

شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های آنتروپومتریک مؤثر بر عملکرد خلبانان در کابین هواپیما

مصطفی مرادی^۱، حمیدرضا ضرغامی^{۲*}

۱- مربی مهندسی هوافضا، دانشکده پرواز دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران، ایران

۲- استادیار مهندسی صنایع، مرکز تحصیلات تکمیلی، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۴)

چکیده

با توجه به اهمیت عوامل انسانی و شاخص‌های آنتروپومتریک در عملکرد خلبانان به‌ویژه در هواپیماهای نظامی، این پژوهش باهدف شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های آنتروپومتریک مؤثر بر عملکرد خلبانان در داخل کابین هواپیما انجام شده است. روش پژوهش بدین‌صورت است که ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای و مرور گسترده پیشینه پژوهش، شاخص‌های اولیه آنتروپومتریک شناسایی و سپس با کمک روش توصیفی-پیمایشی مبتنی بر نظرات خبرگان پروازی و طب هوافضا به سنجش تأثیر و اولویت شاخص‌های شناسایی شده پرداخته می‌شود. ابزار تحلیل داده‌ها نرم‌افزار EXCEL و SPSS می‌باشد. با توجه به نرمال نبودن داده‌ها در بخش تحلیل استنباطی از آزمون‌های آماری ناپارامتریک (آزمون دو جمله‌ای) و برای بررسی تفاوت اولویت متغیرها از آزمون فریدمن استفاده شد. نتایج پژوهش شاخص‌ها و فاکتورهای مهم و اولویت‌دار این عرصه را مشخص کرد. بر این مبنای شاخص‌های مهم و تأثیرگذار حیاتی به ترتیب اولویت عبارت‌اند از: «وزن، ارتفاع شانه در حالت ایستاده، قد، ارتفاع چشم ایستاده، ارتفاع چشم نشسته، ارتفاع در حالت نشسته، ارتفاع زانو در حالت نشسته و...». اولویت‌بندی شاخص‌ها می‌تواند ملاک‌ها و معیارهایی برای گزینش دانشجویان خلبانی در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش خلبانی از سویی و از دیگر سو تخصیص خلبانان به هواپیماهای متناسب مورد استفاده قرار گیرد. همچنین توجه به شاخص‌های آنتروپومتریک می‌تواند در مراکز طراحی هواپیما (نظامی و کشوری) بهره‌برداری شود.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های آنتروپومتریک، خلبان، هواپیمای نظامی، کابین هواپیما

To Identify and Prioritize Anthropometric Characteristics for Enhancing Performance of Pilots in Aircraft Cockpit

Abstract

Regarding the importance and critical effect of human factors and anthropometric characteristics on the pilots' performance, especially in military area, the purpose of this research is to identify and detect priority of critical anthropometrics' factors affecting performance of pilots in the aircraft cockpit. Research method is based on comprehensive literature review in first step, then the identified factors will be evaluated based on recommendations of flight experts. Analyzing of gathered data has been done using descriptive and inferential statistics via EXCEL and SPSS software. As the collected data were not normal, non-Para metric's statistical tests were used to analyze the data. The results identified a greater number of critical factors that can be used to evaluate flight military and civil candidates in educational centers of flight and Shahid Sattari Aeronautical University of Science and Technology. These factors include: weight, shoulder altitude in standing up position, height, eye altitude in standing up position, eye altitude in sitting position, altitude in sitting position, knee altitude in sitting position, and so on. Besides, research and developmental centers which work on designing cockpits of military and civil aircrafts can use the results of this research for more effective design.

Keywords: Anthropometric characteristics, Pilot, Military aircraft, Aircraft cockpit

* نویسنده پاسخگو: حمیدرضا ضرغامی، تلفن: ۰۹۱۲۸۴۶۰۵۱۷، پست الکترونیک: Zarghami@ssau.ac.ir

این مقاله تحت لایسنس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لایسنس از آدرس <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode> دیدن فرمایید.



مقدمه

یکی از حوزه‌های مهم در بخش‌های صنعتی دنیا، انسان‌محوری در طراحی‌ها و تخصیص‌ها می‌باشد. یکی از زمینه‌های اصلی علمی در این مقوله، علم ارگونومی، آنتروپومتری و بیومکانیک شغلی بوده که توجه زیادی را در این عرصه به خود معطوف کرده است [۱]. با توجه به سابقه بیش از ۲ قرن از ظهور و بروز این علوم در دنیا و پژوهش‌های متعدد انجام‌شده در این زمینه، رشد شگفت‌انگیزی در بهره‌برداری از این علوم در عرصه هوانوردی در بخش نظامی و عمومی به چشم می‌خورد [۲ و ۳].

با این‌وجود تاکنون پژوهش‌های بسیار محدودی برای کاربری‌های طرفیت‌های این علوم حیاتی در حوزه خلبانی، طراحی هواپیما و کاهش سوانح پروازی در ایران انجام‌شده است [۴].

آنتروپومتری یکی از مهم‌ترین حیطه‌های ارگونومی محسوب می‌شود که هدف آن اندازه‌گیری ویژگی‌هایی از انسان است که بر طراحی یک محصول خاص اثرگذار خواهد بود. فراهم‌سازی اطلاعات آنتروپومتری در یک جامعه می‌تواند به طراحی‌های موردنیاز آن جامعه کمک فراوانی نماید. بر این مبنا طراحان با در اختیار داشتن ابعاد آنتروپومتری قادر هستند کالاهای محصولات را طراحی نمایند که ضمن کسب رضایت کاربران، موفقیت اقتصادی و دستیابی به اهداف سیستم‌ها و سازمان‌ها را با سلامت و رفاه کاربران مهیا نمایند. اقوام هر کشور و حتی منطقه‌ای بدلیل شرایط اقلیمی، نژادی و تغذیه‌ای از ابعاد بدنی متفاوتی برخوردار هستند و از نظر آنتروپومتری تفاوت‌هایی با اقوام دیگر کشورها دارند. از سویی دیگر ابعاد آنتروپومتری می‌تواند در بین افراد یک کشور نیز متفاوت باشد، به ویژه در کشورهای وسیع و با شرایط اقلیمی و نژادی مختلف مانند کشور ایران. لذا گردآوری اطلاعات آنتروپومتری می‌تواند کمک شایانی به تولیدکنندگان محصولات و کالاها بنماید [۵].

