نشریه علمی مدیریت استاندارد و کیفیت
Journal of Quality & Standard Management (JQSM)
www.jstandardization.ir

نوع مقاله: پژوهشی

ارائه و الویت‌دهی معیارهای تاثیرگذار بر سیستم مدیریت منابع خلبانان پرواز (CRM): با رویکرد افزایش ایمنی و کیفیت عملیات پرواز

نعیمه برجعلی‌لو[۱]، سید فرید قادری[۲]، جعفر حیدری[۳]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، پردیس بین‌المللی کیش، دانشگاه تهران، تهران،ایران
۲- استاد دانشکده مهندسی صنایع، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران،ایران
۳- دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران،ایران

سابقه مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۸

چکیده

سیستم مدیریت منابع خلبانان پرواز، عاملی مهم برای حصول اطمینان از کاهش خطاهای پروازی و نیز افزایش ایمنی و کیفیت پرواز است. در راستای کاهش سطح ریسک ایمنی و کیفیت عملیات پرواز از طریق نظارت بر کلیه تهدیدات و خطاهای مدیریت شده یا نشده توسط خلبان‌های پرواز، در نظرگرفتن معیارهایی با تاثیر مستقیم بر مدیریت منابع خلبان، از موضوعات اساسی و مهم برای حفظ یک شرکت هواپیمایی در سطح قابل قبول عملکرد ایمنی و کیفیت خواهد بود. طی مطالعه صورت پذیرفته، خلاء در نظرگرفتن جامع این معیارها، از منظر شناسائی و نیز الویت‌دهی معیارهای ایمنی پرواز تاثیرگذار با داشتن رابطه هبستگی مستقیم بر مدیریت منابع خلبانان پرواز در شرکت‌های هواپیمایی مشاهده می‌شود. بنابراین در این مقاله، روشی از مدیریت اثربخش منابع خلبانان پرواز، با ارائه معیارها و زیر معیارها و نیز الویت‌دهی به آنها با تمرکز بر بررسی میزان همبستگی و تاثیر آن بر خطای کادر پروازی ارائه شده است. جامعه آماری این پژوهش، ۱۵۰ خلبان فعال پرواز از ۲۰۰ پرواز شرکت‌های هواپیمایی در ناوگان های ایرباس بدنه پهن‌پیکر و بدنه باریک‌پیکرو نیز هواپیمای ملخی می‌باشند. از نمونه‌گیری تصادفی ساده برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز پژوهش و نیز تحلیل آنها استفاده شده است. به منظور شناسائی معیارهای تاثیرگذار بر میزان سطح ایمنی و کیفیت عملکرد خلبانان پرواز و نیز الویت‌دهی به معیارهای مذکور، از روش اکتشاف داده و روایی‌سنجی محتوا، تحلیل رگرسیون و نیز تجزیه و تحلیل واریانس استفاده شده است. از جمله یافت های این پژوهش، اکتشاف انواع معیارهای تاثیرگذار(ارتباطات، آگاهی از محیط، تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله، رهبری، مدیریت استرس) بر مدیریت منابع خلبانان پرواز، الویت‌دهی آنها و نیز تعیین میزان رابطه و همبستگی آن با خطاهای تاثیرگذار بر عملکرد خلبانان و نحوه ارزیابی آن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی پرواز و استاندار عملیات پرواز، مدیریت منابع خلبانان پرواز، کیفیت عملکرد خلبانان پرواز

۱. مقدمه

با توجه به قوانین بین‌المللی حاکم بر صنعت هوانوردی (کـه انجمـن بـین‌المللـی حمـل و نقـل هوایی[1] و سازمان بین‌المللی هواپیمایی کشوری[2] منتشر کرده) مقوله مدیریت ایمنی و کیفیـت پرواز در صنعت هوانوردی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. بطوری که شرکت‌های هواپیمایی بـا ارائه راهکارهای بهینه مدیریت کادر (خلبانان) پروازی می‌توانند ضمن استقرار اثربخش سیسـتم مدیریت ایمنی[3] به شناسائی نقاط ضعف خود و بهبود آن بپردازند. از جمله حوزه‌های کلیدی در ساختار یک شرکت هواپیمایی، عملیات پرواز است. از عمده اهداف ایـن مهـم، شناسـائی نقـاط قابل بهبودی است که از سطح ریسک ایمنـی و کیفیـت حـائز اهمیـت برخوردارنـد. محققـان، مدیریت منابع خلبان پرواز[4] را در اوایل دهه ۱۹۶۰ برای رسیدگی به چالش‌هایی مطرح کرده‌اند که ممکن است در هواپیما رخ دهد. رهبران هوانوردی این مفهوم را بـرای آمـوزش خلبانـان در مورد چگونگی تشخیص و جلوگیری از خطاهای ایمنی احتمالی در هواپیما ارائه دادنـد کـه بـه عوامل انسانی و عملکرد انسانی مرتبط شده است. کادر پروازی متشکل از افـرادی اسـت کـه بـا رویکردهای متفاوت در یک فضای مشترک در کـابین خلبـان بـه انجـام فعالیـت‌هـای پـروازی می‌پردازند. واژه CRM متشکل از دانش و مهارت مـدیریت منـابع خلبانـان پـرواز و موضـوعات عوامل انسانی است که با هدف بهینه‌سازی عملکرد خلبان پرواز در حین انجام وظیفـه پـروازی تعریف شده است (رابِرتسون،۲۰۱۴). آموزش CRM که در اصل مدیریت منـابع کـابین خلبـان نامیده می‌شد، پس از آن پدیدار شد که صـرفاً مهـارت‌هـای فنـی خلبـانی یـک هواپیمـا بـرای اطمینان از رعایت اصول ایمنی و نیز بهترین عملکرد خلبان‌ها کافی نبود.

مدیریت منابع خلبان به سرعت رشد کرد تا منابع گسترده‌تری را در بر بگیرد. از جمله موضوعات توسعه‌ای CRM، آموزش شناختی و مهارت‌های اجتماعی مورد نیاز برای حمایت از آموزش‌های فنی کادر پرواز به منظور بهینه‌سازی ایمن و کارآمد عملیات هواپیما است. در دهه ۱۹۹۰، مدیریت تهدید و خطا [5] معرفی شد که برای کادر پرواز، به منظور پیش‌بینی و اجتناب از خطاها و تهدیدات عملیاتی و مدیریت هر اتفاقی که رخ دهد، بکار گرفته می‌شود. مدیریت تهدید و خطا از نظریه تصادف بر اساس کار جیمز ریسون [6]استفاده می‌کند که دارای سه عنصر مربوط به کادر پرواز، تهدیدات، خطاها و وضعیت ناخواسته هواپیما می‌باشد. هدف TEM ،

1. International Air Transport Association (IATA)
2. International Civil Aviation Organization (ICAO)
3. Safety Management System (SMS)
4. Crew Recourses Management (CRM)
5.Threat and Error Management (TEM)
6 .Rayson,J

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

تلاش برای از بین بردن تهدیدها و خطاها نیست، بلکه به مدیریت آنها می‌پردازد. مدل مدیریت خطای کادر پرواز، توضیح می‌دهد که چگونه می‌توان خطرات را برای عملیات پرواز انتظار داشت. چنین تهدیدهایی خارج از عملیات و کنترل خلبانان هستند و بایستی تهدیدات خارج فضای کابین خلبان را توسط اعمال رفتارهای CRM شناسایی و مدیریت نمود و به منظور دستیابی به یک عملیات ایمن از خطر اضافی ناشی از خطاهای افراد دیگری غیر ازکادر پرواز جلوگیری شود(ایکائو،۲۰۱۴).

نتایج مطالعات ادبیات موضوع حاکی از این موضوع است که در صنعت هوانوردی یک روش علمی و در عین حال اجرایی با در نظر گرفتن معیارهای اساسی ایمنی پرواز وجود ندارد تا با الویت عوامل تاثیرگذار بر مدیریت منابع خلبانان پرواز، تاثیر معیارهای مذکور را بر خطاهای کادر پروازی بررسی کند. این مطالعه، به ارائه یک مدل داده‌محور برای بررسی رابطه معیارهای ایمنی پرواز مستخرج از CRM که تاثیر معنی‌داری در وضعیت خطای خلبان پرواز دارند، می‌پردازد. برای نمایش توانمندی مدل پیشنهادی، روایی شناسائی معیارهای مناسب و نیز محتوای فرم و چک‌لیست ارزیابی، صحت‌سنجی از طریق اعمال نظرات خبرگان انجام شده است. برای تعیین معیارهای مذکور و نیز چک‌لیست‌های مورد نیاز برای برآورد این مهم، علاوه بر محتوای ادبیات موضوع، از استانداردهای حاکم بر مدیریت داده‌های پرواز[1] ، ارزیابی حین پرواز[2] ، و نیز معیارهای مدیریت خدمه پرواز استفاده شده است.

