ارزیابی بارکاری ذهنی کنترلرهای ترافیک هوایی بر اساس فاکتورهای بار وظیفه در شبیه‌ساز کنترل ترافیک هوایی

مرضیه ایزدی لای بیدی[۱]، عادل مظلومی[۲]، جبرائیل نسل سراجی[۳]، فرامرز قره گوزلو[۴]، کمال اعظم[۵]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۳۱ تاریخ ویرایش: ۹۴/۰۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۹/۲۳

چکیده

زمینه و هدف: کنترل ترافیک هوایی به‌عنوان یک وظیفه شناختی پیچیده که نیازمند تمرکز طولانی مدت کنترلر روی وظیفه می‌باشد، شناخته شده است. بارکاری ذهنی نقش بسیار مهمی در عملکرد کنترلرها دارد. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی بارکاری کنترلرهای ترافیک هوایی بر اساس فاکتورهای بار وظیفه بود.

روش بررسی: مطالعه حاضر به روش توصیفی- تحلیلی در میان ۱۴ نفر از کنترلرهای ترافیک هوایی صورت گرفت. ابتدا با روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (HTA) وظایف کنترل ترافیک هوایی تعیین گردید و دو سناریوی بارکاری کم و زیاد براساس فاکتورهای بار وظیفه در این شغل طراحی شد. سپس بارکاری کنترلرها در این دو سناریو با استفاده از پرسشنامه NASA-TLX مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از HTA، ۴۹ مورد زیر وظیفه اصلی در شغل کنترل ترافیک هوایی وجود دارد. یافته‌های حاصل از NASA-TLX نشان داد که کنترلرها در شرایط بارکاری بالا، بار ذهنی و فکری با میانگین ۷۱/۹۳ را مهم‌ترین بعد بارکاری ارزیابی کرده‌اند. در شرایط بارکاری بالا و پایین بین متغیرهای بار ذهنی و فکری، بار فیزیکی، فشار زمانی، میزان تلاش و کوشش، احساس دلسردی و ناکامی تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($p<۰/۰۵$)؛ اما بین متغیر عملکرد و کارایی در شرایط بارکاری بالا و پایین تفاوت معنی‌دار حاصل نشد ($p>۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه بر اهمیت فاکتورهای بار وظیفه در کنترل ترافیک هوایی اشاره دارد. بنابر این انجام سایر روش‌های ارزیابی بارکاری مانند ارزیابی عملکرد با تأکید بر این اصل، در تمامی سکتورها در مرکز کنترل ترافیک هوایی پیشنهاد می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: بارکاری ذهنی، NASA-TLX، بار وظیفه، کنترل ترافیک هوایی

مقدمه

کنترل ترافیک هوایی فرایند پیچیده‌ای است که به میزان توانایی‌های کنترلر بستگی دارد و مستلزم مجموعه از وظایف که نیازمند سطح بالایی از دانش و تجربه، کاربرد مهارت‌های خاص مربوط به حوزه‌های شناختی مانند ادراک فضایی، پردازش اطلاعات، استدلال، منطق، تصمیم‌گیری، جنبه‌های ارتباطی و روابط انسانی می‌باشد [۱، ۲]. درک چگونگی کنترلر از انجام این وظایف یک مسئله مهم در طراحی و توسعه سیستم‌های کنترل ترافیک هوایی در نظر گرفته شده است.

بارکاری ذهنی یکی از پراستفاده‌ترین مفاهیم در ارگونومی و عوامل انسانی است به دلیل اینکه پیشرفت تکنولوژی در بسیاری از محیط‌های کاری، نیازهای شناختی بیش‌ازحد بر اپراتورها تحمیل می‌کند؛ بنابراین درک چگونگی برخورد با بارکاری ذهنی روی عملکرد مسئله‌ای بسیار مهم می‌باشد [۳]. بارکاری ذهنی انسان نقش مهمی در سیستم ایفا می‌کند و نشان‌دهنده تعامل بین وظیفه و اپراتور است که می‌تواند برای مجموعه وظیفه-اپراتور تغییر کند [۴]. فاکتورهایی از قبیل فشار زمانی، سروصدا، استرس و حواس‌پرتی می‌توانند بر تمام موارد عملکرد انسانی یک وظیفه مؤثر واقع شوند [۵]. همچنین استعداد، مهارت، تجربه و ویژگی‌های شخصیتی همگی به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده بارکاری

۱- کارشناس ارشد ارگونومی، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. amazlomi@tums.ac.ir

۳- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۴- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

۵- دانشیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-06]

ذهنی در کنترل ترافیک هوایی ذکر شده‌اند [۶].

