



Shahid Sattari Air University

## Investigating and Comparing Risk Assessment and Calculation Strategies in Carriage

Abdolali Jalali<sup>1</sup>, Hamid Reza Zarghami<sup>2</sup>, Javad Zarvandi<sup>3</sup>, Abbas Ebrahimi<sup>4</sup>

### Abstract

**Background & Purpose:** In recent decades, along with the comprehensive development of technology and methods of utilizing services, there are constant threats to the health of the aviation industry. This research has been conducted among pilots, flight engineers and flight safety team with more than 15 years of experience. The purpose of this study is to review and compare risk assessment strategies and calculation of risk potential in air transport lines.

**Methodology:** The research was performed using TOPSIS method to prioritize the methods, PMB method, Pre-chart method, Leach method, Wideman method, Proma method, G-Smith method and Alarm method, respectively.

**Findings:** Findings show that PMB method as the first priority, Pre-Chart method as the second priority, Leach method as the third priority, Wideman method as the fourth priority, Proma method as the fifth priority, J. Smith method to The sixth priority is the alarm method and the seventh priority is the evaluation of risk methods.

**Conclusion:** The results show risk assessment strategies: availability of information, ease, speed of risk assessment, practicality, method efficiency, compliance with international standards, possibility of feedback on future flights to prevent accidents.

**Keywords:** *Risk, risk assessment methods, TOPSIS.*

---

<sup>1</sup> assistant professor of Shahid Sattari Aeronautical University

<sup>2</sup> assistant professor of Shahid Sattari Aeronautical University

<sup>3</sup> assistant professor of Shahid Sattari Aeronautical University. (corresponding author) [javadzarvandi@gmail.com](mailto:javadzarvandi@gmail.com)

<sup>4</sup> Graduate master of Aviation Safety and Accident Investigation

---

Received: 2022/04/27

Accepted: 2022/05/28

Corresponding Author: Javad Zarvandi



## بررسی و مقایسه راهکارهای ارزیابی و محاسبه پتانسیل خطر در خطوط

### ترابری هوایی

عبدالعلی جلالی<sup>۱</sup> حمیدرضا ضرغامی<sup>۲</sup> جواد زروندی<sup>۳</sup> عباس ابراهیمی<sup>۴</sup>

#### چکیده

**زمینه و هدف:** در دهه های اخیر صنعت هوانوردی در دنیا با تحولات شگرفی روبرو بوده است که همزمان با توسعه همه جانبه فناوری و روش های بهره برداری از خدمات آن، دائماً خطراتی نیز سلامت فعالیت های این حوزه را تهدید می نماید. این پژوهش، در بین خلبانان، مهندسين پرواز و تیم ایمنی پرواز که بیش از ۱۵ سال از سابقه آن ها می گذرد صورت پذیرفته است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی و مقایسه راهکارهای ارزیابی ریسک و محاسبه پتانسیل خطر در خطوط ترابری هوایی است.

**روش شناسی:** ابزار جمع آوری داده ها مصاحبه و پرسشنامه بود. روایی پرسشنامه با روش دلفی و پایایی آن با روش آلفای کرونباخ نیز تایید شد. این پژوهش با استفاده از تکنیک تاپسیس (TOSPSIS) برای اولویت بندی روش های شناخته شده ارزیابی ریسک انجام شده است.

**یافته ها:** یافته ها نشان می دهد که به ترتیب روش پی ام باک به عنوان اولویت اول، روش پریست چارت به عنوان اولویت دوم، روش لیج به عنوان اولویت سوم، روش وایدمن به عنوان اولویت چهارم، روش پروما به عنوان اولویت پنجم، روش جی اسمیت به عنوان اولویت ششم و روش آلام به عنوان اولویت هفتم در ارزیابی روش های ریسک می باشند.

**نتیجه گیری:** نتایج پژوهش نشان می دهد که راهکارهای ارزیابی خطر عبارتند از: دسترس بودن اطلاعات، آسان بودن، سرعت بخشیدن به ارزیابی خطر، عملی بودن، بهره وری روش، مطابق بودن با استانداردهای جهانی، امکان بازخورددهی به پروازهای آتی برای پیشگیری از سوانح.

**کلیدواژه ها:** ریسک، روش های ارزیابی ریسک، تاپسیس.

<sup>۱</sup> استادیار دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری.

<sup>۲</sup> استادیار دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری.

<sup>۳</sup> استادیار دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری. (نویسنده مسئول) javadzarvandi@gmail.com

<sup>۴</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد سوانح و صلاحیت های پروازی.

