Journal of Development Studies and Resource Management
Vol 1, No 3, Autumn 2023
Journal Homepage: https://sanad.iau.ir/journal/jdsrm

Research Paper

Behavioral Modeling of Human Error Reduction in the Country's Air Transport Industry

Ebrahim Moradi: PhD student, Department of Public Administration, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran
Mohammad Atai*: Assistant Professor, Department of Public Administration, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran
Mehdi Kheirandish: Associate Professor, Department of Public Administration, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

Received: 2023/09/25 **PP** 93-110 **Accepted:** 2023/11/26

Abstract

The present study was conducted with the aim of behavioral modeling to reduce human error in the country's air transportation industry. This study, in terms of the purpose of an applied-developmental research, from the point of view of the method and time frame of data collection, is a cross-sectional survey research that was conducted with a mixed approach. The community of participants of the qualitative part includes the managers of the country's air transportation industry, 11 of whom were selected in a targeted manner until reaching theoretical saturation. In the quantitative section, the statistical population includes experts and activists of the country's transportation industry, from which 366 people were selected as a sample using Cochran's formula with random cluster sampling. Data collection tools were semi-structured interviews and questionnaires. The researcher made it, which was validated by the method of construct validity, convergent validity and divergent validity. Using Cronbach's alpha and composite reliability, the reliability of the questionnaire was also checked. The value of convergent validity for all constructs was above 0.5 and Cronbach's alpha and combined reliability were estimated to be above 0.7 for all constructs, so validity and reliability were evaluated as favorable. In order to identify the dimensions and components of the behavioral model of human error reduction, the method of qualitative analysis of the theme was used, determining the relationships of elements using the structural-interpretive modeling method, and validating the behavioral model of human error reduction using the partial least squares method. The findings showed that organizational and managerial factors are the basic elements of the model that have a direct effect on physical, ergonomic, technical and technological factors. These factors have an effect on job and system factors and then individual and group behavior respectively. Finally, individual and group behavior of human resources have an effect on reducing human error. Therefore, it can be concluded that by improving the technical, physical, ergonomic and technological conditions, the managers of the air transportation industry can facilitate and strengthen the working conditions of the employees. In this case, employees can be expected to perform better both individually and as a group, and in this way, human errors will be reduced in the country's air transportation industry.

Keywords: Behavioral Modeling, Human Error Reduction, Air Transport Industry

Citation: Moradi, E., Atai, M., & Kheirandish, M. (2023). **Behavioral Modeling of Human Error Reduction in the Country's Air Transport Industry.** *Journal of Development Studies and Resource Management*, Vol 1, No 3, Shiraz, PP 93-110.

*. **Corresponding author:** Mohammad Atai, **Email:** mohamatai85@skiff.com, **Tel:**

Extended Abstract

Introduction

Air transportation is one of the most important factors shaping today's modern society and affects the country's main economic variables. One of the reasons for the importance and expansion of this industry is the impact it has on the country's economy at the macro level in terms of employment, production, investment, export, etc. The issue of flight safety, damages and possible dangers that may damage the plane for any reason, in addition to the dangers that may arise for the lives of passengers; It is a very sensitive issue, which causes a lot of sensitivities in the field of air transportation. Air transportation is highly dependent on weather conditions, which causes uncertainty. Also, another very sensitive issue in this industry is human errors. Human error also makes the most advanced safety systems and equipment go wrong. For this purpose, a double effort has been made to provide training programs for human factors, personal development, and such things, and a fundamental movement has been started to increase learning from human mistakes in aviation safety. Due to the fact that accidents and incidents arise from errors and risks that are hidden in all operational levels of the air system, the necessity of having a system or system for the purpose of safety management, in an integrated, methodical and planned manner so that its requirements are institutionalized as a culture in the entire organization, is felt more and more. . As a result, in order to strengthen the key objectives and achieve the macro goals of the safety management system, there should be a special attention to human errors.

Human error refers to any action or situation that has potential or actual adverse effects on the system or human performance. In the form of this definition, there are several noteworthy points. First, human error is natural. Second, every error is not required to have results on the system, and thirdly, any action or situation can be called an error, provided that it leads to undefined conditions in the system.

Human error is not a simple problem and you have to think of a solution to reduce the possibility of human error. Human errors in the aviation industry have wide consequences that require special attention. It is through an efficient human resource system that such errors can be prevented in this industry. Realizing that the study of basic human factors in the aviation industry is a must, emphasizes the role of the human resources system in reducing human error in this industry. The main causes of human errors can be stated as incorrect mental processes such as forgetfulness, neglect, inattention, weak motivation, carelessness and recklessness. Human errors can be significantly reduced through human resource management processes.

Although studies on human error have been conducted in the country and their results can be a basis for human error management, this issue has not been comprehensively addressed in the field of aviation and since the importance, sensitivity and complexity of the field of aviation is not hidden from anyone and any error can endanger the safety and life of passengers, this article is done in order to comprehensively cover the issues of human error based on the behavioral model in Iran's sensitive aviation jobs to reach a comprehensive model; In this research, with an exploratory approach, the conceptualization of behavioral modeling to reduce human error in Iran's air transportation industry will be discussed.

The theoretical importance of the subject on the one hand and the existing research gap on the other hand indicate the need for research on behavioral modeling to reduce human error in the country's air transportation industry. This study has been carried out with an emphasis on air transport and the aviation industry of the country and with an approach based on an exploratory mixed research plan. The present study answers the key question, what is the behavioral model for reducing human error in the country's air transportation industry?

Methodology

From the point of view of the purpose of this research, it is an applied-developmental research, and from the point of view of the method of data collection, it is a non-experimental (descriptive) research of the cross-sectional survey type. From the point of view of the method of data analysis, it is a mixed research (qualitative-quantitative).The statistical population in the qualitative section includes experimental experts (managers of the aviation industry) and scientific experts (professors of the Faculty of Aviation Industry). In this study, the sampling of the qualitative part was done in a targeted way and theoretical saturation was achieved with 11 interviews. The statistical population of the research in the quantitative

part includes the employees of the country's aviation industry. The minimum sample size was estimated to be 366 people using Cochran's formula and they were selected by cluster-random method.
The research data collection tool in the qualitative part is a semi-structured interview and in the quantitative part, a questionnaire. The Holstein coefficient was used to measure the validity of the interview results. After distributing the questionnaire in the selected sample, the validity of the questionnaire was checked with three methods: construct validity (external model), convergent validity (AVE) and divergent validity. Is. Thematic analysis method and MaxQDA software were used to analyze the data in the qualitative section. Structural-interpretive modeling and MicMac software were used to determine the pattern of causal relationships between the categories and to design the initial pattern. Finally, the quantitative part analysis was performed to validate the model with partial least squares method and Smart PLS software.

Results and discussion

In the qualitative part, the opinion of 11 experts, including 8 of the country's aviation industry managers and 3 of the professors of the aviation industry faculty, was used. In the quantitative section, the views of 366 employees of the country's aviation industry were used. In the first step, using the method of qualitative analysis of the theme, it was attempted to identify the underlying factors of the behavioral model of human error reduction. The views of the managers were gathered through a semi-structured interview, so that 5 open questions were used in the interview protocol and new questions were also raised during the interview process as expected. The text of the semi-structured interviews was analyzed by thematic analysis method and categorized into basic, organizing and overarching themes using the method proposed by Etrid-Sterling (2001). In the first stage, open coding was done and 297 codes were identified from the text of the interviews. Finally, through axial coding, 5 overarching categories, 11 organizing categories and 69 basic themes were obtained.An interpretative structural method was used to design the initial pattern of the behavioral model of human error reduction.

Conclusion

Based on the results, it was determined that organizational and management factors are the basic elements of the model that have a direct effect on physical, ergonomic, technical and technological factors.Also, the results of the research showed that the mentioned factors affect occupational and systemic factors, and in this way individual and group behavior can be affected. Finally, it was found that improving the individual and group behavior of human resources leads to the reduction of human error.

فصلنامه مطالعات توسعه و مدیریت منابع

دوره ۱، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲

Journal Homepage: https://sanad.iau.ir/journal/jdsrm

مقاله پژوهشی

مدل‌سازی رفتاری کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور

ابراهیم مرادی: دانشجو دکترا،گروه مدیریت دولتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

محمد عطایی[۱]: استادیار، گروه مدیریت دولتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

مهدی خیراندیش: دانشیار،گروه مدیریت دولتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۳ **صص** ۱۱۰-۹۳ **پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۹/۰۵

چکیده

مطالعه حاضر باهدف مدل‌سازی رفتاری کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور انجام شد. این مطالعه از نظر هدف یک پژوهش کاربردی – توسعه‌ای از منظر روش و بازه زمانی گردآوری داده‌ها، یک پژوهش پیمایش مقطعی است که با رویکردی آمیخته انجام شد. جامعه مشارکت‌کنندگان بخش کیفی شامل مدیران صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور است که ۱۱ نفر به شیوه هدف‌مند و تا دستیابی به اشباع نظری انتخاب شدند. جامعه آماری در بخش کمی شامل کارشناسان و فعالان صنعت حمل و نقل کشور می باشند که از این جامعه با استفاده از فرمول کوکران تعداد ۳۶۶ نفر با روش نمونه گیری تصادفی خوشه ای به عنوان نمونه انتخاب شدند.. ابزار گردآوری داده‌ها، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و پرسش‌نامه محقق ساخته بود که با روش روایی سازه، روایی همگرا و روایی واگرا اعتبارسنجی گردید. با استفاده از آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی نیز قابلیت اعتماد پرسش‌نامه بررسی شد. مقدار روایی همگرا برای همه سازه‌ها بالای ۰/۵ و آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی نیز برای همه سازه‌ها بالای ۰/۷ برآورد شد بنابراین روایی و پایایی مطلوب ارزیابی شد. برای شناسایی ابعاد و مولفه‌های مدل رفتاری کاهش خطای انسانی از روش تحلیل کیفی مضمون، تعیین روابط عناصر از روش مدل‌سازی ساختاری – تفسیری و اعتبارسنجی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی از روش حداقل مربعات جزئی استفاده شد. یافته‌ها نشان داد عوامل سازمانی و مدیریتی به‌عنوان عناصر زیربنایی الگو هستند که بر عوامل فیزیکی، ارگونومی، فنی و فناوری اثر مستقیم دارند. این عوامل نیز به ترتیب بر عوامل شغلی و سیستمی و سپس رفتار فردی و گروهی تاثیر دارند. در نهایت رفتار فردی و گروهی نیروی انسانی بر کاهش خطای انسانی تاثیر دارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مدیران صنعت حمل‌ونقل هوایی با بهبود شرایط فنی، فیزیکی، ارگونومی و فناورانه می‌توانند شرایط شغلی کارکنان را تسهیل و تقویت نمایند. در این صورت می‌توان انتظار داشت کارکنان هم از منظر فردی و هم گروهی عملکرد بهتری داشته باشند و به این ترتیب خطاهای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور کاهش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی رفتاری، کاهش خطای انسانی، صنعت حمل‌ونقل هوایی

استناد: مرادی، ابراهیم؛ عطایی، محمد؛ خیراندیش، مهدی. (۱۴۰۲). **مدل‌سازی رفتاری کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور**. *فصلنامه مطالعات توسعه و مدیریت منابع*، سال ۱، شماره ۳، شیراز، صص ۱۳-۲۶.

