر جهان به اوج خود رسید که منجر به سیستم‌ها، روش‌ها و طرح‌های جدید شد. کابین‌ها، صندلی‌ها و کابین خلبان‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که با خدمه و مسافران سازگاری بیشتری داشته باشند. افزایش اندازه پنجره‌ها، چیدمان پنجره‌ها، پنجره‌های با قابلیت کم نور، تنظیم فشار کابین، تنظیم جریان هوا و کاهش تعداد ابزار در کابین خلبان، استفاده از کابین شیشه‌ای و نمایش اطلاعات روی این صفحات از جمله موارد دیگری است که معرفی شده است. تغییر طرح و طراحی هواپیما اجتناب‌ناپذیر است، اما مهم است که این تغییر باید همزمان با تحقیقات فاکتورهای انسانی باشد که به بهترین وجه برای اپراتورهای انسانی و محدودیت‌ها و قابلیت‌های آن‌ها مناسب باشد. طراحی هواپیماهای آینده دارای کابین شیشه‌ای پیشرفته با تاکید ارگونومیک بیشتر نسبت به طراحی فعلی خواهد بود. طراحی‌های نوآورانه و ارگونومیک دوستانه جدید، دید بهتری در داخل و خارج خواهند داشت و برای هر فردی چه در حال کار و چه در حال استفاده از هواپیما راحت‌تر خواهند بود. بر اساس نتایج به دست آمده دستگاه مورد بررسی در این تحقیق، نتوانسته است شاخص‌های ارگونومی را مورد توجه قرار دهد. به نحوی که می‌توان به مواردی همچون میزان روشنایی ناب‌های مختلف اشاره کرد. با توجه به این هواپیمای C-130 یکی از مهمترین هواپیماهای نه‌جا در این دوران که شدیداً دچار تحریم می‌باشد، قلمداد می‌گردد. نیازمند آن است که با دقت و توجه حاصل نسبت به تجهیز امکانات و دستگاه‌ها اقدام گردد. تجهیزاتی که اگر به لحاظ ارگونومی دقت نشود می‌تواند به سوانح مرگبار منجر شود. به عنوان مثال، نداشتن نور کافی در صفحات کلید دستگاه در مواقعی که به علت ابری بودن و یا پرواز شب نیاز است. در حقیقت، طراحان باید به این نکته دقت بیشتری داشته باشند. در جهت

ارگونومی بودن تجهیزات لازم است که وضعیت زاویه و قرارگیری نمایشگرها تنظیم، نحوه اطلاع‌رسانی اطلاعات مشکوک به کاربر، میزان سرعت پردازش اطلاعات دستگاه، سرعت عمل دستگاه از لحاظ آماده به کار شدن، کارایی کلی دستگاه، سرعت عمل دستگاه از لحاظ تعریف مسیر پروازی، توجه به کارایی دستگاه در مناطقی که جدیداً مورد جمینگ سیستم نوبری ماهواره‌ای قرار می‌گیرند، موضوعی مهم می‌باشد.