به‌طورکلی بین بار وظیفه (نیازهای عینی یک وظیفه) و بارکاری (نیازهای ذهنی تجربه شده در انجام یک وظیفه) تمایز وجود دارد. مطالعات بسیاری برای شناسایی فاکتورهای بارکاری مرتبط با ترافیک در این شغل صورت گرفته است. مایکل و همکاران از بین شاخص‌های پیش‌بینی کننده بار وظیفه، تعداد هواپیماهای تحت کنترل (بار ترافیک) را به‌عنوان قابل‌اعتمادترین متغیر پیش‌بینی کننده برای اندازه‌گیری بارکاری در نظر گرفتند [۷]. در مطالعه‌ای دیگر، هیلبورن برخی از فاکتورهای دیگربار وظیفه مرتبط با حریم هوایی در این شغل را سازمان‌دهی ترافیک هریک از سکتورها، تعداد مشکلات موجود برای هر ترافیک، تعداد تغییرات ارتفاع پرواز، میانگین سرعت سیر هوایی، نواحی تحت پوشش هر سکتور، متوسط فاصله و جدایی هواپیماها، ترکیب انواع هواپیماها، تغییر در جهت پرواز، مجاورت هواپیماها و احتمال تداخل بین محدوده‌های هریک از سکتورها و وضعیت آب و هوایی را معرفی نموده است [۸].

در مدل ارائه شده توسط هیلبورن و جورنا در سال ۲۰۰۱ با عنوان ارتباط بین بار وظیفه و بارکاری کنترلر، نیازهای حریم هوایی به‌عنوان فاکتورهای سیستم و مهارت، تجربه و استراتژی به‌عنوان فاکتورهای کنترلر در نظر گرفته شده است [۹].

اخیراً فرضیه بار شناختی در زمینه ارگونومی در وظایف نیازمند حساب ذهنی که معمولاً حافظه فعال را درگیر می‌کنند، استفاده شده است. گلی و ملن (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای با عنوان تعامل بین فاکتورهای بارشناختی روی عملکرد حافظه فعال در مطالعات آزمایشگاهی و میدانی به اهمیت تقسیم‌بندی بارکاری ذهنی به‌منظور درک تفاوت‌های ارزیابی تغییرات بارکاری ذهنی از دو فاکتور دشواری وظایف و فشار زمانی استفاده نموده‌اند [۱۰].

میاک در مطالعه‌ای که تحت عنوان ارزیابی بارکاری تلفیقی از روش‌های فیزیولوژیکی و فردی انجام داد، خستگی ذهنی در افراد را ناشی از تجمع بارکاری حین انجام وظیفه بیان نمود [۱۱]. سیستم کنترل ترافیک هوایی شامل وظایف شناختی پیچیده می‌باشد که با سه هدف عمده شامل ایجاد جدایی استاندارد بین پروازها، برقراری جریان منظم ترافیکی و تسریع امور حمل‌ونقل هوایی به فعالیت می‌پردازد. به‌منظور انجام این اهداف، کنترلر مجموعه‌ای از وظایف شامل حفظ آگاهی موقعیتی (حفظ درک و پیش‌بینی هواپیماهای هر سکتور برای تعیین رویدادهای نیازمند توجه)، برطرف نمودن تداخلات میان هواپیماها، مدیریت ورود و خروج هواپیماها به ناحیه مشخص، پردازش و به‌روزرسانی اطلاعات فرایند پرواز، هماهنگی با فرودگاه‌ها، مشارکت در فرایند هشدار (در صورت عدم برقراری ارتباط صوتی با پرواز موردنظر یا محو شدن موقعیت آن) به انجام می‌رساند. این وظایف جنبه‌های عملکرد انسان شامل ادراک بصری، مانیتورینگ، برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و حافظه را دربرمی گیرد [۸].

هدف از ارزیابی بارکاری شناختی بررسی تأثیر نیازهای وظیفه روی کنترلر می‌باشد [۱۲]. ارزیابی بارکاری ذهنی کنترلر ترافیک هوایی با استفاده از روش‌های ارزیابی فردی متفاوت انجام شده است. هیل و همکارانش (۱۹۹۲) در مطالعه‌ای به بررسی چهار مقیاس ارزیابی بارکاری به روش فردی شامل مقیاس اصلاح شده کوپر–هارپر، NASA-TLX، مقیاس بارکاری کلی و تکنیک ارزیابی بارکاری فردی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که هر چهار مقیاس برای ارزیابی بارکاری قابل‌قبول می‌باشند، اما مقیاس NASA-TLX دارای حساسیت و اعتبار بیشتری می‌باشد [۱۳]. کارول و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از روش ATWIT (تکنیک بارکاری ورودی کنترل ترافیک هوایی) به ارزیابی بارکاری و ارتباط آن با فاکتورهای بار وظیفه در کنترل ترافیک هوایی پرداختند [۱۴].

