نشریه علمی- پژوهشی مهندسی هوانوردی
سال بیست و ششم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۳

شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر پیشگیری و مقابله با سوانح فرودگاهی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

علی صدری اصفهانی [*۱]، آفرین اخوان [۲]، محمد تقی سلطانی گردفرامرزی [۳]

۱- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران.

۲-دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران.

۳- کارشناس ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران.

(دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۷)

چکیده

سوانح فرودگاهی، یکی از مهمترین چالشهای صنعت هوانوردی است. هدف مقاله حاضر، شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر پیشگیری و مقابله با سوانح فرودگاهی (مطالعه موردی: فرودگاه بین المللی شهید صدوقی یزد) می‌باشد. این تحقیق از لحاظ هدف، کاربردی و از جهت نحوه گرداوری داده‌ها، توصیفی - پیمایشی است. جامعه آماری تحقیق، شامل کلیه خبرگان، اعم از مدیران و کارشناسان شاغل در فرودگاه بین المللی شهید صدوقی یزد می‌باشد. نمونه آماری این تحقیق شامل ۳۰ نفر از خبرگان است که به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب گردیدند. جهت گردآوری داده‌ها، از پرسشنامه محقق ساخته «مقایسات زوجی عوامل موثر بر پیشگیری و مقابله با سوانح فرودگاهی» استفاده شد که با استفاده از پیشینه و مبانی نظری، تحت نظارت خبرگان طراحی گردید. ۵ معیار عوامل انسانی، فنی، مدیریتی، پشتیبانی و فناوری و ۲۲ شاخص (زیرمعیار) شناسایی شد. برای وزن دهی به معیارها و شاخص‌ها و اولویت‌بندی آنها، از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که از میان عوامل اصلی، عامل فنی دارای بالاترین اولویت و بعد از آن عوامل انسانی، فناوری، پشتیبانی و مدیریتی می باشند. هم چنین از میان شاخص‌ها، اطمینان از سلامت فنی، آمادگی کارکنان در برابر حوادث و دانش و تحصیلات کارکنان، بالاترین اهمیت را در پیشگیری و مقابله با سوانح فرودگاهی دارا می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: *سوانح فرودگاهی، اولویت بندی، تحلیل سلسله مراتبی فازی، فرودگاه بین المللی شهید صدوقی یزد*

Identifying and prioritizing factors affecting on preventing and dealing with airport accidents using the fuzzy hierarchical analysis method

Ali Sadri Esfahani, Afarin Akhavan, Mohammad Taghi Soltani Gerdfaramarzi

Abstract

Airport accidents are one of the most important challenges in the aviation industry. The present research aims to identify and prioritize the factors affecting on preventing and dealing with airport accidents (case study: Shahid Sadoughi International Airport in Yazd). In this research, the method used by purpose is practical and is descriptive-survey in terms of data collection method. The statistical population of the research includes all managers and experts working at Shahid Sadoughi International Airport in Yazd. The statistical sample of this research includes 30 people, who were selected by the purposive sampling method. A researcher-made questionnaire named "Pairwise comparisons of factors affecting on preventing and dealing with airport accidents and accidents" was used to collect data. The paired comparisons questionnaire was designed using background and theoretical foundations under experts' supervision. 5 major criteria including, human factors, technical factors, managerial factors, support factors and technological factors as well as 22 indicators (minor criteria) were identified. Fuzzy analyzing hierarchical process (FAHP) has been used to weight the major criteria and indicators and to prioritize them. The results showed that among the major factors, the technical factor has the highest priority, followed by human, technological, support and managerial factors respectively. Also, among the indicators, ensuring the technical soundness, preparedness of employees against accidents and knowledge of employees have the greatest influence on preventing and dealing with airport accidents.

Key words: *Airport accidents, prioritization, fuzzy analyzing hierarchical process, Shahid Sadoughi International Airport in Yazd*

* نویسنده پاسخگو: علی صدری اصفهانی، تلفن: ۰۹۱۲۵۰۱۸۰۱۹، پست الکترونیک: ali.sadri@sau.ac.ir

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

مقدمه

اهمیت و جایگاه نقش حمل و نقل در ابعاد اقتصادی، سیاسی و اجتماعی جوامع امروزی بر کسی پوشیده نیست و حمل و نقل به عنوان یکی از پایه های اساسی توسعه متوازن محسوب می‌شود و کارآمدی و توانمندی آن، زمینه ساز توسعه پایدار و عدالت محور است [۱]. مسیرهای هوایی در دهه گذشته دچار تحولات شدیدی شده است و هواپیماها به پرکاربردترین وسیله حمل و نقل در سراسر جهان تبدیل شده-اند [۲]. صنعت هوانوردی به عنوان صنعت مادر و زیربنای توسعه اقتصادی کشور، در دهه‌های اخیر با تحولات زیادی همراه بوده است که همزمان با توسعه همه جانبه فناوری‌ها و روش‌های بهره‌برداری از خدمات آن، دائماً خطراتی نیز سلامت فعالیت‌های این حوزه را تهدید می‌نماید [۳]. ایمنی و قابلیت اطمینان در حمل و نقل، به ویژه در حمل و نقل هوایی، مسئله‌ای است که سال‌ها مورد نظر و تجزیه و تحلیل کارشناسان خبره بوده است. هر قدر از آمار سوانح فرودگاهی کاسته شود، نشان‌دهنده ارتقای ایمنی است. سوانح فرودگاهی شامل طیف گسترده‌ای از اتفاقات و حوادثی هستند که برای هواپیما در روی زمین یا آسمان اتفاق می‌افتد. شدت و تاثیر سانحه بسیار متفاوت است، از برخورد یک پرنده با هواپیما گرفته تا سقوط و انهدام کلی آن [۴]. کاهش سوانح فرودگاهی یکی از مهمترین کارها در حوزه حمل و نقل در قرن ۲۱ است [۵]. در صنعت هوانوردی به علت پرهزینه بودن امکانات و تجهیزات، هزینه‌های ناشی از تصادفات بسیار چشم گیر خواهد بود. بخش بزرگی از تصادفات و حوادث هوانوردی فرودگاه-هاست که توسط عوامل مختلف، رخ می‌دهد که با کنترل این حوادث و رفع و یا حداقل کردن هزینه‌های ناشی از آن، می‌توان در توسعه این صنعت نقش بسزایی ایفا کرد [۶].

بنابراین سانحه فرودگاهی هر چند کوچک دارای بعد و گستردگی ویژه‌ای بوده و در هیچ سانحه فرودگاهی صحبت از میزان خسارت به هواپیما نیست و موضوعی که بحث اصلی محافل است تعداد کشته و مجروحین آن سانحه است. سوانح فرودگاهی، معمولاً ترکیبی از عوامل خطای انسانی و فنی است که با تقدم و تأخر زمانی باعث تشدید حادثه می شوند. تشخیص این که کدامیک از این علل مقدمه بروز سایر عوامل گردیده است، موضوع بسیار پیچیده‌ای است که از رهگذر بررسی صدها اثر باقیمانده از سانحه، به علل آن پی برده می-شود. قضاوت زمانی دشوار است که آثار باقیمانده نتواند به طور مشخص یک فرضیه را اثبات کند و یا فرضیات مختلف با درجه نسبتاً مساوی طرح شود [۶].

نظر به اهمیت پیشگیری از حوادث و سوانح فرودگاهی، در این تحقیق به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر پیشگیری و مقابله با حوادث و سوانح فرودگاهی پرداخته شده است که از ره‌اورد آن می‌توان از بروز سوانح و رویدادهای جدی در محیط فرودگاهی جلوگیری به عمل آورد. لذا محققان در صدد پاسخ به این سوال هستند که عوامل موثر بر پیشگیری و مقابله با حوادث و سوانح فرودگاهی کدامند و اولویت‌های این عوامل به چه صورت است؟

در ادامه مقاله، به ترتیب مروری بر مبانی نظری و پیشینه تحقیق، روش پژوهش، تجزیه و تحلیل داده‌ها و بحث و نتیجه گیری، در قالب زیربخش‌های مجزا ارائه خواهد شد.

مروری بر مبانی نظری و پیشینه تحقیق

فرودگاه‌ها به عنوان محیط اصلی عملیات هواپیما، از بخش‌های عمده صنعت هوانوردی به حساب می‌آیند [۷]. طبق استانداردهای ایکائو، هر فرودگاهی که در آن پرواز حمل و نقل بین المللی صورت می‌پذیرد بایستی دارای نظام نامه مدیریت ایمنی و مدیریت ریسک باشد [۸]. خطرات آشکار و پنهان موجود در هر سیستم، مهم‌ترین عامل ایجاد سوانح و کاهش سطح ایمنی در آن سیستم است [۹].