[۱]. **نویسنده مسئول:** محمد عطایی، **پست الکترونیکی:** mohamatai85@skiff.com، **تلفن:**

مقدّمه

حمل‌ونقل هوایی، یکی از مهم‌ترین عوامل شکل‌دهنده جامعه مدرن امروزی است و به‌صورت کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت بر متغیرهای اصلی اقتصادی کشور اثر می‌گذارد. یکی از دلایل اهمیت و گسترش این صنعت، تأثیری است که در سطح کلان از منظر اشتغال، تولید، سرمایه‌گذاری، صادرات و مواردی ازاین‌دست بر اقتصاد کشور بر جای می‌گذارد (نیک‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۰). بااین‌وجود آنچه در حمل‌ونقل هوایی و صنعت هوانوردی بسیار کلیدی است مسئله مخاطرات همراه با آن است. البته بر خلاف تصورات عموم مبنی بر خطرناک بودن حمل‌ونقل هوایی، معمولاً این شیوه از حمل‌ونقل، ایمنی بیشتری نسبت به سایر روش‌های آن دارد. به‌طورکلی نرخ حوادث در حمل‌ونقل هوایی نسبت به سایر روش‌ها کم‌تر است. اما نباید از نظر دور داشت که خطرات و سوانح هوایی به طور مستقیم جان افراد را در معرض تهدید قرار می‌دهد و نخستین اشتباه گاهی برابر با آخرین اشتباه است (مندزو[1] همکاران، ۲۰۲۲). مسئله ایمنی پرواز، آسیب‌ها و خطرات احتمالی که ممکن است به هر دلیلی به هواپیما آسیب برساند در کنار خطراتی که ممکن است برای جان مسافران پدید آید؛ یک موضوع بسیار حساس است که در نتیجه آن حساسیت‌های زیادی در زمینه حمل‌ونقل هوایی ایجاد می‌کند. حمل‌ونقل هوایی به‌شدت به شرایط جوی و آب‌وهوایی وابسته است، همین موضوع موجب عدم‌قطعیت می‌شود. همچنین یکی دیگر از مسائل بسیار حساس در این صنعت خطاهای انسانی است (زیمرمن و دافی[2] ۲۰۲۳).

شاغل صنعت هوانوردی در زمره مشاغل حساسی طبقه‌بندی می‌شود که نیازمند توجه و ملاحظات فنی و انسانی ویژه‌ای است. استفاده از ابزارهای جدید مبتنی بر فناوری در کنار توسعه و بهبود توانمندی نیروی انسانی در دستور کار فعالان این صنعت قرار گرفته است (جیانگ[3] و همکاران، ۲۰۲۲). در دهه‌های پایانی قرن ۲۰، اقدامات ایمنی هوانوردی به‌سوی بهبود فناوری، با تمرکز بر شیوه‌های مهندسی و عملیاتی جهت یافت که کاهش مخاطرات هوایی را نیز در پی داشت و هم‌اکنون یعنی دو دهه ابتدایی قرن ۲۱ تلاش‌ها بر کاهش خطای انسانی تمرکزیافته است. بااین‌وجود، اشتباه انسانی پیشرفته‌ترین سیستم‌ها و تجهیزات ایمنی را نیز به‌اشتباه می‌اندازد. بدین منظور تلاش مضاعفی جهت ارائه برنامه‌های آموزشی عوامل انسانی، توسعه شخصی و مواردی ازاین‌قبیل شروع شده و نهضت بنیادینی برای افزایش یادگیری از اشتباهات انسانی در ایمنی هوانوردی آغاز شده است. علی‌رغم افزایش آموزش‌ها، در بیشتر مطالعات آماری اشتباهات انسانی به‌عنوان عامل اصلی شناخته شده‌اند (عطایی و همکاران، ۱۴۰۰). باتوجه‌به این‌که سوانح و حوادث از خطاها و مخاطراتی ناشی می‌شوند که در کلیه سطوح عملیاتی سیستم هوایی مستتر هستند ضرورت وجود سیستم یا نظامی به‌منظور مدیریت ایمنی، به شکلی یکپارچه روش‌مند و برنامه‌ریزی شده که الزامات آن به‌عنوان یک فرهنگ در کل سازمان نهادینه گردد بیش‌ازپیش احساس می‌شود. در نتیجه، به‌منظور تقویت اهداف کلیدی و دستیابی به اهداف کلان سیستم مدیریت ایمنی، باید توجه ویژه‌ای به خطاهای انسانی وجود داشته باشد.

در مشاغل حساس، ترتیب انجام مراحل کار از اهمیت بسزایی برخوردار است، به‌طوری که در صورت فراموشی یا عدم انجام آن به هر دلیلی پیامدهای ناگواری به همراه خواهد داشت. خطای انسانی همواره به‌عنوان یک عامل مؤثر در سیستم‌های پیچیده و پویا است و یکی از مهم‌ترین عوامل بروز حوادث رخداده در ایران معرفی شده است (طهماسبی و جعفری، ۱۳۹۹). علی‌رغم کوشش‌های زیادی که در جهت کاهش حوادث شغلی انجام‌گرفته است؛ ولی همچنان آمار حوادث بسیار بالاست. سازمان بهداشت جهانی حوادث شغلی را به‌مانند یک اپیدمی در حوزه بهداشت عمومی قرار داده است (دراویس و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین خطای انسانی را به‌عنوان یک عامل با ریسک بسیار بالا در وقوع سوانح شغلی قلمداد می‌کنند که از منظر بهداشتی، اقتصادی و اجتماعی خطرات بسیار زیادی دارد. در بسیاری از محیط‌های کاری یک خطای انسانی منجر به حوادث جبران‌ناپذیری می‌شود که از نظر فردی و سازمانی اثرات مخرب و جبران‌ناپذیری دارد (مونسالو[4] و همکاران، ۲۰۲۰).

خطای انسانی عبارتست از هرگونه تخطی انسان از آن‌چه که باید باشد و برای آن برنامه‌ریزی شده و یا انحراف از شرح وظایف تعیین شده که از حد قابل‌قبول فراتر رود (هاسیوبان[5] و همکاران، ۲۰۲۰). خطای انسانی به هر عمل یا وضعیتی اشاره دارد که اثرات بالقوه و یا بالفعل نامطلوب روی سیستم یا عملکرد انسان داشته باشد. در قالب این تعریف، چند نکته قابل‌توجه وجود دارد. اول این‌که خطای انسانی طبیعی است. دوم، هر خطایی مستلزم این نیست که نتایجی روی سیستم داشته باشد و سوم، هر عمل یا وضعیتی می‌تواند خطا نام گیرد، به‌شرط این‌که منجر به بروز شرایطی تعریف نشده در سیستم شود (باو[6] ۲۰۰۲؛ پرات[7] و همکاران، ۲۰۱۸).

---

[1] Mendes
[2] Zimmermann & Duffy
[3] Jiang
[4] Monsalvo-Buelvas
[5] Hasibuan
[6] Bove
[7] Porathe

در ایران طبق آمار منتشر شده سالانه حدود ۱۴۰۰۰ حادثه ناشی از کار به سازمان تأمین اجتماعی گزارش می‌شود که پیامد آن ۱۲۰ مورد فوت و ۱۵۰ مورد از کارافتادگی است. اگر چه آمار حوادث کل کشور به‌مراتب رقمی بیشتر از این مقدار است و هیچ‌گونه گزارشی از سهم خطای انسانی در وقوع این حوادث منتشر نشده است؛ ولی به نظر می‌رسد حدود دوسوم عامل این حوادث ناشی از خطای انسانی باشد (نظام‌الدینی و همکاران، ۱۳۹۹). علت ماشه‌ای اغلب حوادث، خطاهای انسانی می‌باشد. به همین دلیل شناسایی خطاهای انسانی به‌ویژه در سیستم‌های حساس و پیچیده، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (سالاری و همکاران، ۱۳۹۸). به‌طورکلی حوادث، سالیانه جان بسیاری از افراد را در کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته تهدید کرده است. ازآنجاکه این دسته از حوادث با جان و سلامت انسان ارتباط دارد بنابراین شایسته توجه و بذل عنایت بیشتری است (برقعی پور و همکاران، ۱۳۹۹).

