

# ارائه مدلی بر مبنای پویایی‌شناسی سیستم برای بهبود ایمنی پرواز

ابراهیمی، عاطفه<sup>1</sup>، نجفی، امیر<sup>2\*</sup>

1- کارشناس ارشد، مدیریت اجرایی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

2- استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

(دریافت مقاله: 1394/07/06 تاریخ پذیرش: 1395/03/20)

## چکیده

از آنجا که مدیریت ایمنی پرواز از مهمترین مسائل مربوط به صنعت هوانوردی می‌باشد و در پیشگیری از وقوع حوادث نقش به‌سزایی ایفا می‌کند و با در نظر گرفتن پویایی و پیشرفت تکنولوژیکی دنیای امروز که بی‌وقفه رو به رشد است، تغییر دیدگاه مدیران این صنعت به نگرشی سیستمی و پویا می‌تواند موجب بهبود عملکرد و کارایی در برنامه‌ریزی‌های متناسب با صنعت گردد. در مرحله اول این پژوهش، مهمترین علل موثر بر ایمنی پرواز از منابع کتابخانه‌ای و بررسی نظرات خبرگان مشخص شده‌اند. در مرحله دوم علل بدست آمده بر مبنای نوع ارتباط با یکدیگر طبقه‌بندی شده و سپس نوع ارتباط موجود بین متغیرها و همچنین نرخ هریک با کمک نظرات خبرگان مشخص شده است. در ادامه متغیرها و ارتباطات موجود با استفاده از نرم‌افزار (Vensim) مدل‌سازی و تحلیل شده است.

**واژه‌های کلیدی:** پویایی‌شناسی سیستم، ایمنی پرواز، مدل دینامیکی

## Offering the model based on system dynamics for improvement of flight safety

### Abstract

Since the flight safety management is one of the main issues in the aviation industry, and it has a critical role in preventing different accidents. Considering the non-stop technological and dynamic improvements in today's world, a change in the attitude of this industry's managers to dynamic and systematic view, can lead to a better performance and efficiency in scheduling and planning in the mentioned industry. In first step of this research, the most important affected factors which have a considerable influence on flight safety was distinguished from library sources and expert's opinions. In the second step, the chosen factors were categorized based on the kind of relations between them, then the type of their relations and the impression rate of each factor were classified based on expert's opinions. After that the variables and relations were analyzed with Vensim software, and the model were made.

**Keywords:** System dynamics, Flight safety, Dynamic model

### مقدمه

صنعت حمل و نقل هوایی اعلام کرد، کاهش میزان سوانح تا رقم صفر، نخستین و مهمترین اولویت این صنعت می‌باشد. بدین ترتیب، به منظور دستیابی به این هدف بزرگ، باید حاشیه‌های ایمنی افزایش یافته و خطرات، پیش از وقوع مورد شناسایی قرار گیرند. بنابراین برای تسلط کامل بر موضوع ایمنی در صنعت هوانوردی، شناسایی خطرات و موانع اصلی و

برای آگاهی از عوامل موثر در میزان سوانح هوایی، شناسایی مسایل و مشکلات بزرگ و کوچک موجود در صنعت هوانوردی امری بسیار ضروری است. از سوی دیگر، سطح ایمنی هوایی نیز با اجرای برنامه‌های پیشگیری از حوادث بهبود می‌یابد. در کنفرانس ایمنی هوانوردی امریکا در سال 1995،

\* نویسنده پاسخگو، asdnjfg@gmail.com

و در نهایت در مدیریت فرایندهای کسب و کار رشد و گسترش یافته است.

چالش اصلی این تحقیق، ارائه مدلی سیستماتیک است که با توجه به پویایی و پیچیدگی محیط، با نگرش سیستمی به عوامل خرد و کلان تاثیرگذار بر مقوله ایمنی پرواز، به بررسی عوامل شناخته شده در تحقیقات گذشته پرداخته و تاثیر این عوامل بر کل سیستم ایمنی را با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم نمایش دهیم. همچنین با استفاده از نرم‌افزار، مدل جدیدی از میزان تاثیر این عوامل در کل سیستم را شبیه‌سازی کرده تا از طریق تقویت یا تعدیل حلقه‌های مثبت تاثیرگذار سیستم به وسیله تکنیک‌های مدیریت، راهکارهای بهبود و افزایش عملکرد ایمنی پرواز در شرکت‌های هواپیمائی ارائه دهیم.

### پیشینه پژوهش

پویایی‌شناسی سیستم: سیستم‌های پویای پیچیده موانع بسیاری بر سر راه یادگیری ایجاد می‌کنند. چالش بهبود روش یادگیری ما در مورد این سیستم‌ها خود یک مسئله کلاسیک سیستم‌ها است. پویایی‌شناسی سیستم‌ها روشی است قدرتمند برای کسب بینش مفید در شرایط پیچیدگی پویا و مقاومت در برابر سیاست. پویایی‌شناسی سیستم‌ها بطور روز افزون برای طراحی سیاستهای موفق‌تر در شرکت‌ها و در زمینه سیاست-گذاری‌های عمومی به کار می‌رود. البته هیچ روشی نوش‌دارو نیست. برای غلبه بر موانع یادگیری باید از روشها و رشته‌های متعدد، از ریاضیات و علوم رایانه گرفته تا روان‌شناسی و تئوری سازمانی بهره جست. مداخله در سازمان‌های واقعی باید بر پایه کارهای تحقیقاتی عمیق و دنباله دار صورت پذیرد.

رشته پویایی‌شناسی سیستم خود، پویا است و مطالعات نظری باید با کارهای میدانی همراه شود. پیشرفت‌های اخیر در مدل‌سازی تعاملی، ابزار نمایش ساختار بازخوردها، و نرم-افزارهای شبیه‌سازی این امکان را برای هرکسی فراهم می‌کنند تا وارد فرایند مدل‌سازی شود. شرکت‌ها، دانشگاه‌ها و مدرسه‌ها به شدت در حال تجربه و یادگیری‌اند. سابقه مداخله‌های موفقیت‌آمیز و تحقیقات بینش‌آفرین در حال تکمیل است. اما کارهای زیادی برای آزمون کارایی ابزار، ارزیابی تاثیر آنها بر یادگیری فردی و سازمانی و توسعه راههای موثر برای آموزش دیگران برای استفاده از آنها لازم است. تاکنون هیچ گاه چالش-

در عین حال بکارگیری تمام ابزارهای آموزشی ممکن در راستای تقویت فرهنگ ایمنی در داخل خطوط هوایی امری لازم و ضروری است.

در بحث سوانح هوایی عوامل مهم تاثیر گذار عمده به چهار بخش نرم‌افزار، سخت‌افزار، زیست‌افزار و محیط طبقه‌بندی می‌شود [1] که هر بخش خود شامل متغیرهایی است که بطور مستقیم یا غیرمستقیم بر کل سیستم تاثیر می‌گذارد. ما در این تحقیق مدل دینامیکی ارائه خواهیم داد و بر پایه عوامل کلان فوق و مطالعات دیگر حوزه مدیریت ایمنی پرواز و عوامل شناخته شده تا کنون، حلقه های علی و معلولی تاثیرگذار بر سیستم را می‌سازیم. با استفاده از این مدل پویا، می‌توان بصورت عینی و کمی، میزان تاثیر هر یک از متغیرها را بر کل سیستم ایمنی پرواز مشخص کرد و با اتخاذ تصمیمات صحیح مدیریتی و مناسب به نحو مطلوب آن را تغییر داد که در نهایت موجب تاثیر بر کل سیستم شده و هدف که ارتقا سطح ایمنی است میسر می‌گردد [2].

براساس نظریه عمومی سیستمهای برتالنفی (Ludwig Von Bertalanffy)، هر پدیده‌ای در جهان هستی را می‌توان سیستمی در نظر گرفت که در تعامل با اجزای خود در حال زیست است. تئوری سیستم‌ها یک روش تحلیل و تفکری است که با تاکید بر دید کلی و فراگیر بر مجموعه دارد، محقق یا کاربر سیستم را قادر می‌سازد میزان تاثیر هر متغیر که خود تخصص و زمینه‌ای مجزا دارد را در کل مجموعه بسنجد.