۲. مبانی نظری

برخی از تعاریف مفاهیم پژوهش مورد کاربرد در این مقاله، به شرح زیر ارائه می‌شود:

- **ایمنی**[3]: وضعیتی که در آن ریسک‌های مرتبط با فعالیت‌های هوانوردی (که به عملیات وسائل پرنده مربوط بوده و یا در پشتیبانی مستقیم عملیات وسائل پرنده است) به یک سطح قابل قبول کاهش پیدا کرده و کنترل می‌شوند (ایکائو،۲۰۱۳).
- **مخاطره**[4] : شرایط یا چیزی که به صورت بالقوه بتواند سبب ایجاد یا شرکت در ایجاد حادثه یا سانحه هوایی شود.

1. Flight Data Management (FDM)
2. Line Operations Safety Audit (LOSA)
3 .Safety
4 .Hazard

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

- **ریسک ایمنی**[1] : احتمال و شدت پیش‌بینی شده در خصوص پیامد یا نتیجه مخاطره (ایکائو،۲۰۱۳).
- مدیریت ایمنی از طریق توانایی سازمان برای شناسایی مخاطرات واقعی و بالقوه ایجاد می‌شود. شناسایی مخاطره، اولین گام در فرایند جمع‌آوری، ثبت، اقدام و ایجاد بازخورد برای همه مدیران و کارکنان از نظر مخاطرات ایمنی می‌باشد. شناسایی مخاطره منابع متعددی دارد.
- **ارزیابی ریسک ایمنی و کاهش آن**[2] : ارزیابی ریسک عبارت است از اندازه‌گیری احتمال صدمه، آسیب به تجهیزات یا ضرر و زیان ناشی از مخاطره (ایکائو،۲۰۱۳).
- **خطا**[3] **:** انجام یا عدم انجام فعالیتی توسط کارکنان عملیاتی که منجر به انحراف از استانداردهای عملیاتی می‌شود (ایکائو،۲۰۱۳).
- **خطای کادر پروازی** : انجام یا عدم انجام فعالیت ها توسط کادر پرواز که منجربه انحراف از استانداردهای عملیاتی می شود. خطای کادر پروازی به صورت عدم تطابق با قوانین، استاندارد ها و رویه های عملیاتی، تعریف می شود. سطوح خطاهای مذکور می تواند به دو دسته اندک و زیاد تعریف گردد. دسته بندی ارائه شده از خطای کادر پروازی به شرح زیر می باشد : (ایکائو،۲۰۰۲).
  - **خطای عدم انطباق عمدی**[4] : انحراف عمدی از قوانین و روش‌های اجرایی حاکم بر شرکت هواپیمایی
  - **خطای رویه‌ای**[5] : انحراف از قوانین و مقررات بصورت غیر عمدی. این دسته‌بندی، به فراموشی کادر پروازی برای انجام برخی از روش‌های کاری هم اشاره دارد.
  - **خطای ارتباطی**[6] : عدم برقراری ارتباط مناسب، عدم ایجاد تفسیر مناسب، عدم برقراری ارتباط مناسب با کادر پروازی، مهمانداران و کلیه افراد دخیل در خارج از هواپیما.
  - **خطای مهارتی**[7] : فقدان دانش یا مهارت کافی پروازی.

1. Safety Risk
2 .Risk assessment and mitigation
3 .Error
4 .Intentional non-compliance error
5 .Procedural error
6 .Communication error
7 .Proficiency error

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

- **خطای تصمیم‌گیری عملیاتی**[1] : خطاهای تصمیم‌گیری که استانداردسازی آنها توسط مقررات یا رویه‌های اپراتور انجام نشده و ایمنی را به طور غیر ضروری به خطر می‌اندازد (ایکائو،۲۰۱۲).
- **خروجی‌های خطا (ایجاد حالت نامساعد برای هواپیما**[2]): حالتی که به سبب آن، هواپیما در وضعیتی قرار می‌گیرد که ریسک ایمنی پرواز، افزایش می‌یابد (ایکائو،۲۰۱۲).
- **مدیریت کادر پرواز** [3] (CRM): استفادهٔ اثربخش از منابع کادر پروازی موجود برای حصول اطمینان از ایمنی عملیات، کاهش خطاهای پروازی، اجتناب از استرس و افزایش اثربخشی، که متشکل از موارد زیر است (واینِر و ناگِل،۱۹۸۸)

از جمله موضوعات توسعه‌ای CRM ، آموزش شناختی و مهارت‌های اجتماعی مورد نیاز برای حمایت از آموزش‌های فنی کادر پرواز به منظور بهینه‌سازی ایمن و کارآمد عملیات هواپیما می‌باشد. واضح است که برای مؤثرتر بودن چنین مهارت‌هایی باید با هم ادغام شوند. معرفی ضبط‌کننده‌های صدای کابین خلبان[4]در دهه ۱۹۷۰ قویاً پیشنهاد می‌کند که عناصر عملیاتی غیرفنی (که اغلب «عوامل انسانی» نامیده می‌شوند) به شدت در بسیاری از سوانح نقش داشته‌اند که در این میان مهارت‌های بین فردی، ارتباطات، تصمیم‌گیری و رهبری بر خطای خلبانان تاثیرگذار است. داده‌های CVR به همراه تحلیل ریشه‌ای علل سوانح، منجر به برگزاری کنفرانسی با عنوان«مدیریت منابع روی عرشه پرواز»[5] در سال ۱۹۷۹ شد. شایان ذکر این که اکثر خطاهای خلبانان با مهارت‌های بین فردی، ارتباطات، تصمیم‌گیری و رهبری مرتبط بوده است. محتوای CRM با تشخیص اینکه بسیاری از مسائل مهم از دسترس مستقیم CVR خارج بودند، رشد کرد و به مواردی مانند نظارت و آگاهی از حالت خستگی و هوشیاری، آگاهی از موقعیت و تصمیم‌گیری فردی با وجود حفظ عنوان"CRM" اشاره دارد. چنین آموزشی اکنون دامنه بسیار گسترده‌تری را پوشش می‌دهد که اغلب تحت عنوان "مهارت‌های غیر فنی" و "عوامل انسانی" از آن یاد می‌شود. در واقع CRM استفادهٔ اثربخش از منابع کادر پروازی موجود برای حصول اطمینان از ایمنی عملیات، کاهش خطاهای پروازی، اجتناب از استرس و افزایش اثربخشی می‌باشد که متشکل از موارد زیر است: (ایکائو،۲۰۱۴).

1 .Operational decision error
2 .Undesirable Aircraft State
3 .Crew resource management
4.Cockpit Voice Recorder (CVR)
5 . Resource Management on the Flight Deck

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

- **ارتباطات** [۱]

توانایی دو یا چند عضو برای ارسال و دریافت اطلاعات صحیح و دقیق و نیز ارائه بازخوردهای مفید (ایکائو،۲۰۱۴).

- **آگاهی از محیط** [۲] (SA)

توصیف آگاهی خلبان از آنچه در اطرافش (سیستم‌های هواپیما، محیط خارجی، زمان) می‌گذرد (ایکائو،۲۰۱۴).

- **تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله** [۳]

یک زنجیره ساده از فرایندهای تصمیم‌گیری (تعریف و تشخیص مشکل، ایجاد گزینه، ارزیابی ریسک و انتخاب گزینه، بررسی نتیجه) مختلف بهمراه ترکیبی از زمان و تلاش (ایکائو،۲۰۱۴).

- **رهبری** [۴]

توانایی یک رهبر تیم برای هماهنگی فعالیت‌های اعضای تیم و تشویق اعضای تیم برای کار با یکدیگر، ارزیابی عملکرد، تخصیص وظیفه و توسعه دانش تیم و مهارت و انگیزه، برنامه‌ریزی و ساماندهی و نیز ایجاد فضای کاری مثبت (ایکائو،۲۰۱۴).

- **مدیریت استرس** [۵]

توانایی پیش‌بینی نیازهای تیم برای آشنایی و نیز انتقال حجم کاری بین اعضا و ایجاد تعادل طی دوره‌های حجم کاری بالا و با فشار زیاد (ایکائو،۲۰۱۴).

- **مهارت‌های بین فردی** [۶]

قابلیت مدیریت و توسعه مهارت‌های شنیداری، حل تعارضات بین فردی و مدیریت حالات روانی (ایکائو،۲۰۱۴).

- **مدیریت پرواز** [۷]

توانایی اعضای تیم پرواز برای توسعه برنامه‌ها، فعالیت‌های پرواز برای حصول اطمینان از انجام کامل فعالیت‌ها (ایکائو،۲۰۱۴).

1.Communications: cultural influence / role (age, crew position, etc.) / assertiveness/ participation / listening/ feedback.