عوامل انسانی مفهومی است که کلیه رفتار و عملکردهای افرادی که بطور مستقیم یا غیرمستقیم با یک فعالیت مرتبط هستند را در بر می‌گیرد. خطاهای انسانی ازجمله مباحثی هستند که در مدیریت نظری و علمی امروز به‌ویژه در صنعت هوایی، بخش قابل توجهی از وقت، بودجه و توجه صاحبنظران و مدیران را به خود اختصاص می‌دهند [۱۰]. سهم عوامل انسانی در بروز سوانح هوائی در دهه‌های اخیر افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است [۱۱]. علت این افزایش چشمگیر را می‌توان به پیشرفت‌های فوق‌العاده و کاربرد صنایع الکترونیک، کامپیوتر و سیستم‌های کنترل دقیق در هواپیماها نسبت داد، به طوری که این سیستم‌ها بخش اعظم نواقص و ایرادات فنی را که در گذشته باعث بروز سوانح هوائی می‌شده‌اند را برطرف نموده‌اند، ولی مدیریت و آموزش نیروی انسانی نتوانسته است همگام با این پیشرفت، به جلو برود. عوامل سخت‌افزاری (تجهیزات و

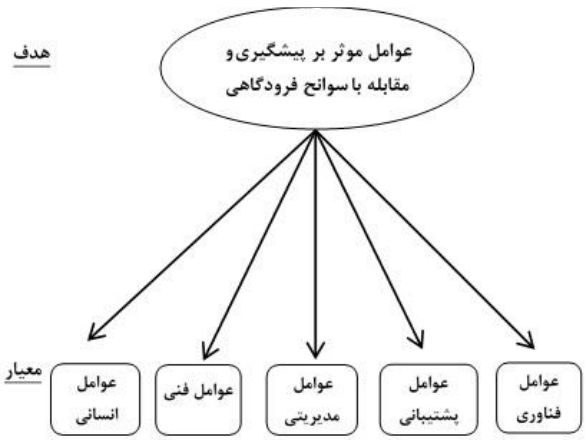
تسهیلات فرودگاهی، ارتباطی، کمک ناوبری و راداری) یکی دیگر از عواملی است که می‌تواند در بروز سوانح فرودگاهی نقش داشته باشد [۱۲]. هر چند تجهیزات و تسهیلات فرودگاهی مانند سیستم‌های ارتباطی و کمک ناوبری جزء لاینفک فرودگاه‌ها است، ولی در شرایط آب و هوائی نامناسب و دید کم و همچنین در فاصله زمانی غروب تا طلوع آفتاب و نیز در فرودگاه‌هائی که حجم ترافیک بالا است، هواپیماها فقط در صورتی مجاز به ورود و یا خروج از فرودگاه هستند که آن فرودگاه مجهز به سیستم‌های راداری و یا حداقل تجهیزات کمک ناوبری دقیق، قابل اعتماد و متناسب با نوع هواپیماها و موقعیت محلی فرودگاه باشد، با این حال عدم دقت و یا خرابی این سیستم‌ها خصوصا در شرایط ذکر شده می‌تواند باعث وقوع سوانح در نزدیکی فرودگاه‌ها شود [۱۳]. همچنین نقش عوامل محیطی از جمله موانع ثابت و متحرک اطراف فرودگاه، سطوح مناطق عملیاتی فرودگاه، اشیاء پراکنده شده در سطوح مختلف مناطق عملیاتی فرودگاه، ویژگی های محلی فرودگاه، ماهیت ترافیکی فرودگاه و ... در بروز حوادث و سوانح انکارناپذیر است.

واصلی خباز و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی به بررسی اثرات سن، خستگی، تجربه و آموزش بر خطای انسانی خلبانان در وقوع سوانح هوایی جهان پرداختند. با توجه به نتایج حاصل، بررسی کارآمدی قانون ۶۰ سال و ۶۵ سال برای بازنشستگی و جدایی خلبانان از پرواز امری ضروری است. اما مهم‌تر از آن، اهمیت بررسی موردی خلبانان مسن برای تاکید سلامت فیزیکی، فیزیولوژیکی، روحی و روانی آن‌هاست که می‌تواند محل قطع زنجیره ایمنی باشد[۱۴]. فهیمی خامنه و مروی‌نام (۱۳۹۸) در مقاله‌ای به بررسی تاثیرآموزش های چندرسانه‌ای در کاهش آسیب پذیری توان مدیریتی صنعت هوانوردی (مطالعه موردی سوانح و رویدادهای هوایی کشور) پرداختند. این تحقیق کاربردی با روش موردی– زمینه ای انجام شده و جامعه‌ی آماری تحقیق شامل تعداد ۳۶ نفر از اساتید و اعضاء هیئت علمی دانشکده پرواز دانشگاه هوایی شهید ستاری و کارشناسان بررسی سوانح هوایی می باشند. نتایج حاصله از این تحقیق حاکی از رابطه معناداری بین آموزش های چندرسانه ای و کاهش سوانح هوایی و در نهایت افزایش توان مدیریتی صنعت هوانوردی دارد[۱۵]. جلالی و روح الهی (۱۳۹۶) به تحقیقی تحت عنوان شناسایی و اولویت بندی عوامل ایجاد ریسک پروازی در فرودگاه و مناطق اطراف آن پرداختند. روش تحقیق توصیفی- پیمایشی است. ابزار اصلی گردآوری داده ها پرسشنامه می‌باشد. پرسشنامه دارای ۲۲ گویه و در قالب ۴ بُعد اصلی عوامل انسانی، محیطی، سخت‌افزاری و نرم افزاری طراحی شده است. جامعه آماری تحقیق کارکنان بخش هوانوردی – خلبانان و کارکنان مراقبت پرواز- فرودگاه های استان تهران به تعداد ۴۲۰ نفر بودند که بر اساس جدول مورگان تعداد ۲۰۱ نفر از آنها به عنوان نمونه اقدام به تکمیل پرسشنامه نمودند. جهت تحلیل داده‌ها از تکنیک مدل سازی معادلات ساختاری و نرم افزارهای SPSS۱۹ و لیزرل استفاده شده است. یافته های تحقیق نشان داد که میزان تاثیرگذاری عوامل انسانی ۰/۹۰، عوامل محیطی ۰/۷۸، عوامل سخت افزاری ۰/۶۹ و در نهایت عوامل نرم افزاری ۰/۵۲ می‌باشد[۳]. محمدخانلو و پوررمضانعلی (۱۴۰۰) در مقاله‌ای ضمن معرفی اجمالی عوامل تأثیرگذار در سوانح هوایی (انسان، ماشین و محیط) و آشنایی با عملکرد آنها و شناسایی عیوب پرتکرار و مخاطره‌آمیز، عیوب مشاهده‌شده را به تفکیک دسته‌بندی و درنها یت، تأثیر هریک از آنها به طور جداگانه مشخص نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین سهم سوانح بالگردی مربوط به عامل انسانی است. ایرادها و اشکالات فنی بالگرد و عوامل محیطی نیز می‌توانند نقش به سزایی در سوانح هوایی ایفا کنند. مهمترین دلیل ایجاد رویدادها و سوانح در خصوص نقص فنی مربوط به خستگی قطعات چرخنده بالگرد و مهمترین دلیل ایجاد سوانح در حوزه عوامل محیطی نیز مربوط به شرایط نامساعد جوی می‌باشد[۱۰]. محمدی تودشگی (۱۳۹۷) به تحقیقی تحت عنوان نقش خطای بصری در سوانح هوایی نهاجا در دهه ۸۰ و راهکار پیشگیری از آن پرداخت. در این مقاله سعی شده است تا به برخی از نقاط ضعف سامانه بصری از دیدگاه فیزیولوژیکی و روان شناسی انسان پرداخته شود و در نهایت 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 در نهایت 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 هشدار دهنده 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[۱۶]. عمرانی و همکاران (۲۰۲۴) در مقاله ای به بررسی چگونگی استفاده از تکنیک های یادگیری ماشینی (ML) برای شناسایی همبستگی ها و ارتباطات بین عوامل مختلف کمک کننده در سوانح هوایی پرداختند[۱۷]. وودمن و همکاران[۱] (۲۰۲۴) در مقاله‌ای میزان سوانح فرودگاهی، بر حسب نوع فرودگاه، نوع هواپیما، اندازه هواپیما، نرخ جابه‌جایی بار یا مسافر را مورد بررسی و تحلیل قرار دادند[۱۸]. کورکماز و همکاران[۲] (۲۰۲۳) در مقاله‌ای از طریق سیستمهای حمل و نقل هوشمند[۳] (ITS) به ارائه مدلی به منظور ارتقاء ایمنی فرودگاه پرداختند. مدل پیشنهادی، یک مدل پشتیبانی مدیریتی است، که می‌تواند به مدیران و تصمیم گیرندگان صنعت هوانوردی جهت درک مشکلات مربوط به ایمنی فرودگاهها کمک نماید[۱۹].

قصری و مغربی[۴] (۲۰۲۱) به تحقیقی تحت عنوان عوامل موثر بر ایمنی وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین: تجزیه و تحلیل داده های اکتشافی پس از وقوع حوادث و حوادث هواپیماهای بدون سرنشین در استرالیا پرداختند. یافته ها نشان داد که مسائل مربوط به تجهیزات و عدم هماهنگی بین فعالیت های هوایی دو دسته مهم از علل حوادث و سوانح هستند[۲۰]. سیوماتی و همکاران[۵] (۲۰۱۸) به تحقیقی تحت عنوان حوادث در فرودگاه ها و پیشگیری از آنها پرداختند. در این مقاله دانش جامعی در مورد سوانح مختلفی که در فرودگاه ها رخ می دهد و اقدامات پیشگیرانه آنها ارائه شده است[۲]. سوچا و همکاران[۶] (۲۰۱۴) به تحقیقی تحت عنوان بررسی و پیشگیری از حوادث هوایی پرداختند. آنها در مقاله خود علل بالقوه منجر به حوادث هوایی را در مراحل مختلف پرواز، طبقه بندی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که تمرکز بر مراحل پرواز به ویژه در آغاز (برخاست) و پایان (فرود) آن بسیار مهم است[۲۱]. ژیانفنگ و شنگو[۷] (۲۰۱۲) در تحقیقی به ارزیابی میزان ریسک ایمنی فرودگاهی بر اساس مدل کیفی سیستم مدیریت ایمنی پرداختند. در این تحقیق چهار عامل مدیریتی، محیطی، تسهیلات و تجهیزات به همراه عامل انسانی با رویکرد تحلیل سلسله مراتبی شبکه ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت[۲۲]. ژیالی و دکسین[۸] (۲۰۱۲) در پژوهشی به ارزیابی میزان ریسک در فرودگاه شهر نینیگچی چین با استفاده از فناوری ناوبری عملکرد محور پرداختند. در این تحقیق ابتدا با شناسایی ابعاد اصلی میزان ریسک، به تبیین شاخص‌های مرتبط اقدام گردید. بعد از تعیین ابعاد و شاخص‌های مرتبط، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به وزن‌دهی و اولویت بندی ریسک‌ها اقدام نمودند[۹].