آنترپومتری مجموعه‌ای از داده‌های عددی مربوط به ویژگی‌های فیزیکی بدن انسان از نظر اندازه، شکل و قدرت و کاربرد این داده‌ها برای رفع مشکلات طراحی است. با آنترپومتری، اطمینان حاصل می‌شود که آن‌ها می‌توانند هواپیما را در عملیات عادی به طور ایمن اداره کنند و در صورت لزوم بر خروج اضطراری بدون آسیب اثر بگذارند. این داده‌های آنترپومتری را می‌توان برای اهداف زیادی استفاده کرد، مانند طراحی طرح‌های محصول برای به دست آوردن ابعاد ایده‌آل و مناسب با ابعاد انسان‌هایی که از آن‌ها استفاده می‌کنند. داده‌های اندازه‌گیری آنترپومتری نیز در طراحی کابین هواپیما بسیار مهم است که مهمترین معیار در طراحی فضای کابین خلبان، بعد قد خلبان در حالت نشسته (ارتفاع صندلی) است. سپس فاصله بین خلبان و دکمه‌ها نیز در نظر گرفته می‌شود تا خلبان راحت‌تر به دکمه‌ها دسترسی پیدا کند تا خلبان بتواند هواپیما را بدون مزاحمت با فاصله بین خلبان و ابزار هواپیما هدایت کند. بنابراین، در روزهای اولیه طراحی کابین خلبان هواپیما، طراح موظف می‌باشد اعضای بدن خلبان بالقوه را اندازه‌گیری کند تا بهترین اندازه را برای شکل کابین تعیین کند تا خلبان بتواند به راحتی از کابین استفاده کند. اندازه‌گیری‌های بدن خلبان آینده‌نگر از یک صندلی آنترپومتری استفاده می‌کند تا اندازه‌گیری‌های مورد نیاز را برای طراح آسان‌تر کند. با این حال، امروزه استفاده از داده‌های آنترپومتری تنها برای طراحی کابین هواپیماهای تجاری نیست، بلکه برای اندازه‌گیری اندازه بدن خلبانان آینده‌نگر استفاده می‌شود که آیا بدن آن‌ها یک معیار ایده‌آل برای تبدیل شدن به خلبانی است که این هواپیمای مسافربری را هدایت می‌کند. طراح با این صندلی می‌تواند فضای داخلی کابین هواپیما را نیز ایجاد کند و حتی صندلی‌هایی را طراحی کند که برای مسافران هواپیما در نظر گرفته شده است. ابزارهای آنترپومتری ابزاری برای اندازه‌گیری قسمت‌های مختلف بدن مانند ماهیچه‌ها، استخوان‌ها و بافت چربی یا چربی بدن هستند. گاهی اوقات اصطلاحات انواع تجهیزات آنترپومتری ممکن است گیج‌کننده باشد. از جمله مزایای آنترپومی می‌توان گفت که اندازه‌گیری‌های آنترپومتری غیر تهاجمی هستند. در مقایسه با سایر روش‌های ارزیابی وضعیت تغذیه، اندازه‌گیری‌ها با استفاده از تجهیزات نسبتاً ارزان و ساده سریع و آسان است. آن‌ها می‌توانند توسط افراد نسبتاً غیرماهر ساخته شوند. بر اساس یافته‌های تحقیق، متأسفانه دقت لازم در طراحی سامان در بخش آنترپومی نشده است. به نحوی که جوانب مختلف با مشکل مواجه هست. به عنوان نمونه می‌توان عدم تناسب بین وزن و قد و وضعیت ظاهری کارکنان پروازی اشاره کرد. که این موضوع نیازمند توجه بیشتری است. همانچنان که بیان گردید، با توجه به مداومت پروازی بالای این هواپیما در مأموریت‌های مختلف نه‌اجا و خارج از نه‌اجا نیازمند آن است که این بخش مورد بازنگری جدی قرار گیرد. از طرفی، میزان دسترسی به اطلاعات مختلف در دستگاه، آسان بودن و کاربرپسند بودن و سرعت عمل دستگاه از لحاظ تعریف تغییرات مسیر پروازی هم با مشکل مواجه می‌باشد.

پیشنهادهای کاربردی. به منظور بهبود سطح ارگونومی و آنترپومی در هواپیمای مورد بحث، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- به منظور تقویت وضعیت ارگونومی دستگاه مورد بحث در این تحقیق، با توجه به کم بودن دانش فنی و طراحی هواپیمایی در کشور، می‌توان از دستگاه‌های مشابه مانند تبلت‌های ای‌پد و یا دستگاه گارمین الگوبرداری نمود.
- تشک واحد تحقیق و پژوهش در زمینه آنترپومی و ارگونومی در سطح نیروی هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران.
- ارتقای سطح کیفی محصول در ابعاد مختلفی همانند تقویت میزان روشنایی کلیدهای صحنه کنترل پانل، میزان دسترسی به صفحه کنترل،
- بازطراحی سامانه بر اساس وضعیت بدنی کارکنان پروازی به نحوی که ابتدا وضعیت بدنی کارکنان پروازی در به صورت میدانی مورد بررسی قرار گرفته و سپس بر اساس آن اقدام گردد.
- به منظور استفاده آسان و راحت دستگاه، ابعاد مختلف انسانی مورد توجه قرار گیرد.