2.Situation Awareness: total awareness of surrounding environment / reality vs. perception of reality / fixation / monitoring / incapacitation (partial/total, physical/psychological)

3.Problem-Solving/Decision-Making/ Judgment: conflict resolution, review (time-constrained)

4.Leadership/ Followership: team building /managerial and supervisory skills /authority/assertiveness /barriers /cultural influence /roles /professionalism /credibility/ team responsibility

5.Stress Management: fitness to fly / fatigue / mental state

6.Interpersonal Skills (listening / conflict resolution / mediating)

7 .Critique (three basic types): Preflight analysis and planning / Ongoing review / Post flight

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

۳. پیشینه تحقیق

سابقه تاریخی موضوع عوامل انسانی[۱]، به فعالیت‌های اولیه انواع سیستم‌ها (که اجزای انسانی و مکانیزه را با هم ترکیب می‌کردند) بر می‌گردد. این مهم در دهه ۱۹۴۰ به مفهوم «سیستم فنی اجتماعی» در صنعت معدن زغال‌سنگ منتهی شد. در طول دهه ۱۹۷۰، این ایده از یک سیستم اجتماعی فنی برای پوشش عوامل انسانی در صنعت هوانوردی گسترش یافت و منجر به توسعه مدل شِل [۲]توسط ادواردز[۳] شد. مدل شِل، مخفف چهار جزء آن است (نرم‌افزار، سخت‌افزار، محیط و حیات‌افزار) که تمام عناصر یک سیستم هوانوردی را در نظر گرفته است. جزء حیات‌افزار اشاره به اجزای انسانی، جزء سخت‌افزار اشاره به اجزای ماشین و جزء نرم‌افزار اشاره به روش یا رویه انجام کار دارد. حیات‌افزار در مرکز مدل قرار دارد. این حیات‌افزار اساساً اپراتور انسانی است. اپراتور انسانی نیاز به تعامل با ماشین‌ها (سخت‌افزار)، رویه‌ها (نرم‌افزار) و سایر افراد (حیات‌افزار) دارد. همه در نوعی محیط انجام می‌شود، شاید روی زمین، در یک دفتر، یا روی یک عرشه پرواز در ارتفاع بالا. از آنجا که صنعت هوانوردی بر مهارت‌های CRM تاکید دارد، چارچوبی برای ارزیابی رسمی این مهارت‌ها در محیط شبیه‌ساز و هواپیما معرفی شده است. در اروپا، ارزیابی مهارت‌های غیرفنی بخشی از بررسی‌های مهارت اپراتور، بررسی‌های مهارت‌های مرتبط با گواهینامه و چک‌های حین پرواز را تشکیل می‌دهد. سازمان هوانوردی فدرال در ایالات متحده فرایندهای مشابهی برای ارزیابی مهارت‌های غیر فنی دارد. اگرچه یک اپراتور می‌تواند از هر چارچوبی برای ارزیابی مهارت‌های غیرفنی خود استفاده کند (به شرطی که برای مقامات ملی آنها قابل قبول باشد)، ولی در مطالعه دیگری، مهارت‌های غیر فنی را به چهار حوزه اصلی همکاری[۴]، رهبری و مهارت‌های مدیریتی[۵]، آگاهی از موقعیت[۶] و تصمیم‌گیری[۷] تقسیم می‌کند(موریارتی،۲۰۱۴) خطاها در راستای اصطلاح "اعمال ناایمن[۸]" طبقه‌بندی می‌شوند که شامل همه خطاها و همچنین سایر مسائل می‌شوند. عمل ناایمن، یک اقدام (یا عدم اقدام) است که منجر به یک مشکل ایمنی می‌شود، بطوری که عمل ناایمن می‌تواند به صورت تصادفی (خطا) اتفاق بیفتد، همچنین می‌تواند از روی عمد (تخلف) باشد. راه‌های زیادی برای دسته‌بندی اعمال ناایمن وجود دارد، اما پرکاربردترین آنها طبقه‌بندی

1 .Human Factors (HF)
2 .SHEL(Software, Hardware,Environment,Lifeware)
3. Edwards
4 .Cooperation
5 .Leadership and managerial skills
6 .Situation awareness
7 .Decision making
8 .unsafe acts

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

راسموسن[۱] و توسعه‌ای آن است. منطبق بر تئوری‌های حاضر، سه دسته از اعمال ناایمن وجود دارد: خطا (بر اساس مهارت)[۲]، اشتباه (بر اساس اطلاعات / دانش) [۳] و تخلفات[۴](راسموسِن،۱۹۸۶). بطور کلی CRM به عنوان یک اقدام متقابل برای خطا، دارای سه خط دفاعی است: اجتناب شود، قابل اجتناب نیست، باید فوراً شناسایی و درک شوند. در مواردی، اگر خطاها و تهدیدها کنترل نشوند، ممکن است عواقبی داشته و نیازمند کاهش باشند. هِلمرایش و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعه‌ای (روئلِن و همکاران،۲۰۰۷) مجموعه اولیه‌ای از عناصر شکل‌دهنده عوامل تاثیرگذار بر مدیریت بهینه منابع کادر پرواز پس از بررسی ادبیات انتخاب شد که عبارت است از: تجربه[۵]،آموزش[۶]، میزان خستگی[۷]، ارتباطات[۸]، ترکیب کادر پروازی[۹]، حجم کاری[۱۰] ، فشار زمانی[۱۱] ،آب و هوا[۱۲]، تقابل کاری ماشین و انسان در حین کار[۱۳]، فرهنگ ایمنی[۱۴].

مشکل ترکیب شدن کادر پروازی[۱۵] معمولاً دو هدف را به دنبال دارد. یکی این که تا حد امکان تاخیرهای پرواز را در یک افق برنامه‌ریزی بپوشانید. مورد دیگر کمینه کردن کل هزینه مرتبط با ترکیب‌های ساخته شده می‌باشد (یی،۲۰۰۷). برای قانونی بودن، ساخت ترکیب باید تعدادی محدودیت را در نظر بگیرد؛ برخی از این محدودیت‌ها، مانند محدودیت‌های زمانی و مکانی، به طور مستقیم از تعریف مسئله پیروی می‌کنند، در حالی که برخی دیگر از نتایج قوانین و مقررات نشات می‌گیرند. به طور خاص، محدودیت‌هایی از جمله محدودیت‌های زمانی[۱۶]، محدودیت‌های فضایی[۱۷]، محدودیت‌های ناوگان[۱۸]، محدودیت‌های ناشی از قوانین و مقررات[۱۹] را می‌توان شناسایی کرد (کورنیکلاکیس و استاماتوپولوس،۲۰۰۲).

1. Rasmussen
2 .errors (skill-based),
3 .mistakes (knowledge-based)
4 .violations
5 .Experience
6 .Training
7. Fatigue
8 .Communication
9 .Crew composition
10 .Workload
11 .Time pressure
12 .Weather
13. Man-machine interface Technology interface
14 .Safety culture
15 .Crew Paining
16 .Temporal constraints
17 .Spatial constraints
18 .Fleet constraints
19 .Constraints due to laws and regulations

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

مطالعات گسترده‌ای در حوزه تمرکز بر عملکرد و روابط کاری خلبانان پروازی انجام شده که در یکی از این مدل‌ها (واینِر و همکاران،۲۰۱۰) عملکرد مذکور بر اساس سه جزء از گروه های رفتاری به شرح زیر بنا شده است:

- عوامل ورودی: مشتمل بر ویژگی‌های فردی، گروهی، سازمای و محیط‌های عملیاتی می‌باشد.
- عوامل فرآیند گروهی: مشتمل بر کیفیت اثرمتقابل بین اعضای گروه می‌باشد.
- عوامل خروجی: مشتمل بر خروجی‌های ابتدایی مانند ایمنی و اثربخشی عملیات و خروجی های ثانویه مشتمل بر رضایت اعضا، انگیزه، رویکرد و... می‌باشد.

مدل مذکور بر این اساس پایه‌گذاری شده که عوامل ورودی، ساختار و چارچوب داخلی را شکل می‌دهند و منجر به جریان فرایندهای کار و در انتها خروجی‌های متنوع می شود.

یانگ، تائو و بای (۲۰۱۴) در راستای ارزیابی خطای خلبانان، از روش THERP[1] استفاده کرده‌اند که بصورت مطالعه موردی در فعالیت‌های «بلند شدن هواپیما» خلبانان پرواز، پیاده‌سازی شده است. در این مطالعه حالت‌های خطای انسانی و نیز پیامدهای آن شناسائی و احتمال خطا در فعالیت های فاز بلندشدن هواپیما محاسبه شده است. چانگ و همکاران(۲۰۱۶) در مطالعه خود به بررسی و آزمایش عوامل انسانی مرتبط با کادر پروازی (خلبانان) در بین کلیه دسته‌بندی‌های حوادث هوانوردی پرداخته‌اند. مدل شلو [2] در راستای دسته‌بندی عوامل مذکور و نیز ارزیابی اهمیت آنها بر اساس اعمال نظر ۱۴۵ خلبان، پیاده‌سازی شده است. در این مطالعه، عواملی از قبیل آگاهی از محیط، نگرش ایمنی، مهارت‌های ارتباطی، تجربه، دانش و آگاهی، انحراف عملیاتی، آشنایی با موضوعات فنی مورد نیاز در پرواز، استرس، توانائی تصمیم‌گیری، توانایی مدیریت شرایط اضطراری، ارزیابی عملکرد فرود طی پرواز، آشنائی با روش‌های اجرایی فرود و...، آشنایی با فرودگاه و رویه‌ها، تنظیم رویه‌های خودکار در هواپیما مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. کیم و رهی (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای به بررسی و امتحان عوامل یادگیری سازمانی بر علل سانحه‌های هوایی در یک شرکت هواپیمایی پرداختند. در این مطالعه، عوامل تاثیرگذار بر سانحه هوایی که ایمنی پرواز را به خطر می‌اندازد به دو دسته داخلی (خطای خلبان، خطای سایرکادر پروازی، خطای کادر زمینی، ایراد فنی تجهیزات، رویه‌ها و نظارت شرکت هواپیمایی، خطای مسافر، عدم ارتباطات کاری) و خارجی (آشفتگی یا تلاطم، شرایط زمینی خاطره‌ساز، خطای کنترل ترافیک هوائی، مشکلات تجهیزات و امکانات، سایر عوامل محیطی و.....) تقسیم شده است. وانگ و چِن (۲۰۱۷) در مطالعه خود به بررسی وجود