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه سوانح و حوادث هوایی انجام شده است، اما در پژوهش های مذکور، به موضوع پیشگیری و مقابله با پیامدهای حوادث و سوانح فرودگاهی پرداخته نشده است. به عبارت دیگر نبود تحقیق با هدف "شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر پیشگیری و مقابله با حوادث و سوانح فرودگاهی" یک شکاف تحقیقاتی محسوب می‌شود. لذا، تحقیق حاضر با هدف پر کردن این شکاف شکل گرفته و نواوری پژوهش حاضر، از حیث پرداختن هم زمان به جنبه های مختلف حوادث و سوانح فرودگاهی و تحلیل چند بعدی (انسانی، فنی، مدیریتی، پشتیبانی و فناوری) و استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی[۹] (FAHP)، متفاوت از سایر آثار تحقیقات است. مدل مفهومی پژوهش حاضر، در شکل **۱** نشان داده شده است.



شکل ۱- مدل مفهومی پژوهش

روش پژوهش

پژوهش حاضر، از لحاظ هدف، کاربردی و از لحاظ روش، توصیفی پیمایشی می‌باشد. به منظور گردآوری اطلاعات و داده‌های پژوهش، از هر دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شد. به منظور جمع‌آوری پیشینه و مبانی نظری و همچنین شناسایی معیارها و شاخص‌ها از روش کتابخانه‌ای و به منظور گرداوری داده‌های اولیه از پرسشنامه محقق ساخته عوامل موثر

بر پیشگیری و مقابله با حوادث و سوانح فرودگاهی استفاده گردید. پرسشنامه مزبور شامل ۵ معیار و ۲۲ شاخص می‌باشد که در جدول **۱** آمده است. معیارهای اصلی با نماد C_i و زیرمعیارها با نماد S_{ij} نامگذاری شده‌اند.

جامعه آماری تحقیق حاضر کلیه‌ی خبرگان مرتبط با فرودگاه بین المللی شهید صدوقی یزد می‌باشد. روایی صوری کیفی پرسشنامه، مورد تایید ۱۰ نفر از اعضای هیات علمی و خبرگان متخصص در حوزه پژوهش قرار گرفت. همچنین برای ارزیابی صوری کمی از نظرات ۱۵ نفر از جامعه هدف، در رابطه با دشواری درک مفاهیم، ابهام و برداشت‌های ناروا، تناسب و ارتباط معیارها و شاخص‌ها در طیف لیکرتی استفاده شد و روایی صوری کمی، با امتیاز تاثیر بیش از ۱/۵ و توافق بیش از ۸۰ درصد تأیید شد. همچنین پایایی پرسشنامه با انجام یک مطالعه مقدماتی، از طریق آلفای کرونباخ و مقدار ۰/۸۹ تأیید گردید. نمونه آماری پژوهش، ۳۰ نفر از خبرگان جامعه آماری می‌باشند که به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. خبرگان بر اساس اشتغال در واحدهای مرتبط با حوادث از جمله مدیر کل، معاون عملیات هوانوردی، معاون عملیات فرودگاهی، معاون اجرایی، رئیس اداره برج مراقبت و کارشناسان برج، رئیس اداره الکترونیک، رئیس اداره ارتباطات و فناوری اطلاعات و کارشناسان، رئیس اداره آتش نشانی و هدایت زمینی هواپیما، سرشیفتهای اداره آتش نشانی، کارشناسان اداره آتش‌نشانی، رئیس اداره خدمات فرودگاهی و تسهیلات و تجهیزات و کارشناسان، روسای ایرلاین‌های مختلف (ایران ایر، آسمان، کیش ایر، ماهان و غیره)، با حداقل ۱۰ سال سابقه کار انتخاب شدند.

بر اساس معیارها و شاخص‌های شناسایی شده، پرسشنامه مقایسات زوجی تهیه و در اختیار خبرگان قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده گردید. فرایند تحلیل سلسله مراتبی، که به وسیله‌ی ساعتی۱۲ (۱۹۸۰) پیشنهاد شده است، یک روش منعطف و کمّی برای انتخاب از میان گزینه‌های مختلف است که بر اساس روابط کارکردی نسبت به یک یا چند شاخص مرتبط عمل می‌کند [۲۸و۲۹]. در مقایسات زوجی به دلیل اینکه فقط دو عامل را نسبت به هم می سنجد و به عوامل دیگر توجه ندارد، فرایند تصمیم‌گیری را منطقی می‌سازد [۳۰]. منطق فازی که در برابر منطق کلاسیک مطرح شد، ابزاری توانمند برای حل مسائل مربوط به سامانه های پیچیده ای به شمار می آید که در آنها مشکل یا مسائلی وابسته به استدلال، تصمیم گیری و استنباط بشری است. پدیده های واقعی تنها سیاه یا تنها سفید نیستند، بلکه تا اندازه ای خاکستری هستند . پدیده های واقعی همواره فازی، مبهم و غیر دقیق هستند [۳۱]. نظریه ی مجموعه های فازی، یک نظریه ریاضی طراحی شده برای مدل کردن ابهام فرآیندهای وابسته به دانش بشری است. تصمیم گیرنده می تواند آزادانه دامنه مقادیر مورد نظر را انتخاب کند؛ بنابراین، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی دامنه ای از مقادیر را برای بیان عدم قطعیت تصمیم گیرندگان، به کار می گیرد. در این روش برای مقایسه زوجی گزینه ها، از اعداد فازی و برای به دست آوردن وزن ها و برتریها از روش میانگین هندسی استفاده می شود[۳۱]. در اینجا به اختصار روش FAHP تشریح می‌شود.

در این پژوهش از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر آنالیز اندازه که مفهوم اعداد فازی مثلثی را به کار می‌برد، استفاده شده است. فرض کنید که $X = \{X_1, X_2, \dots\dots, X_n\}$ یک مجموعه شی و $U = \{U_1, U_2, \dots\dots, U_M\}$ یک مجموعه هدف باشد. با توجه به روش آنالیز اندازه، می‌توان هر شی را در نظر گرفت و آنالیز اندازه را به ترتیب برای هر هدف انجام داد. بنابراین، می‌توانیم m اندازه آنالیز ترکیبی را برای هر شیء به صورت رابطه (۱) به دست آوریم [۳۲].

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots M_{gi}^m \qquad i = 1,2, \dots, n \qquad (۱)$$

که همه M_{gi}^j اعداد فازی مثلثی هستند. با فرض این که $M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots\dots, M_{gi}^m$ ارزش آنالیز اندازه i امین شیء برای m هدف باشند، ارزش اندازه ترکیبی فازی i امین شیء (S_i) به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود[۳۲].

$$S_i = \sum_i^m M_{gi}^j \times [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1} \qquad (۲)$$

اجزای S_i از رابطه‌های (۳) و (۴) به دست می‌آید:

$$\sum_{i=1}^j M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \qquad (۳)$$

$$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m u_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^m m_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^m l_j} \qquad (۴)$$