روبیو و همکارانش (۲۰۰۴) با هدف بررسی مقایسه مقیاس‌های NASA-TLX و SWAT انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که هر دو مقیاس دارای ویژگی علت با توجه به مقیاس‌های چندگانه می‌باشند، اما به‌طورکلی NASA-TLX همبستگی بیشتری با عملکرد داشته که

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-06]

نشان‌دهنده اعتبار بیشتر این تکنیک می‌باشد [۱۵].

مطالعات متعددی جهت ارزیابی بارکاری ذهنی در شغل کنترل ترافیک هوایی از مقیاس NASA-TLX استفاده نموده‌اند. محمدی. م و همکاران در سال ۱۳۹۰، اعتبار صوری این پرسشنامه را با استفاده از روش Translation Backward انجام دادند. بدین ترتیب که پرسشنامه به زبان فارسی ترجمه و سپس نسخه ترجمه شده توسط دو نفر از متخصصین ارگونومی مورد بررسی قرار گرفته و مجدداً به زبان انگلیسی ترجمه شده است. نسخه ترجمه شده توسط پروفسور مشکاتی مورد بازبینی قرار گرفت و پیشنهادات اصلاحی در این زمینه ارائه گردید. پس از اعمال نظرات ایشان اعتبار صوری پرسشنامه مورد تأیید قرار گرفته است [۱۶]. همچنین در مطالعه حاضر جهت تعیین پایایی آزمون از روش آزمون- بازآزمون (باز آزمایی) استفاده گردید. پس از جمع‌آوری داده‌ها، ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۵۴ به دست آمد.

با توجه به مطالعه پاراسورمن و ویلسون با عنوان نوروارگونومیک، پژوهش و کاربرد، ارزیابی بارکاری ذهنی می‌تواند در جلوگیری از خطای کنترلر و پیش‌بینی کاهش عملکرد نقش به سزایی داشته باشد [۱۷]؛ بنابراین مطالعه حاضر با هدف ارزیابی بارکاری ذهنی با استفاده از پرسشنامه NASA-TLX با در نظر گرفتن فاکتورهای بار وظیفه در شبیه‌ساز کنترل ترافیک هوایی در شرایط بارکاری بالا و بارکاری پایین انجام گرفت.

روش بررسی

انتخاب شرکت‌کنندگان: مطالعه حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی بوده که در میان چهارده نفر از شاغلین کنترل ترافیک هوایی دارای مدرک رادار انجام شد. حجم نمونه با استفاده از مطالعات پیشین [۱، ۱۴] و فرمول زیر در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ۱۴ نفر تعیین شد.

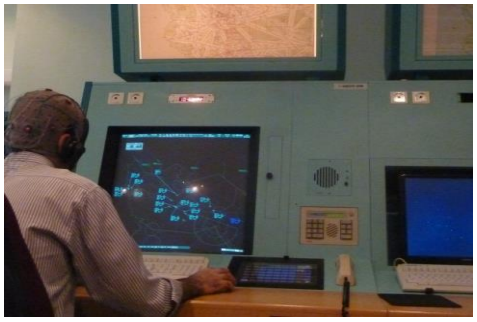
$$n = \left[\frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}} s}{d} \right]^2$$

مرکز کنترل ترافیک هوایی تهران، با توجه به تجهیزات ارتباطی، ناوبری، نظارتی و حجم ترافیک آسمان ایران، به هفت قسمت یا سکتور تقسیم شده است. در هر سکتور یک نفر کنترلر به همراه یک نفر کمک کنترلر به‌طور هم‌زمان فعالیت می‌کنند. نقش کنترلر، کنترل پروازهای سکتور مربوطه، نظارت بر عملیات پرواز هواپیماها به‌منظور جلوگیری از برخورد آن‌ها به یکدیگر و انتخاب مسیر مناسب پرواز برای هر هواپیما می‌باشد. کمک کنترلر نیز مسئول انجام هماهنگی‌های لازم با دیگر سکتورهای هم‌جوار و همچنین فرودگاه‌های داخلی و مراکز کنترل کشورهای همسایه را بر عهده دارد که تحت نظارت کنترلر اصلی انجام وظیفه می‌نماید.

تجزیه و تحلیل وظایف شغلی به روش HTA (Hierarchical Task Analysis): در HTA، وظیفه به‌صورت سلسله مراتبی به مجموعه‌ای از اهداف، عملکردها و برنامه‌ها شکسته می‌شود. در واقع کار تجزیه و تحلیل به‌گونه‌ای آغاز می‌شود که هدف در نظر گرفته شده و جهت دستیابی به آن هدف، وظیفه به اجزا کوچک‌تر تقسیم می‌شود [۱۸]. به‌منظور تهیه HTA در این بخش ابتدا، جهت آشنایی کامل با وظایف، زیر وظایف و روش‌های کنترل ترافیک هوایی از مرکز کنترل به همراه سوپروایزر شیفت در چند روز متوالی بازدید شد. همچنین با مراجعه به رفرنس‌های مرجع کنترل ترافیک هوایی، تعاریف، دستورالعمل‌ها، آئین‌نامه‌ها و مقررات جهت آشنایی بیشتر با وظایف شغل کنترل ترافیک هوایی مورد مطالعه قرار گرفت. سپس وظایف آن‌ها در قالب HTA مشخص گردید و وظایف دارای جزهای کوچک‌تر به زیر وظایف مربوطه تقسیم گردید و پس از تکمیل HTA، به‌منظور اطمینان از صحت آنالیز شغلی، نمودار HTA توسط افراد گروه آموزش مرکز کنترل مورد بازبینی و تأیید نهایی قرار گرفت.

