



پیک هوافضا

نشریه علمی تخصصی دانشجویان دانشکده مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) با مجوز رسمی انتشار از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی

اعضای شورای نویسندگان

کوشا شریلو، سعید حبیبزاده،
پدرام عبدالحی، حمید پرتوعلم،
علی بهرامی نجات

همکاران این شماره

هستی پورا کبر، امیرحسین بیکیان،
علی رحیمی، مریم السادات حسینی



صاحب امتیاز:

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی هوافضا

سر دبیر:

رضا بنی وکیل rezabanivakil@aut.ac.ir
سینا امیدی sinaomidi78@aut.ac.ir

مدیر مسئول:

دکتر محمود مانی
mani@aut.ac.ir

سعید حبیبزاده
عرفان زهرهوند

مدیر داخلی:

نسیم فلاحی
گلریز روانبخش

معاون سردبیر:

پارسا خالدی

امور رایانه:

حسام زمانی
hess.z@aut.ac.ir

مدیر روابط عمومی:

صفحه آرا:

علی رحیمی
alirahimi99@aut.ac.ir

مهدی عبدالرحیمی

ارتباط با صنعت:



تهران، خیابان حافظ، روبه روی خیابان سمیه، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی هوافضا، دفتر پیک هوافضا | تلفن: ۶۴۵۴۲۲۳۳۱

قوانین نشریه:

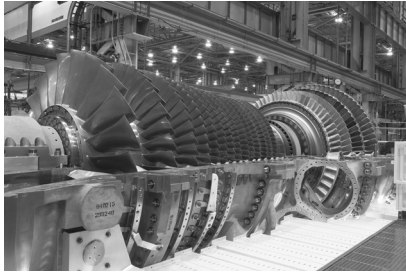
- ۱- پیک هوافضا آماده پذیرش آثار و مقالات ارسالی از سوی دانشجویان و محققین می باشد.
- ۲- نشریه از پذیرش مقالاتی که به صورت تایپ شده و به همراه فایل رایانه ای آن ارسال نشده باشند معذور است.
- ۳- دیدگاه صاحبان آثار، الزاما دیدگاه نشریه نیست.
- ۴- نشریه در ویرایش و اصلاح مطالب رسیده آزاد است.
- ۵- استفاده از مقالات نشریه با ذکر مأخذ و رعایت حقوق نویسنده بلامانع است.

E-mail :peik@aut.ac.ir

تهیه شده با همکاری انجمن علمی دانشجویی دانشکدهی هوافضا و حمایت اداره کل انجمن های علمی و امور المپیادهای دانشگاه صنعتی امیرکبیر



فهرست مطالب



• آلودگی صوتی هواپیما و آثار آن (۴)

• قدرت آبرواستات‌ها (۸)

• دست روی دست نگذارید تا فاجعه اتفاق بیفتد (۱۲)

• گزارش آزمایشگاه مکانیک پرواز (۱۷)

• گزارش بازدید از شرکت ساخت توربین‌های مینا (توگا) (۲۰)

• راه خطرناک تا مریخ (۲۲)

• هشدارهای بهتر، از خرده سیارک‌ها (۲۶)

• بهینه‌سازی گرگ خاکستری (۳۰)

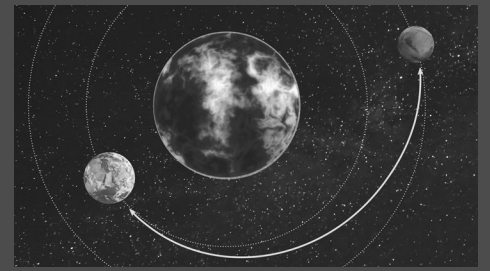
• روش‌های آشکارسازی جریان (۳۹)

• سیستم ترمز هواپیما (۴۴)

• سیستم سوخت‌رسانی هواپیما (۵۰)

• The Launch Industry Prepares for Shakeout (61)

• Space Tourism (65)





سخن سردبیر

امروزه با ورود شرکت‌های دانش‌بنیان به صنعت هوافضا و افزایش تعداد فارغ‌التحصیلان این رشته و همچنین کاهش جذب نیرو در سازمان‌های دولتی، در کنار تحصیلات آکادمیک متداول در دانشگاه، لزوم شناخت نیازهای صنعت توسط دانشجویان بیش از پیش حس می‌شود. یکی از راه‌های به وجود آمدن این شناخت، رویدادهای ایده‌پردازی است که این رویدادها نه تنها باعث ارتباط بهتر صنعت و دانشگاه می‌شوند بلکه روح کارآفرینی، ایده‌پردازی و خلاقیت را در میان جامعه‌ی دانشجویی زنده می‌کند.

رویدادهای بین‌المللی ایده‌پردازی که در دانشگاه‌های مطرح جهان برگزار می‌شود، دارای اهدافی مشخص است که برگرفته از نیاز صنعت در آن زمینه است و صنایع مربوطه نقش پررنگی در تعیین موضوع و برگزاری این رویدادها ایفا می‌کنند. متأسفانه رویدادهایی که در کشور ما برگزار می‌شوند به علت حمایت اندک صنایع و همچنین، عدم تطابق سرفصل‌های دانشگاهی و نیاز صنایع، به نتایج مطلوب نمی‌رسند. به‌عنوان مثال با وجود اینکه رویداد ایده‌پردازی ایرآپ گامی بلند در جهت ارتباط صنعت و دانشگاه بود، اما به علت عدم تطابق طرح‌ها و نیاز صنایع به اهداف تعیین‌شده خود نرسید.

امید است در سال‌های آتی شاهد برگزاری هرچه بیش‌تر این قبیل رویدادها در زمینه هوافضا و حمایت و مشارکت مسئولانه‌تر صنایع مربوطه از این رویدادها باشیم. مجموعه پیک هوافضا آماده‌ی همکاری و حمایت از چنین رویدادهایی است.



آلودگی صوتی هواپیما و آثار آن

نویسنده: گل ریز روانبخش

آلودگی صوتی هواپیما

از دهه ۱۹۶۰ میلادی، بخش بزرگی از آلودگی صوتی حمل و نقل هوایی مربوط به ناوگان فرو صوت هواپیماهای جت شخصی بوده است. در حال حاضر تعداد زیادی هواپیما در بخش‌های گوناگون هوایی وجود دارد که بیشتر آن مربوط به ناوگان تجاری است. در سه دهه گذشته بیشتر به سروصدای هواپیماها و شیوه مهار آن پرداخته شده است. آلودگی صوتی سامانه‌های حمل و نقل هوایی در دو مقوله سروصدای مربوط به عملیات زمینی و عملیات هوایی می‌گنجد. در عملیات زمینی مواردی همچون آزمایش موتور روی زمین، سروصدای ترافیک مربوط به فرودگاه‌ها، خدمات زمینی و سروصدای بخش‌های کمکی در محوطه بار سبب ایجاد آلودگی هستند. عملیات زمینی بیشتر، ساکنین فرودگاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و عملیات هوایی جمعیتی را تحت الشعاع قرار

صدا، ارتعاشی است که به وسیله حس شنوایی انسان درک می‌شود. می‌توان آلودگی صوتی را صدای ناخواسته‌ای که موجب برهم زدن آرامش در زمان استراحت یا تمرکز افراد هنگام انجام کار می‌شود، دانست. معیار اندازه‌گیری فشار بیشتر تراز فشار صوت بوده و واحد اندازه‌گیری آن بر حسب دسی‌بل و اساس تغییرات فشار هوا است. مقدار آن بین صفر دسی‌بل (آستانه شنوایی) و ۱۲۰ دسی‌بل (آستانه کری) بیان می‌شود. گوش انسان بلندی صدا را در بسامدهای گوناگون یکسان دریافت نمی‌کند بر همین اساس فیلترهایی بر روی دستگاه‌های اندازه‌گیری صدا نصب می‌شود تا محدوده اندازه‌گیری منطبق بر آنچه می‌شنویم باشد. کارکرد این پالایه‌ها (فیلترها) روی صداسنج با سازوکاری به نام شبکه‌های اندازه‌گیری فعال می‌شود.

مسئله آلودگی صوتی فرودگاه، در جوامع و مناطق اطراف آن مشکلاتی جدی را برای صنعت هوانوردی ایجاد کرده است. با رشد هواپیماهای تجاری، واکنش عمومی نسبت به آلودگی صوتی هواپیماها افزایش یافته است. آلودگی صوتی کمابیش بر گستره‌ای بالغ بر ۱۰۰ کیلومترمربع پیرامون فرودگاه‌های بزرگ اثرگذار است. به همین سبب آلودگی صوتی هواپیما مهم ترین آلودگی پس از آلودگی صوتی بزرگراه‌ها است. آلودگی صوتی بیشتر با واحد دسی‌بل اندازه‌گیری می‌شود.

تعریف صوت و آلودگی صوتی

در اثر ارتعاش مولکول‌های هوا و تغییر مداوم فشار، صوت به وجود می‌آید. محدوده بسامدهای قابل درک برای انسان بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است. پس امواج صوتی، شکلی از امواج مکانیکی است که به صورت طولی گسترده می‌شود.



می‌دهد که در فاصله فراوانی از فرودگاه قرار دارند.

منابع آلاینده در محدوده فرودگاه بیشتر خود هواپیماها هستند که در شرایط گوناگون و مشخصی از یک هواپیما ساخته می‌شود. تجزیه و تحلیل این گونه آلاینده‌ها باید در مراحل مختلف عملیاتی هواپیماها در فرودگاه بررسی شود. این مراحل عبارت‌اند از:

۱- هنگامی که موتور هواپیما از جایگاه (ایپرون) پایانه مسافری و آستانه باند به‌صورت درجا کار می‌کند.

۲- مرحله دور گرفتن موتور هواپیما

۳- خزش

۴- اوج‌گیری

۵- تقرب

۶- نشست

سازوکار تولید صدا در هواپیما:

یک هواپیمای در حال حرکت باعث تراکم و فشردگی‌هایی در مولکول‌های هوا شده و موجب جنبش مولکول‌های هوا می‌شود. این جنبش مولکول‌ها به‌صورت موج‌های فشار در هوا انتشار می‌یابد. اگر این موج‌ها به‌اندازه کافی قوی بوده و در محدوده طیف بسامد شنوایی باشند به‌صورت صوت شنیده می‌شوند.

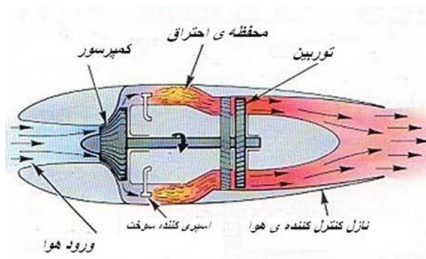
آلودگی صوتی آئرو‌دینامیکی

منشأ این آلودگی جریان هوای پیرامون بدنه و سطوح راهوری هواپیما است. این نوع صدا با افزایش سرعت هواپیما و همچنین در ارتفاع پایین با افزایش غلظت هوا بیشتر می‌شود. هواپیماهای مجهز به موتور جت، آلودگی صوتی آئرو‌دینامیکی شدیدتری ایجاد می‌کنند. هواپیماهای

پرسرعت نظامی در حال پرواز پایین و نزدیک سطح زمین صدای بسیار بلند و گوش‌خراش با منشأ آئرو‌دینامیکی تولید می‌کنند.

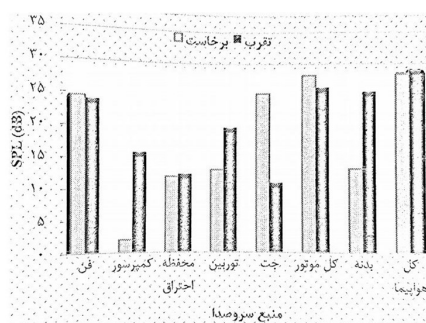
صدای موتور و بخش‌های مکانیکی

مهم‌ترین منبع آلودگی در هواپیماهای جت صدای ناشی از موتور هواپیما است که به دودسته داخلی و خارجی تقسیم می‌گردد.



برش عرضی موتور توربوفن

بزرگ‌ترین منبع خارجی صدایی است که از درهم‌آمیخته شدن سوخت با هوا ساخته می‌شود مانند موتورهای نخستین توربوجت که نیروی پیش‌ران در اثر خروج گاز داغ با سرعت زیاد از یک دهانه ساخته می‌شود؛ اما در موتورهای توربوفن بیشتر مشکل آلودگی صوتی داخلی و مربوط به صدای فن و کمپرسور است.



همچنین سامانه‌هایی کنترل فشار و تهویه مطبوع از جمله بخش‌های مهم و تولیدکننده صدا در هواپیماهای تجاری و نظامی می‌باشند.

آثار و پیامدهای آلودگی صوتی فرودگاه آلودگی‌ها می‌تواند به دو روش بر انسان تأثیرگذار باشد:

۱. تأثیرات رفتاری

۲. تأثیرات فیزیولوژیکی یا بهداشتی

تأثیرات رفتاری بیشتر همراه با تداخل در فعالیت‌های فردی است. از جمله آن می‌توان مواردی همچون آزاردهندگی، دخالت در ارتباطات روزمره، فعالیت‌های فکری و... را نام برد.

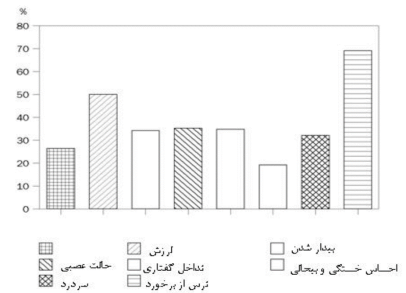
معیارهای مختلفی در این زمینه وجود دارد که همگی آن‌ها بر پایه میانگین تراز سروصدای شبانه‌روز استوار است. هدف این معیارها، حفظ بهداشت و رفاه عمومی است ولی برخی شروط، امکان مهار آلودگی صوتی را نیز مدنظر دارند.

افت شنوایی برآمده از آلودگی صوتی

افت شنوایی را بر پایه تغییر آستانه شنوایی اندازه می‌گیرند، آستانه عبارت است از کمترین شدت صدایی که فرد قادر به شنیدن آن است. وجود افت شنوایی باعث می‌شود که فرد قادر به شنیدن صداهای آهسته نباشد. سروصدا و آلودگی صوتی بسیار، سبب ایجاد تغییر در آستانه و سرانجام به‌مرورزمان سبب از بین رفتن همیشگی شنوایی خواهد شد. اگر مقدار تغییر آستانه در فردی برابر با ۲۵ دسی‌بل باشد، آن فرد می‌تواند ۹۰٪ از واژگان گفته‌شده در یک اتاق آرام را در فاصله یک متری بفهمد. احتمال اینکه آلودگی صوتی هواپیما پیرامون فرودگاه‌ها باعث افت شنوایی شود، بسیار اندک است. برای نمونه اگر روزانه هزار پرواز در فرودگاهی انجام شود و سطح آلودگی صوتی ناشی از هر هواپیما برابر با صد دسی‌بل باشد،

میانگین سروصدای وزنی در طول زمان مورد نظر برابر با ۸۵ دسی بل خواهد بود.

اکنون اگر این مقدار پرواز در مدت پنج روز در هفته به مدت ۴۰ سال ادامه یابد و مردم در برابر چنین آلودگی صوتی در محیط آزاد و بدون هیچ گونه تعدیل و کاهش ناشی از وجود ساختمان‌ها قرار گیرند، باعث ایجاد



تغییر دائمی به اندازه نزدیک به ۱۰ دسی بل در آستانه شنوایی ۱۰ درصد از حساس ترین افراد جامعه می شود.

میزان آزار سروصدای وسایل هوایی

دو نمونه راهکار کاهش آلودگی صوتی فرودگاه

آلودگی صوتی را می توان در سه مرحله منبع، مسیر و گیرنده کنترل نمود، اما اولویت با راهکارهایی است که آلودگی را در منبع تولید کنترل می کنند. دو راهکار تغییر زمان پروازها و تعریف باند جدید را بررسی خواهیم کرد.

تغییر زمان پروازها

مقایسه آثار برآمده از آلودگی صوتی در شب و روز نشان می دهد که مقادیر به دست آمده برای آلودگی در شب (LAEQN) کمتر از روز (LAEQD) است؛ اما ترسیم توزیع آلودگی در شب محدودیت بیشتری برای کاربری زمین‌ها ایجاد نموده. علت این امر آن است که محدودیت کاربری زمین‌ها با توجه به استاندارد IDOE در روز از ۵۵ و در شب از ۴۵ دسی بل شروع

می شود. از طرفی در هر دو بازه شبانه روز تعداد محدوده‌ها برابر بوده و کاربری محدوده‌های معادل یکسان است؛ بنابراین محدوده ۵۵-۶۰ در روز با محدوده ۵۰-۴۵ کاربری یکسانی دارد. با جابجایی پروازها از شب به روز می توان این گوناگونی پوشش را کمتر نمود. تمرکز پروازها در روز نیز باعث افزایش آلودگی صوتی و محدودیت کاربری زمین‌های پیرامون این فرودگاه خواهد شد؛ بنابراین باید به یک تعادل در توزیع آلودگی صوتی روز و شب رسید.

تعریف باند جدید

ساخت باند جدید یک طرح هزینه بر بوده و در صورتی مقرون به صرفه است که دیگر راهکارهای کنترلی به اندازه کافی در کاهش آلودگی کارآمد نباشند. یک باند موازی به احتمال زیاد در پخش آلودگی صوتی در فضای بیشتر مؤثر است. در نتیجه، بانندی مدنظر است که عبور مسیرهای پروازی را از زمین‌های مسکونی با تراکم جمعیت بالا و حساس کاهش دهد.

نتیجه گیری

با بررسی تاریخچه حمل و نقل هوایی و شناخت آلودگی و پیامدها ناشی از آن دو، راهکار پیشنهادی برای مهار این آلودگی و کمینه کردن پیامدهای آن بر زمین‌های پیرامون فرودگاه‌ها پیشنهاد شد. امیدواریم در پروژه‌های ساخت فرودگاه‌ها معضلات آلودگی ناشی از آن‌ها نیز در نظر گرفته شود.

منابع

کتاب آلودگی صوتی هواپیما در محیط زیست/تألیف: دکتر خسرو اویسی، دکتر رضا مکنون و مهندس محسن سید رحمانی

مقاله اثرات آلودگی صوتی فرودگاه بر مناطق مسکونی اطراف آن/امیر اسماعیل فروهر

روش جدید تخمین آلودگی صوتی جاده‌ها با در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی/محمود صفا زاده پاریزی

بررسی مدل‌های مدرن ترافیک هوایی در ارزیابی آلودگی صوتی و معرفی دیگر سیستم‌های تقاضای پرواز/ریحانه پیمان

اصول و روش‌های کاهش آلودگی صوتی در صنعت/حجت نداف شرق، انوشیروان فرشیدیان فر، سید محمد خادم‌باشی، امیررضا عسکری



قدرت آبرواستات‌ها

مترجم: عرفان زهره وند

کار حاصل می‌شد ما متوجه یک مسئله شدیم و آن این که توسعه‌ی ظرفیت باربری کشتی به‌اندازه‌ی توسعه‌ی خود وسیله چالش برانگیز بود؛ لذا ما آبرواستات‌هایی بزرگ برای آزمایش میدانی ظرفیت ترابری ساختمیم. ظرفیت ترابری قرار بود تناسب کافی برای نصب بر روی یک کشتی هوایی را دارا باشد، اما در واقع آن‌ها آماده نبودند. گره‌های مخابراتی نیازمند محاسبات پیچیدگی‌هایی متفاوت برای آنتن بودند؛ رادارها نیازمند قابلیت سنجشی مغناطیسی گسترده‌ی جداگانه بودند و دوربین‌ها نیازمند پایدارسازی و هدایت بودند. ما به طیف گسترده‌ای از مهندسی‌ها برای نصب بارها در جهات مختلفی که در توان ورودی دستگاه‌ها متفاوت بودند و هر آن چیز دیگر که لازم بود کمک کردیم.

این آزمایش و تجربه برای ما نمایانگر این بود که آبرواستات‌ها می‌توانند به طرز شگفتی در پاسبانی از حق خود به‌عنوان پلتفرمی مناسب برای دیدبانی و مخابرات مفید باشند. هرکدام می‌توانند با خطای کمتر از قطر یک مداد مدرسه بر روی

استفاده کنند. انسان‌ها، شهودی می‌فهمند که آن‌ها می‌توانند از جاهایی بالاتر و دورتر پیام را انتقال دهند. از این رو با استفاده از دود پیام‌هایی را از بالای یک پرتگاه انتقال می‌دادند.

زمانی که من از نیروی هوایی آمریکا در سال ۲۰۰۳ بازنشسته شدم، شرکت اسکای سنتری را برای کمک به پیشرفت پروژه‌ی کشتی‌های ارتفاع بالا که در ده سال آخر خدمت روی آن کار می‌کردم نزدیک کلرادو اسپرینگز تأسیس کردم. فرماندهی نیروی تدافعی هوافضای آمریکای شمالی تمایل داشتند که روی کشتی‌های هوایی بیشتر کار شود تا برد و پوشش راداری برای بهبود تصویر راداری یگان دفاعی موشکی افزایش یابد. من به همراه کارمندانم با تلاشی طولانی در این راستا قدم به عرصه گذاشتیم تا سودهای بالقوه یک کشتی هوایی ارتفاع بالا را برای ارتش توضیح دهیم. در نهایت ما حدود یک صد میلیون دلار را جمع‌آوری کردیم تا در یک نمایش فتاوری، ساخت و پرواز یک کشتی هوایی را به عرضه درآوریم. همان‌طور که پیشرفت در

آن‌ها شبیه ماشین‌های پرنده‌ی تحسین برانگیز نیستند؛ بلکه آبرواستات‌ها قابلیت مقاومت و پافشاری برای رسیدن به اهداف خود را دارند. آن‌ها را می‌توان به آنتن‌ها و رادارهایی که به‌عنوان گره‌های (منظور محل تردد پیام‌های مخابراتی است) مخابراتی و به دوربین‌هایی برای دیدبانی و جاسوسی مجهز کرد. ارتش آمریکا استفاده‌های گسترده‌ای از نوع پیشرفته و پرهزینه‌ی این وسیله در عراق و افغانستان کرده است و دستگاه‌های بزرگ‌تر و مشابهی هم‌اکنون در حال انجام عملیات در مرزهای جنوبی آمریکا هستند. سرهنگ بازنشسته‌ی نیروی هوایی آمریکا، چارلی لم برت، توضیح می‌دهد که چگونه شرکتی که وی افتتاح کرد، شرکت اسکای سنتری ال ال سی^۱ مؤلفه‌های موجود را ترکیب کرد تا دستگاهی آبرواستاتی برای مشتریانی با بودجه‌ی کمتر بسازد.

علائم دود از یک پرتگاه بالای یک دشت دور از دسترس، تنها یک راه است که بشر سعی کرده برای بیش از یک هزاره برای انتقال پیام از دوردست صحرایی ناهموار



تتر قادر خواهد بود محافظ رشته‌های فیبرهای نوری باشد که داده‌ها را داندود کنند از محموله بدون کمترین ریسک تداخل امواج و سیم‌های مسی که برای انتقال توان الکتریکی به محموله می‌باشند. یک آئرواستات مقاومت می‌کند و هرگز به راحتی مثل یک ماهواره از بالای یک محدوده نمی‌گذرد. علی‌هذا کنترل آن نسبت به یک کشتی هوایی عادی خیلی آسان تر است. در واقع وقتی هزینه استفاده در هر ساعت محاسبه می‌شود هیچ جایگزین ارزان تری برای محموله‌های بالارونده نیست تا برد آن‌ها را افزایش دهد. به عنوان یک مثال، یک آئرواستات در ارتفاع حدوداً ۱۹۰ متری زمین یک رادار به ۵۰ کیلومتری افق رویداد ما را فراهم می‌کند؛ که برد اکثر محموله‌های راداری استفاده شده توسط اپراتورهای میدانی را افزایش می‌دهد.

قلب چنین دستگاهی آئرواستات است و کاوش اسکای سنتری برای ساخت یک آئرواستات مناسب تر و کم هزینه تر یعنی ساخت درست یک آئرواستات طولانی و دقیق بود. اولین نمونه‌های آئرواستات تولیدی ما راه حل مناسب برای شرکت‌هایی که بودجه‌ی کمتری نسبت به ارتش ایالات متحده دارد نبود. آن‌ها مدل‌های سنتی ساخته شده‌ای بودند بسیار شبیه به بالون‌های هوایی گودیر^۲ با حدود طول ۲۵ متر. این‌ها توسط ارتش امریکا در طی اجرای عملیات‌هایی در عراق و افغانستان استفاده شدند؛ اما این آئرواستات‌ها چه برای خرید و چه برای عملیاتی کردن هزینه‌های زیادی می‌بردند؛ ما متوجه شدیم که احتیاج به آئرواستات‌هایی کوچک تر و طرح‌های جایگزین و مقرون به صرفه، برای مشتریان بالقوه‌ی جدید داشتیم.

قوانین فیزیک صراحتاً به ما می‌گوید مناسب‌ترین و پربازده‌ترین شکل برای نقل و انتقال حداکثر بار (ظرفیت ترابری) کره است، پس ما روی این شکل متمرکز شده و مدل‌های گوناگونی ساختیم. هر چند وقتی در برابر جریان باد قرار می‌گرفتند؛ کره‌ها تمایل به چرخش به دور خود پیدا می‌کردند. این نوع رفتار هادی عملیات ترابری مؤثر نخواهد بود. ما تولیدکنندگان مختلف آئرواستات‌های کوچک را در

سراسر دنیا را ارزیابی با سازه‌های متفاوتی به منظور تعادل سازی در بادهای قوی و آشفته کردیم. با اینکه طراحی‌ها شباهت داشتند اما ما با موضوعی در کیفیت، وزن و زمان دوام فابریک‌های آئرواستات‌ها مواجه شدیم. شرکت اسکای سنتری یک قرارداد نظامی عظیم را به منظور تشخیص، سفارش، خرید و راه اندازی آئرواستات‌ها برای یگان دفاعی موشکی و فضایی فرماندهی ارتش عملیاتی و هدایت کرد. به طور هم‌زمان، این شرکت خطوط تجاری خود را افزایش داد تا خطوط طراحی و ائتلاف دستگاه‌های آئرواستات‌های کامل برای مشتریان دیگر را نیز فراهم آورد.

اسکای سنتری یک شرکت انضمام کننده‌ی هدایت شده است. ابتکار ما دریافت بهترین تجهیزات و امکانات و به هم پیوست دادن آن‌ها برای ارتباطات مقرون به صرفه، حس‌گرها و پلتفرم‌های دیده‌بانی و نظارت هست.

بعد از یک مطالعه‌ی دقیق تجاری، ما بر طراحی پخته‌ی هلی کایت‌ها که توسط آلسوپ هلیکایت در انگلستان انجام شده بود متمرکز شدیم. این بالون‌ها در قسمت جلو کروی هستند که کاربردی‌ترین شکل بالابرنده است در شرایط کاملاً عادی جوی (بدون وزش باد)، و هر یک دارای یک دم بادبادکی شکل است و همچنین کیل (keel) که برای متعادل سازی وسیله‌ی پرنده در حین وزش باد استفاده می‌شود. آن‌ها تحت آزمایش‌های دقیق و سرمایه‌بر دولت آمریکا با نتایج خوب بوده‌اند. آن‌ها در اندازه‌ی دو مترمکعب تا ۲۵۰ مترمکعب با قطر هشت متر تنوع داشتند. مشتری سائیز را برای حمل بار مورد نظر و همچنین با توجه به تتر می‌خرد. در شرایط جوی بدون وزش باد، گاز هلیوم بالون را بالا می‌برد. با افزایش سرعت وزش باد کایت زیرین نیروی بالابرنده یا لیفت را تا چهار برابر یا بیشتر افزایش می‌دهد. کیل زیر آئرواستات شروع به رفتار شبیه سکان یک قایق می‌کند.

ما آزمون‌هایی میدانی در مورد یک طرح معمولی جایگزین انجام دادیم که یک بادبان پشت بالون حرکت می‌کند و سعی می‌کند آن را کنترل کند و جلوی گردشش به دور خود را در باد بگیرد. در سرعت‌های بالای باد ما شاهد این بودیم که بالون بعد از پرش و جدایی آن از سطح زمین به سمت پایین کشیده و هدایت می‌شد (از لحاظ دیگر منحرف می‌شد). مناقصه کنندگان پیشنهاددهنده‌ی این طرح سعی می‌کنند تمایل پایین کشیده شدن را به کمک حمل مقدار زیادی هلیوم اضافه بر وزن محموله یا



همان بار کاهش دهد. در نهایت این شرکت با مطابقت دادن آئرواستات هلیکاپتی و ترکیب کردن آن با تتر، دستگیره (winch)، ذخایر انرژی و مورینگ کامپوننت سعی کرد تا کاربردی مقاوم و بادوام را با وجود کاهش حجم آئرواستات از ۸۰۰ به ۱۰۰ مترمکعب ارائه دهد.

بعد از انتخاب هلی کایت به عنوان اساس کامپوننت مورد استفاده برای خط تولید، اسکای سنتری تمرکزش را به روی دستگاهی زمخت و ناهموار و پیوسته‌ی سریع گذاشت. طراحی پیچیده‌تر از آنی است که یک شخص با نگاه به یک سیستم دریافت کند. به عنوان مثال دستگیره‌ها باید یک قطر کمینه‌ی کره داشته باشند تا از خمش و پیچش و دفرمه شدن سیم‌های مسی و فیبرهای نوری در تتر جلوگیری کند. دستگیره باید برخوردار از یک حداقل توان کشش باشد تا پرتاب و دریافت یک آئرواستات را بر عهده گیرد و باید در سرعتی حدود سی متر بر ثانیه یا بیشتر توانایی کار را داشته باشد، پس دوباره پرتاب کردن تا ابد ادامه نمی‌یابد. تتر هم دارای چالش‌های مشابهی می‌باشد، سیم‌های مسی حامل جریان الکتریکی به مرور زمان و با افزایش دمایشان مقاومت الکتریکی پیدا می‌کنند. سیم‌های بزرگ مقاومت را کاهش می‌دهد اما این مسئله خودش یک مشکل تولید می‌کند و آن بیشتر شدن وزن آئرواستات است. پس یک آنالیز تجاری دقیق باید برای هر مشتری انجام شود تا به درستی محاسبات برای کمترین حجم سیم مورد نیاز با توجه و بار و توان انجام شود که بازدهی بیشینه‌ای را برای سایز یک آئرواستات محاسبه کند.

همچنین این پرسش مطرح بود که چگونه آئرواستات تحویل یک مشتری بشود. خیلی از کارکنان ما نظامی‌های بازنشسته‌ی ارتش هستند که تجربه‌ی بالایی در حوزه‌ی تحویل تجهیزات به سراسر دنیا به کمک هواپیماهای C-130 دارند. ما تصمیم گرفتیم که سیستم آئرواستات باید قابل بسته‌بندی مطابق استانداردهای حمل و نقل دریایی یا هوایی باشد برای انتقال به حوزه‌ی عملیاتی مشتری یا انبار خانگی. سیستم کلی آئرواستات نیاز به بیش از دو نفر برای بسته‌بندی و راه‌اندازی ندارد.

در اوایل سال ۲۰۱۱، ما نتیجه‌ی این تحقیق را اعلام کردیم؛ دستگاهی به اسم TEA (Tactically expedient aerostat) که هر واحد از این سیستم قابلیت وفق پذیری بالایی با یدک‌کش، دستگیره، پلتفرم لنگر انداز و کامپوننت‌های حمایتی دیگر مطابق نیاز و خواسته‌ی مشتری دارد. فرایند طراحی به‌طور معمول با توضیح سایز و وزن محفظه‌ی حمل بار (محموله) شروع می‌شود. بعد از آن یک مطالعه‌ی تجاری و اقتصادی روی منبع ذخیره‌ی برق و انرژی مورد نیاز آئرواستات (باتری‌ها) کمک می‌کند که آیا انتقال برق دائمی به کابل‌های داده (تتر) نیاز است یا آئرواستات می‌تواند به‌طور تناوبی برای تعویض باتری‌های محموله بدون برخورد شدید و آسیب‌زننده طی مأموریت پایین آورده شود. همان‌طور که وزن محموله زیاد می‌شود حجم آئرواستات هم افزایش می‌یابد که موجب کاهش قدرت کابل‌های انتقال داده می‌شود اما در عوض باعث بهتر شدن بازدهی دستگیره‌ها و لنگر هوایی و عملکرد آئرواستات می‌شود.