اصول و مکانیزم‌های پویایی‌شناسی سیستم ابتدا در دهه 1940 توسط فارستر (Forrester) و همکارانش مطرح و بررسی‌هایی بر روی آن انجام شد. پویایی‌شناسی سیستم روش درک انواع مشخصی از مسائل پیچیده سیستم است. این رشته در واقع از صنعت و مسائل ناشی از آن نشأت گرفته است. کار نخستین آن با برخی از مسائل مدیریتی نظیر بی‌ثباتی در تولید و اشتغال، رشد کم یا ناسازگاری فعالیت‌های سازمان‌ها و کاهش سهم بازار در ارتباط بوده است. پویایی‌های سیستم که قبلاً به پویایی‌های صنعت مرسوم بود در ابتدای ظهور خود، در حل مسائل متنوع کاربرد گسترده‌ای یافت. این پدیده در زمینه‌های مختلف از مدیریت پروژه‌های تحقیق و توسعه گرفته تا برنامه-ریزی شهری، رشد و اضمحلال جمعیت جامعه انسانی، درک آثار رشد نمایی و حالات آن در جهان متناهی و کاهش منابع طبیعی و حتی آزمون نظریه‌های پزشکی از جمله بیماری قندی

های جهان پویای پیرامون ما به این اندازه ترس برانگیز نبوده‌اند. هیچ‌گاه نیز موقعیت‌ها تا به این اندازه فراوان نبوده است. اکنون زمان مهیجی برای یادگیری در درون و درباره سیستم‌های پیچیده است. مفاهیم نظری پویایی سیستم بر اساس اصل تفکر سیستمی است که دنیا را متشکل از کل‌هایی به نام سیستم می‌داند. خواص سیستم از جمع خواص اجزا آن به دست نمی‌آید، بلکه حاصل مطالعه اجزاء و روابط آنها است، در واقع سیستم برابر با جمع اجزای خود نیست و باید به عنوان یک کل مد نظر قرار گیرد [3].

مدل‌سازی دینامیکی: مدل‌سازی یکی از تکنیک‌های ذهنی بشر است که نه تنها برای هدف‌های علمی، بلکه برای انجام امور روزمره بشر به دفعات مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل‌سازی بطور کلی یعنی مشابه‌سازی یک محیط با اندازه‌های متفاوت از محیط واقعی و احتمالاً مواد و مصالحی متمایز از جنس مواد و مصالح محیط مدل شده. در مدل‌سازی، ابتدا اجزای محیط واقعی انتخاب شده، متناسب با هدف مورد نظر از مدل‌سازی ویژگی‌هایی از هریک از اجزای واقعی، انتزاع می‌شود یعنی به ازای هر یک از اجزای محیط واقعی، یک موجودیت تجربیدی ساخته می‌شود و با برقراری ارتباطی مشابه با ارتباط اجزای واقعی، در میان موجودیت‌های تجربیدی، محیط واقعی مدل می‌شود [4].

پویایی‌شناسی سیستم بر پایه ساخت مدل بنا نهاده شده است. مدل‌سازی براساس پویایی سیستم دربرگیرنده تکرار دائمی بین آزمایش‌ها و یادگیری در دنیای مجازی و تجربه‌ها و یادگیری در دنیای واقعی می‌باشد استراتژی‌ها، ساختارها و قوانین تصمیم بکار رفته در دنیای واقعی را می‌توان در دنیای مجازی (مدل)، ارائه و آزمون کرد. تجربه‌ها و آزمون‌های بعمل آمده، مدل‌های ذهنی ما را تغییر داده، منجر به طراحی استراتژی‌های جدید، ساختارهای جدید و قوانین و تصمیم‌های جدید می‌گردند. سپس این سیاست‌های جدید در دنیای واقعی بکار می‌رود، بازخورد اثرهای آنها به دیدگاه‌های جدید و اصلاحات بیشتر در هر دو مدل رسمی و ذهنی منجر می‌شود. مدل‌سازی، فعالیت یکباره نیست که در وهله اول جواب دهد، بلکه چرخه‌ای مستمر، بین دنیای مجازی و دنیای واقعی می‌باشد.

مدل‌سازی فرایند تکراری است. هیچ فردی تا به حال مدلی را با شروع از قدم اول و پیشبرد آن از طریق فهرستی از

فعالیت‌ها نساخته است. مدل‌سازی فرایندی پیوسته از تکرارهایی است که بین گام‌های مدل‌سازی یعنی چارچوب بندی مسئله، ایجاد فرضیه، گردآوری داده، فرموله کردن مدل، آزمون و تحلیل صورت می‌گیرد. در این میان بازنگری‌ها و تغییرات، بن‌بست‌ها و بازگشایی وجود دارد. مدل‌سازی اثربخش پیوسته میان تجربیات دنیای مجازی مدل و تجربه‌ها و گردآوری داده‌ها در جهان واقعی گردش می‌کند.

مدیریت ایمنی سازمان هواپیمایی کشوری: به دستور ریاست محترم سازمان مدیریت ایمنی سازمان هواپیمایی کشوری "مدیریت یکپارچه ایمنی هوانوردی" در ساختار تشکیلاتی این سازمان راه‌اندازی شده است. سازمان بین‌المللی هوانوردی کشوری پس از بررسی و مطالعات گسترده تدوین و اجرای این برنامه را برای کشورهای عضو این سازمان الزامی داشته و گزارشات عملکرد مربوط به آن را از کشورها خواستار می‌باشد.

معرفی سامانه مدیریت یکپارچه ایمنی (ISMS)<sup>1</sup>: ایکائو بمنظور تدوین و اجرای سامانه مدیریت ایمنی (SMS)<sup>2</sup> سند Doc9859 را به عنوان سند مرجع تدوین، و منتشر نموده است. برابر مندرجات این سند موارد ذیل بیان می‌گردد:

1- در سامانه مدیریت ایمنی رویکرد "اقدام و اصلاح بعد از وقوع سانحه و حادثه" به رویکرد "پیشگیرانه" تغییر یافته است. (علاج واقعه قبل از وقوع)

2- برای تدوین و اجرای سامانه مدیریت یکپارچه ایمنی هوانوردی لازم است برنامه ایمنی و راهبردی ایمنی سازمان هواپیمایی کشوری در قالب یک برنامه ایمنی تدوین، ابلاغ و اجرا گردد.

سامانه مدیریت ایمنی هوانوردی در حوزه‌های چهارگانه صنعت هوایی کشور که شامل شرکت‌های هواپیمایی، مراکز خدمات ترافیک هوایی، فرودگاه‌های کشور و مؤسسات و مراکز طراحی ساخت و تعمیر و نگهداری وسایل پرنده می‌باشد، باید تدوین، اجرا و پیاده‌سازی گردد.

3- سامانه مدیریت ایمنی در هر یک از حوزه‌های یادشده فوق تشکیل و به صورت سازمان یافته، منظم، روشمند و برنامه‌ریزی شده، کلیه موارد و عوامل موثر در ایمنی در امور تخصصی، فنی و عملیاتی را به طور مستمر تحت مدیریت و کنترل خود قرار دهد.

- ایجاد تشکیلات: عمدتاً در روند به وجود آوردن فرهنگ و دانش ایمنی

- ارزیابی ایمنی: از طریق تجزیه و تحلیل و پیگیری وقایع خطرناک

- گزارش‌های اتفاقات: به صورت رسمی و منظم

- شناسایی خطرات: از طریق بررسی ایمنی، بازرسی ایمنی عملیات پرواز، ارزیابی ایمنی تجزیه و تحلیل اطلاعات، بازرسی ایمنی عملیات خط پرواز بازرسی ایمنی عملیات عادی، بازرسی تجهیزات، امکانات، ماشین آلات ابزار و رویه‌ها و فرایندها.

- بررسی تجزیه و تحلیل: از طریق پیگیری اتفاقات و شرایط غیرایمنی کنترل و مراقبت عملکرد: از طریق ممیزیهای داخلی و روشمند

- ترفیع و ترویج ایمنی: از طریق انتشار نتایج بررسی‌ها و تحلیلی

- نظارت بر ارزیابی ایمنی: از طریق حاکمیت بصورت قانون‌مند

10- فرایند و مراحل مدیریت ایمنی شامل: جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها و مدارک اسناد شواهد برای شناسایی شرایط غیرایمن و خطرات ایمنی و تعیین عملکرد ایمنی از طریق "رویه کاری" تجهیزات، نیروی انسانی، تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات مرتبط با ایمنی، برای شناسایی خطرات ایمنی به صورت کمی و کیفی که: چه چیزی می‌تواند اتفاق بیفتد؟ چگونه؟ و کی؟

- اولویت‌بندی شرایط غیرایمن: یک فرایند ارزیابی مخاطره، شدت و جدی بودن وقوع خطر را تعیین می‌کند

- تعیین راهبرد و سیاست اداری و برخورد با ریسک و مخاطره

- تأیید راهبرد از سوی مدیریت ارشد، از طریق مذاکره و معتقد نمودن او

- تعیین و محول نمودن مسئولیت‌ها و اجرای راهبرد تعیین شده و تخصیص منابع و برنامه‌ریزی

- بازنگری و ارزشیابی مجدد وضعیت به منظور دستیابی به بهینه‌سازی و اصلاحات لازم سیستم

- جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های لازم برای بهبود ایمنی [5].