در مطالعات آنتروپومتری که هدف عمده آن استفاده نتایج برای طراحی محیط‌های کاری است، ابعاد متنوعی مانند ارتفاع، پهنا، عمق، طول، محیط، انحنا، فاصله و ... جمع‌آوری می‌شوند [۴]. در این راستا در منابع مختلف داخلی، شاخص‌ها و عوامل چندگانه و متفاوتی برای سایر موضوعات و عرصه‌های علمی و عملی مختلف مطرح و موردبررسی واقع شده است [۶ و ۷].

با این‌وجود در عرصه‌های دفاعی و به‌ویژه خلبانی نظامی، تحلیل‌های بسیار اندکی در استفاده و بهره‌برداری از

شاخص‌های آنتروپومتریک گزارش شده است [۴ و ۵] لذا در پژوهش حاضر ابتدا با مرور و واکاوی عمیق مبانی نظری و پیشینه مطالعات مرتبط با شاخص‌های آنتروپومتریک به شناسایی فاکتورهای عمومی مورداستفاده در عرصه‌های مختلف پرداخته می‌شود و پس از شناسایی عوامل یادشده، با هدف استفاده این شاخص‌ها در طراحی‌های مرتبط با کابین هواپیمای نظامی و مسافری، به تعیین میزان اهمیت و اولویت این شاخص‌ها در این مقوله حساس پرداخته خواهد شد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ارگونومی

کلمه ارگونومی از دو واژه یونانی ergo به معنی کار و nomies به معنی قانون است. در اصطلاح ارگونومی عبارت است از دانش به کار بردن اطلاعات علمی دریافت شده از بدن انسان برای طراحی محیط کار. به‌طوری‌که در این دانش از نظر فیزیولوژیکی و ساختار بدنی، تمام ظرفیت‌ها و توانمندی‌های انسان بررسی شده و اطلاعات به‌دست‌آمده در طراحی دقیق محیط کاری استفاده می‌شود.

ارگونومی در ۴ شاخه کلی خلاصه و تشریح می‌شود که این ۴ شاخه عبارت‌اند از «فیزیولوژی کار»، «روان‌شناسی مهندسی»، «بیومکانیک» و «آنتروپومتری». در ادامه به تشریح هر یک از این ۴ بعد پرداخته خواهد شد [۴].

فیزیولوژی کار

فیزیولوژی کار یکی از زیرشاخه‌های مهم ارگونومی است به‌طوری‌که فاکتورهایی مانند ارزیابی توانایی کاری، ضربان قلب، اکسیژن مصرفی و ویژگی‌های فیزیکی کاربر و ابزار، با استفاده از طراحی دقیق منجر به کارایی بهینه و کمتر شدن آسیب‌های وارده می‌شود. هم‌چنین اختلالات ناشی از عدم تطابق قابلیت‌های فردی و نیازمندی‌های شغلی را کاهش می‌دهد و باعث ممانعت از اختلالات عضلانی و اسکلتی می‌شود.

روان‌شناسی مهندسی

این زیرشاخه از ارگونومی تلاش دارد تا با طراحی دقیق، روابط انسان با وسایل مکانیکی و محیط کار را تطبیق دهد و ماشین‌هایی را طراحی کنند تا حین کار در بخش‌های مختلف، امنیت و راحتی آن‌ها تأمین‌شده و عملکرد سیستم بهبود یابد.

این بخش بیشتر بر جنبه‌های بهداشت و سلامت روانی تأکید دارد و سعی دارد از اختلالات ناخواسته جلوگیری کند.

بیومکانیک

بیومکانیک (بیومکانیک)، علم مکانیک را در علوم پزشکی بررسی می‌کند. مهندسی بیومکانیک کاربرد ترکیبی از مهندسی مکانیک و علم پزشکی در زندگی انسان بوده و سعی در بهبود زندگی بشر دارد.

آنتروپومتری

آنتروپومتری یکی از مهم‌ترین حیطه‌های ارگونومی محسوب می‌شود که هدف آن اندازه‌گیری ویژگی‌هایی از انسان است که بر طراحی یک محصول خاص اثرگذار خواهد بود. فراهم‌سازی اطلاعات آنتروپومتری در یک جامعه می‌تواند به طراحی‌های موردنیاز آن جامعه کمک فراوانی نماید. بر این مبنا طراحان با در اختیار داشتن ابعاد آنتروپومتری قادر هستند کالاها و محصولات را طراحی نمایند که ضمن کسب رضایت کاربران، موفقیت اقتصادی و دستیابی به اهداف سیستم‌ها و سازمان‌ها را با سلامت و رفاه کاربران مهیا نماید. اقوام هر کشور و حتی منطقه‌ای به دلیل شرایط اقلیمی، نژادی و تغذیه‌ای از ابعاد بدنی متفاوتی برخوردار هستند و از نظر آنتروپومتری تفاوت‌هایی با اقوام دیگر کشورها دارند. از سویی دیگر ابعاد آنتروپومتری می‌تواند در بین افراد یک کشور نیز متفاوت باشد، به‌ویژه در کشورهای وسیع و با شرایط اقلیمی و نژادی مختلف مانند کشور عزیزمان ایران. لذا گردآوری اطلاعات آنتروپومتری می‌تواند کمک شایانی به تولیدکنندگان محصولات و کالاها بنماید [۴].

آگاهی از ابعاد موردنیاز برای طراحی‌ها، پیش از گردآوری اطلاعات آنتروپومتری؛ سبب هدف‌دار بودن اندازه‌گیری‌ها می‌شود. چراکه برای طراحی هر ابزار یا ایستگاه کاری، ابعاد آنتروپومتری ویژه‌ای موردنیاز است که دسترسی طراحی به‌اندازه آن ابعاد، به‌تناسب بیشتر محصول تولیدی منجر خواهد شد. در مطالعات آنتروپومتری، هدف عمده استفاده نتایج برای طراحی محیط‌های کاری، ابعاد متنوعی مانند ارتفاع، پهنا، عمق، طول، محیط، انحنا، فاصله و ... جمع‌آوری می‌شوند.

