تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳

فصلنامه علوم و فنون نظامی
سال هفدهم، شماره ۵۶، تابستان ۱۴۰۰
صص ۵۰- ۲۹

تحلیل سوانح پروازی هوانیروز در بازه زمانی ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۸ با استفاده از ابزارهای داده‌کاوی

جلال راعی [۱]
حمیدرضا ضرغامی [۲]
عباسعلی زند *[۳]

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

با توجه به اینکه استفاده از اطلاعات ثبت‌شده سوانح گذشته و تجزیه‌وتحلیل آن در سیاست‌گذاری های ایمنی و پیشگیری از سوانح بسیار مؤثر است، در این پژوهش، پس از تشکیل بانک اطلاعاتی از داده‌های واقعی مربوط به سوانح و رخدادهای هوایی هوانیروز در بازه زمانی سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۸، با بهره‌گیری از علم داده‌کاوی، به ایجاد زمینه‌های لازم برای تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی هوشمندانه برای کاهش سوانح هوایی در هوانیروز پرداخته شده است. روش پژوهش، توصیفی- پیمایشی است و از نرم‌افزار SPSS برای تحلیل آماری سوانح وSPSS Modeler برای اجرای الگوریتم‌های داده‌کاوی و رسم درخت تصمیم استفاده شد. سوانح هوانیروز در بازه یادشده بر اساس سال، ماه، ایام هفته، نوع وسیله پرنده، محل وقوع سانحه، یگان صاحب وسیله و نیز نوع خرابی منجر به وقوع سانحه و قطعات اصلی صدمه‌دیده در اثر سانحه بررسی شد. نتایج نشان داد که در حدود نیمی از وقایع به وقوع پیوسته، هیچ‌گونه آسیبی به‌وسیله پرنده وارد نشده و حدود ۳۵٪ حوادث به وقوع پیوسته در دسته‌بندی رویدادهای پروازی قرارگرفته و تنها ۶٪ از وقایع هوایی منجر به سانحه کلی شده شده‌اند و در تیرماه با ۳۴+٪ بیشترین رویدادهای پروازی اتفاق افتاده و خلبانان دارای ۱۵ تا ۲۰ سال تجربه پروازی از ریسک بالاتری نسبت به سایر خلبانان برخوردارند.

واژه‌های کلیدی:
سوانح پروازی، تحلیل سوانح، داده‌های آماری، داده‌کاوی، هوانیروز.

۱. استاد گروه مدیریت دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران، ایران.
۲ . استادیار مهندسی صنایع، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران، ایران.
۳ . دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران، ایران.
*نویسنده مسئول: zand.abbas@gmail.com

مقدمه

با پیشرفت فنّاوری انسان برای انجام سفر از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر راه‌های مختلفی را پیموده و تجهیزات متنوعی را ساخته است که در حال حاضر صنعت خودرو صنایع ریلی، خطوط کشتی‌رانی دریایی و از همه مهم‌تر صنایع هوایی ازجمله مهم‌ترین این‌ها است؛ و البته هر چه این تجهیزات پیشرفته‌تر، بزرگ‌تر و دارای سرعت بیشتر و توانایی حمل نفرات بیشتری می‌شوند، بالطبع خطرات استفاده از آن‌ها نیز به‌تناسب بیشتر می‌شود و درنتیجه کاهش مخاطرات و عوامل بروز حادثه در آنان سخت‌تر و پیچیده‌تر می‌گردد. لذا دستیابی به علل و عوامل شکل‌گیری حوادث در آنان می‌تواند کمک شایان و قابل‌توجهی در پیشگیری از بروز حوادث و حفظ جان انسان و تجهیزات آن بنماید. اگر به‌دقت به وسایل پرنده نگریسته شود، مشاهده می‌گردد که ۳ عامل در شکل‌گیری حوادث مشترک هستند ۱) نیروی انسانی ۲) وسیله ۳) عوامل محیطی؛(جلالی، روح الهی،۱۳۹۶).

هوانیروز یگان متحرک هوایی نیروی زمینی ارتش است که معمولاً همراه با سایر نیروهای رزمی و پشتیبانی رزمی به کار می‌رود(حسن‌پور، حمید، ۱۳۹۳). هوانیروز ارتش جمهوری اسلامی ایران به‌عنوان بزرگ‌ترین یگان بالگردی در سطح خاورمیانه و غرب آسیا با دارا بودن با ارزشمندترین کارکنان و منابع نیروی انسانی تخصصی و همچنین تجهیزات استراتژیک مانند هواپیما و بالگرد، همواره در مأموریت‌های مهم ازجمله جنگ تحمیلی و پس‌ازآن نیز در بازسازی کشور و در فعالیت‌های بزرگی مانند مبارزه با اشرار، امدادرسانی در بلایای طبیعی مانند سیل و زلزله حضورداشته و هم‌اکنون نیز علاوه بر پشتیبانی از یگان‌های نیروی زمینی در اقصی نقاط کشور اسلامی ایران، شرکت در رزمایش‌های مختلف و همچنین پروازهای امداد و نجات هوایی اورژانس کشور، نقش مهمی را در برقراری ثبات و امنیت کشور ایفا می‌نماید. با توجه به نوع مأموریت‌های هوانیروز، بروز سوانح و رویدادهای هوایی جزء لاینفک پروازهای این یگان عظیم است و دستیابی به علل شکل‌گیری آن‌ها می‌تواند گام مؤثری در راستای پیشگیری از بروز این قبیل سوانح تلقی گردد (زند:۱۳۹۹، ص۵).

یکی از بهترین روش‌های پیشگیری، استفاده از اطلاعات و داده‌های سوانح گذشته و بهره برداری از تحلیل آن‌ها به‌منظور تصمیم سازی برای فرماندهان و مسئولین است، در مدیریت ایمنی پرواز و زمینی هوانیروز با توجه به قدمت آن و توجه مسئولین ایمنی به این امر مهم، پایگاه داده‌ای شامل کلیه رویدادها و سوانح پروازی از سال ۱۳۴۲ تاکنون تشکیل و در ۲ جلد دفتر ثبت گردیده و حجم انبوهی از داده‌ها به وجود آمده است اما تابه‌حال بهره‌برداری و پژوهش جامع و کاملی از آن‌ها صورت نگرفته است تا بتوان به کمک آن‌ها از حجم انبوه داده‌ها،

اطلاعات معناداری را استخراج کرد و با کمک آن‌ها و تحلیل دقیق‌تر داده‌ها به‌منظور تصمیم سازی و تصمیم‌گیری اثربخش در لایه‌های کلان مدیریتی مانند فرماندهان و مسئولین هوانیروز اقدام نمود. لذا در بیان اهمیت پرداختن به این موضوع می‌توان به این مطلب بسنده کرد که با توجه به ظرفیت بالای ابزارهای علم داده‌کاوی و استفاده محدود از این ابزارها در حوزه تحلیل و کاهش سوانح هوایی ایران به‌صورت عام و به‌ویژه در هوانیروز به‌صورت خاص، پس از تشکیل و گردآوری بانک اطلاعاتی رایانه‌ای از داده‌های واقعی ثبت‌شده سوانح و رخدادهای هوایی هوانیروز در بازه زمانی سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۸، با بهره‌گیری از روش‌های تحلیل داده موجود در علم داده‌کاوی، به ایجاد زمینه‌های لازم برای تصمیم‌سازی هوشمندانه برای کاهش سوانح هوایی در هوانیروز پرداخته شود.

پیشینه پژوهش

یکی از مهم‌ترین نقاط ضعف در سامانه‌های هوانوردی که عامل افزایش خسارات و آسیب به سرمایه‌های ارزشمند نیروی انسانی متخصص و وسایل پرنده گران‌قیمت می‌گردد، عدم توجه به مسائل ایمنی است. حفظ و ارتقای سطح ایمنی یکی از الزامات اساسی در توسعه صنعت هوانوردی محسوب می‌شود. توسعه سامانه‌های ایمنی نیازمند شناخت کامل از نارسایی‌ها و مشکلات موجود در هوانوردی بوده و در این میان هوانیروز ارتش جمهوری اسلامی ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست. با توجه تشکیل بانک اطلاعاتی رایانه‌ای از داده‌های واقعی ثبت‌شده سوانح و رخدادهای هوایی هوانیروز، نیاز به ابزاری مناسب برای تحلیل این داده‌ها وجود دارد تا وضعیت سوانح و روابط موجود در میان مشخصه‌های آن‌ها شناسایی و درنتیجه با اتخاذ اقدامات مناسب ایمنی بیشتر پروازها تأمین گردد. در این مطالعه داده‌های مربوط به سوانح هوانیروز تحلیل گردیده تا بتوان اقدامات لازم را به‌منظور پیشگیری و کاهش وقوع آن‌ها اتخاذ و ایمنی پروازها فراهم شود. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده در زمینه تحلیل داده‌های مربوط به سوانح در ادبیات موضوع، مطالعاتی نظیر (شقایق پرهیزی، ۱۳۸۷) در مقاله‌ای با عنوان به‌کارگیری فن‌های داده‌کاوی در شناسایی، تحلیل، دسته‌بندی، پیش‌بینی و کنترل فاکتورهای مؤثر در وقوع حوادث در یک مجتمع پتروشیمی با رویکرد کاوش در داده و استفاده از فن‌های مختلف داده‌کاوی به ارائه یک متدولوژی نوین در تحلیل ریسک و بررسی حادثه پرداخته و کوشیده است اطلاعات مربوط به ۲۷۵ حادثه روی‌داده در یک مجتمع پتروشیمی را با استفاده از نرم‌افزار SQL SERVER2005 به‌صورت یک مطالعه موردی، شامل انتخاب نوع و توالی فن‌های گوناگون داده‌کاوی برای انجام عملیات شناسایی و طبقه‌بندی عوامل مؤثر بر بروز حادثه،