## مقدمه

صنعت حساس و پیچیده هوانوردی به عنوان صنعت مادر و زیربنای توسعه اقتصادی کشورها (Insua et al. 2018)، در سالیان اخیر در ابعاد مدیریتی و فناورانه در سطح دنیا و کشور ما با تحولات فراوانی همراه بوده است (چنگیزی و تورانی، ۱۴۰۰)، که همزمان با توسعه فناوری‌ها و روش‌های بهره‌برداری از خدمات آن، دائماً خطراتی نیز سلامت فعالیت‌های این حوزه را تهدید می‌نماید. جهت کنترل اثرات این خطرات بر عملکرد این عرصه حساس، همواره تلاش‌های مختلفی صورت گرفته است و جدیدترین رویکرد، ایجاد و پیاده‌سازی سیستم مدیریت ایمنی در حوزه‌های مختلف این صنعت از جمله عملیات هواپیما، تعمیر و نگهداری هواپیما، خدمات فرودگاهی و خدمات ترافیک هوایی می‌باشد (Icao, 2013). در سوانح هوایی موضوعی که بحث اصلی محافل است، تعداد کشته و مجروحین آن سانحه است. ناگفته پیداست که عملکرد کارکنان ایمنی زمینی و آتش نشانی در نجات جان مسافران هواپیما سانحه دیده دارای چه اهمیت و حساسیتی است، بنابراین توجه و سرمایه‌گذاری در این بخش نسبت مستقیم با نجات جان انسانها دارد. آنچه باعث می‌شود که این مسائل به چشم آید بحث خطرات این صنعت می‌باشد. مدیریت ریسک در تعریفی که سازمان بین‌المللی استاندارد- ایزو بیان نموده است به عنوان فعالیت‌های هماهنگ شده در جهت کنترل ریسک‌های سازمان می‌باشد و مدیریت ریسک سازمان به دنبال ایجاد برنامه‌هایی به منظور کاهش سطوح ریسک می‌باشد. آنالیز ریسک خطر که هسته اصلی مدیریت ریسک می‌باشد، بعد از شروع مطالعات ریسک و شناسایی عوامل بالقوه آسیب‌رسان به منظور تحلیل دقیق‌تر رویدادهای مخاطره‌آمیز و بررسی پیامدهای حاصل از آن تاثیر بسزایی در کنترل ریسک‌ها و کاهش عواقب و آثار آن دارد (اصفهانی، ۱۳۸۸). مدیریت ریسک با برنامه ریزی، سازمان‌دهی، هدایت و کنترل فعالیت‌ها و دارایی‌های سازمان، اثرات سوء بر عملکرد را که ممکن است بر اثر حوادث رخ دهد، به حداقل ممکن کاهش می‌دهد (Andrew, 2003). در حقیقت ریسک را نمی‌توان به طور کامل حذف کرد اما می‌توان با مدیریت صحیح به حد قابل قبول یا قابل تحمل کاهش داد (حبیبی نیا و دشتی، ۱۳۹۷). در واقع هدف مدیریت ریسک ایجاد یک چارچوب نظام مند و مستمر به منظور شناسایی، ارزیابی، حذف کنترل، پیش‌گیری، کاهش و ابلاغ ریسک‌ها است. لذا در فرایند مدیریت ریسک، تصمیمات بر اساس مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی ریسک و سطوح ریسک تعیین شده اتخاذ می‌گردد (اصفهانی، ۱۳۸۸). گزارشات سوانح و حوادث با توجه به اطلاعات و داده‌های مندرج در آن در سیستم‌های اطلاعاتی خطوط هوایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اما در کشورهای در حال توسعه با توجه

به وجود بروکراسی شدید اداری و کتمان نقاط ضعف، دسترسی به داده‌ها و اطلاعات موثق این دسته از گزارشات در بازه زمانی مناسب و موثر سخت و گاهی غیر ممکن است. اولین قدم در امور ایمنی جمع‌آوری اطلاعات است. در تهیه اطلاعات آنچه مهم است، تبدیل اطلاعات خام و عمومی به اطلاعات علمی و قابل استفاده در تحلیل‌های ایمنی است. مشاهدات کلی و تکراری را می‌توانیم به اطلاعات کارشناسی دقیق و قابل تجزیه تبدیل نماییم. به هر حال امروزه در خطوط هوایی ایران جمع‌آوری اطلاعات محدود به گزارشات انسانی از گروه خاص (گروه پرواز) و البته به شیوه سنتی است. واضح است با در نظر گرفتن مکانیزم ارسال و دریافت گزارش و همچنین روند قرار گرفتن داده‌های این گزارشات در چرخه سیستم‌های اطلاعاتی خطوط هوایی جهت اتخاذ سیستم و اقدام مناسب برای ایجاد اقدامات اصلاحی در مورد آنها نیازمند زمان طولانی است که غالباً نیز به دلیل زمان اقدامات و تصمیمات ماخوذه فاقد اثردهی مناسب است (اصفهانی، ۱۳۸۸). به دلیل این پیچیدگی‌ها، در مواقع بروز سانحه براساس مقررات بین‌المللی و در چارچوب دستورالعمل‌های استاندارد، گروه‌های مختلف تخصصی به منظور بررسی عوامل مختلف موثر در بروز سانحه تشکیل می‌شود. این گروه‌ها که ازورزیده‌ترین کارشناسان تشکیل می‌شوند، زیر نظر سازمان هواپیمایی آن کشور، وظیفه این بررسی‌ها را برعهده می‌گیرند. آنها، ابتدا با بررسی‌های کارشناسانه به جمع‌آوری اطلاعات پرداخته و سپس با دقت در اطلاعات بدست آمده، اقدام به طراحی فرضیه کرده و مستندات واقعی خویش را برپایه علمی استوار و با جمع‌بندی، علت بروز سانحه را تشخیص خواهند داد (Icao, 2013). شیوه‌های مختلف و متعددی برای بررسی و ارزیابی ریسک در صنایع مطرح و قابل بهره‌برداری است (Hegde & Rokseth, 2020). بر این مبنای، با نگرش به اهمیت و حساسیت صنعت هوانوردی و با توجه به تمامی شرایط موجود در کشور؛ این پژوهش، در پی پاسخ به این سؤال اساسی است که «بهترین روش ارزیابی ریسک در صنعت هواپیمایی کشور کدام است؟».