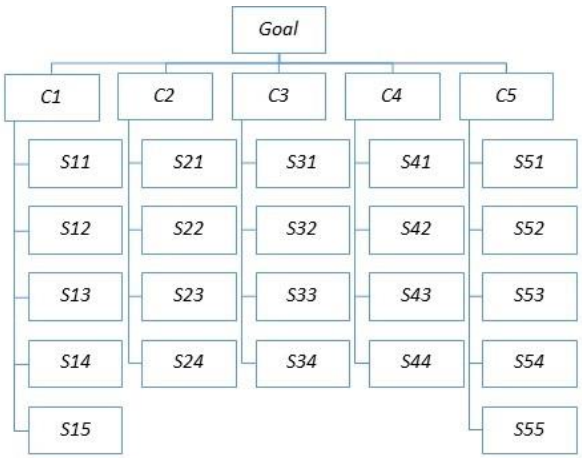
جدول ۱- معیارها و شاخص های پرسشنامه

معیار	شاخص‌ها	نماد	منابع
انسانی (C_1)	توانایی فنی کارکنان	S_{11}	جلالی و روح الهی [۳]، اسکندری و همکاران [۴]، فهیمی خامنه و مروی‌نام [۱۵] ، محمدی تودشگی [۱۶]، ژیانفنگ و شنگو [۲۲]، کریمی گوارشکی و همکاران [۲۳]، مروی نام و همکاران [۲۴]، چنگ چان و دانگ دانگ[۱۰] [۲۵]
	آمادگی کارکنان در برابر حوادث	S_{12}	جلالی و روح الهی [۳]، اسکندری و همکاران [۴]، فهیمی خامنه و مروی‌نام [۱۵] ، محمدی تودشگی [۱۶]، ژیانفنگ و شنگو [۲۲]، کریمی گوارشکی و همکاران [۲۳]، مروی نام و همکاران [۲۴]،چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، جو[۱۱] [۲۶]
	دانش و تحصیلات کارکنان	S_{13}	جلالی و روح الهی [۳]، اسکندری و همکاران [۴]، فهیمی خامنه و مروی‌نام [۱۵] ، محمدی تودشگی [۱۶]، ژیانفنگ و شنگو [۲۲]، کریمی گوارشکی و همکاران [۲۳]، مروی نام و همکاران [۲۴]،چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، جو [۲۶]
	تجربه و پیشینه کارکنان	S_{14}	جلالی و روح الهی [۳]، اسکندری و همکاران [۴]، فهیمی خامنه و مروی‌نام [۱۵] ، محمدی تودشگی [۱۶]، ژیانفنگ و شنگو [۲۲]، کریمی گوارشکی و همکاران [۲۳]، مروی نام و همکاران [۲۴]،چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، جو [۲۶]
	شایستگی فردی کارکنان	S_{15}	جلالی و روح الهی [۳]، اسکندری و همکاران [۴]، فهیمی خامنه و مروی‌نام [۱۵] ، محمدی تودشگی [۱۶]، ژیانفنگ و شنگو [۲۲]، کریمی گوارشکی و همکاران [۲۳]، مروی نام و همکاران [۲۴]،چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، جو [۲۶]
فنی (C_2)	بکارگیری تجهیزات فنی به‌روز	S_{21}	جلالی و روح الهی [۳]، اسکندری و همکاران [۴]، زنگویی و شیخ الاسلامی [۶]، قصری و مغربی [۲۰]، سوچا و همکاران [۲۱]، ژیانفنگ و شنگو [۲۲]، مروی نام و همکاران [۲۴]، چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]
	نگهداری و تعمیرات تجهیزات	S_{22}	سیوماتی و همکاران [۲]، جلالی و روح الهی [۳]، اسکندری و همکاران [۴]، زنگویی و شیخ الاسلامی [۶]، قصری و مغربی [۲۰]، سوچا و همکاران [۲۱]، ژیانفنگ و شنگو [۲۲]، مروی نام و همکاران [۲۴]،چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]
	اطمینان از سلامت فنی	S_{23}	جلالی و روح الهی [۳]، اسکندری و همکاران [۴]، زنگویی و شیخ الاسلامی [۶]، قصری و مغربی [۲۰]، سوچا و همکاران [۲۱]، ژیانفنگ و شنگو [۲۲]، مروی نام و همکاران [۲۴]، چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، امانی و همکاران [۲۷]
	پایش مداوم عوامل فنی	S_{24}	جلالی و روح الهی [۳]، اسکندری و همکاران [۴]، زنگویی و شیخ الاسلامی [۶]، قصری و مغربی [۲۰]، سوچا و همکاران [۲۱]، ژیانفنگ و شنگو [۲۲]، مروی نام و همکاران [۲۴]، چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، امانی و همکاران [۲۷]
مدیریتی (C_3)	مهارت‌های انسانی مدیران	S_{31}	فهیمی خامنه و مروی‌نام [۱۵]، چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، جو [۲۶]
	مهارت‌های فنی مدیران	S_{32}	فهیمی خامنه و مروی‌نام [۱۵]، چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، جو [۲۶]
	مهارت‌های ادراکی مدیران	S_{33}	فهیمی خامنه و مروی‌نام [۱۵]،محمدی تودشگی [۱۶]، چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، جو [۲۶]
	حرفه‌ای گرایی مدیریت سازمان	S_{34}	فهیمی خامنه و مروی‌نام [۱۵]، چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، جو [۲۶]
پشتیبانی (C_4)	به‌موقع بودن اقدامات حمایتی	S_{41}	جلالی و روح الهی [۳]، قصری و مغربی [۲۰]، سوچا و همکاران [۲۱]، مروی نام و همکاران [۲۴]
	ارائه سریع و به‌موقع پشتیبانی	S_{42}	جلالی و روح الهی [۳]، قصری و مغربی [۲۰]، سوچا و همکاران [۲۱]، مروی نام و همکاران [۲۴]
	افزایش ظرفیت در برابر حوادث	S_{43}	جلالی و روح الهی [۳]، قصری و مغربی [۲۰]، سوچا و همکاران [۲۱]، مروی نام و همکاران [۲۴]
	مهارت بالا در خدمات پشتیبانی	S_{44}	جلالی و روح الهی [۳]، قصری و مغربی [۲۰]، سوچا و همکاران [۲۱]، مروی نام و همکاران [۲۴]
فناوری (C_5)	استفاده از سخت‌افزارهای مناسب	S_{51}	جلالی و روح الهی [۳]، محمدی تودشگی [۱۶]، امانی و همکاران [۲۷]
	بکارگیری نرم‌افزارهای به‌روز و انعطاف‌پذیر	S_{52}	جلالی و روح الهی [۳]، محمدی تودشگی [۱۶]، مروی نام و همکاران [۲۴]
	اتوماسیون و عملیات مبتنی بر فناوری	S_{53}	جلالی و روح الهی [۳]، محمدی تودشگی [۱۶]، مروی نام و همکاران [۲۴]
	استقبال از فناوری‌های جدید	S_{54}	جلالی و روح الهی [۳]، محمدی تودشگی [۱۶]، مروی نام و همکاران [۲۴]
	یکپارچگی عملیات از طریق فناوری	S_{55}	جلالی و روح الهی [۳]، محمدی تودشگی [۱۶]،امانی و همکاران [۲۷]

در رابطه‌های (۳) و (۴)، l، m و u به ترتیب مولفه‌های اول تا سوم اعداد فازی مثلثی هستند. نخستین مرحله از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی مبتنی بر آنالیز اندازه، تصمیم‌گیری درباره اهمیت نسبی هر زوج از فاکتورها در یک سطح از سلسله مراتب است. با کاربرد اعداد فازی مثلثی از طریق مقایسات زوجی، ماتریس ارزیابی فازی $A = (a_{ij})_{n\times m}$ ایجاد می شود که $a_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$. برای به دست آوردن تخمین هایی از بردار وزن تحت هر معیار، باید اصل مقایسه اعداد فازی در نظر گرفته شود. در این تحقیق، فرایند تحلیل با استفاده از نرم افزار Expert Choice نسخه ۱۱ انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

همانطور که در بخش روش پژوهش بیان شد، برای تعیین اولویت عوامل پیشگیری و مقابله با حوادث و سوانح فرودگاهی از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده می‌شود. الگوی سلسله مراتبی تحقیق حاضر به صورت شکل **۲** می‌باشد.



شکل۲- الگوی سلسله‌مراتبی تحقیق

روند تحلیل به صورت زیر است:

۱- مقایسه زوجی معیارهای اصلی براساس هدف و تعیین وزن آنها.

۲- مقایسه زوجی شاخص‌های هر معیار و تعیین وزن آنها.

۳- ضرب وزن شاخص‌ها در وزن معیار اصلی مربوط.

برای مقایسه زوجی عناصر، مطابق جدول **۲**، از طیف فازی مقیاس نه درجه ساعتی استفاده شده است.

گام اول: در گام نخست عوامل اصلی براساس هدف بصورت زوجی مقایسه شده‌اند. مقایسه زوجی بسیار ساده است و تمامی عناصر هر خوشه باید به صورت دو به دو مقایسه شوند. بنابراین اگر در یک خوشه n عنصر وجود داشته باشد تعداد مقایسه‌های زوجی از رابطه (۵) بدست می‌آید:

$$\frac{n(n-1)}{2} \qquad (۵)$$

در این پژوهش چون پنج معیار وجود دارد ۱۰ مقایسه زوجی از دیدگاه خبرگان، بر اساس طیف نه درجه ساعتی انجام شده است. تجمیع دیدگاه خبرگان(F_{AGR}): برای تجمیع دیدگاه خبرگان از رابطه (۶) که در واقع، میانگین هندسی سه عدد فازی مثلثی می‌باشد، استفاده شده است[۳۲].

$$F_{AGR} = \left(\prod(l), \prod(m), \prod(u)\right) \qquad (۶)$$

در رابطه (۶)، l، m و u به ترتیب مولفه‌های اول تا سوم اعداد فازی مثلثی هستند. ماتریس مقایسه زوجی براساس میانگین هندسی فازی دیدگاه خبرگان تنظیم شده است که در جدول **۳** ارائه شده است.

پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی بدست آمده، بردار ویژه محاسبه گردیده است. بسط فازی هر سطر که با نماد $\tilde{S}_i$ نمایش می‌شود از رابطه (۷) محاسبه خواهد شد[۳۲]:

$$\tilde{S}_i = \left(\sum_{j=1}^{n} l_{ij}, \sum_{j=1}^{n} m_{ij}, \sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right) \qquad (۷)$$

در رابطه(۷)، l، m و u به ترتیب مولفه‌های اول تا سوم اعداد فازی مثلثی هستند. بسط فازی عناصر هر سطر در ادامه نشان داده شده است.

سپس جمع فازی مجموع عناصر ستون ترجیحات از رابطه (۸) محاسبه می‌شود[۳۲]:

$$\Sigma\tilde{S}_i = \left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} l_{ij}, \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} m_{ij}, \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right) \qquad (۸)$$

جدول ۲- طیف فازی معادل مقیاس نه درجه ساعتی در تکنیک AHP [۳۲]

عبارت کلامی وضعیت مقایسه i نسبت به j	معادل فازی	معادل فازی معکوس
ترجیح یکسان (Preferred Equally)	$(۱, ۱, ۱)$	$(۱, ۱, ۱)$
بینابین	$(۱, ۲, ۳)$	$\left(\frac{۱}{۳}, \frac{۱}{۲}, ۱\right)$
کمی مرجح (Preferred moderately)	$(۲, ۳, ۴)$	$\left(\frac{۱}{۴}, \frac{۱}{۳}, \frac{۱}{۲}\right)$
بینابین	$(۳, ۴, ۵)$	$\left(\frac{۱}{۵}, \frac{۱}{۴}, \frac{۱}{۳}\right)$
خیلی مرجح (Preferred Strongly)	$(۴, ۵, ۶)$	$\left(\frac{۱}{۶}, \frac{۱}{۵}, \frac{۱}{۴}\right)$
بینابین	$(۵, ۶, ۷)$	$\left(\frac{۱}{۷}, \frac{۱}{۶}, \frac{۱}{۵}\right)$
خیلی زیاد مرجح (very strongly Preferred)	$(۶, ۷, ۸)$	$\left(\frac{۱}{۸}, \frac{۱}{۷}, \frac{۱}{۶}\right)$
بینابین	$(۷, ۸, ۹)$	$\left(\frac{۱}{۹}, \frac{۱}{۸}, \frac{۱}{۷}\right)$
کاملاً مرجح (Extremely Preferred)	$(۹, ۹, ۹)$	$\left(\frac{۱}{۹}, \frac{۱}{۹}, \frac{۱}{۹}\right)$