طبقه‌بندی و خوشه‌بندی حوادث، شناسایی قوانین حاکم بر حادثه و پیش‌بینی نوع وقوع حوادث با توجه به عوامل مؤثر بر آن مورد مطالعه قرار دهد. (راجیر والتر، ۲۰۰۹) در پایان‌نامه مدل‌سازی عملکردی مدیریت محدودیت در ایمنی هواپیمایی و فرماندهی و کنترل وجود دارد که در آن نویسندگان به روش تحلیل رزونانس عملکردی یا FRAM [۱]برای توصیف نتایج با استفاده از ایده رزونانس ناشی از تغییرپذیری عملکرد روزمره، نشان داده‌اند که مفهوم مدیریت محدودیت در درک حوزه‌های فرماندهی و کنترل و ایمنی هوایی فعالیت دارد. مطالعه دیگر مربوط به (علی زنگویی و همکاران، ۱۳۹۳) در مقاله ارائه مدل تصادفات رمپ فرودگاه و راهکارهای کاهش آن مطالعه موردی: فرودگاه مهرآباد تهران، نشان داده است که همه‌روزه حوادث و تصادفات فراوانی در بخش‌های مختلف حمل‌ونقلی اتفاق میافتد که هزینه‌های گزافی برجای می‌گذارد. مطالعه موردی بر اساس داده‌های آماری فرودگاه مهرآباد در بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ صورت گرفته و به‌طورکلی، از مدلِ شبکه عصبی و مدلِ رگرسیون فازی استفاده شده و درنهایت دو متغیر "تعداد هواپیماهای کوچک " و "متوسط عمر هواپیماها " به ترتیب با ضرایبِ اهمیت ۰,۳۴ و ۰,۲۹ به‌عنوان مهم‌ترین عوامل دخیل در بروز حوادث شناسایی گردیده است. نمونه دیگری از مطالعات صورت گرفته مربوط به بررسی سوانح هوایی ایران از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۳ در دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران(زارع، ابوذر و همکاران، ۱۳۹۵) بیان داشته‌اند که تاریخچه صنعت هوانوردی نشانگر حوادث و تلفات غم‌انگیز در حمل‌ونقل هوایی است. ازآنجاکه هزینه‌ی حوادث هوایی با توجه به دو مقوله زندگی و دلار به‌طور پیوسته افزایش یافته به همین منظور تلاش برای کاهش نرخ تصادفات بیش‌ازپیش در حمل‌ونقل هوایی نظامی و غیرنظامی ادامه داشته و روند آمار بیست‌ساله شرکت‌های هواپیمایی ایرانی در تعداد مسافر جابه‌جاشده، تعداد پروازها، تعداد سوانح رخ‌داده و علل آن‌ها در پروازهای داخلی از ۷۰ تا ۹۳ بررسی و نقش خطاهای کروی پروازی و فنی را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده‌اند. در تحقیق دیگری با عنوان عوامل انسانی و تصادفات بالگرد(آناستایزیا پینتو و همکارانش، ۲۰۱۹) تجزیه‌وتحلیل با استفاده از سیستم تجزیه‌وتحلیل و طبقه‌بندی عوامل انسانی (HFACS) اشاره کرده‌اند که با توجه به قدرت مانور و انعطاف‌پذیری عملیاتی، بالگرد یک ابزار جایگزین مهم حمل‌ونقل در مناطق شهری بزرگ در برزیل در دهه گذشته تبدیل شده‌اند. بااین‌حال، تعداد تصادفات بالگرد به‌موازات افزایش یافته است. از سال ۲۰۰۶ تا سال ۲۰۱۵، ۲۱۱ سانحه رخ داده و ۱۰۳۰ نفر کشته شدند.

---

۱ Functional Resonance Analysis Method (FRAM; Hollnagel, 2004)

جدول (۱) پیشینه تحقیقات انجام‌شده

ردیف	نویسنده	عنوان مقاله	روش تحقیق
۱	عبدالعلی جلالی	شناسایی و اولویت‌بندی عوامل ایجاد ریسک پروازی در فرودگاه و مناطق اطراف آن	توصیفی- پیمایشی و جهت تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ۱۹
۲	احمدعلی روح الهی	بررسی مؤلفه‌های فرهنگ ایمنی در صنعت هواپیمایی مطالعه موردی: بخش تعمیر و نگهداری یکی از فرودگاه‌های کشور	توصیفی- پیمایشی و جهت تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ۱۹
۳	علی زنگویی	ارائه مدل تصادفات رمپ فرودگاه و راهکارهای کاهش آن: مطالعه موردی: فرودگاه مهرآباد تهران	مدلِ شبکه عصبی و مدلِ رگرسیون فازی با نرم‌افزار SPSS
۴	مریم زارعی	امکان‌سنجی ایجاد آرشیو در دفتر بررسی سوانح و حوادث سازمان هواپیمایی کشوری	توزیع و پاسخ‌ها با نرم‌افزار SPSS
۵	گونگ لیا ژانگ	عنوان یک رویکرد یکپارچه گرافیکی-طبقه‌بندی-ارتباطی برای تجزیه‌وتحلیل عوامل انسانی در حوادث حمل‌ونقل هوایی	درخت تصادف (Accident Tree)
۶	پرواگ تیواری	تجزیه‌وتحلیل حوادث با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی	خوشه‌بندی در مجموعه داده‌های جاده، تصادفات رانندگی و سقوط هواپیما

مبانی نظری پژوهش

تعریف عملیاتی مفاهیم

انواع سوانح هوایی الف – سانحه کلی[۱] ب- سانحه جزئی[۲] پ- رویداد[۳] ج- فرود اجباری[۴] د- فرود احتیاطی[۵] ذ- رویدادهای غیرپروازی(SOP هوانیروز،۱۳۹۷).

[1] Major Accident
[2] Minor Accident
[3] Incident
[4] Forced Landing
[5] Precautionary Landing

سوانح کلی: این نوع سانحه ساعت کار لازم به‌منظور برداشتن قطعات خسارت‌دیده و انجام تعمیرات لازم برای آماده نمودن هواپیما بایستی مساوی یا بیشتر از ساعت کار لازم برای تعمیر وسیله پرنده به شرح جدول زیر باشد.

فجر و ۲۰۶	۴۰۰ ساعت
توربو و ۲۰۵	۵۰۰ ساعت
فالکن، فرند شیب، ۲۱۴ و ۲۰۹	۸۰۰ ساعت
شنوک	۹۰۰ ساعت

سوانح جزئی: در این نوع سوانح خسارات وارده کمتر از خسارات کلی بوده و بایستی ساعت کار لازم مساوی یا کمتر از شرح زیر باشد:

فجر و ۲۰۶	برابر ۵۰ ساعت تا ۴۰۰ ساعت
توربو و ۲۰۵	برابر ۱۰۰ ساعت تا ۵۰۰ ساعت
فالکن فرند شیب، ۲۱۴ و ۲۰۹	برابر ۱۲۵ ساعت تا ۸۰۰ ساعت
شنوک هواپیمای توربو کماندر	برابر ۲۰۰ ساعت تا ۹۰۰ ساعت

رویداد: درصورتی‌که ساعات کار لازم برای بالگرد سانحه دیده به حداقل ساعت کار لازم برای سوانح جزئی نرسد جزو رویداد طبقه‌بندی خواهد شد.

فرود اجباری: عبارت است از فرودی که به علت ازکارافتادن یکی از سیستم‌های وسیله پرنده یا دستگاه‌های دیگر انجام می‌پذیرد که ادامه پرواز غیرممکن است.

فرود احتیاطی: عبارت است از فرودی که به علت نقص در یکی از سیستم‌ها، انجام‌شده که ادامه پرواز امکان‌پذیر بوده ولی منطقی به نظر نمی‌رسد و به‌منظور جلوگیری از اتفاقات احتمالی بعدی انجام می‌پذیرد.