حوادث ناشی از کار به‌عنوان یکی از عوامل مهم ازدست‌رفتن نیروی کار و اتلاف ساعات کاری محسوب می‌شوند. کشورهای درحال‌توسعه بالغ بر ۶۰٪ نیروی کاری جهان را در خود جای‌داده‌اند اما تنها بین ۵–۱۵٪ از این جمعیت به خدمات بهداشت شغلی دسترسی دارند؛ بنابراین میزان حوادث ناشی از کار در کشورهای درحال‌توسعه مانند ایران بسیار بالا است (طهماسبی و جعفری، ۱۳۹۹). سالانه بیش از دو میلیون نفر بر اثر بیماری‌ها و حوادث ناشی از کار جان خود را از دست می‌دهند. همه ساله در سراسر جهان، هزاران کارگر قربانی حوادثی می‌شوند که به کشته‌شدن یا از کارافتادگی تعداد بسیار زیادی از آن‌ها منجر می‌شود (کیم[1] و همکاران، ۲۰۲۱). در کشورهای پیشرفته صنعتی، سالانه از هر ۱۰ نفر کارگر یکی دچار سانحه می‌شود که در نتیجه آن، پنج درصد روزهای کار ملی به هدر می‌رود. علاوه بر این، سالانه ۲۶۸ میلیون حادثه منجر به جراحت نیز رخ می‌دهد که مصدومین ناشی از این‌گونه حوادث حداقل ۳ روز از کار خود غایب خواهند بود (متزلر[2] و همکاران، ۲۰۲۱). طبق آخرین آمار اعلامی وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی در سال ۱۳۹۹ تعداد ۹۵۸۷ حادثه شغلی در کشور رخ‌داده و ۹۲۹۵ نفر که مشمول قانون کار می‌شوند دراین‌بین آسیب دیده‌اند که ۹۷٫۱ درصد (۹۰۲۴ نفر) مرد و تنها ۲/۹ درصد (۲۷۱ نفر) زن هستند (آمار اداره تعاون، کار و رفاه اجتماعی، ۱۳۹۹). بااین‌حال به‌نظر می‌رسد تعداد واقعی بیشتر از این مقدار است؛ بنابراین آمار می‌توان ادعا کرد که خطای انسانی مساله ساده‌ای نیست و باید راهکاری اندیشید که امکان خطای انسانی کاهش یابد.

نظام منابع انسانی به‌ویژه در صنعت هوانوردی اهمیت بسیار زیادی دارد. خطاهای ناشی از نیروی انسانی در این صنعت پیامدهای گسترده‌ای دارد که نیازمند اهتمام ویژه‌ای است. از طریق یک نظام کارآمد منابع انسانی است که می‌توان از بروز چنین خطاهایی در این صنعت پیشگیری کرد (خیرخواه و همکاران، ۱۳۹۹). طی سال‌های اخیر، اقدامات ایمنی هوانوردی به‌سوی بهبود فناوری، با تمرکز بر شیوه‌های مدیریت منابع انسانی جهت یافته‌اند که به نوبه خود موفقیت‌های نسبی جهت کاهش بروز رویدادها را در پی داشته است. بااین‌وجود، خطای انسانی قادر به‌اشتباه انداختن پیشرفته‌ترین سیستم‌ها و تجهیزات ایمنی است (بوگدان و همکاران[3] ۲۰۱۹). عملکرد افراد در بروز اکثر حوادث هواپیمایی نقش عمده‌ای دارد. اگر قرار باشد آمار حوادث هوانوردی کاهش یابد؛ عوامل انسانی در هوانوردی باید بهتر درک شوند و علم و دانش مربوط به ایشان مورد بررسی مجدد قرار گیرند. این موارد باید در حین طراحی و تدوین مراحل اعطای مدرک و همچنین در زمان استفاده از کارکنان حین و یا قبل از عملی‌شدن پروژه اعمال گردند. افزایش اطلاعات در خصوص عوامل انسانی در نهایت باعث ایجاد پروازی امن‌تر خواهد بود (مولن[4] ۲۰۰۴). پی‌بردن به این مهم که مطالعه عوامل پایه انسانی در صنعت هوانوردی نیازی الزامی است بر نقش نظام منابع انسانی در کاهش خطای انسانی در این صنعت تأکید دارد. با وجود پیشرفت‌های روزافزون فناوردی، هنوز نیروی انسانی بااهمیت‌ترین و درعین‌حال بحرانی‌ترین عنصر در سیستم‌های کاری تلقی می‌گردد. در محیط‌های کاری انسان در هر لحظه حجم عظیمی از اطلاعات را جمع‌آوری، پردازش و بر مبنای آن تصمیم‌گیری می‌کند؛ بنابراین بروز هرگونه اشتباه در هر کدام از این مراحل می‌تواند پیامدهای فاجعه‌باری را به‌دنبال داشته باشد. این اشتباهات در عملیات مختلف، در قالب رفتارهای ناایمن یا خطاهای انسانی شناخته می‌شوند (ویگمن و همکاران[5] ۲۰۰۵). خطای انسانی اغلب نتیجه محدودیت‌های فیزیولوژی و روان‌شناختی انسان بوده و کاملا پیچیده است. علل اصلی خطاهای انسانی را می‌توان فرآیندهای ذهنی نادرست مانند فراموشی، غفلت، بی‌توجهی، انگیزه ضعیف، بی‌دقتی و بی‌پروایی بیان کرد. از طریق فرایندهای مدیریت منابع انسانی می‌توان خطاهای انسانی را به‌صورت قابل‌توجهی کاهش داد (حاجی اکبری و همکاران[6] ۲۰۱۵).

علی‌رغم اهمیت کاربردی و نظری موضوع در مطالعات اندکی به مخاطرات انسانی در صنعت هواپیمایی پرداخته شده است. مرادی و همکاران (۱۴۰۱) بر عوامل فردی، عوامل گروهی، محیط سازمانی و محیط کار به‌عنوان عوامل زیربنایی چنین مخاطراتی تأکید کرده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد آموزش و ترویج ایمنی می‌تواند کمک شایانی به کاهش خطاهای انسانی در صنعت هوانوردی کند. کیانی (۱۴۰۰) در

[1] Kim
[2] Metzler
[3] Bogdane
[4] Mullen
[5] Wiegmann
[6] Hajiakbari

بررسی نقش خطاهای انسانی در سوانح هوانوردی نشان داد که مهارت‌های حرفه‌ای، تجربی، دانشگاهی در کنار امنیت شغلی و عوامل مدیریتی بیشترین سهم را در کنترل خطاهای انسانی دارند. براساس پژوهش عطایی و همکاران (۱۴۰۰) اگر قرار باشد آمار حوادث هواپیمایی کاهش یابد؛ عوامل انسانی در هوانوردی باید بهتر درک شوند و علم و دانش مربوط به آن مورد استفاده و بررسی مجدد قرار گیرند. آذرنیا و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند بیشترین نوع خطای شناسایی شده از نوع عملکردی می‌باشد و در همین راستا برای کاهش این نوع خطا با استفاده از اقدامات اصلاحی لازم از جمله انتخاب افراد مناسب در جایگاه مناسب شغلی، آموزش، نظارت ثانویه، استفاده از ماشین‌های هوشمند و چک کردن در زمان مناسب و بهروز نمودن دستورالعمل‌های مورد استفاده، مفید و موثر می‌باشد. نتایج تحقیق خانلری و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که کلان فرآیند مدیریت عالیه بیشترین تأثیر را بر روی سیستم مدیریت ایمنی دارد، پس از آن بیشترین تأثیر مربوط به کلان فرآیند پشتیبانی است. کم‌ترین تأثیر را کلان فرآیند بازخورد (بررسی سوانح و حوادث) بر سیستم مدیریت ایمنی دارد. کریمی (۱۳۹۰) تاکید کرد عوامل انسانی دربروز اکثر سوانح هوایی بالاترین نقش را ایفا می کند به همین جهت شناخت ویژگیهای انسان و عواملی که موجب بروز خطا می شود می تواند نقش بسزایی در کاهش کلیه سوانح داشته باشد.

پژوهش برنز و بوناستو[۱](۲۰۲۰) پایه‌ای تجربی برای انواع اقدامات فرض شده و عوامل شکل‌دهنده عملکرد مرتبط با آن‌ها ایجاد کرده است. مدل حاصل شده که با داده‌های پیش‌فرض، مورد آزمایش قرار گرفت، همچنین برای تعیین کمیت تأثیرات ارگونومیک و مزایای ایمنی یک سامانه‌ی اولیه که به خلبانان هوانوردی عمومی، کمک‌های شناختی ارائه می‌کند. سینگ[۲]و همکاران (۲۰۱۹)، در پژوهش‌شان به‌طور خاص داده‌های ۷۳۳ کارشناس ایمنی هواپیمایی را مورد مطالعه قرار دادند. اثرات تعدیل‌کننده‌ی چند گروهی در رابطه‌ی بین سیستم مدیریت ایمنی (SMS)، عوامل انسانی (HF) و عملکرد CAS سرچشمه گرفته است. این مطالعه، اطلاعات ارزشمندی را برای طراحی راهبردهای مؤثر در جهت بهبود عملکرد CAS به بخش هواپیمایی ارائه می‌دهد. کلی و افسیمیو[۳](۲۰۱۹)، در پژوهشی چنین آوردند که سوانح پروازهای کنترل‌شده‌ی برخوردی با زمین (CFIT[۴])، تعداد قابل توجهی از تلفات را در مقایسه با سایر گروه‌های سوانح از خود به‌جای می‌گذارند. عوامل انسانی در این تصادفات، عوامل مؤثر قابل‌توجهی محسوب می‌شوند. این مطالعه بر روی هدف شناسایی عوامل انسانی درگیر در حوادث هوانوردی که منجر به CFIT شده‌اند، معطوف است. این مطالعه نشان داد که حواس‌پرتی، دل‌سردی و خستگی مفرط، عناصری هستند که خدمه پرواز ممکن است آن‌ها را داشته باشند و به‌همین علت در طول سفر، منجر به CFIT شوند. گای[۵]و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهش خود چنین آوردند که در حال حاضر، فقدان ابزار تحلیلی خاص برای سوانح هوانوردی عمومی (GAA) وجود دارد. این امر منجر به ایجاد ضعف در جلوگیری از سوانح هوانوردی عمومی شده است.