- به منظور تقویت مواردی همچون ارتقای کارایی در جنگ الکترونیک، قابلیت رقابت با نمونه‌های خارجی مورد نیازمند تقویت و بهبود سامانه می‌باشد.
- پیشنهادهای پژوهشی برای محققان آتی. با توجه به مطالعاتی که در این پژوهش صورت گرفت محقق پرداختن به پژوهش‌هایی در زمینه‌های ذیل را به پژوهشگران پیشنهاد می‌کند:
- تاثیر بکارگیری سامانه‌های مختلف ناوبری، ارتباطات و نظارت بومی و بازطراحی شده بر عملکرد ایمنی هواپیمای C-130
- مقایسه اثربخشی بکارگیری از دستگاه‌های بومی و دستگاه‌های غیربومی بر عملکرد ایمنی تجهیزات بومی.
- تاثیر دیجیتالی سازی تجهیزات کمک ناوبری بر عملکرد ایمنی کارکنان پروازی.
- محدودیت‌های پژوهش. در انجام هر پژوهشی با توجه به ماهیت ویژه‌ای که داراست محدودیت‌های خاصی وجود خواهد داشت. در طی انجام این پژوهش نیز محقق با محدودیت‌هایی مواجه گردید. این محدودیت‌ها می‌توانند بر نتایج مطالعه تأثیرگذار باشند. در زیر به تعدادی از محدودیت‌ها و موانعی که محقق در طی انجام مراحل پژوهش با آن مواجه گردید، اشاره شده است:
- با توجه به زمان جمع‌آوری داده‌ها، نتایج این تحقیق محدود به دوره زمانی فعلی می‌باشد و قابلیت تعمیم قطعی به زمان‌های دیگر را ندارد و ممکن است نتایج تحقیق و روابط بین متغیرها در زمان دیگر، متفاوت از نتایج فعلی این تحقیق باشد. به تعبیر دیگر، مدیریت هوانوردی موضوعی سیال است و از محیطی به محیط دیگر و از زمانی به زمان دیگر متفاوت خواهد بود.
- اثرات ناشی از ابزار اندازه‌گیری (پرسشنامه)، از آنجایی که افراد تمایل دارند برداشت مطلوبی از خود در دیگران ایجاد کنند، بنابراین ممکن است در پاسخ به سوالات سوءگیری داشته باشند.
- محدود بودن جامعه آماری به هواپیمای C-130، تعمیم‌پذیری نتایج را به دیگر هواپیماها محدود می‌کند، لذا تعمیم نتایج به سایر هواپیماها باید با احتیاط صورت گیرد.