در ادامه به مروری بر پژوهش‌های مرتبط داخلی و خارجی پرداخته می‌شود.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که به‌جز پژوهش منتشرشده مرادی و همکاران (۱۴۰۰) [۴] پژوهشی مرتبط با خلبانی

۱. فضای پشت سر.
 ۲. حرکت و جابجایی Rudder pedal
 ۳. دید داخلی و خارجی.
 - ۴- تناسب فضای استاتیک زانو، پا و تنه در کابین.
 ۵. فضای عملیاتی حرکت پی خلبان.
 ۶. فضای عملیاتی پا با دستگیره (Stick) کنترل حرکتی (توانایی خلبان در حرکت دستگیره از طریق طیف گسترده‌ای از ابزارهای موردنیاز کابین).
 ۷. دستیابی دست به استیک (Stick).
- ابعاد آنتروپومتری مورد مطالعه در پژوهش یادشده عبارت‌اند از:

- ارتفاع چشم، نشسته
- طول پا
- طول باسن-زانو
- ارتفاع زانو، نشسته
- طول دست
- ارتفاع شانه
- عرض شانه (عرض آکرومیالها)
- فضای قلم پا تا پنل ابزار(قلم تا لبه پایینی پنل اصلی)
- ارتفاع نشستن

بنابراین و بر مبنای موارد عنوان شده در جدول ۱ با توجه به فقدان مطالعات کافی در بررسی جایگاه شاخص‌های آنتروپومتریک؛ در این پژوهش به بررسی تأثیر و اولویت شاخص‌های یادشده در خلبانی نظامی پرداخته می‌شود. لذا سؤالات پژوهش حاضر عبارت است از:

- ۱- شاخص‌های آنتروپومتریک مهم مؤثر بر عملکرد خلبانان شامل چه مواردی است؟
- ۲- اولویت شاخص‌های آنتروپومتریک مهم مؤثر بر عملکرد خلبانان در کابین هواپیما به چه ترتیب است؟

جدول ۱- شاخص‌های آنتروپومتریک شناسایی شده

ردیف	شاخص آنتروپومتریک / ابعاد بدنی	تعریف مختصر شاخص
۱	وزن (شکل ۱)	میزان وزن بدن برحسب کیلوگرم
۲	ارتفاع چشم نشسته (شکل ۱۰)	فاصله عمودی از سطح نشستگاه تا گوشه داخلی چشم
۳	ارتفاع شانه ایستاده (شکل ۴)	فاصله عمودی از سطح زمین تا زائده آکرومیون استخوان کتف (نوک استخوان شانه)
۴	قد (شکل ۲)	فاصله عمودی از سطح زمین تا نوک سر
۵	ضخامت ادور ران (شکل ۱۳)	فاصله عمودی از سطح نشستگاه تا سطح فوقانی بافت نرم ران و ضخیم‌ترین نقطه آن (معمولاً جایی که به شکم متصل می‌شود)
۶	ارتفاع در حالت نشسته (شکل ۹)	فاصله عمودی از سطح نشیمنگاه تا نوک سر
۷	طول باسن - زانو (شکل ۱۴)	فاصله افقی از پشت کفل تا جلوی کاسه زانو
۸	ارتفاع زانو در حالت نشسته (شکل ۱۶)	فاصله عمودی از سطح زمین تا سطح فوقانی زانو
۹	ارتفاع شانه در حالت نشسته (شکل ۱۱)	فاصله عمودی از سطح نشستگاه تا نوک استخوان شانه
۱۰	ارتفاع چشم در حالت ایستاده (شکل ۳)	فاصله عمودی از سطح زمین تا گوشه داخلی چشم
۱۱	ارتفاع آرنج در حالت ایستاده (شکل ۵)	فاصله عمودی از سطح زمین تا زائده اعلائی مربوط به زند زیرین
۱۲	ارتفاع آرنج در حالت نشسته (شکل ۱۲)	فاصله عمودی از سطح نشستگاه تا سطح داخلی آرنج
۱۳	طول باسن - فضای رکبی (شکل ۱۵)	فاصله افقی از پشت کفل تا زاویه رکبی، در پشت زانو، جایی که پشت ساق به قسمت تحتانی ران متصل می‌شود

لازم است دوباره تأکید شود که هر چند در فضای مرتبط با خلبانی نظامی و کابین هواپیما، تاکنون به این شاخص‌ها پرداخته نشده است ولیکن در حد جامعی در سایر عرصه‌ها از مشخصه‌های آنتروپومتریک استفاده شده است. به‌عنوان نمونه در یکی از پژوهش‌های مربوط به گردآوری و تحلیل داده‌های مرتبط با ۳۶ مورد از مشخصه‌های آنتروپومتریک مرتبط با نوآموزان ۲ تا ۶ سال مهدکودک و پیش‌دبستان‌های شهر اصفهان پرداخته شده است [۷]. با توجه به ارتباط کم موضوعی پژوهش‌های عنوان شده با مشخصه‌های آنتروپومتریک مطرح در فضای خلبانی و کابین هواپیما و رعایت اختصار و حجم مورد انتظار مقاله به شرح تفصیلی پژوهش‌های یادشده پرداخته نمی‌شود.

جمع‌بندی مبانی نظری و بررسی‌های متعدد پیشینه مطالعات انجام شده در سایر عرصه‌های داخلی این حوزه (به‌عنوان نمونه: صادقی و همکاران، ۱۳۹۲ [۶]؛ مرکز سلامت محیط و کار پژوهشکده محیط زیست، ۱۳۹۲ [۹]؛ زرین کفش و همکاران، ۱۳۹۸ [۷]؛ برارپور و دبیدی روشن، ۱۴۰۰ [۱۰]) و نتایج پژوهش‌های منتشرشده در مراجع معتبر بین‌المللی (باکل و همکاران، ۱۹۹۰ [۱۱]؛ لی و همکاران، ۲۰۱۳ [۱۲]؛ پورطاقی و همکاران، ۲۰۱۴ [۱۳]؛ مویسیو و همکاران، ۲۰۱۸ [۱۴]؛ فلاح محمدی و سبجانی، ۲۰۱۹ [۱۵]؛ گومز و همکاران، ۲۰۲۰ [۱۶])، این نتیجه را حاصل می‌کند که شاخص‌های مهم آنتروپومتریک در حالت کلی قابل خلاصه‌سازی در جدول شماره (۱) می‌باشد. تعریف دقیق این شاخص‌ها، به‌صورت شماتیک و گرافیکی در پیوست ۱ درج شده است. لازم به ذکر است که این تصاویر نیز در پرسشنامه ارسالی به خبرگان برای تأیید و اولویت‌بندی میزان تأثیر شاخص‌ها در عرصه هوانوردی و خلبانی نیز پیوست شد.