جدول ۳ - ماتریس مقایسه زوجی عوامل اصلی پژوهش

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	$(۱,۱,۱)$	$(۱/۰۶,۱/۲۶,۱/۴۴)$	$(۱/۰۵,۱/۳۶,۱/۶۹)$	$(۱/۱۲,۱/۴۸,۱/۸۳)$	$(۰/۸۸,۱/۰۹,۱/۳۵)$
C_2	$(۰/۶۹,۰/۷۹,۰/۹۵)$	$(۱,۱,۱)$	$(۱/۴۹,۱/۹۳,۲/۴)$	$(۰/۵۷,۰/۶۶,۰/۷۸)$	$(۱/۷۷,۲/۲۱,۲/۶۸)$
C_3	$(۰/۵۹,۰/۷۳,۰/۹۵)$	$(۰/۴۲,۰/۵۲,۰/۶۷)$	$(۱,۱,۱)$	$(۰/۷۱,۰/۹۳,۱/۱۹)$	$(۰/۶۴,۰/۷۸,۱)$
C_4	$(۰/۵۵,۰/۶۸,۰/۸۹)$	$(۱/۲۹,۱/۵۱,۱/۷۴)$	$(۰/۸۴,۱/۰۸,۱/۴)$	$(۱,۱,۱)$	$(۰/۴۶,۰/۵۸,۰/۷۹)$
C_5	$(۰/۷۴,۰/۹۲,۱/۱۴)$	$(۰/۳۷,۰/۴۵,۰/۵۷)$	$(۱,۱/۲۸,۱/۵۷)$	$(۲/۱۵,۱/۷۱,۲/۱۵)$	$(۱,۱,۱)$

بسط فازی عناصر هر سطر به صورت زیر می‌باشد:

$$(۱,۱,۱)\oplus(۱/۰۶,۱/۲۶,۱/۴۴)\oplus(۱/۰۵,۱/۳۶,۱/۶۹)\oplus(۱/۱۲,۱/۴۸,۱/۸۳)\oplus(۰/۸۸,۱/۰۹,۱/۳۵) = (۵/۱۱,۶/۲,۷/۳۱)$$

$$(۰/۶۹,۰/۷۹,۰/۹۵)\oplus(۱,۱,۱)\oplus(۱/۴۹,۱/۹۳,۲/۴)\oplus(۰/۵۷,۰/۶۶,۰/۷۸)\oplus(۱/۷۷,۲/۲۱,۲/۶۸) = (۵/۵۳,۶/۵۹,۷/۸)$$

$$(۰/۵۹,۰/۷۳,۰/۹۵)\oplus(۰/۴۲,۰/۵۲,۰/۶۷)\oplus(۱,۱,۱)\oplus(۰/۷۱,۰/۹۳,۱/۱۹)\oplus(۰/۶۴,۰/۷۸,۱) = (۳/۳۶,۳/۹۶,۴/۸۱)$$

$$(۰/۵۵,۰/۶۸,۰/۸۹)\oplus(۱/۲۹,۱/۵۱,۱/۷۴)\oplus(۰/۸۴,۱/۰۸,۱/۴)\oplus(۱,۱,۱)\oplus(۰/۴۶,۰/۵۸,۰/۷۹) = (۴/۱۴,۴/۸۵,۵/۸۳)$$

$$(۰/۷۴,۰/۹۲,۱/۱۴)\oplus(۰/۳۷,۰/۴۵,۰/۵۷)\oplus(۱,۱/۲۸,۱/۵۷)\oplus(۲/۱۵,۱/۷۱,۲/۱۵)\oplus(۱,۱,۱) = (۵/۲۶,\ ۵/۳۶,۶/۴۳)$$

مجموع عناصر ستون ترجیحات عوامل اصلی به صورت رابطه (۹) خواهد بود:

$$\sum \tilde{S}_i = (۲۳.۴, ۲۶.۹۶, ۳۲.۱۸) \quad (۹)$$

برای محاسبه وزن نهایی هر معیار، باید مجموع مقادیر آن معیار بر مجموع تمامی ترجیحات (عناصر ستون) تقسیم شود. چون مقادیر فازی هستند بنابراین جمع فازی هر سطر در **معکوس مجموع** ضرب می‌شود. با توجه به نظریه فازی، معکوس یک عدد فازی مثلثی، از رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود.

$$if\ \tilde{F} = (l, m, u)\ then\ \tilde{F}^{-1} = \left(\frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l}\right) \quad (۱۰)$$

در رابطه(۱۰)، $\tilde{F}$ و $\tilde{F}^{-1}$ به ترتیب عدد فازی مثلثی و معکوس آن و l، m و u به ترتیب مولفه‌های اول تا سوم اعداد فازی مثلثی هستند. بر اساس رابطه (۹)، معکوس مجموع عناصر ستون ترجیحات عوامل اصلی، به صورت رابطه (۱۲) است[۳۲]:

$$\left(\sum \tilde{S}_i\right)^{-۱} = \left(\frac{۱}{\sum_{i=۱}^{n}\sum_{j=۱}^{n} u_{ij}}, \frac{۱}{\sum_{i=۱}^{n}\sum_{j=۱}^{n} m_{ij}}, \frac{۱}{\sum_{i=۱}^{n}\sum_{j=۱}^{n} l_{ij}}\right) \quad (۱۱)$$
$$= (۰.۰۳۱, ۰.۰۳۷, ۰.۰۴۳)$$

لذا وزن فازی نهایی عوامل اصلی، به صورت جدول ۴ خواهد بود:

جدول ۴- وزن نهایی فازی عوامل اصلی

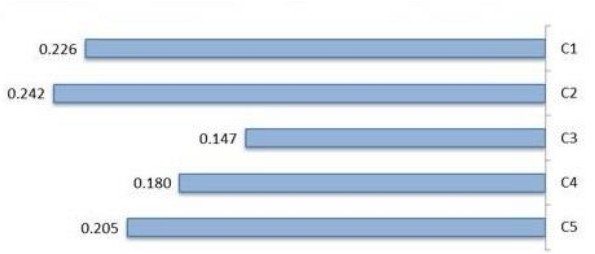
$\widetilde{W}_{C1} =$	(۰/۱۵۹,۰/۲۳,۰/۳۱۳)
$\widetilde{W}_{C2} =$	(۰/۱۷۲,۰/۲۴۵,۰/۳۳۳)
$\widetilde{W}_{C3} =$	(۰/۱۰۴,۰/۱۴۷,۰/۲۰۶)
$\widetilde{W}_{C4} =$	(۰/۱۲۹,۰/۱۸,۰/۲۴۹)
$\widetilde{W}_{C5} =$	(۰/۱۶۴,۰/۱۹۹,۰/۲۷۵)

فازی‌زدایی مقادیر

روش‌های متعددی برای فازی زدائی وجود دارد که در این مطالعه از روش مرکز سطح به صورت رابطه (۱۳) استفاده می‌شود [۳۳]:

$$DF_{ij} = \frac{\left[\left(u_{ij} - l_{ij}\right) + \left(m_{ij} - l_{ij}\right)\right]}{۳} + l_{ij} \quad (۱۳)$$

قابل ذکر است اوزان محاسبه شده غیرفازی است ولی باید نرمال شود. محاسبات انجام شده برای تعیین اولویت عوامل اصلی به صورت جدول **۵** است که به شماتیک در به صورت شکل **۳** نشان داده شده است:



شکل ۳- اولویت عوامل اصلی براساس هدف

جدول ۵- نتایج فازی‌زدایی اوزان عوامل اصلی

Normal	Deffuzy	
۰/۲۲۶	۰/۲۳۴	C_1
۰/۲۴۲	۰/۲۵۰	C_2
۰/۱۴۷	۰/۱۵۲	C_3
۰/۱۸۰	۰/۱۸۶	C_4
۰/۲۰۵	۰/۲۱۲	C_5

بر این اساس بردار ویژه اولویت عوامل اصلی به صورت (W_1) خواهد بود.

$$W_۱ = \begin{bmatrix} ۰/۲۲۶ \\ ۰/۲۴۲ \\ ۰/۱۴۷ \\ ۰/۱۸۰ \\ ۰/۲۰۵ \end{bmatrix}$$

براساس بردار ویژه بدست آمده:

- عوامل فنی با وزن ۰/۲۴۲ از بیشترین اهمیت برخوردار است.

- عوامل انسانی با وزن ۰/۲۲۶ در اولویت دوم است.
- عوامل فناوری با وزن ۰/۲۰۵ در اولویت سوم است.
- عوامل پشتیبانی با وزن ۰/۱۸۰ در اولویت چهارم است.
- عوامل مدیریتی با وزن ۰/۱۴۷ در اولویت پنجم است

نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۲۸ بدست آمده است که کوچکتر از ۰/۱ می‌باشد و بنابراین مقایسه‌های زوجی سازگار است.

گام دوم: در گام دوم از تکنیک FAHP شاخص‌های مربوط به هر کدام از عوامل اصلی بصورت زوجی مقایسه می‌شوند.

نتایج حاصل از مقایسات زوجی شاخص‌های معیار انسانی

شاخص‌های معیار انسانی عبارتند از: توانایی فنی کارکنان، آمادگی کارکنان در برابر حوادث، دانش و تحصیلات کارکنان، تجربه و پیشینه کارکنان، شایستگی فردی کارکنان. ماتریس تجمیع شده شاخص‌های معیار انسانی در جدول **۶** ارائه شده است.

براساس بردار ویژه بدست آمده:

- شاخص آمادگی کارکنان در برابر حوادث با وزن ۰/۳۴۰ از بیشترین اهمیت برخوردار است.
- شاخص دانش و تحصیلات کارکنان با وزن ۰/۳۳۹ در اولویت دوم است.
- شاخص توانایی فنی کارکنان با وزن ۰/۱۶۳ در اولویت سوم است.
- شاخص تجربه و پیشینه کارکنان با وزن ۰/۱۳۲ در اولویت چهارم است.
- شاخص شایستگی فردی کارکنان با وزن ۰/۱۲۱ در اولویت پنجم است.
- نرخ ناسازگاری نیز ۰/۰۴۶ بدست آمده است، بنابراین مقایسه‌های زوجی سازگار است.

نتایج حاصل از مقایسات زوجی شاخص‌های معیار فنی

شاخص‌های معیار فنی عبارتند از: بکارگیری تجهیزات فنی به‌روز، نگهداری و تعمیرات تجهیزات، اطمینان از سلامت فنی، پایش مداوم عوامل فنی. ماتریس تجمیع شده شاخص-های معیار فنی در جدول **۷** ارائه شده است.