چنانچه اگر یک مشتری نخواهد یک لنگر به محدوده‌ی پرواز اضافه کند آئرواستات و کامپوننت‌ها (سازه‌ها و اجزای آن) قابل حمل در یک کامیون مطابق روش TEA خواهد بود که قابل به پرواز درآمدن از طریق یک پایگاه لنگری زمینی خواهد بود.

تطبیق‌پذیری روش‌های موسوم به TEA محدود شده مطابق تصورات صرفاً یک شخص است. اندازه‌ی کوچک آن‌ها موجب می‌شود آن‌ها به راحتی قابل ره‌گیری نباشند، لذا آن‌ها می‌توانند در مناطقی که انتظار نمی‌رود، مورد استفاده قرار گیرند. برای این که طرف مقابل را غافل‌گیر گیر کنند. به عنوان مثال یک محموله بر روی تریلر در یک ساعت می‌تواند در موقعیت قرار داده شود؛ پس مهاجمین به مرز ممکن است با یک گروه که ارتباطات و دیدبانی خود را بر پایه‌ی آئرواستات‌ها قرار داده مواجه شوند در حالی که هیچ‌یک حتی تا دقایقی پیش حضور نداشتند. علاوه بر آن، اگر یک دستگاه جاسوسی بزرگ به خوبی عمل نکند، این دستگاه‌های کوچک می‌توانند به سرعت به عنوان عامل جایگزین استفاده شوند. برای عملیات امنیتی در رویدادهای وسیع ورزشی، TEAها می‌توانند حامل لوگوهای تبلیغاتی باشند در حالی که به‌طور پنهانی در حال انجام بررسی‌های دیده‌بانی نیز می‌باشند. ما حتی آن‌ها را روی قایق‌ها نیز سوار کرده‌ایم.

ظرفیت‌های ترابری

هیچ‌کس واقعاً یک آئرواستات را نمی‌خرد که صرفاً بگوید نگاه کنید من صاحب یک آئرواستات هستم. یک مشتری یک آئرواستات را برای حمل یک بار می‌خرد.

در حالی که دوربین‌های تعادلی ژيروسکوپ کوهی ملموس می‌تواند به‌عنوان یک سنسور ۳۰۰ مایل مربع پوشش دهند. محور برای دیده‌بانی‌های کوتاه برد معروف هستند، ما به‌طور کلی آترواستات‌های خودمان را مؤثرترین روش در ایجاد یک پهنا‌ی باند ارتباطی وقتی آن‌ها حامل ارتباطات شبکه‌ای برای موقعیت‌ها و شرایط سخت بودند، می‌دانیم. طی تحقیقات اولیه‌ی خودمان برای محموله‌های گسترده شبکه، ما آنتن‌هایی رادیویی که دارای وزن‌هایی در مرتبه‌ی صدها پوند بودند را همراه با پاور دراوهایی بزرگ به پرواز درآوردیم. و برای انتقال امواج رادیویی امتحان کردیم. هدف ممکن، ساختن ایجاد شبکه‌ای پهناور برای کاربران زمینی بود. اما این محموله‌ها قیمتی در حدود بیش از یک چهارم میلیون دلار و احتیاج به آترواستات‌هایی وسیع برای به پرواز درآوردن داشت. طی سال‌های اخیر، تولیدکنندگان ارتقاهایی کوانتومی در این آنتن‌ها به وجود آوردند. آن‌ها هم‌اکنون کوچک‌تر هستند ولی بازدهی بیشتری داشته و همچنین در عین حال که برد مخابراتی بیشتری دارند، توان ورودی کمتری را نیاز دارند.

هر آنتن یک منطقه‌ی پوششی ایجاد می‌کند که می‌تواند به یک نیمکره که از زیر آترواستات در حال پیشروی هست و پوششی به شعاع ۱۵ کیلومتر روی زمین ایجاد می‌کند، شبیه‌سازی شود. ما این محدوده‌ی پوشش داده‌شده را یک کوهی ملموس می‌نامیم. هر که دارای یک گوشی هوشمند مناسب باشد می‌تواند ارتباط کلامی راحتی با مخاطب خود توسط صحبت کردن، پیامک دادن یا ضبط صدا در هر کجا که تحت پوشش یک شبکه‌ی گسترده باشد برقرار کند. هر عضو در یک

کوهی ملموس می‌تواند به‌عنوان یک سنسور عمل کند، همچنان که از گوشی خود برای ارسال پیام تصویری یا عکس به سایر اعضای همان شبکه یا فرماندهان تیم استفاده می‌کند. با توسعه‌ی گسترده‌ی حمایت تجربی و آگاهی موقعیتی، موقعیت هر عضو می‌تواند به سایر اعضای شبکه نمایش داده شود. با اتصال گره آترواستات به یک SATCOM یا یک برج مخابراتی بازرگانی، همه‌ی اعضا می‌توانند به اینترنت و ارتباطات بازرگانی متصل شوند. به‌علاوه، ما دریافتیم که برخی از مشتریان ما ممکن است خواهان حفظ سرمایه‌گذاری موروثی در رادیوهای تلفن همراه خود باشند؛ پس چنانچه یک سازمان بخواهد از LMRها به جای گوشی‌های هوشمند استفاده کند؛ ما می‌توانیم آن را نیز ممکن کنیم. برای ما، با توجه به ده‌ها نوع طرح و مدل یادگیری در مورد محموله‌ها، کار دشواری بود؛ در تست‌ها خصیصه‌هایی احمقانه‌ای را دریافتیم که بر عملکرد آنت تأثیرات مخرب می‌گذاشت. برای عملکرد بهتر آنتن دودسته از شبکه‌ها ثابت‌شده که مفیدترند؛ محبوب‌ترینشان شبکه‌ها G LTE4 است.

مترجم: عرفان زهره وند

منبع:

AIAA/October 2018

1-Skysentury L.L.C.

2-Goodyear





دست روی دست نگذارید تا فاجعه اتفاق بیفتد

” چون تا به حال هکرها باعث سقوط یک هواپیمای تجاری نشده‌اند دلیلی ندارد که این اتفاق نیفتد. جیمز واساتکا تدبیرگر امنیت سایبری، یک نقشه برای امنیت سایبری هوانوردی تجاری ارائه می‌دهد.“

مترجم: سینا امیدی

و- حادثه ۱۱ سپتامبر سال ۲۰۰۱ حمله سایبری به زیربنای حیاتی که شامل سیستم هوانوردی هم می‌شود افزایش خواهد یافت مگر اینکه ما به طرز تصمیم‌گیری هوشمندانه روی آوریم. بدون این طرز تصمیم‌گیری ما نخواهیم فهمید که با چه ریسکی روبرو می‌شویم یا چه اولویت‌بندی مناسبی برای سرمایه‌گذاری باید انجام دهیم؛ و نتایج این ریسک ما از نظارت بیش از حد توسط قانون‌گذاران خیرخواه به فاجعه‌ای از دست دادن جان انسان‌ها کشیده می‌شود.

افزایش خطرات در سال‌های اخیر

خطرات فضای سایبری امروز این را القا نمی‌کند که جامعه از مزایای انقلاب ارتباطات که از سال ۱۹۶۹ زمانی که محققان آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی پنتاگون آمریکا اولین پیغام را در شبکه آرمانت (اینترنت آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته) فرستادند

غیرارادی تمایل دارند برخلاف تصمیم‌گیری هوشمندانه. این تمایل نقص‌ها را نادیده می‌گذارد یا باعث ضعیف شدن قوه‌ی تخیل می‌شود. ما راغب به این هستیم که توانایی‌های خود را از آنچه که هست بیشتر در نظر بگیریم. این باعث می‌شود که خطرات خارجی را دست‌کم بگیریم و تمایلی به نظم دادن به سازمان خود نداشته باشیم. همین‌طور خلاقیت دیگران را نیز در نظر نمی‌گیریم.

ما می‌توانیم نتایج این تمایلات بشر را در کارهای انجام‌شده‌ی او قبل از اتفاقات زیر ببینیم:

- حمله‌ی سال ۱۹۴۱ به بندر پرل
- آتش گرفتن آپولو ۱ در سال ۱۹۶۷
- آتش گرفتن رودخانه کاپاهوگا در سال ۱۹۶۹
- منفجر شدن شاتل چلنجر در سال ۱۹۸۶
- فروپاشیدن شاتل کلمبیا در سال ۲۰۰۳

خیلی‌ها درباره وضع امنیت سایبری هوانوردی تجاری اظهار نظر کرده‌اند. بعضی از این اظهارنظرها درست هستند. حال سؤال مهم این است که کدام قسمت از این صحبت‌ها درست است و کدام قدم‌ها را خطوط هوایی، تولیدکنندگان و سرویس‌دهندگان خطوط هوایی باید بردارند تا از ادامه بی‌نقصی سیستم هوانوردی و اعتماد مردم اطمینان حاصل کنند.

آیا استانداردهای سایبری هوانوردی تجاری می‌تواند به اندازه کافی بازدارنده باشد؟ این گفته‌ی یوجین اسپافورد دانشمند علوم کامپیوتر از دانشگاه پوردو ما را به مکث وادار می‌کند: تنها دستگاهی که واقعاً امن است دستگاهی است که خاموش باشد، توسط بتن احاطه شده باشد و در یک اتاق سربی توسط نگهبانان مسلح محافظت شود. آن وقت من هنوزم شک‌های خودم را دارم. همان‌طور که روانشناس دنیل کانمن اشاره کرده است انسان‌ها به تصمیم‌گیری



شروع شد به خوبی استفاده نکرده‌اند. این

مزایا غیرقابل انکارند ولی امید به بردن سود اقتصادی از این فضا باعث شده که به این فناوری ارتباطی غیرقابل اعتماد اطمینان کنیم.

به‌عنوان مثال ما از حمله وایروس استاکس نت به سانتریفیوژهای اتمی ایران می‌فهمیم که حتی اینترانت‌های ناشناس و اختصاصی که به اینترنت جهانی متصل نیستند هم آسیب‌پذیرند. حتی در سایتی مانند سایت اتمی ایران که به اینترنت متصل نیست این وایروس که به سایت وارد شده بود با وصل کردن سایت به اینترنت زمینه‌های فعالیت خود را مهیا کرد. بدافزار استاکس نت به کسب اطلاعات و نظارت بر سایت اتمی ایران می‌پرداخت. این اتفاق ثابت کرد که نرم‌افزار می‌تواند به‌عنوان سلاح مورد استفاده قرار بگیرد تا زیرساخت‌های فیزیکی را از بین ببرد، در این مورد سانتریفیوژهای ایران. وسعت خطرات هوانوردی تجاری از خطرات سنتی فیزیکی به خطرات فضای سایبری گسترش یافته است. تنها مانعی که برای هواپیماهای تجاری باقی مانده استاندارد دقیق امنیتی مردم است.

چند نکته برای درک وضعیت کنونی امور عبارت‌اند از:

-اینترنت امن نیست

-اقتصاد دارد به سمت اتوماتیک و مرتبط شبکه‌ای شدن پیش می‌رود

-استفاده از دستگاه‌هایی که از آی پی استفاده می‌کنند بیش‌تر شده

-تهدیدات به‌سرعت به‌گسترش خود ادامه

می‌دهند

-دشمنان برتری نامتوازن دارند یعنی حمله‌کنندگان فقط باید یک بار پیروز شوند در صورتی که مدافعان باید در تمامی دفعات حمله‌ها را خنثی کنند

-محیط پیچیده، پویا و رو به پیشرفت دنیای امروز نیازمند تقویت امنیت است

-مجرمان سایبری می‌توانند طی روزها و هفته‌ها فناوری‌های جدید را به کار بیندند درحالی‌که صنعت هوانوردی تجاری به‌طور معمول نیاز به سال‌ها و دهه‌ها برای تغییر دارد.

تمرکز بر روی موضوع هوانوردی

برخلاف نظر یکی از روسای وزارت امنیت ملی آمریکا که در یک آزمایش، یکی از کارشناسان این سازمان موفق به نفوذ به اتاقک یک هواپیمای بوئینگ ۷۵۷ با استفاده از امواج رادیویی شده است، من باور ندارم که خطرات امروز بر هواپیما متمرکز شده باشد. درحالی‌که جزییات این آزمایش محرمانه باقی مانده ولی امواج رادیویی استفاده شده در این آزمایش یا به‌صورت صوت بوده‌اند یا سیستم ارتباطی گزارش دهی و آدرس‌دهی هواپیما (آکارز). من باور ندارم شما بتوانید با صوت یا آکارز به دستگاه‌های حیاتی هواپیما دسترسی پیدا کنید.

این بدان معنی نیست که آکارز نمی‌تواند مشکلات دیگری پدید آورد. اختلالات وسیع در سیستم آکارز تأثیرات عمیقی بر بلند شدن هواپیماها، برنامه‌ریزی و هزینه‌های خطوط هوایی خواهد داشت. آکارز یک سیستم پیغام‌دهی دوطرفه است که در سال

۱۹۷۰ طراحی شد تا باعث یکپارچگی داده‌ها و کاهش میزان کار خدمه و کنترل‌کنندگان ترافیک هوایی شود. به‌عنوان مثال نقشه پرواز یا وضعیت آب‌وهوا از یک مرکز عملیات خط هوایی به کامپیوتر مرکزی سپس به یکی از دو سرویس‌دهنده ارسال می‌شود، آن‌وقت هواپیما قادر به دریافت این اطلاعات از فرستنده‌های زمینی در سراسر کره زمین به‌صورت امواج وی اچ اف خواهد بود.

پیام‌هایی هم از طرف هواپیما در جهت عکس این سیستم جریان دارد مانند گزارش انجام خودکار رویدادها و سلامت قطعات. هر کسی با یک کامپیوتر، یک فرستنده رادیویی و دانش آن قادر به ارسال و دریافت پیغام‌های آکارز است.

این مهم است که ما در مورد ارزیابی طراحی شده توسط گروه فنی مخابرات هوانوردی (تأسیس در سال ۱۹۳۵) برای آکارز اطلاع کسب کنیم، این ارزیابی فرض می‌کند که اطلاعات می‌توانند دست‌کاری شوند. طرح محدودیت دسترسی در این ارزیابی استفاده شده تا مطمئن شوند که اطلاعات دریافتی برای استفاده مناسب‌اند. گروه با به کار بستن تصمیم‌گیری هوشمندانه و طرح ایجاد بازدارندگی این ارزیابی را طراحی کرد ولی در آن زمان اینترنت وجود نداشت. اگرچه من قبول ندارم که آکارز بتواند برای به دست گرفتن کنترل یک هواپیما استفاده شود، ولی شاید این یک ضرورت باشد که با توجه به وسیع‌تر شدن تهدیدات یک بازنگری در این ارزیابی انجام گیرد.

دومین مجموعه از محدودیت‌ها در بسیاری





از کشورها با استفاده از قوانین کیفری برای دخالت غیرمجاز در هوانوردی ارائه شده است. موارد متعددی وجود دارد که در آن افراد برای ارتباط غیرمجاز با هواپیما جریمه یا زندانی می‌شوند.

چند نکته جالب از مثال آکارز برداشت می‌شود:

”تهدیدات صنعت هوانوردی تجاری به فضای سایبری کشیده شده است“

”در فضای مجازی هیچ مجازاتی برای اعمال مجرمانه‌ای که توسط کشورها (دولت‌های مردمی) در زمینه‌ی حمله به صنعت هوانوردی صورت می‌گیرد، در نظر گرفته نشده است.“

اولین نکته این است که اطلاعات ممکن است دست‌کاری شوند و این طرح بازدارندگی برای این است که از امنیت اطلاعات اطمینان حاصل کند. ارتباط غیرمجاز با هواپیما می‌تواند روی راندمان کاری هواپیما و مدیریت ترافیک هوایی تأثیر بگذارد. دومین نکته این است که سطح خطرات از ارتباط رادیویی با هواپیما بالاتر رفته است. هر جز که در روی زمین متصل به اینترنت و سیستم آکارز باشد زمینه‌ی تهدید را فراهم می‌کند.

سومین نکته این است که دسترسی غیرمجاز به سیستم آکارز چه به‌صورت زمینی و چه به‌صورت هوایی در برخی از کشورها غیرقانونی نیست و کنوانسیون بین‌المللی که ملل خواستار حمایت از تحقیقات در مورد اجرای قانون هستند، به حملات سایبری توجهی نمی‌کنند. این عجیب است که اگر شما یک بمب را در

هواپیما قرار دهید در ۱۹۲ کشور عضو سازمان بین‌المللی هواپیمایی غیرنظامی (ایکائو) به‌عنوان مجرم شناخته می‌شوید درحالی‌که اگر به‌صورت الکترونیکی به یک هواپیما حمله کنید در بعضی از کشورها شما حاکمیت یا جنگجو سایبری هستید! امروزه اگر یک کشور از سند بین‌المللی کنترل عملکرد امنیت پرواز تبعیت نکند، شامل ترتیب ندادن بازدید امنیتی برای خطوط هوایی و سلامت فیزیکی مانند بررسی مسافران و چمدان آن‌ها برای شناسایی بمب، خطوط هوایی مستقر در آن کشور از دسترسی به دو بازار بزرگ هوانوردی آمریکا و اروپا محروم می‌شود.

در فضای مجازی هیچ مجازاتی برای اعمال مجرمانه‌ای که توسط کشورها (دولت‌های مردمی) در زمینه‌ی حمله به صنعت هوانوردی صورت می‌گیرد، در نظر گرفته نشده است. اگر هیچ مجازاتی وجود نداشته باشد، هیچ قانونی وجود ندارد. اگر قانونی وجود نداشته باشد، آشوب خواهد شد.

این تناقض به این راحتی قابل حل نیست تا زمانی که جاسوسان تحت حمایت دولت، جاسوسان و آمادگی نظامی همگی درهم آمیخته‌اند.

جایی که امنیت حمل‌ونقل عمومی درگیر می‌شود، شامل فضای مجازی، ملت‌ها باید اصول اساسی کنوانسیون ایکائو را دنبال کنند. کشورهایی که در هوانوردی بین‌المللی شرکت دارند مجبورند که از حمله به هواپیماهای تجاری ممانعت کنند و در زمان معقولی پاسخگوی تحقیقات درباره‌ی اجرای قانون باشند. هواپیماهای تجاری باید از نفوذ غیرقانونی استثنای شوند.

حداقل ۱۰ سال طول خواهید کشید که چنین سند بین‌المللی برای امنیت سایبری تدوین شود؛ یعنی، از زمانی که شروع کنیم ۱۰ سال طول خواهید کشید.

مسئله چهارم نیاز به توسعه‌ی زبان و رویکرد مشترک است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، طرح بازدارندگی شامل آدرس‌دهی اطلاعات دست‌کاری شده در کانال ارتباطی باز است. آژانس‌های دولتی، از طرف دیگر، ارتباطات آزاد را آسیب‌پذیری می‌دانند، آن‌وقت این طرح به یک گفتمان مجرمانه تبدیل می‌شود که هیچ راهی به عرصه‌ی تجاری باز شفاف ندارد.

آخرین نکته امنیت هوانوردی است، راندمان و امنیت یک مسئولیت مشترک بین آژانس‌های دولتی، خطوط هوایی، فرودگاه‌ها و تولیدکنندگان سطوح امنیتی است.

فرهنگ تصمیم‌گیری یک جنبه‌ی مهم برای روبرو شدن با مسئولیت‌ها است که متأسفانه فرهنگ‌های تصمیم‌گیری زیادی در فضای سایبری وجود دارد.

رمزگشایی فرهنگ‌های تصمیم‌گیری

فرهنگ امنیتی امروز به‌صورت کاملاً جدا از فرهنگ امنیت سایبری پیشرفت کرده است و بنابراین با یک رویکرد داده محور و همکاری که میل به کاهش تصادفات دارد کنترل می‌شود. همکاری واضح و باز برای مدیریت ریسک، شبیه‌سازی و حمایت از تصمیمات دید، هدف، چشم‌انداز، استانداردها و مدل‌های پیاده‌سازی مشترکی را به وجود آورد که باعث بهبود ایمنی و هنجارهای بین‌المللی شد.

در مقابل، فرهنگ امنیتی که امروزه از

فرهنگ امنیت آی تی جدا مانده است، رویکردی اجرایی و هوشمندانه‌ای را در پیش گرفته که مورد توجه قانون‌گذاران و سیاست‌مداران قرار گرفته است. این فرهنگ با موفقیت در زمینه‌ی منعطف‌تر کردن دستگاه‌ها در حمله‌های تروریستی فیزیکی با بازدارندگی، پاسخ و بازسازی امتحان شده است. برای محافظت از روش و منابع، توزیع اطلاعات تهدیدآمیز به کسانی که برای هدف خاصی دست به این‌گونه حملات می‌زنند (نه حملات سازمان‌یافته) محدود می‌شود. این فرهنگ همچنین بر روی اجزائی از سیستم هوانوردی متمرکز می‌شود که درک درستی از تأثیر سهامداران، قدرت نفوذ آن‌ها و علم و توانایی آن‌ها ندارند.

فرهنگ سایبری همچنین در بحران نیز باید انعطاف‌پذیری خود را حفظ کند. عملکرد هکرهای کلاه‌سیاه (هک‌هایی که قصد تخریب دارند) بر پیچیدگی رویکرد تصمیم‌گیری، در این شرایط، افزوده است. این هکرها هیچ قانونی ندارند و از قدرت تفکر بالایی برخوردارند و به هیچ کدام از تعصبات و هنجارهای مهندسی هوافضا پایبند نیستند. یک فرد که برای اشخاصی مجرم سایبری هستند برای اشخاص دیگری به‌عنوان قهرمان سایبری شناخته می‌شود.

فرهنگ امنیتی آی تی با واقعیت غیرقابل‌انکار قرار گرفتن در موقعیت بازنده در نبردگاه نابرابر این جنگ روبرو است. متخصصان امنیت آی تی با انسداد کلاهبرداری حتی قبل از اینکه دامنه مشکل را بفهمند سیستم را به یک حالت قابل قبول بازیابی می‌کنند تا دوام بیاورند و این دو مرحله را تکرار می‌کنند. تا اینکه آن‌ها دستگاه‌های خود را قوی می‌کنند دشمنان

به سراغ لینک‌های ضعیف‌تر می‌روند. در ایالات‌متحده دسترسی غیرمجاز به یک سیستم کامپیوتری جرم است. تحقیقات جنایی وقت‌گیر و پرهزینه‌اند. اغلب مجرمان به علت ماهیت بین‌المللی که دارند محکوم نمی‌شوند؛ بنابراین متخصصان امنیت آی تی و شرکت‌ها تمایلی به گزارش چنین جرم‌هایی ندارند.

هکرهای کلاه‌سفید (هک‌هایی که به قصد ترمیم و شناسایی نقص امنیتی به دستگاه‌ها نفوذ می‌کنند) در دولت، صنایع و شرکت‌های تحقیقاتی بهترین شغل را در جهان دارند. آن‌ها اقدام به شکستن قفل دستگاه‌ها برای سرگرمی می‌کنند! آن‌ها همچنین حساسیت بیش‌ازحدی روی تحقیقات خود دارند. از آنجا که انجمن حمل‌ونقل هوایی باید منابع انتقادات را در واکنش به سیاه‌نمایی‌های خود منحرف سازد از طرف انجمن حمل‌ونقل هوایی این منابع مسئول نمی‌باشند. این یک وضعیت ناخوشایند ایجاد می‌کند که مردم نمی‌فهمند که چگونه از خلاقیت و استعداد این هکرها به طور مؤثر استفاده می‌شود.

در سال ۱۹۹۷ در ایالات‌متحده کمسیون رئیس‌جمهور که به‌عنوان گروه راهپیمایی شناخته می‌شود برای حفاظت از زیرساخت‌های بحرانی خطرات سایبری، ارتباط مخابراتی، فن‌آوری اطلاعات، هواپیمایی تجاری، جی‌پی‌اس و سایر قسمت‌های زیرساخت را مورد بررسی قرار داد. گروه از دولت خواست تا با صنایع خصوصی در چارچوب موجود سیاسی و مقررات دولتی کار کند. به‌عنوان مثال، توصیه‌های گروه خواستار یک مفهوم

تهدیدات مشترک سایبری، یک رویکرد یکپارچه برای حفاظت، تغییرات فرهنگی و رهبری حکومت در این قضیه بود.

کمتر از دو دهه بعد در سال ۲۰۱۴ بود که تخلف از اطلاعات اداره مدیریت کارکنان که در سال ۲۰۱۵ توسط آژانس اعلام شد، اتفاق افتاد. اسناد به سرقت رفته چک‌های پشت پرده، شماره‌های امنیت اجتماعی و سایر اطلاعات برای میلیون‌ها نفر از کارمندان فعلی، پیشین و آینده‌ی فدرال و پیمانکاران بود. نقص او پی ام (اداره مدیریت کارکنان) چالش‌هایی را برای یک شرکت ذینفع یعنی دولت ایالات‌متحده به منظور اتخاذ بهترین شیوه‌ها، پاسخ فعالانه به خطر و بهبود برنامه‌های امنیتی در دستگاه‌های خود ایجاد کرد.

یک قالب ممکن

برای کسانی که در جامعه‌ی سایبری هوانوردی مشغول به فعالیت‌اند خبر خوب این است که یک مدل برای طراحی قالب وجود دارد. در سال ۱۹۹۷، اداره‌ی هوانوردی فدرال (اف ای ای) و صنعت گروه امنیت هوانوردی تجاری را با هدف کاهش ۸۰ درصدی تلفات هوانوردی تا سال ۲۰۰۷ شکل دادند. امروزه، آنالیزهای مختلف گروه کست (گروه پشتیبانی از راه‌های هوایی) یک مدل همکاری را ارائه می‌دهد که خطوط هوایی، تولیدکنندگان و تنظیم‌کنندگان حمل‌ونقل هوایی برای به‌کارگیری توصیه‌های سایبری گروه راهپیمایی از آن استفاده کنند. اصول رویکرد این سیستم جامع شامل موارد زیر است:

-درک نیازها و خطرات سهامداران





- جمع کردن دانش سهامداران برای داشتن درک مشترک از موضوع

- تراز کردن جایگاه سهامداران با توجه به داده‌ها و ریسک‌ها

- مشخص کردن استراتژی و نقش‌های سهامداران کلیدی

- و کاهش خطرات با توجه به تأثیرات اجرایی و اقتصادی.

استفاده از این اصول در زمینه نیازها و فرهنگ جوامع سایبری، توسعه مدیریت ریسک مشترک، مدل‌سازی و متوذهای پشتیبانی از تصمیم را سرعت می‌بخشد.

پیشرفت مای زیادی در زمینه رسیدگی به جزئیات چارچوب جامع، توسعه یافته و ارائه شده توسط هیئت امنیت سایبری هوانوردی تجاری، در هم‌اندیشی سال ۲۰۱۳ موسسه هوانوردی و فضاوردی آمریکا (ای آی ای) اتفاق افتاد. کاری که باقی مانده ایجاد یک چشم‌انداز مشترک، استراتژی یکپارچه و برنامه‌ریزی برای ارزیابی و اولویت‌بندی در زمینه‌های مقاوم شدن در برابر خطرات و وضعیت امنیتی است.

تاکنون جامعه حمل‌ونقل هوایی یک مدل اداره کردن ریسک و انطباق دقیق برای ایمنی و امنیت فیزیکی ایجاد کرده است. در قدم بعدی، این مدل برای امنیت سایبری نیاز است. توسعه این مدل به علت پیچیدگی مسائل فنی، تفاوت‌های فرهنگی و توجهات ژئوپلیتیکی مشکل خواهد بود. سؤال‌هایی که نیاز به پاسخ دارند عبارت‌اند از:

- از چه چیزی باید محافظت شود؟

- آیا ما خطرات را درک کرده‌ایم؟

- آیا استانداردهای امنیتی سختگیرانه کافی هستند؟

- چگونه می‌توان محیط تصمیم‌گیری را به شکلی تغییر داد تا مانع نقشه‌های دشمنان شد؟

- چگونه از شکاف فرهنگ‌ها عبور کنیم؟

- آیا جامعه آمادگی برای یک رویکرد جامع را دارد؟

تقویت امنیت سایبری هواپیمایی تجاری و انعطاف آن زمانی که اختلالی رخ دهد نیازمند موارد زیر است:

- یک نقشه‌ی راه، استراتژی و برنامه‌ای برای مشخص کردن تهدیدات جدید

- یک برنامه تحقیق و توسعه ملی برای تأمین امنیت ارتباطات مهم هواپیمایی تجاری و

- یک کنوانسیون بین‌المللی که حملات سایبری به هواپیمایی تجاری را به‌عنوان دخالت غیرقانونی تلقی کند.

فهرست وقایع در ابتدای این متن طیف وسیعی از عواقب تفکرات خطرناک را نشان می‌دهد. آتش‌سوزی رودخانه کاباهوگا در سال ۱۹۶۹ احتمالاً سناریویی است که صنعت هوانوردی و صنعت‌هایی با فناوری بالا در آینده نزدیک با آن مواجه هستند.

در خلال سال‌های ۱۸۶۸ تا ۲۲ ژوئن ۱۹۶۹ این رودخانه ۱۳ بار دچار آتش‌سوزی شده است ولی این آتش‌سوزی سال ۱۹۶۹ بود که توجهات مجله‌ی تایمز و جنبش مای محیط زیستی را به خود جلب کرد. فشار سیاسی ناشی از آن، یکی از عوامل سرعت‌دهنده ایجاد سازمان حفاظت از محیط زیست در سال ۱۹۷۰ بود.

” جیمز واساتکا

مشاور اصلی و رئیس مشاوران فناوری

آوانته که بر امنیت حمل‌ونقل تجاری تمرکز دارند. قبل از تشکیل آوانته، کار او به‌عنوان مدیر امنیت هواپیما برای هواپیماهای تجاری بوئینگ که شامل سازمان بین‌المللی هوانوردی، امنیت صنایع با فناوری بالا، هیئت‌مدیره مرکز تجزیه و تحلیل و اطلاعات هوانوردی، انجمن صنفی صنایع هوافضا، گروه کاری ویژه سایبری و گروه کاری مدیریت ریسک اداره امنیت حمل‌ونقل بوده است.