اندازه‌گیری از مرکز میله استوانه‌ای شکل که کاملاً در کف دست‌ها گرفته شده است صورت می‌گیرد. بازو به‌طور عمودی بالای سر قرار می‌گیرد و اندازه‌گیری از سطح نشستگاه صورت می‌گیرد	حد دسترسی چنگش در حالت نشسته (شکل ۳۶)	۳۰
--	---	----

روش اجرای پژوهش

پژوهش حاضر با توجه به هدف شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های آنتروپومتریک مؤثر بر عملکرد خلبانان در کابین هواپیما و به‌ویژه هواپیماهای نظامی از حیث روش، پژوهشی کاربردی است. و چون با کمک نتایج گسترده مطالعاتی از پژوهش‌های پیشین مرتبط با موضوع در این خصوص و مراجع معتبر ملی و بین‌المللی انجام شده و بر آن مبنا مدل و چارچوب اولیه شاخص‌ها شکل گرفته و سپس با بهره‌گیری از نظرات خبرگان و انجام مصاحبه و پرسشنامه انجام‌شده از روش‌های مطالعات کتابخانه‌ای و روش‌های پیمایشی بهره برده است.

جامعه آماری و خبرگان حائز شرایط برای مشارکت در پژوهش عبارت‌اند از خلبانان و اساتید خلبانی دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، متخصصان فنی مرتبط با پرواز و آشنا با کابین هواپیما (به‌ویژه متخصصان برج مراقبت / کنترل ترافیک هوایی) در پایگاه مهرآباد و متخصصان طب هوافضای شاغل در بیمارستان بعثت نهجا که از در طبقه با توجه به محدود بودن جامعه آماری به شیوه تمام‌شماری نمونه‌گیری صورت گرفته و در یک بازه طولانی‌مدت (به علت نیاز به جمع‌آوری حد قابل قبولی از پرسشنامه‌ها) با پیگیری چندین باره و تعاملات دوستانه با خبرگان، درصد قابل‌توجهی (در کل حدود بیش از ۹۰ درصد بازگشت پرسشنامه اتفاق افتاد). لازم به ذکر است که جدول تعداد خبرگان، تعداد مشارکت‌کننده و درصد پاسخ هر طبقه به‌صورت جدول ۲ است. بر این مبنا کفایت حداقل نمونه‌گیری، بر اساس جدول مورگان (که نوع سخت‌گیرانه و نسبتاً دقیقی از نمونه‌گیری را ارائه می‌دهد) مورد تأیید قرار گرفت و ادامه تحلیل‌های پژوهش با کمک ابزارهای آمار توصیفی و استنباطی و بهره‌گیری از نرم‌افزارهای EXCEL و SPSS انجام شد. با توجه به نرمال نبودن داده‌ها از روش‌ها و آزمون‌های ناپارامتریک در بخش استنباطی استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که بعد از شکل‌گیری مبانی نظری و استخراج عوامل آنتروپومتریکی از پیشینه پژوهش، پرسش‌نامه محقق‌ساخته بر آن اساس طراحی

۱۴	ارتفاع رکیبی (شکل ۱۷)	فاصله عمودی از سطح زمین تا زاویه رکیبی داخلی زانو
۱۵	پهنای شانه (شکل ۱۸)	حداکثر پهنای افقی شانه‌ها که در محل پیش‌آمدگی عضله‌های دالی شکل اندازه‌گیری می‌شود
۱۶	پهنای باسن (شکل ۲۰)	حداکثر فاصله افقی در عرض کفل‌ها در وضعیت نشسته
۱۷	عمق سینه (شکل ۲۱)	حداکثر فاصله افقی از صفحه مرجع عمودی تا جلوی سینه
۱۸	عمق شکم (شکل ۲۲)	حداکثر فاصله افقی از صفحه مرجع عمودی تا جلوی شکم در وضعیت نشسته استاندارد
۱۹	طول شانه - آرنج (شکل ۲۳)	فاصله بین زائده آکرومیون استخوان کتف و سطح داخلی آرنج در وضعیت نشسته استاندارد
۲۰	طول آرنج تا نوک انگشتان (شکل ۲۴)	فاصله بین پشت آرنج و نوک انگشت میانه در وضعیت نشسته استاندارد
۲۱	طول شانه - چنگش (شکل ۲۶)	فاصله زائده آکرومیون استخوان کتف تا مرکز شیه که به‌وسیله دست گرفته می‌شود هنگامی که آرنج و مچ کاملاً مستقیم هستند
۲۲	طول سر (شکل ۲۷)	فاصله نقطه بین ابروان و استخوان پس سر در خط میانی
۲۳	پهنای سر (شکل ۲۸)	حداکثر پهنای سر در بالای سطح گوش‌ها
۲۴	طول دست (شکل ۲۹)	فاصله بین مچ تا نوک انگشت میانی هنگامی که دست به حالت مستقیم و محکم گرفته شده است
۲۵	پهنای دست (شکل ۳۰)	حداکثر پهنای در عرض کف دست
۲۶	طول کف پا (شکل ۳۱)	فاصله موازی با محور طویل کف پا از پشت پاشنه تا نوک بلندترین انگشت پا
۲۷	پهنای کف پا (شکل ۳۲)	حداکثر پهنای افقی در هر نقطه‌ای از کف پا که باشد در عرض پا عمود بر محور طولی آن
۲۸	فاصله بین نوک آرنج راست و چپ (شکل ۳۳)	فاصله بین نوک آرنج دست راست و چپ هنگامی که اندام‌های فوقانی به طرفین کشیده شده‌اند و آرنج کاملاً خم شده است به‌طوری‌که نوک انگشتان قفسه سینه را لمس می‌کند
۲۹	حد دسترسی چنگش در حالت ایستاده (شکل ۳۵)	اندازه‌گیری از مرکز میله استوانه‌ای شکل که کاملاً در کف دست‌ها گرفته شده است صورت می‌گیرد. بازو به‌طور عمودی بالای سر قرار می‌گیرد و اندازه‌گیری از سطح زمین صورت می‌گیرد

نتایج آمار توصیفی تأثیر شاخص‌های شناسایی شده بر عملکرد خلبانان در جدول شماره ۴ درج شده است.