اگرچه مطالعاتی در مورد خطای انسانی در کشور انجام شده است و نتایج آن‌ها می‌تواند مبنایی برای مدیریت خطای انسانی باشد، اما در حوزه هوانوردی به‌صورت جامع به این مسئله پرداخته نشده است و ازآنجاکه اهمیت، حساسیت و پیچیدگی حوزه هوانوردی بر کسی پوشیده نیست و هر خطایی می‌تواند ایمنی و جان مسافران را به خطر بیندازد، این مقاله در جهت پوشش جامع مباحث خطای انسانی بر اساس مدل رفتاری در مشاغل حساس هوانوردی ایران برای رسیدن به یک مدل جامع انجام می‌شود؛ بنابراین هدف اصلی این پژوهش طراحی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور می‌باشد. تحقیقات و مطالعات چندانی در زمینه تدوین الگوی رفتاری کاهش خطای انسانی صورت نگرفته است؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد که ابعاد الگوی رفتاری کاهش خطای انسانی به طور عام، و کاربرد آن در مشاغل حساس سازمان‌های هوانوردی ایران به‌طور خاص، هنوز آن‌طور که باید تبیین نشده است؛ لذا در این پژوهش با رویکردی اکتشافی به مفهوم‌سازی مدل‌سازی رفتاری کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی ایران پرداخته خواهد شد.

در مجموع می‌توان گفت عوامل انسانی در بروز بیش از ۷۵٪ از سوانح هوایی دخیل هستند و مخاطرات این صنعت عمدتاً مربوط به عامل انسانی و خطاهایی می‌شود که نتیجه بروز آن سانحه است. براین‌اساس شناخت ویژگی‌های نیروی انسانی و عوامل زمینه‌ساز خطا می‌تواند در کاهش کلیه سوانح، نقش مؤثری داشته باشد. با وجود اهمیت کاربردی مساله در کم‌تر مطالعه‌ای به این موضوع پرداخته شده است. مطالعات و اسناد موجود عمدتاً ناظر به ارائه آمارهایی پیرامون اهمیت خطای انسانی در بروز مخاطرات هوایی بوده است، اما مدلی برای کاهش چنین خطاهایی در کشورها ارائه نشده است. اهمیت نظری موضوع از یک سو و خلاء پژوهشی موجود از سوی دیگر بر لزوم پژوهشی پیرامون مدل‌سازی رفتاری کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور دلالت دارد. این مطالعه با تأکید بر حمل‌ونقل هوایی و صنعت

---

۱ Burns & Bonaceto
2 Singh
3 Kelly & Efthymiou
4 Controlled Flight into Terrian
5 Gui

هوانوردی کشور و با رویکردی مبتنی بر طرح تحقیق آمیخته اکتشافی صورت‌گرفته است. مطالعه حاضر به این پرسش کلیدی پاسخ می‌دهد که مدل رفتاری کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور چگونه است؟

مواد و روش تحقیق

هدف این پژوهش مدل‌سازی رفتاری کاهش خطای انسانی است. این پژوهش از منظر هدف یک پژوهش کاربردی - توسعه‌ای است و از منظر شیوه گردآوری داده‌ها یک پژوهش غیرآزمایشی (توصیفی) از نوع پیمایش مقطعی می‌باشد. از منظر شیوه تحلیل داده‌ها نیز یک پژوهش آمیخته (کیفی-کمی) می‌باشد.

جامعه آماری در بخش کیفی شامل خبرگان تجربی (مدیران صنعت هوانوردی) و خبرگان علمی (اساتید دانشکده صنعت هوانوردی) است. در این مطالعه نمونه‌گیری بخش کیفی به روش هدف‌مند صورت گرفت و با ۱۱ مصاحبه، اشباع نظری حاصل گردید. جامعه آماری پژوهش در بخش کمی شامل کارکنان صنعت هوایی کشور می‌باشند. حداقل حجم نمونه با فرمول کوکران ۳۶۶ نفر برآورد گردید و به شیوه خوشه‌ای-تصادفی انتخاب شدند.

ابزار گردآوری داده‌های پژوهش در بخش کیفی، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و در بخش کمی، پرسش‌نامه می‌باشد. برای سنجش اعتبار نتایج مصاحبه از ضریب هولستی استفاده گردید. «درصد توافق مشاهده‌شده» یا PAO با محاسبه ضریب هولستی[2] ۰/۶۷۷ به‌دست‌آمده است که مقدار قابل‌قبولی است. پس از توزیع پرسش‌نامه در نمونه منتخب روایی پرسشنامه با سه روش روایی سازه (مدل بیرونی)، روایی همگرا (AVE) و روایی واگرا بررسی شد. مقدار AVE برای تمامی متغیرها باید بزرگ‌تر از ۰/۵ باشد. برای محاسبه پایایی نیز پایایی ترکیبی (CR) و ضریب آلفای کرونباخ هر یک از عوامل محاسبه شده است. میزان پایایی ترکیبی و آلفای کرونباخ تمامی ابعاد باید بزرگ‌تر از ۰/۷ باشد (آذر و غلامزاده، ۱۳۹۸). نتایج مربوط به هر یک از این شاخص‌ها در برازش بیرونی مدل ارائه شده است.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در بخش کیفی از روش تحلیل مضمون و نرم‌افزار MaxQDA استفاده شد. برای تعیین الگوی روابط علی مقوله‌ها و طراحی الگوی اولیه از مدل‌سازی ساختاری-تفسیری و نرم‌افزار MicMac استفاده شد. در نهایت تحلیل بخش کمی برای اعتبارسنجی مدل با روش حداقل مربعات جزئی و نرم‌افزار Smart PLS انجام شد.

بحث و ارائه یافته‌ها

در بخش کیفی از دیدگاه ۱۱ نفر از خبرگان شامل ۸ نفر از مدیران صنعت هوانوردی کشور و ۳ نفر از اساتید دانشکده صنعت هوانوردی استفاده شد. در بخش کمی نیز از دیدگاه ۳۶۶ نفر از کارکنان صنعت هوایی کشور استفاده گردید. در گام نخست با استفاده از روش تحلیل کیفی مضمون به شناسایی عوامل زیربنایی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی مبادرت ورزیده شد. ازآنجاکه هدف ارائه یک مدل بومی بوده است؛ بنابراین برای شناسایی عوامل از دیدگاه مدیران صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور استفاده گردید. دیدگاه مدیران با مصاحبه نیمه‌ساختاریافته گردآوری شد، به‌این‌ترتیب که ۵ سوال باز در پروتکل مصاحبه استفاده و در طول فرآیند مصاحبه نیز مطابق پیش‌بینی سؤالات جدیدی نیز مطرح گردید. برای آشنایی با عمق و گستره محتوایی داده‌ها، اقدام به بازخوانی مکرر داده‌ها و خواندن داده‌ها به‌صورت فعال (جستجوی معانی و الگوها) گردید. متن مصاحبه‌های نیم‌ساختارمند با روش تحلیل مضمون تحلیل شد و با روش پیشنهادی اتراید-استرلینگ[3](۲۰۰۱) در قالب مضامین پایه، سازمان‌دهنده و فراگیر دسته‌بندی گردید. بنابراین در مرحله نخست کدگذاری باز انجام شد و از متن مصاحبه‌ها ۲۹۷ کد شناسایی گردید. در نهایت از طریق کدگذاری محوری به ۵ مقوله فراگیر، ۱۱ مقوله سازمان‌دهنده و ۶۹ مضمون پایه دست پیدا شد. مقوله‌های زیربنایی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۱- مقوله‌های زیربنایی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی

مضامین فراگیر	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین پایه
عوامل رفتاری	رفتار فردی	اخلاق حرفه‌ای
		مهارت‌های تصمیم‌گیری
		هوش هیجانی بالا
		شرایط زندگی فردی
		اعتماد به‌نفس

[1] Percentage of Agreement Observation, PAO
[2] Holsti
[3] Attride-Stirling

مضامین فراگیر	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین پایه
		انگیزش شغلی
		پرهیز از چندپیشگی
		مسئولیت‌پذیری
		تجربه کاری
	رفتار گروهی	ارتباطات مطلوب میان کارکنان
		ارتباطات مناسب میان گروه‌ها و دوایر شغلی
		تقسیم کار روشن
		سازماندهی تیم‌های کاری
		شفافیت نقش‌ها در کارهای گروهی
		رعایت عدالت در میان افراد گروه
عوامل سازمانی	عوامل ساختاری	ساختار سازمانی
		سیستم مدیریت ایمنی
		فرهنگ سازمانی
		نظام جبران خدمات
		تکنولوژی
	عوامل مدیریتی	التزام عملی مدیران هوانوردی به صیانت از کارکنان
		شایسته‌سالاری و ارتقای شغلی بر اساس ضوابط
		مدیریت تعارض میان کارکنان
		پشتیبانی و حمایت مدیریت از کارکنان
		عدالت سازمانی و عدم تبعیض
	عوامل شغلی	تناسب شغل با شاغل
		شفافیت وظایف شغلی و عدم ابهام
		تعداد کافی کارکنان برای مناصب شغلی
		آموزش کافی برای مشاغل حساس
		عدم پیچیدگی و سردرگمی وظایف شغلی
		اختلالات جسمانی ناشی از شغل
		عدم خسته‌کننده بودن و یکنواختی شغل
محیط فیزیکی کار	عوامل فیزیکی	نظم و ترتیب در محیط کار
		تجهیزات و امکانات مناسب
		تعمیرات و نگهداری ابزارها و تجهیزات
		کاهش سروصدا و آلودگی صوتی
		نور و روشنایی مناسب
		تهویه و هوای مطبوع
		دمای هوا
		وسایل و ابزارهای حفاظتی
	عوامل ارگونومی	طراحی مناسب سیستم انسان – ماشین
		چیدمان و استقرار تجهیزات و ماشین‌آلات
		نیروی کافی برای انجام کار
		عدم نیاز به حرکات تکراری با تعداد زیاد
		زمان کافی برای استراحت
		حالت‌های بدنی درست
		طراحی مناسب محل کار
عوامل تخصصی	عوامل فنی	باز یا بسته بودن مسیرهای پروازی
		مناطق نظامی یا ممنوعه در فضای پرواز
		چیدمان فرودگاه
		وضعیت جوی
		روز یا شب بودن زمان عملیات