### پیشینه پژوهش

۱- جلالی و روح الهی (۱۳۹۶) به تحقیقی با عنوان شناسایی و اولویت‌بندی عوامل ایجاد ریسک پروازی در فرودگاه و مناطق اطراف آن پرداختند. یافته‌های تحقیق نشان داد که عوامل انسانی، نرم‌افزاری و سخت‌افزاری بر ایجاد ریسک عملیات هواپیما در فرودگاه و مناطق اطراف آن تأثیری مثبت و معنادار دارد و میزان تأثیرگذاری عوامل انسانی ۹۰٪، عوامل محیطی ۷۸٪، عوامل سخت‌افزاری ۶۹٪ و در نهایت عوامل نرم‌افزاری ۵۲٪ است.

۲- محمدی تودشگی (۱۳۹۶) به تحقیقی با عنوان نقش خطای بصری در سوانح هوایی در دهه ۸۰ و ارائه راهکارهای پیشگیرانه پرداختند. در پژوهش یادشده سعی شده است تا به برخی از نقاط ضعف سامانه بصری از دیدگاه فیزیولوژیکی و روانشناسی انسان بپردازد و ساختار موجود در نشان دهنده های هواپیماهای نهاجا موردبررسی قرار گرفته و درنهایت راهکاری در خصوص کاهش خطای بصری ارائه گردد. با مطالعه منابع علمی مختلف و بررسی پرونده سوانح هوایی؛ در جامعه آماری خلبانانی که دچار سانحه هوایی گردیده اند، خطای بصری بررسی شده و درنهایت با توجه به تجزیه و تحلیل و نتایج حاصله از آن این نتیجه حاصل گردید که به منظور کاهش خطای بصری، ضمن به روزرسانی سامانه های هشداردهنده هواپیماها، کادر پروازی با فیزیولوژی سامانه بصری آشنا شده و استفاده از سامانه های آموزشی مربوطه نسبت به کاهش خطای ادراکی خود کوشا باشند تا بتوانند خود را با محیط غیرمتعارف پرواز هماهنگ سازند تا سوانحی که علت آن خطای بصری است کاهش یابد.

۳- سنگانی و عباس پور (۱۳۹۴) به تحقیقی با عنوان کاربرد داده کاوی در داده های سوانح هوایی به منظور پیش بینی سطح خطرات پرداختند. داده های زیادی در صنعت هوانوردی وجود دارد این داده ها به شکلهای مختلفی مانند گزارش های خلبان، گزارش های واحد تعمیر و نگهداری هواپیما، گزارش های همجواری و گزارش های تاخیر ذخیره میشوند. این مقاله کاربرد داده کاوی در داده های حوادث هوایی به منظور پیش بینی سطح خطرات را بیان می کند. هر حادثه که به عنوان یک مشکل دیده میشود باید از آن جلوگیری شده و یا عواقبش را به حداقل برسانیم. در صنعت هوانوردی ما چندین کار مهم توسط روش های داده کاوی را می توانیم انجام دهیم. مانند پیش بینی پدیده های هواشناسی مثل مه و ابرهای ارتفاع پایین، پیش بینی همجواری های بالقوه و یا موقعیت های مشکل. هدف ما تولید یک مدل پیش بینی می باشد که قادر خواهد بود وقوع خطرات ممکن را از روی فاکتورهای ورودی مهم از دیتاست با بهترین دقت شناسایی کند. مدل ما بعدا برای کاهش تعداد همجواری هایی که نتایج مرگباری را به دنبال دارد استفاده می شود. در اینجا هدف ما پیدا کردن ویژگی های موثر به منظور کاهش دادن تعداد سوانح مرگ آور می باشد.

۴- شاد و جماعت (۱۳۹۳) به تحقیقی با عنوان ارزیابی و اولویت بندی موانع پروازی توسعه فرودگاه ها با تکنیک TOPSIS در GIS (مطالعه موردی: فرودگاه بیرجند) پرداختند. در این مقاله با توجه به ضوابط و استانداردهای ملی و بین المللی، پارامترهای دخیل در روند توسعه فرودگاه ها بررسی شده و اولویت باندهای موجود جهت تصمیم گیری های آتی ارزیابی می گردد. به این منظور، در فرودگاه مطالعاتی بیرجند وضعیت هر یک از باندهای

موجود از لحاظ مولفه‌هایی نظیر: توپوگرافی، پوشش گیاهی، هیدرولوژی، جهت باد، نزدیکی اراضی شهری، سیستم روشنایی، شیب و طول باند بررسی شده و الزامات مکانی مرتبط، در محیط سیستم اطلاعات مکانی (GIS) آماده سازی می‌شوند. سپس لایه‌های خروجی در چارچوبی هدفمند تلفیق شده و توسط روش تاپسیس اولویت هفت باند از باندهای موجود، در شش گام عملیاتی، تعیین می‌گردد. در نهایت، با در نظر گرفتن نتایج عددی به دست آمده و اطلاعات میدانی موجود، باند نمونه معین شده و جهات توسعه آتی فرودگاه مشخص می‌گردد. نتایج حاصل از مقایسه باندها در فرودگاه بیرجند مبین آنست که باند ۲۸ با رتبه ۰/۶۶ بهترین گزینه، باند ۰۸ با ارزش ۰/۲۴ بدترین آلترناتیو، امتداد شرقی مناسب‌ترین جهت و راستای جنوب غرب بدترین امتداد به منظور توسعه آتی فرودگاه هستند.