جدول ۴ - مقادیر توصیفی اهمیت شاخص‌های آنتروپومتریک بر

عملکرد خلبانان

کد شاخص	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار
۱	3.00	5.00	3.9245	۰.۸۷۳۴
۲	1.00	5.00	3.4151	1.16741
۳	1.00	5.00	3.3396	1.07316
۴	1.00	5.00	3.5000	۰.۸۷۴۴۷
۵	1.00	5.00	2.7736	1.17082
۶	1.00	5.00	3.2453	1.05440
۷	1.00	5.00	2.7736	1.08560
۸	2.00	5.00	3.1887	۰.۹۶۱۹۰
۹	1.00	5.00	2.8868	1.20353
۱۰	1.00	5.00	3.3333	1.03280
۱۱	1.00	5.00	2.8491	1.08124
۱۲	1.00	5.00	3.0000	1.05612
۱۳	1.00	5.00	2.8491	1.11625
۱۴	1.00	5.00	2.9245	1.10678
۱۵	1.00	5.00	2.6538	1.06430
۱۶	1.00	5.00	2.6981	1.16989
۱۷	1.00	5.00	2.5769	۰.۹۶۶۹۸
۱۸	1.00	5.00	3.0377	1.14291
۱۹	1.00	5.00	3.1731	1.16688
۲۰	1.00	5.00	3.1321	1.11005
۲۱	1.00	5.00	2.8600	1.19540
۲۲	1.00	5.00	2.9623	1.03705
۲۳	1.00	5.00	2.7736	1.10317
۲۴	1.00	5.00	3.1154	۰.۹۶۳۱۲
۲۵	1.00	5.00	2.8868	1.08593
۲۶	1.00	5.00	2.9811	۰.۹۷۰۵۴
۲۷	1.00	5.00	2.7400	1.20898
۲۸	1.00	5.00	3.0000	1.00976
۲۹	1.00	5.00	2.9423	۰.۹۳۷۵۳
۳۰	1.00	5.00	3.2885	1.17718

آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها

و روایی صوری و محتوایی پرسشنامه با کمک تعداد ۵ نفر از خبرگان و اساتید دانشگاهی به محک آزمون گذاشته شد و پس از اعمال نظرات ایشان به جامعه آماری ارسال شد. به منظور تأیید پایایی ابزار، نیز میزان آلفای کرونباخ محاسبه شد که مقدار ۹۵٫۹ به دست آمده که برای پژوهش‌های این‌چنینی میزان بسیار بالایی است.

یافته‌ها

نتایج تحلیل ویژگی‌های جمعیت‌شناختی خبرگان مورد مطالعه در جدول ۳ درج شده است. لازم به ذکر است که تعداد خبرگان پژوهش که پرسشنامه را تکمیل کرده‌اند، ۵۸ نفر بوده است (دلیل عدم انطباق تعداد برخی ویژگی‌ها با عدد یادشده این است که تعداد کمی از خبرگان به برخی از ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ نداده‌اند).

جدول ۲ - نرخ مشارکت خبرگان و فعالان پژوهش

درصد پاسخ	تعداد پرسشنامه (نمونه تکمیل شده)	تعداد جامعه	دسته شغلی خبرگان
83.3 3	۲۰	24	خلبان
93.1 0	27	29	فنی هوانوردی
100. 0	۸	8	بهداشت حرفه‌ای

جدول ۳ - ویژگی‌های جمعیت‌شناختی خبرگان

ویژگی	دسته	فراوانی	درصد فراوانی	درصد فراوانی تجمعی
سن	زیر ۳۰	12	20.7	21.4
	۳۱-۴۰	27	46.6	69.6
	۴۱-۵۰	14	24.1	94.6
تحصیلات	بالای ۵۰	3	5.2	100.0
	کارشناسی	32	55.2	61.5
	کارشناسی ارشد	18	31.0	96.2
سمت	دکتری	2	3.4	100.0
	کارشناس	27	46.6	57.4
	معاون مدیر	4	6.9	66.0
تخصص	مدیر میانی	15	25.9	97.9
	فرمانده	1	1.7	100.0
	خلبان	20	34.5	36.4
	فنی هوانوردی	27	46.6	85.5
	بهداشت حرفه‌ای	8	13.8	100.0

به منظور بررسی یکسان بودن اهمیت (رتبه‌بندی) شاخص‌های آنتروپومتریکی، از آزمون فریدمن ۳ استفاده شد، بدین منظور فرض صفر و فرض مقابل آماری به صورت زیر تعریف می‌شوند:

H_0 : اولویت اهمیت شاخص‌های شناسایی شده در عملکرد خلبانان یکسان است.

H_1 : اولویت اهمیت شاخص‌های شناسایی شده در عملکرد خلبانان متفاوت است.

از آنجاکه میزان سطح معنی‌داری آزمون ۰/۰۰۰ به دست آمد و چون این میزان کمتر از ۰/۰۵ است، فرض صفر رد شد. نتایج حاصل از اولویت‌بندی و میانگین رتبه هر یک از شاخص‌های شناسایی شده بر اساس نظرات خبرگان خلبانی، فنی و متخصصان بهداشت ایمنی در جدول ۵ نمایش داده شده است. بر این مبنا ضمن تأکید بر این نکته که تمام عوامل شناسایی شده با میانگین بالایی مورد پذیرش قرار گرفته‌اند، می‌توان عنوان داشت که اگر بخواهد تأکید و ترتیبی بر اولویت و تقدم تأثیر شاخص‌های شناسایی شده بر عملکرد خلبانان صورت پذیرد، ترتیب و اولویت عوامل برحسب میانگین به شرح جدول ۵ است.

جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

پژوهش حاضر باهدف شناسایی و اولویت‌بندی فاکتورهای مهم و حیاتی آنتروپومتریکی مؤثر بر عملکرد خلبانان در کابین هواپیما و به‌ویژه هواپیماهای نظامی به انجام رسید. با توجه به محدودیت مطالعات منتشرشده در این حوزه در عرصه نظامی و دفاعی ایران به صورت عام و به‌ویژه محدودیت منابع مرتبط با عرصه نظامی ایران به زبان فارسی^۴ و به‌ویژه فقدان مطالعات منتشرشده در حوزه خلبانی نظامی [۴]، بعد از مطالعات عمیق در منابع اصیل بین‌المللی مرتبط با علوم نظامی با تمرکز بر عرصه هوانوردی نظامی، منابع عمومی مرتبط با شاخص‌های آنتروپومتریکی مورد مذاقه قرار گرفت و مهم‌ترین شاخص‌های آنتروپومتریکی به شرح جدول ۱ شناسایی شد.

به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها، از آزمون کولموگوروف - اسمیرنوف^۱ استفاده شد. فرض صفر و فرض مقابل آماری برای این آزمون عبارت است از:

H_0 : توزیع داده‌های مربوط به شاخص‌های آنتروپومتریکی مؤثر بر عملکرد خلبانان نرمال است.

H_1 : توزیع داده‌های مربوط به شاخص‌های آنتروپومتریکی مؤثر بر عملکرد خلبانان نرمال نیست.