مضامین فراگیر	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین پایه
		استفاده از فناوری‌های جدید هوانوردی
		به‌کارگیری نمایشگرهای مناسب
		بازمهندسی فرایندهای هوانوردی
	عوامل سیستمی	سازوکارهای مانیتورینگ و نظارت
		هماهنگی فعالیت‌های سازمانی
		مدیریت و پایش عملکرد
		فرایندهای بازخورد و بهبود عملکرد
	عوامل فناوری	استفاده از فناوری‌های جدید هوانوردی
		سخت‌افزارهای جدید و به‌روز هوانوردی
		نرم‌افزارهای به‌روز و مناسب هوانوردی
		فناوری‌محور کردن فرایندهای هوانوردی
کاهش خطای انسانی	کاهش خطای انسانی	کاهش خطا در برنامه‌ریزی
		کاهش تخطی عامدانه
		به‌حداقل‌رساندن سهل‌انگاری
		کاهش لغزش
		رفع مشکلات از قلم‌افتادگی
		کاهش نقص در عملکرد

برای طراحی الگوی اولیه مدل رفتاری کاهش خطای انسانی از روش ساختاری تفسیری استفاده شد. برای این منظور نخست ماتریس خودتعاملی ساختاری[1](SSIM) تشکیل گردید. روابط سازه‌های فراگیر با چهار نماد V (متغیر i بر j تأثیر دارد)، A (متغیر j بر i تأثیر دارد)، X (رابطه دوسویه)، و O (عدم وجود رابطه) مشخص می‌شود (حبیبی و آفریدی، ۱۴۰۱). ماتریس خودتعاملی ساختاری در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۲- ماتریس خودتعاملی ساختاری مدل رفتاری کاهش خطای انسانی

C11	C10	C09	C08	C07	C06	C05	C04	C03	C02	C01	SSIM
V	A	A	A	A	A	A	A	X	A		عوامل فردی (C01)
O	V	X	A	V	X	V	A	V			عوامل فنی (C02)
V	A	A	A	A	A	A	O				عوامل گروهی (C03)
V	V	V	X	V	V	V					عوامل سازمانی (C04)
V	X	A	A	A	A						عوامل سیستمی (C05)
V	V	X	A	X							عوامل فیزیکی (C06)
V	V	X	A								عوامل ارگونومی (C07)
V	O	V									عوامل مدیریتی (C08)
V	V										عوامل فناوری (C09)
V											عوامل شغلی (C10)
											کاهش خطای انسانی (C11)

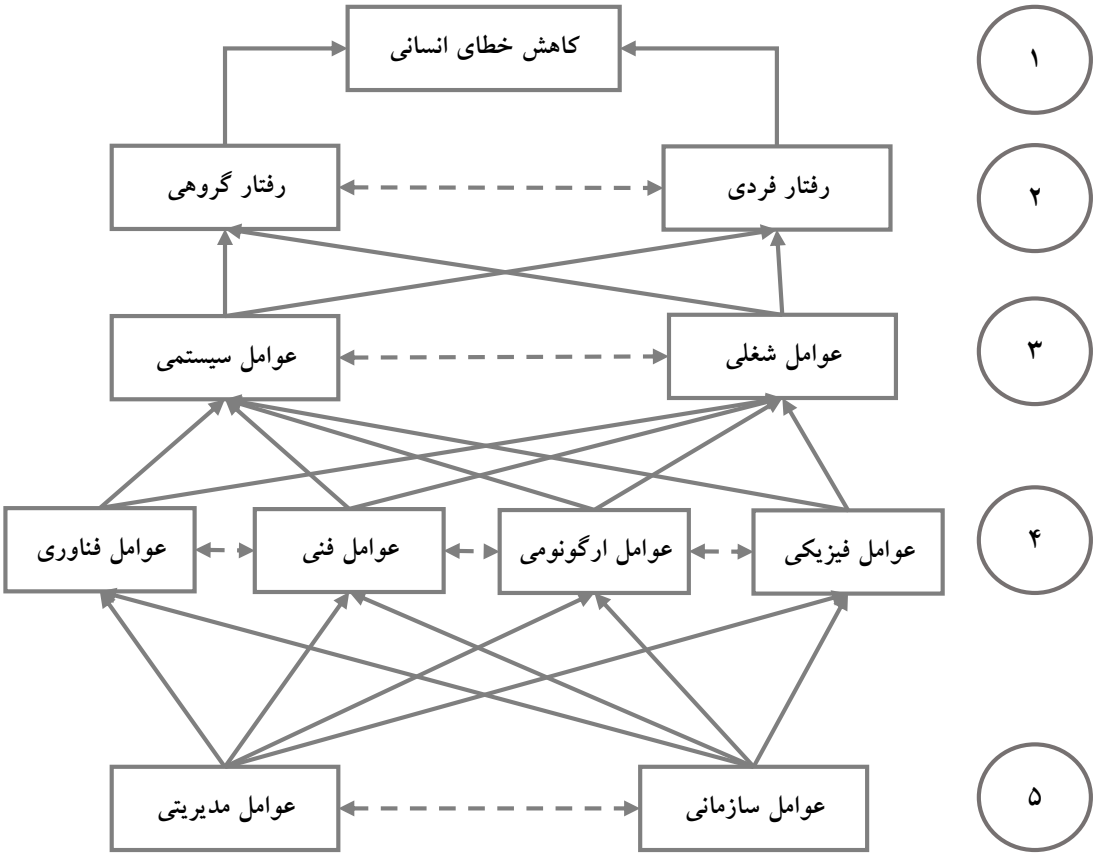
از تبدیل ماتریس خود تعاملی ساختاری به یک ماتریس دو ارزشی صفر و یک، ماتریس دریافتی[2](ERU) به‌دست می‌آید. در ماتریس دریافتی درایه‌های قطر اصلی برابر یک قرار می‌گیرد. همچنین برای اطمینان باید روابط ثانویه کنترل شود. به این معنا که اگر A منجر به B شود و B منجر به C شود در این صورت باید A منجر به C شود. یعنی اگر بر اساس روابط ثانویه باید اثرات مستقیم لحاظ شده باشد؛ اما در عمل این اتفاق نیفتاده باشد باید جدول تصحیح شود و رابطه ثانویه را نیز در نظر گرفت. ماتریس دسترسی نهایی در جدول زیر ارائه شده است.

[1] Structural Self-Interaction Matrix, SSIM
[2] Reachability matrix, RM

جدول ۳- ماتریس دستیابی نهایی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی

TM	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C11
عوامل فردی (C01)	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
عوامل فنی (C02)	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱*
عوامل گروهی (C03)	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
عوامل سازمانی (C04)	۱	۱	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
عوامل سیستمی (C05)	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
عوامل فیزیکی (C06)	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱
عوامل ارگونومی (C07)	۱	۱*	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱
عوامل مدیریتی (C08)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱
عوامل فناوری (C09)	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱
عوامل شغلی (C10)	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
کاهش خطای انسانی (C11)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

پس از تشکیل ماتریس دستیابی برای تعیین روابط و سطح‌بندی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی باید «مجموعه دستیابی» و «مجموعه پیش‌نیاز» شناسایی شود. برای متغیر C_i مجموعه دستیابی (خروجی یا اثرگذاری‌ها) شامل متغیرهایی است که از طریق متغیر C_i می‌توان به آن‌ها رسید. مجموعه پیش‌نیاز (ورودی یا اثرپذیری‌ها) شامل متغیرهایی است که از طریق آن‌ها می‌توان به متغیر C_i رسید. بر اساس نتایج، سازه کاهش خطای انسانی (CA) در سطح نخست قرار دارد. سازه‌های رفتار فردی (C01) و رفتار گروهی (C01) در سطح دو قرار دارند. سازه‌های شغلی (C10) و سیستمی (C05) در سطح سه قرار دارند. سازه‌های فیزیکی (C06)، ارگونومی (C07)، فناوری (C09) و فنی (C02) در سطح چهار قرار دارند. در نهایت نیز سازه‌های مدیریتی (C08) و سازمانی (C04) در سطح پنج قرار دارند.



شکل ۱- مدل رفتاری کاهش خطای انسانی

این مدل برای کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کاربرد دارد و نشان می‌دهد عوامل سازمانی و مدیریتی به عنوان سازه‌هایی زیربنایی هستند که بر عوامل فیزیکی، ارگونومی، فنی و فناوری اثر مستقیم دارند. این عوامل نیز بر عوامل شغلی و سیستمی اثر می‌گذارند و به این ترتیب می‌توان رفتار فردی و گروهی را تحت‌تاثیر قرار داد. در نهایت نیز بهبود رفتار فردی و گروهی نیروی انسانی به کاهش خطای انسانی منجر می‌شود.

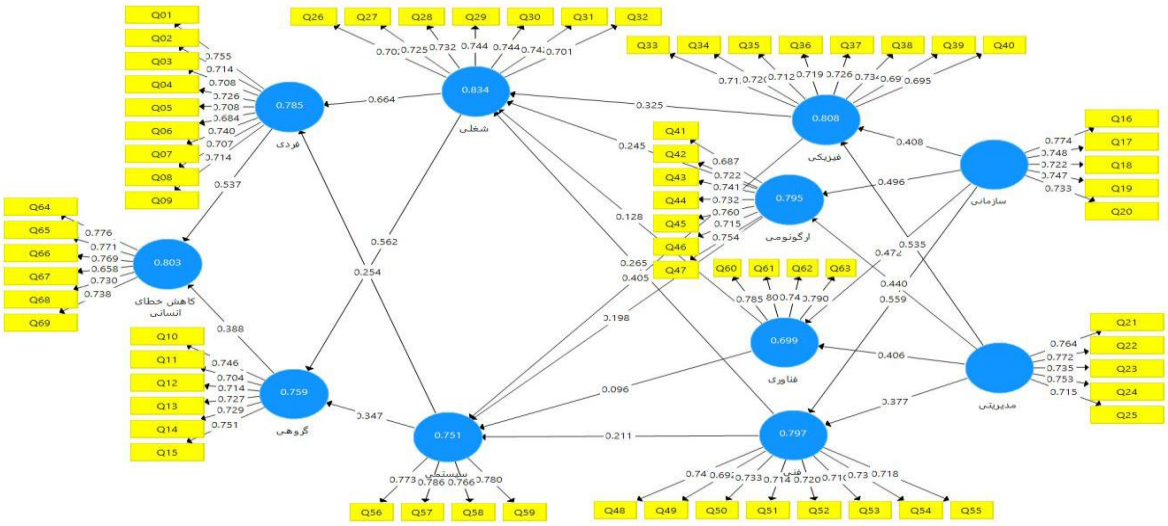
همچنین خروجی‌ها و ورودی‌های هر متغیر به ترتیب قدرت نفوذ و وابستگی آن متغیر را نشان می‌دهند. قدرت نفوذ – وابستگی متغیرهای مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- قدرت نفوذ و میزان وابستگی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی

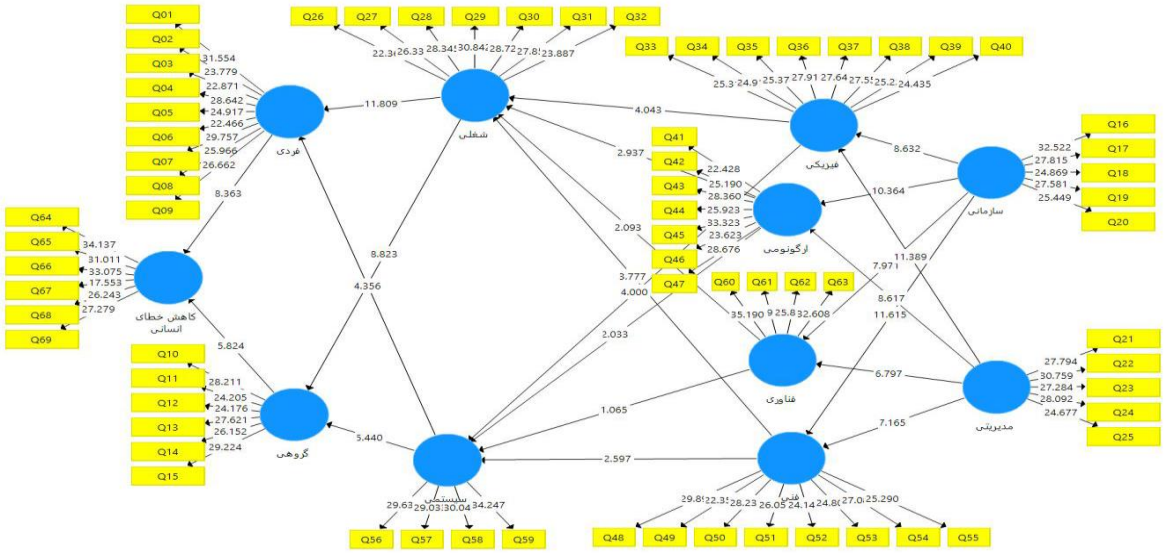
متغیرهای پژوهش	میزان وابستگی	قدرت نفوذ	سطح
عوامل فردی (C01)	۱۰	۳	۲
عوامل فنی (C02)	۶	۹	۴
عوامل گروهی (C03)	۱۰	۳	۲
عوامل سازمانی (C04)	۲	۱۱	۵
عوامل سیستمی (C05)	۸	۵	۳
عوامل فیزیکی (C06)	۶	۹	۴
عوامل ارگونومی (C07)	۶	۹	۴
عوامل مدیریتی (C08)	۲	۱۱	۱
عوامل فناوری (C09)	۶	۹	۴
عوامل شغلی (C10)	۸	۵	۳
کاهش خطای انسانی (C11)	۱۱	۱	۱

پس از تعیین روابط و سطح شاخص‌های مذکور، می‌توان آن‌ها را به شکل الگویی طراحی نمود. به همین منظور ابتدا شاخص‌ها را بر حسب سطح آن‌ها به ترتیب از بالا به پایین تنظیم می‌گردد. الگوی نهایی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی در شکل ۱ نمایش داده شده است.

در نهایت برای اعتبارسنجی مدل از روش حداقل مربعات جزئی (PLS) با نرم‌افزار Smart PLS استفاده شد. نتایج ارزیابی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۲- اعتبارسنجی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی (تخمین استاندارد)



شکل ۳- اعتبارسنجی مدل رفتاری کاهش خطای انسانی (معناداری)

بخش بیرونی مدل (مدل اندازه‌گیری) رابطه متغیرهای قابل‌مشاهده با متغیرهای پنهان را نشان می‌دهد. میزان رابطه سؤالات با سازه‌های اصلی به‌وسیله بارعاملی نشان داده می‌شود. بارهای عاملی در تمامی موارد از ۰/۶ بیشتر است و آماره t نیز در تمامی موارد بزرگتر از ۱/۹۶ می‌باشد؛ بنابراین بخش اندازه‌گیری مدل از اعتبار مناسبی برخوردار است. برای اطمینان بیشتر از بخش بیرونی مدل، روایی و پایایی سازه‌ها نیز بررسی شد.

برای سنجش روایی همگرا از میانگین واریانس استخراجی (AVE) استفاده شد که باید بزرگتر از ۰/۵ باشد. پایایی سازه‌ها نیز با محاسبه پایایی ترکیبی، ضریب رو و آلفای کرونباخ بررسی شد که باید بزرگ‌تر از ۰/۷ باشد (آذر و غلام‌زاده، ۱۳۹۸). روایی و پایایی سازه‌های پژوهش در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- روایی و پایایی سازه‌های پژوهش (اعتبار بخش اندازه‌گیری مدل)

سازه‌های اصلی	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی (CR)	ضریب رو (Rho)	AVE
ارگونومی	۰/۸۵۴	۰/۸۵۵	۰/۸۸۹	۰/۵۳۴
سازمانی	۰/۷۹۹	۰/۸۰۰	۰/۸۶۲	۰/۵۵۵
سیستمی	۰/۷۸۰	۰/۷۸۱	۰/۸۵۸	۰/۶۰۳
شغلی	۰/۸۵۱	۰/۸۵۲	۰/۸۸۷	۰/۵۲۹
فردی	۰/۸۸۲	۰/۸۸۲	۰/۹۰۵	۰/۵۱۵
فناوری	۰/۷۸۸	۰/۷۸۹	۰/۸۶۳	۰/۶۱۲
فنی	۰/۸۶۸	۰/۸۶۸	۰/۸۹۶	۰/۵۱۹
فیزیکی	۰/۸۶۳	۰/۸۶۳	۰/۸۹۳	۰/۵۱۰
مدیریتی	۰/۸۰۳	۰/۸۰۳	۰/۸۶۴	۰/۵۵۹
کاهش خطای انسانی	۰/۸۳۵	۰/۸۳۶	۰/۸۸۰	۰/۵۵۰
گروهی	۰/۸۲۳	۰/۸۲۴	۰/۸۷۲	۰/۵۳۱

بر اساس مقادیر مندرج در جدول ۵ بخش بیرونی از اعتبار مناسبی برخوردار است به دیگر سخن سازه‌های پژوهش به‌درستی مورد سنجش قرار گرفته‌اند.

پس از حصول اطمینان از سنجش سازه‌ها، روابط میان سازه‌های اصلی (بخش درونی یا ساختاری مدل) مورد ارزیابی قرار گرفته است. خلاصه نتایج بخش ساختاری مدل (روابط متغیرهای مدل) در جدول ۶ ارائه شده است:

جدول ۶- خلاصه نتایج بخش ساختاری مدل (روابط متغیرهای مدل)

رابطه	ضریب تاثیر	آماره t	معناداری	اندازه اثر	نتیجه
ارگونومی ← سیستمی	۰/۱۹۸	۲/۰۳۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۱	تایید
ارگونومی ← شغلی	۰/۲۴۵	۲/۹۳۷	۰/۰۰۳	۰/۰۶۴	تایید
سازمانی ← ارگونومی	۰/۴۹۶	۱۰/۳۶۴	۰/۰۰۰	۰/۳۲۶	تایید
سازمانی ← فناوری	۰/۴۷۲	۷/۹۷۱	۰/۰۰۰	۰/۲۸۷	تایید
سازمانی ← فنی	۰/۵۵۹	۱۱/۶۱۵	۰/۰۰۰	۰/۴۵۵	تایید
سازمانی ← فیزیکی	۰/۴۰۸	۸/۶۳۲	۰/۰۰۰	۰/۲۰۱	تایید
سیستمی ← فردی	۰/۲۵۴	۴/۳۵۶	۰/۰۰۰	۰/۰۶۹	تایید
سیستمی ← گروهی	۰/۳۴۷	۵/۴۴۰	۰/۰۰۰	۰/۱۳۷	تایید
شغلی ← فردی	۰/۶۶۴	۱۱/۸۰۹	۰/۰۰۰	۰/۷۸۹	تایید
شغلی ← گروهی	۰/۵۶۲	۸/۸۲۳	۰/۰۰۰	۰/۴۶۲	تایید
فردی ← کاهش خطای انسانی	۰/۵۳۷	۸/۳۸۳	۰/۰۰۰	۰/۴۰۵	تایید
فناوری ← سیستمی	۰/۰۹۶	۱/۰۶۵	۰/۲۸۷	۰/۰۰۹	رد
فناوری ← شغلی	۰/۱۲۸	۲/۰۹۳	۰/۰۳۷	۰/۰۲۷	تایید
فنی ← سیستمی	۰/۲۱۱	۲/۵۹۷	۰/۰۱۰	۰/۰۴۷	تایید
فنی ← شغلی	۰/۲۶۵	۳/۷۷۷	۰/۰۰۰	۰/۰۷۶	تایید
فیزیکی ← سیستمی	۰/۴۰۵	۴/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۹۶	تایید
فیزیکی ← شغلی	۰/۳۲۵	۴/۰۴۳	۰/۰۰۰	۰/۱۱۸	تایید
مدیریتی ← ارگونومی	۰/۴۴۰	۸/۶۱۷	۰/۰۰۰	۰/۲۴۰	تایید
مدیریتی ← فناوری	۰/۴۰۶	۶/۷۹۷	۰/۰۰۰	۰/۱۹۷	تایید
مدیریتی ← فنی	۰/۳۷۷	۷/۱۶۵	۰/۰۰۰	۰/۱۶۶	تایید
مدیریتی ← فیزیکی	۰/۵۳۵	۱۱/۳۸۹	۰/۰۰۰	۰/۴۰۱	تایید
گروهی ← کاهش خطای انسانی	۰/۳۸۸	۵/۸۲۴	۰/۰۰۰	۰/۱۷۷	تایید

ضرایب مسیر در این بخش شدت و جهت رابطه را نشان می‌دهند و چون مقدار آماره t بزرگتر از ۱/۹۶ است نشان می‌دهد ضرایب مسیر معنادار هستند. اندازه اثر (F^2) میزان تغییراتی است که متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته می‌گذارند. در واقع این شاخص نشان می‌دهد اگر یک متغیر مستقل حذف شود چه میزان تغییراتی در متغیر وابسته ایجاد می‌شود. این شاخص توسط کوهن ارائه گردید. مقدار ۰/۰۲ (ضعیف)، ۰/۱۵ (متوسط) و ۰/۳۵ (بزرگ) در نظر گرفته می‌شود. بر اساس نتایج ضریب مسیر فناوری بر سیستمی ۰/۰۹۶ بدست آمد که مقدار اندکی است، آماره تی ۱/۰۶۵ به‌دست آمد که از مقدار بحرانی ۱/۹۶ کوچک‌تر است، مقدار معناداری ۰/۲۸۷ به‌دست آمد که از خطای ۰/۰۵ بزرگ‌تر است و اندازه اثر ۰/۰۰۹ کم‌تر از ۰/۰۲ است، بنابراین این رابطه معنادار نیست. در سایر موارد اندازه اثر بالای حد متوسط یعنی ۰/۱۵ و در برخی موارد حتی بیش از ۰/۳۵ یعنی قوی به‌دست آمد.