منبع:

AIAA/ October 2018

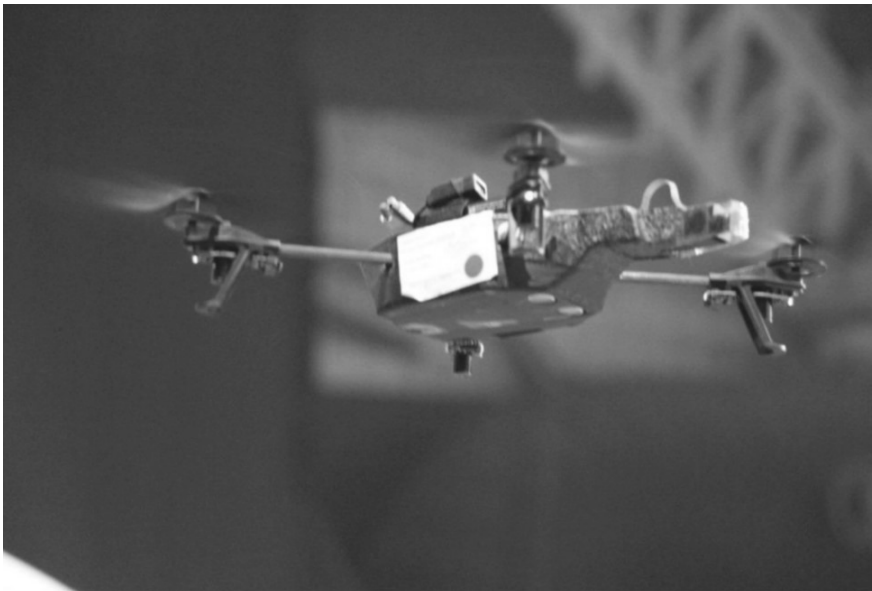
گزارشی از آزمایشگاه ریزپرنده و کنترل دانشگاه صنعتی امیرکبیر



نویسنده: محمد حمیدی

امروزه ریزپرنده‌ها در حال باز کردن جای خود در عرصه‌های مختلف زندگی بشر هستند. نقشه‌برداری و عکس‌برداری، اشتراک‌گذاری اینترنت در نقاط دور دست، حفظ امنیت به‌عنوان چشم ناظر در آسمان، پایش‌های مطالعاتی محیط زیستی، ایجاد نمایش‌های هوایی، نورافشانی و... کاربردهایی است که برای این ریزپرنده‌ها در نظر گرفته می‌شود. همچنین برای انتقال و تحویل بسته‌های کوچک به علت وزن کم، سرعت بالا، قدرت مانور مناسب و مصرف انرژی پایین گزینه‌ای ایده‌آل محسوب می‌شوند. با توجه به گسترش روزافزون توجه به ریزپرنده‌ها، تیم ریزپرنده‌ی دانشگاه امیرکبیر (AUTMAV) از سال ۸۸ در آزمایشگاه ریزپرنده و کنترل دانشکده‌ی مهندسی هوافضا به سرپرستی آقای دکتر نقاش شروع به فعالیت نمود. این تیم در ابتدا برای توسعه‌ی مجموعه، هدف اولیه‌ی خود را شرکت در مسابقات بین‌المللی IMAV قرارداد؛ اما در حال حاضر فلسفه‌ی وجودی تیم صرفاً شرکت در مسابقات نیست و حضور در این مسابقات به‌منزله‌ی افزایش اعتبار دانشگاه و سرپا ماندن این تیم در محیط دانشگاهی دانشگاه‌های ایران است. این تیم محورهای تحقیقاتی شامل هدایت ریز پرنده‌ها، طراحی و پیاده‌سازی ریزپرنده‌ها، هوشمندسازی ریزپرنده‌ها، کنترل مشارکتی آن‌ها را دنبال می‌نماید. همچنین از سوابق این تیم می‌توان به ارائه کارگاه در حاشیه کنفرانس انجمن هوافضای ایران و مشارکت در برگزاری مسابقات ریزپرنده در سطح کشور و نیز چند دوره از مسابقات ملی هوافضای دانشگاه امیرکبیر اشاره نمود. نقشه‌برداری 2-D و 3-D عکس‌برداری و فیلم‌برداری هوایی و طراحی و ساخت ریزپرنده برای مأموریت‌های خاص و مدیریت بحران، طراحی و ساخت پرنده عمودپرواز هیبرید و پیاده‌سازی الگوریتم هدایت و کنترل خودکار، هماهنگی و حرکت برنامه‌ریزی شده چند ریزپرنده به‌طور همزمان از توانایی‌های این تیم است. در زمینه‌ی آموزشی نیز این آزمایشگاه با در اختیار داشتن وسایل متنوع و کادری از دانشجویان مشتاق برای تربیت نسل بعد از خود و تیمی جدید، آماده‌ی آموزش به علاقه‌مندان است. همچنین این آزمایشگاه در ارائه واحد آزمایشگاه کنترل مشارکت





دارد. با وجود توانایی‌های بالای این تیم در زمینه تخصصی خود به دلیل مشکلاتی نظیر جذب سرمایه و بازاریابی و نیز نداشتن هویت اقتصادی، تاکنون انجام پروژه‌های تجاری صورت نگرفته است؛ اما در به بلوغ رسیدن این تیم برای انجام فعالیت‌های تجاری شکی نیست. به طوری که حضور اعضای این تیم در شرکت‌های مستقلی که در این زمینه فعالیت دارند گواهی بر این مطلب است.

در اوایل کار، استفاده از ریزپرنده‌های آماده‌ای مثل ARdrone1 و ARdrone2 از شرکت Parrot برای سریع‌تر رسیدن به سطح مسابقات و ایجاد روحیه تیمی در دستور کار گروه قرار گرفت. سپس با ورود ماژول‌های مختلف به بازار، با کنار هم قرار دادن این قطعات کار ساخت ریز پرنده‌ها را ادامه دادند و توانستند تا حدی در جهت هوشمند سازی آن‌ها پیش بروند. به منظور بهبود عملکرد، استفاده از انواع نرم‌افزارهای پردازش تصویر، شبیه‌ساز و خلبان خودکار الزامی بود. از جمله فعالیت‌هایی که در همین راستا انجام شد، تولید خودکار کد Simulink و بارگذاری روی خلبان خودکار Pixhawk و راه‌اندازی بورد پرواز و نرم‌افزار ایستگاه زمینی Paparazzi است. این روند پیشرفت همچنان ادامه دارد تا جایی که امروزه AUTMAV را به عنوان یک برند و تیمی قدرتمند و خلاق در مسابقات بین‌المللی می‌شناسند.

در شکل مشاهده می‌شود این چالش را نیز پشت سر بگذارد. بدین صورت که LEDها با رنگ‌های مختلف نشانگر مکان پرنده بودند و این فرصت را به تیم می‌دادند تا با کالیبراسیون مجدد مانع خروج آن از مسیر مسابقه شوند. مشکل دیگری که قبل از اعزام با آن دست‌وپنجه نرم کردند پارازیته بود که موتور از یک دور معین به بعد روی حسگر فاصله‌سنج صوتی می‌انداخت. این مشکل را نیز با استفاده از حسگر فاصله‌سنج شبه لیزری و همگام‌سازی آن با حسگر قبلی رفع کردند تا در ارتفاع‌های مختلف از حسگر مناسب استفاده شود.



پرنده‌ای که در این مسابقات پرواز کرد بهینه‌ترین پرنده حال حاضر آزمایشگاه است که از قطعات جدا شده پرنده سال قبل بر روی بدنه مناسب و با استفاده از الگوریتم‌های هدایت ناوبری، پردازش تصویر و خلبان خودکار جدید تشکیل شده است. ریزپرنده‌ای که توانست در چالش رساندن بسته کمک‌های اولیه به مصدومان و اسکن منطقه‌ای که به طور شبیه‌سازی دچار سانحه شده بود موفق عمل کند و مقام سوم مسابقات را به دست آورد. با وجود آنکه مسابقات به صورت indoor انجام می‌شد نور عبوری از پنجره‌های سالن و ورود آن به داخل، کالیبراسیون رنگی ریزپرنده را دچار مشکل می‌کرد. تیم پنج‌نفره AUTMAV توانست با استفاده از LEDهای تعبیه شده درون محفظه گنبدی مانند سفیدرنگ که

آنچه واضح و مبرهن است از اهداف تیم ایجاد تغییر در نگرش به رشته هوافضا به خصوص در گرایش مکانیک پرواز است. امروزه در دانشگاه‌های معتبر دنیا به جای آنکه صرفاً به مسائل فیزیکی و مکانیکی توجه شود، بستر را برای ورود مباحث رباتیک و Tابه مهندسی پرواز و هوافضا مهیا می‌کنند. چه خوب است با تلاش و برداشتن موانع پیش رو، ما نیز در این عرصه با قدرت ایفای نقش کنیم و رو به رشد قدم برداریم.

بخشی از افتخارات

مسابقات ۲۰۱۸ تایوان



چالش این مسابقات به گونه‌ای بود که ریزپرنده باید منطقه را به وسیله عکس برداری و فیلم برداری شناسایی کند و سپس از طریق محفظه‌ای وارد خانه مورد نظر شود و در آن خانه اطلاعات مدنظر را به دست آورد. در این چالش که ریزپرنده

این مسابقه شامل سه بخش درون سالن (indoor) و خارج سالن (outdoor) و چالش مجازی (virtual challenge) بود. به طور کلی مسابقات خارج از سالن به دلیل چالش‌های ناوبری، نزدیکی بیشتر به رشته هوافضا دارد و مسابقات درون سالن بیشتر مربوط به چالش‌های پردازش تصویر و نرم‌افزاری است. به هر حال تیم به دلیل مشکلات ویزا از حضور در این مسابقات بازماند اما توانست در بخش چالش مجازی به صورت غیر حضوری مقام اول را کسب کند. در این بخش ریزپرنده باید از موانعی که طراحی شده بود عبور می‌کرد و مواردی مثل در و پنجره و QR code ها را تشخیص می‌داد.



مسابقات ۲۰۱۶ چین

در این مسابقات تیم AUTMAV توانست با انجام مأموریتی تحت عنوان نجات فرد در حال غرق و نمونه برداری از آب منطقه‌ای که برائر نشت نفت آلوده شده است عنوان «بهترین عملکرد» را کسب کند. کسب عنوان بهترین عملکرد در حالی بود که با یک ابتکار خلاقانه و با کمترین تجهیزات متصل به ریزپرنده برای نمونه برداری از آب، گروه توانست تنها تیمی باشد که این مأموریت را با موفقیت پشت سر بگذارد.



گزارش بازدید از شرکت ساخت توربین‌های مپنا (توگا)

نویسنده: امین اتابکی

توربین انجام می‌شود. برای مهار توان خروجی توربین حین تست، شفت خروجی توربین به دینامومترهایی پشت اتاقک تست متصل می‌شود. این دینامومتر تا شامل دیسک‌های سنگین غوطه‌ور در آب می‌باشند که برای مهار انرژی توربین استفاده می‌شوند. سپس توربین دوباره دمونتاژ شده و برای حمل فرستاده می‌شود. ایشان همچنین به رقابتی بودن قیمت‌های مجموعه پنها در مقایسه با رقبای خارجی اشاره کردند.

در ادامه بازدید به سالن تولید توربین نیروگاهی سنگین ساخت این شرکت با نام (ام جی تی-۷۰) می‌رسیم که در ابتدا فناوری آن از ایتالیا به توگا منتقل شده و سپس برای ارتقاء آن با زیمنس قرارداد بسته شد؛ اما در زمان تحریم تا با خودداری زیمنس از انجام تعهدات خود متخصصین

یک توربین هوا پایه طراحی رولز رویس بوده که بعدها به اوکراین منتقل شده و نمونه دریا پایه آن ساخته شده و در نهایت در مپنا موفق به تولید نمونه زمینی این توربین شده‌اند. کمپرسور این توربین هوا را با نسبت ۱ به ۵ فشرده می‌کند و دمای هوا را تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد بالا می‌برد. سپس در محفظه احتراق با سوخت مخلوط و محترق شده و با دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به سمت تیغه‌های توربین حرکت می‌کند. با توجه به امکانات تأسیسات امکان تست گرم در حضور مشتری نیز فراهم آمده است. در تأسیسات تست توربین به درون اتاقک‌هایی با شرایط شبیه سازی شده عملیاتی منتقل می‌شود و در طی تست به دور نامی تعریف شده به صورت کنترل شده رسانده می‌شود. به طور معمول سه یا چهار تست ۵ ساعته برای هر

شرکت مپنا در سال ۱۹۹۳ با هدف تبدیل شدن به یک پیمانکار عمده در بخش نیروگاه‌های حرارتی تأسیس شد و اکنون پس از گذشت ۲۵ سال از تأسیس در بسیاری از زمینه‌های دیگر همچون نفت و گاز و راه‌آهن فعالیت داشته و در بخش نیروگاه‌های حرارتی پیشرو در خاورمیانه هست. در ذیل، به خلاصه‌ای از بازدید دانشجویی از شرکت توگا (شرکت مهندسی و ساخت توربین مپنا) می‌پردازیم.

در بدو ورود مهندس محبی به معرفی مجموعه‌ی مپنا و شرکت توگا پرداختند و دانشجویان را با بخش‌های مختلف تأسیسات آشنا کردند. در ادامه مهندس حسینی دانشجویان را به سالن مونتاژ توربین ۲۵ مگاواتی ساخت این شرکت با نام (ام جی تی-۳۰) راهنمایی کرده و به معرفی این توربین پرداختند. این توربین

این شرکت با طراحی و اضافه کردن سه استیج با پوشش سرامیکی به پاور توربین این توربین موفق به افزایش توان خروجی آن از ۱۵۷ مگاوات به ۱۸۵ مگاوات شدند.

یکی دیگر از تولیدات این شرکت واحدهای توربوژنراتور است که از یک توربین ۲۵ مگاواتی و یک ژنراتور تشکیل شده و قابلیت حمل تا محل مورد نظر در شرایط بحرانی همچون بلایای طبیعی، جنگ و ... را دارد.

در مورد سطح همکاری‌های بین‌المللی بعد از رفع تحریم نیز طبق گفته‌های مهندس حسینی با کشورهای آلمان، ایتالیا و اوکراین همکاری‌های نزدیکی برای ساخت توربین‌های نیروگاهی وجود دارد که موجبات انتقال فناوری به کشور را فراهم می‌آورد.

این شرکت ساخت المان بوده و بنا بر ادعای سازنده جزء ۵ تایی **overspeed** سالن برتر در جهان است و توسط یک موتور الکتریکی ۵ مگاواتی توانایی رسیدن به ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه را دارد. از این تأسیسات برای بالانس کردن اعوجاج‌های روتور استفاده می‌شود.

مهندس حسینی در مورد ساخت بلیدهای توربین نیز به دست‌یابی به فناوری ساخت بلیدهای **Hot section** توربین توسط شرکت پرتو از شرکت‌های زیرمجموعه مپنا اشاره کردند.

آخرین مرحله بازدید از بخش در حال راه‌اندازی توربین‌های هوایی بود که در حال تجهیز و آمادگی جهت اخذ استانداردهای لازم برای تبدیل شدن به یک مرکز اورهال سنگین موتور در کشور است. این بخش در



راه خطرناک تا مریخ

مترجمان: هستی پوراکبر و علی رحیمتی

برنامه ریزان مأموریت در حال حل مشکلات بی‌وزنی و در معرض تابش‌های کیهانی بودن فضانوردان در این مأموریت هستند. در این مقاله آدام هدیهزی^۱ پیشرفت سریع تکنولوژی برای کم کردن زمان سفر و همچنین مجموعه‌ای از اقدامات متقابل با هدف آوردن سیاره سرخ (مریخ) در دسترس انسان را بررسی می‌کند.

حداقل در فیلم‌ها هنگامی که فضانوردان پا روی مریخ می‌گذارند تازه مشکلات شروع می‌شود که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به روبرو شدن با آدم فضایی‌ها یا طوفان گردوغبار اشاره کرد. ولی در دنیای واقعی فضانوردان در مسیر رفتن به مریخ با بزرگ‌ترین مشکلات خود روبرو هستند و احتمالاً این به دلیل زمان رسیدن به مریخ است. اگر با موشک‌های موجود مأموریت را انجام دهیم، بسته به مسیر دور زدن سیاره مریخ، حدود ۹۰۰ روز در راه هستیم. این به معنای گذراندن حدود دو برابر بی‌وزنی متوالی است که تا به حال ثبت شده است. در تمام مدت سطح مریخ در جایی که جاذبه حدود ۴۰٪ جاذبه زمین است. کمی اختلال از نظر بی‌وزنی به وجود می‌آید ولی از نظر پزشکی مورد خاصی نیست (مقدار قابل قبول از نظر پزشکی ۳۸ درصد است).

به محض خروج از میدان مغناطیسی زمین مشکل اصلی شروع می‌شود. پرتوهای کیهانی (قسمت‌هایی از اتم‌ها که به وسیله‌ی انفجار ستاره‌ها و حوادث آسمانی در همه جهت‌ها انتشار می‌یابند) به سطح و پوسته‌ی وسایل فضایی سرایت می‌کنند و بافت‌های بدن انسان را می‌شکافند و در مدت کم باعث بیماری و سپس آسیب رساندن به DNA و ایجاد عوارض در طولانی مدت می‌شوند.

مقابله با این پرتوها می‌تواند حتی سخت‌تر از مقابله با آسیب‌های انرژی انفجارهای خورشیدی باشد که هر از چند گاهی اتفاق می‌افتد. هیچ‌کس واقعاً نمی‌داند بیرون از این میدان مغناطیسی چه مشکلات بلندمدتی وجود دارد؛ زیرا خدمه‌ی آپولو فقط کمتر از ۲ هفته بیرون این پوشش بوده‌اند!

زمانی که یک خدمه به مریخ می‌رسد ممکن است به خاطر تشعشعات یا ضعیف بودن بدن خود مریض شود و حتی ۴۰ تا ۵۰ درصد استحکام ماهیچه‌های خود را از دست دهد. برای اعضای خدمه ممکن است اکتشافات مؤثر و مفید در مریخ سخت باشد و اگر بتوانند آنجا را خانه خود کنند، مشکلات می‌توانند تا آخر عمرشان آن‌ها را گرفتار کنند.

آیا احتمال این وجود دارد که اولین مأموریت انسانی به مریخ نجات داده شود؟ احتمالاً:

به گفته دیمن لانرو^۲، تحلیل‌گر مأموریت‌های بیرون سیاره‌ای در JPL^۳، هر چه سفر کوتاه‌تر باشد امنیت بیشتری را برای فضانوردان احساس خواهیم کرد.

دنيس بوشنل^۴، دانشمند ارشد در مرکز تحقیقاتی لنگلی ناسا^۵ توضیح می‌دهد که با توجه به داده‌های تابش از فضاپیما‌های مریخ، یک خدمه باید طی ۲۰۰ روز، مأموریت را انجام دهند.



چنین زمانی با توجه به حمل و نقل با تکنولوژی نیروی محرکه فعلی غیرممکن است و ناسا می‌داند به یک تغییر اساسی در تکنولوژی نیروی محرکه نیاز دارد که احتمالاً از نیروی هسته‌ای تأمین می‌شود و این کار در حال انجام شدن است.

پیروزی این مأموریت نیز به پیروزی و دستاوردهای بدست آمده از ماه نیز بستگی دارد و ناسا می‌خواهد تا سال ۲۰۲۰ فضاوردان را به آنجا برگرداند!

آیا ما به نتیجه رسیده‌ایم؟

بخشی از راهکار برای کوتاه‌سازی سفر، پرتاب در زمان مناسب است. از آنجاکه سیارات در مدار خود حرکت می‌کنند، فرصت مناسب برای پرتاب از زمین به مریخ هر ۲۶ ماه اتفاق می‌افتد. یک توقف طولانی و مسیر گذر پیوسته طی این فرصت کمترین نیاز به انرژی برای پرتاب به مریخ و در نتیجه کمترین هزینه و موانع مالی پرتاب از زمین به مریخ را به همراه دارد. این مسیر فضاپیما را در حالی که سیاره در حال گردش است به توقف گاهی در مقابل خورشید از زمین (که در نجوم "conjunction" یا اتصال نامیده می‌شود) نسبت به مکان پرتاب از زمین به مریخ می‌برد. در سفر بازگشت این عمل معکوس است، چند صد روز در مریخ برای یک هم‌جهتی بهینه تا رسیدن زمین به اتصال صرف می‌شود.

بر روی مریخ بدن به گونه‌ای سنگ پوش یا یخ به ضخامت ۴ متر برای محافظت نیاز دارد. واقعیت متفاوت از کارتون آدم‌هایی است که در اطراف مریخ سرگردان سیر می‌کنند.

- دنیس بوشنل، دانشمند ارشد در مرکز

تحقیقات لنگلی، ناسا

از سوی دیگر، مسیرهای به اصطلاح کلاس-مقابل، معمولاً از این فایده در یک بخش از سفر استفاده می‌کنند. زمان رسیدن به مریخ یا زمین، نسبت به پرتاب، زمانی که سیارات در یک سمت خورشید قرار دارند رخ می‌دهد که در ستاره‌شناسی opposition (مقابله) نامیده می‌شود. این مأموریت‌ها دارای انعطاف‌پذیری بیشتری در

زمان‌بندی هستند، اما نیاز به نیروی محرکه بیشتری برای نیروی قوی‌تر در مسیر سیاره‌ای فضاپیما دارند. برای افزایش سرعت در بخش طولانی سفر، فضاپیمای دارای خدمه می‌تواند به سمت درون منظومه‌ی شمسی متمایل شود و در ارتفاع نزدیک به سطح زهره جهت بهره‌جویی از گرانش پرواز کند. به‌طور کلی، مأموریت‌های با مسیر مقابل، زمان دور از زمین را کاهش می‌دهند و شاید به مدت نیمی (۴۵۰ روز) از مأموریت‌های پیوسته (مقابل) به طول انجامند، اگرچه مدت‌زمان بیشتری در فضا نسبت به سطح مریخ سپری می‌شود که آنجا اعزام می‌تواند به کوتاهی یک ماه باشد.

مسیرهای جدید به مریخ

جهت درک دلیل افزایش اشتیاق برای پیش‌رانش هسته‌ای، شایسته است به دیگر تکنولوژی‌هایی که ممکن است نقشی کمکی در یک مأموریت کوتاه داشته باشند نگاهی داشته باشیم. پیش‌رانش الکتریکی خورشیدی که در آن معمولاً الکتریسیته‌ای که به واسطه‌ی نور خورشید تولید می‌شود، گازی مانند زنون را یونیزه می‌کند که برای تولید پیش‌ران از یک نازل خارج می‌شود، در این روش تغییر مومنتوم خوبی حاصل

می‌شود که به دلیل سرعت خروجی باورنکردنی گاز، راندمان آن قابل‌مقایسه با پیش‌رانش شیمیایی است. باین‌حال راندمان، پیش‌رانش هسته‌ای به دلیل جرم کم جریان خارج‌شده از موتور بسیار پایین است. رسیدن به جرم قابل‌توجه تا سرعت‌های بالا، حداقل با نمونه‌های امروزی، به مدت‌زمان طولانی و یا قدرت بسیار زیاد نیاز خواهد داشت.

از آن‌جهت که برق خورشیدی باید برای مأموریت‌های کوتاه‌مدت ماه کار کند، در حال حاضر برنامه‌ریزان، آن را برای مأموریت‌های حامل‌های نسبتاً بزرگ و سفرهای طولانی به مریخ کافی نمی‌دانند، به‌خصوص با توجه به این‌که شدت نور خورشید با دور شدن از نزدیکی زمین کاهش می‌یابد. رونالد لیچفورد^۶، تکنولوژیست اصلی پیش‌رانش در مرکز پرواز فضایی مارشال در آلاباما، ناسا می‌گوید: با استفاده از انرژی الکتریکی خورشیدی، فقط تجهیزات بسیار بزرگ شده‌اند، اما این روش عملی نیست.

در عوض، در مریخ، برنامه‌ریزان، وجود عناصر از پیش فرارگیری شده‌ی مأموریت را مانند یک فرودگر به‌وسیله‌ی تکنولوژی پیش‌بینی می‌کنند. بیکر می‌گوید: برای مأموریت‌های به مریخ، نیروی پیش‌ران خورشیدی هنوز کاملاً عملی نیست، اما استفاده از آن برای مأموریت‌های حمل‌ونقل، یک ایده عالی است.

لیچفورد می‌گوید: ما واقعاً باید به (رانش) هسته‌ای برسیم اگر می‌خواهیم فوق‌العاده سریع باشیم.

در رانش قوی هسته‌ای، یا نیروی پیش‌رانش





حرارتی هسته‌ای، یک ماده مانند هیدروژن مایع توسط راکتور گرم می‌شود و یک نازل را برای تولید رانش باز می‌کند. بر اساس کاربرد موتورهای هسته‌ای ناسا برای راکت‌های حامل، یا برنامه ⁷NERVA که در دهه ۱۹۶۰ چندین راکتور و راکت هسته‌ای را ساخته و آزمایش کرد ولی در سال ۱۹۷۲ قبل از پرواز، کنگره (آن برنامه را) لغو کرد، تکانه‌ی تولیدشده حدود ۹۰۰ ثانیه شناخته شد (دو برابر راکت‌های شیمیایی معمولی).

کاهش زمان گذر از زمین به مریخ، علاقه به نیروی حرارتی هسته‌ای را افزایش داده است. در آگوست ۲۰۱۷، ناسا قرارداد سه‌ساله ۸/۱۸ میلیون دلاری را به شرکت Lynchburg، واقع در ویرجینیا (BWXT Nuclear Energy) اختصاص داد تا برنامه جدید طراحی راکتور و تولید سوخت را رهبری کند. BWXT با Aerojet Rocketdyne که مقر آن در ساکرامنتو کالیفرنیا است، همکاری می‌کند، به طوری که در فعالیت‌های توسعه سیستم موتور و وسایل نقلیه، قرارداد تحقیق و تکنولوژی سیستم‌های پیش‌رانش فضایی ۲ ناسا را دنبال می‌کند. Aerojet Rocketdyne می‌گوید هدف این است که تا اواسط سال ۲۰۲۰، یک سیستم نمونه اولیه ساخته شود که به جای تلاش‌های پیشین برای استفاده از اورانیوم با غنی‌سازی بالا به‌عنوان سوخت، از غنی‌کم انرژی اورانیوم استفاده شود. انجام این کار هزینه‌های تولید را به میزان قابل‌توجهی کاهش خواهد داد و همچنین تأمین امنیت آن را آسان می‌کند.

در نمونه‌ی با نیروی رانش کم هسته‌ای

(نیروی رانش هسته‌ای-الکتریکی) یک راکتور شکافتی، برق را برای نیروی رانش الکتریکی تأمین می‌کند. ناسا تنها یک‌بار در سال ۱۹۶۵ یک راکتور شکافتی را در فضا پرواز داده است؛ اما پیشرفت اخیر در یک پروژه به نام Kilopower که در اکتبر ۲۰۱۶ در Aerospace America بررسی شد، می‌تواند این مسیر را به پایان برساند. Kilopower یک پروژه هدفمند محافظه‌کارانه مبتنی بر تکنولوژی‌های آزمایش‌شده و واقعی است و با توجه به وزن و قدرت کم آن، بیشتر برای تأمین قدرت در زیستگاه‌های سطح ماه یا مریخ انجام شده است. باین‌حال، می‌تواند دری به‌سوی راکتورهای سبک‌تر فضایی، با قدرت لازم برای انتقال سریع به مریخ باز کند. لیچفورد می‌گوید: یکی از مزایای واقعی Kilopower راهی است که پیش پایمان می‌گذارد که می‌توانیم از طریق آن از تمام فرایندهای نظارتی، موفق بیرون آیم و مانع به پرواز درنیوردن یک راکتور در درازمدت شویم.

پیشرفت موازی بر روی رانشگرهای الکتریکی که می‌تواند به توان موردنظر از طریق نیروی هسته‌ای دست یابد با کمک مالی ناسا ادامه دارد. نوعی که قبلاً با سیستم‌های برق خورشیدی گسترش یافته است، Hall thruster است. درون آن، الکترون‌ها که در یک میدان مغناطیسی به دام افتاده‌اند یک پیشران (اغلب زنون) را یونیزه می‌کنند؛ سپس یون‌ها برای تولید نیروی رانش به فضا خارج می‌شوند. یکی دیگر از انواع پیشران، ^۸FRC یا پیکربندی میدان معکوس نامیده می‌شود که بر پایه‌ی چرخش میدان مغناطیسی برای جدا کردن

تکه‌های پلاسما در یک حفره و سپس بیرون پرتاب کردن آن‌ها است.

سومین نوع رانشگر در حال توسعه موشک مگنتوپلاسما با تکانه‌ی مخصوص متغیر، به اختصار VASIMR است. اصول کار: امواج رادیویی یک گاز را (آرگون، زنون یا هیدروژن) به پلاسما فرارگرم تبدیل می‌کند که سپس از یک نازل مغناطیسی با سرعتی بالا در حدود ۱۸۰،۰۰۰ کیلومتر در ساعت (۱۱۲،۰۰۰ مایل در ساعت) می‌گذرد. اد آسترا، شرکت تگزاسی حامی VASIMR، در حال آماده‌سازی آخرین موتورش، بانام VX-200SS، برای ۱۰ ساعت کار متوالی با توان ۱۰۰ کیلووات در یک اتاق خلا است. انجام این کار موتور را در سطح آمادگی فناوری مرحله‌ی ۵ در مقیاس nine-point ناسا قرار می‌دهد که نشان‌دهنده اعتبار سنجی در محیط مرتبط با مأموریت است. مارک کارتر ^{۱۱}، معاون ارشد فناوری در اد آسترا ^{۱۲}، بیان می‌کند که قدم بعدی، پیشرفت به سطح آمادگی فناوری ۶ برای نمایش فضایی در سال ۲۰۲۲ است.

برای برخی از برنامه ریزان مأموریت، VASIMR به‌ویژه به دلیل تغییر تکانه‌ی مخصوص و نیروی پرتابه‌ای که دارد جذاب است، هرچند لیچفورد می‌گوید هر سه‌ی آن‌ها اطمینان‌بخش هستند. در درازمدت به دلیل بالا بودن قابلیت مقیاس‌پذیری VASIMR، برنامه ریزان بلندپرواز، معماری‌های انقلابی سریع حرکت را با آن طرح‌ریزی کرده‌اند. با استفاده از راکتور هسته‌ای ۱۰ تا ۲۰ مگاوات و سیستم پیشران برق هسته‌ای می‌توان مسیر زمین به مریخ و سپس مریخ به زمین را به ترتیب

در ۹۰ و ۱۵۰ روز به پایان رساند. با یک راکتور ۲۰۰ مگاواتی، این حرکت رفت و آمد بین سیاره‌ای می‌تواند به دو ماه کاهش یابد. با در نظر گرفتن این‌که فضانوردان به مدت دو ماه در مریخ باقی بمانند، یک معماری مأموریت ۲۰۰ مگاواتی VASIMR در کمتر از ۲۰۰ روز، به هدف برگرداندن سالم فضانوردان خواهد رسید. بوشنل، یک طرفدار VASIMR، این معماری را حیرت‌آور می‌خواند.

ایمنی نسبی است

البته که با سرعت طی کردن مسیرها برای محدود کردن بی‌وزنی و قرار گرفتن در معرض تابش، تنها بخشی از راه خطرناک نخستین مأموریت انسان در مریخ است. این یک سفر بی‌مانند طولانی خواهد بود که میلیون‌ها کیلومتر در محاصره‌ی کامل محدودیت‌های بسیار سخت قرار خواهد گرفت. استرس روانی محرومیت، با نزدیکی بی‌وقفه به انسان‌های دارای حس محبوس‌شدگی، تأخیر ارتباطی طولانی با زمین که ممکن است در هر ارسال از ۲۰ دقیقه تجاوز کند، تشدید می‌شود. گفتگوی هم‌زمان و به همین ترتیب، ارتباط با خانه قطع خواهد شد. لیچفورد می‌گوید: حتی با آنچه ما انتقال سریع می‌نامیم هنوز محیط خشک است و استرس شدید بر روی فضانوردان وجود دارد.

تمرکز فعلی ناسا بر خارج کردن انسان از مدار کوچک زمین و بازگشت به فضای بین زمین و ماه می‌تواند کمک زیادی به رشد فناوری‌های موردنیاز برای رسیدن سریع به مریخ و پایداری سلامت خدمه کند. این پیشبرد ماه به مریخ که در دستورالعمل

سیاست فضایی ۱ در ماه دسامبر ۲۰۱۷ صادر شد، از سیستم پرتاب فضایی ناسا و وسایل نقلیه تجاری استفاده می‌کند تا برای حمایت مأموریت‌های انسانی و رباتیک در سال‌های ۲۰۲۰ و پس‌از آن، پلتفرم مدخل قمری^{۱۲} را برقرار کند.

لانداو می‌گوید: اولین گام، ایستگاه مدخل^{۱۳} است، چیزی که آنجا ما خدمه را در فضای به‌قدر کافی دور از زمین داریم، جایی که محیط مشابه آن را ممکن است در مأموریت به مریخ ببینید.

با این حال، اگر پیشرفت سیستم‌های پیشران همچنان اتفاق نیفتد، گفت‌وگو می‌تواند به پرسش‌های گسترده‌تر اخلاقی در مورد خطری منتهی شود که یک سازمان دولتی مانند ناسا بتواند به شهروندان اجازه ثبت‌نام داوطلبانه را بدهد. حتی اگر بدبختی و مرگ تنها تضمین این سفر باشد بازهم داوطلبان مشتاقانه برای سفر تاریخی به این کره قرمز ثبت‌نام می‌کنند. پنست پاولسیک^{۱۵} می‌گوید این جزئی از طبیعت انسان است که با خود می‌گوید اوه من می‌خواهم اولین کسی باشم که روی مریخ پا می‌گذارد.