براساس بردار ویژه بدست آمده:

- شاخص اطمینان از سلامت فنی با وزن ۰/۳۴۶ از بیشترین اهمیت برخوردار است.
- شاخص بکارگیری تجهیرات فنی به‌روز با وزن ۰/۲۷۶ در اولویت دوم است.
- شاخص نگهداری و تعمیرات تجهیزات با وزن ۰/۲۲۱ در اولویت سوم است.
- شاخص پایش مداوم عوامل فنی با وزن ۰/۱۵۷ در اولویت چهارم است.
- نرخ ناسازگاری نیز ۰/۰۷۶ بدست آمده است، بنابراین مقایسه‌های زوجی سازگار است.

نتایج حاصل از مقایسات زوجی شاخص‌های معیار مدیریتی

شاخص‌های معیار مدیریتی عبارتند از: مهارت‌های انسانی مدیران، مهارت‌های فنی مدیران، مهارت‌های ادراکی مدیران و حرفه‌ای گرایی مدیریت سازمان. ماتریس تجمیع شده شاخص‌های معیار مدیریتی در جدول **۸** ارائه شده است.

براساس بردار ویژه بدست آمده:

- شاخص مهارت‌های فنی مدیران با وزن ۰/۳۴۶ از بیشترین اهمیت برخوردار است.
- شاخص مهارت‌های انسانی مدیران با وزن ۰/۲۸۶ در اولویت دوم است.
- شاخص حرفه‌ای گرایی مدیریت سازمان با وزن ۰/۱۹۶ در اولویت سوم است.
- شاخص مهارت‌های ادراکی مدیران با وزن ۰/۱۷۳ در اولویت چهارم است.
- نرخ ناسازگاری ۰/۰۵۵ بدست آمده است که نشان می‌دهد مقایسه‌های زوجی سازگار است.

نتایج حاصل از مقایسات زوجی شاخص‌های معیار پشتیبانی

شاخص‌های معیار پشتیبانی عبارتند از: به‌موقع بودن اقدامات حمایتی، ارائه سریع و به‌موقع پشتیبانی، افزایش ظرفیت در برابر حوادث، مهارت بالا در خدمات پشتیبانی. ماتریس تجمیع شده شاخص‌های معیار پشتیبانی در جدول **۹** ارائه شده است.

جدول ۶- ماتریس تجمیع شده شاخص‌های معیار انسانی

	میانگین هندسی	وزن نهایی فازی	Deffuzy	Normal
S_{11}	(۴/۱۵,۴/۹۴,۵/۸۴)	(۰/۱۰۸,۰/۱۴۸,۰/۲۱۰)	۰/۱۵۵	۰/۱۶۳
S_{12}	(۸/۷,۱۰/۴,۱۲/۱۵)	(۰/۲۲۶,۰/۳۱۲,۰/۴۳۷)	۰/۳۲۵	۰/۳۴۰
S_{13}	(۸/۵۱,۱۰/۳۴,۱۲/۲۲)	(۰/۲۲۱,۰/۳۱۰,۰/۴۴۰)	۰/۳۲۴	۰/۳۳۹
S_{14}	(۳/۴۹,۴,۴/۶۶)	(۰/۰۹۱,۰/۱۲۰,۰/۱۶۸)	۰/۱۲۶	۰/۱۳۲
S_{15}	(۳/۳۱,۳/۶,۴/۲۴)	(۰/۰۸۶,۰/۱۰۸,۰/۱۵۳)	۰/۱۱۶	۰/۱۲۱
	(۲۸/۱۶,۳۳/۲۸,۳۹/۱۱)	مجموع عناصر ستون میانگین هندسی		
	(۰/۰۲۶,۰/۰۳,۰/۰۳۶)	معکوس مجموع		

جدول ۷- ماتریس تجمیع شده شاخص‌های معیار فنی

	میانگین هندسی	وزن نهایی فازی	Deffuzy	Normal
S_{21}	(۴/۲۸,۵/۰۹,۵/۹۸)	(۰/۱۹۷,۰/۲۷۵,۰/۳۸۳)	۰/۲۸۵	۰/۲۷۶
S_{22}	(۳/۴۴,۴/۰۶,۴/۷۷)	(۰/۱۵۸,۰/۲۱۹,۰/۳۰۵)	۰/۲۲۸	۰/۲۲۱
S_{23}	(۵/۳۸,۶/۳۵,۷/۵)	(۰.۲۴۷,۰/۳۴۳,۰/۴۸۰)	۰/۳۵۷	۰/۳۴۶
S_{24}	(۲/۵۶,۲/۸۹,۳/۳)	(۰/۱۱۸,۰/۱۵۶,۰/۲۱۱)	۰/۱۶۲	۰/۱۵۷
	(۱۵/۶۶,۱۸/۳۹,۲۱/۵۵)	مجموع عناصر ستون میانگین هندسی		
	(۰.۰۴۶,۰/۰۵۴,۰/۰۶۴)	معکوس مجموع		

جدول ۸- ماتریس تجمیع شده شاخص‌های معیار مدیریتی

	میانگین هندسی	وزن نهایی فازی	Deffuzy	Normal
S_{31}	(۴/۴,۵/۰۹,۵/۸۶)	(۰/۲۲۰,۰/۲۸۵,۰/۳۶۹)	۰/۲۹۱	۰/۲۸۶
S_{32}	(۵/۴۶,۶/۱۷,۶/۹۹)	(۰/۲۷۳,۰/۳۴۶,۰/۴۴۰)	۰/۳۵۳	۰/۳۴۶
S_{33}	(۲/۸۶,۳/۱,۳/۳۶)	(۰/۱۴۳,۰/۱۷۴,۰/۲۱۲)	۰/۱۷۶	۰/۱۷۳
S_{34}	(۳/۰۵,۳/۴۴,۴/۰۲)	(۰/۱۵۳,۰/۱۹۳,۰/۲۵۳)	۰/۱۹۹	۰/۱۹۶
	(۱۵/۷۷,۱۷/۸۰,۲۰/۲۳)	مجموع عناصر ستون میانگین هندسی		
	(۰/۰۴۹,۰/۰۵۶,۰/۰۶۳)	معکوس مجموع		

جدول ۹- ماتریس تجمیع شده شاخص‌های معیار پشتیبانی

	میانگین هندسی	وزن نهایی فازی	Deffuzy	Normal
S_{41}	(۳/۶۲,۴/۱۱,۴/۶۶)	(۰/۱۸۱,۰/۲۲۶,۰/۲۹۴)	۰/۲۳۴	۰/۲۲۷
S_{42}	(۶/۳۵,۷/۲۵,۸/۲۱)	(۰/۳۱۸,۰/۳۹۹,۰/۵۱۷)	۰/۴۱۱	۰/۳۹۹
S_{43}	(۲/۸۲,۳/۰۸,۳/۴)	(۰/۱۴۱,۰/۱۶۹,۰/۲۱۴)	۰/۱۷۵	۰/۱۷۰
S_{44}	(۳/۳,۳/۷,۴/۲۳)	(۰/۱۶۵,۰/۲۰۴,۰/۲۶۶)	۰/۲۱۲	۰/۲۰۵
	(۱۶/۰۹,۱۸/۱۴,۲۰/۵۰)	مجموع عناصر ستون میانگین هندسی		
	(۰/۰۴۹,۰/۰۵۵,۰/۰۶۲)	معکوس مجموع		

براساس بردار ویژه بدست آمده:

- شاخص ارائه سریع و به‌موقع پشتیبانی با وزن ۰/۳۹۹ از بیشترین اهمیت برخوردار است.
- شاخص به‌موقع بودن اقدامات حمایتی با وزن ۰/۲۲۷ در اولویت دوم است.
- شاخص مهارت بالا در خدمات پشتیبانی با وزن ۰/۲۰۵ در اولویت سوم است.
- شاخص افزایش ظرفیت در برابر حوادث با وزن ۰/۱۷۰ در اولویت چهارم است.
- نرخ ناسازگاری ۰/۰۵۲ بدست آمده است که نشان می‌دهد مقایسه‌های زوجی سازگار است.

نتایج حاصل از مقایسات زوجی شاخص‌های معیار فناوری

شاخص‌های معیار فناوری عبارتند از: استفاده از سخت‌افزارهای مناسب، بکارگیری نرم‌افزارهای به‌روز و انعطاف‌پذیر، اتوماسیون و عملیات مبتنی بر فناوری، استقبال از فناوری‌های جدید، یکپارچگی عملیات از طریق فناوری. ماتریس تجمیع شده شاخص‌های معیار فناوری در جدول **۱۰** ارائه شده است.

براساس بردار ویژه بدست آمده:

- شاخص استفاده از سخت‌افزارهای مناسب با وزن ۰/۳۱۳ از بیشترین اهمیت برخوردار است.
- شاخص اتوماسیون و عملیات مبتنی بر فناوری با وزن ۰/۲۰۱ در اولویت دوم است.
- شاخص بکارگیری نرم‌افزارهای به‌روز و انعطاف‌پذیر با وزن ۰/۱۹۷در اولویت سوم است.
- شاخص یکپارچگی عملیات از طریق فناوری با وزن ۰/۱۶۰در اولویت چهارم است.
- شاخص استقبال از فناوری‌های جدید با وزن ۰/۱۲۸ در اولویت پنجم است.
- نرخ ناسازگاری نیز ۰/۰۴۴ بدست آمده است، بنابراین مقایسه‌های زوجی سازگار است.

تعیین اولویت نهائی عوامل پیشگیری و مقابله با حوادث و سوانح فرودگاهی

برای تعیین اولویت نهائی عوامل پیشگیری و مقابله با حوادث و سوانح فرودگاهی با استفاده از تکنیک FAHP کافیست وزن شاخص‌ها در وزن معیارهای اصلی ضرب شود. هریک از این ماتریس‌ها در جداول پیشین محاسبه شده است. با استفاده از مقادیر قطعی، اولویت نهائی شاخص‌ها محاسبه شده است. نتایج محاسبه انجام شده و اوزان مربوط به شاخص‌ها در جدول **۱۱** آمده است:

بنابراین با توجه به محاسبات انجام شده، اطمینان از سلامت فنی از بیشترین اهمیت برخوردار است. آمادگی کارکنان در برابر حوادث در اولویت دوم است. دانش و تحصیلات کارکنان سومین رکن مهم پیشگیری از حوادث فرودگاهی است. شاخص‌های بکارگیری تجهیزات فنی به‌روز، ارائه سریع و به‌موقع پشتیبانی و استفاده از سخت‌افزارهای مناسب نیز در اولویت‌های بعدی قرار دارند. لازم به ذکر است وزن نهایی برخی از شاخص‌ها بسیار نزدیک به هم هستند که می‌توان آنها را تقریباً دارای اهمیت یکسان قلمداد نمود.