از آنجاکه سطح معنی‌داری آزمون برای تمامی متغیرهای مورد بررسی ۰,۰۰۰ به دست آمد، بنابراین فرض صفر آماری رد شده و ادعای نرمال بودن توزیع داده‌ها تأیید نمی‌شود. بر این مبنا از آزمون‌های ناپارامتریکی برای تحلیل داده‌ها استفاده می‌شود.

بررسی تأیید شاخص‌های آنتروپومتریکی شناسایی شده بر عملکرد خلبانان

به منظور بررسی پذیرش یا عدم پذیرش هر یک از فاکتورهای آنتروپومتریکی شناسایی شده مؤثر بر عملکرد خلبانان در کابین هواپیما منطبق بر نظرات خبرگان، از آزمون دو جمله‌ای ۲ استفاده شد. بدین منظور فرض صفر و فرض مقابل آماری به صورت زیر برای هر یک از متغیرها تعریف می‌شوند:

$$\begin{cases} H_0: p \leq 0.5 \\ H_1: p > 0.5 \end{cases}$$

لازم به ذکر است که p نسبت خبرگانی است که نظری مبنی بر تأثیر بیش از حد متوسط عوامل شناسایی شده بر روی موضوع مورد بررسی داشته‌اند.

از آنجایی که سطح معنی‌داری آزمون برای تمام عوامل شناسایی شده به عنوان شاخص‌های آنتروپومتریکی مؤثر بر عملکرد خلبانان ۰,۰۰۰ به دست آمد. بنابراین برای کلیه موارد فرض صفر بالا رد شده و فرض مقابل آماری پذیرفته می‌شود. یعنی اکثر خبرگان عوامل شناسایی شده را به عنوان عواملی مؤثر در عملکرد خلبانان تلقی کرده‌اند و بنابراین عوامل شناسایی شده پذیرفته می‌شود.

نتایج مرتبط با اولویت‌بندی شاخص‌های آنتروپومتریکی

3. Friedman Test

۴. جالب است که برخی از منابع معتبر جهانی مرتبط در حوزه بین‌المللی که نمونه‌های موردی آن نیز ایرانی بوده است و در مراجع این پژوهش نیز استفاده شد، در داخل و به زبان فارسی ارائه نشده بودند.

۱. Kolmogorov-Smirnov

2. Binominal test

الف) تعیین استاندارد شاخص‌ها: بر اساس شاخص‌های شناسایی شده در این پژوهش برای هر یک از انواع هواپیماهای نظامی و غیرنظامی در مراکز مرتبط با تدوین استانداردهای پروازی به تعیین استانداردهای مورد نیاز پرداخته شود. بدیهی است که تعیین میزان استاندارد قابل قبول می‌تواند در مسیر مکمل این پژوهش بوده و تأکید افراد متخصص این عرصه برای تعیین اندازه‌های دقیق برای حدود بالا و پایین پذیرش برای خلبانان با اولویت فاکتورهای دارای اهمیت بالاتر (رتبه ۱ تا ۱۰ و حداکثر ۱۵) در فاز نخست باید به سرعت انجام پذیرد تا زین پس بتواند در انتخاب دانشجویان خلبانی هواپیما و به‌ویژه خلبانان جنگنده بیشتر مورد دقت قرار گیرد.

ب) دقت نظر به فاکتورهای شناسایی و اولویت‌های نخست در طراحی کابین هواپیما: همچنین برای مراکز پژوهشی و تحقیقاتی مرتبط با طراحی هواپیما نیز پیشنهاد می‌شود که با دقت نظر در شاخص‌های شده و با کمک استانداردهایی که در اسرع وقت با مشارکت ایشان و مراکز استاندارد مربوطه تعیین می‌شود، در تمام انواع طراحی‌های کابین هواپیمای جنگنده و مسافری به این عوامل دقت لازم صورت پذیرد.

ج) تشکیل پایگاه داده‌ای فاکتورهای آنترپومتریکی در مراکز دفاعی: با توجه به محدودیت توجه به فاکتورهای آنترپومتریکی در فضای فارسی‌زبان، به دغدغه‌مندان عرصه‌های صنعتی و به‌ویژه صنعت نظامی، پیشنهاد می‌شود که ضمن طراحی و تکمیل پایگاه‌های داده‌ای از میزان و مقادیر شاخص‌های آنترپومتریکی کارکنان زمینه بهبود سیاست‌گذاری‌های این عرصه را مهیا نمایند. چرا که نتایج بررسی‌های و مطالعات انجام برای این پژوهش نشان داد که در برخی از کشورهای پیشرو این قبیل پایگاه‌ها از بیش از ۴۰ سال قبل تشکیل و بر مبنای آن برنامه‌ریزی صورت می‌پذیرد (به‌عنوان مثال: کلاسر، ۱۹۷۲ در آمریکا [۱۸]).

در پایان با استفاده از نظرات تخصصی خبرگان عرصه خلبانی، تلاش شد تا اولویت اهمیت شاخص‌های یادشده به لحاظ تأثیر بر عملکرد خلبانان در کابین هواپیما شناسایی شوند. نتایج پژوهش که بر اساس نظر خبرگان پروازی (شامل خلبانان، پرسنل متخصص فنی مرتبط و آشنا با فضای کابین هواپیما و همچنین متخصصان طب هوافضا) انجام شد، نشان داد که اولاً تمامی شاخص‌های شناسایی به‌صورت میانگین در عملکرد خلبانان در داخل کابین مهم تشخیص داده شدند. البته لازم به ذکر است که برای برخی از عوامل که در رده‌های پایین جدول اولویت‌بندی قرار گرفتند، می‌توان اهمیت کمتری در انتخاب خلبانان و توجه برای طراحی کابین هواپیما قلمداد کرد (به‌عنوان مثال اولویت‌های رتبه ۲۰ تا ۳۰: شامل «طول باسن - فضای رکیبی»، «طول شانه - چنگش»، «حد دسترسی چنگش در حالت ایستاده»، «پهنای کف»، «ارتفاع شانه در حالت نشسته»، «طول باسن - زانو»، «پهنای سر»، «ضخامت / دور ران»، «پهنای باسن»، «پهنای شانه»، «عمق سینه»).