رویدادهای غیرپروازی: با توجه به اینکه زمان پرواز به مدتی اطلاق می‌شود که هواپیما شروع به بلند شدن در روی باند می‌نماید تا زمانی که موتورها را خاموش می‌کنند و یا ۵ دقیقه پس از نشستن (هرکدام که زودتر عملی می‌شود)؛ بنابراین هرگونه سانحه‌ای در غیر از مورد بالا (مثل زمان RUN UP و تاکسی کردن و ...) اتفاق می‌افتد، جزء رویدادهای غیرپروازی محسوب می‌گردد.

داده‌کاوی: به مجموعه‌ای از روش‌های قابل‌اعمال بر پایگاه داده‌های بزرگ و پیچیده به‌منظور کشف الگوهای پنهان و جالب‌توجه نهفته در میان داده‌ها، داده‌کاوی[1] گفته می‌شود. روش‌های

[1] Data mining

داده‌کاوی تقریباً همیشه به لحاظ محاسباتی پرهزینه هستند. علم میان‌رشته‌ای داده‌کاوی، پیرامون ابزارها، متدولوژی‌ها و تئوری‌هایی است که برای آشکارسازی الگوهای موجود در داده‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند و گامی اساسی در راستای کشف دانش محسوب می‌شود(BERRY, M.L. Gordon,2004).

روش‌شناسی پژوهش

در این مطالعه، از روش تحلیل‌های توصیفی- پیمایشی و جهت تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ۱۹ در تحلیل آماری سوانح هوانیروز از سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۸ پرداخته شده و همچنین با استفاده از نرم‌افزار SPSS Modeler برای اجرای الگوریتم‌های داده‌کاوی و رسم درخت تصمیم بهره‌برداری شده است. داده‌های پژوهش حاضر بر اساس سوانح ثبت‌شده وسایل پرنده هوانیروز ارتش جمهوری اسلامی بین سال‌های ۶۸ تا ۹۸ است. این داده‌ها به‌صورت سنتی در دفاتر ثبت شده است. خلاصه‌ای از اطلاعات مربوط به سانحه در قسمت ملاحظات هر سانحه آورده شده است که منحصر به همان سانحه است. لذا این متغیر به چند متغیر تأثیرگذار در پژوهش ازجمله مد وقوع خرابی، قطعات اصلی آسیب‌دیده، وقوع آتش‌سوزی و ... تبدیل شد

شکل شماره (۱) تصویر نسخه خطی (سنتی) دفتر ثبت سوانح هوایی هوانیروز

که برای بررسی دقیق‌تر سوانح یکی از چالش‌های این پژوهش بود. لذا در این پژوهش، ابتدا داده‌های سنتی به‌صورت فایل دیجیتال Microsoft Word و سپس به‌صورت فایل Microsoft Excel درآمد و برای سهولت در تحلیل و با نظر خبرگان برای برخی از حالت‌های متغیرها، معادل عددی در نظر گرفته شد و برای ورود داده‌ها به نرم‌افزار SPSS 19 از فارسی به انگلیسی برگردانده و کدگذاری گردید. برای استفاده از داده‌ها، چالش‌هایی پیش رو بود که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود. خلاصه‌ای از اطلاعات مربوط به سانحه در قسمت ملاحظات هر سانحه

آورده شده است. یکی از چالش‌های اصلی این پژوهش، استانداردسازی ملاحظات سانحه است. ماهیت ملاحظات سوانح به صورتی است که منحصر به همان سانحه است. با نظر خبرگان این متغیر به چند متغیر تأثیرگذار در بررسی ازجمله مد وقوع خرابی، قطعات اصلی آسیب‌دیده، وقوع آتش‌سوزی و ... تبدیل شد که برای بررسی دقیق‌تر سوانح یکی از نکات مهم این پژوهش بود. سپس برای سهولت در تحلیل و با نظر خبرگان برای برخی از حالت‌های متغیرها معادل عددی در نظر گرفته شد و برای ورود داده‌ها به نرم‌افزار SPSS 19 از فارسی به انگلیسی برگردانده و کد نویسی گردید.

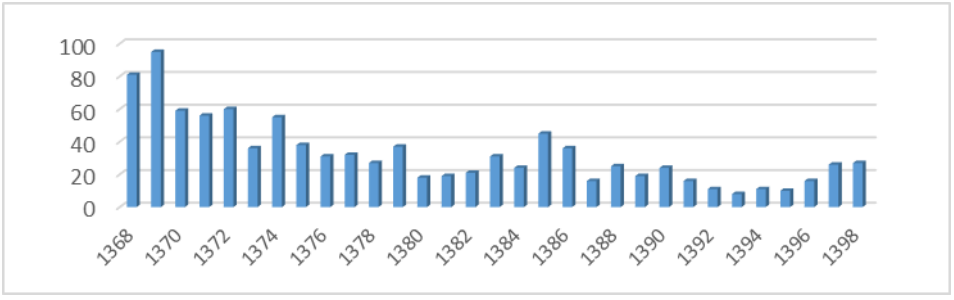
یکی دیگر از چالش‌های این پژوهش وجود داده‌های ازدست‌رفته بود. این داده‌ها که از نوع کاملاً تصادفی بودند با استفاده از بررسی دقیق پرونده‌های سوانح، بخش عمده‌ای از این داده‌ها قابل‌استفاده شد. همچنین برخی از داده‌ها به‌طور دقیق ثبت نشده بودند که با استفاده از روش جای گذاری و امید ریاضی، این‌گونه داده‌ها تبدیل به داده‌های مفید شد. یکی از این داده‌ها که به‌طور دقیق ثبت نشده بود ساعت پرواز به تفکیک وسایل پرنده در ۳۰ سال گذشته بود. خوشبختانه با پژوهش از معاونت‌های ذی‌ربط، ساعت پرواز سال‌های بین ۱۳۹۸-۱۳۹۴ به دست آمد که با استفاده از امید ریاضی این داده‌ها، ساعت پروازهای ماقبل برآورد شد. از این داده‌های برآورد شده در تحلیل بین سوانح و ساعات پرواز هر پایگاه و هر وسیله، استفاده شده است. در بخشی از این پژوهش داده‌ها در دسترس نبوده است. برای رفع این مشکل ازنظر خبرگان و در برخی موارد با استفاده از تناسب و با در نظر گرفتن توزیع یکنواخت در نظر گرفته‌شده است. برای مثال برای جای گذاری مأموریت‌های محول به تجارب گوناگون خلبانان ازنظر خبرگان هوانیروز بهره گرفته‌شده است. از طرفی با استفاده از میانگین ساعت پرواز به برآورد ساعت پرواز کلی و جای گذاری آن اقدام شده است.

تجزیه‌وتحلیل یافته‌های پژوهش

در این فصل ابتدا تحلیل سوانح هوانیروز در بازه زمانی سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۸ بر اساس سال، ماه، ایام هفته، نوع وسیله پرنده، محل وقوع سانحه، یگان صاحب وسیله، تجربه خلبان فرمانده، موقعیت وسیله پرنده هنگام وقوع عیب، همراه بودن با آتش‌سوزی، تلفات جانی و همچنین نوع خرابی منجر به وقوع سانحه و قطعات اصلی صدمه‌دیده در اثر سانحه موردبررسی قرارگرفته و همچنین برای اولین بار، به بررسی تطبیقی یافته‌های سوانح با نرخ ساعت پرواز مربوط به هر یک از عناوین پرداخته می‌شود.

تحلیل فراوانی: تحلیل فراوانی ابتدایی‌ترین نوع تحلیل است که به بررسی داده‌ها بر اساس فراوانی می‌پردازد. این تحلیل اطلاعاتی همچون مد، بیشترین و کمترین داده را شامل می شود. در بررسی‌های به‌عمل‌آمده مشخص گردید که در ۴۶٫۳٪ از سوانح هیچ‌گونه آسیبی به وسایل پرنده وارد نشده و از میان این سوانح ۶/۶ درصد از وسایل پرنده ازدست‌رفته‌اند. حدود ۹۷٪ از سوانح هوانیروز فاقد خسارت جانی بوده و کمتر از ۳٪ به وسایل پرنده در سوانح بازه زمانی یادشده دچار آتش‌سوزی شده‌اند که این امر نشانگر قابلیت اطمینان وسایل پرنده هوانیروز در مقابله با وقوع آتش‌سوزی بعد از سوانح و صلاحیت پروازی این وسایل است.