1 .Technigue for Human Error Rate Prediction
2 .SHELLO: Software - Hardware -Environment - Liveware

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

رابطه بین برخی از عوامل بر عملکرد خطای کادر پروازی پرداخته‌اند. به منظور بررسی تاثیر عوامل مذکور، از روش‌های فازی استفاده شده است. مصداق‌های خطای کادر پروازی متشکل از تفسیر اشتباه، اتخاذ یک اقدام در زمان اشتباه و نیز شناسائی اشتباه است. این مطالعه، به شناسائی «شرایط عملکردی متداول کادر پروازی» [1]پرداخته و تاثیر این مهم را با اندازه‌گیری «احتمال رخداد»[2] بررسی کرده است. مدل مذکور با یک مطالعه موردی در فاز «حرکت هواپیما روی باند»[3]، اجرا شده است. یعقوبی و همکاران(۲۰۲۰) به منظور ارائه یک راهکاری عملی برای حل مشکلات ترکیب کادر پرواز با هدف رسیدن به یک مدل بهینه، از ترکیب کادر پرواز در فضای کابین خلبان و روش‌های یادگیری ماشین برای دسته‌بندی پروازهای انتخابی و نیز تخصیص زمان‌های پروازی بهینه با استفاده از روش‌های تحقیق عملیات، استفاده کرده‌اند. اِفتایمیو و همکاران(۲۰۲۱) متغیرهایی نظیر، سن، مسیرهای پروازی، میزان آگاهی از موظفی پرواز و دوره استراحت بر خستگی کادر پرواز را برای اِعمال تاثیرات محدودیت‌های پروازی بر خستگی کادر پروازی بررسی کرده و برای شناسایی وابستگی‌های مذکور از روش‌های آماری رگرسیون بهره گرفته‌اند.

با توجه به مرور ادبیات انجام شده، می‌توان به شکاف‌های تحقیقاتی زیر اشاره نمود:

از جمله مطالعاتی که از لحاظ دستیابی به نتایج مورد نظر مقاله حاضر، شباهت زیادی به موضوع داشته، می‌توان به مطالعه چانگ و همکاران(۲۰۱۶) اشاره نمود. مطالعه مذکور از لحاظ بکارگیری روش‌شناسی، متفاوت با روش‌شناسی پیشنهاد شده در این مقاله بوده و همچنین دامنه بررسی عوامل تاثیرگذار، بسیار محدود و صرفاً تعدادی از عومل محیطی در یک فاز پروازی بررسی شده است. در مطالعه یانگ و همکاران (۲۰۱۴) صرفاً مطالعه موردی بررسی خطاهای کادر پرواز، در یک فاز پروازی صورت پذیرفته است که در مقایسه با دامنه پیاده‌سازی مدل پیشنهادی در این مقاله، متفاوت و محدودتر می‌باشد، بطوریکه در این مقاله، با در نظرگرفتن کل فازهای پروازی، به پیاده‌سازی روش داده‌محور پرداخته شده است. در مطالعه‌ای که سیاح و همکاران (۲۰۲۱) انجام داده‌اند، به منظور مدیریت ریسک شرایط شغلی (خستگی کادر پروازی: خلبان‌ها) از یک رویکرد داده‌محور استفاده شده که با شناسائی عوامل تاثیرگذارخستگی کادر پروازی، (با استفاده از بررسی وضعیت خواب کمّی و کِیفی کادر پروازی) به وضعیت عملکرد کادر پروازی پرداخته شده است؛ این مطالعه، با وجود استفاده از رویکرد

1 .Common performance condition (CPC)
2 .Cogitative failure probability (CFP)
3. taxi

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

داده‌محور برای مدیریت ریسک شرایط شغلی (خستگی کادر پروازی: خلبان‌ها)، صرفاً به بررسی عوامل تاثیرگذارخستگی کادر پروازی پرداخته است.

بطور خلاصه نتایج تحلیل شکاف، به شرح زیر جمع‌بندی می‌شود:

- طی مطالعات انجام شده در ادبیات موضوع، به منظور تحلیل خطای کادر پروازی از دیدگاه ایمنی پرواز، از داده‌های واقعی پرواز و از سوی دیگر مشاهده حین پرواز استفاده نشده است.
- از طرفی با توجه به مرور ادبیات موضوع صورت گرفته، مطالعات علمی که به ارائه معیارهای CRM الویت‌دار و دارای رابطه معنی‌دار مرتبط با ایمنی پرواز (تاثیرگذار بر خطای کادر پروازی، ضمن تحلیل داده‌های واقعی پرواز) بپردازد، بسیار اندک است.
- با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در مطالعات ادبیات موضوع، روش‌های داده‌محور در حل برخی از موضوعات و چالش‌های مطرح شده در صنعت هوانوردی بکار گرفته شده و به دسته‌بندی داده‌های پرواز از طریق روش‌های خوشه‌بندی و... پرداخته شده است. در مطالعه‌ای که پِرز-کامپوزانو و همکاران (۲۰۲۲) انجام دادند، روشی با ترکیب فنون خوشه‌بندی پیشنهاد شده که به تعیین و ارزیابی روند بازار (بصورت مطالعه موردی در شرکت‌های هواپیمایی طی ۳۰ سال) پرداخته است. اما بکارگیری روش‌های داده‌محور (ضمن تحلیل ترکیبی از داده‌های پرواز و نیز ممیزی‌های حین پرواز و یا خوداظهاری کادر پروازی) به منظور بررسی وضعیت خطای کادر پروازی از طریق مطالعه تاثیر عومل تاثیرگذار، در ادبیات موضوع دیده نشده است.

بر اساس نتایج تحلیل ادبیات موضوع در این بخش، انجام مطالعاتی که از لحاظ دستیابی به نتایج مورد نظر، شباهت زیادی به موضوع این مقاله داشته‌اند، حاکی از آن است که اگر چه پژوهش‌های پیشین به تبیین این موضوع پرداخته‌اند، اما خلاء طراحی یک روش داده‌محور به منظور بررسی تاثیر معناداری معیارهای CRM، الویت‌بندی معیارهای تاثیرگذار بر خطای خلبانان حین پرواز و نیز اندازه‌گیری آنها برای ارزیابی میزان خطای ایمنی پرواز خلبانان، در صنعت هوانوردی دیده نشده است. در این مقاله ضمن ارائه و بکارگیری یک روش داده‌محور، به بازنگری و دسته‌بندی معیارهای موثر بر CRM، تعیین اهمیت آنها و نیز شناسایی اثرگذاری معیارها، همینطور نحوه ارزیابی موثر بر خطای خلبانان حین پرواز پرداخته شده است.

۴. روش تحقیق

در این مقاله با توجه به نتایج مرور ادبیات موضوع، معیارهای تاثیرگذار بر سیستم مدیریت منابع خلبانان پرواز (CRM) شناسایی شده‌اند. در ادامه این مطالعه، با بکارگیری یک روش

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

داده‌محور مناسب (روش اکتشاف داده و روایی‌سنجی محتوا، تحلیل رگرسیون و نیز تجزیه و تحلیل واریانس)، رابطه معنی‌دار معیارهای CRM با میزان خطای خلبانان در پرواز تحلیل و معیارهای بااهمیت شناسائی و معرفی شده‌اند.

استفاده از روش‌های داده‌محور مزایای بسیاری دارد که از آن جمله می‌توان به سهولت شناسایی روندها و الگوریتم‌ها، بهبود مستمر، کاربردهای گسترده، بی‌نیاز از دخالت انسان، صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها، مدیریت داده‌های چندبُعدی و چند متغیره اشاره کرد. پژوهش حاضر از نوع کاربردی (شامل دو فاز: کتابخانه‌ای، پرسشنامه‌ای، عملی و موردی) بوده و این قصد را دنبال می‌کند که معیارهای CRM تاثیرگذار بر خطای کادر پروازی را شناسائی و اهمیت آنها را مشخص نماید. در ادامه، با به کارگیری روش‌های حاکم بر سنجش روائی و پایایی، چک‌لیست/ پرسشنامه نهایی به منظور سنجش میزان خطای خلبانان پروازی استخراج شده است. ابزارهای گردآوری اطلاعات شامل سوابق و مدارک و مستندات، استانداردها و الزامات حاکم بر صنعت، همچنین نتایج مطالعات ادبیات موضوع با اعمال نظرات خبرگان حوزه عملیات پرواز می‌باشند. معیاری که اعتبار این مدل را تایید می‌کند، نمره شاخص روایی محتوا (میزان روایی ۸۰٪) بوده، که قابل قبول در نظر گرفته شده است. جامعه آماری این پژوهش، خلبانان فعال در پرواز یک شرکت هواپیمایی (۱۵۰ خلبان از ۲۰۰ پرواز انتخاب شده) می‌باشند. برای جمع‌آوری داده‌ها و نیز تحلیل آنها، از نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شده است. از جمله موارد در نظرگرفته شده حین نمونه‌برداری می‌توان به مواردی مانند تنوع ویژگی‌های پرواز، تنوع ترکیب خلبان‌ها در پرواز، تنوع جمعیت‌شناسی مورد نیاز از خلبانان پرواز، تنوع آموزش‌های خلبانان پرواز اشاره کرد.