۵- درزی رامندی و رودباری (۱۳۹۷)، در پژوهشی با عنوان «شناسایی، دسته بندی و ارزیابی ریسک‌های آموزش خلبانی به روش آنالیز ایمنی شغلی»، به شناسایی، مستندسازی و رتبه بندی انواع ریسک‌های موجود در آموزش خلبانی و در حین پرواز پرداخته‌اند تا بدین وسیله بتوان با ارائه راهکاری مناسب، از هر نوع خطر در هنگام آموزش جلوگیری کرد. این مطالعه، از روش آنالیز ایمنی شغلی برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌های موجود یا بالقوه در آموزش خلبانی استفاده کرده و با استفاده از تکنیک پرسشنامه، خطرهای شناسایی شده را رتبه بندی کرده است. تجزیه و تحلیل مدل ارزیابی ریسک نشان داده است که، هر کدام از کارآموزان در پرواز و اساتید در آموزش یکسری نقاط ضعف دارند که باید برطرف شود که در پایان، راهکارهایی برای مقابله با این ریسک‌ها و کاهش آن‌ها ارائه شده است تا سازمان‌های مرتبط با پیاده سازی این روش ارزیابی ریسک، حوادث و خطرات موجود را کاهش دهند.

۶- اوبگو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی به علل هوایی خطاهای تصادف در خلبان و مهندسان هواپیما در نیجیریه پرداختند. در مجموع ۳۰۰ پرسشنامه برای خلبانان و مهندسان هواپیما اجرا شد. داده‌ها با استفاده از ترکیبی از تحلیل عاملی و رگرسیون چندگانه تجزیه و تحلیل شدند. متغیرهای استخراج شده پس از چرخش فاکتور نشان می‌دهد که سلامت عمومی (۷۸/۲۰ درصد) مهمترین علت خطا در بین مهندسان صنایع هوایی است. در مورد خلبانان، عدم تحریف (۷۹،۲۰٪) به عنوان مهمترین عامل هوایی پزشکی خطاها شناخته شده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که حوادث حمل و نقل هوایی و حوادث ناشی از

<sup>1</sup> Ubogu

خطاها می توانند در این عوامل هوایی ردیابی شوند. در این مقاله توصیه شده است که اجرای دقیق شرایط هوایی باید به متخصصان حمل و نقل هوایی به دستورالعمل های صدور مجوز و اعتبار سنجی اضافه شود تا حوادث و حوادث قابل ردیابی در برابر خطاها قابل کاهش به کمترین حد ممکن در صنعت حمل و نقل هوایی نیجریه باشد.

۷- اینسوا<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸) با عنوان حساسیت جایگاه صنعت هوانوردی در سطح حاکمیت کشورها به ارائه چارچوبی برای تصمیمات مدیریت ریسک در ایمنی هوانوردی در سطح دولتی پرداخته اند. این پژوهش که با روش مطالعه موردی انجام شده است، با هدف شناسایی بهترین پوتفولیو برای اتخاذ تصمیمات مدیریت ریسک در آژانس های حاکمیتی برای بهبود ایمنی هوانوردی کشورها انجام شده است. در پایان رویکردهایی مبتنی بر نمونه مورد مطالعه ارائه شده است.

۸- اونلوکال و یوکل<sup>۲</sup> (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان «بهره برداری از ارزیابی ریسک در بخش هوانوردی با کمک روش تاپسیس» از متغیرهای زبانی فازی و روش FMEA برای ارزیابی ریسک های فرایندهای تولیدی یک شرکت فعال در صنعت هوانوردی استفاده کرده اند. برای این منظور، عوامل ایجادکننده ریسک با کمک خبرگان شناسایی و وزن دهی شده اند. با توجه به شرایط خاص موضوع، در نهایت برای تعیین اولویت ریسک ها از روش تاپسیس استفاده شده است.

### روش شناسی پژوهش

این پژوهش از لحاظ نوع و ماهیت، کیفی و کمی است. زیرا محقق در این پژوهش به دنبال بررسی و توضیح سوانح هوایی، ریسک پذیری، مدل و تاثیر آن است. نحوه گردآوری اطلاعات از طریق منابع کتابخانه ای و مصاحبه و پرسشنامه (روش اسنادی) می باشد. براین اساس جامعه آماری این پژوهش خلبانان، مهندسین پرواز و تیم ایمنی پرواز هستند که بیش از ۱۵ سال از سابقه آن ها می گذرد. با توجه به اینکه این پژوهش یک پژوهش مبتنی بر نظرات خبرگان است و لازم است افراد نظردهنده به معنای واقعی اولاً خبره بوده و دوم اینکه دارای شناخت و آگاهی عمیق از حوزه مورد مطالعه باشند لذا تعداد ۱۰ نفر از خبرگان پروازی و اساتید دانشگاهی مرتبط با حوزه مورد مطالعه به عنوان نمونه آماری انتخاب شدند. روش نمونه گیری در این پژوهش، روش گلوله برفی بوده است.