جدول ۱۰- ماتریس تجمیع شده شاخص‌های معیار فناوری

	Normal	Deffuzy	وزن نهایی فازی	میانگین هندسی	
S_{51}	۰/۳۱۳	۰/۳۲۶	(۰/۲۱۵ ,۰/۳۱۱ ,۰/۴۵۰)	(۷/۴۲ ,۹/۱۶ ,۱۰/۹۸)	
S_{52}	۰/۱۹۷	۰/۲۰۵	(۰/۱۴۲ ,۰/۱۹۶ ,۰/۲۷۸)	(۴/۸۸ ,۵/۷۵ ,۶/۷۹)	
S_{53}	۰/۲۰۱	۰/۲۰۹	(۰/۱۴۱ ,۰/۱۹۹ ,۰/۲۸۸)	(۴/۸۶ ,۵/۸۶ ,۷/۰۲)	
S_{54}	۰/۱۲۸	۰/۱۳۴	(۰/۰۹۴ ,۰/۱۲۶ ,۰/۱۸۰)	(۳/۲۳ ,۳/۷۲ ,۴/۴)	
S_{55}	۰/۱۶۰	۰/۱۶۶	(۰/۱۱۸ ,۰/۱۵۴ ,۰/۲۲۶)	(۴/۰۷ ,۴/۵۳ ,۵/۵)	
			مجموع عناصر ستون میانگین هندسی	(۲۴/۴۶ ,۲۹/۰۲ ,۳۴/۶۹)	
			معکوس مجموع	(۰/۰۲۹ ,۰/۰۳۴ ,۰/۰۴۱)	

جدول ۱۱- اولویت نهایی شاخص‌های پیشگیری از حوادث فرودگاهی

عوامل اصلی	وزن		شاخص‌های پیشگیری از حوادث فرودگاهی	وزن اولیه	وزن نهایی	رتبه
انسانی	۰/۲۲۶	S_{11}	توانایی فنی کارکنان	۰/۱۶۳	۰/۰۳۷	۱۵
		S_{12}	آمادگی کارکنان در برابر حوادث	۰/۳۴۰	۰/۰۷۷	۲
		S_{13}	دانش و تحصیلات کارکنان	۰/۳۳۹	۰/۰۷۶	۳
		S_{14}	تجربه و پیشینه کارکنان	۰/۱۳۲	۰/۰۳	۱۸
		S_{15}	شایستگی فردی کارکنان	۰/۱۲۱	۰/۰۲۷	۲۲
فنی	۰/۲۴۲	S_{21}	بکارگیری تجهیزات فنی به‌روز	۰/۲۷۶	۰/۰۶۷	۴
		S_{22}	نگهداری و تعمیرات تجهیزات	۰/۲۲۱	۰/۰۵۳	۷
		S_{23}	اطمینان از سلامت فنی	۰/۳۴۶	۰/۰۸۴	۱
		S_{24}	پایش مداوم عوامل فنی	۰/۱۵۷	۰/۰۳۸	۱۴
مدیریتی	۰/۱۴۷	S_{31}	مهارت‌های انسانی مدیران	۰/۲۸۶	۰/۰۴۲	۱۰
		S_{32}	مهارت‌های فنی مدیران	۰/۳۴۶	۰/۰۵۱	۸
		S_{33}	مهارت‌های ادراکی مدیران	۰/۱۷۳	۰/۰۲۵	۲۱
		S_{34}	حرفه‌ای گرایی مدیریت سازمان	۰/۱۹۶	۰/۰۲۹	۱۹
پشتیبانی	۰/۱۸۰	S_{41}	به‌موقع بودن اقدامات حمایتی	۰/۲۲۷	۰/۰۴۳	۹
		S_{42}	ارائه سریع و به‌موقع پشتیبانی	۰/۳۹۹	۰/۰۶۵	۵
		S_{43}	افزایش ظرفیت در برابر حوادث	۰/۱۷۰	۰/۰۳۴	۱۶
		S_{44}	مهارت بالا در خدمات پشتیبانی	۰/۲۰۵	۰/۰۳۹	۱۳
فناوری	۰/۲۰۵	S_{51}	استفاده از سخت‌افزارهای مناسب	۰/۳۱۳	۰/۰۶۴	۶
		S_{52}	بکارگیری نرم‌افزارهای به‌روز و انعطاف‌پذیر	۰/۱۹۷	۰/۰۴۰	۱۲
		S_{53}	اتوماسیون و عملیات مبتنی بر فناوری	۰/۲۰۱	۰/۰۴۱	۱۱
		S_{54}	استقبال از فناوری‌های جدید	۰/۱۲۸	۰/۰۲۶	۲۰
		S_{55}	یکپارچگی عملیات از طریق فناوری	۰/۱۶	۰/۰۳۳	۱۷

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در تحقیقات پیشین به"شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر پیشگیری و مقابله با حوادث و سوانح فرودگاهی" پرداخته نشده بود، لذا می‌توان نواوری پژوهش حاضر را پرداختن هم زمان به جنبه های مختلف حوادث و سوانح فرودگاهی و تحلیل چند بعدی (انسانی، فنی، مدیریتی، پشتیبانی و فناوری) و استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی۲ (FAHP)، بیان نمود. در این پژوهش ابتدا معیارهای اصلی مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که عوامل فنی با وزن ۰/۲۴۲ اولویت اول، عوامل انسانی با وزن ۰/۲۲۶ اولویت دوم، عوامل فناوری با وزن ۰/۲۰۵ اولویت سوم، عوامل پشتیبانی با وزن ۰/۱۸۰ اولویت چهارم، عوامل مدیریتی با وزن ۰/۱۴۷ اولویت پنجم را به خود اختصاص دادند. از عوامل انسانی شاخص آمادگی کارکنان در برابر حوادث با وزن ۰/۳۴۰ از بیشترین اهمیت، شاخص دانش و تحصیلات کارکنان با وزن ۰/۳۳۹ در اولویت دوم، شاخص توانایی فنی کارکنان با وزن ۰/۱۶۳ در اولویت سوم، شاخص تجربه و پیشینه کارکنان با وزن ۰/۱۳۲ در اولویت چهارم، شاخص شایستگی فردی کارکنان با وزن ۰/۱۲۱ در اولویت پنجم قرار گرفتند؛ از عوامل فنی شاخص اطمینان از سلامت فنی با وزن ۰/۳۴۶ اولویت اول، شاخص بکارگیری تجهیزات فنی به‌روز با وزن ۰/۲۷۶ اولویت دوم، شاخص نگهداری و تعمیرات تجهیزات با وزن ۰/۲۲۱ اولویت سوم، شاخص پایش مداوم عوامل فنی با وزن ۰/۱۵۷ اولویت چهارم می‌باشد. در بین عوامل مدیریتی شاخص مهارت‌های فنی مدیران با وزن ۰/۳۴۶ از بیشترین اهمیت، شاخص مهارت‌های انسانی مدیران با وزن ۰/۲۸۶ در اولویت دوم، شاخص حرفه‌ای گرایی مدیریت سازمان با وزن ۰/۱۹۶ در اولویت سوم، شاخص مهارت‌های

ادراکی مدیران با وزن ۰/۱۷۳ در اولویت چهارم قرار دارند. از عوامل پشتیبانی شاخص ارائه سریع و به‌موقع پشتیبانی با وزن ۰/۳۹۹ بیشترین اهمیت، شاخص به‌موقع بودن اقدامات حمایتی با وزن ۰/۲۲۷ اولویت دوم، شاخص مهارت بالا در خدمات پشتیبانی با وزن ۰/۲۰۵ اولویت سوم، شاخص افزایش ظرفیت در برابر حوادث با وزن ۰/۱۷۰ اولویت چهارم را دارا بودند. در بین عوامل فناوری شاخص استفاده از سخت‌افزارهای مناسب با وزن ۰/۳۱۳ در اولویت اول، شاخص اتوماسیون و عملیات مبتنی بر فناوری با وزن ۰/۲۰۱ در اولویت دوم، شاخص بکارگیری نرم‌افزارهای به‌روز و انعطاف‌پذیر با وزن ۰/۱۹۷ در اولویت سوم، شاخص یکپارچگی عملیات از طریق فناوری با وزن ۰/۱۶ در اولویت چهارم، شاخص استقبال از فناوری‌های جدید با وزن ۰/۱۲۸ در اولویت پنجم قرار دارند. با توجه به محاسبات انجام شده وزن نهائی هریک از شاخص‌ها، با تکنیک AHP فازی، اطمینان از سلامت فنی از بیشترین اهمیت، آمادگی کارکنان در برابر حوادث در اولویت دوم، دانش و تحصیلات کارکنان سومین رکن مهم پیشگیری از حوادث فرودگاهی تعیین گردید. همچنین شاخص‌های بکارگیری تجهیزات فنی به‌روز و به‌موقع بودن اقدامات حمایتی و استفاده از سخت‌افزارهای مناسب در رده های بعدی قرار دارند. نتایج حاصل از تحقیق با تحقیقات سیوماتی و همکاران[۲]، جلالی و روح الهی [۳]، اسکندری و همکاران[۴]، واصلی خباز و همکاران [۱۴]، فهیمی خامنه و مروی‌نام [۱۵]، محمدی تودشگی [۱۶]، قصری و مغربی [۲۰]، سوچا و همکاران [۲۱]، ژیانفنگ و شنگو [۲۲]، کریمی گوارشکی و همکاران [۲۳]، مروی نام و همکاران [۲۴]، چنگ چان و دانگ دانگ [۲۵]، جو [۲۶] هم خوانی دارد.