وظایف: در این مطالعه به‌منظور ارزیابی بارکاری ذهنی از شبیه‌ساز مرکز کنترل ترافیک هوایی مدل EUROCAT 2000, Thomson French با نرم‌افزار UNIX-ADA استفاده شد (شکل شماره ۱). کنترلرها

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-06]



شکل ۱- ایستگاه کاری کنترلر ترافیک هوایی

وظایف را در ایستگاه کاری دارای صفحه نمایش با وضوح بالا (۲۰۴۸ × ۲۰۴۸) در ۲۹ اینچ، صفحه رادار، موس و صفحه کلید به انجام رسانیدند. همچنین چهار خلبان در ایستگاه‌های کاری موجود داده‌های موردنظر شامل مانور هواپیماها در هنگام کنترل ترافیک را انجام دادند. دو سناریو شامل سطح بارکاری کم و بارکاری زیاد در این شبیه‌ساز بر اساس تجزیه و تحلیل وظایف شغلی و متغیرهای بار وظیفه کنترلر در شرایط محیط کار واقعی توسط گروه آموزش مرکز کنترل ترافیک هوایی طراحی گردید. متغیرهای بار وظیفه در این دو سناریو شامل نوع هواپیما، سرعت و ارتفاع هواپیما، نوع پرواز بر اساس طرح پروازی (پرواز عبوری و پرواز داخلی)، تعداد هواپیماهای کنترل شده به‌طور هم‌زمان و تعداد مکالمات بین کنترلر و خلبان بود.

ارزیابی بارکاری به روش فردی: ارزیابی بارکاری با استفاده از پرسشنامه NASA-TLX انجام شد. NASA-TLX یک ابزار چندوجهی برای ارزیابی بارکاری ذهنی به‌صورت فردی می‌باشد که یک امتیاز کلی از بارکاری بر اساس میانگین وزنی از شش مقیاس بار فکری و ذهنی، بار فیزیکی، فشار زمانی، میزان تلاش و کوشش، عملکرد و کارایی و احساس دلسردی و ناکامی فراهم می‌کند. در این پرسشنامه هر مقیاس توسط یک خط ده سانتی‌متری مشخص شده است و توصیف دو قطبی (زیاد/کم) در دو انتهای خط بیان شده است. در این مقیاس مقادیر عددی استفاده نمی‌شود اما در آنالیز داده‌ها مقیاس حاصل از ۱ تا ۱۰۰ فرض می‌شود [۱۹]. در این مطالعه به‌منظور ارزیابی نهایی بارکاری، امتیاز خام (Raw-TLX) و AWWL (Adaptive Weighted Worklod) را محاسبه نمودیم. اعتبار این روش محاسبه توسط میاکی و کوماشیرو تأیید شده است [۲۰]. همچنین، اعتبار صوری این تکنیک در مطالعات قبلی مورد ارزیابی قرار گرفته است [۲۱].

تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌های حاصل از پرسشنامه NASA-TLX با استفاده از آمار توصیفی نظیر شاخص‌های مرکزی و پراکندگی و نیز آزمون تی زوجی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

بر اساس نتایج حاصل، تمامی افراد مورد مطالعه مرد بودند. افراد داری میانگین سنی ۴/۶۳ ± ۳۸/۹۳ سال و سابقه کاری ۴/۴۵ ± ۱۶/۱۴ می‌باشند. اطلاعات توصیفی مربوط به ویژگی‌های دموگرافیک و سوابق شغلی در جدول شماره ۱ بیان شده است.

یافته‌های حاصل از HTA بیانگر این است که وظایف کنترلر ترافیک هوایی با تجمیع زیر وظیفه‌های تشکیل‌دهنده هرکدام مجموعاً شامل چهل و نه مورد زیر وظیفه اصلی است که کنترلرهای مرکز کنترل ترافیک هوایی موظف به انجام هرکدام می‌باشند.