تحلیل واریانس[1]، مجموعه‌ای از مدل‌های آماری و فرایندهای تخمین‌زننده مرتبط با آن است (همچون واریانس‌گیری بین گروه‌های مختلف) که برای تحلیل تفاوت میانگین گروه‌های مختلف از داده‌ها به کار می‌رود. « تحلیل واریانس» که رونالد فیشر [2]توسعه داده، براساس قانون واریانس کلی بنا نهاده شده که در آن واریانس مشاهده شده در یک متغیر خاص به مؤلفه‌هایی افراز شده که به هر کدام از این مؤلفه‌ها می‌توان منبعی از تغییرات را نسبت داد. به زبان ساده،«تحلیل واریانس» آزمون آماری ارائه می‌کند که به وسیله آن می‌توان برابر بودن یا نبودن

1 .Analysis of variance: ANOVA
2 .Fisher

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

میانگین‌های بین دو یا چند جامعه را تعیین کرد. محاسبه مقدار احتمال برمبنـای فـرض صـفر انجام می‌گیرد و از فرض مقابل استفاده‌ای نمی‌شود. بنابراین برمبنای مقدار احتمال، می‌توان به رد فرض صفر (H0=0) اقدام کرد. ولی باید توجه داشت که مقدار احتمال نمی‌تواند برای قبـول فرض مقابل (H1=1) معیار مناسبی باشد. احتمال رد فرض صفر (براساس نمونه تصادفی و آماره آزمون و ناحیه بحرانی) به شرط آنکه فرض صفر صحیح باشد، مقدار احتمال نامیده می‌شود-P . Value=P(X>x|H0) به بیان دیگر، در یک آزمـون فـرض، مقـدار احتمـال (P-Value) برابـر بـا کمترین مقداری از سطح معنی‌داری[1] یا همان احتمال خطای نوع اول است، که موجب رد فرض صفر می‌شود. با توجه به این موضوع، می‌توان قاعده‌ای برای انجام آزمون فرض آمـاری بوسـیله مقدار احتمال در نظر گرفت: فرض صفر در صورتی رد می‌شود کـه مقـدار احتمـال از $\alpha=0.05$ احتمال خطای نوع اول کوچکتر باشد. (St & Wold, 1989)

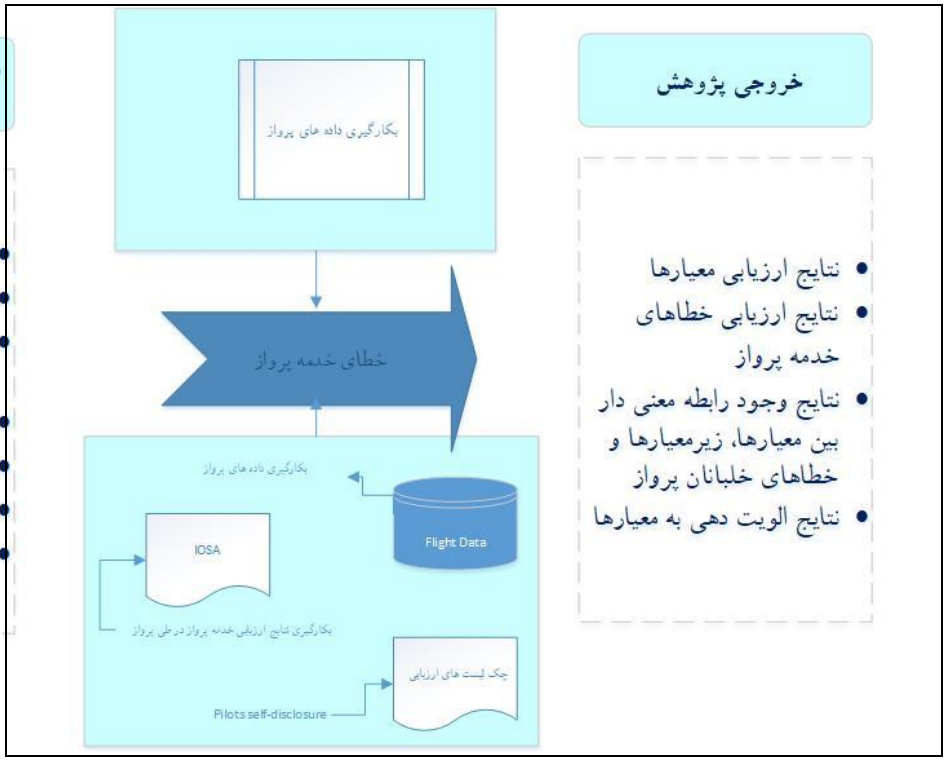
در این پژوهش از روش «تحلیل واریانس» و نرم‌افزار پایتون[2] برای تحلیل داده‌ها استفاده شده و انجام کدنویسی‌های لازم در این حوزه انجام شده است. پس از تدوین چارچوب داده‌ای، داده‌ها در قالب مورد نیاز نرم‌افزار پایتون، وارد و ضمن انجام کدنویسی‌های لازم، خروجی‌های مورد نیاز استخراج و تحلیل شده‌اند.

۵. یافته های تحقیق

در این بخش به تشریح روش اجرایی پژوهش حاضر پرداخته خواهد شد (به شرح شکل ۱)

1. Significance Level
2. Payton

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516



شکل۱. روش‌شناسی پژوهش

❖ **تعیین معیارها و زیرمعیارها:**

طبق نتایج مطالعات ادبیات موضوع، معیارها و زیر معیارهایی استخراج شد که جزئیات آن‌ها به شرح جدول زیر است.

جدول۱. معیارها و زیر معیارهای موثر بر حوزه ایمنی پرواز – جمعیت‌شناسی کادر پرواز

عامل	معیار	زیرمعیار
جمعیت‌شناسی کادر پروازی	جنسیت	• مرد / زن
	اطلاعات کادر پروازی	• نوع کادر پروازی (خلبان / کمک خلبان) • کدپروازی • سن • سطوح تحصیلی • کل سال سابقه کاری • وضعیت پرونده پزشکی (امتیاز ۱ : پرونده پزشکی تائید شدهٔ مرکز پزشکی مورد تائید) (امتیاز۰ : دارای پرونده پزشکی تائید نشدهٔ مرکز پزشکی مورد تائید)

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

		• کل ساعات پروازی در شرکت هواپیمایی • کل ساعت پروازی در تایپ هواپیمای فعلی • نوع هواپیما • تایپ هواپیما • وضعیت تجربه (خلبان باتجربه : بیش از ۲۰۰ ساعت برای ناوگان ایرباس و بیش از ۵۰۰ ساعت برای ناوگان غیر ایرباس) • وضعیت تجربه (خلبان کم تجربه : کمتر از ۲۰۰ ساعت برای ناوگان ایرباس و کمتر از ۵۰۰ ساعت برای ناوگان غیر ایرباس)

جدول۲. معیارها و زیر معیارهای موثر بر حوزه ایمنی پرواز- مدیریت خدمه پرواز

عامل	معیار	زیرمعیار
مدیریت خدمه پرواز	ارتباطات	• تأثیر فرهنگی • نقش (سن، موقعیت خدمه و غیره) • قاطعیت • مشارکت • گوش دادن • بازخورد • زبان مشترک مادری در ارتباط
	آگاهی از محیط	• آگاهی کامل از محیط اطراف، واقعیت در مقابل ادراک واقعیت تثبیت‌شده • نظارت • ناتوانی (جزئی/ کلی، فیزیکی/ روانی)
	تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله	• حل تعارض • بررسی (محدودیت زمانی)
	رهبری	• تیم‌سازی • مهارت‌های مدیریتی و نظارتی • اقتدار • قاطعیت • موانع • نفوذ فرهنگی • نقش‌ها • حرفه‌ای بودن • اعتبار • مسئولیت تیمی

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

عامل	معیار	زیرمعیار
	مدیریت استرس	• آمادگی برای پرواز • خستگی • وضعیت روانی
	مهارت‌های بین فردی	• گوش دادن • حل تعارض • میانجیگری
	مدیریت پرواز	• تجزیه و تحلیل و برنامه‌ریزی قبل از پرواز • بررسی مداوم پرواز

جدول ۳. معیارهای موثر بر خطاهای کادر پرواز

عامل	معیار	تعریف
خطای کادر پروازی	**خطای رویه‌ای و کنترل هواپیما و ارتباطی**	• خطای خلبان و نحوه مدیریت شرایط وضعیت ناخواسته هواپیما [1] - پرواز توسط خلبان - پرواز منطبق با شرایط استاندارد مندرج در رویه - مرور چک‌لیست - فراخوانی - توجیح و خلاصه کردن
	خطای مهارتی	• خطای خلبان و نحوه مدیریت شرایط وضعیت ناخواسته هواپیما - مدیریت تنظیمات صحیح هواپیما (ترمز، سوخت و....) - مدیریت وضعیت هواپیما در سطح زمین (وضعیت پیمایش باند و مدیریت شرایط پروازی) - مدیریت شرایط کنترل هواپیما (انحرافات عمودی و افقی هواپیما، مدیریت شرایط غیرعادی، نحوه انجام ترمز و...) - مدیریت فازهای اوج و فرود هواپیما (اوج و فرود نا ایمن طبق استانداردهای کتاب هواپیما و داده های پرواز)
	خطای تصمیم گیری عملیاتی [2]	• نحوه مدیریت تهدیدات محیطی و شرکت هواپیمایی تاثیرگذار بر عملیات پرواز [3]

1 .Cockpit crew Error and Undesired Aircraft State (UAS) Management by cockpit crew

[2] خطاهای تصمیم‌گیری که توسط مقررات یا رویه‌های اپراتور استاندارد نشده است و ایمنی را به طور غیر ضروری به خطر می‌اندازد.