با توجه به اینکه از ابزارهای تصمیم گیری چند معیاره به شیوه تاپسیس در این

<sup>1</sup> Insua

<sup>2</sup> ÜNLÜKAL & YÜCEL

پژوهش استفاده شده است، بر اساس مراجع معتبر علمی این حوزه؛ لازم است تعداد بین ۷ تا ۱۲ نفر در فرایند تکمیل اطلاعات و پرسشنامه‌ها مشارکت داشته باشند (مرادی و همکاران، ۱۴۰۰).

جهت روایی و اعتبار پرسشنامه در این پژوهش از روش اعتبار محتوا استفاده گردید که بدین منظور برای تهیه پرسشنامه و متغیرهای مورد نیاز برای هر کدام از عوامل، ابتدا منابع علمی مربوطه مورد مطالعه قرار گرفته و پس از تنظیم اولیه پرسشنامه، جهت تعیین اعتبار محتوای آن نیز از نظر تعداد ۵ نفر از اساتید صاحب نظر، نظرخواهی شد و پرسشنامه مورد تأیید آنها قرار گرفت. اهمیت روایی از آن جهت می باشد که، اندازه‌گیری‌های نامناسب و ناکافی می‌تواند هر پژوهش علمی را بی‌ارزش و ناروا سازد. روایی در اصل به صحت و درستی اندازه‌گیری محقق برمی‌گردد. در این تحقیق، روایی ابزار جمع‌آوری داده‌ها به روش دلفی تعیین شده است. به منظور اینکه پرسشنامه از روایی مناسبی برخوردار باشد، در طراحی سوالات مواردی نظیر ساختار پرسشنامه، استفاده از جملات قابل فهم و بدون ابهام مد نظر بوده است. با توجه به این اقدامات می‌توان گفت که پرسشنامه از روایی محتوای قابل قبولی برخوردار است. پایایی یا قابلیت اعتماد یکی از ویژگی‌های فنی ابزار اندازه‌گیری است. مفهوم یاد شده با این امر سروکار دارد که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی به دست می‌دهد. معمولاً دامنه ضریب قابلیت اعتماد از صفر (عدم ارتباط) تا ۱+ (ارتباط کامل) است. به منظور تعیین پایایی داده‌های جمع‌آوری شده از طریق پرسشنامه‌های مربوطه از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شده است. که پس از توزیع ۱۰ پرسشنامه در بین پاسخ‌دهندگان و جمع‌آوری آنها، محاسبه گردید. ضریب آلفای محاسبه شده از طریق نرم‌افزار SPSS، محاسبه گردیده است و عدد آن ۰/۸۷ است در واقع اگر این عدد بیشتر از ۰/۷ باشد می‌توان گفت که پرسشنامه فوق از پایایی کافی برخوردار می‌باشد.

### روش تحلیل داده‌ها (تکنیک تاپسیس)

روش تاپسیس یکی از تکنیک‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) است. در این روش تصمیم‌گیری تعدادی گزینه و تعدادی معیار برای تصمیم‌گیری وجود دارد که باید با توجه به معیارها، گزینه‌ها رتبه‌بندی شوند. فلسفه کلی روش تاپسیس این است که با استفاده از گزینه‌های موجود، دو گزینه فرضی تعریف می‌شوند. یکی از این گزینه‌ها مجموعه‌ای است از بهترین مقادیر مشاهده شده در ماتریس تصمیم‌گیری، این گزینه را اصطلاحاً ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) می‌نامیم. ضمن اینکه یک گزینه فرضی دیگر تعریف می‌شود که شامل بدترین حالت‌های ممکن باشد. این گزینه ایده‌آل منفی نام دارد.

معیارها می‌تواند دارای ماهیت مثبت یا منفی باشند، همچنین واحد اندازه‌گیری آنها نیز می‌تواند متفاوت باشد.

بعد از بدست آوردن معیارهای اولویت بندی روش‌های ارزیابی ریسک در این پژوهش که با کمک خبرگان نهایی شده است و عبارتند از:  
 بر طبق منطق روش تاپسیس (ماکویی، ۱۳۸۶)، گام‌های زیر برای اولویت‌بندی روش‌های ارزیابی ریسک طی خواهد شد:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم: که شامل یکسری معیارها و گزینه‌ها می‌باشد که در تحقیق به وسیله خبرگان و ادبیات تحقیق بدست آمده است. ماتریس تصمیم معیارها در ستون هستند و گزینه‌ها در سطر قرار خواهند گرفت. در این روش ماتریس تصمیم شامل  $m$  گزینه و  $n$  شاخص است.

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} X_1 & X_2 & & X_j & & X_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1j} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2j} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{ij} & \dots & X_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mj} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$A_i$ : گزینه  $i$ ام

$X_{ij}$ : مقدار عددی به دست آمده از گزینه  $i$ ام با شاخص  $j$ ام

۲- بی‌مقیاس (نرمالیزه) کردن ماتریس تصمیم: در این روش از رابطه ۱ برای نرمالیزه کردن استفاده می‌شود. این روش موسوم به روش برداری می‌باشد.

رابطه ۱: روش نرمالیزه‌سازی ماتریس تصمیم

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}}$$

۳- تعیین ماتریس بی‌مقیاس وزن دار: این گام با ضرب مقادیر وزن معیارها در ماتریس نرمالیزه شده استفاده می‌شود. لازم بذکر است که وزن معیارها با کمک میانگین وزن‌های ارائه شده برای معیارها از سوی خبرگان ارائه شده است.