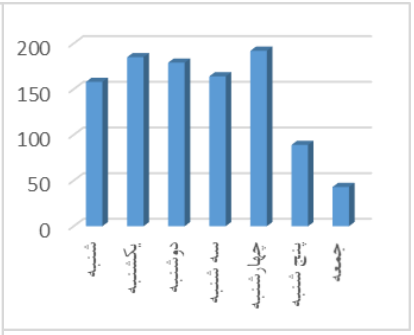
فراوانی سوانح بر اساس سال: طبق شکل شماره (۲) بیشترین تعداد سوانح برای سال ۱۳۶۹ با تعداد ۹۵ سانحه ثبت‌شده و کمترین تعداد سوانح مربوط به سال ۱۳۹۳ با ۸ سانحه ثبت شده است.



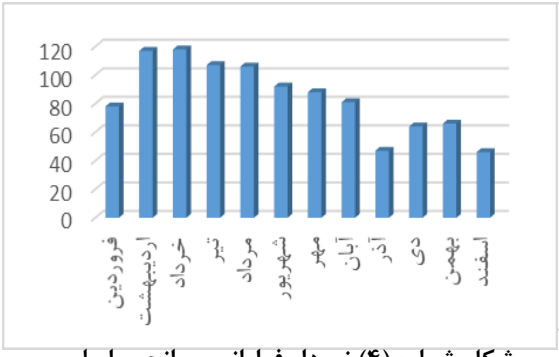
شکل شماره (۲) نمودار فراوانی سوانح بر اساس سال

فراوانی سوانح بر اساس ماه: در شکل شماره (۳) بیشترین تعداد سوانح مربوط به ماه خرداد با ۱۱۸ سانحه ثبت‌شده و کمترین تعداد سانحه مربوط به اسفندماه با ۴۰ سانحه ثبت‌شده است. طبق نمودار تقریباً ۶۲٪ سوانح در نیمه اول سال، رخ داده است.

فراوانی سوانح بر اساس ایام هفته: در شکل شماره (۴) روز چهارشنبه بیشترین تعداد سوانح و روز جمعه کمترین تعداد سوانح را شامل می‌شود. همچنین تقریباً نیمی از سوانح در سه روز اول هفته رخ داده است.



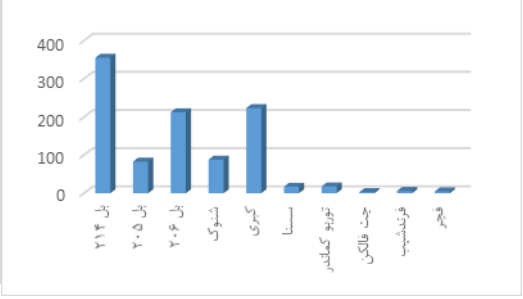
شکل شماره (۳) نمودار فراوانی سوانح بر اساس ایام هفته



شکل شماره (۴) نمودار فراوانی سوانح بر اساس ماه‌های سال

فراوانی سوانح بر اساس نوع وسیله پرنده: بر اساس شکل شماره (۵) بیشترین سوانح مربوط به بالگرد ۲۱۴ و کمترین تعداد سوانح مربوط به بل ۲۰۵ است. در بین هواپیماها نیز کمترین تعداد را جت فالکن و بیشترین آمار متعلق به توربوکماندر است.

فراوانی سوانح بر اساس محل وقوع سانحه: بر اساس شکل شماره (۶) بیش از ۵۰٪ سوانح در داخل پایگاه و ۲۹٪ در مناطق خارج از پایگاه و ۲۰,۳٪ اتفاقات در مناطق آموزشی رخ داده است.



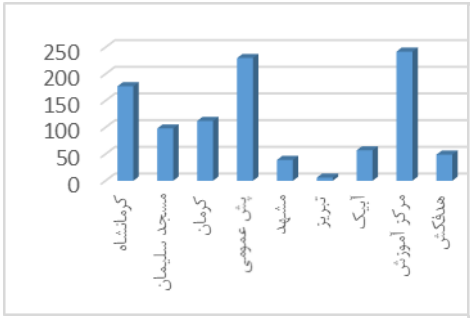
شکل شماره (۵) نمودار فراوانی سوانح بر اساس نوع وسیله

شکل شماره (۶) نمودار فراوانی سوانح بر اساس محل وقوع سانحه

فراوانی سوانح بر اساس تجربه(سن) پروازی خلبان فرمانده: طبق شکل شماره (۷) بیشترین سانحه مربوط به خلبانان باتجربه بین ۱۰ تا ۱۵ سال و کمترین سانحه مربوط به خلبانان باتجربه کمتر از ۵ سال است.

فراوانی سوانح بر اساس یگان صاحب وسیله: مطابق شکل شماره (۸) مرکز آموزش با بیشترین تعداد سانحه با ثبت ۲۴۲ اتفاق و کمترین تعداد اتفاق مربوط به پایگاه ششم با ۶ سانحه ثبت‌شده است.

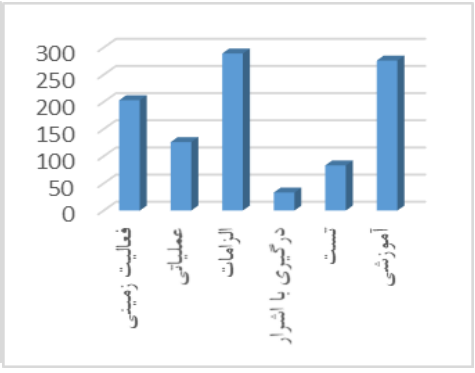
شکل شماره (۷) نمودار فراوانی سوانح بر اساس تجربه پروازی خلبان فرمانده



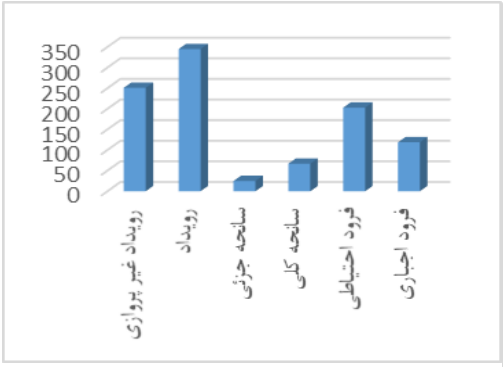
شکل شماره (۸) نمودار فراوانی سوانح بر اساس یگان صاحب وسیله

فراوانی سوانح بر اساس نوع مأموریت: طبق شکل شماره (۹) بیشترین سوانح مربوط به مأموریت الزامات است. مأموریت‌های آموزشی با اختلاف کمی در رتبه دوم و فعالیت‌های زمینی در رتبه سوم قرار دارد. به‌این‌ترتیب این سه نوع مأموریت ۷۵٪ سوانح را منجر شده‌اند.

فراوانی سوانح بر اساس نوع سانحه: فراوانی سوانح بر اساس نوع سانحه مطابق شکل شماره (۱۰) نشان داده‌شده است بیشترین سوانح از نوع رویداد و کمترین نوع سانحه از نوع سانحه جزئی است.



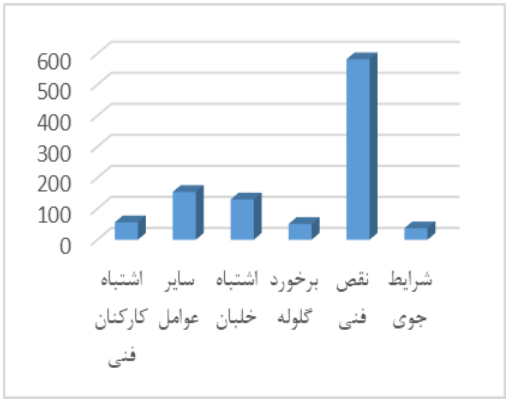
شکل شماره (۹) نمودار فراوانی سوانح بر اساس نوع مأموریت



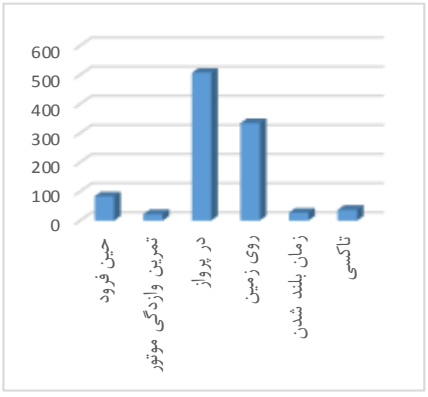
شکل شماره (۱۰) نمودار فراوانی سوانح بر اساس نوع سانحه

فراوانی سوانح بر اساس علت سانحه: فراوانی سوانح بر اساس علت سانحه مطابق شکل شماره (۱۱) نشانگر این است که نقص فنی، بیشترین علت سوانح و وضعیت آب‌وهوایی کمترین علت سوانح را به خود اختصاص می‌دهد.

فراوانی سوانح بر اساس موقعیت وسیله حین وقوع اشکال: مطابق شکل شماره (۱۲) تقریباً ۵۰٪ سوانح حین پرواز رخ داده است. بعدازآن بیشترین مشکلات برای وسایل در روی زمین رخ داده‌اند. همچنین کمترین تعداد سانحه تمرین وازدگی موتور بوده است.