بخش فرایند سودآوری ممکن است ضربه سنگینی به سازمان میراث فضانوردی^{۱۶} برساند. در سپتامبر ۲۰۱۸ ایلان ماسک^{۱۷} اعلام کرد که اولین سفر خصوصی به سرتاسر ماه را برای اجرا در سال ۲۰۲۳ طراحی کرده است و همچنین شرکت قصد دارد تا محموله و خدمه را به‌طور هم‌زمان برای سال بعد از آن به مریخ بفرستد که این به‌وسیله‌ی BFR امکان‌پذیر شده است. BFR می‌تواند مخفف شده‌ی Big Falcon Rocket یا هرگونه نام دیگری که با

شروع می‌شود باشد.

این اشکال که شرکت‌کنندگان در مأموریت سفر به مریخ صرفاً باید یک امضا بدهند که از خطرات این سفر آگاهی دارند، همچنان وجود دارد؛ اما ناسا و مردم آمریکا باید تصمیم بگیرند که چه اندازه فراتر از آستانه‌ی سلامتی خود بروند تا ما تماماً به دنبال سرنوشت خود در مریخ باشیم.

پاولسیک می‌پرسد که امن تا چه حد امن است؟ او در نهایت می‌گوید مسئله امنیت فضانوردان به همان سختی است که ما انتخاب می‌کنیم.

منبع:

AIAA / November 2018

- 1-Adam Hadhazy
- 2-Damon Landau
- 3-Jet Propulsion Laboratory
- 4-Dennis Bushnell
- 5-NASA's Langley Research Center
- 6-Ronald Litchford
- 7-Nuclear Engine for Rocket Vehicle Application
- 8-Field Reversed Configuration
- 9-Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket
- 10-Ad Astra
- 11-Mark Carter
- 12-Lunar Orbital Platform-Gateway
- 13-gateway station
- 14-John Baker
- 15-PennState's Pawelczyk
- 16-legacy astronautics agencies
- 17-Elon Musk



هشدارهایی بهتر، از خرده سیارک‌ها

مترجم: امیرحسین بیکیان

ناسا در چهار سال آینده می‌خواهد ۸/۳ میلیون دلار برای افزودن دو تلسکوپ دیگر به شبکه جستجوی سیارک خود هزینه کند؛ تا مأموریت کامل‌تری را برای یافتن اجسام کوچک که در حال نزدیک شدن به سطح زمین هستند، انجام دهد.

تام جونز^۱، فضانورد و دانشمند سیاره‌شناس، توضیح می‌دهد چگونه این سامانه ارتقا یافته، می‌تواند واپسین دقیق برخورد یک‌خرده سیارک را به ما هشدار دهد.

کاربرد تلسکوپ‌ها

با آگاهی از محدودیت‌های مکانی، تعداد و کارایی تلسکوپ‌های جستجوی امروزه، بیشتر ستاره‌شناسان، اجرام نزدیک زمین را تنها پس از آنکه رویارویی نزدیکی با جهان‌خانه ما داشته باشند پیدا می‌کنند. اکنون، ناسا گام‌هایی را برمی‌دارد تا توانایی خود برای یافتن این اجرام نزدیک به زمین بالا برد و بتواند در هنگام مناسب، هشدارهای

لازم را بدهد. توجه داشته باشید که حتی برخورد شیئی به قطر تنها بیست متر می‌تواند به اندازه‌های انرژی بیافریند که برای با خاک یکسان کردن مرکز یک شهر بس آژانس فضایی در حال کار گذاشتن دو تلسکوپ در نیمکره جنوبی است. آن‌ها به دو تلسکوپ کنونی در نیمکره شمالی



یک دوربین سامانه ATLAS بر روی کوه محل کار گذاشتن آن در هاوایی. این تلسکوپ با قطر نیم متری را شرکت DFM Engineering در کلرادو ساخته است. دو تلسکوپ به پشتیبانی هم، همه آسمان قابل دیدن از هاوایی را هر دو شب یک‌بار پایش کرده و به دنبال سیارک‌ها در واپسین فرود خود به سوی زمین می‌گردند.

نبودند، خواهیم دید.

همان‌گونه که لری دنیو^۴، مدیر گروه پژوهش‌های سامانه ATLAS، می‌گوید: «برتری اصلی این است که ما می‌توانیم از شیلی همه آسمان را تا قطب جنوب سماوی مشاهده کنیم. همین‌طور از آنجایی که آسمان دست‌کم در یکی از این چهار جا صاف خواهد بود، ما تصاویر دوره‌ای بیشتری از پایش آسمان و در پی آن هشدارهای بهتری خواهیم داشت.»

امروزه سامانه ATLAS، در گستره دید خود به خوبی کار می‌کند. به‌عنوان مثال، تلسکوپ‌ها داده‌هایی کلیدی را برای آشکار ساختن جایگاه دقیق برخورد یک سنگ آسمانی نشان دادند که در دو ژوئن به وسیله تلسکوپ‌های پروژه «نقشه‌برداری آسمانی کاتالینا»^۵ ناسا، مشغول به کار در شهر توسان ایالت آریزونا، آشکار شد.

محاسبات مداری نخستین نشان داد این جسم، که LA ۲۰۱۸ نامیده شد، به احتمال بسیار طی چند ساعت دیگر به زمین برخورد می‌کند. در ادامه، مشاهدات بیشتر مدار را تصحیح نمود و برخورد را طی چند

لحظه آینده تأیید کرد. درحالی‌که اندازه‌گیری‌های روشنایی نشان می‌داد شاید جرم آسمانی بسیار کوچک تر از آن باشد که بتواند از ورودی جو زمین گذر کند، «آزمایشگاه پیش‌رانش جت ناسا یا جی پی آل^۶» در کالیفرنیا، بر پایه مدار به دست آمده نوار باریکی از نقاط احتمالی برخورد در جو را برآورد نمود که از گینه نو به سوی غرب از میان اقیانوس هند کشیده می‌شد و تا جنوب آفریقا دنباله داشت.

جی پی آل، برای هدایت ناظران سیارک برای مشاهدات بیشتر هشدار خودکار فرستاد. همچنین به دفتر هماهنگی دفاع سیاره‌ای ناسا در واشنگتن دی. سی. گزارش داد که هیچ هشدار زمینی فرستاده نشده است. ولی اخبار، رصد کنندگان آسمان را در طول ورودی مسیر فرود آگاه کرد. همان‌گونه که امید می‌رفت، نزدیک به ساعت ۱۶:۴۴ به وقت زمان هماهنگ جهانی، در دوم ژوئن مشاهده کنندگان در مرز بوتسوانا و آفریقای جنوبی یک سنگ آسمانی درخشان را درحالی‌که گویی آسمان اوایل غروب را می‌شکافت و فرود می‌آمد گزارش کردند.

ATLAS چگونه کار می‌کند؟

سامانه ATLAS که تحت کنترل دانشگاه هاوایی و بنیاد اخترشناسی آن است، بخشی از برنامه بزرگ‌تر جستجوی سپرده‌شده از سوی کنگره به ناسا است که هدف آن، یافتن ۹۰ درصد از حدود ۲۵۰۰۰ خرده سیارک نزدیک به زمین که قطری برابر یا بیشتر از ۱۴۰ متر دارند است.

دو تلسکوپ حاضر ATLAS بر روی دو کوه آتش‌فشانی بسیار بلند، در مسافت ۱۶۰ کیلومتری هم در مائوئی و جزیره هاوایی قرار دارند. این تلسکوپ‌ها مخصوصاً به دنبال LA ۲۰۱۸ نبودند؛ ولی این شیء در روال همیشگی تصاویر گرفته‌شده از آسمان شب رخ نمود. همچنین، با تشویق یافته‌های پروژه کاتالینا، بررسی داده‌های تازه و پیش‌تر ATLAS از آسمان شب، LA ۲۰۱۸ تندررو را مشخص کرد و دقت‌های بنیادینی را به محاسبات مدار خرده سیارک افزود. معمول‌ترین دوربین ATLAS دهانه‌ای به طول نیم متر دارد بنابراین آن‌ها نمی‌توانند خرده سیارک‌های دور و کم‌نور را بیابند، اما می‌توانند اشیاء کوچک و تندررو را که شاید به اندازه کافی بزرگ باشند تا موجب خسارت زدن به زمین بشوند، شکار کنند.

سامانه دو تلسکوپیی حاضر، از آغاز سال ۲۰۱۷ کاربردی شده است. هر تلسکوپ، از نوع بازتابی رایج اشمیت است که یک تصویربردار دیجیتالی حالت جامد، پشت آینه اصلی کار گذاشته شده. هر دوربین می‌تواند تصاویری از یک نوار ۵٫۶ درجه‌ای از یک طرف آسمان بگیرد؛ به اندازه یازده برابر قطر ظاهری ماه کامل.

دیگر تلسکوپ‌هایی که برای یافتن اجرام



مسیر نهایی سیارک کوچک LA ۲۰۱۸ که موقعیت مداری آن را هنگامی که در روز دوم ژوئن روی جنوب آفریقا آماده برخورد بود بر اساس زمان استاندارد جهانی نشان می‌دهد. مشاهدات ATLAS کلید اصلی یافتن موقعیت جایگاه برخورد در انتهای غربی خطی دربرگیرنده نقاط فرود احتمالی بود که از گینه نو تا آفریقا ادامه داشت.





نزدیک زمین کوشش می‌کنند، آیین‌های بزرگ‌تری برای یافتن اجسام کم‌نورتر و دورتر دارند. گرچه دوربین‌های ATLAS حساسیت قابل‌قبولی را با زاویه دید بسیار بازتری ترکیب می‌کنند تا بتوانند بخش‌های پیاپی آسمان را به‌تندی بپیمایند. در یک‌زمان بیست‌ثانیه‌ای نوردهی، یک دوربین ATLAS می‌تواند اشیائی تا قدر ظاهری ۲۰ را نشان بدهد، این میزان دید برابر با دیدن یک چوب‌کبریت افروخته در نیویورک است درحالی‌که از سانفرانسیسکو به آن بنگریم! هر بخش آسمان پس از سی دقیقه دوباره تصویربرداری می‌شود. نرم‌افزار این تصاویر را مقایسه کرده و هر جسمی را که حرکت کند یا درخششش تغییر کند را نشانه‌گذاری می‌کند. هرگاه به تلسکوپ‌ها فرمان داده شود، آن‌ها هر شب ۵۰۰ ردپا را در آسمان زیر نظر می‌گیرند و هر دو شب یک‌بار، از همه آسمان قابل‌رؤیت در هاوایی تصویربرداری می‌کنند.

دنیو، مدیر گروه پژوهش‌های سامانه، می‌گوید ATLAS مخصوصاً برای کامل کردن دیگر سامانه‌های ناسا راه‌اندازی شده است، یافتن خرده‌سیارک‌هایی که به‌اندازه کافی نزدیک و روشن هستند و تنها چند روز تا برخورد یا رویارویی نزدیک با زمین فاصله دارند.

ATLAS می‌تواند یک جرم با قطر ۱۰۰ متر را از مسافت ۴۰ میلیون کیلومتری (یک‌چهارم مسافت تا خورشید) ببیند و همین‌طور یک جرم با قطر ده متر را از فاصله ۴ میلیون کیلومتری (ده برابر مسافت تا کره ماه). در سرعت متوسط خرده‌سیارک‌ها این به معنی یک فرصت دوازده‌روزه برای هشدار دادن جسمی ۱۰ متری است

(یعنی اندازه معمول شهاب‌سنگ‌های کوچکی که از دست دیگر تلسکوپ‌های ناسا درمی‌رفتند). شهاب‌سنگی به این کوچکی نمی‌تواند از جو زمین گذر کند، به‌هرروی آزاد شدن انرژی آن‌که برابر پنجاه کیلوتن تی.ان.تی است، می‌تواند به زیرساخت‌ها آسیب برساند یا مردم را زخمی کند.

نرم‌افزار موجود در شبکه ATLAS اجسام آسمانی در حال حرکت را با سیارک‌ها، دنباله‌دارها و ماهواره‌های شناخته‌شده مقایسه می‌کند. هر یافته تازه، با داده‌های شب‌های پیشین مقایسه می‌شود تا مدار برآورد شده را تصحیح کرده و سیارک‌های کم‌سرعت کمربند اصلی را جدا کند. سپس ATLAS، پایگاه سیارات خرد (که بخشی از شبکه جهانی هشدار سیارک‌هاست) در کمبریج و ماساچوست را درباره هر شیء جدیدی، به‌خصوص آن‌هایی که در حال آمدن به سوی زمین نمایان می‌شوند، گزارش می‌دهد. اگر پایگاه، احتمال بالای برخورد را تأیید کند، یک آگاه‌سازی ایمیلی به جامعه رصدگران و جی.پی.ال. می‌فرستد تا مشاهدات بیشتر و سایر بررسی‌های لازم را انجام دهند.

نرم‌افزار ردیابی سیارک جی.پی.ال.، به نام اسکات^۷، زمان و برد نقاط احتمالی برخورد

را برآورد می‌کند. اگر سیارک به‌اندازه کافی بزرگ باشد و پیش‌بینی مدار آن با مشاهدات بیشتر تأیید شود، ناسا دولت ایالات‌متحده را از توانایی نابودکنندگی برخورد خیردار می‌کند. درعین‌حال پایگاه سیارات خرد، پیش‌بینی را با رصدکنندگان و آژانس‌های فضایی سراسر جهان در میان می‌گذارد.

نقشه‌برداری‌های امروزی سیارک‌ها بیشتر یک هشداردهنده چندروزه را برای سیارک‌هایی به ابعاد «تونگوسکا»^۸ ارائه می‌دهند. تونگوسکا مرجعی برای اندازه سیارکی به ابعاد برآورد شده ۴۰ متر است که در سال ۱۹۰۸ روی سیبری روسیه منفجر شد و جنگل متروکه‌ای به گستره دو هزار کیلومترمربع را با خاک یکسان کرد. ATLAS ارتقا یافته، مدت‌زمان هشدار را به‌اندازه یک هفته افزایش خواهد داد، بنابراین زمان کافی برای تخلیه کردن مردم در طول مسیر برخورد را فراهم می‌آورد. به‌هرروی شکستن و انهدام یک خرده‌سیارک در دقایق واپسین برخورد، نشدنی است چراکه برپا کردن یک مأموریت انحراف و شکست پنج تا ده سال زمان می‌خواهد!

جستجوی گسترده، نه ژرف

برابر گفته‌های دنیو، ATLAS دیگر سامانه‌های جستجوی سیارک ناسا را کامل می‌کند، که می‌توانند اجسام دورتری را در پهنه آسمان مشاهده کنند اما به نسبت، دید کم‌تری در بررسی کرانه‌های کم‌عمق ولی پهناور کیهان، که نزدیک به زمین هستند؛ دارند. کلی فست^۹، مدیر برنامه مشاهدات ناسا از اجرام نزدیک زمین،



این سنگ آسمانی، بخشی از خرده سیارک LA2018 است که در دوّم ژوئن به زمین برخورد کرد و یک شهاب روشن را چند ثانیه پس از رسیدنش به جو در آسمان بوتسوانا به وجود آورد.

می‌گوید: «تلسکوپ‌های ATLAS به‌اندازه دیگر تلسکوپ‌های نقشه‌برداری ناسا عمیق نمی‌شوند (چراکه خرده سیارک‌ها با دورتر شدن ناپدید می‌شوند)، اما در مقابل، آن‌ها می‌توانند خرده سیارک‌های کوچک‌تری را در یک مسیر برخورد آشکار کنند.»
 تلسکوپ‌های بزرگ‌تر جستجوی خود را برای اجرام ۱۴۰ متری و بزرگ‌تر دنبال می‌کنند، درحالی‌که ATLAS می‌تواند میلیون‌ها خرده سیارک کوچک‌تر را که می‌توانند آسیب‌هایی به سطح زمین بزنند ردیابی کند. همچنین وی می‌گوید: «روش‌های مکمل نقشه‌برداری می‌توانند هم‌زمان در هر دو سو موجب پیشرفت بشوند.»

در سال ۲۰۱۷ ATLAS، نزدیک به ۹۸ خرده سیارک نزدیک زمین پیدا کرد و سومین سامانه نقشه‌برداری پرحاصل ناسا شد. با بودجه مدیریت حدود ۷۴۰ هزار دلار سالانه، این سامانه هر سال کمابیش ۱۰۰ خرده سیارک نزدیک به زمین و بزرگ‌تر از ۳۰ متر را آشکار می‌کند. آن‌ها نسبتاً کوچک هستند اما به‌اندازه کافی بزرگ‌اند که هونولولو را در یک برخورد نابود کنند. ATLAS از ماه اکتبر، ۱۹۳ خرده سیارک (که هجده عدد از آن‌ها نابودکننده و بالقوه بسیار آسیب‌زننده بوده‌اند) و دوازده دنباله‌دار را آشکار کرده است. این بخشی از بیش از ۱۸ هزار خرده سیارک نزدیک زمین است که اکنون فهرست شده‌اند. اما این سامانه هم‌اکنون مشغول انجام کارهای آماری ارزشمندی روی اجرام کوچک‌تر است که بسیار بیشتر هستند اما هنوز شمار کمی از آن‌ها مشاهده شده‌اند. همچنین ATLAS تلسکوپ‌های بزرگ‌تری را برای

پیگیری مشاهدات اجرام نزدیک به زمین به ارمغان خواهد آورد. این تلسکوپ‌ها مدار را تصحیح کرده و گاهی اطلاعات ترکیبی با طیف‌سنجی را به دست می‌آورند.

بررسی وضعیت

بودجه‌های جدید برای ATLAS در میان بودجه برنامه دقیق نقشه‌برداری اجرام نزدیک زمین ناسا که روی هم‌رفته نزدیک به یک میلیون دلار در سال به مدت چهار سال است، برنامه‌ریزی شده.

سومین تلسکوپ ATLAS برای رصدخانه اخترشناسی آفریقای جنوبی ساخته می‌شود که در ۳۷۰ کیلومتری شمال شهر کیپ‌تاون قرار دارد. چهارمین تلسکوپ برنامه‌ریزی شده برای جایگاهی در شیلی است. گروه پنج‌نفره ATLAS در حال جستجو برای جایگاه مناسب هستند، جایگاهی با بیشترین درصد شب‌های بی‌آلایش و آسمان مناسب برای پایش. پایگاه آفریقای جنوبی ATLAS کار خود را در سال ۲۰۲۰ آغاز خواهد کرد و پایگاه شیلی سال ۲۰۲۱ باز خواهد شد.

نقشه‌برداری‌های سریع‌تر و بهتر نیاز است با این بودجه سالانه ۶۰ میلیون دلاری نقشه‌برداری و پژوهش، ناسا توده اجرام ۱۴۰ متری و بزرگ‌تر را دنبال می‌کند، که می‌توانند یک بخش دربرگیرنده چند ایالت را در آمریکا ویران کنند. فست می‌گوید: «آژانس به‌عنوان یکی از مأموریت‌هایش، نگاهبانی و بهبود زندگی روی زمین، که دربرگیرنده هشدار دادن درباره برخوردکننده‌های کوچک‌تر و قریب‌الوقوعی مانند چلیابینسک^{۱۰} (که در سال ۲۰۱۳ در

روسیه به زمین برخورد کرد) را هم شامل می‌شود که اندازه‌هایی تنها نزدیک به بیست متر دارند را دنبال می‌کند. اینجا جایی است که ATLAS وارد می‌شود!»

یک تلسکوپ فضایی فرسوخ تا اندازه زیادی جستجو برای اجرام نزدیک زمین بزرگ و کوچک را سرعت می‌بخشد و بیش از همه، هدف اجسام ۱۴۰ متری را با ۱۰ سال مشاهده کامل می‌کند. چنین مأموریتی، به‌رحال با سرمایه‌گذاری و بودجه نامطمئنی روبرو خواهد بود و شاید تا یک دهه اجرایی نشود. تا آن زمان، سامانه ارتقا یافته ATLAS بختی مقرون‌به‌صرفه را برای هشدار دادن یک گلوله دقیقه نودی از فضا ارائه می‌دهد.

منبع: AIAA 2018 November

- 1-Tom Jones
- 2-Asteroid Terrestrial-Impact Last Alert System-ATLAS
- 3-Maui
- 4-Larry Denneau
- 5-Catalina Sky Survey: CSS
- 6-Jet Propulsion Laboratory: JPL
- 7-skout
- 8-Tunguska
- 9-Kelly Fast
- 10-Chelyabinsk



نویسندگان: مصطفی کریمی دهکردی، مسعود صیدی، محمد مرادی زانیانی

”برای بهینه‌سازی یک مسئله مهندسی و یا غیرمهندسی روش‌های بهینه‌سازی بی‌شماری وجود دارد که در این نوشتار به معرفی و بررسی کارکرد یکی از این روش‌ها یعنی بهینه‌سازی گرگ خاکستری، به‌عنوان روشی فراابتکاری پرداخته شده است. پس از معرفی این روش بهینه‌سازی، آن را در توابع معیار می‌آزماییم و مشاهده می‌کنیم پاسخ‌های پذیرفتنی می‌دهد به گونه‌ای که در تابع معیار اندازه کمینه آن را شناسایی می‌کند.

یکی از کاربردهای بنیادی این روش بهینه‌سازی، در مسیریابی پرنده‌های بدون سرنشین است که این روش در یک نمونه با شش روش بهینه‌سازی دیگر سنجیده و مشاهده شده، از لحاظ همگرایی، این روش در برابر دیگر روش‌ها سریع‌تر به پاسخ نهایی می‌رسد. در نوشتارهای دیگری که در مرجع ذکر شده نیز، روی این مسائل کار شده. این نوشتار به درستی‌سنجی آن‌ها پرداخته و در مواردی، مانند آزمایش این روش با طراحی نرم‌افزار، فراتر از دیگر مقالات امکان آزمودن این روش بهینه‌سازی را در توابع گوناگون با شرایط دلخواه فراهم نموده است.“

پیشگفتار

امروزه در بسیاری از مسائل، بهینه‌سازی نقشی انکارناپذیر دارد. به‌گونه‌ای که پژوهش‌های انجام‌شده درباره گونه‌های بهینه‌سازی‌ها تاندازه‌ای افزایش پیدا کرده که در مسائل گوناگون روش‌های بهینه‌سازی فراوانی یافته شده‌اند. امروزه بهینه‌سازی، به‌عنوان یک دانش، در مراکز علمی آموزش داده می‌شود. یکی از روش‌های بهینه‌سازی نوین که در سال‌های اخیر شناخته شده، روش بهینه‌سازی گرگ

خاکستری است. در این نوشتار کوشش شده پس از نمایاندن مفهوم بهینه‌سازی و گزارش کوتاهی از گونه‌های آن، به‌طور ویژه به همین روش بهینه‌سازی، روش گرگ خاکستری، پرداخته شود.

بهینه‌سازی

بهینه‌سازی، به معنای یافتن بهترین پاسخ پذیرفتنی برای یک مسئله، با آگاهی از چارچوب‌ها و نیازهای آن مسئله است. برای یک مسئله، شاید پاسخ‌های گوناگونی باشد که برای سنجیدن آن‌ها و گزینش پاسخ

بهینه، تابعی به نام تابع هدف تعریف می‌شود. گزینش این تابع به طبیعت مسئله بستگی دارد. برای نمونه، هزینه یا زمان سفر از جمله اهداف رایج بهینه‌سازی شبکه‌های ترابری هستند. در مسائل بهینه‌سازی هدف، رسیدن یکی از کمیت‌ها به کمینه یا بیشینه خود است؛ برای نمونه در شبکه ترابری، یکی از اهداف، کاهش زمان ترابری به کوتاه‌ترین اندازه ممکن است.

از کاستی‌های بزرگ این روش‌ها، احتمال بازایستادن حل در نقاط بهینه^۱ محلی است؛ یعنی شاید این نقطه را به جای پاسخ مسئله معرفی کند، با اینکه هنوز همه^۱ دامنه بررسی نشده است. این ناکارایی یکی از ریشه‌ای‌ترین انگیزه‌های شکل‌گیری روش‌های فرا ابتکاری است.

روش‌های فرا ابتکاری

این روش‌ها، همان‌گونه که از نامشان آشکار است، ره‌آورد پیشرفت روش‌های بهینه‌سازی ابتکاری هستند. در این روش‌ها کوشش شده با ساختن دگرگونی‌هایی در روش‌های ابتکاری، پاسخ‌های تیزبینانه‌تری به دست آورده شود. برتری بنیادی این روش‌ها در برابر روش‌های ابتکاری سادگی، انعطاف‌پذیری، پیشگیری از ایستادن حل در نقاط بهینه^۱ محلی و نبود نیاز به مشتق‌گیری است. در این روش‌ها الگوریتم‌های گوناگونی برای حل مسائل به کار می‌روند. این الگوریتم‌ها را می‌توان به چند روش مختلف دسته‌بندی کرد که یکی از این دسته‌بندی‌ها به صورت زیر است: [۲]

- الگوریتم‌های تکاملی
- الگوریتم‌های فیزیک‌محور
- الگوریتم‌های هوش جمعی

الگوریتم‌های تکاملی

این الگوریتم‌ها از فرگشت‌های موجود در طبیعت الهام گرفته شده‌اند. برای نمونه، الگوریتم ژنتیک که یکی از الگوریتم‌های تکاملی است و در علوم مهندسی نیز کاربرد دارد، از نظریه^۱ تکامل داروین اثر پذیرفته است. در این الگوریتم‌ها، روش کار بر پایه^۱ تکامل یک روش حل ابتدایی است. یعنی

در این دسته از بهینه‌سازی‌ها، برخلاف بهینه‌سازی‌های قطعی، چندی متغیر تصادفی از میان متغیرهای مسئله گزینش شده و تنها با به‌کارگیری همین متغیرها پرسش حل می‌شود. آشکار است که از این روش‌ها، پاسخ به‌دست‌آمده با روش‌های بهینه‌سازی تصادفی، پاسخی تقریبی است. دقت این پاسخ بسته به روش گزینش متغیرهای تصادفی، می‌تواند کم و زیاد شود. اگرچه پاسخ دقت فراوانی داشته باشد، باز هم نمی‌تواند به همان پاسخی که روش‌های بهینه‌سازی قطعی به دست می‌دهند، برسد. ولی برتری بنیادی این روش‌ها در برابر روش‌های بهینه‌سازی قطعی، کاهش هزینه و زمان حل مسئله است. در بسیاری از پرسش‌ها، زمان و هزینه، بارزترین عوامل مؤثر بر گزینش روش حل هستند. روش‌های بهینه‌سازی تصادفی را می‌توان در دو دسته^۱ زیر نشان داد:

- روش‌های ابتکاری
- روش‌های فرا ابتکاری

روش‌های ابتکاری

به زبان ساده، روش‌های ابتکاری روش‌هایی هستند که با به کار بستن آزمون و خطا به پاسخ نزدیک می‌شوند. از همین روی تضمینی نیست که پاسخ به‌دست‌آمده از این روش‌ها، دقت دلخواه کاربر را داشته باشد؛ با این حال اگر پاسخی با دقت بالا مدنظر نباشد، این روش‌ها می‌توانند پاسخی پذیرفتنی به کاربر نشان دهند. یکی

بهینه‌سازی را می‌توان با چند روش گوناگون دسته‌بندی کرد که بنیان‌ها و سنج‌های هر کدام از این روش‌ها با یکدیگر متفاوت است.

در این بخش دسته‌بندی بهینه‌سازی بر پایه قطعیت آورده شده است. از این دیدگاه می‌توان بهینه‌سازی‌ها را به دودسته بخش کرد: [۱]

- بهینه‌سازی قطعی
- بهینه‌سازی اتفاقی (تصادفی)

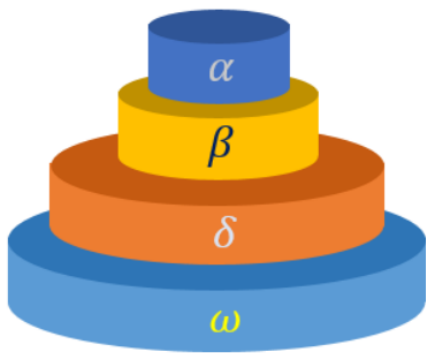
بهینه‌سازی قطعی

هدف این‌گونه بهینه‌سازی، یافتن بهترین پاسخ ممکن برای مسئله است، پاسخی که بی‌چون و چورا و سزاوار به‌کارگیری در سطح جهانی باشد. در این‌گونه بهینه‌سازی‌ها، برای حل مسئله^۱ بهینه‌سازی، باید همگی متغیرهای موجود در دامنه پرسش، در حل لحاظ شوند و امکان حذف یا کاهش متغیرها نیست؛ زیرا حذف متغیرها مایه^۱ نادرستی پاسخ و به دست آمدن پاسخ‌های تقریبی می‌شود که با تعریف این دسته از بهینه‌سازی‌ها ناسازگار است. با آگاهی از این که در این‌گونه بهینه‌سازی باید همگی متغیرهای پرسش بررسی شده و در حل لحاظ شوند، آشکار است که بهینه‌سازی‌های قطعی، کاربر را وادار به صرف هزینه و زمان فراوانی می‌کنند؛ بنابراین این‌گونه بهینه‌سازی‌ها تنها در مواردی به کار می‌روند که به هر دلیلی تنها پاسخ بی‌چون و چورا و درست یک مسئله مدنظر است و پاسخ‌های کمابیشی به کار نمی‌آیند.



دنباله‌رو سردسته خود هستند. پایین‌ترین رده در یک دسته گرگ را گرگ‌های اُمگا دارند. امگا باید از هر سه رده بالاتر خود پیروی کند. آن‌ها بیشتر قربانی گروه می‌شوند و بسیار نادیده گرفته می‌شوند و نگهداری توله‌ها کار آن‌هاست.

شکل ۱ این رده‌بندی را به‌خوبی نمایش می‌دهد.

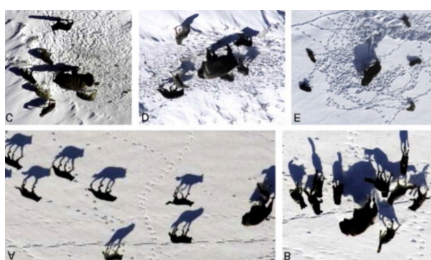


شکل ۱ - سلسله مراتب اجتماعی گرگ‌های خاکستری

شکار

گرگ‌های خاکستری در شکار کردن نیز رفتار ویژه‌ای از خود نشان می‌دهند. شکار آن‌ها از چهار بخش بنیادی ساخته شده: [۳]

- ردیابی
 - نزدیک شدن و دنبال کردن شکار
 - محاصره و آزار و اذیت شکار
 - یورش
- که از عکس نیز پیداست.



شکل ۲ - نحوه شکار گرگ‌های خاکستری

سگ‌سانان هستند. آن‌ها در بالای زنجیره غذایی اند و کمتر پیش می‌آید که حیوانات دیگر شکارشان کنند.

رده‌بندی

گرگ‌های خاکستری بیشتر در دسته‌هایی با پنج تا دوازده هموند زندگی می‌کنند. در این دسته‌ها رده‌بندی اجتماعی ویژه‌ای پابرجاست که مربوط به روش کار این الگوریتم است. هموندان هر گروه با آگاهی از مسئولیت و جایگاهی که دارند بخش‌بندی می‌شوند. یک گرگ نر و یک گرگ ماده که به‌عنوان رهبر گروه شناخته می‌شوند، گرگ‌های آلفا نام‌گذاری شده‌اند. آلفا کارهایی از جمله تصمیم‌گیری برای شکار، جایگاه خواب، زمان بیدار شدن و چیزهای دیگر دارد. همه گروه موظف به اجرای دستورات آلفا هستند، گرچه برخی رفتارهای دموکراتیک نیز در گروه دیده می‌شود. گرگ آلفا لزوماً نیرومندترین هموند گروه نیست ولی همواره بهترین مدیریت را بر گروه دارد.

گرگ‌های بتا دومین رده را در گروه دارا هستند، آن‌ها بیشتر به‌عنوان مشاور آلفا شناخته می‌شوند و آلفا را در گرفتن تصمیم‌های برجسته یاری می‌کنند. هنگامی که آلفا پیر و بازنشسته شود و یا از میان برود، بتا بهترین نامزد برای آلفا شدن است. این رده از گرگ‌ها باید دستورات آلفا را به کاربندد و به آلفا احترام بگذارد گرچه می‌تواند به دیگر گرگ‌ها فرمان دهد.