بی‌سین لین در مقاله خود به بررسی رابطه میان فرهنگ ایمنی و هویت سیستم مدیریت ایمنی در سازمان پرداخته تا

4- مدیریت یکپارچه ایمنی هوانوردی خطرات آشکار و پنهان در حوزه‌های مختلف را شناسایی و با مدیریت ریسک‌های موجود و تدوین و راهبردهای موثر و اجرای آنها، ایمنی هوانوردی را ارتقاء می‌بخشد.

5- مدیریت ایمنی سازمان هواپیمایی کشوری، موسسات و مراکز هوانوردی و شرکت‌های هواپیمایی را در شفاف‌سازی و تبادل اطلاعات تشویق و ترغیب می‌نماید.

6- مدیریت ایمنی سازمان هواپیمایی کشوری برنامه‌های بازرسی و ممیزی‌های مربوط به ایمنی را به عهده دارد و با انجام ممیزی‌های پی در پی از چهار حوزه مختلف هوانوردی (به شرح یاد شده در فوق) و تهیه گزارشات مکتوب و جامع نسبت به الزام تدوین و اجرای سامانه یکپارچه و مدیریت ایمنی: ISMS، در چهار حوزه هوایی به موازات اجرای مقررات، استانداردها و الزامات هوانوردی اقدام می‌نماید.

7- سامانه مدیریت یکپارچه ایمنی در هوانوردی و حمل و نقل هوایی می‌بایستی، سیستماتیک پیشگیرانه و صریح و آشکار باشد.

8- با اجرای یکپارچه مجموعه عناصر تعریف شده در سامانه ISMS نیل بر اهداف نگرش جدید ایمنی در هوانوردی و حمل و نقل هوایی کشور امکان‌پذیر خواهد بود. این عوامل موثر عبارتند از:

- تعهد مدیریت ارشد و مسئولین مؤسسه به مدیریت ایمنی

- فرهنگ سازی ایمنی

- روش‌های عملی مدیریت مخاطرات

- تهیه و پیاده‌سازی فهرست‌های بازرسی و ممیزی

- ایجاد جو مناسب و تشویق گزارش‌دهی شفاف سوانح و حوادث

- تجزیه و تحلیل و شرکت در اطلاعات ایمنی

- بررسی و تحقیق سوانح برای مشخص نمودن نقایص ایمنی

- آموزش‌های ایمنی (مدیریت و پرسنل)

- شراکت در آموزش‌ها با تبادل اطلاعات و دانش فنی

- نظارت سیستماتیک بر ایمنی و ارزیابی عملکرد ایمنی

9- فعالیت‌های کلیدی مدیریت ایمنی را می‌توان در چند مورد ذیل خلاصه نمود؛

1966 تاکنون پرداخته شده، علی رغم تلاش وافر متخصصان و کارشناسان داخلی به منظور به حداقل رساندن آثار ناشی از تحریم‌های یادشده، تأثیراتی منفی بر ایمنی فعالیت‌های هوانوردی کشورمان به جای گذاشته است. جمهوری اسلامی ایران در راستای رفع این تحریم که نقض آشکار تعهدات بین المللی کشور امریکاست، اقداماتی حقوقی و غیرحقوقی از طریق مقامات و مراجع ذیربط بین‌المللی به عمل آورده که متأسفانه تاکنون منجر به نتیجه قطعی نشده است. در این مقاله ضمن تشریح موضوع یادشده، به آثار ناشی از آن بر بخش‌های مختلف صنعت حمل و نقل هوایی و هوانوردی کشورمان از جمله ایمنی پرواز هواپیماها، اقدامات به عمل آمده از سوی سازمان هواپیمایی کشوری جمهوری اسلامی ایران و همچنین اقدامات معمول توسط سازمان ایکائو و نیز مستندات حقوقی نقض حقوق بین‌الملل از سوی کشور امریکا به عنوان یک کشور عضو ایکائو و سازمان ملل متحد بطور گذرا اشاره شده است [13].

همانگونه که در مطالعات فوق مشاهده می‌شود هر یک از مقاله‌های ذکر شده به بررسی جنبه‌ای از عوامل و فاکتورهای تأثیرگذار بر ایمنی پرواز پرداخته و برای بهبود مدیریت ایمنی پرواز راهکارهایی را ارائه داده‌اند. که در اکثر این مقالات خطای انسانی و اساساً هر فعالیتی که انسان در آن دخالت دارد از جمله مهمترین فاکتورهای اثرگذار شناخته شده است. در این تحقیق با در نظر گرفتن موارد فوق با بکارگیری علم پویایی شناسی سیستم‌ها با روشی جدید به بررسی متغیرها و اثرات آنها می‌پردازیم که در هیچ یک از تحقیقات فوق، روش پویاشناسی بکارگرفته نشده است.

### روش پژوهش

این تحقیق، کاربردی، کیفی و توصیفی است و بر اساس گام‌های روش پویایی‌شناسی سیستم مرحله به مرحله انجام شده است (شکل 1) که شامل:

- تعریف مسئله
- توسعه و ایجاد یک فرضیه پویا برای تشریح آثار مسئله
- ساختن یک مدل شبیه‌سازی شده از سیستم
- آزمون مدل برای کسب اطمینان از درستی عملکرد آن در دنیای حقیقی
- حصول نتایج [3].

آگاهی بیشتری نسبت به چگونگی درک سازمانی کارکنان شرکت‌های هواپیمایی و فرهنگ ایمنی که ابزار اجرای موفق سیستم مدیریت ایمنی می‌باشد فراهم نماید. و یافته‌های این تحقیق بیانگر این است که فرهنگ ایمنی نتیجه اجرای SMS یا همان سیستم مدیریت ایمنی است. به علاوه فاکتور وفاداری به هویت سازمان، به صورت مثبت و چشمگیری بر اساس پیش‌بینی اجرای SMS در میان فرهنگ سازمانی می‌باشد [6].

از نظر پی سی کاسیابو و همکارانش تعیین یک سیستم مدیریت ایمنی SMS، در شرایط عملیاتی واقعی، نقش کلیدی در ایجاد بینش پیش‌بینانه ایمنی پرواز دارد و کاربرد سیستم مدیریت ایمنی نیازمند تغییر عمیق فرهنگی و تلاش در سطح اقتصادی و سازمانی است که منجر به تاخیر در تعیین دستورالعمل‌های لازم‌الاجرا به وسیله مسئولان سازمان هواپیمایی کشوری بین المللی می‌گردد. در این مقاله روشی را بر پایه اجرای پروسه مدیریت ریسک شرح می‌دهد که راهبردی عملی است و قابلیت برخورد با مشکلات را با استفاده از مدلی که بر اساس "تغییر موقعیت" در شرایط واقعی پرواز ارائه شده، دارد و راه‌های مواجهه با بحران‌ها و خطراتی که نیاز به واکنش سریع عملیاتی دارد ارائه می‌دهد [7].

در مقاله‌های فدجان ت جاسو و میلان جانیک، با تاکید بر مدیریت ریسک و ژانگ زیائوبو و چن جیو شنگ، با استفاده از روش AHP به رتبه‌بندی عوامل موثر بر ایمنی پرواز پرداخته و مدلی جهت بهبود عملکرد ایمنی ارائه می‌دهند [1] و [8]. چینگ فو چن و شوچوان چن، کیانگ سویی و بی لی، در مقاله خود به تاکید بر نقش سیستم‌های مدیریت ایمنی پرواز پرداخته و در حیطه مطالعه خود راهکارهایی جهت بهبود سیستم مدیریت ایمنی ارائه می‌دهد [9] و [10].

در مقاله محمدرضا مروی نام که در آن مدل سمنان را ارائه می‌دهد، با استفاده از عوامل مفروض موثر در بروز سانحه، و با تفکیک عامل انسان به دو حوزه انسان و نظارت و کنترل، و تقسیم عامل ماشین به دو مقوله سخت‌افزار و نرم‌افزار و محیط، مدل سمنان را پیشنهاد داده است. که در آن عامل نظارت و کنترل به عنوان محور این مدل در نظر گرفته شده است [11] و [12].