نمودار شماره ۱ آنالیز شغلی سلسله مراتبی (HTA) مربوط به وظایف کنترلر ترافیک هوایی را نشان می‌دهد. همچنین جدول شماره ۲ متغیرهای بار وظیفه در دو سناریوی سطح بارکاری کم و بارکاری زیاد را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود، در شرایط بارکاری بالا، دو بعد بار ذهنی و فکری و میزان تلاش و کوشش به ترتیب با میانگین‌های (±۲۳/۱۳) ۷۱/۹۳ و (±۲۲/۳۸) ۷۱/۷۱ مهم‌ترین ابعاد بارکاری در بین کنترلرهای مورد مطالعه می‌باشند. همچنین، در شرایط بارکاری بالا، بعد بار فیزیکی با میانگین (±۱۴/۲۲) ۲۶/۹۳ کمترین نمره را به خود اختصاص داده است.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-06]

جدول ۱- توصیف ویژگی های دموگرافیک و شغلی در کنترلرها

متغیرهای دموگرافیک و شغلی	طبقه بندی	فراوانی	فراوانی نسبی(٪)
سن (سال)	<۴۰	۹	۶۴/۳
	۴۰-۵۰	۵	۳۵/۷
سابقه کاری (سال)	۱۰-۱۴	۷	۵۰
	۱۵-۱۹	۳	۲۱/۴
	≥۲۰	۴	۲۸/۶
وضعیت تأهل	مجرد	۳	۲۱/۴۳
	متأهل	۱۱	۷۸/۵۷
تعداد فرزندان	≤۱	۷	۵۰
	۲-۳	۷	۵۰
شاخص توده بدنی(BMI)	۱۸-۲۴/۹۹	۷	۵۰
	۲۵-۲۹/۹	۴	۲۸/۶
	≥۳۰	۳	۲۱/۴
تحصیلات	فوق دیپلم	۱	۷/۱۴
	لیسانس	۱۲	۸۵/۷۲
	فوق لیسانس	۱	۷/۱۴

جدول ۲- توصیف متغیرهای بار وظیفه در دو سناریوی سطح بارکاری کم و بارکاری زیاد

متغیرهای بار وظیفه	بارکاری زیاد	بارکاری کم
تعداد کل هواپیماها	۲۶	۱۳
تعداد هواپیماهای کنترل شده همزمان	۱۳	۴
هواپیماهای عبوری	۱۶	۷
هواپیماهای داخلی	۸	۶
تعداد مکالمات بین کنترلر و خلبان	۳۲	۱۵

جدول ۳- اطلاعات توصیفی مربوط به فاکتورهای بارکاری ذهنی تحت شرایط بارکاری بالا و بارکاری پایین در کنترلرها

سطح بارکاری	بارکاری بالا		بارکاری پایین	
متغیرهای بارکاری ذهنی	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
بار ذهنی و فکری	۷۱/۹۳	۲۳/۱۳	۲۳/۹۳	۱۵/۵۸
بارفیزیکی	۲۶/۹۳	۱۴/۲۲	۱۱/۱۴	۹/۶۷
فشار زمانی	۷۰/۲۹	۲۳/۴۴	۱۶/۹۳	۱۰/۲۹
میزان تلاش و کوشش	۷۱/۷۱	۲۲/۳۸	۱۸	۱۳/۶۸
عملکرد و کارایی	۵۸/۵۰	۹/۶۸	۸۹/۰۷	۱۸/۳۹
احساس دلسردی و ناکامی	۳۹/۵۷	۲۷/۴۸	۱۴/۳۶	۱۶/۶۱
RTLX	۵۸/۲۹	۱/۳۸	۲۸/۹۰	۶/۷۲
AWWL	۵۶/۴۳	۸/۵۳	۳۹/۵۷	۷/۶۲

به‌علاوه، در شرایط بارکاری پایین، بعد عملکرد و کارایی با میانگین (۱۸/۳۹±) ۸۹/۰۷ و بعد بار فیزیکی با میانگین (۹/۶۷±) ۱۱/۱۴ به ترتیب بیشترین و کمترین نمره را در بین ابعاد بارکاری کسب کرده‌اند.

به‌منظور بررسی مقایسه میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در شرایط بارکاری بالا و بارکاری پایین

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-06]

نمودار ۱- آنالیز وظایف کنترلر مرکز کنترل ترافیک هوایی

برای افراد مورد مطالعه از آزمون تی زوجی استفاده گردید. نتایج به‌دست‌آمده در جدول شماره ۴ بیان شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، بین متغیرهای بار ذهنی و فکری، بار فیزیکی، فشار زمانی، میزان تلاش و کوشش، احساس دلسردی و ناکامی در شرایط بارکاری بالا و بارکاری پایین تفاوت معنی وجود دارد ($p<۰/۰۵$). درصورتی‌که بین متغیر عملکرد و کارایی در شرایط بارکاری بالا و بارکاری پایین تفاوت معنی وجود ندارد ($p>۰/۰۵$).