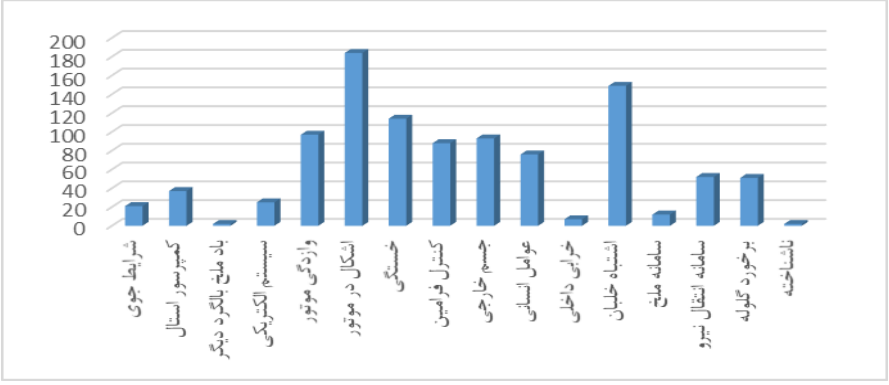


شکل شماره (۱۱) نمودار فراوانی سوانح بر اساس علت سانحه



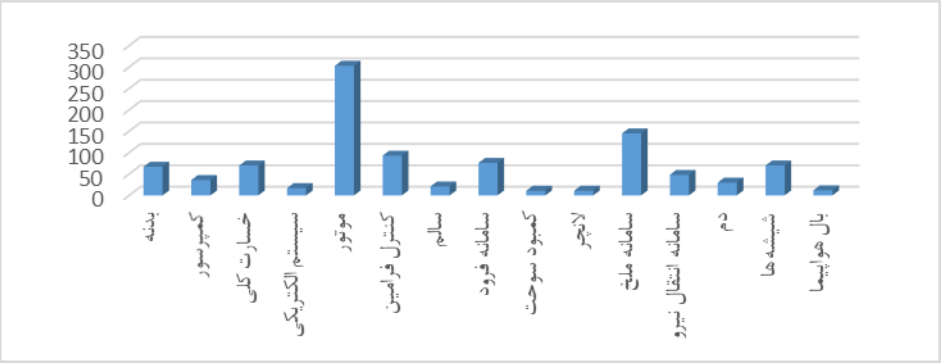
شکل شماره (۱۲) نمودار فراوانی سوانح بر اساس موقعیت وسیله حین وقوع اشکال

فراوانی سوانح بر اساس نوع خرابی وسیله سانحه دیده: در بررسی فراوانی نوع خرابی وسیله که منجر به وقوع سانحه شده است برابر شکل شماره (۱۳) بیشترین نوع خرابی وسایل سانحه دیده، وقوع اشکال در موتور است.



شکل شماره (۱۳) نمودار فراوانی سوانح بر اساس نوع خرابی وسیله سانحه

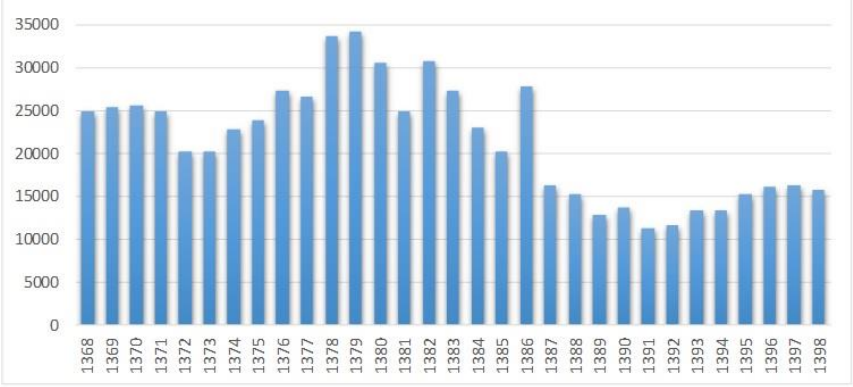
فراوانی سوانح بر اساس قطعات اصلی آسیب‌دیده پس از سانحه: بر اساس شکل شماره (۱۴) بیشترین فراوانی قطعات اصلی آسیب‌دیده پس از سوانح، مربوط به موتور وسایل پرنده است و سامانه ملخ در جایگاه بعدی قرار دارد.



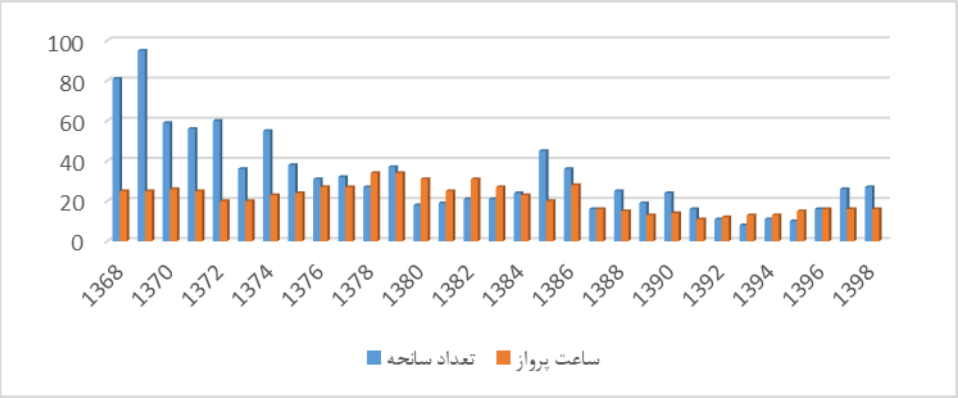
شکل شماره (۱۴) نمودار فراوانی سوانح بر اساس قطعات اصلی آسیب‌دیده

فراوانی ساعت پرواز انجام‌شده بر اساس سال: ساعت پرواز یکی از شاخص‌های بین‌المللی در تحلیل سوانح است. در شکل شماره (۱۵) فراوانی ساعت پرواز انجام‌شده بر اساس سال نشان داده‌شده است. در این قسمت برای تحلیل دقیق‌تر از برآورد سوانح بر اساس ساعت پرواز و مقایسه آن با سوانح رخ داده استفاده‌شده است.

به‌منظور درک بهتر وقوع حوادث در ازای ساعت پرواز انجام‌شده در هرسال، نمودار شکل شماره (۱۵) فوق با نمودار شکل شماره (۲) وقوع سوانح ترکیب و مقایسه گردیده است (شکل شماره (۱۶)).



شکل شماره (۱۵) نمودار فراوانی ساعت پرواز انجام‌شده بر اساس سال



شکل شماره (۱۶) نمودار فراوانی سوانح در کنار ساعت پرواز هر سال

میانگین ۵ ساله فراوانی ساعت پرواز انجام‌شده بر اساس پایگاه: در ۳۰ سال گذشته در هوانیروز مجموعاً ۶۶۰,۰۰۰ ساعت پرواز انجام شده است که فراوانی آن برحسب سال در شکل شماره (۱۵) آمده است. برای درک بهتر چگونگی شکل‌گیری سوانح هوایی هوانیروز، نیاز به مقایسه این وقایع با ساعت پرواز انجام‌شده در سطح پایگاه‌های هوانیروز و میزان پرواز انجام‌شده توسط بالگردها و هواپیماهای مختلف است اما در پژوهش به‌عمل‌آمده به علت عدم دسترسی و ثبت دقیق پروازهای انجام‌شده در ۳۰ سال گذشته که از محدودیت‌های پژوهش است، پروازهای انجام‌شده در پنج سال منتهی به سال ۱۳۹۸ با زحمت فراوان گردآوری‌شده و بر اساس نوع پایگاه، نوع بالگرد و ماه‌های مختلف میانگین‌گیری شده و به‌عنوان یک شاخص به‌منظور ارزیابی پروازهای مختلف در طول سی سال گذشته قرارگرفته است.

فراوانی پیش‌بینی‌شده سوانح پایگاه بر اساس ساعت پرواز: این پیش‌بینی بر اساس تناسب میانگین ۵ ساله و ساعت پروازهای کلی هوانیروز انجام‌شده و در شکل شماره (۱۷) آمده است. ابتدا ساعت پرواز هر پایگاه را بر جمع میانگین ۵ ساله کل تقسیم و مقدار حاصل را در

شکل شماره (۱۷) نمودار فراوانی سوانح رخ‌داده و انتظاری پایگاه‌ها بر اساس ساعت پرواز

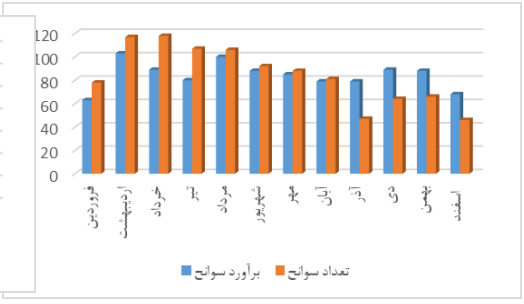
کل ساعت پروازهای ۳۰ سال ضرب خواهد شد. با استفاده از ساعت پرواز برآورد شده تعداد سوانح انتظاری بر اساس ساعت پرواز قابل‌محاسبه است.