درمقاله معصومه ابراهیمی به اعمال مجازات‌های اقتصادی امریکا علیه صنعت حمل و نقل هوایی و هوانوردی کشورمان از اواخر دهه 80 و تشدید و استمرار مجازات‌های مذکور از سال

اثبات شده است. روایی پرسش‌ها از طریق تایید خبرگان و پایایی پرسش‌های مصاحبه، از طریق نرم‌افزار SPSS آزمون شده است. به این صورت که برای چهار فاکتور اصلی تاثیرگذار بر ایمنی پرواز، 3 سوال مطرح، و برای هر سوال به صورت جداگانه آزمون پایایی اجرا گردید و برای کل سوالات پرسشنامه عدد آلفای کرونباخ 0/939 به دست آمده که نشان پایایی بالای کل پرسش‌های مطروحه است.

گام دوم: با استفاده از اطلاعات به دست آمده از بررسی سوانح (شامل: Accident, Incident, Crash) روی داده برای هواپیمائی ایران ایر در بازه زمانی 2008 تا 2015 که از پایگاه اطلاعاتی Aviation Herald استخراج گردیده و با استفاده از نظر خبرگان، روابط میان متغیرها تعریف و فرضیه‌ای پویا مبنی بر بهبود ایمنی پرواز از طریق کاهش اثر عوامل کاهنده ایمنی و افزایش و تقویت عوامل اثرگذار مثبت در ایمنی پرواز شکل گرفت.

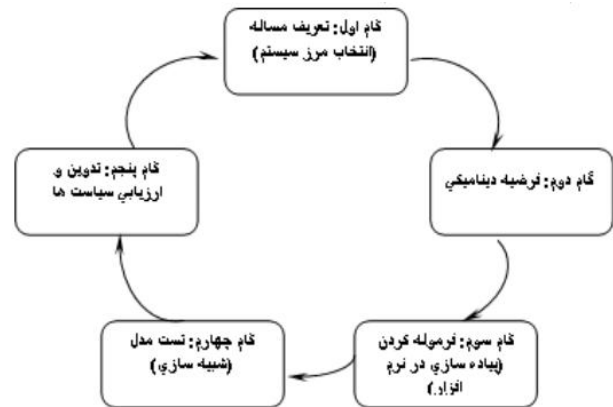
گام سوم: روابط بین متغیرها با استفاده از منابع ذکر شده تعریف و به کمک نرم افزار Vensim، مدل‌سازی صورت گرفته است.

گام چهارم: مدل در بازه زمانی فرضی 30 ساله به منظور پیش‌بینی وضعیت ایمنی با ادامه شرایط موجود شبیه‌سازی شده است.

گام پنجم: با در نظر گرفتن خروجی‌های نرم‌افزار که حاصل شبیه‌سازی در گام قبل می‌باشد، سیاست‌گذاری و پیشنهادات در راستای بهبود ایمنی ارائه می‌گردد.

### روال بهینه‌سازی و تحلیل حساسیت

مساله بهینه‌سازی در واقع یافتن جواب یا جواب‌هایی بر روی یک مجموعه از گزینه‌های امکان‌پذیر (با رعایت قیود مساله) با هدف بهینه کردن معیار یا معیارهای مساله است. بهینه‌سازی چندهدفه برخاسته از روش‌های تصمیم‌گیری در دنیای واقعی است که شخص تصمیم‌گیرنده با مجموعه‌ای از اهداف و معیارهای متضاد و متعارض روبروست. در این گونه از مسایل برخلاف مسایل بهینه‌سازی تک‌هدفه و به خاطر وجود چند هدف متعارض به جای تنها یک جواب، مجموعه‌ای از جواب‌ها حاصل می‌شود. در رویکرد بهینه‌سازی، دو نوع برنامه-ریزی خطی و غیر خطی داریم که تابع هدف در این تحقیق از نوع غیرخطی می‌باشد و در برنامه‌ریزی غیرخطی، توابع محدود



شکل 1- گام‌های پویایی‌شناسی سیستم

این پژوهش، مطالعه‌ای موردی در شرکت هواپیمائی جمهوری اسلامی ایران "هما" می‌باشد و طبق گام‌های پویایی-شناسی سیستم مرحله به مرحله پیش رفته است.

گام اول: ابتدا با شناسایی سیستم ایمنی پرواز و مشخص نمودن مرز سیستم، با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و نظر خبرگان، متغیرهای تاثیرگذار بر ایمنی پرواز استخراج شده است. در مرحله بعد از طریق مصاحبه با خبرگان شرکت، که شامل 14 نفر از خلبانان با تجربه و کمک خلبانان و سرمهمانداران شرکت هواپیمائی "هما" می‌باشند، با استفاده از تکنیک دلفی که رویکرد یا روشی سیستماتیک در تحقیق برای استخراج نظرات گروهی از متخصصان در مورد یک موضوع یا یک سؤال است و برای رسیدن به اجماع گروهی از طریق یک سری از راندهای پرسشنامه‌ای با حفظ گمنامی پاسخ‌دهندگان، درخواست قضاوت‌های حرفه‌ای از متخصص همگن و مستقل در مورد یک موضوع ویژه در سطح بزرگ جغرافیایی با استفاده از پرسشنامه صورت می‌گیرد، که تا زمان دستیابی به اجماع نظرات مداوم تکرار می‌شود و روش مطالعه‌ای است چندمرحله-ای برای گردآوری نظرات در مواردی که موضوع ذهنی است و از پاسخ‌های نوشتاری به جای گرد هم آوردن یک گروه متخصص استفاده می‌شود. هدف آن، اجماع با امکان اظهار نظر آزادانه و تجدید نظر عقاید با تخمین‌های عددی می‌باشد، اطلاعات بدست آمده از پرسشنامه‌ای با تعداد 12 سوال، وجود اثر 4 متغیر اصلی در ایمنی پرواز که شامل فاکتورهای انسانی، فاکتورهای فنی، فاکتورهای سازمانی و شرایط محیط می‌باشد تجزیه و تحلیل گردید. داده‌های بدست آمده از پرسشنامه‌ها با استفاده از آزمون تی تست تک نمونه‌ای در نرم افزار SPSS، تحلیل و وجود اثر این متغیرها در شرکت هواپیمائی "هما"

و غیرمحدود داریم که تابع مورد نظر از جنس غیرخطی دارای محدودیت است. نحوه کار بدین صورت است که ما یک تابع هدف داریم که در این تحقیق، مدل برنامه‌ریزی غیرخطی مقید است و همچنین این تابع مبتنی بر یک سری محدودیت‌های خطی حل خواهند شد که برای حل آن از نرم‌افزار Vensim استفاده شده است. و در مدل برای هر یک از فاکتورها و عوامل موثر در آن تابع هدفی تعریف کردیم که در آن محدودیت‌ها (تاخیر و سایر پارامترهای محدودکننده) در راستای بهینه ماندن مقادیر، لحاظ شده و به صورت معادله در نرم‌افزار وارد شده است. سپس نرم‌افزار بر اساس معادله و مدت زمان تعیین شده توسط محقق، نمودارهای شبیه‌سازی شده مدل را ایجاد می‌کند. در این تحقیق بهینه‌سازی با توجه به چندهدفه بودن و وجود حلقه‌ها و نمودارهای علی-معلولی، به صورت غیرخطی می‌باشد.

یکی از مواردی که در مسائل بهینه‌سازی مطرح است تحلیل حساسیت‌سنجی تابع هدف و یا خروجی در نقطه بهینه نسبت به پارامترهای ورودی است. با توجه به اینکه پارامترهای ورودی در شرایط یکسان در نظر گرفته شده‌اند و بدون هیچ پیش‌فرضی نسبت به یک پارامتر مدل‌سازی شده‌اند، لذا می‌بایستی تحلیل حساسیت نسبت به همه پارامترها صورت گیرد که این کار را نرم‌افزار Vensim انجام می‌دهد (در قسمت رنج یا دامنه ایجاد شده است که به راحتی می‌توان انجام داد).

اجزای مدل‌های ایجاد شده بر اساس روش پویاشناسی سیستم عبارتند از: نمودارهای علت-معلولی، حلقه‌های علی و نمودارهای جریان. نمودارهای علت-معلولی ابزاری برای ترسیم ارتباطات علی میان مجموعه متغیرهای (یا عوامل) موجود در داخل یک سیستم هستند. از طرف دیگر، وجود بازخور در روابط علت و معلولی موجب ایجاد حلقه‌های علی می‌شوند. حلقه‌های علی، الگوهای رفتاری متفاوتی دارند که در یک تقسیم‌بندی کلی به حلقه‌های تقویت‌کننده (Reinforcing) و حلقه‌های تعادلی (Balancing) تقسیم می‌شوند. حلقه‌های تقویت‌کننده معادل بازخورد مثبت (R)، حلقه‌های تعادلی معادل بازخورد منفی (B) تعریف می‌شوند.

متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق شامل ایمنی پرواز به عنوان متغیر مستقل، متغیرهای تاثیرگذار اصلی شامل فاکتورهای انسانی، فاکتورهای سازمانی، فاکتورهای فنی و

محیط می‌باشد و متغیرهای اثرگذار دیگری که در مدل علی-معلولی قابل تشخیص می‌باشد.

### شرح مدل علی و معلولی

فاکتورهای انسانی: از سیستمی کوچکتر تشکیل شده که دارای یک متغیر اصلی (مستقل) و چندین متغیر وابسته است از آنجایی که درصد بزرگی از ایمنی پرواز را فاکتورهای انسانی تشکیل می‌دهد، 11 عامل موثر در متغیر اصلی فاکتورهای انسانی از مقاله علیرضا اسماعیلیان دستجردی [14] استخراج شده که به شرح آن می‌پردازیم (شکل 2).

خطای بینایی: متغیری است که به علت اینکه دارای اثر غیرهمسو با متغیر اصلی می‌باشد، دارای علامت منفی است. وجود خطای بینایی موجب کاهش اثر مثبت درصد فاکتورهای انسانی می‌گردد. به این معنی که وجود خطای بینایی کاهش درصد فاکتورهای انسانی و در پی آن کاهش ایمنی را دربر خواهد داشت.

خطای تبدیل واحدهای اندازه‌گیری، خطای زبان، صدای سیستم‌های هشداردهنده، استرس، تغییرات دوره‌ای سیرکادین، خستگی و پیری متغیرهایی هستند که با متغیر اصلی هم‌جهت نیستند لذا در مدل دارای علامت منفی می‌باشند. در مقابل متغیرهای هماهنگی خدمه پرواز، صلاحیت پرواز خلبان هم‌جهت با درصد فاکتورهای انسانی هستند و در مدل علامت مثبت دارند. افزایش در این متغیرها موجب افزایش در متغیر اصلی می‌گردد.

متغیر خستگی و استرس روانی تشکیل یک حلقه تقویتی می‌دهند. از آنجا که خستگی موجب استرس و استرس شدید موجب خستگی می‌گردد (همان منبع)، لذا اثر متغیرهای بر یکدیگر هم‌جهت و مثبت می‌باشد و جمع علامت‌های حلقه تشکیل شده زوج است، لذا در این حلقه تقویت مثبت یا به عبارتی حلقه علی (R) داریم. همچنین تغییرات دوره‌ای سیرکادین و خستگی نیز تشکیل حلقه مثبت می‌دهند و خستگی بر متغیر خطای بینایی تاثیر مثبت دارد و تشکیل حلقه‌های تقویتی می‌دهند. همچنین پیری متغیری است که با خطای بینایی همسو می‌باشد و علامت مثبت است.

متغیر هوشیاری: با صلاحیت پرواز خلبان، هماهنگی خدمه پرواز هم‌جهت می‌باشد لذا دارای علامت مثبت و با

که تاثیر هم‌جهت با متغیر فاکتورهای سازمانی دارد. لذا دارای علامت مثبت می‌باشد.

شرایط کاری: متغیری است که تحت تاثیر مرخصی، حقوق و دستمزد است و همسو و دارای علامت مثبت و از طرفی بر متغیرهای صلاحیت پرواز خلبان و هماهنگی خدمه پرواز اثر گذار است و همسو و دارای علامت مثبت می‌باشد.

فاکتورهای فنی: از دیگر متغیرهای اصلی این مدل می‌باشد که مانند فاکتورهای انسانی سهم نسبتاً چشمگیری در ایمنی پرواز دارد [15]. در این مدل متغیرهای دیگری همچون زنجیره تعمیر و نگهداری، سازه مناسب، تجربه و دانش تخصصی، ابزار مناسب با قطعات، دستورالعمل‌های کارخانه سازنده استفاده شده که همگی هم‌جهت با متغیر اصلی هستند و متغیر قطعات فرسوده که با متغیر اصلی همسو نیست و علامت منفی آن نشانگر این تغییرات است.

زنجیره تعمیر و نگهداری: که تابع متغیرهای دیگری همچون رعایت زمان‌بندی تعویض قطعات، چک‌های دوره‌ای و آزمایش منظم قطعات است و افزایش در این متغیر موجب افزایش در متغیر اصلی می‌شود. یا کاهش در یکی موجب کاهش در دیگری می‌شود.

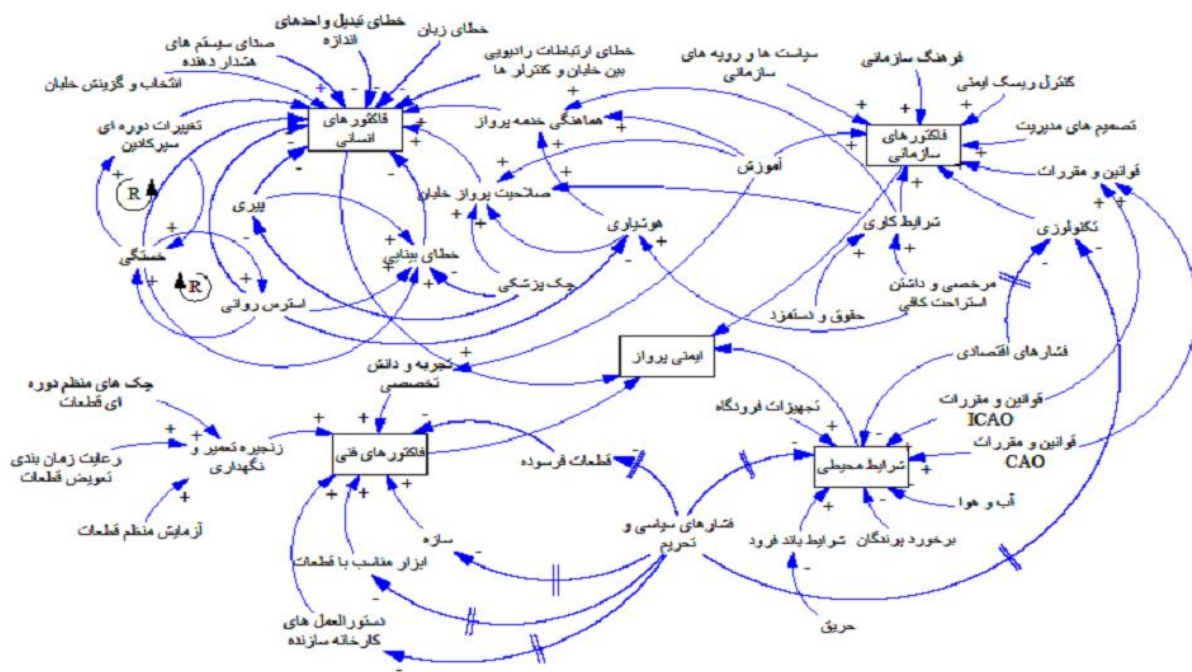
متغیرهای استرس و خستگی غیرهمسو است لذا دارای علامت منفی می‌باشند.

چک پزشکی: متغیری است که با صلاحیت پرواز خلبان و هماهنگی خدمه پرواز همسو و با استرس روانی و خطای بینایی غیر همسو می‌باشد.

مرخصی: متغیری است که با شرایط کاری و هوشیاری همسو و دارای علامت مثبت است و تغییرات دوره‌ای سیرک‌دین، خستگی و استرس غیرهمسو بوده و علامت منفی دارد.