3 .Environmental / Airline Threats Management by cockpit crew

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

عامل	معیار	تعریف
		- وضعیت آب و هوا - خدمه کابین - خرابی هواپیما - کارکنان عملیات پرواز و مهندسی
	خطای عدم تطابق عمدی	• انحراف عمدی از قوانین و روش‌های اجرایی حاکم بر شرکت هواپیمایی (آیا کادر پروازی موضوع تهدیدات و خطاهای حادث شده را مدیریت کرده است ؟)

❖ تهیه ابزار جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز:

به منظور ارزیابی خطای ایمنی خلبان‌های پروازی در حین پرواز و نیز جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز (منطبق بر معیارهای استخراج شده)، نیاز به طراحی یک پرسشنامه و نیز چک‌لیست می‌باشد. با توجه به معیارها و زیرمعیارهایی که باید مورد پرسش و یا سنجش قرار گیرد، یک چک‌لیست اولیه تهیه شد. مطابق بر الگوهای رایج، باید مراحل اجرای روایی در فرایند (متشکل از طراحی و کمّی‌سازی[1])، در طراحی چک‌لیست انجام شود (روبیو و همکاران،۲۰۰۳؛ گرانت و دِیویس،۱۹۹۷). مراحل این مهم متشکل است از شناسائی حیطه‌ها (منطبق بر معیارها و زیر معیارهای شناسائی و استخراج شده در جدول ۱تا۳)، تولید سوالات (با توجه به نتایج مطالعات مرور ادبیات موضوع)، ساخت ابزار (شامل ارزشیابی) و کمّی‌سازی شاخص‌های روایی هر یک از سوالها (مناسبت، شفافیت) به همراه محاسبه شاخص‌های روایی کل ابزار (مناسب[2]، شفافیت[3] و جامعیت[4]). مراحل اشاره شده باید توسط تعداد مشخصی از متخصصین (متخصصین محتوا و شرکت‌کنندگان بالقوه در مطالعه) انجام شود.

اجرای فرایند روایی چک‌لیست/ پرسشنامه طبق آنچه اشاره شد، به شرح گام های اجرایی ذیل انجام شد:

- **تعیین و تشکیل تیم خبره**: ۱۲ نفر از مدیران رده بالای حوزه عملیات پرواز، معلمین خلبان خبره در ناوگان‌های انتخابی نمونه تحقیق، کارشناسان/ مهندسان خبره حوزه صنعت هوانوردی با تخصص عملیات پرواز.

1. Development& Judgment – quantification
2 .Relevancy
3. Clarity
4. Comprehensiveness

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

- **اعمال نظر کارشناسی**: خبرگان نظرات خود را در خصوص هر سوال با توجه به سه معیار مناسب، شفافیت و جامعیت، مطرح کردن، بطوری که به روایی آن، در صورت مناسب بودن سوال، اعداد ۱ تا ۴ {چهار حالت (۱: نامطلوب) ، (۲: تا حدوی مطلوب) (۳ : مطلوب) (۴: کاملاً مطلوب)} را امتیاز دادند.
- **محاسبه نمره شاخص روایی محتوای گویه**: نمره شاخص روایی محتوا، از تقسیم تعداد متخصصانی که به هر گویه از لحاظ مرتبط بودن نمره ۳ و۴ می‌دهند بر کل متخصصان شرکت‌کننده در پانل، محاسبه می‌شود (پولایت، بِک و اُوِن، ۲۰۰۷). با توجه به محاسبه فرمول مذکور، میزان روایی ۸۰٪ محاسبه شد، که قابل قبول در نظر گرفته می‌شود. طی ارزیابی‌های انجام شده از چک‌لیست/ پرسشنامه اولیه، برخی از سوالات، مناسب و برخی با دیگر سوالات تلفیق و برخی از سوالات نیز در معیار دیگری مناسب برای پرسش قرار گرفتند. لازم به ذکر است، زیرمعیارها بر اساس طیف لیکرت[1] ارزیابی خواهند شد. (خیلی زیاد (۵)، زیاد(۴)، متوسط(۳)، اندک(۲)، خیلی اندک(۱))
- **استخراج چک‌لیست/ پرسشنامه نهایی (مندرج در پیوست "الف")** : پس از اعمال نظرات خبرگان، چک‌لیست/ پرسشنامه، مورد تائید نهایی قرار گرفت. خاطر نشان می‌شود، این پرسشنامه/ چک‌لیست بصورت آزمایشی توسط تیم خبرگی در یک پرواز مورد ارزیابی نهایی قرار گرفت و تغیرات اندکی در نحوه واژه‌بندی سوالات، صورت پذیرفت. در این مرحله چک‌لیست/ پرسشنامه نهایی تهیه شد و آمادگی پیاده‌سازی جامع را در کلیه پروازها پیدا کرد.

نحوه پیاده سازی چک‌لیست/ پرسشنامه به شرح ادامه می‌باشد:

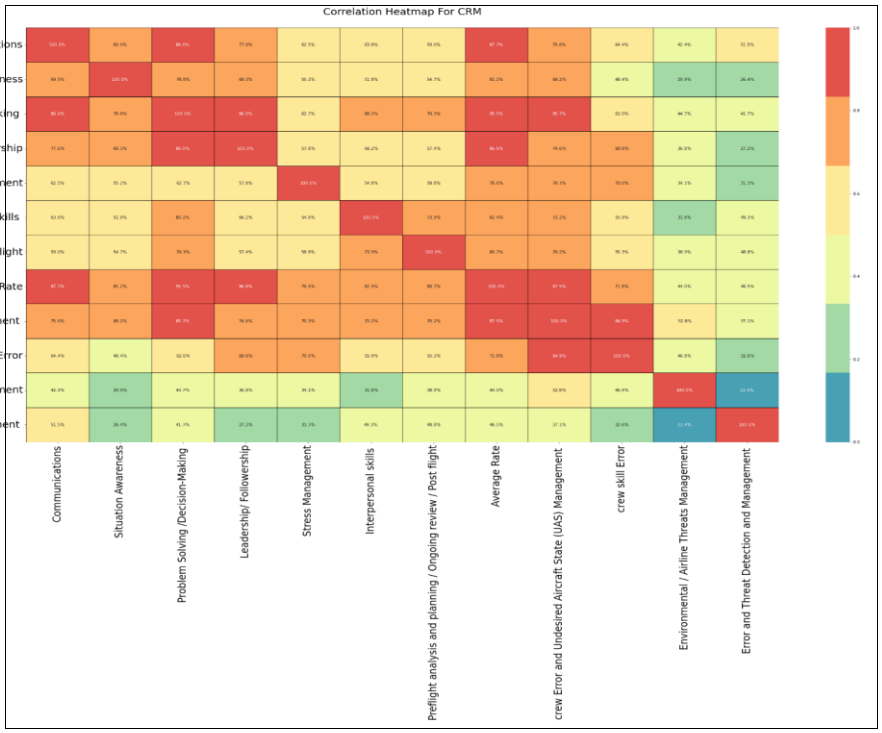
- انتخاب نمونه‌ای از پروازها (نمونه‌گیری بر اساس نمودار مورگان)
- آموزش خلبانان و کمک خلبانان (که در لیست نمونه‌گیری پرواز قرار دارند) در خصوص تکمیل پرسشنامه/ چک‌لیست
- تکمیل چک‌لیست/ پرسشنامه منطبق بر طیف لیکرت
- محاسبه میانگین هندسی در راستای تلفیق زیرمعیارها و استخراج میزان معیار ارزیابی شده.