جدول ۴- نتایج آزمون تی زوجی مربوط به فاکتورهای اندازه گیری شده در شرایط بارکاری بالا و بارکاری پایین در در کنترلرها

نوع متغیر بارکاری	P value
بار ذهنی و فکری	۰/۰۰۱
بارفیزیکی	۰/۰۰۵
فشار زمانی	۰/۰۰۱
میزان تلاش و کوشش	۰/۰۰۱
عملکرد و کارایی	۰/۳۷۴
احساس دلسردی و ناکامی	۰/۰۰۴
RTLX	۰/۰۰۱
AWWL	۰/۰۰۱

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های حاصل از HTA بیانگر چهل و نه مورد زیر وظیفه اصلی برای شغل کنترل ترافیک هوایی می‌باشد که دو سناریوی بارکاری بر اساس این زیر وظایف طراحی شد. با توجه به اینکه بین بارکاری ذهنی و بار وظیفه تمایز وجود دارد، در مطالعات بسیاری در زمینه فاکتورهای انسانی این مسئله مورد اهمیت قرار گرفته است [۲۲]. در مطالعه بروکینگز و همکاران به‌منظور ارزیابی بارکاری در کنترل ترافیک هوایی از سه سناریوی بارکاری کم، متوسط و زیاد با استفاده از نرم‌افزار TRACON در هر سناریو یک متغیر مربوط به بارکاری شامل تعداد هواپیماها، پیچیدگی و فشار زمانی را مورد ارزیابی قرار دادند [۲۳]. در مطالعه حاضر در طراحی سناریو دو سطح بارکاری کم و زیاد از تمامی زیر

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-06]

وظایف تشکیل‌دهنده شغل کنترل ترافیک هوایی مبتنی بر شرایط واقعی استفاده گردید.

نتایج NASA-TLX نشان می‌دهد که در شرایط بارکاری بالا، بار فکری و ذهنی و میزان تلاش و کوشش دارای بیشترین مقدار در بین ابعاد مختلف بارکاری می‌باشد. همچنین در شرایط بارکاری پایین، بعد عملکرد و کارایی دارای بیشترین مقدار است. ضمناً میزان بارکاری در شرایط بارکاری بالا (AWWL=۵۶/۴۳) بیشتر از شرایط بارکاری پایین (AWWL=۳۹/۵۷) است. این مقادیر با توجه به اینکه شغل کنترلر مستلزم مجموعه پیچیده‌ای از وظایف شناختی می‌باشد و کنترلرها مسئولیت ایمنی پرواز را در مسافرت‌های هوایی بر عهده دارند، قابل توجیه می‌باشد.

در مطالعه بروکینگز و همکاران با استفاده از پرسشنامه NASA-TLX، امتیاز عملکرد در سناریوی حجم و پیچیدگی بالای ترافیک به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر از سناریوی پیچیدگی پایین بود. همچنین در سناریویی که فشار زمانی مورد بررسی قرار گرفت، کنترلرها بیشترین سطح بارکاری را گزارش کردند [۲۳].

کارول و همکاران در سال ۲۰۰۱ مطالعه‌ای با هدف ارتباط بین رویدادهای کنترلی در کنترل ترافیک هوایی و ارزیابی بارکاری و بار وظیفه در این شغل انجام دادند. ارزیابی بارکاری در این مطالعه با روش ATWIT (تکنیک بارکاری ورودی کنترل ترافیک هوایی) و ارزیابی بار وظیفه با استفاده نرم‌افزار POWER که دربرگیرنده تغییر ارتفاع و سرعت هواپیماها بود، انجام گرفت. نتایج حاصل نشان داد که تعداد کل ارتباطات با مجموع زمان سپری شده برای برقراری ارتباطات دارای همبستگی بالا بود. همچنین بین تعداد کل ارتباطات با زمان متوسط برای هر ارتباط همبستگی منفی بدست آمد. به‌علاوه، همبستگی بالایی بین میانگین امتیاز ATWIT با اجزای بار وظیفه از جمله تعداد کل ارتباطات و میانگین زمان کل ارتباطات مشاهده شد [۱۴].

همچنین در مطالعه حاضر بین تمام متغیرهای بارکاری به‌جز عملکرد و کارایی در شرایط بارکاری بالا و بارکاری تفاوت معنی‌دار وجود دارد. عدم تفاوت معنی‌دار به این دلیل می‌باشد که لازمه موفقیت در این شغل این است که کنترلرها در هر دو سناریو باید وظایف را با حداکثر عملکرد و کارایی انجام دهد و در غیر این صورت کنترلر دچار خطای جبران نشدنی خواهد شد. همچنین با توجه به بارکاری ذهنی یک ساختار چندبعدی می‌باشد که به‌وسیله ویژگی‌های وظایف مانند عملکرد کنترلرها تعیین می‌شود و عدم موفقیت در عملکرد می‌تواند باعث افزایش درک بارکاری شود، این موضوع قابل توجیه می‌باشد [۳].