فاکتورهای سازمانی: خرده‌سیستم دیگری است که درصدی از ایمنی پرواز را به خود اختصاص می‌دهد و در مدل دینامیکی حاضر به عنوان یکی دیگر از متغیرهای اصلی که تحت تاثیر متغیرهای دیگر همچون آموزش، شرایط کاری، تصمیم‌های مدیریت، کنترل ریسک ایمنی [10]، سیاست‌ها و رویه‌های سازمانی، تکنولوژی [7] و قوانین و مقررات بین‌المللی می‌باشد و این اثر هم‌جهت با متغیر اصلی یعنی درصد فاکتورهای سازمانی است و علامت این اثرات مثبت می‌باشد. همچنین تاثیر متغیر فرهنگ سازمانی که از فاکتورهای سازمانی محسوب می‌شود از مطالعات پیشین [8] استفاده شده

Causal Loop Diagram



شکل 2- ارتباطات علت- معلولی





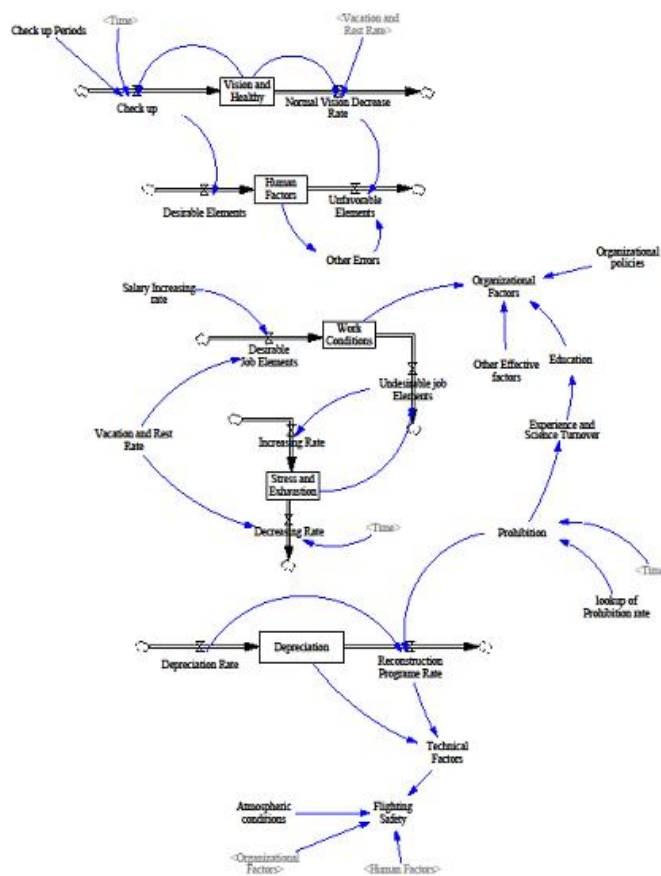
### شرح مدل حالت-جریان

بررسی رفتار سیستم در طول زمان، نیازمند شبیه‌سازی روابط و متغیرها در نرم‌افزار Vensim است که در شبیه‌سازی، نمودارهای جریان معادل حلقه‌های علی خواهند بود. در مدل حالت جریان ایمنی پرواز، بر اساس مصاحبه‌ای که از خبرگان انجام شد، متغیرهایی را انتخاب کردیم که تاثیر بیشتری در ایمنی پرواز "هما" داشتند و برای فرمول‌نویسی در نرم‌افزار، اطلاعات کافی از آن متغیرها وجود داشتند. ابتدا بازه زمانی مورد نظر و همچنین ارتباط بین اجزای متغیرهای سیستم را به صورت فرضیه در نرم‌افزار Vensim تعریف کردیم. که این فرضیه و فرمول‌ها به دلیل اینکه تعریف دقیقی از روابط بین متغیرها وجود ندارد، بر اساس نظر خبرگان؛ بر پایه منطق و داده‌های در دست این روابط ایجاد و تعریف شده است (شکل 4).

شرایط محیط: در این مدل شامل متغیرهای دیگری است که به شرح آن می‌پردازیم: بدی آب و هوا، برخورد پرندگان که با شرایط محیط غیرهمسو می‌باشد لذا دارای علامت منفی است، فشارهای اقتصادی و فشارهای سیاسی و تحریم [13] که دارای علامت منفی و غیرهمسو با شرایط محیط هستند، تجهیزات فرودگاه که دارای علامت مثبت و همسو با متغیر اصلی می‌باشد. شرایط باند فرود [16] که همسو با متغیر اصلی است ولی تحت تاثیر حرق می‌تواند دارای اثر متفاوت شود. و قوانین و مقررات هواپیمائی کشوری و قوانین و مقررات ایکائو می‌باشد که همسو با شرایط محیط و دارای علامت مثبت می‌باشد.

فشارهای سیاسی و تحریم: با دستورالعمل کارخانه سازنده و ابزار مناسب و قطعات و سازه غیرهمسو و دارای علامت منفی، با قطعات فرسوده همسو و دارای علامت مثبت می‌باشد. البته این تاثیرات دارای تاخیر زمانی هستند.

فشارهای اقتصادی: با تکنولوژی غیرهمسو و دارای علامت منفی می‌باشد.



شکل 3- مدل حالت-جریان

شرایط کاری: شرایط کاری نیز تحت تاثیر متغیرهای شرایط مطلوب شغل و نامطلوب می‌باشد و از طریق افزایش حقوق و دستمزد که از عوامل مطلوب شغل می‌باشد، نمودار رفتار نمایی یا رشد صعودی دارد و تحت تاثیر استرس و پریشانی که از عوامل نامطلوب شغل محسوب می‌شود، سیر نزولی دارد.

استرس و اضطراب: استرس و پریشانی روانی متغیری است که تحت تاثیر استراحت و مرخصی کاهش می‌یابد و نمودار رفتار آن نزولی است و تحت تاثیر شرایط بد شغلی افزایش می‌یابد.

فاکتورهای سازمانی: رفتار فاکتورهای سازمانی تحت تاثیر شرایط کاری، تحصیلات، سیاست‌های سازمانی و دیگر عوامل موثر می‌باشد. که شرایط مطلوب شغل تاثیر افزایش دهنده و شرایط نامطلوب تاثیر کاهنده بر این متغیر دارد که این شرایط مطلوب و نامطلوب شغل همانگونه که قبلا توضیح دادیم تحت تاثیر متغیرهای دیگر است که موجب کاهش یا افزایش اثر این عوامل می‌گردد.

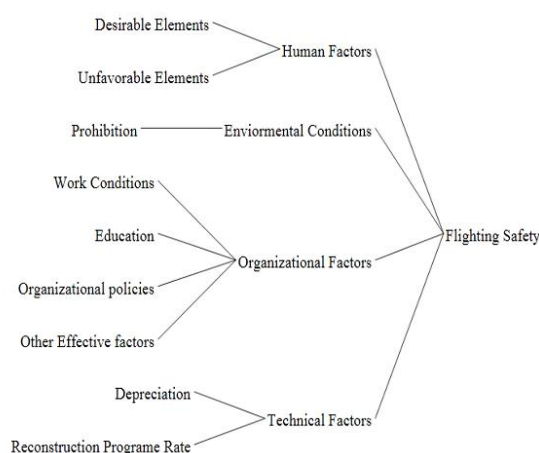
شرایط محیطی: رفتار متغیر شرایط محیطی، تحت تاثیر تحریم و گذر زمان و شرایط جوی است. که اثر تحریم‌ها موجب رفتار نزولی در شرایط محیطی می‌گردد.

استهلاک قطعات: متغیر سطح است و تحت تاثیر یک نرخ استهلاک و تحریم‌هایی که از خارج از سیستم اعمال می‌گردد تغییر می‌کند و به مرور زمان افزایش پیدا کرده است. متغیر استهلاک تحت نرخ استهلاک افزایش می‌یابد و تحت برنامه‌های بازسازی کاهش می‌یابد. که این برنامه‌های بازسازی خود تحت تاثیر تحریم است که با تاخیر، اثرات آن به مرور زمان کاهنده است. (Look up) تابعی است که مربوط به افزایش تحریم‌ها در 30 سال اخیر می‌باشد.)

فاکتورهای فنی: فاکتورهای فنی تحت تاثیر تحریم و استهلاک است. و نمودار رفتار آن نزولی است زیرا هم استهلاک با برخی مشخص افزایش می‌یابد و تحریم‌ها اثرات تشدیدکننده منفی دارند. همانگونه که مشاهده می‌کنید این قسمتی از سیستم ایمنی پرواز می‌باشد که مرزهای آن با توجه به اطلاعات موجود تعیین شده است. هر چه تعداد متغیرهای شناسایی شده که در در این سیستم تاثیرگذار است بیشتر شود رفتار سیستم پویاتر و پیچیده‌تر می‌گردد.

سپس نرم‌افزار بر اساس اطلاعات ورودی، رفتاری را شبیه‌سازی و ترسیم کرده است که نمایش این رفتار خروجی سیستم در شکل 5 قابل مشاهده است. این مدل برای دوره زمانی 30 ساله اجرا شده است. و رفتاری که سیستم از خود نشان می‌دهد، نشانه صحت این روابط می‌باشد. لذا رفتار خروجی متغیرها، بر اساس فرض تعریف شده طبق شکل 3 به شرح زیر می‌باشد.

شکل 4 ارتباط بین متغیرها را نمایش می‌دهد که پس از ورود اطلاعات در نرم‌افزار و اجرای نرم‌افزار شبیه‌ساز Vensim خروجی‌های شکل 5 به دست می‌آید.