فراوانی پیش‌بینی‌شده سوانح بر اساس نوع وسیله پرنده: این پیش‌بینی بر اساس تناسب میانگین ۵ ساله و ساعت پروازهای کلی انجام‌شده است. برابر شکل شماره (۱۸) مشاهده می

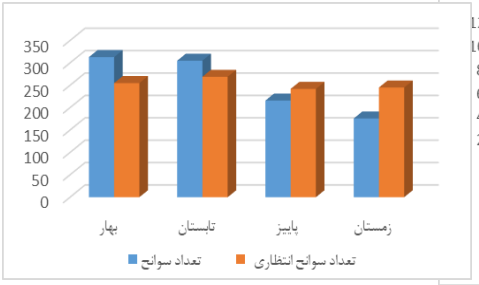
شکل شماره (۱۸) نمودار فراوانی سوانح رخ‌داده و انتظاری بر اساس ساعت پرواز وسیله پرنده

گردد در بین بالگردهای هوانیروز، بالگرد شنوک دارای بالاترین نرخ ریسک سوانح نسبت به نرمال و در بین هواپیماها، هواپیمای توربو کماندر دارای بیشترین نرخ است

فراوانی پیش‌بینی‌شده سوانح بر اساس ماه و فصل: این پیش‌بینی بر اساس تناسب میانگین ۵ ساله و ساعت پروازهای کلی انجام‌شده است. همان‌گونه که در شکل شماره (۱۹) فراوانی سوانح انتظاری ماه بر اساس ساعت پرواز نشان داده‌شده است در تیرماه ۳۴٪ نسبت به نرمال ماه‌های سال سوانح بیشتری رخ داده و در آذرماه نسبت به نرمال ۴۱٪ سوانح کمتری رخ داده است. برابر شکل شماره (۲۰) نیز در فصل بهار ۲۳٪ نسبت به نرمال فصول سال، سوانح بیشتری رخ داده و در زمستان نسبت به نرمال ۲۸٪ سوانح کمتری رخ داده است.



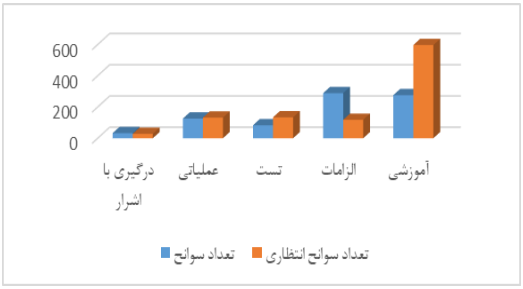
شکل شماره (۱۹) نمودار فراوانی سوانح رخ‌داده و انتظاری بر اساس ساعت پرواز ماهیانه



شکل شماره (۲۰) نمودار فراوانی سوانح رخ‌داده و انتظاری بر اساس ساعت پرواز

فراوانی پیش‌بینی‌شده سوانح بر اساس ساعت پرواز انجام‌شده در مأموریت: این پیش‌بینی بر اساس تناسب میانگین ۵ ساله و ساعت پروازهای کلی انجام‌شده است. برابر شکل شماره (۲۱) در پروازهای الزامات ۱۴۵٪ نسبت به نرمال مأموریت‌های واگذاری در طول سال سوانح بیشتری رخ داده و در پروازهای آموزشی نسبت به نرمال ۵۴٪ سوانح کمتری رخ داده است.

فراوانی پیش‌بینی‌شده سوانح بر اساس تجربه خلبان: برای تحلیل بهتر داده‌ها لازم است تا نرخ مأموریت‌های محول به هر رنج تجربه خلبان نیز بررسی گردد. این داده اساسی، در سوابق ثبت نشده بود؛ بنابراین احتیاج به برآورد نرخ مأموریت‌های محول به هر رنج تجربه بود. این



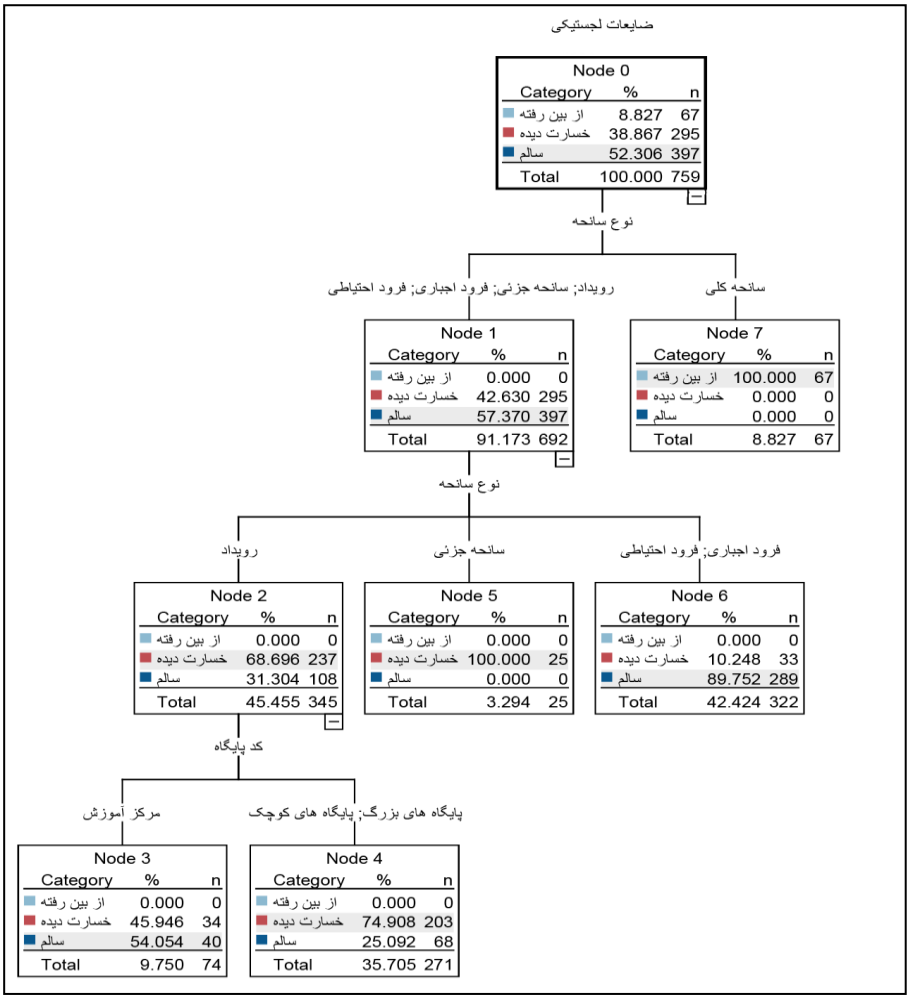
شکل شماره (۲۱) نمودار فراوانی سوانح رخداده و انتظاری بر اساس ساعت پرواز مأموریت‌های محوله

شکل شماره (۲۲) نمودار فراوانی سوانح رخداده و انتظاری بر اساس ساعت پرواز محول شده به هر گروه تجربه خلبان

برآورد با استفاده ازنظر خبرگان حاصل شده و از آنان درخواست شد تا میزان مأموریت محول به خلبانان فرمانده وسایل پرنده را در مأموریت‌های واگذاری به‌صورت درصد بیان کنند. سپس با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده و پیدا کردن اوزان هر دسته تجربه خلبان‌ها و بررسی نرخ سوانح و مأموریت‌های محول، مشاهده می‌شود که رده تجربه‌های بین ۱۵ تا ۲۰ سال و ۲۰ تا ۲۵ سال به نسبت مأموریت محول شده نرخ سوانح بیشتری را داشته‌اند که در شکل شماره (۲۲) قابل‌مشاهده است. در این شکل مأموریت‌های محول و درصد سوانح به صورت توأمان نمایش داده شده است.