گرگ‌های دلتا از آلفا و بتا فرمان می‌گیرند و کارهایی همچون گشت زنی، نگهبانی، شکار کردن و... مسئولیت این رده از گرگ‌ها هستند. دلتاها همواره بسیار فرمان‌بردار و

ابتدا یک حل اولیه پیدا می‌شود، سپس با تکامل آن، گام‌به‌گام به پاسخ دلخواه خود نزدیک می‌شود.

الگوریتم‌های فیزیک‌محور

این الگوریتم‌ها، از قوانین فیزیکی الگوبرداری می‌کنند. از سرشناس‌ترین الگوریتم‌های فیزیک‌محور می‌توان به الگوریتم جستجوی محلی گرانشی، الگوریتم بیگ-بنگ، حفره سیاه و فضای منحنی را نام برد.

الگوریتم‌های هوش جمعی

این الگوریتم‌ها از گله‌ها، دسته‌ها و توده‌های حیوانات الگوبرداری می‌کنند. روش کار این الگوریتم‌ها درکل همانندی فراوانی به روش کار الگوریتم‌های فیزیک‌محور دارند. سرشناس‌ترین الگوریتم هوش جمعی شناخته شده، الگوریتم ازدحام ذرات است که ابره‌ارت^۲ و کندی^۳ آن را ارائه دادند و الهام گرفته از دسته‌های پرندگان است. یکی دیگر از الگوریتم‌های هوش جمعی ارائه شده، الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری است که در ادامه، گزارش کاملی از این الگوریتم ارائه خواهد شد.

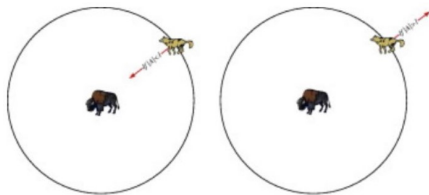
بهینه‌سازی گرگ خاکستری

در این بخش به بهینه‌سازی به روش گرگ خاکستری که یکی از روش‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری است پرداخته شده است. نخست چگونگی الهام گرفتن از این حیوانات برای به کار بستن یک روش بهینه‌سازی گفته شده و در ادامه به الگوی ریاضی و روابط حاکم پرداخته شده است.

الهام گرفتن

گرگ‌های خاکستری جزو خانواده



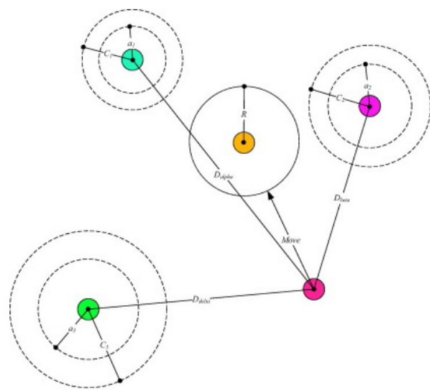


شکل ۳- کاربرد تابع A در الگوریتم

ولی این نقاط تازه بر پایه آلفا به دست آمدند، چنان که می‌توان از بتا و دلتا نیز سود برد تا گستره آن‌ها نیز بررسی شوند تا شاید نقطه بهینه پایانی پیرامون آن‌ها باشد. بدین منظور با جایگذاری بتا و دلتا به جای تکرار همین حل جایگاه تازه نقاط با به کارگیری بتا و دلتا نیز به دست می‌آیند. سرانجام جایگاه تازه هر نقطه میانگین هر سه حل آن در نظر گرفته می‌شود، یعنی:

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (5)$$

شکل ۴ نیز بیانگر همین سخن است. اکنون باید تکرار بعدی را انجام داد، یعنی نقاط آلفا، بتا و دلتای تازه را برگزید و همین روند را تکرار کرد و پس از تکرار پایانی نقطه آلفا به عنوان نقطه بهینه شناسایی می‌شود.



شکل ۴- میانگین گیری نهایی برای یافتن مکان‌های جدید

آزمایش بهینه‌ساز گرگ خاکستری

برای آزمایش کردن یک روش بهینه‌سازی و آگاهی از دقت آن، یکسری تابع معیار با نقطه بهینه دقیق آن‌ها داریم، تابع در

$$\vec{D} = |\vec{CX}_p(t) - \vec{X}(t)| \quad (2)$$

همان نقطه‌ای است که نقاط باید به‌سوی آن هدایت شوند که در اینجا همان نقطه آلفا است. نیز جایگاه هر نقطه در تکرار پیشین است. تابع دیگری است که به کاررفته و از ساختن می‌شود. همان‌گونه که از تابع روشن است همواره عددی بین - تا است. رابطه آن به شکل زیر است:

$$\vec{A} = 2\vec{a}\vec{r}_1 - \vec{a} \quad (3)$$

اکنون می‌توان جایگاه تازه نقاط را با بکار بستن رابطه زیر به دست آورد:

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (4)$$

همه اجزای این تابع از پیش تعریف شده‌اند. نقش در تابع تعیین‌کننده این است که جایگاه تازه نقطه به‌سوی هدف باشد یا نقطه همچنان به گشت زنی برای پیدا کردن نقاط بهینه دیگر پردازد چون شاید آلفا یک نقطه بهینه محلی باشد و نیاز باشد که همچنان نقاط دیگر دامنه بررسی شوند. اگر اندازه از ۱ کمتر باشد به جایگاه تازه به‌سوی آلفا برده می‌شود، گرچه اگر اندازه آن بیشتر از ۱ باشد به گشت زنی می‌پردازد و به آلفا نزدیک نمی‌شود؛ بنابراین همواره یکسری از نقاط به‌سوی بهترین پاسخ می‌روند تا آن گستره را بررسی کنند و چندی دیگر به بررسی دیگر نقاط می‌پردازند. چون عددی از - تا است با بالا رفتن تکرارها و کوچک شدن اندازه a همواره از ۱ کوچک می‌شود و همه نقاط در جایگاه پایانی گردآورده می‌شوند.

الگوی ریاضی این‌گونه بهینه‌سازی بر پایه تکرار است، به‌گونه‌ای که حل با یکسری نقاط آغاز می‌شود و در هنگام تکرارها کوشش بر بهبود پاسخ‌ها و نقاط است.

نخست باید یکسری نقاط تصادفی در فضای دامنه پخش شوند، سپس تک‌تک این نقاط در تابع مورد نظر حل می‌شوند. در این وهله به نام‌گذاری حل‌های رخ داده پرداخته می‌شود به‌گونه‌ای که نقطه‌ای که بهترین پاسخ را داده آلفا (α)، دومین نقطه‌ای که بهترین پاسخ را داده بتا (β)، سومین حلی که در برابر دیگر پاسخ‌ها بهتر بوده دلتا (δ) و در نهایت دیگر نقاط باقی‌مانده امگا (ω) نام‌گذاری می‌شوند. [۴]

همان‌سان که گفته شد بهینه‌سازی به روش گرگ خاکستری بر پایه تکرار است، پس در وهله بعد باید نقاط مرحله پیشین تا اندازه‌ای به‌سوی آلفا هدایت شوند و به هرکدام جایگاه تازه داده شود. برای این کار به یکسری تابع و متغیر نیاز است. نخست دو متغیر و که به‌طور تصادفی از ۰ تا ۱ هستند، تعریف می‌شوند تا همه فضای دامنه جست‌وجو شود و حل، در نقاط بهینه محلی گیر نکند. دیگر متغیر به کاررفته، است که با بیشتر شدن تکرارها از ۲ به ۰ می‌رود، یعنی در آغاز برابر ۲ است و با هر تکرار چندی از آن کاهش یافته تا در تکرار پایانی به ۰ برسد، این کاهش اندازه نسبت به شمار تکرارها خطی است. تابعی است که از تولیدشده و طبق معادله آن، عددی تصادفی از ۰ تا ۲ است.

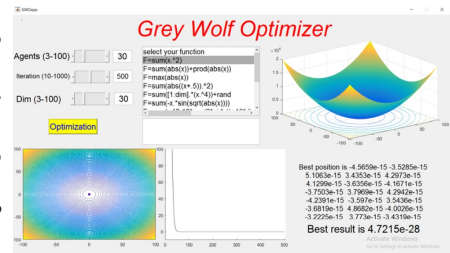
$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r}_2 \quad (1)$$

سپس باید برای هرکدام از نقاط، بر پایه

بهینه‌ساز گذاشته شده و پاسخی که می‌دهد با نقطه بهینه دقیق آن مقایسه می‌شود. از روی نمونه تابع زیر در ۳۰ بعد، نقطه کمینه آن که صفر است به‌عنوان نقطه بهینه در نظر گرفته می‌شود:

$$f_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (6)$$

اکنون با بهره‌مندی از روش گرگ خاکستری سعی در پیدا کردن این نقطه بهینه می‌شود، در نرم‌افزار طراحی شده با ۵۰۰ تکرار و ۳۰ نقطه جستجوگر سه بار این تابع به کار بسته شد و میانگین پاسخ بهینه که نرم‌افزار معرفی کرد برابر شد که با آگاهی از شمار تکرار در نظر گرفته‌شده پاسخی پذیرفتنی است.



شکل ۵- نرم‌افزار بهینه‌ساز گرگ خاکستری در حال آزمایش

همچنین با بهره‌مندی از این نرم‌افزار می‌توان توابع معیار دیگر با شمار تکرار و نقطه و ابعاد دلخواه را بهینه‌سازی کرد و این روش بهینه‌سازی را آزمود که با توجه به آزمایش‌های انجام‌شده همواره با پاسخ‌های پذیرفته‌شده‌ای همراه است. در مرجع شماره ۴ نیز ۲۹ تابع آزموده شده‌اند که در این نوشتار پاسخ‌های آورده شده این مرجع با این نرم‌افزار درستی‌سنجی شده و آن را تأیید می‌کند و پاسخ آن‌ها با دیگر روش‌های بهینه‌سازی سنجیده شده است که آن آمار نیز نمایانگر مناسب بودن این روش تا اندازه فراوانی است.

مسیریابی پرنده بدون سرنشین جنگی (UCAV)

پرنده‌های بدون سرنشین زمينه پژوهش‌های روز دنیا هستند. منظور از مسیریابی پرنده بدون سرنشین جنگی، پیدا کردن بهترین گذرگاه ممکن با بشمار آوردن تنگناها و خطرات موجود است. یکی از ویژگی‌های موردتوجه این پرنده‌ها خودمختاری (Autonomy) است. به این روی که می‌توان از این پرنده‌ها در انجام کارهای تکرارشونده و در محیط‌های مهارشده سود برد. همچنین برای توانایی انجام کارهای خطرناک درجایی که انسان به آن دسترسی ندارد و سطح خطر کمشان ارزش راهبردی دارند. به این ترتیب است که سرمایه فراوانی از راه نهادهای نظامی و غیرنظامی وارد این رشته شده است و شاهد رویش روزافزون مقالات علمی در این زمینه هستیم. با تعریف دقیق‌تری می‌توان گفت در بهینه‌سازی مسیریابی پرنده بدون سرنشین جنگی به دنبال کمینه مسیر پروازی پیموده شده پرنده، کاهش مصرف سوخت و کم کردن بیم نمایان شدن برای ردیاب و جایگاه‌های جنگ‌افزایی و دفاعی هستیم. [۵]

الگوریتم‌های بهینه‌سازی گوناگونی بر روی این مسئله آزمایش شده‌اند. برآیند آزمون الگوریتم‌های GGSA, ABC, CS, FPA, NBA, BSA در دسترس است. [۶-۱۱]. با آگاهی به این که هیچ الگوریتم بهینه‌سازی نمی‌تواند برای همگی پرسش‌ها بهترین پاسخ را ارائه کند نیاز است افزون بر الگوریتم‌های نام‌برده شده، برآیند الگوریتم‌های دیگر نیز بررسی شوند. الگوریتم گرگ خاکستری نیز از روی

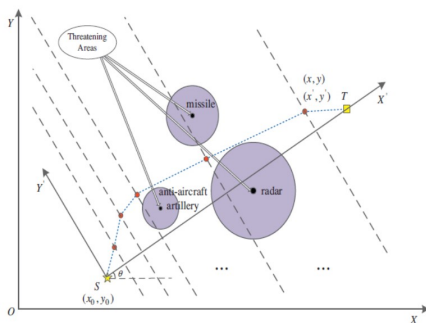
فهم آسان آن، کاربری ساده، پرهیز از افتادن در نقاط بهینه محلی و وابسته نبودن به مشتق برای هرگونه مسئله‌ای از جمله یافتن مسیر برای پرنده بدون سرنشین، مناسب است.

الگوی ریاضی

حل کنونی، حل دوبعدی مسئله است. در الگوی ریاضی، با پیوند نقطه آغاز مسیر (۰) و نقطه پایان (۱) به همدیگر و ساختن محوری به نام و بخش کردن مسافت بین نقطه شروع و پایان روی محور افقی به بخش برابر، به دنبال اندازه مسافت عمودی هر یک از این بخش از محور هستیم؛ بنابراین مسئله از بهینه‌سازی مسیریابی به بهینه‌سازی یک تابع متغیره تبدیل می‌شود.

[۱۲]

شکل ۶- الگوی ریاضی



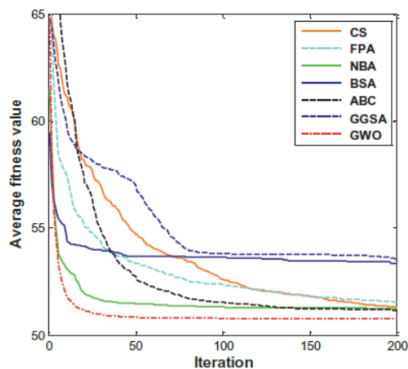
تبدیل مختصات از XY به XY' با روابط زیر شدنی است:

$$\theta = \sin^{-1} \frac{y_2 - y_1}{|AB|} \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

همچنین برای اعمال محدودیت‌های موجود نیاز است تابع زیان تعریف شود. محدودیت سوخت و آشکارشدن به ترتیب با J_t و J_f مشخص شده‌اند:

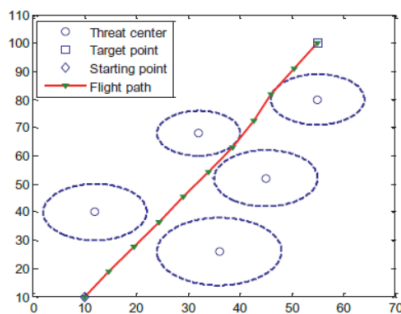
$$J = \lambda J_t + (1 - \lambda) \cdot J_f \quad (9)$$



شکل ۱ - مقایسه همگرایی الگوریتم‌ها در محیط ۱ با $D = 10$

الگوریتم آن را برای حل گستره بزرگی از مسائل مهندسی شایسته ساخته است. فهم ساده سازوکار آن نیز باعث شده است نسخه‌های گوناگونی از آن با الهام از دیگر الگوریتم‌های فرا ابتکاری ساخته شود. هم‌زمان با پیشرفت نظری الگوریتم‌های ساخته‌شده بر پایه این روش، به کارگیری آنها در مسائل بیشتری را خواهیم دید.

که λ در این تعریف، عامل تعیین‌کننده میزان توجه به افشا در حل است و مقداری بین ۰ و ۱ دارد. هرچه اندازه λ به ۰ نزدیک‌تر باشد یعنی میزان مصرف سوخت در حل برای ما بارزتر است و هرچه اندازه‌اش به ۱ نزدیک‌تر باشد یعنی سوخت محدودکننده نیست و بهترین مسیر با کمترین زیان آشکارشدن دلخواه است. برای سنجش داده‌های الگوریتم گرگ خاکستری با داده‌های دیگر الگوریتم‌ها نیاز است در حل، قوانین و ثوابت ویژه‌ای به‌کار رود. برای این، محیط انجام آزمایش و آسیب‌های موجود در آن به همراه اندازه آسایشان باید آشکار باشد. در جدول ۱ ویژگی‌های سه محیط آزمایش آورده شده است.



شکل ۷ - نتیجه مسیریابی با الگوریتم خاکستری در محیط ۱ با $D = 10$

جمع‌بندی

نتایج به‌دست‌آمده در مسیریابی پرنده بدون سرنشین جنگی تنها یک نمونه از کاربردهای گسترده الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری است، ویژگی‌های یگانه این

محدودکننده نیست و بهترین مسیر با کمترین زیان آشکارشدن دلخواه است. برای سنجش داده‌های الگوریتم گرگ خاکستری با داده‌های دیگر الگوریتم‌ها نیاز است در حل، قوانین و ثوابت ویژه‌ای به‌کار رود. برای این، محیط انجام آزمایش و آسیب‌های موجود در آن به همراه اندازه آسایشان باید آشکار باشد. در جدول ۱ ویژگی‌های سه محیط آزمایش آورده شده است.

نتایج آزمایش برای محیط ۱ در جدول ۲ آمده است. نتایج الگوریتم خاکستری در بیشتر حالات توانسته از دیگر الگوریتم‌ها اندازه بهتری به دست بدهد که نشان‌دهنده

	اندازه خطر	شعاع خطر	مختصات مرکز خطر
۱	۲	۱۰	[۴۵, ۵۲]
	۱۰	۱۰	[۱۲, ۴۰]
	۱	۸	[۲۲, ۶۸]
	۲	۱۲	[۲۶, ۲۶]
	۳	۹	[۵۵, ۸۰]
۲	۲	۱۰۰	[۵۲, ۵۲]
	۱۰	۱۰	[۳۲, ۴۰]
	۱	۸	[۱۲, ۴۸]
	۲	۱۲	[۲۶, ۲۶]
	۳	۹	[۸۰, ۶۰]
۳	۵	۷	[۶۳, ۵۶]
	۲	۱۰	[۵۰, ۴۲]
	۴	۱۰	[۳۰, ۷۰]
	۵	۱۰	[۳۰, ۲۰]
	۵	۲۱	[۵۰, ۱۵]
۴	۵	۱۰	[۶۵, ۵۵]
	۵	۱۷	[۰, ۲۴]
	۵	۱۲	[۵۰, ۸۰]
	۵	۱۰	[۷۵, ۹۰]
	۵	۲۰	[۱۰۰, ۷۰]
	۵	۱۱	[۵۰, ۳۶]

جدول ۱ - ویژگی‌های محیط‌های آزمایش

D	Resul	CS	FPA	NBA	BSA	ABC	GGSA	GWO
۱۰	Best	۵۰.۸۹	۵۱.۱۷	۵۰.۷۳	۵۰.۹۲	۵۰.۹	۵۰.۷۶	۵۰.۷۲
	Worst	۵۱.۷۷	۵۲.۰۱	۵۲.۳	۵۸.۰۲	۵۱.۶۲	۵۹.۷۵	۵۱.۰۸
	Mean	۵۱.۳۱	۵۱.۵۲	۵۱.۳۱	۵۳.۳۵	۵۱.۱۴	۵۳.۴۲	۵۰.۷۵
	Std	۰.۲۵	۰.۲۲	۰.۵	۲.۰۱	۰.۱۶	۲.۴۴	۰.۰۹
	Best	۵۰.۵۳	۵۰.۸۴	۵۰.۴۵	۵۰.۸۵	۵۰.۵۱	۵۰.۶۷	۵۰.۴۵
۲۰	Worst	۵۰.۷۳	۵۱.۲۹	۵۱.۵۴	۵۱.۸۱	۵۰.۹۵	۵۱.۳۷	۵۰.۵۷
	Mean	۵۰.۶۱	۵۱.۰۸	۵۰.۸۸	۵۱.۴۲	۵۰.۶۵	۵۱.۲۳	۵۰.۵
	Std	۰.۰۵	۰.۱۲	۰.۱۲	۰.۳۷	۰.۲۹	۰.۱۱	۰.۴۷
	Best	۵۱.۳۹	۵۰.۶۲	۵۰.۴۳	۵۰.۶۶	۵۰.۵۱	۵۰.۶	۵۰.۴۲
	Worst	۵۲.۸۹	۵۱.۲۹	۵۴.۶۹	۵۰.۹۶	۵۰.۹۴	۵۱.۱	۵۰.۷۶
۲۵	Mean	۵۲.۰۹	۵۱	۵۰.۸۸	۵۰.۷۶	۵۰.۷۱	۵۰.۸۲	۵۰.۵۱
	Std	۰.۴	۰.۱۷	۰.۹۷	۰.۰۷	۰.۱۱	۰.۱۶	۰.۱
	Best	۵۰.۶۸	۵۰.۵	۵۰.۴۷	۵۰.۴۸	۵۰.۵۹	۵۰.۵۳	۵۰.۴۶
	Worst	۵۰.۹۱	۵۱.۱۴	۵۰.۶۴	۵۰.۶۵	۵۱.۳۵	۵۰.۸۴	۵۰.۶۵
	Mean	۵۰.۷۶	۵۰.۸۵	۵۰.۴۹	۵۰.۵۲	۵۰.۸۱	۵۰.۶۶	۵۰.۵۵
۵۰	Std	۰.۰۵	۰.۱۵	۰.۰۴	۰.۰۵	۰.۱۶	۰.۰۹	۰.۰۴
	Best	۵۱.۵۷	۵۰.۵	۵۰.۵۳	۵۰.۹۲	۵۲.۷۶	۵۰.۴۵	۵۰.۴۶
	Worst	۵۲.۵۶	۵۰.۸۹	۵۲.۹۹	۵۱.۴۸	۵۵.۶۹	۵۰.۹۸	۵۰.۶۹
	Mean	۵۲.۰۳	۵۰.۶۱	۵۱.۳۳	۵۱.۲۲	۵۲.۲۶	۵۰.۵۹	۵۰.۵۷
	Std	۰.۲۸	۰.۰۹	۰.۷۹	۰.۱۵	۰.۸۱	۰.۱۱	۰.۰۵
۱۰۰	Best	۵۲.۶۳	۵۰.۹۸	۵۲.۱۱	۵۰.۸	۵۲.۶۳	۵۲.۲۶	۵۰.۴۲
	Worst	۵۴.۰۲	۵۱.۸	۶۱.۲۶	۵۱.۵۳	۵۷.۸۷	۵۴.۴۱	۵۰.۸۸
	Mean	۵۳.۲۵	۵۱.۵	۵۴.۱۷	۵۱.۱۲	۵۵.۱۶	۵۳.۳۵	۵۰.۶۳
	Std	۰.۲۷	۰.۱۶	۱.۷۳	۰.۱۷	۰.۹۶	۰.۵۳	۰.۱۲

جدول ۲ - نتایج آزمایش برای محیط شماره ۱

- [12] Sen Zhang, Yongquan Zhou, Zhiming Li, Wei Pan. Grey wolf optimizer for unmanned combat aerial vehicle path planning, *Advances in Engineering Software* 99 (2016):121–136
- 1-optimum
2-Russell C. Eberhart
3-James Kennedy
- search via Lévy flights. In: World congress on nature and biologically inspired computing; 2009. p. 210–14.
- [7] Yang XS. Flower pollination algorithm for global optimization. In: *Unconventional computation and natural computation*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2012. p. 240–9.
- [8] Meng XB, Gao XZ, Liu Y, Zhang H. A novel bat algorithm with habitat selection and Doppler effect in echoes for optimization. *Expert Syst Appl* 2015;42(17):6350–64.
- [9] Meng XB, Gao XZ, Lu L, Liu Y, Zhang H. A new bioinspired optimisation algorithm: bird swarm algorithm. *J Exp Theor Artif Intell* 2015:1–15.
- [10] Karaboga D, Basturk B. A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm. *J Global Optim* 2007;39(3):459–71.
- [11] Mirjalili S, Lewis A. Adaptive Gbest-guided gravitational search algorithm. *Neural Comput Appl* 2014;25(7-8):1569–84.
- [1] Prajna kunche, K.V.V.S Reddy, "Metaheuristic applications to speech enhancement", Department of electronics and communication engineering, Andhra university, 2016
- [2] Xin-She Yang, "Engineering optimization, An Introduction with Metaheuristic Applications", University of Cambridge, department of engineering, 2010
- [3] Muro C., Escobedo, R., Spector, L. and Coppinger R.P. "Wolf-pack (Canis lupus) hunting strategies emerge from simple rules in computational simulations", *Behavioural Processes*, Volume 88, Issue 3, November 2011, Pages 192-197
- [4] Seyedali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili and Andrew Lewis, "Grey Wolf Optimizer", *Advances in Engineering Software*, Volume 69, March 2014, Pages 46-61
- [5] Roberge V, Tarbouchi M, Labonté G. Comparison of parallel genetic algorithm and particle swarm optimization for real-time UAV path planning. *IEEE Trans Ind Inf* 2013;9(1):132–41
- [6] Yang XS, Deb S. Cuckoo





شرکت طراحی و ساخت موتورهای هوایی

تجهیزات پیشرفته

بهره گیری از ماشین آلات مدرن و به روز به منظور تولید قطعات

و مجموعه های موتورهای هوایی با قابلیت اطمینان و سطح تکنولوژی بالا در حوزه های زیر:

ساخت و تولید ▶▶ آزمون های کیفی، تخمین و تمدید عمر قطعات ▶▶ احیاء و بازسازی قطعات فرسوده



پوشش دهی تیتانیوم نیتراید

TITANIUM NITRIDE COATING



دستگاه ذوب گزینشی پودر با کمک لیزر

SELECTIVE LASER MELTING



دستگاه جوشکاری پرتو الکترونی

ELECTRON BEAM WELDING



دستگاه آنالیز پراش اشعه ایکس

XRD



دستگاه آنالیز شیمیایی

TX-2000 Spectrometer



میکروسکوپ الکترونی روبشی با تفکیک بالا

FESEM



دستگاه کوره لحیم کاری در خلاء

Vacuum Brazing Furnace



پرس ایزواستاتیک دمابالا

HIP



دستگاه جوشکاری لیزری ۴۰۰ وات

LASER WELDING

تهران، کیلومتر ۵ جاده مخصوص کرج
بلوار شیشه مینا روبه روی شهرک فرهنگیان



۰۲۱۶۴۵۲۲۹۰۰





شرکت طراحی و ساخت
موتورهای هوایی



طراحی و ساخت آزمایشگاه
آزمون موتور جت
Test-Cell



دستگاه آزمون عملکردی واحد
کنترل سوخت موتور
FCU Test Bench

توانمندی های
آزمایشگاه های
تست موتور

- ❖ طراحی و ساخت مرکز تست موتورهای توربین گازی و پیستونی
- ❖ طراحی و ساخت تجهیزات تست ماژول های مختلف موتورهای توربینی، نظیر: کمپرسور، محفظه احتراق و ...
- ❖ طراحی و ساخت استندهای تست متعلقات موتورهای توربین گاز
- ❖ طراحی و ساخت سیستم های هیدرولیکی و پنوماتیکی
- ❖ طراحی و اجرای سیستم های داده برداری
- ❖ طراحی و ساخت استندهای شبیه ساز کمک آموزشی موتورهای توربینی مورد استفاده در آزمایشگاه های توربین گاز

دستگاه آزمون پمپ سوخت و روغن
Fuel-Oil Pump Test Bench



دستگاه داده برداری ارتعاشات
و تحلیل طیفی سیگنال
Vibration Spectral Analysis
Test Bench

تلفن تماس

۰۲۱۶۴۵۲۲۹۰۰

روش‌های آشکارسازی جریان

Va: 88,0 km/h
T: 22,0 °C
Beta: 0,0 Grad

نویسندگان: علی بهرامی نجات / سعید حبیب زاده

برای مطالعه‌ی بهتر سیالات، باید درک فیزیکی بهتری نسبت به جریان سیال داشت که با آشکارسازی جریان این امر امکان‌پذیر است. با توجه به اهمیت روزافزون آشکارسازی جریان سیال، روش‌های متعددی از قبیل آشکارسازی با دود، آشکارسازی با روغن و... برای این امر ابداع شده‌اند. همچنین با استفاده از روش‌هایی مانند PIV می‌توان پارامترهایی از جریان مانند سرعت جریان را محاسبه نموده و در محاسبات تئوری از آن استفاده نمود. در این گزارش بیشتر تأکید بر بعضی روش‌های تجربی بوده و به اشاره‌ی کوتاهی به روش‌های کامپیوتری اکتفا کرده‌ایم.

مقدمه

در علوم مثل مکانیک سیالات یا آئرودینامیک همواره با تحلیل و بررسی چگونگی رفتار جریان‌های مختلف در یک سیال سروکار داریم.

همچنین برای هرکسی واضح است که کار با نمودهای بصری یک موضوع به مراتب راحت‌تر است؛ باین‌حال علوم ذکرشده معمولاً اطلاعات و داده‌ها را در قالب فرمول‌ها و جداول ارائه می‌دهند و در بهترین حالت تنها عنصر بصری نمودارها هستند.

با توجه به توضیحات گفته‌شده همواره نیازمند روش‌های تجربی و عملی هستیم ازاین‌رو می‌توان گفت هدف اصلی از

آشکارسازی جریان «به نمایش گذاشتن

یک نمود فیزیکی از معادلات تفسیرکننده

جریان» است.

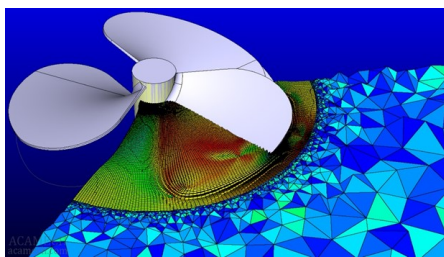
علاوه بر دلیل ذکرشده مزیت بعدی این روش اطمینان از نتایج است چون واقعیت را می‌تواند نشان دهد درحالی‌که معادلات روی کاغذ همواره دارای مقادیری از خطا هستند؛ اما در کنار این موارد باید به ضعف‌های مختلف روش‌های تجربی هم توجه داشت مانند نیاز به تجهیزات مختلف و پیشرفته و گران‌قیمت مثل تونل باد، هزینه‌های جاری همچون هزینه انرژی، طولانی بودن زمان‌های آزمایش و...

در یک دید کلی می‌توان روش‌های آشکارسازی جریان را در دودسته قرارداد:

۱- آشکارسازی با کمک نرم‌افزار

۲- آشکارسازی به روش عملی

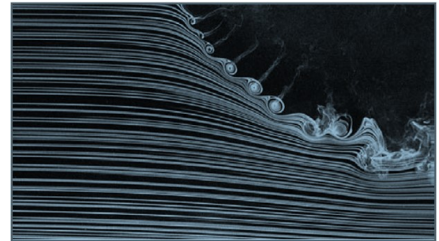
در روش اول بعضی از معایب روش عملی مثل نیاز به تجهیزات یا هزینه‌های زیاد آزمایش از بین می‌رود ولی در عوض بخشی از خطاهای مهندسی وارد خواهد شد.



شکل ۱- شبیه‌سازی رفتار جریان حول یک فن به کمک نرم‌افزار

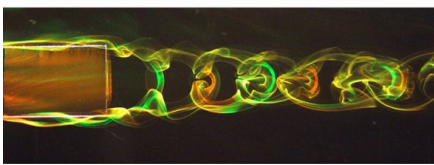
در این گزارش هدف معرفی تعدادی از روش‌های عملی آشکارسازی جریان بوده و

بیش از این در مورد روش‌های نرم‌افزاری صحبت نمی‌شود. برابر جریان عبوری از روی سطح ندارند پس در راستای مسیر عبور جریان قرار گرفته و به این ترتیب می‌توان جریان را بر روی جسم آشکار ساخت.

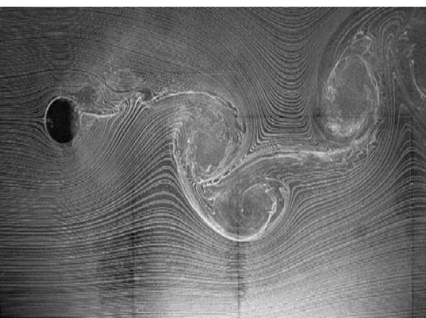


شکل ۲- آشکارسازی جریان به کمک دود (یک روش عملی)

آشکارسازی به روش تخلیه رنگ یا دود



شکل ۵- آشکارسازی به روش تخلیه رنگ



شکل ۶- آشکارسازی به روش تخلیه دود

در این روش با تخلیه حجم زیادی رنگ یا دود بر سر راه جریان می‌توان به آشکارسازی جریان کمک کرد. همان‌طور که در شکل ۵ و شکل ۶ مشاهده می‌کنید با وجود رنگ یا دود، می‌توان مسیر عبور جریان حول نمونه را مشاهده کرد.