شکل 4- پیش فرض مورد استفاده در نرم افزار Vensim

ارتباط سلامت و بینایی: با این فرض که بینایی و سلامتی تحت تاثیر زمان و چک‌های پزشکی می‌باشند، اگر چک‌های پزشکی وجود نداشته باشد بر اثر مرور زمان و اثرات ناشی از فرسایش و پیری، سلامت و بینایی با گذشت زمان کاهش یافته و نمودار رفتار حلقه علی، رو به افول خواهد بود. لذا چک‌های پزشکی، وجود مرخصی و استراحت، موجب تعدیل در رفتار این متغیر به مرور زمان می‌گردد.

فاکتورهای انسانی: در مورد فاکتورهای انسانی که تحت تاثیر عوامل مطلوب شغل و عوامل نامطلوب شغل تعریف شده است، عوامل مطلوب شغلی شامل استراحت و مرخصی می‌باشد که موجب بهبود شرایط و افزایش عوامل مطلوب شغل و به تبع تاثیر مثبت در فاکتورهای انسانی می‌گردد. عوامل نامطلوب شغل که تحت تاثیر خطاهای دیگر و خطای بینایی موجب کاهش سلامتی تاثیر منفی و کاهنده در فاکتورهای انسانی دارد. و در کل رفتار سیستم دارای نمودار نزولی است.

## تجزیه و تحلیل رفتار مدل ایمنی پرواز

در مدل دینامیکی پیشنهادی، برای سیستم ایمنی پرواز با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و نظر خبرگان مرزی را برای سیستم متصور شدیم. سپس مدلی از ارتباطات بین متغیرها به صورت حلقه‌های علی و معلولی ترسیم کردیم که تاثیر هر یک از متغیرها بر یکدیگر و تاثیر در کل سیستم را نمایش می‌داد. با در نظر گرفتن اطلاعات بدست آمده، تعدادی از متغیرها را انتخاب و روابط بین آنها را تعریف و مدل حالت-جریان را با استفاده از نرم‌افزار ترسیم و با بررسی رفتارهای خروجی متغیرهای اصلی که شامل فاکتورهای فنی، فاکتورهای سازمانی، فاکتورهای انسانی و شرایط محیط (شکل 3) بکار گرفته شده و خود این متغیرهای اصلی متاثر از متغیرهای دیگری است، رفتاری که سیستم از خود بروز می‌دهد که در نمودارهای (شکل 5) نیز مشاهده می‌شود به دست آمد. دخالت متغیرهای فوق و اجرای مدل برای 30 سال آینده، نشانگر آن است که اگر شرایط فرضیه‌ها به همان صورت که تعریف شده باقی بماند، یعنی ادامه همین روال جاری، با گذشت زمان و در نهایت پس از 30 سال، شاهد کاهش شدید ایمنی پرواز خواهیم بود زیرا رفتار خروجی مدل به صفر میل می‌کند و مرگ سیستم را رقم می‌زند (شکل 6).

برای بهبود در ایمنی پرواز با در نظر گرفتن رفتار خروجی، باید سیاست‌هایی را پیش گرفت که مانع از افول ایمنی گردد. و با دستکاری متغیرها از طریق بکارگیری سیاست‌های مدیریتی، عواملی که تاثیر مثبت در کل سیستم دارند را تقویت کرده و با اضافه کردن متغیرهای تعدیل کننده، رفتارهایی که منجر به کاهش ایمنی می‌شود کاسته و از افول کل سیستم جلوگیری کنیم. با مطالعه بیشتر در جهت شناسایی و دخالت تعداد بیشتری از متغیرهای تاثیرگذار در این سیستم رفتار خروجی بسیار دقیق‌تر خواهد بود و به تبع قابلیت پیش‌بینی رفتار سیستم و سیاست‌گذاری در جهت بهینه‌سازی و بهبود عملکرد مدیریت افزایش می‌یابد.

## نتایج

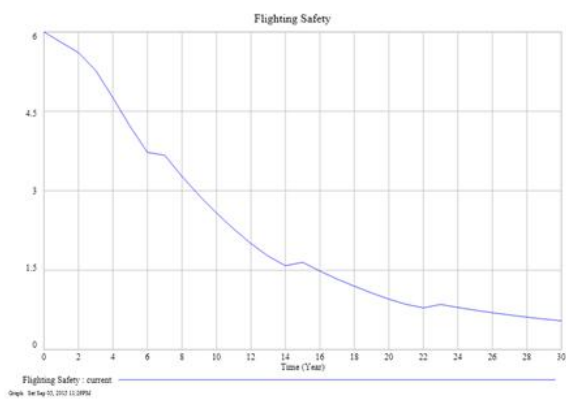
هدف این تحقیق، استفاده از پویایی‌شناسی سیستم در صنعت هوانوردی است و مدل پیشنهادی نمونه‌ای از پیاده‌سازی پویا شناسی در شرکت هواپیمائی ایران ایر می‌باشد. که می‌توان

با در نظر گرفتن خروجی های بهینه سازی و حساسیت‌سنجی، پیشنهاداتی در جهت بهبود ایمنی ارائه نمود. از مهم‌ترین محاسن در مدل‌سازی سیستم‌های پویا، توجه به کلیه عناصر مربوط به سیستم در آن واحد و بررسی تاثیر بازخورد آن عنصر در دیگر عناصر و کل سیستم می‌باشد. لذا با شناسایی دقیق عوامل موثر در سیستم ایمنی پرواز و اجرای مدل شبیه‌سازی شده از شرایط موحود می‌توان عوامل کاهنده و افزایشنده ایمنی را در یک زمان از طریق تاثیر بازخوردهای منفی و مثبتی که حاصل برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های متناسب با ارتقاء سیستم پیش‌بینی شده می‌باشد، به نحوی که نتیجه‌ای مطلوب در کل سیستم حاصل شود، تغییر داد.

خلبان‌ها نیز مانند دیگر انسان‌ها توانایی‌های یک انسان نرمال از جمله بینائی، شنوائی، لامسه، قابلیت حرکت، قابلیت حفظ تعادل، بویائی، چشائی، درک گرما، سرما و درد را دارند. در پرواز نرمال، شرایط بصری، بار ذهنی مختصری بر خلبان تحمیل می‌کند. ولی پرواز غیرنرمال که نیروی گرانش بیشتری ایجاد می‌کند ممکن است باعث شود خلبان جهت فضائی پرواز را گم کند. این وضعیت هنگامی اتفاق می‌افتد که در اثر اختلال در گیرنده‌های بینائی، دهلیز گوش (گوش داخلی)، ماهیچه‌ای و پوستی، توانائی انسان برای درک حرکت، وضعیت و شرایط مربوط به محیط اطراف از دست رفته یا کاهش یابد. و ممکن است خلبانان برای جهت‌یابی فضا به علت گم شدن رفرانس‌های بینائی و ایجاد محیط غیرواقعی دچار مشکلات تفسیری شوند. این شرایط ممکن است در هنگام تغییرات سرعت (مثل حرکات چرخشی) و یا تحت شرایط مشخص دیگری همانند ابتلا به بیماری، خستگی، فشار و استرس روانی، اعتیاد به مواد مخدر و الکل نیز ایجاد شود. و یکی از عواملی که باعث می‌شود تا خلبان کنترل هواپیما را از دست بدهد و در نهایت حوادث هوائی ایجاد شود، همین پدیده است.

یافته‌ها نشان می‌دهد، در حال حاضر عملکرد واحد پزشکی ضعیف بوده و کنترل کافی برای چک‌های پزشکی وجود ندارد و خستگی و فشار کاری و استرس در کارکنان پروازی مشاهده می‌گردد. بعضی از کارکنان پروازی بدون تکمیل شدن ساعات استراحت به ازای ساعت‌های پرواز به صورت مینیمم استراحت، برای پروازهای بعدی استفاده می‌شوند و به مرور زمان این فشار کاری و عدم استراحت کافی با هم‌زمان شدن تاخیرات پروازی و دیگر تنش‌های محیط منجر

پرواز، درگیری‌های ذهنی و خانوادگی، خستگی فیزیکی یا روحی-روانی، خلبان را تحت فشار قرار داده و عملکرد او را مختل کند. با بهبود شرایط کاری به دلیل نقش موثر آن در فاکتورهای سازمانی و فاکتورهای انسانی از طریق: اولاً جلوگیری از پرواز کارکنانی که حداقل استراحت کافی (به علت پروازهای زیاد و کاهش ناوگان و ...) نداشته‌اند یا به علت نیاز مالی و ذخیره مرخصی، از مرخصی‌های متعلقه استفاده نمی‌کنند. ثانیاً افزایش حقوق و مزایای کارکنان عملیات پرواز، که باعث ایجاد انگیزه و کاهش فشارهای اقتصادی می‌گردد و از طریق افزایش روحیه کاری و انگیزه، موجب کاهش استرس‌های ناشی از مسائل مالی می‌گردد.