❖ ارائه نتایج تحلیل داده‌ها بر اساس بکارگیری روش داده‌محور

پس از اعمال کدنویسی‌های لازم با توجه به روش پیشنهادی، نتایج تحلیل داده‌ها به شرح زیر (شکل ۲ و ۳) حاصل شد:

1 .Likert scale

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516



شکل ۲. ماتریس نمایش میزان همبستگی بین **CRM** و خطای خلبانان پرواز در نرم‌افزار پایتون

جدول۴. میزان همبستگی بین **CRM** و خطای خلبانان پرواز در نرم‌افزار پایتون

معیارها	خطای رویه‌ای و کنترل هواپیما و ارتباطی	خطای مهارتی	خطای تصمیم‌گیری عملیاتی	خطای عدم انطباق عمدی
ارتباطات	0.76	0.64	0.42	0.52
آگاهی از محیط	0.68	0.48	0.30	0.26
تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله	0.86	0.62	0.45	0.42
رهبری	0.75	0.69	0.37	0.27
مدیریت استرس	0.70	0.70	0.34	0.31
مهارت‌های بین فردی	0.72	0.56	0.32	0.49

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

معیارها	خطای رویه‌ای و کنترل هواپیما و ارتباطی	خطای مهارتی	خطای تصمیم‌گیری عملیاتی	خطای عدم انطباق عمدی
مدیریت تحلیل پرواز	0.70	0.55	0.39	0.49

بر اساس روش‌های بکار رفته، با محاسبه P—Value به تفکیک هر معیار و نیز زیرمعیار، نتایج بررسی ارتباط بین زیرمعیارهای هر عامل ایمنی با خطاهای خلبانان پرواز در چهار دسته (خطای رویه‌ای و کنترل هواپیما و ارتباطی، خطای مهارتی، خطای تصمیم‌گیری و نیز خطای عدم انطباق عمدی) به شرح جداول زیر ارائه شده است.

همانگونه که در جداول می‌تواند دید، معیارها و زیرمعیارهایی که مقادیرp-value آنها کمتر از ۰,۰۵ است، دارای ارتباط معناداری بوده و با رنگ سبز مشخص شده‌اند. همینطور برای مقادیری که بیشتر از ۰,۰۵ می‌باشند، دارای ارتباط معنادار نبوده و با رنگ قرمز مشخص شده است. در ادامه، زیرمعیارهایی که دارای مقادیر بالای F-Value می‌باشند بعنوان تاثیرگذارترین زیرمعیار در معیار خود بوده و با رنگ زرد مشخص شده‌اند.

جدول(۵) : میزان **p-value** بین زیرمعیارهای **CRM** و خطای رویه‌ای و کنترل هواپیما و ارتباطی خلبانان پرواز در نرم‌افزار پایتون

معیار	زیرمعیار	خطای رویه‌ای و کنترل هواپیما و ارتباطی	
		F-value	P-Value
مدیریت منابع خلبانان پروازی(CRM)	ارتباطات	0.2073	0.8324
	آگاهی از محیط	0.0451	0.8324
	تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله	0.8987	0.3464
	رهبری	0.0024	0.9613
	مدیریت استرس	0.0743	0.7860
	مهارت‌های بین فردی	0.6986	0.4061
	مدیریت تحلیل پرواز	0.1230	0.7269

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

جدول ۶. جدول میزان **P-VALUE** بین فاکتورهای ایمنی پرواز و خطای مهارتی خلبانان پرواز در نرم افزار پایتون

معیار	زیرمعیار	خطای مهارتی	
		F-value	P-Value
مدیریت منابع خلبانان پروازی(CRM)	ارتباطات	0.0530	0.8186
	آگاهی از محیط	0.2088	0.6491
	تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله	1.4293	0.2359
	رهبری	0.0811	0.7766
	مدیریت استرس	0.0027	0.9590
	مهارت‌های بین فردی	0.3800	0.5396
	مدیریت تحلیل پرواز	0.3384	0.5626
	میانگین کلی (CRM)	0.0819	0.7756

جدول ۷. میزان **P-VALUE** بین عوامل ایمنی پرواز و خطای تصمیم‌گیری عملیاتی خلبان پرواز در نرم‌افزار پایتون

معیار	زیرمعیار	خطای تصمیم‌گیری عملیاتی	
		F-value	P-Value
مدیریت منابع خلبانان پروازی(CRM)	ارتباطات	13.3985	0.0005
	آگاهی از محیط	8.2220	0.0055
	تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله	3.4514	0.0674
	رهبری	9.0754	0.0036
	مدیریت استرس	10.9198	0.0015
	مهارت‌های بین فردی	17.9930	0.0001
	مدیریت تحلیل پرواز	6.2940	0.0144

جدول (۸): میزان **P-VALUE** بین عوامل ایمنی پرواز و خطای عدم انطباق عمدی عملیاتی خلبانان پرواز در نرم‌افزار پایتون

معیار	زیرمعیار	خطای عدم انطباق عمدی	
		F-value	P-Value
مدیریت منابع	ارتباطات	15.6065	0.0002

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

معیار	زیرمعیار	خطای عدم انطباق عمدی	
		F-value	P-Value
خلبانان پروازی(CRM)	آگاهی از محیط	20.6862	0.0000
	تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله	20.6862	0.0000
	رهبری	24.3212	0.0000
	مدیریت استرس	18.6054	0.0001
	مهارت‌های بین فردی	14.9769	0.0002
	مدیریت تحلیل پرواز	14.6917	0.0003

با توجه به مطالعات ادبیات موضوع، پژوهش‌هایی در زمینه بررسی تاثیرCRM بر خطاهای خلبانان پرواز به شرح ادامه انجام و عوامل تاثیرگذار شناسائی شده است:

- مسیر ارتباطی اثربخش بر افزایش میزان عملکرد خلبانان پرواز در فضای کابین خلبان (بصورت یک کار تیمی)، اثرات فشار کاری بالای وارد بر فضای کاری بر نوع عملکردی ایشان و نیز مهارت حل مسئله (کانکی، اوراسانو و فوشی،۱۹۹۰)؛
- تاثیر ویژگی های فردی، گروهی، سازمانی و محیط های عملیاتی بر ایمنی و اثربخشی عملیات و خروجی های ثانویه مشتمل بر رضایت اعضا، انگیزه، رویکرد و... (فوشی و مانوس،۱۹۸۱؛ فوشی و همکاران،۱۹۸۹؛ کانکی و همکاران،۱۹۸۹)؛
- تاثیر مثبت بین سبک رهبری و نگرش خلبانان پرواز در خصوص خستگی، استرس و نوع عملکرد ایشان در شرایط اضطراری، وجود کار تیمی و هماهنگی های لازم (کوتلو و باش‌دمیر،۲۰۲۲).

منطبق با نتایج تحلیل در جداول ۴ تا ۸، با انجام تحلیل‌های لازم بر داده‌های استخراج شده، در معیار CRM، تحلیل نتایج به شرح زیر استخراج شد:

- CRM بر خطاهای رویه‌ای و مهارتی تأثیر مثبتی ندارد.
- تمامی زیرمعیارها (مدیریت ارتباطات، مدیریت استرس، مهارت‌های بین فردی، آگاهی موقعیتی از محیط، تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله، رهبری، مدیریت تجزیه و تحلیل پرواز) بر خطای تصمیم‌گیری عملیاتی و غیرعمدی اثر مثبت دارند.
- زیر معیارهای زیر بیشترین اولویت و تاثیر را بر خطاهای تصمیم‌گیری عملیاتی داشته‌اند:
  - ✓ مدیریت ارتباط (بیشترین الویت)
  - ✓ مدیریت استرس

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

- ✓ مهارت‌های بین فردی
- زیرمعیارهای زیر بیشترین اولویت و تاثیر را بر خطای عدم انطباق عمدی داشته‌اند:
  - ✓ آگاهی موقعیتی از محیط
  - ✓ تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله (بیشترین الویت)
  - ✓ رهبری

همانگونه که قابل مشاهده است، نتایج مطالعات این پژوهش منطبق با نتایج عنوان شده از ادبیات موضوع می باشد و حاکی از تاثیر عواملی مانند سبک رهبری، نگرش و فرهنگ خلبانان پرواز طی مواجه با شرایط اضطراری،ویژگی‌های فردی خلبانان پرواز و نیز نحوه تعامل و ارتباط در فضای کابین خلبان، در وظایف کاری، در میزان ریسک ایمنی خطرات رخ داده و منتج از عوامل موثر بر CRM می‌باشد. از جمله نتایج قابل محسوس و متفاوت در این تحقیق، شناسائی عوامل یادشده و نیز تاثیر یک به یک هر زیرمعیار بر انواع خطاهای شناسائی شده و استخراج زیر معیارهای با اهمیت می‌باشد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله سعی برشناسائی زیرمعیارهای موثر بر مدیریت خدمه پرواز بوده است. پس از اعمال نظرات خبرگان صنعت در کلیه مراحل(جمع‌بندی معیارها، زیرمعیارها و.....)، میزان خطای خلبانان پرواز محاسبه شده است. از جمله ابزارهای مهم این پژوهش چک‌لیست/ پرسشنامه مورد کاربرد است که در این مقاله نحوه تهیه و بررسی روایی آن و در انتها نحوه تکمیل آن تشریح شده است. تلفیق معیارهای حاکم بر صنعت با الزامات بین‌المللی موجود، همچنین نتایج بررسی ادبیات موضوع برای توسعه مدل جدید را می‌توان نقطه اطمینانی برای اعتبار نتایج بدست آمده در این پژوهش به حساب آورد؛ بطوری که تعیین معیارها و زیرمعیارهای عملکرد، با استفاده از تجربیات خبرگان، مدیران و کارشناسان صنعت انجام شده است.