با این وجود بر اساس نتایج و یافته‌های به‌دست‌آمده مهم‌ترین عوامل و فاکتورهای آنترپومتریکی مؤثر بر عملکرد خلبانان هواپیما به ترتیب در ده اولویت عبارت‌اند از:

۱. وزن
۲. ارتفاع شانه ایستاده
۳. قد
۴. ارتفاع چشم در حالت ایستاده
۵. ارتفاع چشم نشسته
۶. ارتفاع در حالت نشسته
۷. ارتفاع زانو در حالت نشسته
۸. طول آرنج تا نوک انگشتان
۹. طول دست
۱۰. طول کف پا

لازم به ذکر است که بررسی‌های پژوهشگران نشان داد که تمامی موارد اولویت‌دار شناسایی شده توسط پژوهشگران پیشین عرصه هوانوردی نظامی مورد تأکید و در مطالعات آنترپومتریکی ارتش‌های دیگر - همچون ارتش آمریکا [۱۷] و [۱۸] - مورد استفاده قرار گرفته است.

در پایان و با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود:

جدول ۵- اولویت و رتبه نهایی شاخص‌های آنتروپومتریک

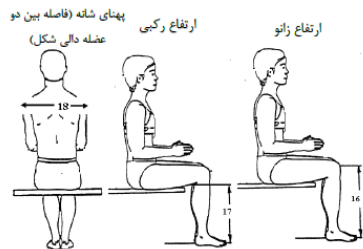
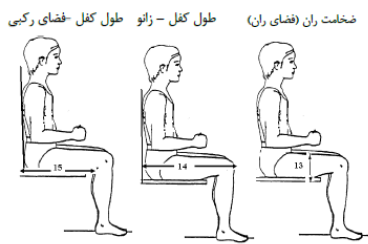
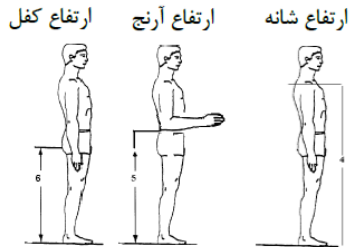
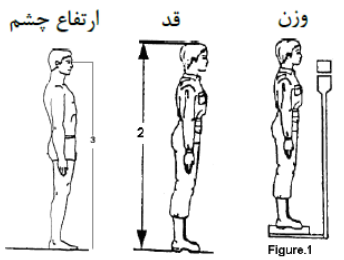
رتبه	شاخص	انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	میانگین رتبه	کد سؤال
1	وزن	۰,۸۷۳۴	3.9245	5	3	21.01	Q1
2	ارتفاع شانه ایستاده	1.07316	3.3396	5	1	20.34	Q3
3	قد	۰,۸۷۴۴۷	3.5	5	1	19.17	Q4
4	ارتفاع چشم در حالت ایستاده	1.0328	3.3333	5	1	18.85	Q10
5	ارتفاع چشم نشسته	1.16741	3.4151	5	1	18.33	Q2
6	ارتفاع در حالت نشسته	1.0544	3.2453	5	1	18.32	Q6
7	ارتفاع زانو در حالت نشسته	۰,۹۶۱۹	3.1887	5	2	17.54	Q8
8	طول آرنج تا نوک انگشتان	1.11005	3.1321	5	1	17.02	Q20
9	طول دست	۰,۹۶۳۱۲	3.1154	5	1	16.44	Q24
10	طول کف پا	۰,۹۷۰۵۴	2.9811	5	1	16.33	Q26
11	حد دسترسی چنگش در حالت نشسته	1.17718	3.2885	5	1	16.32	Q30
12	طول شانه - آرنج	1.16688	3.1731	5	1	16.12	Q19
13	عمق شکم	1.14291	3.0377	5	1	15.88	Q18
14	ارتفاع رگبی	1.10678	2.9245	5	1	15.51	Q14
15	ارتفاع آرنج در حالت نشسته	1.05612	3	5	1	15.45	Q12
16	ارتفاع آرنج در حالت ایستاده	1.08124	2.8491	5	1	15.13	Q11
17	فاصله بین نوک آرنج راست و چپ	1.00976	3	5	1	15.05	Q28
18	طول سر	1.03705	2.9623	5	1	14.63	Q22
19	پهنای دست	1.08593	2.8868	5	1	13.93	Q25
20	طول باسن - فضای رگبی	1.11625	2.8491	5	1	13.87	Q13
21	طول شانه - چنگش	1.1954	2.86	5	1	13.84	Q21
22	حد دسترسی چنگش در حالت ایستاده	۰,۹۳۷۵۳	2.9423	5	1	13.78	Q29
23	پهنای کف	1.20898	2.74	5	1	13.55	Q27
24	ارتفاع شانه در حالت نشسته	1.20353	2.8868	5	1	13.43	Q9
25	طول باسن - زانو	1.0856	2.7736	5	1	13.33	Q7
26	پهنای سر	1.10317	2.7736	5	1	13.02	Q23
27	ضخامت / دور ران	1.17082	2.7736	5	1	12.8	Q5
28	پهنای باسن	1.16989	2.6981	5	1	12.74	Q16
29	پهنای شانه	1.0643	2.6538	5	1	11.76	Q15
30	عمق سینه	۰,۹۹۶۹۸	2.5769	5	1	11.5	Q17