درخت تصمیم: در این قسمت به ارائه درخت تصمیم و کشت قوانین موجود بر اساس داده های موجود پرداخته می‌شود. شایان‌ذکر است الگوریتم موردنظر برای ایجاد درخت تصمیم الگوریتم C5 است. برای این منظور با استفاده از نرم‌افزار SPSS modeler به رسم درخت پرداخته و برای جلوگیری از مشکل Over fitting از روش Random Forest استفاده شده است. به‌علاوه با توجه به‌دقت بالای پژوهش درخت تصمیم و قوانین استخراجی که دقت کمتر از ۷۰٪ دارند با موافقت خبرگان هوانیروز صرف‌نظر شده‌اند.درخت تصمیم ارائه‌شده به پیش

بینی ضایعات لجستیک که به سه دسته سالم، از بین رفته و خسارت‌دیده با در نظر گرفتن نوع وسیله، پایگاه، مأموریت و نوع سانحه است. با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان حداقل ۷۰٪، درخت تصمیم باقابلیت‌های تقریبی ۷۰٪ به‌دست‌آمده است که در درخت شکل شماره (۲۳) آمده است. درواقع انتظار می‌رود سوانح جدید ۷۰٪ بر اساس درخت مدنظر قابل پیش بینی باشد. بر اساس درخت تصمیم ترسیم‌شده در شکل شماره (۲۶) که در آن رویدادهای پروازی هوانیروز از رویدادهای غیرپروازی جداشده و بر اساس الگوریتم C5 موردبررسی قرارگرفته‌اند با قابلیت اطمینان ۷۰٪ پیش‌بینی می‌گردد که بیش از ۵۲٪ وقایع پروازی به



شکل شماره (۲۳) درخت تصمیم بر اساس الگوریتم C5 با قابلیت اطمینان ۷۰ درصد

علت هوشیاری کروی پروازی و انجام عکس‌العمل به‌موقع در زمان بروز رویدادها و حالات اضطراری در پرواز، به‌صورت سالم روی زمین قرارگرفته و به‌وسیله هیچ‌گونه آسیبی وارد نخواهد شد و تنها در ۸٪ از وسایل پرنده هوانیروز در وقایع هوایی دچار خسارت کلی می گردند که با بررسی زیرشاخه‌های نوع سوانح مشاهده می‌گردد که در فرودهای احتیاطی حدود ۹۰٪، وسایل پرنده سالم به زمین نشسته و در فرودهای اجباری و رویدادهای پروازی نیز حدود نیمی از این پروازها سالم به زمین خواهند نشست. در صورت وقوع عیب در مأموریت درگیری با اشرار با اطمینان ۱۰۰٪ وسایل پرنده هوانیروز با خسارت مواجه اما قطعاً دچار سانحه کلی نشده و به یگان بازخواهند گشت. در سایر مأموریت‌ها نیز در صورت انجام فرود اجباری با مهارت خلبانان و به‌کارگیری اصول ایمنی در پرواز، بیش از ۶۷٪ این پروازها سالم به زمین نشسته و در رویدادهای پروازی نیز کمتر از ۴۵٪ دچار خسارت خواهند شد.

نتیجه‌گیری

در هوانیروز، از سال ۱۳۶۸ تا پایان ۱۳۹۸ بیش از ۶۶۰,۰۰۰ ساعت پرواز انجام‌شده است و در این مدت تنها ۱۰۱۰ واقعه برای بالگردهای هوانیروز ثبت گردیده و همان‌گونه که مشاهده گردید حدود ۳۵٪ حوادث به وقوع پیوسته در دسته‌بندی رویدادهای پروازی قرارگرفته و رویدادهای غیرپروازی نیز با فراوانی ۲۵٪ در رتبه بعدی قرار دارد. فرودهای اضطراری که شامل فرودهای اجباری و احتیاطی می‌باشند در رتبه‌های بعدی قرار داشته و تنها ۶٪ از وقایع هوایی منجر به سانحه کلی شده است. لازم به ذکر است در حدود نیمی از وقایع به وقوع پیوسته، هیچ گونه آسیبی به وسیله پرنده وارد نشده و خلبانان هوانیروز وسایل پرنده را در صورت وقوع عیب در پرواز سالم به زمین نشانده‌اند که این امر نشانگر هوشیاری و دقت کروی پروازی در اثر به کارگیری اصول و توصیه‌های ایمنی در طول پرواز است.

میزان پروازهای انجام‌شده در هوانیروز در سال‌های مختلف از افت‌وخیزهایی برخوردار بوده به گونه‌ای که بیشترین پرواز در سال ۱۳۷۹ با ۳۴۲۸۰ ساعت و در سال ۱۳۹۱ کم‌ترین میزان پرواز (۱۱۲۲۶ ساعت) صورت گرفته است. همچنین به علت نیاز به آموزش خلبان‌های جوان و گذر از تغییر نسل خلبان‌های استخدامی قبل از انقلاب (۱۳۵۳-۱۳۵۶) نیاز به انجام پروازهای آموزشی و تاکتیکی بیشتری در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳ بوده و بالاترین میزان پروازها در این سال‌ها صورت گرفته است. از سال ۱۳۶۸ به بعد با رعایت اصول ایمنی و اعمال اقدامات پیشگیرانه و از طرفی افزایش تجربه خلبانان قدیمی، نرخ وقوع سوانح علیرغم افزایش حجم پروازها سیر نزولی داشته اما از سال ۱۳۸۳ به بعد با گذر از نسل قدیم به جدید میزان سوانح،

اندکی با رشد مواجه و از سال ۱۳۸۸ به بعد مجدداً نزولی شده است و در سال‌های اخیر به علت افزایش تحریم‌ها و کمبود قطعات و ... با نرخ صعودی مواجه شده است، اما نرخ وقوع سوانح کلی از میانگین عبور نکرده و به لطف خداوند متعال در سال ۱۳۹۸ هیچ‌گونه سانحه کلی اتفاق نیفتاده است. این حوادث در ماه‌های اردیبهشت و خرداد از فراوانی بیشتری نسبت به سایر ماه‌های سال برخوردارند که می‌تواند در اثر ناپایداری هوا در این فصل اتفاق افتاده و علاوه بر مشکلاتی که در پرواز وسایل پرنده به وجود می‌آورد، در فعالیت‌های زمینی نیز تأثیر گذاشته و در افزایش رویدادهای غیرپروازی نیز مؤثر باشد.

در بررسی انجام‌شده در آذرماه با ۴۱- درصد نسبت به نرمال کمترین سوانح و رویدادهای پروازی اتفاق افتاده و در تیر و خردادماه با ۳۴+ و ۳۳+ درصد نسبت به نرمال، بیشترین میزان وقوع حوادث شکل‌گرفته است؛ که این امر می‌تواند ناشی از گرمای زیاد هوا، غلظت پایین هوا و درنتیجه کاهش قدرت موتور همچنین راندمان سامانه ملخ و از طرفی افزایش حجم پروازها در این فصول باشد. با توجه به نرخ فراوانی وقوع اتفاقات در ایام هفته نتیجه می‌گیریم که به علت فشار کاری پرواز در روزهای پایانی هفته و سعی در به ثمر رساندن امور پروازی و کارهای فنی، در روز چهارشنبه بیشتر از سایر روزهای هفته سوانح پروازی اتفاق افتاده‌اند.

در تحلیل نوع مأموریت‌های واگذاری نسبت به ساعت پرواز انجام‌شده به این نتیجه می‌رسیم که بیشتر رویدادها و وقایع پروازی هوانیروز با ۱۴۵+ درصد نسبت به نرمال در پروازهای الزامات به وقوع پیوسته و در پروازهای آموزشی که بیشترین ساعت پرواز در سال را به خود اختصاص داده اند با ۵۴- درصد و همچنین پروازهای تست با ۳۸- درصد نسبت به نرمال، دارای کمترین میزان ریسک و وقوع حوادث پروازی بوده‌اند که این امر ارتباط مستقیم با تجربه و مهارت اساتید خلبان و خلبانان تست در زمان بروز حالات اضطراری و انجام عکس‌العمل صحیح و به موقع در شرایط بحرانی در این پروازها دارد.

با ارزیابی تجربه خلبان به این نتیجه می‌رسیم که بیش از نیمی از مأموریت‌های هوانیروز توسط گروه‌های باتجربه پروازی ۱۰ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۲۰ سال انجام‌شده است؛ و با در نظر گرفتن میزان نرخ سوانح و نرخ مأموریت‌های محول شده بر اساس تجربه خلبان درمی‌یابیم که خلبانان دارای ۱۵ تا ۲۰ سال و ۲۰ تا ۲۵ سال تجربه پروازی از ریسک بالاتری نسبت به سایر خلبانان برخوردار بوده و به علت داشتن تجربه پروازی کم و اعتمادبه‌نفس کاذب و ریسک‌پذیری بیشتر در حین پرواز، دارای بیشترین ٪ خطا بوده و با حدود ۳۸٪ میزان وقوع سوانح رتبه نخست را در بین این گروه‌های سنی به خود اختصاص داده‌اند؛ با افزایش سن پروازی و گذر از این سن،

هرچه میزان تجربه بالاتر رفته است میزان وقوع اشتباه و درنتیجه حوادث پروازی در خلبانان با کاهش مواجه شده است. البته در گروه سنی بیش از ۲۵ سال تجربه پروازی نیز به علت کاهش قوای جسمی و فکری و به‌نوعی اعتمادبه‌نفس بیش‌ازحد ناشی از این تجربه و سن خدمتی، مجدداً نرخ ریسک این گروه افزایش می‌یابد.