نتایج تحلیل‌های انجام شده در این مقاله، حاکی از آن است که مدیریت ارتباط و تصمیم‌گیری موثر و رویکرد حل مسئله، از جمله عوامل بااهمیت می‌باشد. از جمله دلایل با اهمیت بودن زیرمعیارهای یادشده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- وجود ارتباط متقابل و موثر بین خلبان حین پرواز در فضای کابین خلبان برای تصمیم گیری مناسب و اعمال اصلاحات مورد نیاز برای کاهش خطاها به‌ویژه حین حادثه‌ها؛
- علاوه بر وجود تجربه و دانش کافی به صورت انفرادی در خلبانان پرواز، کسب مهارت‌های مدیریت ارتباط و مهارت‌های فردی برای برقراری ارتباطات اثربخش نیز مورد نیاز است؛

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

- نبودِ زنجیره‌ای از ارتباط مستمر و اثربخش بین خلبانان، سبب تاثیر مستقیم این مهم بر مدیریت ایمنی پروازها (که منجر به خطای پروازی و گاهی‌اوقات مدیریت نشدن خطاها) می‌شود. بطوریکه تاثیر مهارت و دانش کافی پروازی بر مدیریت خطاهای ناشی از خطرات، کم رنگ خواهد شد.

از جمله پیشنهادات کاربردی در خصوص بهینه‌سازی سیستم کارآمد مدیریت بهینه کادر پرواز در شرکت‌های هواپیمایی، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- طراحی و برگزاری دوره‌های آموزشی با محوریت و ویژگی‌های زیر:
  - ارائه آموزش‌های کاربردی برای افزایش مهارت‌های فردی/ رفتاری/ ارتباطی ضمن تمرکز بر افزایش سطح عملکرد ایمنی خلبانان پروازی؛
  - طراحی و برگزاری دوره‌های آموزشی مهارت‌محور با محوریت اشتراک‌گذاری تجربیات پرواز در حوزه CRM از سوی معلمان/ خلبانان باتجربه و صاحب نظر در این حوزه؛
  - طراحی و برگزاری دوره‌های آموزشی بصورت کار گروهی با محوریت افزایش مهارت‌های CRM؛
  - تمرکز بر کسب مهارت‌های CRM در آموزش‌های بدو استخدام؛
  - ارزیابی مداوم اثربخشی دوره‌های آموزشی مذکور و به‌روز رسانی دایم محتواهای آموزشی مذکور.
- تدوین رویه منسجم برای ارزیابی مهارت‌های CRM خلبانان پرواز بصورت دوره‌ای؛
- تهیه محتوای آموزشی کاربردی (فیلم مهارتی بر اساس سناریوهای مستخرج از اتفاقات/ سوانح و یا حوادث رایج در شرکت هواپیمایی و یا در صنعت هوانوردی).

از آنجا که مدیریت بهینه کادر پرواز در صنعت هوائی مبتنی بر ایمنی پرواز انجام می‌شود، ارائه روش بهینه مدیریت خلبانان پرواز در این صنعت می‌تواند به عنوان راهکاری برای استقرار الزامات بین‌المللی و داخلی حاکم بر صنعت هوانوردی برای ارتقاء ایمنی پرواز تلقی شود. لذا به تصمیم‌گیران و مدیران پیشنهاد می‌شود، این مدل در این صنعت پیاده‌سازی شود تا از طریق توجه ویژه به زیرمعیارها با تاثیرگذاری ضریب بالا بر خطای خلبانان پرواز، به تعیین نقاط ضعف و قوت موجود پرداخته شود.

۷. منابع و مراجع

- Authority, C. A. (2014). *Flight-crew human factors handbook*. CAP, 737, 55-70.
- Chang, Y.-H., Yang, H.-H., & Hsiao, Y.-J. (2016). Human risk factors associated with pilots in runway excursions. *Accident Analysis & Prev*ention, 94, 227-237.

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

- Efthymiou, M., Whiston, S., O'Connell, J. F., & Brown, G. D. (2021). Flight crew evaluation of the flight time limitations regulation. *Case Studies on Transport Policy*, 9(1), 280-290.
- Grant, J. S., & Davis, L. L. (1997). Selection and use of content experts for instrument development. *Research in nursing & health*, 20(3), 269-274.
- Helmreich, R. L., Klinect, J. R., & Wilhelm, J. A. (1999). *Models of threat, error, and CRM in flight operations*. Paper presented at the Proceedings of the tenth international symposium on aviation psychology.
- ICAO. (2013). *Safety Management Manual*. Doc. 9859. In: International Civil Aviation Organization Montreal, Canada.
- ICAO. (2012). D9966,". *Fatigue Risk Management Systems*", Canada.
- ICAO, D. 9803, 2002, *Line Operation Safety Audit*. International Civil Aviation Organization, 2-2.
- Kornilakis, H., & Stamatopoulos, P. (2002). *Crew pairing optimization with genetic algorithms*. Paper presented at the Hellenic conference on artificial intelligence.
- Kim, E., & Rhee, M. (2017). How airlines learn from airline accidents: An empirical study of how attributed errors and performance feedback affect learning from failure. *Journal of Air Transport Mana*gement, 58, 135-143.
- Moriarty, C. D. (2014). *Practical human factors for pilots*: Academic Press.
- Pérez-Campuzano, D., Andrada, L. R., Ortega, P. M., & López-Lázaro, A. (2022). Visualizing the historical COVID-19 shock in the US airline industry: A Data Mining approach for dynamic market surveillance. *Journal of Air Transport Managemen*t, 101, 102194.
- Polit, D. F., Beck, C. T., & Owen, S. V. (2007). Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. *Research in nursing & health*, 30(4), 459-467.
- Rasmussen, J. (1986). *A Framework for Cognitive Task Analysis, Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*. In: North-Holland, New York.
- Robertson, O. (2014). *Gender and Crew Resource Management: A Phenomenological Qualitative Study*. University of Phoenix.
- Roelen, A., Van Baren, G., Smeltink, J., Lin, P., & Morales-Napoles, O. (2007). *A generic flight crew performance model for application in a causal model of air transport.*
- Rubio, D. M., Berg-Weger, M., Tebb, S. S., Lee, E. S., & Rauch, S. (2003). Objectifying content validity: Conducting a content validity study in social work research. *Social work research*, 27(2), 94-104.
- Seah, B. Z. Q., Gan, W. H., Wong, S. H., Lim, M. A., Goh, P. H., Singh, J., & Koh, D. S. Q. (2021). Proposed data-driven approach for occupational risk management of aircrew fatigue. *Safety and health at work*, 12(4), 462-470.
- St, L., & Wold, S. (1989). Analysis of variance (ANOVA). *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 6(4), 259-272.
- Yang, K., Tao, L., & Bai, J. (2014). Assessment of flight crew errors based on THERP. *Procedia engineering*, 80, 49-58.

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

- Wiener, E. L., Kanki, B. G., & Helmreich, R. L. (2010). *Crew resource management*: Academic Press.
- Wiener, E. L., & Nagel, D. C. (1988). *Human factors in aviation*: Gulf Professional Publishing.
- Wang, Z., & Chen, C. (2017). Fuzzy comprehensive Bayesian network-based safety risk assessment for metro construction projects. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 70, 330-342.
- Yaakoubi, Y., Soumis, F., & Lacoste-Julien, S. (2020). Machine learning in airline crew pairing to construct initial clusters for dynamic constraint aggregation. EURO *Journal on Transportation and Logistics*, 9(4), 100020.
- Ye, X. (2007). *Airlines' Crew Pairing Optimization: A Brief Review*. John Hopkins University.

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516

Research paper

Cockpit crew resources management (CRM) Criteria development and prioritization to assess the meaningful relations with pilots' errors: Increasing flight safety and quality approach

Naimeh BorjAlilu, Seyed Farid Ghaderi, Jafar Heidari

Received: 12/08/2023

Accepted: 09/09/2023

Abstract

Human resource management is one of the most important priorities in the aviation industry to enhance flightsafety. In the meantime, pilots resources management is an important factor to reduce cockpit crew's errors as well as increasing flight safety and quality. In order to monitor all threats and errors (as managed or not managed by pilots), considering the criteria which have a direct impact on the pilots' resources management, is the basic and important issues to maintain an airline at an acceptable level of safety and quality performance. There is a gap in literature review to identify and prioritize the effective flight safety criteria which have a direct relationship with the pilots' errors. In this paper, a method for pilot's resources management is provided to identify criteria and sub-criteria as well as prioritizing them in order to examine the degree of correlation and its effect on flight crew error. The statistical population of this research is active airline pilots in Airbus fleets of wide-body and narrow-body aircrafts (A total of 150 pilots were selected from 200 flights). Simple random sampling has been used to collect the data which are needed for the research as well as their analysis. In this research, the data-oriented method (Exploratory Data Analysis, regression, Analysis of Variance) and content validity method are applied in order to identify the criteria affecting the rate of pilot's error and also prioritizing the criteria. Discovery of various effective criteria (communication, awareness of the environment, effective decision making and problem solving approach, leadership, stress management) on the pilots' resources management and also the extent of its relationship with pilots' errors and how to evaluate it, including the findings of this research.

Keywords: Flight safety and operation standards, flight pilots' resources management, pilots' performance quality

DOI: 10.22034/jsqm.2023.411099.1516