منابع و مراجع

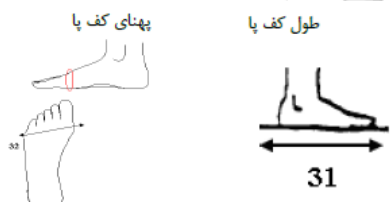
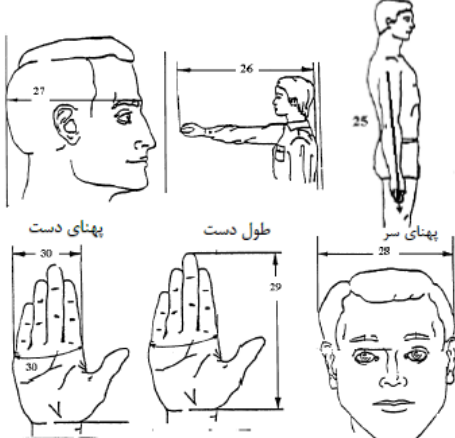
- directorate, wright-patters on AFB, OH, January, 2002.
- [۹]. مرکز سلامت محیط و کار پژوهشکده محیط زیست، «شاخص‌های آنتروپومتریکی استاتیک کارگران ایرانی: الزامات، دستورالعمل‌ها و رهنمودهای تخصصی مرکز سلامت محیط و کار»، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، ۱۳۹۲.
- [۱۰]. برابور، ابراهیم؛ و دبیدی روشن، ولی ا... «بررسی ارتباط بین شاخص‌های آنتروپومتری و آمادگی قلبی عروقی در نظامیان»، مجله طب نظامی، ۲۳(۲)، ۱۰۵-۱۱۲، ۱۴۰۰.
- [11]. Buckle, P. W., David, G. C. and Kimber, A. C., "Flight deck design and pilot selection: anthropometric considerations," *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 61(12), 1084-1079, 1990.
- [12]. Lee, W., Jung, K., Jeong, J., Park, J., Cho, J., Kim, H. and You, H., "An anthropometric analysis of Korean male helicopter pilots for helicopter cockpit design", *Ergonomics*, 56(5), 879-887, 2013.
- [13]. Pourtaghi, G., Valipour, F., Sadeghialavi, H. and Lahmi, M. A., "Anthropometric characteristics of Iranian military personnel and their changes over recent years", *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 5(3), 115, 2014.
- [14]. Moiseev, Y. B., Strakhov, A. Y. and Ignatovich, S. N., "On the question of the anthropometric characteristics of modern pilots", *Voенно-медицинский журнал*, 339(5), 66-68, 2018.
- [15]. Fallah Mohammadi, M. and Sobhani, V., "Correlation between anthropometric characteristics, core muscle endurance, and dynamic postural stability (DPSI) among military personnel". *Nurse and Physician Within War*, 7(23), 39-45, 2019.
- [16]. Gómez, F. B., Sepúlveda, R. Y., Roa, M. T., Chau, G. H., San Martín, E. B. and Valenzuela, M. H., "Anthropometric characteristics of Chilean male military personnel", *Revista Cubana de Medicina Militar*, 49(2), 246-261, 2020.
- [1]. Da Silva, G. V., Zehner, G. F. and Hudson, J. A., "Comparison of univariate and multivariate anthropometric design requirements methods for flight deck design application", *Ergonomics*, 63(9), 1133-1149, 2020.
- [2]. Moczynski, A. N., Weisenbach, C. A. and McGhee, J. S., "Assessment of US army anthropometric standards and methodology for flight school accession", *Army Aeromedical Research Laboratory Fort Rucker United States*, 2018.
- [3]. Moczynski A. N., Weisenbach C. A. and McGhee J. S., "Retrospective assessment of U. S. Army aviator anthropometric screening process", *Aerospace Medical Human Performance*, 91(9), 725-731, 2020.
- [۴]. مرادی، مصطفی؛ رودباری، علیرضا؛ ضرغامی، حمیدرضا و لطفی، هادی، «ارائه و پیاده‌سازی الگوی تعیین نوع هواپیمای خلبانان مبتنی بر فاکتورهای آنتروپومتریکی»، نشریه علمی پژوهشی مهندسی هوانوردی، ۲۳(۱)، ۳۲-۱۸، ۱۴۰۰.
- [۵]. مرادی، مصطفی «ارائه و پیاده‌سازی الگوی تعیین نوع هواپیمای خلبانان مبتنی بر فاکتورهای آنتروپومتریکی برای کاهش سوانح هوایی»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا (سوانح)، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران، ایران. ۱۳۹۸.
- [۶]. صادقی، فاطمه؛ مظلومی، عادل؛ و کاظمی، زینب، «بررسی ابعاد آنتروپومتریکی در میان شاغلین ایرانی با قومیت فارس در کارخانجات استان‌های تهران»، اصفهان و فارس. فصلنامه علمی تخصصی طب کار، ۵ (۱)، ۴۵-۳۴، ۱۳۹۲.
- [۷]. زرین کفش، مجید؛ حلوانی، غلامحسین؛ فالج، حسین؛ و عسگری، مهسا، «تعیین مشخصه‌های آنتروپومتریکی نوازمان ۲ تا ۶ سال مهدکودک و پیش‌دبستانی‌های شهر اصفهان در سال ۳۹۶»، بهداشت‌ت‌کار و ارتقاء سلامت، ۳(۳)، ۲۷۷-۲۵۹، ۱۳۹۸.
- [8]. Zehner, G. F. and J. A. Hudson, *body size accommodation in USAF aircraft, technical report AFRL-HE-WP-TR-2002-0118, crew system interface division, human effectiveness*

- [17]. Clauser, C. E., "Anthropometry of air force women", *Aerospace Medical Research Laboratory, Aerospace Medical Division*, (Vol. 70, No. 5). 1972.
- [18]. Zehner, G. and Mullenger, C. R., "A statistical matching procedure to increase diversity of the United States air force anthropometric database," *AFLCMC/WNU Wright-Patterson AFB United States*, 2020.

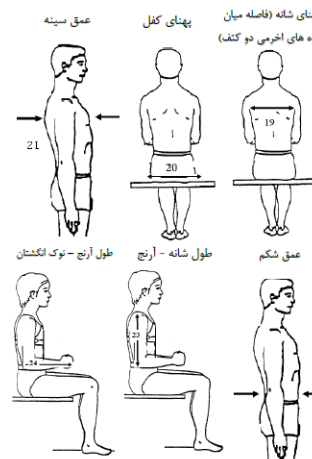
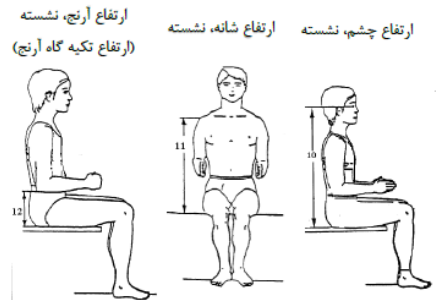
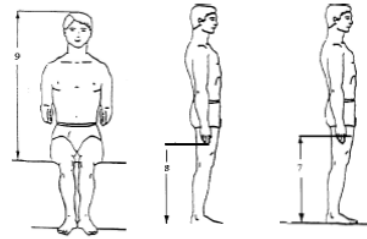
پیوست ۱: نمای شماتیک فاکتورهای آنتروپومتریک



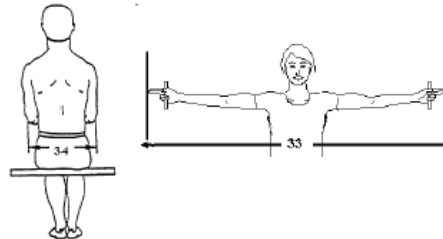
طول اندام فوقانی
طول شانه - چنگش
طول سر



ارتفاع برآمدگی بند انگشت
ارتفاع برآمدگی نوک انگشتان
ارتفاع نشسته



فاصله بین نوک آرنج راست و چپ
فاصله بین نوک انگشتان دست راست و چپ هنگامی که بازوها کاملاً باز باشد.



حد دسترسی چنگش، ایستاده - نشسته - جلو