۴- یافتن ایده آل مثبت و ضد ایده آل (ایده آل منفی): ایده آل مثبت ( $A^*$ ) از رابطه ۲ و ایده آل منفی ( $A^-$ ) از رابطه ۳ بدست می‌آید.

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J') \right\}$$

$$A^- = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

رابطه ۲: تعیین گزینه ایده‌آل مثبت

$$A^- = \left\{ (\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J) \right\}$$

رابطه ۳: تعیین گزینه ایده‌آل منفی

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

۵- محاسبه فاصله از گزینه‌های ایده‌آل و ضد ایده‌آل: در این گام فاصله اقلیدسی از گزینه ایده‌آل مثبت و منفی با کمک روابط ۴ و ۵ تعیین و با مقادیر  $S^*$  و  $S^-$  نام‌گذاری می‌شود.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}$$

رابطه ۴: تعیین فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

رابطه ۵: تعیین فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل منفی

۶- تعیین ضریبی که برابر است با فاصله از ایده‌آل منفی بر مجموع فاصله از ایده‌آل مثبت و منفی نشان داده که از رابطه ۶ محاسبه می‌شود. این ضریب را با  $C$  نشان می‌دهند.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$$

رابطه ۶: ضریب تعیین نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل

## یافته‌های پژوهش

به منظور اولویت بندی روش‌های ارزیابی ریسک از روش تاپسیس استفاده شد که در جدول ۱ علاوه بر درج نام روش‌های یاد شده که مبتنی بر مبانی نظری بوده (روش پرما، روش جی اسمیت، روش پی ام باک، روش پریست چارت، روش وایدمن، روش لیچ)، میانگین امتیاز خبرگان در هر یک از معیارهای اولویت‌بندی روش‌های یادشده در غالب ماتریس تصمیم موضوع پژوهش درج شده است.

لازم بذکر است که معیارهای مورد توافق خبرگان پژوهش برای اولویت‌بندی، چنانکه مشاهده می‌شود عبارتست از:

- ۱- در دسترس بودن اطلاعات (امکان فراهم کردن اطلاعات مورد نیاز)؛ ۲- آسانی و امکان استفاده راحت (آسان بودن)؛ ۳- سرعت بخشیدن به ارزیابی ریسک؛ ۴- عملی بودن؛ ۵- بهره‌وری روش؛ ۶- مطابق بودن با استانداردهای جهانی و ۷- امکان بازخورددهی به پروازهای آتی برای پیشگیری از سوانح

جدول ۱. ماتریس تصمیم اولیه تحقیق

امکان باز خورد دهی به پرواز های آتی برای پیشگیری از سوانح	مطابق بودن استانداردهای جهانی	بهره وری روش	عملی بودن	سرعت بخشیدن به ارزیابی ریسک	آسان بودن	در دسترس بودن اطلاعات	
7.1	7	5.7	7.1	7.5	8	8	روش پرما
6.4	6.2	6.2	6.2	5.6	5.9	5.9	روش جی اسمیت
6.6	7.5	8	8.8	8.5	8.5	8.5	روش پی ام باک
5.2	6.5	6	6	6	7	7.5	روش پریت چارت
5.9	5.5	6	7	6.5	6	5.5	روش وایدمن
5.9	8	8	8.8	7.5	7	8	روش آلارم
8.8	8.8	8.8	8.8	8	7.5	8	روش لیچ

جدول ۲ مقادیر نرمالیزه شده ماتریس تصمیم مساله پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۲. ماتریس بی‌مقیاس شده

امکان باز خورد دهی به پرواز های آتی برای پیشگیری از سوانح	مطابق بودن استانداردهای جهانی	بهره وری روش	عملی بودن	سرعت بخشیدن به ارزیابی ریسک	آسان بودن	در دسترس بودن اطلاعات	
0.376	0.347	0.288	0.335	0.361	0.384	0.377	روش پرما
0.339	0.307	0.314	0.293	0.270	0.283	0.278	روش جی اسمیت
0.349	0.372	0.405	0.416	0.410	0.408	0.401	روش پی ام باک
0.275	0.322	0.304	0.283	0.289	0.336	0.354	روش پریت چارت
0.312	0.273	0.304	0.331	0.313	0.288	0.259	روش وایدمن
0.312	0.397	0.405	0.416	0.361	0.336	0.377	روش آلام
0.466	0.436	0.445	0.416	0.386	0.360	0.377	روش لیچ

جدول ۳ فاصله گزینه‌ها (روش‌ها) از ایده‌آل مثبت و منفی را نشان می‌دهد. همچنین نتیجه

نهایی مربوط به ضریب فاصله نسبی از گزینه ایده‌آل برای هر یک از روش‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳. محاسبه اندازه فاصله از ایده‌آل مثبت و منفی

پرما	+	0.108712985
جی اسمیت	+	0.003147462
پی ام باک	+	0.064041672

پریت چارت	+	0.096361554
وایدمن	+	0.096192356
آلارم	+	0.066348556
لیچ	+	0.071289909
پروما	-	0.428709548
جی اسمیت	-	0.392921194
پی ام باک	-	0.427702678
پریت چارت	-	0.434584924
وایدمن	-	0.431113804
آلارم	-	0.420803365
لیچ	-	0.431067544