مزایا:

۱- ساده و آسان بودن روش

۲- سریع بودن

روغن روی سطح وسیله



همانند روش قبل ابتدا سطح جسم با روغن می‌پوشانیم.

در حین عبور جریان، روغن نمی‌تواند از روی سطح بلند شده و وارد ناحیه جداشده بشود اما از طرفی هم مقاومت کمی از خود نشان داده و در مسیر عبور جریان قرار می‌گیرد.

مزایا:

۱- سادگی و آسان بودن روش

معایب:

۱- زمان‌بر بودن پرداختن روغن

در این گزارش به معرفی روش‌های زیر پرداخته می‌شود:

۱- استفاده از دسته‌های نخ متصل به سطوح مرزی

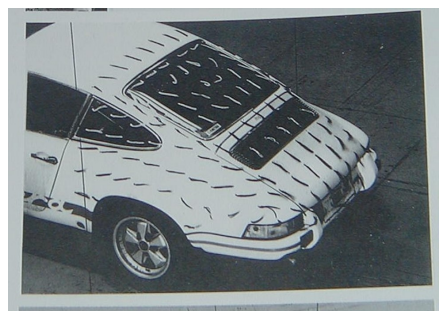
۲- استفاده از روغن

۳- استفاده از دود و رنگ

۴- استفاده از روش‌های اپتیکی (Schlieren Photography)

۵- استفاده از Particle Image Velocimetry (PIV)

دسته‌های نخ متصل به سطوح مرزی



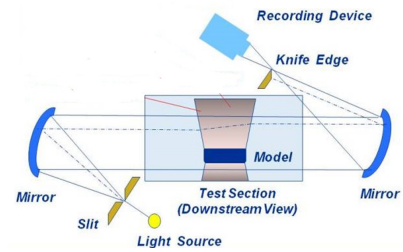
شکل ۳- استفاده از دسته‌های نخ بر روی سطح جسم

در این روش تعداد زیادی از رشته‌های نخ سبک بر روی سطح جسم چسبانده می‌شوند. از آنجاکه نخ‌ها تقریباً مقاومتی در

معایب:

- ۱- نیاز به شارژ کردن مداوم مخازن رنگ یا ماده‌ی دودزا
- ۲- هزینه‌ی رنگ یا ماده دودزا
- ۳- آلوده شدن محیط داخلی تونل باد
- ۴- آلوده شدن سطح جسم که ممکن است پاک نشود

استفاده از روش ابتکاری Schlieren Photography



شکل ۷- سیستم آشکارسازی جریان به کمک روش schlieren photography

در شکل شماره ۷ نمایی کلی از سیستم Schlieren Photography را مشاهده می‌کنید. در این روش پرتوهای نور توسط منبع نور^۱ ابتدا از یک شکاف^۲ گذشته تا تبدیل به یک باریکه شود سپس توسط یک آینه مقعر این باریکه به صورت دسته پرتوهای موازی به سمت محفظه^۳ آزمایش و نمونه^۴ موجود در آن می‌تابد.

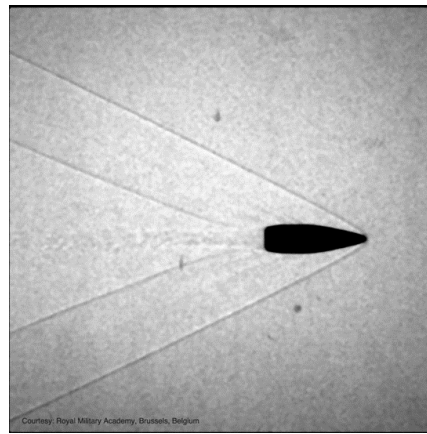
در فواصل دور از نمونه که فشار و سرعت جریان ثابت است پرتوها در مسیر خود باقی می‌مانند. ولی در نزدیکی مدل فشار و سرعت جریان دست‌خوش تغییرات می‌شود. از طرفی میدانیم که سرعت شکست نور در اجسام مختلف به سرعت نور در آنها بستگی دارد از این رو این پرتوهای عبوری از نزدیکی جسم دچار پدیده شکست شده و از

مسیر خود منحرف می‌شوند.

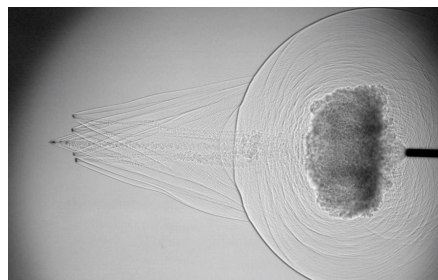
پس از عبور پرتوها از محفظه دوباره به یک آینه مقعر رسیده و توسط آن دوباره در یک نقطه متمرکز می‌شوند و سپس توسط دوربینی^۵ جمع‌آوری شده و عکس تشکیل می‌شود.

در نزدیکی نقطه‌ای که پرتوها در آن جمع می‌شوند یک تیغه چاقویی^۶ قرار می‌دهیم. پرتوهایی که در محفظه از مسیر خود منحرف نمی‌شوند به راحتی از کنار تیغه عبور می‌کنند در حالی که پرتوهای منحرف شده توسط تیغه متوقف شده و به دوربین نمی‌رسند.

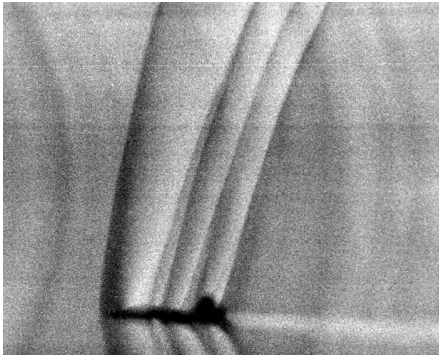
به این ترتیب تصویری از لایه‌های جریان حول جسم به صورت سایه زده شده تشکیل می‌گردد.



شکل ۸- تصویر جریان حول گلوله‌ی شلیک شده



شکل ۹- تصویر گلوله‌ی ساچمه‌ای تازه شلیک شده



شکل ۱۰- تصویر جریان حول جت جنگنده

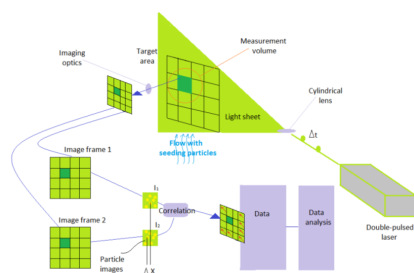
در شکل ۹ امواج صوتی ایجاد شده حول گلوله ساچمه‌ای باعث شکست نور شده و تصویر را قابل رؤیت کرده است. به این ترتیب و با کمک این روش می‌توان صدا را دید!

در شکل ۱۰ منبع نوری ما خورشید است که البته چون فاصله خورشید از زمین بسیار زیاد است پرتوهایی که به زمین می‌رسند تقریباً موازی هستند و نیازی به وجود آینه اول نیست.

سرعت سنجی ذره‌ای (PIV)

معرفی:

آشکارسازی جریان نقش بسیار مهمی را در مطالعه‌ی حرکت سیال داشته است؛ اما به دلیل سرعت بالای رخ دادن بسیاری از پدیده‌های انتقال سیالات و محدودیت دستگاه بینایی انسان، درک فیزیکی حرکت آنها در گذشته مشکل بود اما به تدریج روش‌هایی ابداع شدند که با افزودن مواد خارجی و آشکار کردن آنها و پایین آوردن سرعت فیلم گرفته شده، حرکت سیال را با



شکل ۱۱- یک سیستم ساده‌ی PIV





وضوح زیادی قابل مشاهده می‌کند.

روش‌های آشکارسازی جریان با اختراع روش‌های دیجیتالی شاهد پیشرفت چشم‌گیری شد. در حال حاضر با به‌کارگیری روش‌های دیجیتالی قابلیت آشکارسازی ساختارهای آشفته در حرکت سیال وجود دارد.

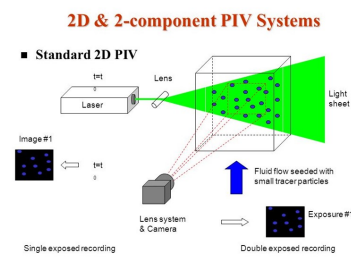
PIV یک روش غیر مخرب برای آشکارسازی جریان است که از طریق روشن کردن ذرات معلق شده در سیال که حرکت سیال را دنبال می‌کنند عمل می‌کند و در مطالعه‌ی پارامترهای مختلف جریان از آن استفاده می‌شود. در این روش حرکت هر ذره به‌صورت جداگانه بررسی نمی‌شود بلکه حرکت کلی ذرات در محیط مورد آزمایش مورد بررسی قرار می‌گیرد. بررسی جداگانه هر ذره ⁷ PTV نام دارد. قسمت‌های اصلی یک سیستم PIV را سیستم روشنایی و سیستم دوربین و عکس‌برداری تشکیل می‌دهند.

یکی از دلایل علاقه‌مندی به این روش تأکید دانشمندان بر آشکارسازی هر چه واضح‌تر جریان‌های برشی و تشکیل لایه‌مرزی است. دلیل دیگر این است که هدف از آشکارسازی جریان در بسیاری از مواقع اندازه‌گیری پارامترهای جریان در یک محیط کلی یا در یک مقطع از جریان است که این روش این امکان را با سرعت بسیار بیشتری فراهم می‌کند.

اصول کار

ساختار آزمایشگاهی سیستم PIV از چندین زیرسیستم تشکیل می‌شود. در بسیاری از موارد ذرات تعقیب‌کننده‌ی جریان باید از یک منبع خارجی به جریان

اضافه شوند. این ذرات سپس باید به‌وسیله یک‌لایه‌ی نوری حداقل دو بار در یک بازه‌ی زمانی روشن شوند. نور بازتاب شده از سطح ذرات باید در یک فریم یا یک سری از فریم‌ها ذخیره شوند. در این روش جابه‌جایی ذرات در تصاویر ذخیره‌شده توسط روش‌های پیچیده‌ای ارزیابی شده و خروجی نهایی نمایش داده می‌شوند.



شکل ۱۱- سیستم PIV دوبعدی

دانه‌ها

ابتدا باید به این نکته توجه کرد که در این روش حرکت ذرات معلق‌ی که به سیال اضافه می‌شود مورد مطالعه و اندازه‌گیری قرار می‌گیرد و نه حرکت خود سیال. ویژگی ذراتی که به سیال اضافه می‌کنیم باید به شرح زیر باشد:

- دانه‌ها باید به‌اندازه‌ای باشند که اولاً به‌صورت طبیعی حرکت سیال را دنبال کنند و ثانیاً بتوانند نور را به‌خوبی بازتاب دهند.
- چگالی آن‌ها به‌اندازه‌ی چگالی سیال باشد که در سیال غوطه‌ور مانده و غرق نشود.
- ساخت آن‌ها ساده بوده و هزینه‌ی زیادی نداشته باشد.
- شکل آن‌ها از نظر اندازه و رفتار در سیال همگن باشد.

• سمی نبوده و از نظر شیمیایی غیرفعال باشند.

انواع اشباع دانه‌ها در جریان

۱- رقیق

۲- متوسط

۳- غلیظ

رقیق:

این روش برای آشکارسازی برای نتایج اولیه که نیاز به اطلاعات خیلی دقیقی وجود ندارد مناسب است زیرا بسیار از قسمت‌های جریان خالی از دانه‌های آشکارساز است و در نتیجه نمی‌توان جریان را در یک محدوده‌ی مشخص به‌طور کامل بررسی کرد.

متوسط:

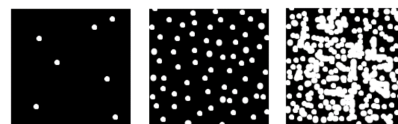
در این روش نمی‌توان اطلاعات کافی درباره‌ی نقطه‌ی شروع و پایان به دست آورد اما روش مناسبی برای محاسبات و آشکارسازی میدان سرعت است. برای مشخص کردن شرایط آغازی و پایانی ذرات از الگوریتم‌هایی روی میانگین جابجایی ذرات در طول آزمایش استفاده می‌شود. اشباع متوسط پرکاربردترین مورد برای اشباع دانه‌ها در جریان است.

غلیظ:

تمرکز ذرات در محیط مورد آزمایش به‌اندازه‌ای است که ذرات مختلف از هم قابل تشخیص نیستند. در این روش نیز با استفاده از الگوریتم‌هایی حرکت و جابه‌جایی ذرات تعیین می‌شوند. در این نوع استفاده از ذرات باید توجه داشت که شدت نور بسیار در نتیجه‌ی به‌دست‌آمده تأثیرگذار

خواهد بود.

PIV نیاز به دستگاه‌های آزمایشگاهی و دستگاه‌های مخصوص کالیبره کردن داشته و عموماً آزمایش‌هایی گران قیمت هستند و برای هر آشکارسازی‌ای صرفه‌ی اقتصادی ندارند. پس توصیه می‌شود با توجه به نیاز و اهمیت دقت و با در نظر گرفتن زمان یکی از روش‌های فوق استفاده شود.



شکل ۱۳- تفاوت غلظت پخش دانه‌ها

لیزر

در سیستم لیزر در این روش از دو عدسی کروی و استوانه‌ای استفاده می‌شود. از عدسی کروی برای پخش لیزر به صورت یک صفحه استفاده می‌شود و عدسی استوانه‌ای برای نازک کردن این صفحه‌ی تشکیل شده کاربرد دارد. کمترین ضخامت صفحه‌ی تشکیل شده‌ی نهایی به اندازه‌ی طول موج لیزر می‌تواند باشد.

منابع و مراجع

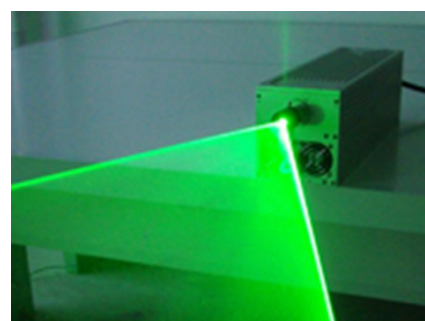
1-Particle Image Velocimetry, University of West Bohemia, Engineering Department of Power

2- Research report 2011:03, Particle Image Velocimetry: Fundamentals and Its Applications, MOHSEN JAHANMIRI

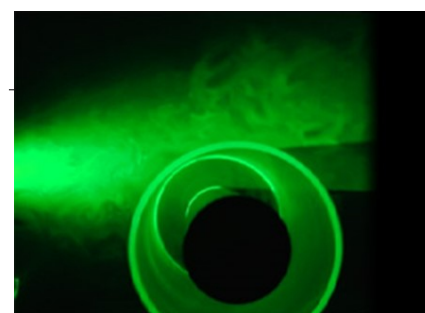
3-www.youtube.com

4- m.samimy,K.S.Breuer,L.G.Leal,P .H.Stean-A Gallery of Fluid Motion(2003),Cambridge University Bridge

- 1-Light source
- 2-Slit
- 3-Test section
- 4-Model
- 5-Recording device
- 6-Knife edge
- 7-Particle Track Velocimetry



شکل ۱۴ - صفحه نوری تشکیل شده در سیستم لیزری



شکل ۱۵- نمونه‌ای از جریان آشکار شده به روش PIV

روش تخلیه‌ی رنگ و دود نیاز به تمیز کردن نمونه بعد از انجام کار دارد و از این نظر وقت‌گیر و مشکل‌ساز خواهد بود. روش‌های Schlieren Photography و





نویسنده: محمدرضا ایزدی شهری / جعفر کرشت

سیستم ترمز و توقف هواپیما در فرود شامل سه بخش اصلی است. استفاده از اسپویلرها (spoiler) جهت کاهش نیروی لیفت و جلوگیری از پرواز دوباره و همچنین ایجاد کمی نیروی پسا (drag) - معکوس کننده‌های نیروی پیشرانش (thrust reverse) جهت کاهش سرعت و ایجاد موقعیت برای استفاده از ترمز دیسکی - که ساختاری مشابه با ترمز ماشین دارد. در این مقاله به شرح عملکرد و ساختار این سه بخش به طور مختصر می‌پردازیم.

مقدمه

اکثر ما یا رانندگی بلدیم و یا دست‌کم آشنایی مختصری با اجزای داخل شاسی اتومبیل داریم. به خصوص سه پدال معروف زیر پای راننده بر هیچ‌کس پوشیده نیست (گاز، ترمز و کلاچ). کل فرآیند کم کردن سرعت و توقف اتومبیل‌ها با همین پدال وسط کنترل می‌شود. حال هرچه اصطکاک لاستیک‌ها با زمین در اثر بارش باران یا برف و موارد این‌چنینی کمتر باشد، کنترل و متوقف کردن اتومبیل هم کار دشوارتری است. حال تصور کنید هواپیمای در حال پرواز که به‌هیچ‌وجه روی زمین نیست و برخوردی با آن ندارد را چگونه می‌توان

متوقف کرد و کنترل پایین آوردن سرعتش اسپویلرها

را به دست گرفت. مسلماً دستگاهی فراتر از یک پدال ساده موردنیاز است. سیستم ترمز هواپیما و به‌طور کلی مکانیسم پایین آوردن سرعت و توقف آن شامل قسمت‌های مختلفی می‌شود که به تفضیل راجع به هر قسمت توضیحاتی را ارائه می‌دهیم. در ابتدا این نکته را مدنظر داشته باشید که سرعت فرود برای هواپیماهای مسافربری حدود ۲۵۰ کیلومتر در ساعت است، لذا خلبان باید پس از فرود سرعت را به شدت کاهش دهد زیرا در غیر این صورت هواپیما از باند خارج می‌شود

اسپویلرها در پرواز (Flight spoilers)

از اسپویلرها جهت کاهش سرعت هواپیما و همچنین، جهت افزایش نرخ کاهش ارتفاع در پرواز استفاده می‌گردد. به‌طور کلی شرکت‌های هواپیمایی محدود به استفاده از

اسپویلرها در خلال پرواز هستند. چراکه این عمل باعث ایجاد صدا و لرزش در هواپیما شده و باعث نگرانی مسافران می‌گردد [۱]

اسپویلرها در زمین (Ground Spoilers)

یکی از استفاده‌های مهمی که از اسپویلر به هنگام فرود می‌شود، زمانی است که هواپیما جهت فرود به چندمتری باند فرودگاه می‌رسد. مشکلی که در این زمان به وجود می‌آید این است که به دلیل ایجاد فرآیندی به نام Ground effect، نیروی برا ناگهان شروع به افزایش می‌کند. یعنی هواپیما در فاصله چندمتری باند می‌ماند و قادر به پایین آمدن و برخورد چرخ‌ها با زمین نیست. در نتیجه اسپویلرها به صورت خودکار باز شده تا نیروی برا را بر هم زده و به هواپیما اجازه کاهش ارتفاع را بدهد. [۱]

اسپویلرها در گردش (Roll Spoilers)

از اسپویلرها برای انجام گردش در پرواز نیز استفاده می‌گردد. به عنوان مثال، زمانی که هواپیما قصد گردش به سمت راست را داشته باشد، هواپیما طبیعتاً باید حول محور طولی خود، به سمت راست بچرخد. در عمل، این اتفاق به وسیله افزایش نیروی Lift در بال چپ و کاهش نیروی Lift در بال راست می‌افتد. اسپویلرهای روی بال راست جهت کاهش نیروی Lift در این بال کمک می‌کنند. اما اسپویلر سمت چپ در حالت باز نشده باقی می‌ماند. [۱]

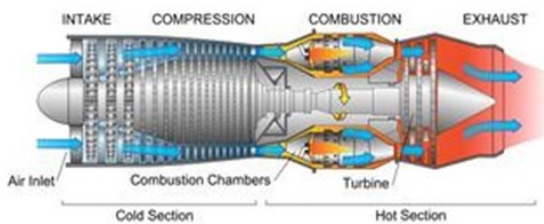
معکوس کننده‌های جریان

هواپیماهای مدرن امروزی مجهز به ترمزهای بسیار کارآمدی هستند با این حال نیاز به طراحی‌های بزرگ‌تر و سنگین‌تر و

همچنین لزوم انجام پروازها در شرایط نامساعد جوی به دلیل حجم بالای ترافیک هوایی در شرایط فعلی طراحان را مجبور می‌کند تا از دستگاه‌های جایگزین دیگری برای توقف هواپیماها هنگام نشستن روی باند استفاده کنند. متداول‌ترین سیستم کمکی در این حوزه مکانیزم معکوس کننده نیروی پیشران است. به کمک این سیستم با معکوس کردن نیروی پیشران موتور، از آن به عنوان نیرویی مقاوم برای کاهش سرعت و نگه داشتن هواپیما استفاده می‌شود. برای آشنایی با دستگاه‌های معکوس کننده‌ی پیشران، ابتدا مرور مختصری بر انواع توربوماشین‌های هوایی خواهیم داشت و در ادامه مکانیزم مناسب جهت معکوس کننده پیشران را برای هر یک از این موتورها معرفی خواهیم کرد. در نهایت میزان کارآمدی و شرایط بهره‌برداری از این دستگاه‌ها را مدنظر قرار خواهیم داد.

آشنایی اولیه با موتورهای هوایی

موتورهای پیشران هواپیماها انواع مختلفی دارند که متداول‌ترین آن‌ها موتورهای توربین گاز هستند این موتورها، ساختمانی مشابه توربین‌های گاز در نیروگاه‌ها دارند. تصویر ۱ شمای کلی از یک موتور توربین گاز هوایی را نشان می‌دهد.



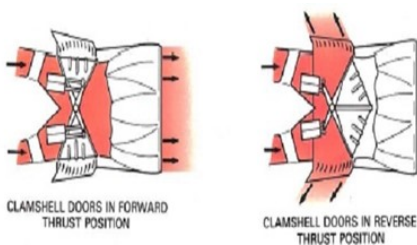
تصویر یک - ساختمان داخلی موتور هواپیما

موتورهای توربوپراپ با محدودیت‌های خاصی مواجه هستند که به تفاوت‌های ساختاری میان فن و پروانه بازمی‌گردد، یک

تکانه خارج شده از نازل انتهای موتور، توسط گازهای مشتعل، نیروی جلوبرندگی را تأمین می‌کند که منبع پیشران هواپیما



در حالی که Clam shells ساختارهای اضافی در انتهای موتور می‌باشند که در حالت عادی در کنار مسیر جریان قرار دارند. با فعال کردن سیستم معکوس کننده تراست این اجزا در مسیر جریان قرار گرفته و جلوی آن را مسدود می‌کنند و آن را وادار می‌کنند تا از دریچه‌های مورب قسمت انتهایی بدنه عبور کند. بدین ترتیب بردار تکانه گازها تغییر جهت داده و باعث کاهش شتاب می‌شود. همان‌طور که گفته شد این دو مکانیزم برای موتور توربوجت که فاقد هوای by pass است استفاده می‌گردد [۲]



تصویر سه - نحوه عملکرد clam shell : قسمت چپ غیرفعال و سمت راست فعال نکته مهم تغییر شرایط کاری موتور در هنگام استفاده از این دستگاه‌ها است به نحوی که با قرارگیری این اجزا در مسیر جریان، شرایط پایین دست جریان مافوق صوت عبوری از موتور تغییر کرده و می‌تواند به مسائل نامطلوبی همچون ورود موتور به ناحیه سرج (surge) یا تشکیل موج‌های ضربه‌ای در نواحی نامطلوب گردد. [۳]

Cold stream reversal

در موتورهای توربوفن به راحتی می‌توان با تغییر جهت جریان by pass جهت نیروی تراست را تغییر داد. در واقع این اصل از آنجا ناشی می‌شود که اکثر نیروی پیشران را این بخش از هوا تأمین می‌کند. مکانیزم عمل معکوس کننده جریان هوای سرد به ساختار

۴۵ درجه می‌توان جهت گازهای خروجی را تغییر داد بنابراین انتظار می‌رود بازدهی عملکرد موتور طی انجام این مانور کاهش شدیدی داشته باشد. همان‌طور که گفته شد هریک از موتورهای هوایی نیازمند ساختار ویژه‌ای برای معکوس کردن جهت نیروی پیشران هستند، در موتورهای توربو جت از دو مکانیزم Clam shell و Bucket استفاده می‌شود در حالی که در موتورهای توربوفن از ساختار معکوس کننده جریان هوای By pass بهره‌گیری می‌گردد. در موتورهای توربوپراپ نیز مکانیزم تغییر زاویه pitch پره برای این کار استفاده می‌شود. در ادامه به تشریح هریک از این ساختارها خواهیم پرداخت [۳]

Clam shell & Bucket

این عناصر در واقع موانع مشخصی هستند که در مسیر گازهای خروجی از نازل توربوجت قرار می‌گیرند تا جهت آن را تغییر دهند. باکت‌ها (Bucket) در اصل یک نازل همگرا - واگرا (Converge-diverge) برای موتور توربوجت هستند که با فعال شدن مکانیزم معکوس کننده تراست، تغییر شکل داده و به یک مانع مورب برای تغییر جهت گازهای خروجی تبدیل می‌شوند. تصویر ۲ این نوع از معکوس کننده‌های نیروی پیشران را نشان می‌دهد. [۳]

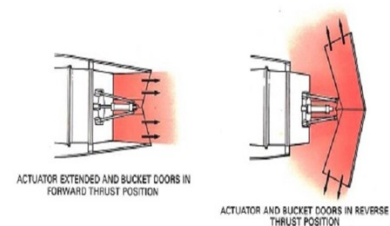


تصویر چهار - استفاده از bucket در انتهای موتور یک فروند فوکر ۱۰۰

فن می‌تواند با سرعت بسیار بالاتری از یک پروانه فارغ از اثرات نامطلوب تراکم‌پذیری گردش کند. حتی تشکیل موج‌های ضربه‌ای در لبه پروانه‌های یک فن برای موتور مطلوب به شمار می‌رود زیرا موجب می‌شود تا عمل متراکم کردن هوا را به نحو مطلوبی در مراحل مختلف کمپرسور انجام دهد. سرعت مجاز پایین برای گردش پروانه موجب می‌شود تا غالباً برای اتصال آن‌ها به موتورهای توربین گازی از گیربکس استفاده شود که همین امر موجب ایجاد بخشی از تلفات می‌گردد. مسائل فوق موجب می‌شوند تا هواپیماهای مجهز به توربوپراپ از سرعت کروز (Cruise) بسیار کمتری نسبت به سایر هواپیماهای توربینی برخوردار باشند. [۲]

معکوس کننده‌های نیروی پیشران

با توجه به مطالب فوق؛ بسته به نوع و ساختار موتور، معکوس کننده متفاوتی برای آن استفاده می‌شود. این عناصر با تغییر جهت گازهای خروجی از نازل، بردار تکانه را چرخانده و از آن برای کاهش شتاب هواپیما استفاده می‌کنند. هرچند که مناسب‌ترین جهت برای انجام این فرآیند چرخاندن کامل بردار رانش به میزان ۱۸۰ درجه است، اما به دلایل ساختاری این امر امکان‌پذیر نیست و تنها تا زوایای کمتر از



تصویر دو - مکانیزم عملکرد bucket؛ سمت چپ غیرفعال (باکت‌ها در کنار مسیر جریان گاز واقع شده‌اند) و سمت راست فعال (باکت‌ها در مسیر جریان گاز قرار گرفته‌اند)



throttle به اندازه کافی، تضمین کنند. در حال حاضر استفاده از عملگرهای الکتریکی ترجیح داده می‌شود و طراحان تمایل دارند تا فرآیند اجرای صحیح عملکرد سیستم را به وسیله پردازشگرهای کامپیوتری کنترل کنند. به هر حال چه در حضور عملگرهای الکتریکی و چه در صورت استفاده از عملگرهای مکانیکی، اتاقک خلبان شامل علائمی است که وضعیت عملکرد سیستم معکوس کننده تراست را مشخص می‌کند. [۳][۲]



تصویر هشت - نشان‌دهنده عملکرد سامانه thrust reversal در اتاقک خلبان

نکته دیگری که در مورد طراحی اجزاء معکوس کننده‌ها مهم به نظر می‌رسد نوع موادی است که باید در مسدودکننده‌ها یا تغییردهنده‌های جریان گاز به کار رود. گاز داغ و پرسرعتی که به این اجزاء برخورد توانایی تخریب بالایی دارد که باید در محاسبات لحاظ گردد. علاوه بر این اثر نامطلوب دیگری که از معکوس کننده‌های تراست انتظار می‌رود کاهش بار اعمالی روی چرخ‌ها به واسطه توجه یک مؤلفه از بردار گازهای خروجی به سمت زمین است. این عامل باعث می‌شود تا اصطکاک میان چرخ‌ها و زمین کاهش یافته و ترمزها نتوانند به خوبی هواپیما را متوقف کنند. این موضوع از مسائلی است که باید در طراحی به خوبی مورد توجه قرار گیرد.

وجود معکوس کننده‌های تراست روی

موتورهای توربوپراب کمک می‌کند. در این سیستم زاویه‌ی پیچ پره (زاویه‌ای که وتر پره با محور موتور می‌سازد) از ریشه پره تغییر داده می‌شود. تقریباً تمامی موتورهای مجهز به پروانه (چه از نوع توربینی و یا رفت و برگشتی) از این سیستم بهره می‌برند چراکه تنظیم زاویه حمله پره به واسطه تغییر زاویه پیچ برای کارکرد صحیح پروانه در تمامی سرعت‌ها ضروری است. در واقع این سیستم مانند bucket یک جزء اصلی از موتور است که از آن در هنگام فرود به عنوان ترمز

استفاده می‌شود. [۳]

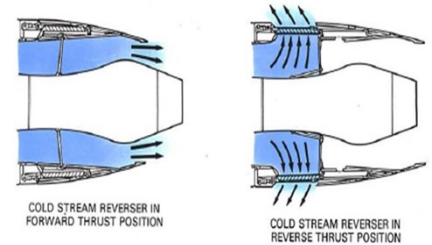


تصویر هفت - چرخش پرها از ریشه این امکان را فراهم می‌کند که هنگام توقف نیروی درگ زیادی ایجاد شود.

ملاحظات در مورد مکانیزم‌ها

بسته به نوع طراحی و ابعاد موتور، وزن هواپیما و محل قرارگیری بال‌ها و سایر پارامترهای مختلف دیگر جزئیات مکانیزم متفاوت است. در گذشته فعال‌سازی این دستگاه‌ها مانند سایر دستگاه‌های متصل به هواپیماها به وسیله عملگرهای هیدرولیکی یا پنوماتیکی صورت می‌گرفت. این عملگرها دارای کوپل شدگی خاصی با تجهیزات کنترلی پیش‌ران‌شان هستند به نحوی که استفاده صحیح آن را پس از کاهش میزان

clam shell شباهت دارد با این تفاوت که در اینجا تنها مسیر هوای by pass توسط مواعی مسدود شده و از جداره موتور و از طریق شبکه‌ای به خارج هدایت می‌گردد. شبکه‌های هدایت‌کننده چه در مکانیزم cold stream و چه در Clam shell reversal توسط سطوحی پوشانده می‌شود تا نیروی پسایی را به هواپیما تحمیل نکنند. تصاویر ۵ و ۶ شکل شماتیک و کاربرد واقعی این سیستم را در هواپیماهای توربوپرف نشان می‌دهند. [۳]



تصویر پنج - شماتیک عملکرد معکوس کننده جریان هوای سرد



تصویر شش - هواپیمای مجهز به سیستم فوق در حال استفاده از آن ضمن توقف.

Propeller Pitch Control Mechanism

این ساختار در موتورهای توربوپراب استفاده می‌شود. در واقع این سیستم نیروی تراست را معکوس نمی‌کند بلکه تنها میزان درگ را زیاد می‌کند و از این طریق به کاهش مسافت فرود برای هواپیماها مجهز به





هواپیما در نیازمند رعایت موارد ایمنی و بررسی تأثیر حضور این عناصر روی ضرایب اطمینان طراحی است لذا در مورد هواپیماهای کوچک استفاده از این دستگاه‌ها منطقی به نظر نمی‌رسد چراکه موجب پیچیدگی طراحی و افزایش هزینه‌های نهایی می‌گردد. در عین حال الزامی نیز برای نصب آن‌ها روی پرنده‌های سبک احساس نمی‌شود.