در بررسی علل وقوع سوانح در هوانیروز به این نتیجه می‌رسیم که بروز نقص فنی (۵۷٫۶٪) بالاترین رتبه را در بین عوامل سوانح به خود اختصاص داده است. این در حالی است که نتایج پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که در کشورهای صاحب فناوری به علت بالا بودن قابلیت اطمینان وسایل پرنده و به‌روزرسانی به‌موقع قطعات، عامل نیروی انسانی در حدود ۹۰٪ از سوانح هوایی نقش اساسی داشته و به‌عنوان بالاترین عامل تلقی می‌گردد(جلالی، روح الهی،۱۳۹۶) درحالی‌که در هوانیروز به علت وجود تحریم‌های مختلف و گذشت بیش از ۵۰ سال از زمان ساخت وسایل پرنده، بروز نقص فنی از فراوانی بیشتری برخوردار بوده و از طرفی خطای نیروی انسانی ازجمله اشتباه خلبان (۱۲٫۹٪) در این پروازها، به علت به‌کارگیری اصول/ هشدارهای ایمنی و بالا بردن آموزش‌های خلبانی و فنی و همچنین کاهش ریسک‌پذیری کروی پروازی در اثر به‌کارگیری اصول ایمنی از فراوانی بسیار کمتری برخوردار است و این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش زارع و همکاران(۱۳۹۵) تناقض دارد چراکه در پژوهش یادشده علت بین ۷۰ تا ۸۰٪ از حوادث هوایی مرتبط با عوامل انسانی بوده است.

بیش از نیمی از عیوب (۵۰٪) در حین پرواز و حدود ۳۳٪ آن‌ها درروی زمین به وجود آمده و اتفاقات در حین فرود با ۸٪ فراوانی در رتبه بعدی قرار دارد، ضمن اینکه مشکلات ناشی از موتور در بالاترین نرخ وقوع خرابی قرارگرفته و بروز اشکالات در موتور، وازدگی موتور و کمپرسور استال، درمجموع بیش از ۳۰٪ نرخ وقوع خرابی را به خود اختصاص داده‌اند. در بین قطعات اصلی وسایل پرنده هوانیروز، بیشترین آسیب به موتور با بیش از ۳۰٪ فراوانی نسبت به سایر قطعات واردشده و سامانه ملخ که متشکل از ملخ اصلی و ملخ دم است در رتبه بعدی قرار دارد. با در نظر گرفتن کل پروازهای هوانیروز و سوانح به وقوع پیوسته در ۳۰ سال گذشته این مطلب نمایان می‌گردد که بالگرد بل ۲۰۵ با نرخ ۳۶- درصد نسبت به نرمال به‌عنوان ایمن‌ترین بالگرد و بالگرد شنوک با نرخ ۱۳۵+ درصد نسبت به نرمال دارای بالاترین نرخ ریسک حوادث است. همچنین در بین هواپیماهای هوانیروز، هواپیمای توربو کماندر ۱۵۷+ درصد نسبت به نرمال، دارای بالاترین نرخ ریسک و هواپیمای فالکن ۲۰ با ۳۳- درصد نسبت به نرمال ایمن‌ترین هواپیما در سال‌های اخیر بوده است. همچنین با نگرش به فراوانی ارقام سوانح هوایی در پایگاه‌های هوانیروز و ساعت پرواز انجام‌شده

درمی‌یابیم که پایگاه‌های هدفکش و آبیک علیرغم انجام پروازهای محدود دارای بالاترین ریسک ازنظر وقوع حوادث می‌باشند و از سوی دیگر مرکز آموزش شهید وطن پور که بالاترین میزان پروازهای هوانیروز را به خود اختصاص می‌دهد به علت بهره‌گیری از اساتید مجرب و کارآزموده و رعایت بیشتر اصول ایمنی از ریسک بسیار پایینی نسبت به سایر پایگاه‌های هوانیروز برخوردار است. لذا از درخت تصمیم ترسیم‌شده چنین برداشت می‌شود که اگر تغییری در رویکردها و رویه‌های موجود صورت نگیرد، پیش‌بینی می‌گردد که علیرغم اینکه در پروازهای آتی، بیش از نیمی از وقایع پروازی به علت هوشیاری کروی پروازی و انجام عکس‌العمل به‌موقع در زمان بروز رویدادها و حالات اضطراری، سالم به زمین خواهند نشست اما همچنان ۸٪ احتمال وقوع سانحه کلی وجود دارد و آموزش‌های خلبانی در اجرای موفق فرودهای اضطراری (احتیاطی و اجباری) و همچنین نحوه عمل در مأموریت‌های رزمی ازجمله درگیری با اشرار، نقش مؤثری در پیشگیری از سوانح خواهد داشت.

قدردانی

از خبرگان توانمندی که در طول پژوهش، دانش خویش را سخاوتمندانه در اختیار محققان این پژوهش قرار دادند و استواری پژوهش حاضر بر مشارکت و دانش این بزرگواران قرارگرفته است بسیار سپاسگزاریم.

منابع

- پرهیزی، شقایق(۱۳۸۷)، به‌کارگیری تکنیک‌های داده‌کاوی در شناسایی، تحلیل، دسته‌بندی، پیش بینی و کنترل فاکتورهای مؤثر در وقوع حوادث در یک مجتمع پتروشیمی، *کنفرانس داده‌کاوی ایران*، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر۱۳۸۷
- جلالی؛ عبدالعلی، روح الهی؛ احمدعلی. (۱۳۹۶). *شناسایی و اولویت‌بندی عوامل ایجاد ریسک پروازی در فرودگاه و مناطق اطراف آن*. دوماهنامه سلامت کار ایران خرداد و تیر ۱۳۹۶, ۱۴(۲)، ۵۴ - ۳۷
- حسن‌پور، حمید. (۱۳۹۳). نقش هوانیروز در عملیات واکنش سریع با تأکید بر عملکرد هوانیروز ایران در سال اول جنگ ایران و عراق. فصلنامه *علوم و فنون نظامی*، ۱۰(۳۰), ۳۹-۶۳.

- روح‌الهی احمدعلی، مرادی شعبان. (۱۳۹۳)، *بررسی مؤلفه‌های فرهنگ ایمنی در صنعت هواپیمایی*، دوماهنامه سلامت کار ایران " ۱۱(۶)، ۸۴-۹۳
- زارع، ابوذر، سید حسین ساداتی و یوسف عباسی(۱۳۹۵)، بررسی سوانح هوایی ایران از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۳، *شانزدهمین کنفرانس بین‌المللی انجمن‌های هوافضای ایران*، تهران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- زند، عباسعلی. (۱۳۹۹). *تحلیل سوانح پروازی هوانیروز در بازه زمانی ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۸ با استفاده از ابزارهای داده‌کاوی*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده تحصیلات تکمیلی. دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری.
- علی زنگویی و همکاران، (۱۳۹۴)، ارائه مدل تصادفات رمپ فرودگاه و راهکارهای کاهش آن، مطالعه موردی: فرودگاه مهرآباد تهران، *نشریه مهندسی حمل‌ونقل*، ۶(۴)، ۵۶۳-۵۸۰.
- گروه مؤلفین (۱۳۹۷)، *SOP هوانیروز*، انتشارات معاونت آموزش و پژوهش هوانیروز.
- مریم زارعی، معصومه کربلا آقائی کامران و سعید رضایی شریف‌آبادی (۱۳۹۷). امکان‌سنجی ایجاد آرشیو در دفتر بررسی سوانح و حوادث سازمان هواپیمایی کشوری ، *فصلنامهٔ علمی- پژوهشی، سازمان اسناد و کتابخانهٔ ملی ج.ا.ایران*، ۱۳۹۷ (۴)، ۱۲۶ – ۱۶۵
- Berry, M. J., & Linoff, G. S. (2004). *Data mining techniques: for marketing, sales, and customer relationship management*. John Wiley & Sons.
- Gonçalves Filho, A. P., Souza, C., Siqueira, E., Anderson, M., & Vasconcelos, T. (2018, July). Human Factors and Helicopter Accidents: An Analysis Using the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 105-112). Springer, Cham.
- Gong, L., Zhang, S., Tang, P., & Lu, Y. (2014). An integrated graphic–taxonomic–associative approach to analyze human factors in aviation accidents. *Chinese Journal of Aeronautics*, *27*(2), 226-240.
- Tiwari, P., Kumar, S., & Kalitin, D. (2017, March). Road-user specific analysis of traffic accident using data mining techniques. In *International Conference on Computational Intelligence, Communications, and Business Analytics* (pp. 398-410). Springer, Singapore.