جدول. مقایسه ضریب فاصله نسبی از راه

#### حل ایده آل

اولویت	روشن	مقدار بدست آمده
p1	پروما	0.797714129
p2	جی اسمیت	0.925836639
p3	پی ام باک	0.599574094
p4	پریت چارت	0.181490146
p5	وایدمن	0.817577788
p6	آلارم	0.863803152
p7	لیچ	0.858089278

$$P^3 > P^4 > P^7 > P^5 > P^1 > P^2 > P^6$$

بر مبنای نتایج بالا، اولویت‌بندی روش‌های ارزیابی ریسک در صنعت هوانوردی به ترتیب به بدین صورت می‌باشد:

- ۱- روش پی‌ام‌باک به عنوان اولویت اول،
- ۲- روش پریت‌چارت به عنوان اولویت دوم،
- ۳- روش لیچ به عنوان اولویت سوم،
- ۴- روش وایدمن به عنوان اولویت چهارم،
- ۵- روش پروما به عنوان اولویت پنجم،
- ۶- روش جی‌اسمیت به عنوان اولویت ششم
- ۷- روش آلام به عنوان اولویت هفتم

### بحث و نتیجه‌گیری

در سوانح هوایی موضوعی که بحث اصلی محافل است، تعداد کشته و مجروحین آن سانحه است. توجه و سرمایه‌گذاری در این بخش نسبت مستقیم با نجات جان انسانها دارد. آنچه باعث می‌شود که این مسائل به چشم آید بحث خطرات این صنعت می‌باشد. مدیریت ریسک در تعریفی که سازمان بین‌المللی استاندارد- ایزو بیان نموده است به عنوان فعالیت‌های هماهنگ شده در جهت کنترل ریسک‌های سازمان می‌باشد و مدیریت ریسک سازمان به دنبال ایجاد برنامه‌هایی به منظور کاهش سطوح ریسک می‌باشد. آنالیز ریسک خطر که هسته اصلی مدیریت ریسک می‌باشد، بعد از شروع مطالعات ریسک و شناسایی عوامل بالقوه آسیب‌رسان به منظور تحلیل دقیق‌تر رویدادهای مخاطره‌آمیز و بررسی پیامدهای حاصل از آن تاثیر بسزایی در کنترل ریسک‌ها و کاهش عواقب و آثار آن دارد (Esfehani, 2008). در ادامه، نتایج حاصل از بررسی سؤالات پژوهش بیان می‌گردد:

بحث و بررسی سوال اصلی: اولویت‌بندی روش‌های ارزیابی ریسک کدام است؟  
 بررسی‌های پژوهشگر در منابع علمی معتبر و انتخاب سازوکار بهره‌بردار از شاخص‌ها در تعیین اولویت روش‌های ارزیابی ریسک نشان داد که در این مسئله با توجه به ماهیت و ذات تصمیم‌مربوطه که در آن تعداد متعددی شاخص‌درگیر مسئله می‌شوند، با استفاده از روش‌های سنتی، امکان اولویت‌بندی وجود ندارد. لذا لازم است که از تکنیک‌های توسعه‌یافته برای این منظور استفاده شود که در علم تصمیم‌گیری چند معیاره و زیرشاخه تصمیم‌گیری چند شاخصه مطرح می‌باشد لذا بعد از تعیین الویت معیارها به منظور تعیین الویت روش‌های ارزیابی مخاطره مبتنی بر نظرات خبرگان پرسشنامه‌ای طراحی شد و نتایج تحلیل پرسشنامه

مبتنی بر روش تاپسیس (topsis) نشان داد که مهمترین روشهای ارزیابی ریسک در هواپیماهای ترابری ایران به ترتیب الویت عبارت است از: روش پی ام باک، روش پریت چارت، روش لیچ، روش وایدمن، روش پروما، روش جی اسمیت، روش آلارم.

بحث و بررسی سوالات فرعی: ۱- چه روش هایی برای ارزیابی ریسک وجود دارد؟ نتایج مطالعه، روش های زیر را برای ارزیابی ریسک مطرح می نماید: روش پرما، روش پریت چارت، روش پی ام باک، جی اسمیت، روش لیچ، آلارم و وایدمن.

۲- چه معیارهایی برای روش های ارزیابی ریسک مهم است؟ معیارهای زیادی مطرح شده است که در این بین معیارهایی بر اساس نظرات خبرگان مورد انتخاب قرار گرفته اند این معیارها شامل (دسترس بودن اطلاعات، آسان بودن، سرعت بخشیدن به ارزیابی ریسک، عملی بودن، بهره وری روش، مطابق بودن با استانداردهای جهانی، امکان بازخوردهی به پروازهای آتی برای پیشگیری از سوانح) بودند.

۳- اولویت روش های ارزیابی ریسک از منظر خبرگان کدام است؟ با توجه به اولویت بندی این روش ها با روش تاپسیس نتایج حاصل نشان می دهد که به ترتیب روش پی ام باک به عنوان اولویت اول، روش پریت چارت به عنوان اولویت دوم، روش لیچ به عنوان اولویت سوم، روش وایدمن به عنوان اولویت چهارم، روش پروما به عنوان اولویت پنجم، روش جی اسمیت به عنوان اولویت ششم و روش آلارم به عنوان اولویت هفتم در ارزیابی روش های ریسک از منظر خبرگان می باشد.