در مقابل هواپیماهای بزرگ و سنگین به شدت نیازمند وجود این سامانه هستند چراکه موجب کاهش پیچیدگی و استهلاک دستگاه‌های ترمز و فرود بهتر روی باندهای مرطوب و لغزنده می‌گردد. در این موارد می‌توان گفت که درگیر شدن با ملاحظات طراحی برای افزودن یک سامانه معکوس کننده تراست در برابر پیچیدگی‌های ساخت یک سیستم ترمز نامتعارف بسیار مطلوب‌تر به نظر می‌رسد. از همین رو است که شاهد استفاده از معکوس کننده بر روی دو عدد از ۴ موتور هواپیمای ایرباس A380 هستیم در حالی که در طراحی اصلی این هواپیما فاقد این سیستم بوده است. در موارد خاصی از ترکیب معکوس کننده‌ها برای موتورهای توربو فن بهره‌گیری می‌شود. به نحوی که علاوه بر سامانه معکوس کننده جریان هوای by pass از یک جفت bucket نیز برای منحرف کردن جریان خروجی از محفظه احتراق استفاده شده است. در هواپیماهای تهاجمی که از موتور توربو جت استفاده می‌کنند و دارای پس‌سوز نیز هستند معمولاً به دلیل حضور سیستم نازل تغییر از سامانه معکوس کننده تراست استفاده نمی‌شود [۲][۳].

ترمز دیسکی هواپیما

مهم‌ترین مکانیسم برای توقف هواپیما، ترمز چرخ‌ها می‌باشد. در هواپیماها نیز مانند اتومبیل از ترمزهای دیسکی استفاده می‌شود که با فشار دادن پدال‌های رادر (Rudder Pedal) عمل می‌کنند؛ داشتن چرخ بیشتر و در نتیجه ترمز بیشتر باعث جلوگیری از داغ شدن آن‌ها و در نتیجه توقف بهتر می‌شود. ترمز هواپیما به سادگی اتومبیل نیست و ترمز هر بخش مستقل است. ترمزهای دیسکی بر دو نوع هستند:

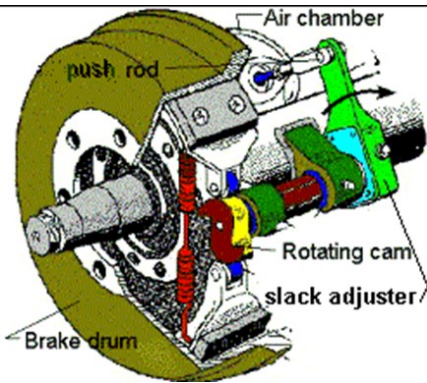
هیدرولیکی و بادی. پیشرفت‌های به وجود آمده در تکنولوژی مواد، روش‌های طراحی و آزمون‌های بعد از ساخت موجب گردیده که در کیفیت و کارایی ترمزهای هواپیماهای جت امروزی به طور چشمگیری بهبود حاصل شود و بدون اینکه فضای بیشتری را اشغال کند دارای وزن کمتری نسبت به ترمزهای قدیمی باشد. به کارگیری مواد مرکب و فلزاتی که نسبت استحکام به وزن آن‌ها بالاست و نیز استفاده از تحلیل‌های پیچیده کامپیوتری از جمله عوامل کلیدی این پیشرفت‌ها به حساب می‌آید. چرخ‌ها و ترمزهای جدید به هم وابسته‌اند. [۴]

اجزای اصلی به کار رفته در سیستم ترمز

-ترمزی که در آن سیستم هیدرولیکی با فشار زیاد استفاده شده، قطعات آن از مواد مرکب کربنی، تیتانیوم، فولاد با استحکام زیاد و آلومینیوم ساخته شده تا بتواند گرمای بسیار زیاد را جذب و سپس دفع کند.

- استفاده از یک سیستم کنترل ترمز یکپارچه و کامپیوتری

- استفاده از چرخ‌هایی که دارای شکل پیچیده‌ای بوده و از آلومینیوم با استحکام زیاد ساخته شده و دارای سپر حرارتی ایمنی بعد از خرابی باشد. چرخ هواپیما از نوع دوتکه ساخته می‌شود تا سوار کردن «تایر» آسان باشد. و نیز دارای اندکی انحراف است تا فضای ترمز بیشتری را فراهم آورد. برای حفاظت چرخ‌ها در برابر گرمای حاصل از ترمز از پوشش‌های عایق استفاده می‌گردد. [۴]



تصویر نه - اجزای چرخ هواپیما

سطوح تنش و مدل‌سازی حرارتی دستگاه‌های چرخ و ترمز هست. با استفاده از روش کامپیوتری، چرخ هواپیما از موادی ساخته می‌شود که بتواند «بار»های وارد را تحمل کند، عمر آن زیاد و ویژگی‌های حرارتی و وزن آن اندک باشد. با استفاده از این روش‌های کامپیوتری، طراحی، ساخت و ارزیابی مدل‌های جدید چرخ در زمان کوتاهی صورت می‌پذیرد. خلاصه اینکه به کارگیری و توسعه روش‌های مدل‌سازی کامپیوتری و تحلیلی در تعیین قسمت‌های حساس و عیوب احتمالی و سطوح حرارتی چرخ‌های هواپیما، صنایع تولیدکننده را قادر ساخته تا آن را با حداقل وزن، عمر زیاد، نیاز تعمیراتی اندک و ایمنی بیشتر تولید نمایند. می‌توانیم انتظار داشته باشیم روند بهبود در کیفیت چرخ‌ها با

تکامل مواد اصلی سازنده آن همچنان با تداوم همراه باشد. یکی از عوامل عمده که در توسعه و ساخت چرخه‌های هواپیماهای فعلی و آتی نقش کلیدی دارد، توجه به مواد تشکیل‌دهنده سازهی چرخ می‌باشد. [۴]

نتیجه‌گیری

اهداف اصلی در طراحی سیستم ترمز هواپیما

مقاومت در برابر خستگی و استحکام استاتیکی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر حرارت زیاد، قیمت ارزان

جنس مواد به کاررفته در ترمز دیسکی

از آلیاژهای آلومینیوم فورج شده به عنوان فلز استاندارد برای ساختن چرخ‌ها استفاده می‌کنند. علاوه بر آن، چرخ‌های ساخته شده از الیاف کامپوزیتی و مواد مرکب از قبیل مواد مرکب کربنی یا گرافیتی و فایبرگلاس، سبکی وزن و میزان خرابی مجاز بیشتری را موجب می‌شود. -استفاده از مواد مرکب پیشرفته و مقاوم در برابر حرارت به منظور افزایش تراکم‌پذیری و عمر ترمز و ارتقاء مقاومت آن در برابر سایش

-استفاده از مواد مرکب قالب‌گیری شده

و سازه‌های کامپوزیتی از نوع رشته پیچی در بسیاری از قطعات عمده‌ی هواپیما از قبیل چرخ‌ها، پوسته‌های پیستون و قسمت انتقال گشتاور باهدف کاهش وزن و آسیب‌پذیری آن. [۴]

مراحل توقف هواپیما هنگام فرود به ترتیب شامل باز شدن خودکار اسپویلرها برای کاهش نیروی لیفت و چسبیدن هواپیما به سطح باند و وارد عمل شدن تراس‌ت ریورس‌ها جهت کاهش سرعت (چون در سرعت بالا نمی‌توان از ترمز دیسکی استفاده کرد چون ممکن است باعث آتش گرفتن چرخ‌ها شود) و در آخر ترمز دیسکی هواپیما تا توقف کامل است. جنس استفاده شده در چرخ مهم است تا علاوه بر وزن کم استحکام اصطکاکی و حرارتی خوبی جهت جلوگیری از حادثه را داشته باشد. جنس چرخ‌ها عمدتاً از مواد مرکب کربنی و سرامیکی است. پیشرفت‌های مهندسی در طراحی و مواد به کاررفته باعث بالا رفتن ایمنی و دوام و هزینه‌ی اجزای مختلف هواپیما از جمله سیستم ترمز آن شده است.

[۱] اصول پرواز، P.J.Swatton

[2] Rolls Royce, the jet engine, ۵th ed

[3] R.H Barnard, D.R Philpott, Aircraft Flight, ۴th ed

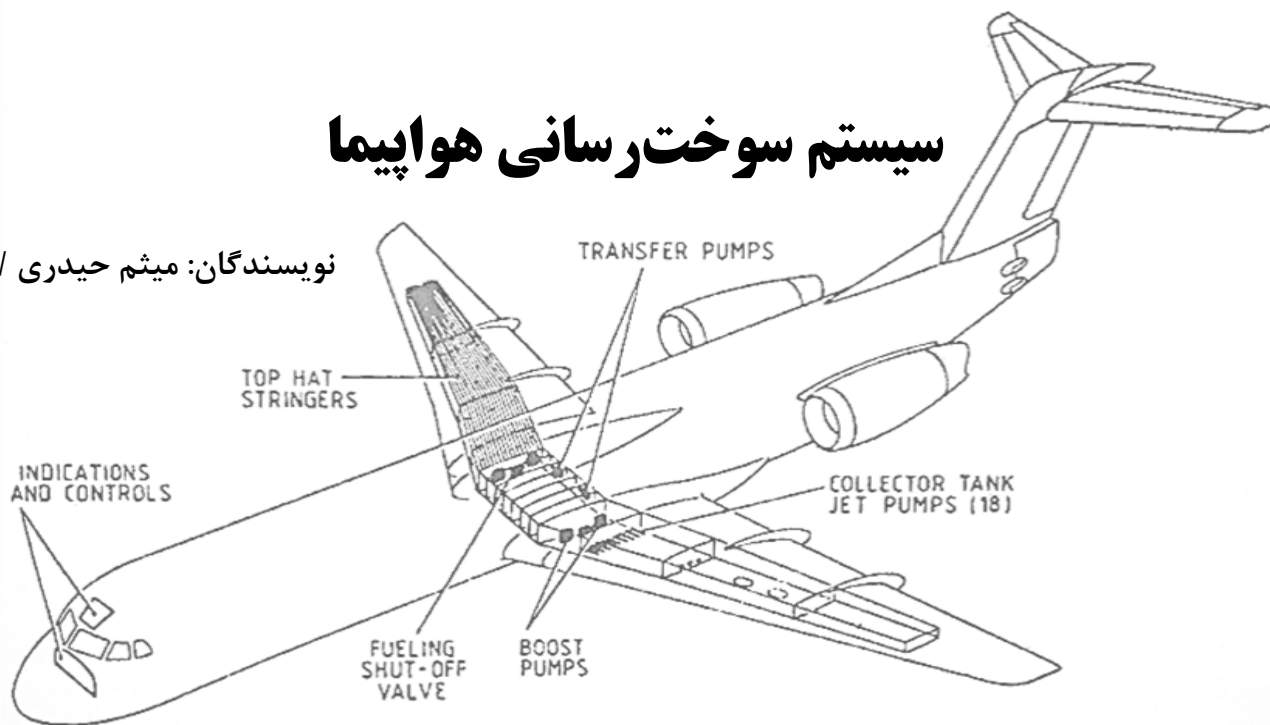
[4] سیستم‌های ترمز هواپیما، مرکز هوانوردی ایران



تصویر ده - در تصویر بالا سه نوع سیستم ترمز هواپیما را مشاهده می‌کنید

سیستم سوخت رسانی هواپیما

نویسندگان: میثم حیدری / متین سلوکی



مقدمه

بال است. البته اغلب مخازن سوخت مخزن، به مخزن تخلیه وارد شود.

نصب مخزن سوخت (Fuel Tank)

واحدهای جداگانه‌ای هستند.

همه‌ی هواپیماها برای عمل کردن موتورها

ساختار مخزن سوخت (Fuel tank) (Installation

construction)

نیاز به سوخت دارند. یک سیستم سوخت

استانداردهای مختلفی برای تأسیسات

مخزن سوخت وجود دارد. هیچ مخزن

سوختی نباید بر روی یک موتور فایروال

باشد و حداقل باید یک و نیم اینچ فاصله

بین مخزن سوخت و فایروال وجود داشته

باشد. بارهای فشاری نباید روی مخزن‌ها

تأثیر بگذارد. هر قسمت مخزن باید تخلیه و

تهویه شود تا از انباشت مایعات و بخارات

قابل اشتعال جلوگیری شود. محوطه‌ی

مجاور مخزن نیز باید تهویه و تخلیه گردد.

مواد انتخاب شده برای ساخت یک مخزن

سوخت بستگی به نوع هواپیما و مأموریت

آن دارد. مخازن سوخت و سیستم سوخت

به‌طور کلی از موادی ساخته می‌شوند که

هیچ‌گونه واکنش شیمیایی با سوخت نشان

نمی‌دهند. مخازن سوختی که بخشی

جدایی‌ناپذیر از بال هستند، از مواد مشابه

بال ساخته شده‌اند. درزهای مخزن با مخلوط

مقاوم در برابر انجماد، مهر و موم شده است.

مخازن سوخت باید برای بازرسی و تعمیر

دسترسی داشته باشند. این الزام توسط

نصب پانل‌های دسترسی در بدنه و بال

برآورده می‌شود. مخازن سوخت به‌منظور

جمع‌آوری رسوب و آب باید مجهز به مخزن

تخلیه باشد. ساخت مخزن باید به‌گونه‌ای

باشد که هر مقدار خطرناکی از آب در

شامل مخازن ذخیره، پمپ‌ها، فیلترها،

خطوط سوخت و وسایل اندازه‌گیری هست .

هر سیستم در طول پرواز باید یک جریان

بی‌وقفه‌ی سوخت بدون آلودگی را فراهم

کند. از آنجاکه بار سوخت می‌تواند بخش

قابل توجهی از وزن هواپیما و بالگرد باشد،

باید این دستگاه‌های هوایی بسیار قوی

طراحی شوند و از آنجایی که مقدار سوخت

در طول پرواز کاهش می‌یابد، این تغییر

وزن نباید بر کنترل هواپیما و بالگردها تأثیر

بگذارد.

تعمیر و نگهداری سیستم سوخت هواپیما

مسئولیت بسیار سختی هست. برای

پاسخ‌گویی به نیازهای خاص انواع

هواپیماهای مختلف، مخازن سوختی در

اندازه، شکل و ... متفاوت‌اند. گاهی اوقات

مخزن سوخت بخشی جدایی‌ناپذیر از یک

توانایی سیستم سوخت برای فراهم کردن

سوخت با نوع جریان و فشار کافی برای

عملکرد مناسب موتور امری حیاتی است.

برای دستگاه‌های سوخت گرانشی، نرخ

جریان سوخت باید یک و نیم برابر سوخت

مصرفی موتور باشد. برای دستگاه‌های پمپ



سوخت، سرعت جریان سوخت برای هر سیستم پمپ برای موتور مجزا باید ۱۲۵ درصد از جریان سوخت مورد نیاز موتور در حداکثر قدرت تیک آف باشد. با این وجود، فشار سوخت با پمپ‌های اصلی و اضطراری که به طور همزمان کار می‌کنند، نباید بیش از حد فشار ورودی سوخت موتور باشد.

سیستم سوخت‌رسانی هواپیما

ذخیره‌سازی و تهویه

مقدمه

سیستم سوخت‌رسانی به سه قسمت سیستم سوخت‌رسانی هواپیما، سیستم سوخت‌رسانی موتور و سیستم سوخت‌رسانی APU تقسیم می‌شود. در این شماره سیستم سوخت‌رسانی هواپیما توضیح داده می‌شود. سیستم سوخت از یک بخش چپ، یک بخش راست و یک بخش مرکزی تشکیل یافته است. دستگاه‌های چپ و راست تقریباً مشابه هستند. سیستم چپ، موتور سمت چپ و سیستم راست، موتور سمت راست را تغذیه می‌کند. مخزن مرکزی سوخت را به دستگاه‌های چپ و راست می‌رساند. APU معمولاً از مخزن چپ تغذیه می‌کند، اما می‌تواند از مخزن راست نیز تغذیه کند.

ویژگی‌های سیستم سوخت‌رسانی به صورت زیر هستند:

* مخازن اصلی چپ و راست به صورت یکپارچه می‌باشند.

* مخزن بال مرکزی با استفاده از سلول انعطاف‌پذیر ساخته شده است.

* سوخت‌رسانی از مخزن سمت چپ به موتور سمت چپ و APU صورت می‌گیرد.

* سوخت‌رسانی از مخزن سمت راست به موتور سمت راست صورت می‌گیرد.

* سیستم بال مرکزی برای تغذیه‌ی مخزن سمت چپ و مخزن سمت راست مورد استفاده قرار می‌گیرد.

* انتقال سوخت از یک مخزن اصلی به مخزن اصلی دیگر غیرممکن است.

* امکان خورد متقابل سوخت میان دو سیستم چپ و راست وجود دارد.

* سیستم سوخت زنی با فشار و به صورت تک نقطه‌ای است.

سیستم سوخت‌رسانی از داخل اتاقک خلبان کنترل می‌شود. سوخت زنی و تخلیه‌ی سوخت از دریچه‌ی کنترل سوخت زنی در جلوی محفظه‌ی چرخ راست کنترل می‌شود. حجمی از سوخت که بیش از ظرفیت مخازن اصلی است، در مخزن بال مرکزی ذخیره می‌شود. به دلایل ساختمانی مخزن بال مرکزی زودتر خالی می‌شود.

سوخت از مخزن بال مرکزی توسط پمپ‌های انتقال الکتریکی به مخازن اصلی منتقل می‌شود. در خطوط تغذیه به موتورهای و APU، شیرهای قطع‌کننده‌ی سوخت در هنگام آتش وجود دارند.

ذخیره‌سازی

مخازن اصلی

مخازن اصلی توسط اسپارهای عقبی و جلویی و همچنین دو ریب بال شکل داده می‌شوند. پوسته‌ی بالایی و پایینی، بال مخزن یکپارچه را کامل می‌کند. بال از یک ساختمان پیوسته و پرچ شده است. همه‌ی درزها و پرچ‌ها برای فراهم کردن یک فضای محکم برای نگهداری سوخت

آب‌بندی شده‌اند. هر مخزن اصلی به چهار قسمت تقسیم می‌شود. داخلی‌ترین قسمت، مخزن جمع‌کننده نامیده می‌شود. مخزن اصلی توسط ریب‌های ورقه‌ای مقاوم تقسیم شده است تا حرکت سوخت را در هنگام مانور هواپیما کاهش دهد. برای محدود کردن اثر حرکت سوخت و تغییر مرکز جرم هنگام مانور، سوراخ‌های ریب‌ها کوچک نگه‌داشته شده‌اند. شیرهای فلاپری تنها در دو ریب داخلی نصب شده‌اند. آن‌ها اجازه می‌دهند که سوخت به وسیله‌ی جاذبه از قسمت‌های خارجی به درون مخزن جمع‌کننده جریان یابد. نوک بال یک محفظه‌ی خشک است که از خطر آتش‌سوزی جلوگیری می‌کند. همچنین احتمال آسیب دیدگی مخزن را هنگام رسیدگی‌های زمینی کاهش می‌دهد. دسترسی به داخل مخزن از طریق دریچه‌های دسترس در پوسته‌ی پایینی بال امکان‌پذیر است.

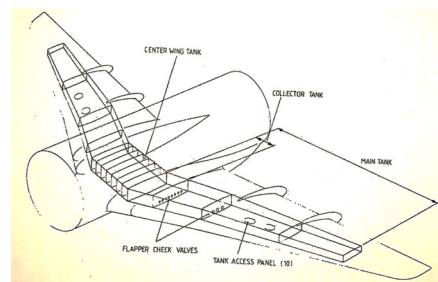
مخزن بال مرکزی

ساختمان مخزن بال مرکزی از نوع لاستیکی است. در بال مرکزی هفت عدد سلول سوخت انعطاف‌پذیر نصب شده‌اند. این سلول‌ها از پایین توسط لوله‌ی چند راهه‌ی سوخت به هم مرتبط شده‌اند. فضای بالای سلول‌ها توسط لوله‌ی چند راهه‌ی تهویه / لبریز به هم مرتبط شده‌اند. هفت سلول به این صورت شماره‌گذاری می‌شوند: شماره‌ی ۲، ۳، ۴ چپ و راست و سلول شماره‌ی ۱ که در وسط قرار گرفته است. برای جلوگیری از آسیب زدن پرچ‌ها و پیچ‌ها به سلول‌ها، درون بال مرکزی با صفحات آلومینیومی صاف پوشیده شده است. صفحه‌ی کف نیز صاف است؛ زیرا ستون‌های بال مرکزی روی





سطح خارجی نصب شده‌اند. سلول‌ها به وسیله‌ی پیچ‌های فنری به ساختمان بال مرکزی متصل شده‌اند. دسترسی به سلول شماره‌ی ۱ از طریق یک دریچه‌ی دسترسی در طرف پشتی محفظه بار جلو فراهم شده است. این دریچه دسترسی بال مرکزی غیر فشرده شده را می‌بندد.



تهویه

هر مخزن برای نگاه داشتن اختلاف فشار میان مخزن و اتمسفر در حد مجاز، یک سیستم تهویه دارد. تغییر در اختلاف فشار هنگام صعود، فرود و فشار ناشی از سوخت زنی انتظار می‌رود.

مخازن اصلی

دو شیر شناور تهویه در هر مخزن نصب شده‌اند. این شیرها مخزن اصلی را بدون ریختن سوخت به بیرون تهویه می‌کنند. یک شیر در طرف داخل و یک شیر در طرف خارج مخزن نصب شده‌اند. آن‌ها به صورتی قرار گرفته‌اند که در همه‌ی شرایط پروازی هواپیما حداقل یکی از شیرها باز است. دو خطوط تهویه از شیرها به یکدیگر متصل می‌شوند و از طریق یک خط مشترک مخزن به بیرون تهویه می‌شود. خروجی تهویه در خارج بالواره‌ی شکاف فلپ قرار گرفته است. در مجرای تهویه‌ی مشترک یک شعله خفه کن وجود

دارد. مخزن جمع کننده از طریق فضای باز ستون‌های بالایی به درون مخزن اصلی تهویه می‌شود. در حالت گرفتگی سیستم تهویه‌ی معمولی، یک شیر تنفسی به صورت پشتیبان استفاده می‌شود. شیر تنفسی روی اسپار عقبی بال در طرف خارج آن قرار دارد.

مخزن بال مرکزی

سیستم تهویه‌ی مخزن بال مرکزی دو هدف دارد: تهویه‌ی سلول و تهویه / تخلیه‌ی بال مرکزی. در بالای سلول‌ها دو مجرا وجود دارد: لوله چند راهه‌ی تهویه / لبریز و مجرای تهویه. لوله‌ی چند راهه‌ی تهویه / لبریز همه‌ی هفت سلول را به یکدیگر مرتبط می‌کند. بنابراین فشار در همه‌ی سلول‌ها یکسان است. مجرای

تهویه تنها به سلول شماره‌ی ۱ متصل است. از طریق این مجرا سلول شماره‌ی ۱ درون سیستم تهویه‌ی مخزن اصلی تهویه می‌شود. در هنگام پرواز مجرای تهویه‌ی سلول شماره‌ی ۱ به آرامی توسط جریان هوا فشرده می‌شود. فشار جریان هوا در یک ورودی جریان هوا در طرف پایین بال بر روی بالواره‌ی بدنه‌ی هواپیما افزایش می‌یابد. ورودی جریان هوا از طریق یک لوله و شیر رها کننده‌ی مکشی متصل شده است. شیر رها کننده‌ی مکشی در یک اختلاف فشار ۰ تا ۷/۰ کیلو پاسکال به سمت داخل باز می‌شود. زمانی که هواپیما پارک شده است، شیر رها کننده‌ی مکشی بسته می‌ماند، بنابراین سوختی بر روی زمین نمی‌ریزد. سوخت جمع شده در مجرای تخلیه‌ی مخزن بال مرکزی از طریق شیر شناور تهویه / تخلیه درون مخزن اصلی تخلیه می‌شود. فشار جریان هوا از

خارج شدن سلول‌ها از سوراخ‌های اتصالشان جلوگیری می‌کند. هر هفت محفظه‌ای که در زیر سلول‌ها تهویه و تخلیه می‌شوند، از طریق یک لوله‌ی چند راهه به تهویه / تخلیه‌ی اصلی در زیر بدنه‌ی هواپیما متصل شده است. در مجرای آن که به خروجی اصلی متصل است نیز یک شعله خفه کن وجود دارد. جعبه پیچشی بال مرکزی نیز توسط چهار سوراخ تهویه در اسپار عقبی و جلویی به اتمسفر تهویه می‌شود. سوراخ‌ها در جلو و عقب سلول شماره‌ی ۴ قرار گرفته‌اند. این سوراخ‌ها با کمک لوله‌ی چند راهه‌ی تهویه / تخلیه موجب یک جریان پایدار هوا از طریق جعبه‌ی پیچشی بال مرکزی می‌شوند.

شیر شناور تهویه

هر شیر شناور تهویه از یک بدنه با یک شیر بالشتکی، یک شناور و یک اتصال به مجرای تهویه تشکیل شده است. وقتی که سطح سوخت در مخزن پایین است، شناور به سمت پایین آویزان است و شیر باز است. وقتی که سطح سوخت بالا است (حجم سوخت بالا و یا تلاطم سوخت)، شیر توسط شناور بسته می‌شود. شیر شناور تهویه / تخلیه در سیستم تهویه‌ی مخزن بال مرکزی از ساختمان مشابهی برخوردار است.

شیر تنفسی

هنگامی که سیستم شیر شناور تهویه مسدود شده است، شیر تنفسی می‌تواند فشار مثبت و منفی را آزاد کند. آن یک شیر فشار مثبت فنری و یک شیر فشار منفی فنری دارد. خارج سازی شیر تنفسی نیازی به تخلیه‌ی مخزن ندارد.

خروجی کانیستر یک شیر یک طرفه وجود دارد. این شیر در حالت روشن بودن یک پمپ از برگشت سوخت به داخل مخزن جمع کننده جلوگیری می‌کند. فشار خروجی پمپ در بالادست شیر یک طرفه اندازه‌گیری می‌شود. در بالای کانیستر یک رابط برای یک سوئیچ فشار وجود دارد. سوئیچ فشار خودش روی اسپار عقبی نصب شده و در محفظه‌ی چرخ‌ها قرار گرفته است.

انتقال مخزن اصلی

هنگام کار پمپ‌های کمکی، مخزن جمع کننده توسط یک سیستم جت پمپ پر نگه‌داشته می‌شود. برای اطمینان از وجود یک جریان مداوم سوخت به پمپ‌های کمکی، مخزن جمع کننده پر نگه‌داشته می‌شود. در سطوح پایینی سوخت در مخزن اصلی، سیستم جت پمپ مؤثرتر می‌شود. ۱۸ عدد جت پمپ در هر مخزن اصلی نصب شده‌اند و از طریق ریب ورقه‌ای مقاوم به درون مخزن جمع کننده بیرون زده است. پمپ‌ها سوخت (و آب احتمالی) را از فضایی بین ستون‌های فرعی مخزن اصلی انتقال می‌دهند. جت پمپ‌ها توسط فشار سوخت از پمپ‌های کمکی عمل می‌کنند. آن‌ها از یک نازل و ونچوری تشکیل یافته‌اند. سوخت تحت فشار از پمپ کمکی توسط نازل شتاب داده می‌شود. فشار منفی ایجاد شده در ونچوری، منجر به جریان یافتن سوخت در جهت مخزن جمع کننده می‌گردد. وقتی مخزن جمع کننده پر است، سوخت اضافه از طریق ستون‌های فرعی بالایی به درون مخزن اصلی برمی‌گردد. در حالتی که سیستم جت پمپ از کار بیفتد

شعله خفه کن مخزن اصلی در بالواری شکاف فلپ خارجی نصب شده است و توسط لوله‌ای به مجرای تهویه‌ی مخزن خارجی متصل شده است. شعله خفه کن یک پرده‌ی توری فلزی است که از ورود شعله به درون سیستم تهویه جلوگیری می‌کند. زمانی که شعله وارد مجرای تهویه می‌شود، گرمای آن توسط پرده گرفته می‌شود، سپس شعله خاموش می‌گردد.

شیر رها کننده مکشی

برای کمک به تهویه‌ی داخلی، لوله‌ی چند راهه‌ی تهویه با یک اتصال به ورودی‌های هم‌سطح در هر طرف لبه‌ی حمله‌ی ریشه‌ی بال مجهز شده‌اند. برای جلوگیری از ریزش سوخت، یک شیر بدون برگشت در نقطه‌ی بالایی از پایین دست هر ورودی نصب شده است.

شیر شناور تخلیه / تهویه

بالای تمام فضاها‌ی سلول‌های مخزن مرکزی به هم مرتبط هستند. بالای سلول شماره‌ی ۱ به لوله‌ی چند راهه‌ی تهویه‌ی هر مخزن اصلی متصل است، بنابراین تهویه به بیرون را از طریق خروجی‌های مخزن اصلی فراهم می‌کند. در پایین‌ترین نقطه‌ی درون هر مخزن اصلی، یک شیر تخلیه‌ی شناوری برای خارج‌سازی خودکار مخلوط سوخت و آب از لوله‌ی چند راهه‌ی تهویه نصب شده است.

پمپ‌های کمکی

دو پمپ گریز از مرکزی ۱۱۵ ولت AC در کف هر مخزن جمع کننده نصب شده‌اند. آن‌ها سوخت تحت فشار را به موتور و سیستم جت پمپ مخزن جمع کننده می‌رسانند. سوخت از مخزن جمع کننده به وسیله‌ی جاذبه از طریق شیر قطع کننده‌ی کانیستر به درون کانیستر جریان می‌یابد. وقتی که پمپ را روشن می‌کنیم، پروانه‌ی چرخنده فشار سوخت را تقریباً تا 18 psi افزایش می‌دهد. فشار سوخت برای جلوگیری از خالی چرخیدن پمپ سوخت موتور گردنده افزایش می‌یابد. سوخت از طریق موتور پمپ برای خنک کاری و روان‌سازی جریان می‌یابد. یک شیر کنارگذر پروانه در محفظه‌ی پمپ قرار دارد. وقتی پمپ خاموش است، تغذیه‌ی سوخت به موتور از طریق باز شدن این شیر امکان پذیر است. در نتیجه افت فشار در تقاطع پمپ در حداقل نگه‌داشته می‌شود. هر پمپ می‌تواند یک موتور را در حالت بلند شدن هواپیما تغذیه کند. هنگام پرواز افقی، یک پمپ می‌تواند هر دو موتور را تغذیه کند. جهت اهداف تعمیر و نگهداری برای ایزوله کردن پمپ از مخزن، هر پمپ در یک کانیستر نصب شده است. برای ایزوله کردن پمپ، شیر قطع کننده‌ی کانیستر به وسیله‌ی یک پین قابل چرخش در پوسته‌ی پایینی بال بسته می‌شود. یک شیر تهویه در بالای کانیستر نصب شده است. در طرف پایینی لبه هر پمپ یک درپوش تخلیه وجود دارد. زمانی که درپوش تخلیه باز می‌شود، شیر تهویه توسط نیروی فنر بسته می‌شود. در





(هیچ فشار سوختی وجود نداشته باشد)، سوخت می‌تواند به وسیله‌ی جاذبه به درون مخزن جمع کننده جریان یابد. شیرهای یک طرفه‌ی فلاپری اجازه‌ی یک جریان سوخت به سمت داخل را می‌دهند. سپس سطح مخزن اصلی همانند سطح مخزن جمع کننده می‌شود. از برگشت جریان سوخت به درون مخزن اصلی توسط شیرهای یک طرفه‌ی فلاپری و شیرهای یک طرفه‌ی جت پمپ جلوگیری می‌شود. در مجرای تغذیه به جت پمپ‌ها یک فیلتر با کنارگذر وجود دارد. که از گرفتگی نازل‌ها جلوگیری می‌کند.