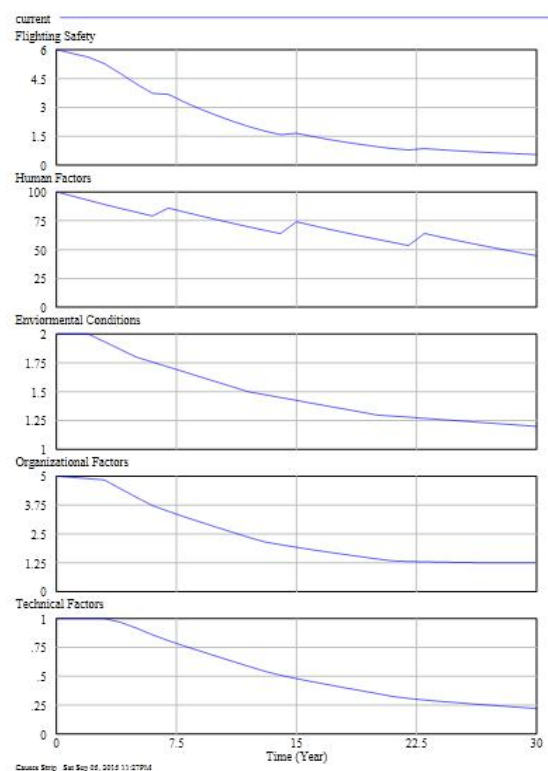


شکل 6- نتیجه شبیه‌سازی مدل در 30 سال آینده

از آنجا که کاهش اثر فاکتورهای فنی، نبود قطعات، تجهیزات و ابزارهای مربوط به هواپیما و عملیات پرواز، که از طریق فشار تحریم‌ها و از شرایط محیطی و خارج از سازمان ناشی می‌گردد اثر چشم‌گیری در کاهش ایمنی دارد، با اجاره کردن هواپیما و تقویت ناوگان از دیگر ایرلاین‌ها که تحت تاثیر تحریم‌ها نمی‌باشند، اثر منفی فاکتورهای فنی را می‌توان تا حدی کاهش داد.

استفاده از مدیریت دانش در تدوین قوانین و اجرا و پایش مستمر عملکرد سیستم ایمنی پرواز که منجر به ارتقای کیفیت در کل سیستم و خدمات شرکت می‌گردد، افزایش کیفیت ارائه خدمات و ایمنی بالا موجب افزایش مشتریان شرکت‌های هواپیمائی می‌گردد و به تبع آن درآمدزایی بیشتر را به دنبال خواهد داشت.

به ناکارآمدی نیروی انسانی و به تبع کاهش ایمنی پرواز می‌گردد. در مدل پیشنهادی، با در نظر گرفتن تاثیر منفی عدم چک‌های پزشکی دوره‌ای در فاکتورهای انسانی، مقتضی است دوره چک‌های پزشکی تا حد ممکن کوتاه‌تر گردد و از پرواز کارکنانی که این چک‌های دوره‌ای را انجام نداده‌اند جلوگیری شود. همچنین مرکز پزشکی "هما" با بکارگیری پزشکان متخصص و جوان و با به روز رسانی اطلاعات پزشکی و تجهیزات می‌تواند کنترل دقیق‌تری بر کارکنان پروازی داشته و سلامتی آنان را تضمین نماید.



شکل 5- نتایج مدل‌سازی و رفتارهای خروجی

استرس‌های شغلی یک تهدید ویژه برای عملکرد خلبان‌ها است واضح است که فشارهای زمانی و محدودیت‌های دیگر تنش‌زا، در زمینه کنترل شرایط کار، یک عامل استرس‌زای عمومی در بسیاری از موارد است. متعاقب آن استرس‌های زیاد ممکن است عامل بسیاری از رویدادها و حوادث باشند یا تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی را تحت تاثیر قرار داده و مختل نماید. این استرس‌ها می‌تواند از طریق دغدغه‌های مالی، فشار محیط کار، روال‌های اداری و رویه‌های ناکارآمد سازمانی، کمبود زمان و هماهنگی و تعامل با کارکنان موثر در عملیات

- [6] Yi Hsin Lin., "Modeling the important organizational factors of safety management system performance", Journal of Modelling in Management, Vol. 7 Iss 2 pp. 166 – 179. 2012
- [7] P. C. Cacciabue, M. Cassani, V. Licata, I. Oddone, A. Ottomaniello., "A Practical approach to assess risk in aviation domains for safety management systems." © Springer-Verlag London. 2014
- [8] Zhang Xiao-yu, Chen Jiu-sheng., "Decision Model of Flight Safety Based on Flight Event". 2012 International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering, Physics Procedia 33, 462 – 469. 2012
- [9] Ching-Fu Chena, Shu-Chuan Chen., "Scale development of safety management system evaluation for the airline industry". Journal of Accident Analysis and Prevention 47,177– 181. 2012
- [10] Qiang Cui, Ye Li., "The change trend and influencing factors of civil aviation safety efficiency: The case of Chinese airline companies". Journal of Safety Science 75, 56–63. 2015
- [11] مروی نام، محمدرضا و بخشنده، محمد و خیراندیش، مهدی. "الگوی عوامل موثر در بروز سوانح هوایی"، نشریه علمی - پژوهشی مهندسی هوانوردی، سال سیزدهم، شماره دوم. 1390
- [12] A. Najafi, A. Afraze., "Productivity strategies ranking of knowledge workers". Journal of Applied Sciences and Environmental Management, Vol. 5, No. 9, pp. 1281-1287. 2010
- [13] ابراهیمی، معصومه، "تأثیر اعمال مجازات های اقتصادی امریکا علیه صنعت حمل و نقل هوایی و هوانوردی کشور بر ایمنی فعالیت های هوانوردی"، چهارمین همایش ایمنی هوانوردی. 1386
- [14] اسماعیلیان دستجردی، علیرضا، "عوامل انسانی و ایمنی پرواز"، مجموعه مقالات سومین همایش ایمنی هوانوردی (26-27 آذرماه 1384).
- [15] Ender Gere., "A qualitative study on the exploration of challenges to the Implementation of the Safety Management System in aircraft maintenance organizations in Turkey". Journal of Air Transport Management 47, 230e240. 2015
- [16] رابعی، فرهاد، "طرح استاندارد سازی ایمنی زمینی و آتش نشانی فرودگاه های کشور و نقش آن در ایمنی هوایی"، مجموعه مقالات سومین همایش ایمنی هوانوردی. 1384

از دیگر مزایای نگرش سیستمی به ایمنی پرواز ایجاد فرصت برای اقدامات پیشگیرانه و پیش بینی خطاها قبل از رویداد است، که با ارائه راهکارهای متناسب از کاهش اعتبار سیستم جلوگیری می نماید و نیل به هدف که همان ارتقاء سیستم ایمنی پرواز می باشد را میسر می سازد.

### پیشنهاد برای تحقیقات آتی

- پیشنهاد می گردد روند این پژوهش با استفاده از دانش تعداد بیشتری از خبرگان صنعت هوانوردی مجددا انجام شود.
- پیشنهاد می گردد روند این پژوهش با استفاده از داده های کمی وسیع و دقیق تر از روابط متغیرها در صنعت مجددا انجام شود.
- پیشنهاد می گردد محققین علاقه مند، با اجرای روند پژوهشی این تحقیق در دیگر ایرلاین های کشور به ارتقای ایمنی پرواز در کلیه خطوط هوایی بپردازند و موجبات ارتقای صنعت هوانوردی در سطح کشور و به دست آوردن رتبه های بالای جهانی را محقق سازند.

### پی نوشت ها

1. ISMS: Integrated Safety Management System
2. SMS: Safety Management System

### منابع و مراجع

- [1] Fedja Netjasova, Milan Janic., "A review of research on risk and safety modelling in civil aviation". Journal of Air Transport Management 14, 213– 220. 2008
- [2] A. Najafi., "Prediction of the price transmission performance using fuzzy cognitive maps". Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 5, No. 9, pp. 1281-1287. 2011
- [3] استرمن، جان د. (2000). "پویایی شناسی کسب و کار- تفکر سیستمی برای جهانی پیچیده" ترجمه: کوروش برارپور، بنفشه بهزاد، لاله رضایی عدل، پریسا موسوی، مرضیه امامی، حسن فغانی. جلد اول. تهران 1390. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها سمت.
- [4] بهرامی، آرش و یادگارزاده، غلامرضا، "ارزشیابی درونی گروه های آموزشی- رویکردی بر اساس پویایی سیستم". فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی، 1386
- [5] پورتال سازمان هواپیمائی کشوری