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد نقش عوامل انسانی و فنی در پیشگیری از حوادث فرودگاهی غیر قابل انکار است. بر این اساس، پیاده‌سازی طرحی جامع برای کاهش حوادث فرودگاهی، با محوریت منابع انسانی ضروری به نظر می‌رسد. به بیانی دیگر، نقش انسان بایستی با تمام پیچیدگی‌هایش پذیرفته و ضمن دقت در کلیه فرایندهای مرتبط با منابع انسانی از جمله، گزینش، استخدام، تربیت و آموزش، به‌کارگیری، ارتقاء و ... در جهت جبران خدمات و رضایت شغلی وی تلاش شود. همچنین هماهنگی‌های ستادی و عملیاتی به منظور دستیابی به دستورالعمل‌های به روز و برابر با آخرین اصلاحات انجام شده توسط سازمان بین‌المللی هواپیمایی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. با توجه به اینکه محیط مورد مطالعه تحقیق حاضر، فرودگاه بین المللی شهید صدوقی یزد می‌باشد، پیشنهاد می‌شود تحقیقی مشابه در دیگر فرودگاهها انجام و نتایج با تحقیق حاضر مقایسه و تعمیم‌پذیری نتایج بررسی گردد. همچنین با توجه به روابط متقابل برخی شاخص‌ها پیشنهاد می‌شود، از مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای[۱۳] (ANP) اولویت بندی انجام و نتایج مقایسه گردد.

پی نوشت‌ها

1 Woodman et al.
2 Korkmaz et al.
3 Intelligent Transportation Systems
4 Ghasri, & Maghrebi
5 Sumathi et al.
6 Socha et al.
7 Xianfeng, & Shengguo
8 Xiaoli, &, Dexian
9 Fuzzy Analytic Hierarchy Process
10 Changchun, & Dongdong
11 Ju
12 Saaty
13 Analytical Network Process

منابع و مراجع

[1]. S. Saremi, R.Esmaeili, F. Taghipour, "Developing a Media Strategy in Order to Manage the Air Accident Crisis," *J. of Aero. Eng.*, Vol. 24, no. 1, pp. 111-140, 2022. (inpersian)

[2]. N. Sumathi, Kaushik, R. Charugundla, and K. Neha, "Accidents in Airports and Prevention," *Inter. J. of Latest Tech. in Eng., Manag. & App. Sci. (IJLTEMAS)*, Vol. 7, No. 3, pp. 111-115, 2018.

[3]. A. Jajali, A.A. Rohollahi, "Identification of and prioritizing risky factors affecting on aircraft operation on aerodrome and flight environment around it," *Iran Occup. Health*, Vol. 14, no. 2, pp. 37-54, June-Jul. 2017. (inpersian)

[4]. M.J. Eskandari, M. Mahmoudi and S.E. Najafi, "Analyzing and investigating air accidents, the causes of accidents and providing suggestions to improve reliability

and Safety in Iran fleet," in *Inter. Conf. of Iran. Aero. Soci.,* Tehran, 2014. (inpersian)
[5]. A.V. Shvetsov, "Methods of Reducing the Accident Rate of Technological Vehicles of the Airport," *Trasp. Res. Proc.*, Vol. 61, pp. 537-541, 2022.
[6]. A. Zanguei, A. Sheikholeslami, " Offering Airport Ramp Accidents Model and Strategies for its Reduction (Case Study: Mehrabad Airport, Tehran)," *J. of Tranp. Eng.*, Vol. 6, no. 4, pp. 563-580, Jul. 2015. (inpersian)
[7]. ICAO Annex14. Aerodromes, ICAO publication, 2012.
[8]. ICAO Annex6. Aircraft Operations, ICAO publication. 2008.
[9]. L. Xiaoli and C. Dexian, "Research on Risk Evaluation Using RNP Technology for Operation into High Elevation Airports with Critical Terrain," *Proc. Eng.*, Vol. 17, pp.125-140, 2011.
[10]. H. Mohamad Khanlo and A. Pourramazanli, "Identify Effective Factors in the Occurrence of Helicopters and Provide Solutions to Reduce Disasters," *J. of Aero. Eng*., Vol. 23, pp. 1-17, June 2021. (inpersian)
[11]. W.K. Lee, "Risk Assessment Modeling in Aviation Safety Management," *J. of Air Tranp. Manag*., Vol. 12, No. 5, pp. 267-273, 2006
[12].C-F. Chi, D. Sigmund, Y-C. Lin, "The development of a scenario-based human-machine-environment-procedure (HMEP) classification scheme for the root cause analysis of helicopter accidents," *Applied Ergo.,* Vol. 103, pp. 1-17, 2022.
[13]. ICAO Doc 9157. Aerodrome Design Manual. ICAO publication part 1, 2002.
[14].M. Vaseli Khabaz, M. Ramezanizade and A. Nayebi, " Investigating the effects of age, fatigue, experience and training on the human error of pilots in the occurrence of air accidents in the world," *J. of Hum. Stud.*, Vol. 8, no. 28, pp. 71-104, Sep. 2018. (inpersian)
[15]. A. Fahimi khamene and M. Marvinam, " The effect of multimedia trainings in reducing the vulnerability of the management power of the aviation industry (a case study of air accidents and incidents in the country)," *Stra. Def. Stu.*, Vol. 17, no. 77, pp. 117-132, 2019.
[16]. M. Mohammadi Toudeshki, "The Role of Visual Illusion in IRIAF Air Accident/ Incident in 2000 s and Solutions to Prevent Them," *Milit. Sci. and Tac.*, Vol. 13, no. 42, pp. 113-139, Mar. 2018. (inpersian)
[17].F. Omarani, H. Etemadfard and R. Shad, "Assessment of aviation accident datasets in severity prediction through machine learning," *J. of Air Transp. Manag.*, Vol. 115, 102531, March 2024.
[18].S. Woodman, C. Bearman and P. Hayes, " Aviation safety and accident survivability: Where is the need for aviation rescue fire fighting services greatest?," *Safety Sci.*, Vol. 173, 106465, May 2024.
[19]. H. Korkmaz, E. Filazaglu and S.S. Ates, "Enhancing airport apron safety through intelligent transportation systems: Proposed FEDA model," *Safety Sci.*, Vol. 164, 10684, Aug. 2023.
[20]. M. Ghasri and M. Maghrebi, "Factors affecting unmanned aerial vehicles' safety: A post-occurrence exploratory data analysis of drones' accidents and incidents in Australia," *Safety Sci.*, Vol. 139, pp. 105-273, Jul. 2021.
[21]. V. Socha, L. Socha, S. Szabo, and V. Nemec "Air accidents, their investigation and prevention," *excl. e-journal*, Vol. 4, pp. 1-9, Oct. 2014.
[22]. L. Xianfeng and H. Shengguo, "Airport safety risk evaluation based on modification of quantitative safety management model," *Proc. Eng.*, Vol. 43, pp. 238-244, 2012.
[23]. M.H. Karimi Govareshaki, M. Elyasi and A. Saedi Basmanj, "Key success factors and bottlenecks of safety management systems Airline companies," *Stand. And Qual. Manag. J.*, Vol. 1, no. 1, pp. 34-45, Dec. 2011. (inpersian)
[24]. M.R. Marvinam, M. Bakhshande and M. Kheirandish, "The pattern of factors influencing the occurrence of air accidents," *J. of Aero. Eng*., Vol. 13, no. 2, pp. 71-78, Dec. 2011. (inpersian)
[25]. Z. Changchun and H. Dongdong, "Research on inducement to accident/incident

of civil aviation in southwest of China based on grey incidence analysis," *Proc. Eng.*, Vol. 45 , pp. 942 – 949, 2012.
[26]. Z. Ju, "Fuzzy-ANP based on risk assessment of runway excursion," The Tenth Inter. Sympo. on Op. Res. and Its App. 2011, pp. 350-358.
[27]. I. Amani, S.M.B. Malaek and A. Khajefard, "Investigation, simulation and analysis of air accidents caused by Dunburst based on data obtained from FDR," *J. of Aero. Eng*., Vol. 12, no. 1, pp. 33-46, June 2010. (inpersian)
[28]. S. Boroushaki and J. Malczewski, "Implementing an Extension of the Analytical Hierarchy Process Using Ordered Weighted Averaging Operators with Fuzzy Quantifiers in Arcgis," *Comp. and Geosci.*, Vol. 34, No. 4, pp. 399-410, Apr. 2008.
[29]. S. Ahmad Bhat, A. Singh and A. Al-Qudaimi, "A New Pythagorean Fuzzy Analytic Hierarchy Process Based on Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Numbers," *Fuzzy Opt. and Model*., Vol. 2, No. 4, pp. 38-51, 2021.
[30].M. Mohammadi Khiyare and N. Rostami, "Investigating and prioritizing factors affecting the business environment in Golestan province (using the Analytical Hierarchy Method (AHP))," *Econ. and Reg. Dev.*, Vol. 26, no. 17, pp. 127-149, June 2019. (inpersian)
[31]. SH. Dadbakhsh, H. Rangriz, S. Shahriari and S. Mousazade Ouranj, " Identifying and prioritizing factors affecting the organization's tendency to entrepreneurship using the Fuzzy Hierarchy Analysis Process (Fuzzy AHP) technique (case study: Pars Automobile Company)," *J. of New Res. App. In Manag. And Acc.* Vol. 4, no. 28, pp. 42-60, June 2020. (inpersian)
[32].Y.C. Erensal, T. Oncan and L.M. Demirican, "Determining key capabilities in technology management using fuzzy analytic hierarchy process: A case study of Turkey," *Info. Sci.*, Vol. 176, pp. 2755-2770, Sep. 2006.
[33]. G.H. Tzeng and J.Y. Teng, "Transportation investment project selection with fuzzy multiobjectives," *Transp. Plan. and Techno*., Vol.17, No. 2, pp. 91–112, 1993.