برای سنجش قدرت پیش‌بینی مدل از ضریب تعیین (R2) و شاخص ارتباط پیش‌بین (Q2) استفاده شد. ضریب تعیین (R2) معیاری است که بیانگر میزان تبیین متغیرهای وابسته الگو است؛ بنابراین هرچه بیشتر باشد، بهتر است. سه مقدار ۰/۱۹، ۰/۳۳ و ۰/۶۷ به ترتیب نشان‌دهنده برازش ضعیف، متوسط و قوی است. شاخص ارتباط پیش‌بین (Q^2) یا شاخص استون - گیزر[1] چنانچه مثبت باشد، مطلوب است.

جدول ۷- خلاصه نتایج قدرت پیش‌بینی مدل

سازه‌های اصلی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل‌شده	Q2
ارگونومی	۰/۷۹۵	۰/۷۹۴	۰/۳۹۶
سیستمی	۰/۷۵۱	۰/۷۴۸	۰/۴۲۵
شغلی	۰/۸۳۴	۰/۸۳۲	۰/۴۱۱
فردی	۰/۷۸۵	۰/۷۸۴	۰/۳۷۷
فناوری	۰/۶۹۹	۰/۶۹۷	۰/۴۰۱
فنی	۰/۷۹۷	۰/۷۹۶	۰/۳۸۷

[1] Stone-Geisser

سازه‌های اصلی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل‌شده	Q2
فیزیکی	۰/۸۰۸	۰/۸۰۷	۰/۳۸۶
کاهش خطای انسانی	۰/۸۰۳	۰/۸۰۲	۰/۴۱۳
گروهی	۰/۷۵۹	۰/۷۵۸	۰/۳۷۷

ضریب تعیین سازه کاهش خطای انسانی نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل توانسته‌اند ۷۰٪ از تغییرات این سازه را تبیین کنند و مقدار قابل‌توجهی است. شاخص ارتباط پیش‌بین برای تمامی سازه‌های پژوهش مثبت است که نشان می‌دهد قدرت پیش‌بینی مدل مطلوب است.
برای ارزیابی برازش مدل از شاخص GOF و RMS و SRMR استفاده می‌شود. برای شاخص GoF سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۲۵ و ۰/۳۶ را به‌عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی معرفی شده است. برای شاخص RMS_theta مقادیر زیر ۰/۱۲ نشانه تناسب مدل است، درحالی‌که مقادیر بالاتر نشان‌دهنده عدم تناسب است. شاخص SRMR نیز بهتر است، زیر ۰/۱ و خیلی سخت‌گیرانه کم‌تر از ۰/۸ باشد (حبیبی و جلال‌نیا، ۱۴۰۲).

جدول ۸- شاخص‌های برازش مدل

نام شاخص	GOF	RMS_theta	SRMR
مقدار قابل قبول	بزرگتر از ۰/۳۶	کمتر از ۰/۱۲	کمتر از ۰/۰۸
مقدار برآورد شده	۰/۶۵۴	۰/۰۹۲	۰/۰۴۸

در این مطالعه شاخص GOF برابر ۰/۶۵۴ به‌دست آمد که از ۰/۳۶ بزرگ‌تر است. شاخص RMS_theta میزان ۰/۰۹۲ به‌دست آمد که از ۰/۱۲ کم‌تر است. شاخص SRMR نیز ۰/۰۴۸ محاسبه گردید که از ۰/۰۸ کم‌تر است، بنابراین برازش مدل مطلوب است.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی رفتاری کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور انجام شده است. بر اساس نتایج مشخص گردید، عوامل سازمانی و مدیریتی به‌عنوان عناصر زیربنایی الگو هستند که بر عوامل فیزیکی، ارگونومی، فنی و فناوری اثر مستقیم دارند. در نتایج مطالعه خیرخواه و همکاران (۱۳۹۹) نیز به مؤلفه مدیریتی اشاره شده و از این منظر با نتایج پژوهش حاضر هم‌سو است.
همچنین دستاوردهای پژوهش نشان داد، عوامل مذکور بر عوامل شغلی و سیستمی اثر می‌گذارد و به‌این‌ترتیب می‌توان رفتار فردی و گروهی را تحت‌تأثیر قرار دارد. در نتایج مطالعات هاسیوبان و همکاران (۲۰۲۰) و برقعی پور و همکاران (۱۳۹۹) نیز مولفه‌های عوامل شغلی و رفتار فردی مورد تأیید قرار گرفته و با نتایج پژوهش حاضر سازگار است. در نهایت نیز مشخص گردید بهبود رفتار فردی و گروهی نیروی انسانی به کاهش خطای انسانی منجر می‌شود. در نتایج مطالعه سینگ و همکاران (۲۰۱۹)، به اهمیت مؤلفه کاهش خطای انسانی اشاره شده و از این منظر با نتایج پژوهش حاضر هماهنگ است.

براساس نتایج مذکور، پیشنهادهای کاربردی زیر ارائه می‌شود

در خصوص رفتار فردی پیشنهاد می‌شود، با استخدام منابع انسانی دارای اخلاق حرفه‌ای و مهارت‌های تصمیم‌گیری بالا در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور، مقدمات بروز خطای انسانی در این صنعت را کاهش دهند. در این راستا، استخدام کارکنانی با هوش هیجانی بالا و اعتمادبه‌نفس پیشنهاد می‌شوند. همچنین مدیران ذی‌ربط باید نسبت به شرایط زندگی فردی و مسئولیت‌پذیری وی آگاه باشند. افراد مذکور با افزایش انگیزش شغلی به پرهیز از چندپیشگی می‌رسند و با تجربه کاری مکفی خود در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور تأثیر بسزایی خواهند داشت.
در خصوص رفتار گروهی پیشنهاد می‌شود، با برقراری ارتباطات مطلوب میان کارکنان، گروه‌ها و اصناف مختلف شغلی، به سازماندهی تیم‌های کاری پرداخته شود. این مهم با تقسیم کار روشن و شفافیت نقش‌ها در کارهای گروهی قابل‌دستیابی است. همچنین رعایت عدالت از سوی سرپرستان در میان افراد گروه نیز سبب انسجام بیشتر در میان افراد گروه می‌شود.
در خصوص عوامل ساختاری پیشنهاد می‌شود، نسبت به اصلاح و یا بازبینی ساختار سازمانی براساس سیستم مدیریت ایمنی اقدامات لازم انجام پذیرد. آن‌چه در غلبه بر چالش‌های محیطی حائز اهمیت است، استقرار فرهنگ سازمانی مناسب در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور می باشد. همچنین مدیران ذی‌ربط با ایجاد نظام جبران خدمات مناسب می‌توانند به جلب رضایت اغلب کارکنان خود دست یابند. لازم به ذکر

است، کاربرد تکنولوژی روز در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور نیز از ارکان ضروری است باید بیش‌ازپیش بدان توجه گردد و در حال حاضر به‌دلایلی نظیر تحریم فناوری‌های بروز دنیا در هیچ‌یک از بخش‌های صنعت مورد استفاده نیست که ضمن افزایش بار کاری نیروی انسانی به‌دلیل فرسودگی و عدم بروز بودن تجهیزات موجبات افزایش خطای انسانی را فراهم می‌کند.

در خصوص عوامل مدیریتی پیشنهاد می‌شود، ضمن التزام عملی مدیران هوانوردی به صیانت از کارکنان به استقرار نظام شایسته‌سالاری و ارتقای شغلی براساس ضوابط پرداخته شود. مدیران مذکور جهت مدیریت تعارض میان کارکنان می‌بایست به پشتیبانی و حمایت از آن‌ها بپردازند. همچنین استقرار عدالت سازمانی و عدم تبعیض میان افراد نیز نشان‌دهنده مدیریت صحیح و کارآمد در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور می‌باشد.

در خصوص عوامل شغلی پیشنهاد می‌شود، با ایجاد تناسب شغل با شاغل، به ایجاد شفافیت وظایف شغلی و عدم ابهام پرداخته شود. مدیران صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور با برآورد تعداد کافی کارکنان برای مناصب شغلی و ارائه آموزش کافی برای مشاغل حساس می‌توانند به کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور کمک نمایند. در این راستا، عدم پیچیدگی و سردرگمی وظایف شغلی و نبود اختلالات جسمانی ناشی از شغل حائز اهمیت است. همچنین عدم خسته‌کننده بودن و یکنواختی شغل نیز سبب افزایش انگیزه و اشتیاق کاری کارکنان شده و در کاهش خطای انسانی تأثیر بسزایی دارد.