لی و لیو در سال ۲۰۰۳ از مقیاس NASA-TLX به‌منظور ارزیابی بارکاری خلبانان چینی در پروازهای هواپیمای بوئینگ ۷۴۷، در یک شبیه‌ساز ۷۴۷ استفاده کردند. آن‌ها دریافتند که مقیاس NASA-TLX در بین چهار بخش پروازها به‌طور موفقیت‌آمیز تمایز قائل می‌شود و پیش‌بینی شد که برخاست، فرود و تقرب همگی دارای امتیاز بالاتری از بارکاری نسبت به کروز دارا می‌باشند. آن‌ها همچنین از مقیاس چندبعدی NASA-TLX به‌منظور تشخیص علل بارکاری بالاتر استفاده نمودند، به‌عنوان‌مثال آن‌ها دریافتند که مقیاس فشار زمانی از عوامل مهم در برخاست و تقرب می‌باشد اما مقیاس تلاش در فرود هواپیما مؤثرتر بود [۲۴].

در مطالعه‌ای دیگر، ایاز و همکاران (۲۰۱۲) به ارزیابی بارکاری در کنترل ترافیک هوایی با استفاده از روش فیزیولوژیکی fNIR و روش فردی NASA-TLX پرداختند، نتایج حاصل از NASA-TLX بیانگر این بود که با افزایش تعداد هواپیماها مقیاس بارکاری فردی افزایش می‌یابد [۲۵].

به‌طورکلی نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که در شرایط بارکاری بالا با در نظر گرفتن بالا بودن تعداد کل هواپیماها، تعداد هواپیماهای کنترل شده به‌طور هم‌زمان و تعداد مکالمات بین کنترلر و خلبان که از فاکتورهای مهم وظیفه در شغل کنترل ترافیک هوایی محسوب می‌شوند، دو بعد بار ذهنی و فکری و میزان تلاش و کوشش دارای بیشترین اهمیت می‌باشد.

از محدودیت‌های قابل‌ذکر در این مطالعه می‌توان به

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-06]

این نکته اشاره داشت که سناریوی شبیه‌سازی‌شده در این پژوهش بر اساس شرایط واقعی محیط کار کنترلر طراحی و استفاده شده است. با توجه به اینکه مشارکت در فرایند هشدار، ارائه سرویس در شرایط بحرانی و اقدامات مواجهه ترافیک هوایی با وضعیت اضطراری نیز از وظایف کنترلر و عوامل مهم تأثیرگذار بر بارکاری آن‌ها می‌باشند، پیشنهاد می‌گردد که مطالعات بیشتری پیرامون ارزیابی بارکاری کنترلرها با تمرکز بر این عوامل نیز صورت بگیرد. علاوه براین، بارکاری ذهنی کنترلر نقش مهمی در ایجاد خستگی و به دنبال آن اختلال در عملکرد، کارایی و حتی خطای انسانی دارد، بنابراین پیشنهاد می‌شود ارزیابی بارکاری در کنترل ترافیک هوایی با استفاده از سایر روش‌ها مانند ارزیابی عملکرد در تمامی سکتورها با در نظر گرفتن ساعات کار و استراحت و نیز زمان شیفت کاری انجام گیرد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش به‌عنوان بخشی از پایان‌نامه دانشجویی کارشناسی ارشد ارگونومی جهت ارائه در گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی تهران اجرا گردیده است. نویسندگان از تمامی شرکت‌کنندگان در این مطالعه و از مدیرکل محترم مراقبت پرواز، آقای مهندس ابراهیم مرادی به دلیل همکاری و راهنمایی‌های بی‌شائبه‌شان، مراتب سپاس و تشکر خود را اعلام می‌دارند.

منابع

1. Shou G, Ding L, editors. Frontal theta EEG dynamics in a real-world air traffic control task. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE; 2013: IEEE.

2. Costa G. Occupational stress and stress prevention in air traffic control: International Labour Office; 1996.

3. Young MS, Brookhuis KA, Wickens CD, Hancock PA. State of science: mental workload in ergonomics. Ergonomics. 2015;58(1):1-17.

4. Leplat J. Factors determining work-load. Ergonomics. 1978;21(3):143-9.

5. Hancock PCM, Kerr G. Defining task complexity and task difficulty. XXIV International Congress of Psychology; Sydney, Australia1988.

6. Sperandio J. Variation of operator's strategies and regulating effects on workload. Ergonomics. 1971;14(5):571-7.

7. Hurst MW, Rose RM. Objective Job Difficulty, Behavioural Response, and Sector Characteristics in Air Route Traffic Control Centres∗. Ergonomics. 1978;21(9):697-708.