در ادامه پیشنهادات زیر مطرح می گردد:

- پیشنهاد می شود که در پژوهش های دیگر، از سایر مدل های ترکیبی و از روش های دیگر غیر از تاپسیس استفاده شود تا مقایسه و ارزشیابی دقیقی در صنعت هوایی صورت گیرد.

- پیشنهاد می شود که میزان بهره وری حاصل از روش های ارزیابی ریسک توسط کارشناسان این حوزه در سازمان، شناسایی شود تا بر بهترین روش تمرکز یابیم، این امر باعث می شود که درک مناسبی از ریسک و ارزیابی آن صورت پذیرد.

- باید شرایطی فراهم گردد تا امکان بازخورد دهی به پروازهای آینده هواپیماهای نیرو وجود داشته باشد تا با توجه به نوع ریسک و درصد احتمال آن توسط کارشناسان متخصص سازمان، از سوانح، پیشگیری گردد.

- محققان می توانند در تحقیقات بعدی با رویکرد مقایسه ای در بین سایر خطوط هوایی، همین تحقیق را انجام دهند تا میزان ریسک و روش های ارزیابی ریسک در صنعت هوایی را در سایر خطوط هوایی به صورت مطالعه تطبیقی مقایسه کنند.

## منابع

- اصفهانی، سیدحسین (۱۳۸۸). ارزیابی ریسک با استفاده از روش علت - پیامد، ماهنامه اکتشاف و تولید نفت و گاز، پیاپی ۶۱، ۶۵-۶۳.
- جلالی، عبدالعلی؛ و روح‌الهی، احمدعلی (۱۳۹۶). شناسایی و اولویت بندی عوامل ایجاد ریسک پروازی در فرودگاه و مناطق اطراف، نشریه سلامت کار/ایران، شماره ۲، صص ۳۳-۴۲.
- چنگیزی، علی؛ و تورانی، حیدر (۱۴۰۰). واکاوی موانع و چالش‌های سیاستگذاری آموزشی حوزه حمل و نقل هوایی (مورد مطالعه: دانشکده صنعت هواپیمایی). سیاست نامه علم و فناوری، ۱۱(۱)، ۱۲۹-۱۳۹.
- حبیبی‌نیا، حسین؛ و دشتی، سولماز (۱۳۹۷). ارزیابی ریسک ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست بخش صنعت شرکت کشت و صنعت سلمان فارسی با استفاده از روش Delphi و مدل تلفیقی FMEA&TOPSIS. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۰(۱)، ۱۴۱-۱۵۶.
- درزی رامندی، محمد؛ و رودباری، علیرضا (۱۳۹۷). شناسایی، دسته بندی و ارزیابی ریسک های آموزش خلبانی به روش آنالیز ایمنی شغلی. مهندسی هوانوردی، ۲۰(۱)، ۶۲-۷۶.
- شاد، روزبه؛ سبزی علی جماعت، سعیده (۱۳۹۳). ارزیابی و اولویت‌بندی موانع پروازی توسعه فرودگاه‌ها با تکنیک TOPSIS (در GIS مطالعه موردی: فرودگاه بیرجند). فصلنامه مهندسی حمل و نقل، ۶(۱)، ۵۹-۸۲.
- ضرغامی، حمیدرضا؛ مرادی، مصطفی؛ رودباری، علیرضا؛ و لطفی، هادی (۱۴۰۰). ارائه و پیاده سازی الگوی تعیین نوع هواپیمای خلبانان مبتنی بر فاکتورهای انترپومتریک، نشریه علمی پژوهشی مهندسی هوانوردی، سال بیست و سوم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۰.
- فاضلی سنگانی، الیاس؛ و عباسپور، احمد (۱۳۹۴). کاربرد داده کاوی در داده های سوانح هوایی به منظور پیش بینی سطح خطرات، دومین کنفرانس بین المللی و سومین همایش ملی کاربرد فناوری های نوین در علوم مهندسی، مشهد.
- ماکویی، احمد (۱۳۸۶). تکنیک های تصمیم گیری، انتشارات مهر و ماه نو.
- محمدی تودشکی، محمد رضا (۱۳۹۶). نقش خطای بصری در سوانح هوایی نه‌جا در دهه ۸۰ و ارائه راهکارهای پیشگیرانه. علوم و فنون نظامی، ۱۳(۴۲)، ۱۱۳-۱۳۹.
- Andrew, J. (2003). Reliability analysis center is probabilistic risk assessment the answer. *The Journal Of The RAC, First Quarter*.
- Hegde, J., & Rokseth, B. (2020). Applications of machine learning methods for engineering risk assessment–A review. *Safety science*, 122, 104492.
- ICAO Annex19. Safety Management, ICAO publication, PP”APP 1-2. 2013.
- Insua, D. R., Alfaro, C., Gómez, J., Hernandez-Coronado, P., & Bernal, F. (2018). A framework for risk management decisions in aviation safety at state level. *Reliability Engineering & System Safety*, 179, 74-82.
- Ubogu, A. E., Adenigbo, A. J., & Akaaba, I. I. (2018). Aeromedical causes of accident errors among pilots and aircraft engineers in Nigeria. *Ghana Journal of Geography*, 10(2), 67-86.
- ÜNLÜKAL, C., & YÜCEL, M. (2021). Risk analysis application in aviation sector with intuitionistic fuzzy TOPSIS method. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (70), 97-111.