در خصوص عوامل فیزیکی پیشنهاد می‌شود، با رعایت نظم و ترتیب در محیط کار و تأمین تجهیزات و امکانات مناسب، مقدمات دستیابی به هدف کاهش خطای انسانی در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور فراهم گردد. در این راستا، تعمیرات و نگهداری ابزارها و تجهیزات حائز اهمیت است. همچنین کاهش سروصدا و آلودگی صوتی در حین کار کارکنان و تامین نور و روشنایی مناسب برای آن‌ها نیز در افزایش تمرکز و کاهش خطا اثرگذار است. علاوه بر موارد مذکور، تأمین تهویه و هوای مطبوع، دمای مناسب هوا و تأمین وسایل و ابزارهای حفاظتی نیز توصیه می‌شود.

در خصوص عوامل ارگونومی پیشنهاد می‌شود، با طراحی مناسب رابطه فی‌مابین انسان – ماشین و چیدمان و استقرار تجهیزات و ماشین‌آلات، غلبه بر چالش‌های محیطی مربوط به خطای انسانی تسهیل گردد. در این راستا، تأمین نیروی کافی برای انجام کار به همراه زمان کافی برای استراحت پیشنهاد می‌شود کمبود نیروی انسانی متخصص در صنعت هوانوردی کشور، یکی از مهم‌ترین چالش‌های حال حاضر است. همچنین ضمن طراحی مناسب محل کار، باید به کارکنان در خصوص عدم نیاز به حرکات تکراری با تعداد زیاد و رعایت حالت‌های بدنی درست آموزش‌های لازم ارائه گردد.

در خصوص عوامل سیستمی پیشنهاد می‌شود، با ایجاد سازوکارهای مانیتورینگ و نظارت مناسب، به هماهنگی فعالیت‌های سازمانی پرداخته شود؛ لذا مدیریت و پایش عملکرد منابع انسانی در سازمان به کمک ارزیابان و متخصصان این حوزه پیشنهاد می‌شود. در نهایت با بررسی فرایندهای بازخورد و بهبود عملکرد می‌توان به نقاط قوت و ضعف در این صنعت دست‌یافت و این مهم در کاهش خطای انسانی حائز اهمیت است.

References

1. Atai, Mohammad; Moradi, Ibrahim; Khairandish, Mehdi. (1400). Designing a behavioral model to reduce human error in sensitive jobs in Iran's aviation industry. Public Policy in Management, 12(43), 81-91.
2. Attride-Stirling, J. (2001). Thematic networks: an analytic tool for qualitative research. Qualitative research, 1(3), 385-405.
3. Azar, Adel; Gholamzadeh, Rasul. (2018). Partial least squares, Tehran: Negah Danesh Publications.
4. Azarnia, Mehsa; Mazloumi, Adel; Hosseini, Mohammadreza. (2018). Identifying and evaluating human errors in the activities related to the operation of electrical facilities of the Greater Tehran Power Distribution Company using the SHERPA method, Work Health and Safety Quarterly, 9 (33), 363-375.
5. Bogdane, R., Gorbacovs, O., Sestakovs, V., & Arandas, I. (2019). Development of a model for assessing the level of flight safety in an airline using concept of risk. Procedia Computer Science, 149, 365-374.
6. Burqai Pour, you are; Meghari Tehrani, Ghazaleh; Maddi, Shahriar, Mohammadfam, Iraj. (2019). Identification and evaluation of human errors of tower crane operators. Occupational health and safety. 10 (1), 12-23.
7. Bove, T. (2002). Development and validation of a human error management taxonomy in air traffic control (Doctoral dissertation, Risø National Laboratory & University of Roskilde).

8. Burns, K., & Bonaceto, C. (2020). An empirically benchmarked human reliability analysis of general aviation. Reliability Engineering & System Safety, 94, 06227.
9. Darwis, A. M., Nai'em, M. F., & Maksun, S. S. (2021). Trend analysis and projection of work accidents cases based on work shifts, workers age, and accident types. Gaceta Sanitaria, 35, S94-S97.
10. Gui, F. U., Yujingyang, X. U. E., Ruipeng, T. O. N. G., & Jizu, L. I. (2017). A comparison of HFACS and 24Model in categories of unsafe acts. *China Safety Science Journal*, *27*(1), 7.
11. Habibi, Arash; Jalalnia, Rahela. (1402). partial least squares. Tehran: Narun.
12. Hajiakbari, M., Mohammadfam, I., Amid, M., & Mirzaei Aliabadi, M. (2015). Human error assessmentin minefield cleaning operation using human event analysis. Journal of Occupational Hygiene Engineering, 2(3), 38-44.
13. Hasibuan, C. F., Daeng, P. Y., & Hasibuan, R. R. (2020, May). Human Reliability Assessment Analysis with Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) Method on Sterilizer Station at XYZ Company. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 851 (1), 1-12.
14. Habibi, Arash; Afridi, Sanam (1401). Multi-indicator decision making. Tehran: Narun.
15. Holsti, O. R. (1969). Content analysis for the social sciences and humanities, Reading, MA: Addison-Wesley.
16. Jiang, T. W., Lu, C. T., Fu, H., Palmer, N., & Peng, J. (2022). An Inductive Approach to Identify Aviation Maintenance Human Errors and Risk Controls. The Collegiate Aviation Review International, 40(1).
17. Karimi, Hamidreza; Hosseini, Ehsan. (1390). Investigation of human error factors in air accidents, the second national conference on road accidents, rail and air accidents, Zanjan.
18. Kim, S., Lee, J., & Kang, C. (2021). Analysis of industrial accidents causing through jamming or crushing accidental deaths in the manufacturing industry in South Korea: Focus on non-routine work on machinery. Safety Science, 13(3), 104-128.
19. Kiani, Farhad. (1400). Investigating the role of human errors in aviation accidents. Master's thesis, supervisor: Nasibah Faraji, Comprehensive University of Applied Sciences, Bandar Abbas Aviation Industry Training Center.
20. Khanlari, Hossein; Naderi Khurshidi, Alireza; Faqih Aliabadi, Hadi; Eskandari, Mojtaba. (2015). Designing the safety management development system in the aviation industry of the country, thematic axes. Industry and University, 7(25), 58-72.
21. Khairkhah, Morteza; Gholamzadeh, Dariush; Alwani, Seyyed Mehdi; Momeni, Mandan; Vedadi, Ahmed. (2019). Strategic model of human resources management of the country's aviation industry. Police Management Studies, 15(4), 553-576.
22. Kelly, D., & Efthymiou, M. (2019). An analysis of human factors in fifty controlled flight into terrain aviation accidents from 2007 to 20 7. Journal of safety research, 69, 55- 65.
23. Mendes, N., Vieira, J. G. V., & Mano, A. P. (2022). Risk management in aviation maintenance: A systematic literature review. Safety science, 153(1), 795-810.
24. Metzler, Y. A., Taibi, Y., Bellingrath, S., & Müller, A. (2021). A systematic overview on the risk effects of psychosocial work characteristics on musculoskeletal disorders, absenteeism, and workplace accidents. Applied ergonomics, 95, 103-134.
25. Miller, E. (2023). Aviation and Plane Crash Statistics. https://www.psbr.law/aviation-accident-statistics.html.
26. Monsalvo-Buelvas, J., Tortorella, G., Cómbita-Niño, J., Vidal-Pacheco, L., & Herrera-Fontalvo, Z. (2020). Design of a methodology to incorporate Lean Manufacturing tools in risk management, to reduce work accidents at service companies. Procedia Computer Science, 177, 276-283.
27. Moradi, Ibrahim; Atai, Mohammad; Khairandish, Mehdi. (1401). The role of human resource system components (individual ethics, group factors, organizational environment and work environment) in reducing human error. Ethics in Science and Technology, 17 (4), 166-174.
28. Mullen, J. (2004). Investigating factors that influence individual safety behavior at work. Journal of safety research, 35(3), 275-285.
29. Nizam al-Dini, Zainab al-Sadat; Jafari, Behnoosh; Jazayeri, Seyed Amin. (2019). Identification and evaluation of human error in Khuzestan steel industries. Occupational health and health promotion. 4 (1), 58-69.

30. Niknejad, Mehdi; Hejbar Kiani, Cambyses; Sarlak, Ahmed; Calligraphy, Maryam. (1400). Analysis of the effects of production factors on employment in Iran's air transport industry. Modern Economy and Business, 16(53), 133-159.
31. NTSB. (2023). Human Factors in Aviation. https://www.wisnerbaum.com/aviation-accident/why-planes-crash/human-factors-in-aviation/
32. Porathe, T., Hoem, Å., Rødseth, Ø., Fjørtoft, K., & Johnsen, S. O. (2018). At least as safe as manned shipping? Autonomous shipping, safety and "human error". In Safety and Reliability–Safe Societies in a Changing World. CRC Press, 5 (2), 417-425.
33. Rantanen, E., & Hujibrechts, E. J. (2021). Organizational Safety in Airline Operations. In 80th International Symposium on Aviation Psychology, 7 (2), 190-211.
34. Salari, Samaneh; Farrokhzadeh, Maryam; Khalili, Arash; Mohammad Pham, Iraj. (2018). Identification of human errors in the use of ventilators with the method of predictive error analysis. Occupational Health and Safety, 9(3), 212-220.
35. Singh, V., Sharma, S. K., Chadha, I., & Singh, T. (2019). Investigating the moderating effects of multi group on safety performance: The case of civil aviation. Case studies on transport policy, 7(2), 477-488.
36. Tahmasabi, Fatima; Jafari, Mehdi. (2019). Identifying and prioritizing factors affecting the occurrence of human errors and ways to reduce them in oil and gas industries: a systematic review. The third international conference on technology development in oil, gas, refining and petrochemicals.
37. Wiegmann, D., Faaborg, T., Boquet, A., Detwiler, C., Holcomb, K., & Shappell, S. (2005). Human error and general aviation accidents: A comprehensive, fine-grained analysis using HFACS.
38. Yoo, J., & Jung, Y. (2019). Interactive effects of organizational goal orientations on bank-employee's behavior. International Journal of Bank Marketing.
39. Zimmermann, N., & Duffy, V. G. (2023). Systematic Literature Review of Safety Management Systems in Aviation Maintenance Operations. Human-Automation Interaction, 311-328