8. Hilburn B. Cognitive complexity in air traffic control: A literature review. EEC note. 2004;404.

9. Staal MA. Stress, cognition, and human performance: A literature review and conceptual framework. 2004.

10. Galy E, Mélan C, Clair-Thompson HS. Interactions between cognitive load factors on working memory performance in laboratory and field studies. Working Memory: Developmental Differences, Component Processes and Improvement Mechanisms. 2013:97-114.

11. Miyake S. Multivariate workload evaluation combining physiological and subjective measures. International Journal of Psychophysiology. 2001;40(3):233-8.

12. Ayaz H, Willems B, Bunce B, Shewokis PA, Izzetoglu K, Hah S, et al. Cognitive workload assessment of air traffic controllers using optical brain imaging sensors. Advances in understanding human performance: Neuroergonomics, human factors design, and special populations. 2010:21-31.

13. Hill SG, Iavecchia HP, Byers JC, Bittner AC, Zaklade AL, Christ RE. Comparison of four subjective workload rating scales. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 1992;34(4):429-39.

14. Manning C, Mills S, Fox C, Pfleiderer E, Mogilka H. The relationship between air traffic control communication events and measures of controller taskload and workload. Air Traffic Control Quarterly. 2002;10(2):69-83.

15. Rubio S, Díaz E, Martín J, Puente JM. Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASA-TLX, and Workload Profile Methods. Applied Psychology. 2004; 53(1):61-86.

16. Mohammadi M, Mazloumi A, Nasl Saraji j, Zeraati H. Developing and assessing the validity and reliability of a questionnaire to

assess the mental workload among ICUs Nurses in one of the Tehran

University of Medical Sciences hospitals, Tehran,

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-06]

Iran. Scientific Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2013;11(2):87-96.

17. Parasuraman R. Neuroergonomics: research and practice. Theoretical Issues in Ergonomics Science. 2003;4(1-2):5-20.

18. Stanton NA. Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions. Applied ergonomics. 2006;37(1):55-79.

19. Wiebe EN, Roberts E, Behrend TS. An examination of two mental workload measurement approaches to understanding multimedia learning. Computers in Human Behavior. 2010;26(3):474-81.

20. Miyake S, Kumashiro M. Subjective mental workload assessment technique, an introduction to NASA-TLX and SWAT and a proposal of simple scoring methods. 1993.

21. Mazloum A, Kumashiro M, Izumi H, Higuchi Y. Quantitative overload: a source of stress in data-entry VDT work induced by time pressure and work difficulty. Industrial health. 2008;46(3):269-80.

22. Boyer M, Cummings M, Spence LB, Solovey ET. Investigating Mental Workload Changes in a Long Duration Supervisory Control Task. Interacting with Computers. 2015:iwv012.

23. Brookings JB, Wilson GF, Swain CR. Psychophysiological responses to changes in workload during simulated air traffic control. Biological psychology. 1996;42(3):361-77.

24. Lee YH, Liu BS. Inflight workload assessment: Comparison of subjective and physiological measurements. Aviation, space, and environmental medicine. 2003;74(10):1078-84.

25. Ayaz H, Shewokis PA, Bunce S, Izzetoglu K, Willems B, Onaral B. Optical brain monitoring for operator training and mental workload assessment. Neuroimage. 2012;59(1):36-47

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-06]

Assessment of mental workload air traffic controllers based on task load factors in air traffic control simulator

Marzieh Izadi laybidi[1], Adel Mazloumi[2], Jebraeil Nasl Saraji[3], Faramarz Gharagozlou[4]
Kamal Azam[5]

Received: 2015/06/21 Revised: 2015/11/03 Accepted: 2015/12/14

Abstract

Background and aims: Air traffic control has known as a complex cognitive task, which requires controller to focus on task for long time. Mental workload plays an important role in the performance of controllers. The aim of this study was to assess the workload of air traffic controller on the basis of task load factors.

Methods: The present descriptive-analytical study was conducted among fourteen air traffic controllers. First, air traffic control tasks were determined using hierarchical task analysis (HTA) technique and two low and high workload scenarios were designed based on the task load factors for controlling job. Next, the workloads of the controllers were assessed in these two scenarios by NASA-TLX inventory.

Results: The results of HTA showed that air traffic control contains 49 main subtasks. The findings of the NASA-TLX showed that under high workload condition, mental demand with mean scores of 71/93 was the most overloaded task. Moreover, there were significant relationship between mental, physical, temporal demands, effort and frustration under high and low workload ($p>0.05$). Thus, it was not significant for performance variable under both low and high level conditions ($p<0.05$).

Conclusion: The findings emphasize the importance of task load factors concerning air traffic controllers. Therefore, other evaluation methodologies is suggested with focused on the task load factors including Performance Assessment in all sectors of air traffic control center.

Keywords: Mental workload, NASA TLX, Task load, Air Traffic Control.

1. MSc in Ergonomics, Department of Ergonomics, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. (**Corresponding author**) Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. amazlomi@tums.ac.ir
3. Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
5. Associate Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-06]