منابع و مراجع

- عقیلیان نادر، رهامی محسن، و شامبیانی هوشنگ. اثر ایدئولوژی بر ارگونومی قانونی سیاست تقنینی: مروری بر ارگونومی قانونی، مجله ارگونومی، سال ششم، شماره ۲، صفحات ۶-۱، ۱۳۹۷.
- مستولی‌زاده ایمانه السادات، و ترابی فرد، مینا. ارزیابی فرهنگ ارگونومی در مرکز بهداشت شمال تهران به روش دلفی و با استفاده از پرسشنامه خیره"، *بهداشت و ایمنی کار*، سال ۱۲، شماره ۳، صفحات ۵۸۰-۵۹۴، ۱۳۹۸.
- حیدری مقدم رشید، خاصه علی اکبر، و کیلی مفرد حسین، فتاحی عباس، و امیری محمدرضا. شناسایی و تحلیل خاستگاه‌های تاریخی حوزه ارگونومی به روش طیف‌سنجی سال انتشار منابع، مجله ارگونومی، سال ۹، شماره ۲، صفحات ۵۷-۴۲، ۱۴۰۰.
- عطاری صابر، قربانپور علیرضا، سید مهدی سید محمد، و بابایی مسدوقی، یوسف. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر آموزش مداوم ارگونومی بر بهره‌وری و میزان مواجهه با ریسک فاکتورهای ارگونومی، مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، سال ۶، شماره ۲.
- مهدوی ندا، شفیعی مطلق مسعود، درویشی ابراهیم. (۱۳۹۸). اجرای مداخلات ارگونومی با استفاده از برنامه‌ی مشارکتی به روش پرفورم، مجله ارگونومی، سال ۷، شماره ۲، صفحات ۲۹-۱۹.
- سماک امنی آرزو، موعودی محمد امین، مهدوی مرتضی، قائم پناه فریبا. (۱۴۰۰). طراحی مفهومی مبدل میز ارگونومی با استفاده از داده‌های آنتروپومتری جامعه ایرانی، مجله ارگونومی، سال ۹، شماره ۳، صفحات ۱۲۰-۱۰۴.
- فاضلی انوشه، قاسم بیگی حسن، غفرانی محمد. (۱۴۰۰). ارزیابی استفاده از استانداردها و اصول ارگونومی در صنعت مبل‌مان ایران (مطالعه موردی: واحدهای تولیدی استان تهران، مجله ارگونومی، سال ۹، شماره ۱، صفحات ۱۱۷-۱۰۲).
- غنچه‌پور، دیبا، و بهره‌مند، عبدالرضا. (۱۴۰۱). مروری بر نگاه ترمودینامیکی به بیلان آب با تأکید بر انرژی و اصل تولید حداکثر انرژی، علوم و مهندسی آب و فاضلاب، سال ۷، شماره ۲، صفحات ۱۳-۴.
- Leydesdorff L, Bornmann L, Marx, W. and Milojević S. Referenced Publication Years Spectroscopy applied to iMetrics: Scientometrics, Journal of Informetrics, and a relevant subset of *JASIST*. *J Inf.*, 8(1), pp:162-74, 2014.
- Wray K. B., Bornmann L. "Philosophy of science viewed through the lenses of "Referenced Publication Years Spectroscopy"(RPYS). *Scientometrics*, 102(3):1987-96, 2015.
- Yao Q, Li X, Luo F, Yang L, Liu C, Sun J. "The historical roots and seminal research on health equity: a referenced publication year spectroscopy (RPYS) analysis". *Int J Equity Health*.8(1), 1-15, 2019.
- Parkinson, M. B., Garneau, C. J., "A survey of anthropometry and physical accommodation in ergonomics curricula". *Ergonomics*, 59, pp.143-154, 2016.
- Nagabhushana, L., & Sudha, K. "Aircraft Instrumentation and Systems". New Delhi, India: I. K. International Pvt Ltd, 2011.

Investigation of ergonomics and entropy in cabin design and installation of new devices in Air Force aircraft

1st Mohammadreza Marvi Nam, 2nd Javad Zarvandi, 3rd Amir Abbas Shahram

Abstract

The most important priority in any organization is the protection and maintenance of the workforce. Today, with the integration of sciences such as ergonomics, safety and health in work environments and the common goal that all these sciences seek to achieve, i.e. improving the safety and health of employees and productivity, Examining their impact on the above matters is of great importance. By knowing the existing situation in the organization and the attitude of people in this regard, it is possible to deal with many problems at their roots and correct them. The current research was conducted with the aim of examining ergonomics and entropy in cabin design and installation of new devices in Air Force planes. This research is quantitative in terms of applied type and descriptive-survey research in terms of research method. The statistical population of the research consisted of all the C-130 flight crews in the number of 60 people. The main data collection tool was a researcher-made questionnaire derived from theoretical foundations, whose face and content validity (CVR-CVI) and reliability were calculated and confirmed by Cronbach's alpha method. The obtained data will be analyzed in two descriptive and inferential sections. In the descriptive statistics section, tables, graphs and mean and standard deviation tests were used, and then in the inferential statistics section, the t-test was used. Also, the software used SPSS version 23 was analyzed. The results showed that ergonomics and entropy were not considered in the design of the cabin and the installation of new devices in Air Force planes and they are not in a good condition. Therefore, in order to strengthen the ergonomic status of the device discussed in this research, due to the lack of aviation knowledge in the country, similar devices such as iPad tablets or Garmin devices can be modeled. I believe that improving the quality of the product in various dimensions, such as increasing the brightness of the keys on the control panel, the amount of tampering with the control panel, and redesigning the system based on the physical condition of the flight staff can help improve this situation.

Key words: *Ergonomic behaviors, cockpit layout, pilot, flight safety. Ergonomic behaviors, entropy, cockpit layout, pilot, flight safet*