کنترل و اندازه‌گیری پمپ کمکی

پمپ‌های کمکی توسط جریان ۱۱۵ ولت AC چرخانده می‌شوند. پمپ‌های جلویی (R1, L1) از AC BUS ضروری تغذیه می‌کنند، در حالی که پمپ‌های عقبی (L2, R2) به ترتیب از AC BUS شماره‌ی ۱ و شماره‌ی ۲ تغذیه می‌کنند. پمپ‌های کمکی توسط چهار سوئیچ بر روی صفحه‌ی کنترل سوخت کنترل می‌شوند. هر پمپ یک چراغ زرد رنگ نقص و یک چراغ سفید رنگ خاموشی درون سوئیچ خود دارد. چراغ زرد رنگ توسط FWC کنترل می‌شود. FWC یک سیگنال فشاری از سوئیچ فشار پمپ کمکی دریافت می‌کند. (زمانی که خروجی پمپ زیر 5.9 psi باشد) وقتی که پمپ روشن است و فشار سوخت کمی وجود دارد (نه به خاطر خرابی BUS)، چراغ نقص پمپ مربوطه روشن می‌شود. وقتی سوئیچ پمپ به حالت خاموش فشار داده می‌شود چراغ سفید رنگ خاموشی پمپ مربوطه روشن می‌گردد. نقص پمپ کمکی به صورت زیر نشان داده می‌شود:

* چراغ زرد رنگ نقص بر روی صفحه‌ی کنترل سوخت؛
* یک اعلام خطر درجه‌ی یک یا درجه‌دو توسط FWC؛

* یک هشدار برای خلبان بر روی MFDU .

وقتی هر دو پمپ روشن هستند، نقص یک پمپ یک اعلام خطر درجه‌ی یک می‌دهد. نقص هر دو پمپ یک اعلام خطر درجه‌دو می‌دهد. وقتی تنها یک پمپ روشن است، خرابی آن پمپ نیز یک اعلام خطر درجه‌دو می‌دهد.

شیر قطع کننده سوخت در هنگام آتش

دو شیر قطع کننده‌ی سوخت در هنگام آتش که توسط موتور DC عمل می‌کنند، بر روی اسپار عقبی بال‌ها نصب شده‌اند. آن‌ها در محفظه‌ی ستون چرخ‌های چپ و راست قرار گرفته‌اند. شیر قطع کننده‌ی سوخت در هنگام آتش، معمولاً باز است. وقتی که دستگیره‌ی آتش در صفحه کنترل آتش موتور کشیده می‌شود، شیر بسته می‌شود. وقتی دستگیره کشیده می‌شود، مدار میدان باز موتور به میدان بسته تغییر می‌کند. رله‌ی کنترل نشان دهنده حالا غیرفعال می‌شود و چراغ سفید رنگ بسته بودن شیر روشن می‌شود. زمانی که تمرین آتش موتور انجام می‌شود، شیر قطع کننده‌ی سوخت در هنگام آتش بسته می‌شود. آن موجودی سوخت و هیدرولیک به موتور را می‌بندد. در حالت اعلام خطر آتش، دستگیره به صورت اتوماتیکی توسط سیستم اعلام خطر آتش از قفل خارج می‌شود. برای بستن شیر جهت امور تعمیر و نگهداری،

دستگیره‌ی آتش یک دکمه‌ی قفل بازکن دارد. این دکمه در پشت دستگیره‌ی آتش است. زمانی که دستگیره‌ی آتش به داخل فشار داده می‌شود شیر قطع کننده‌ی سوخت در هنگام آتش مجدداً باز می‌شود. وقتی که شیر قطع کننده‌ی سوخت در هنگام آتش به طور کامل باز می‌شود چراغ بسته بودن شیر خاموش می‌شود.

سیستم خورد متقابل

دستگاه‌های تغذیه‌ی سوخت چپ و راست مستقل هستند. اگر لازم باشد، سیستم خورد متقابل می‌تواند دو سیستم را به یکدیگر متصل کند. وقتی که به یکدیگر متصل شدند، یک موتور یا APU می‌توانند از سیستم چپ یا راست سوخت بگیرند. وظیفه‌ی سیستم خورد متقابل، کنترل عدم توازن سوخت در هنگام روشن بودن تنها یک موتور است. انتقال از یک مخزن اصلی به مخزن اصلی دیگر غیرممکن است. در مجرای خورد متقابل دو شیر وجود دارد که با موتور DC کار می‌کنند. آن‌ها در محفظه‌ی ستون ارب‌های فرود اصلی چپ و راست قرار دارند. شیرها معمولاً در موقعیت بسته هستند. شیرها به ترتیب عمل می‌کنند، به این صورت که ابتدا شیر چپ و سپس شیر راست عمل می‌کند. یک سوئیچ روی صفحه کنترل سوخت هر دو شیر را کنترل می‌کند. در سوئیچ دو چراغ وجود دارد، یک چراغ آبی رنگ روشنی و یک چراغ سفید رنگ با علامت خط. وقتی سوئیچ خورد متقابل فشار داده می‌شود، فوراً چراغ آبی رنگ روشنی می‌آید. زمانی که شیرها به موقعیت کاملاً باز رسیدند، علامت خط سفید رنگ روشن می‌شود. در همان لحظه MFDU

شماره‌ی یک پیغام FUEL X-FEED ON را نشان می‌دهد. مقدار سوخت در هواپیما به‌صورت دائم توسط سیستم اندازه‌گیری کمیت سوخت کنترل و تنظیم می‌شود. در حالت یک عدم توازن بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم (۷۷۰ پوند) میان مخزن اصلی چپ و راست، MFDS یک هشدار FUEL ASYM می‌دهد. ماکزیمم مقدار مجاز عدم توازن سوخت در پرواز ۶۸۰ کیلوگرم (۱۵۰۰ پوند) است.

شیر قطع کننده سوخت APU در هنگام آتش، شیر خورد متقابل و شیر قطع کننده سوخت در هنگام آتش

شیر قطع کننده سوخت APU در هنگام آتش شیری است که به‌وسیله‌ی سلونوئید عمل می‌کند و معمولاً بسته است. شیر توسط یک سیگنال از مدار کنترل APU باز می‌شود. فنر میان سلونوئید و شیر قطع کننده به‌صورت یک رها کننده‌ی حرارتی عمل می‌کند. زمانی که فشار پایین دست بیشتر از ۲۵psi است، شیر از جایش بلند می‌شود. شیر قطع کننده سوخت APU در هنگام آتش بر روی اسپار عقبی در محفظه‌ی ستون چرخ چپ نصب شده است. شیر خورد متقابل و شیر قطع کننده سوخت در آتش مشابه یکدیگر هستند. کل شیر از یک موتور DC برگشت پذیر و یک شیر تشکیل یافته است که به یکدیگر پیچ شده‌اند. یک درپوش کروی درون شیر به‌اندازه‌ی ۹۰ درجه از حالت کاملاً باز به بسته می‌چرخد. درپوش کروی یک شیر رها کننده‌ی حرارتی دارد که وقتی فشار در قسمت بسته 35-45 psi است، باز می‌شود. فشار از طریق یک مجرا به درون

مخزن اصلی رها می‌شود. شیرهای خورد متقابل و شیر قطع کننده سوخت در هنگام آتش بر روی نگه‌دارنده‌هایی روی اسپار عقبی بال در محفظه‌ی ستون چرخ‌های چپ و راست نصب شده‌اند.

انتقال مخزن بال مرکزی

سیستم انتقال مخزن بال مرکزی، سوخت را از مخزن بال مرکزی به مخزن جمع کننده‌ی راست و چپ منتقل می‌کند. برای انتقال سوخت، لوله چند راهه‌ی سوخت زنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم از دو پمپ الکتریکی و یک شیر کنترل انتقال تشکیل می‌یابد. سیستم اعلام خطر دو سوئیچ جریان و دو سوئیچ فشار دارد. همه قطعات سیستم بر روی اسپار عقبی بال مرکزی نصب شده‌اند. سوخت به ترتیب از میان سلول‌های شماره‌ی ۲ و شماره‌ی ۳ چپ و راست مخزن بال مرکزی گرفته می‌شود. تحت شرایط انتقال عادی، شیر کنترل انتقال بسته است. بنابراین پمپ چپ سوخت را به مخزن جمع کننده‌ی چپ و پمپ راست سوخت را به مخزن جمع کننده‌ی راست تغذیه می‌کنند. این عمل از افزایش عدم توازن سوخت جلوگیری می‌کند. سوخت انتقال یافته از طریق شیر قطع کننده‌ی سوخت زنی وارد مخزن جمع کننده می‌شود. شیر قطع کننده سوخت زنی توسط فشار سوخت الکتریکی عمل می‌کند. وقتی انتقال صورت می‌گیرد، شیر قطع کننده سوخت زنی برای باز شدن، سیگنال می‌گیرد. هنگامی که سیستم خاموش است و یا فقط یک پمپ کار می‌کند، شیر کنترل انتقال باز است. سیستم انتقال مخزن بال مرکزی توسط سه

سوئیچ بر روی صفحه کنترل سوخت کنترل می‌شود.

* سوئیچ تغذیه‌ی خودکار؛

* دو سوئیچ پمپ‌های مخزن مرکزی

تحت شرایط عادی سیستم انتقال در حالت اتوماتیک است. این بدان معنی است که انتقال به‌صورت اتوماتیکی از لحظه‌ای که پمپ‌های مخزن مرکزی روشن می‌شوند، کنترل می‌گردد.

پمپ‌های انتقال مخزن بال مرکزی

دو پمپ انتقال که با ۱۱۵ ولت AC (سه فاز) چرخانده می‌شوند، در مجراهای تغذیه سوخت از مخزن بال مرکزی نصب شده‌اند. پمپ‌ها به‌صورت افقی در کانیسترها قرار گرفته‌اند. در پایین دست هر پمپ، ترکیبی از یک شیر یک طرفه و سوئیچ جریان وجود دارد. این از یک جریان برگشتی سوخت به درون مخزن بال مرکزی در حالت کار تنها یک پمپ جلوگیری می‌کند. در کانیستر یک شیر ورودی است که وقتی پمپ به بیرون از کانیستر کشیده می‌شود، بسته می‌شود. شیر ورودی به همراه یک شیر یک طرفه اجازه‌ی خارج‌سازی پمپ را بدون تخلیه‌ی مخزن می‌دهد. روی محفظه‌ی پمپ یک رابط برای سوئیچ فشار پمپ وجود دارد. اگر فشار خروجی پمپ زیر 2 psi باشد، سوئیچ بسته می‌شود. سوئیچ‌های فشار بر روی نگه‌دارنده‌هایی روی اسپار عقبی بال مرکزی نصب شده‌اند. پمپ‌های انتقال به‌وسیله سوخت، خنک کاری و روان‌سازی می‌شوند. ظرفیت انتقال هر پمپ کم‌تر از نیاز موتور در هنگام بلند شدن هواپیما و صعود آن است.



سیستم اندازه‌گیری کمیت سوخت از قطعات اصلی زیر تشکیل یافته است :

* ماشین جمع زنی پروسسور ترکیبی (CPT) که بر روی صفحه آلات دقیق اصلی نصب شده است.

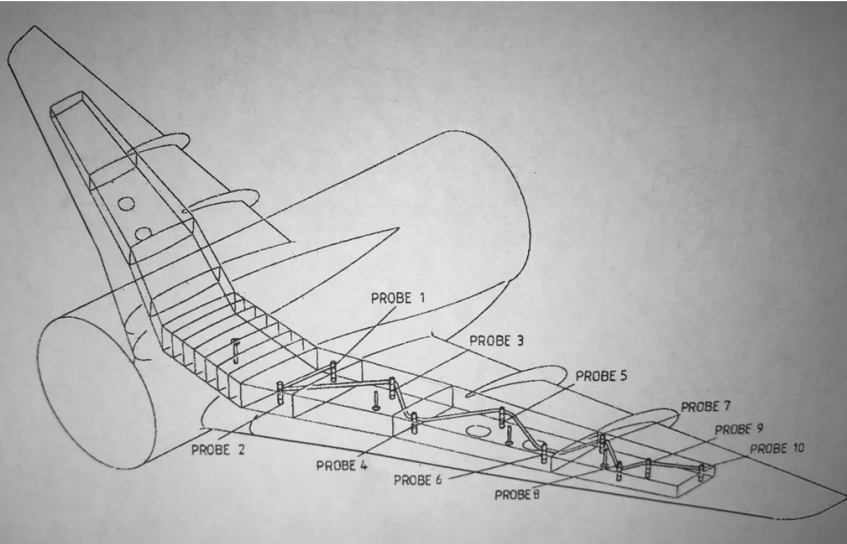
* نمایشگرهای محتویات مخازن بر روی صفحه کنترل سوخت، این صفحه بر روی صفحه‌ی بالای سر خلبان نصب شده است.

* نمایشگرهای محتویات مخازن بر روی صفحه کنترل سوخت زنی سیستم سوخت زنی ده عدد پراب مخزن از نوع خازنی در هر مخزن اصلی (دو تا از آن‌ها در مخزن جمع کننده نصب شده‌اند)

* یک عدد پراب مخزن از نوع خازنی در سلول شماره‌ی ۱ مخزن بال مرکزی

پرآب مخزن

ده پرآب مخزن نوع خازنی در هر مخزن اصلی نصب شده‌اند. دو پرآب در مخزن جمع کننده هستند. یک پرآب در سلول شماره‌ی ۱ مخزن بال مرکزی نصب شده است. همه‌ی پرآبها به یک صورت عمل می‌کنند، اما طول آن‌ها به سمت نوک بال تغییر می‌کند. پرآب مخزن بال مرکزی یک حسگر سطح ماکزیمم برای سیستم کنترل سوخت زنی نیز دارد. پرآب‌های مخزن اصلی درون مخزن و به ساختمان بال نصب شده‌اند. برای دستیابی به پرآب‌ها، دریچه‌های دسترسی در پوسته‌ی پایینی بال را خارج کنید. پرآب مخزن بال مرکزی از بالای مخزن از طریق یک دریچه نصب شده است. پرآب از طریق یک دریچه‌ی دسترسی در کف کابین



هوایما به دست می‌آید. پرآبها با سیگنال سوخت؛

* اندازه‌گیر دیجیتالی مقدار سوخت برای هر مخزن؛

* سیگنال‌های مجزا به سیستم کنترل سوخت زنی، در حالت سوخت زنی اتوماتیک؛

* سیگنال مجزا برای FWC در حالت عدم تقارن سوخت؛

* اعلام خطر بیش از حد پر شدن در شرایطی که مقدار واقعی سوخت در حالت سوخت زنی اتوماتیک ۷۷ پوند بالاتر از مقدار تنظیم شده باشد (نشانگر مخزن مربوطه چشمک می‌زند)؛

* مقدار کلی سوخت برای FMS.

اساس عملکرد

از محرکه‌ها در CPT یک سیگنال 900 kHz به پرآب‌های مخزن فرستاده می‌شود. سیگنال‌های برگشتی از پرآب‌ها وارد کانال‌های مربوطه در CPT می‌شوند. ورودی‌های آنالوگ تقویت شده و به‌طور مستقیم به تقویت‌کننده‌ی جمع زننده فرستاده می‌شوند خروجی تقویت‌کننده‌ی

900 kHz از CPT نیرو می‌گیرند. هر پرآب از یک لوله‌ی فلزی داخلی و خارجی تشکیل می‌یابد. فاصله‌ی میان لوله‌ها ثابت نگه داشته می‌شود. سوخت می‌تواند آزادانه در میان لوله‌ها جریان یابد. لوله‌های فلزی به‌صورت خازن عمل می‌کنند. دی‌الکتریک برای خازن‌ها توسط هوا و سوخت میان لوله‌ی داخلی و خارجی فراهم می‌شود. وقتی مخزن خالی است، میان لوله‌ها هوا وجود دارد. ثابت دی‌الکتریک پرآب به‌طور متناسب با سطح سوخت در مخزن افزایش می‌یابد.

ماشین جمع زنی پروسسور ترکیبی (CPT)

CPT در صفحه آلات دقیق اصلی نصب شده است. بر روی CPT یک نمایشگر دیجیتال / آنالوگ از مقدار کلی سوخت همه‌ی مخازن وجود دارد. درون پوسته‌ی CPT همه‌ی مدارهای الکترونیکی، شامل دو میکروپروسسور وجود دارند. سیگنال‌های برگشتی از پرآب‌های مخازن وارد CPT می‌شوند :

* اندازه‌گیر دیجیتالی و آنالوگ مقدار کلی

جمع زنده برای راه انداختن یک موتور DC استفاده می‌شود، که در عوض عقربه‌ی نشان‌دهنده‌ی آنالوگ را حرکت می‌دهد. اطلاعات آنالوگی تقویت‌شده به‌صورت جداگانه درون تبدیل‌کننده‌ی آنالوگ / دیجیتال تغذیه می‌شود. اطلاعات دیجیتالی به درون میکروپروسسورهای راست و چپ وارد می‌شوند. اطلاعات مخزن اصلی چپ به درون پروسوسور چپ و مخزن اصلی راست و مخزن بال مرکزی به درون پروسوسور راست می‌روند. شکل‌های مقدار سوخت برای نمایشگرهای دیجیتالی از طریق فرستنده‌های دیجیتالی ارسال می‌شوند. از طریق رابطه‌ی متقاطع میان پروسوسور راست و چپ، یک‌شکل کلی سوخت به FMS فرستاده می‌شود. شکل کلی سوخت به شکل دیجیتالی ۴۲۹ انتقال می‌یابد. به‌وسیله‌ی یک محرکه‌ی نمایشگر جمع شکل‌های مقادیر بر روی یک نمایشگر چهاررقمی می‌آید. نمایشگر چهاررقمی بر روی یک مقیاس در صفحه CPT نشان داده می‌شود. مقدار سوخت به‌صورت پوندی نشان داده می‌شود. دقت میان نمایشگرهای دیجیتال و آنالوگ بین یک درصد است. روی صفحه‌ی مدرج CPT نقاط سفیدرنگی در ۱۷۲۰۰ و ۲۳۰۲۷ پوند وجود دارد. این اتصال زنجیروار همچنین قادر به شناسایی یک عدم توازن سوخت میان مخزن اصلی راست و چپ هست. اگر چنین باشد، یک سوئیچ الکترونیکی برای فراهم کردن یک سیگنال مجزا به FWC بسته می‌شود. خروجی مقدار پروسوسور راست و چپ مستقل نگه‌داشته می‌شوند. این از افت کلی اندازه‌گیری در حالت خرابی یکی از پروسوسورها جلوگیری می‌کند.

نمایشگر محتویات مخزن اصلی

برای نمایشگر کمیت سوخت مخازن اصلی پروسوسور راست و چپ مورداستفاده قرار می‌گیرند. سیگنال برگشتی آنالوگ از پراب تقویت‌شده و برای نمایشگر کلی آنالوگی به درون تقویت‌کننده‌ی جمع زنده تغذیه می‌شود. سیگنال تبدیل‌شده‌ی آنالوگی به دیجیتال به پروسوسور مربوطه تغذیه می‌شود. جمع زنی دیجیتالی برای نمایشگر کلی دیجیتالی از طریق اتصال زنجیروار صورت می‌گیرد. شکل کمیت همچنین از طریق فرستنده‌ی دیجیتالی، برای نمایشگرهای روی صفحه کنترل سوخت زنی و صفحه کنترل سوخت در دسترس هست.

نمایشگر محتویات مخزن بال مرکزی

اطلاعات کمیت سوخت از پراب مخزن بال مرکزی به همان روش نمایشگر محتویات مخزن اصلی پرداخته می‌شود. با این وجود، شما می‌توانید کانال مخزن بال مرکزی را از پروسوسور راست به چپ سوئیچ کنید. سوئیچ انتخاب‌کننده‌ی کانال مخزن بال مرکزی بر روی صفحه‌ی تست و تعمیر و نگهداری قرار دارد و معمولاً در موقعیت راست هست. وقتی که به موقعیت چپ انتخاب شود، هر دو سیگنال محرکه و سیگنال برگشتی به پروسوسور چپ سوئیچ می‌شوند.

نمایشگر کمیت صفحه کنترل سوخت

صفحه نمایشگر کنترل سوخت در بالای سر خلبان در کابین پرواز نصب شده است. آن سه نمایشگر LCD چهاررقمی دارد؛ یکی برای هر مخزن. کمیت سوخت در افزایش‌های ده کیلوگرمی نشان داده

می‌شود. بنابراین رقم معنی‌دار یکان همیشه صفر است. شکل‌های کمیت سوخت از CPT، از طریق یک دریافت‌کننده‌ی دیجیتالی وارد مدار منطقی صفحه نمایشگر می‌شود. با سوئیچ انتخاب‌کننده‌ی کانال مخزن بال مرکزی به سمت راست خروجی پروسوسور چپ بر روی نمایشگر چپ نمایش داده می‌شود. خروجی پروسوسور راست همچنین حاوی شکل سوخت مخزن بال مرکزی نیز هست. شکل مخزن اصلی راست و شکل مخزن بال مرکزی در مدار منطقی صفحه کنترل سوخت جدا می‌شوند. پس از انتخاب کانال مخزن بال مرکزی به سمت چپ یک سیگنال مجزا از مدار منطقی خارج می‌شود. در این حالت شکل کمیت مخزن بال مرکزی از پروسوسور چپ گرفته می‌شود.

نمایشگر کمیت صفحه کنترل سوخت زنی

صفحه کنترل سوخت زنی پشت سر دریچه‌ی دسترسی BR178 در طرف پایینی راست بدنه‌ی هواپیما قرار دارد. روی این صفحه، چهار نمایشگر LED دیجیتالی وجود دارند:

- * سه عدد نمایشگر چهاررقمی برای نشان دادن مقدار واقعی سوخت
- * نمایشگر پنج‌رقمی برای نشان دادن مقدار تنظیم‌شده

اساس کار آن همانند صفحه کنترل سوخت در کابین پرواز است. اندازه‌گیری مقدار سوخت، تنها زمانی که سوخت زنی صورت می‌گیرد (سوئیچ روشن است)، در دسترس است. شکل تنظیم‌شده به‌وسیله‌ی دکمه‌ی تنظیم بر روی صفحه





کنترل سوخت زنی وارد پروسسور چپ می‌شود.

عدم توازن سوخت

حداکثر عدم توازن سوخت مجاز در پرواز ۶۸۰ کیلوگرم (۱۵۰۰ پوند) است. اگر یک عدم توازن افزایش یابد، یک سیگنال عدم توازن سوخت قبلاً توسط CPT داده می‌شود. شکل کمیت سوخت مخزن اصلی راست از طریق اتصال زنجیروار به درون پروسسور چپ تغذیه می‌شود. آن با مقدار مخزن اصلی چپ مقایسه می‌شود. وقتی اختلاف بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم (۷۷۰ پوند) می‌شود، پروسسور چپ یک سوئیچ را می‌بندد. یک سیگنال مجزا به FWC فرستاده می‌شود. FWC یک هشدار درجه یک می‌دهد و "MFUEL پیغام" "ASYM" را نشان می‌دهد. هشدار بر روی زمین جلوگیری نمی‌شود، بنابراین هنگام سوخت زنی و عملکرد طولانی APU، در دسترس است.

شناسایی نقص

پروسسورها به صورت دائم برای خروجی‌ها یا ورودی‌های غیر معتبر یا خطاهای جمع زنی کنترل و تنظیم می‌شوند. CPT می‌تواند یک نقص کلی یا جزئی را تشخیص دهد. یک نقص کلی توسط یک نمایشگر سیاه نشان داده می‌شود.

کنترل سوخت زنی

مقدمه

سوخت زنی هواپیما از طریق یک رابط سوخت زنی فشار تک نقطه‌ای در پوسته‌ی زیری بال راست انجام می‌شود. این رابط

برای سوخت زنی با فشار و تخلیه‌ی سوخت

با فشار استفاده می‌شود. عمل سوخت

زنی توسط صفحه کنترل سوخت زنی در

پشت دریچه‌ی دسترسی BR178 کنترل

می‌شود. این صفحه در طرف پایینی بدنه‌ی

هواپیما کمی جلوتر از بالواره‌ی بال راست

قرار دارد. روی صفحه کنترل سوخت زنی،

کنترل‌هایی برای انتخاب یکی از حالت‌های

زیر وجود دارند:

* سوخت زنی اتوماتیک؛

* سوخت زنی دستی؛

* تخلیه‌ی سوخت دستی.

در حالت سوخت زنی اتوماتیک، مقدار

سوخت موردنیاز توسط سیستم از پیش

تنظیم انتخاب می‌شود. سپس سوخت زنی

به صورت اتوماتیک کنترل می‌شود و

هنگامی که به مقدار موردنیاز دست یابد

متوقف می‌شود. در حالتی که مقدار

سوختی بیش از ظرفیت مخزن اصلی

موردنیاز باشد، مخزن بال مرکزی به صورت

اتوماتیکی به سیستم ملحق می‌شود. ترتیب

سوخت نیز به صورت اتوماتیکی کنترل

می‌شود. کنترل سوخت زنی و ترتیب

سوخت توسط ماشین جمع زنی پروسسور

ترکیبی (CPT) کنترل می‌شود. در

حالت‌های دستی، کنترل سوخت زنی و

ترتیب سوخت به وسیله‌ی سوئیچ‌هایی بر

روی صفحه کنترل سوخت زنی انجام

می‌شود.

کنترل سوخت زنی مخزن اصلی

قطعات مکانیکی سیستم سوخت زنی

مخزن اصلی عبارت‌اند از:

* یک رابط سوخت زنی در طرف پایینی

بال راست؛

* دو شیر قطع کننده‌ی سوخت زنی در

مخزن جمع کننده؛

* دو شیر هدایت‌گر کنترل سطح در مخزن

اصلی؛

* دو شیر لبریز در مخزن اصلی.

صفحه کنترل سوخت زنی

سوخت زنی و تخلیه‌ی سوخت به صورت

الکتریکی از صفحه کنترل سوخت زنی

کنترل می‌شود، بر روی صفحه کنترل‌های

زیر وجود دارند:

* سوئیچ روشنی

یک سوئیچ حفاظدار قرمز رنگ معمولاً

خاموش. در موقعیت روشنی مدار کنترل

سوخت زنی به ۲۸ ولت DC BUS

رسیدگی‌های زمینی متصل می‌شود.

* سوئیچ انتخاب‌کننده

یک سوئیچ انتخاب‌کننده‌ی چرخنده‌ی

چهار موقعیتی برای انتخاب کردن سوخت

زنی اتوماتیک، سوخت زنی دستی، تخلیه‌ی

سوخت و تنظیم

* سوئیچ از پیش تنظیم

یک انتخاب‌کننده‌ی چرخنده‌ی پنج

موقعیتی، فشرده‌شده با فنر به موقعیت

وسط هست. با گذاشتن سوئیچ

انتخاب‌کننده در موقعیت تنظیم، سوئیچ از

پیش تنظیم برای از پیش تنظیم کردن

سطح سوخت موردنیاز، استفاده می‌شود. با

حرکت ساعت‌گرد مقدار از پیش تنظیم با

یک سرعت کم افزایش می‌یابد. وقتی

بیشتر حرکت دهیم، با یک سرعت زیاد

افزایش می‌یابد. وقتی پادساعت‌گرد حرکت

دهیم مقدار از پیش تنظیم به ترتیب با یک سرعت کم یا سرعت زیاد کاهش می‌یابد.

*سه عدد سوئیچ شیرها

سوئیچ‌های حفاظدار خاکستری‌رنگ، معمولاً در موقعیت بسته (سوخت زنی اتوماتیک) هستند. سوئیچ‌ها می‌توانند شیرهای قطع‌کننده‌ی سوخت زنی را در حالت‌های سوخت زنی دستی و تخلیه سوخت دستی کنترل کنند.

*سه عدد چراغ زردرنگ

برای نشان دادن وضعیت شیرهای قطع‌کننده‌ی سوخت زنی هست. وقتی چراغ روشن است، شیر قطع‌کننده‌ی سوخت زنی مربوطه بسته می‌گردد.

* سه عدد چراغ سبزرنگ

برای نشان دادن وضعیت شیرهای لبریز می‌باشند. وقتی چراغ روشن است، شیر لبریز مربوطه باز می‌گردد.

* یک سوئیچ تست قطع‌کنندگی

یک سوئیچ دو موقعیتی فتری برای تست سیستم قطع‌کنندگی اتوماتیک در حالت‌های سوخت زنی اتوماتیک و سوخت زنی دستی هست.

* یک چراغ قرمز

هنگام تست قطع‌کنندگی، زمانی که سیستم قطع‌کنندگی مخزن بال مرکزی قابل استفاده نباشد،

چراغ روشن می‌شود.

*نمایشگر از پیش تنظیم

یک نمایشگر LED پنج‌رقمی برای نشان دادن شکل کمیت از پیش تنظیم واردشده

به درون حافظه‌ی CPT است.

*سه عدد نمایشگر محتویات مخازن

نمایشگرهای LED چهاررقمی برای نشان دادن مقدار سوخت حقیقی در مخزن اصلی چپ، مخزن اصلی راست و مخزن بال مرکزی هست.

سیستم الکتریکی

با گذاشتن سوئیچ روشنی در موقعیت روشن، ۲۸ ولت DC BUS رسیدگی‌های زمینی فعال می‌شود. حالا مدار کنترل سوخت زنی نیرو می‌گیرد. برای سوخت زنی CPT از ۲۸ ولت DC BUS ضروری به ۲۸ ولت DC BUS رسیدگی‌های زمینی سوئیچ می‌شود.

* سوخت زنی اتوماتیک

قرار دادن سوئیچ روشنی در موقعیت روشن و انتخاب‌کننده در موقعیت سوخت زنی اتوماتیک

* شیر هدایت‌گر کنترل سطح برای بسته نگه‌داشتن شیر قطع‌کننده‌ی سوخت زنی فعال می‌شود.

* شیر کنترل انتقال باز است.

*هنگامی که فشار سوخت در دسترس باشد چراغ سبز روشن است.

* نمایشگرهای کمیت سوخت واقعی و نمایشگر از پیش تنظیم صفر را نشان می‌دهند.

با گذاشتن انتخاب‌کننده در موقعیت تنظیم، یک شکل سوخت به‌وسیله دکمه‌ی از پیش تنظیم وارد CPT می‌شود. مقدار از پیش تنظیم بر روی نمایشگر پنج‌رقمی نشان داده می‌شود. هنگامی که

انتخاب‌کننده در موقعیت سوخت زنی اتوماتیک قرار داده شود، سوخت زنی آغاز می‌شود. اگر شکل از پیش تنظیم بیشتر از سوخت واقعی داخل مخازن باشد، شیر هدایت‌گر کنترل سطح برای باز کردن شیر قطع‌کننده‌ی سوخت غیرفعال می‌شود. چراغ زردرنگ خاموش می‌گردد. سوئیچ شیرها هنگام سوخت زنی اتوماتیک بی‌تأثیر است. برای تست کردن سیستم قطع‌کننده اتوماتیک، سوئیچ تست قطع‌کنندگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنگامی که عمل کند CPT یک ورودی تست را دریافت می‌کند. سوئیچ داخلی خاموش می‌شود و نمایشگر 88888 را نشان می‌دهد. شیر هدایت‌گر کنترل سطح برای بستن شیر قطع‌کننده‌ی سوخت زنی فعال می‌شود. چراغ زردرنگ روشن می‌شود و سوخت زنی در عرض چند ثانیه متوقف می‌شود. وقتی سطح مورد نیاز تحقق می‌یابد، CPT به روش مشابهی سوخت زنی را متوقف می‌کند. اگر ماکزیمم ظرفیت مخزن اصلی مورد نیاز باشد شیر هدایت‌گر کنترل سطح سوخت زنی را متوقف می‌کند. اگر سوخت زنی در مقدار از پیش تنظیم متوقف نشود (بیش از حد پر شدن)، در یک درصد بالاتر از مقدار از پیش تنظیم، نمایشگر مربوطه شروع به چشمک زدن می‌کند.

سوخت زنی گرانشی

سوخت زنی گرانشی مخازن اصلی به‌وسیله‌ی درپوش پرکننده روی بال امکان‌پذیر است. درپوش پرکننده در قسمت خارج مخزن اصلی قرار دارد. تقریباً ۷۵ لیتر (۲۰ گالن آمریکایی) از طریق درپوش



پُرکننده روی بال به ظرفیت مخزن اصلی اضافه می‌شود. یک شیر قطع کننده‌ی سوخت زنی موتوری DC گردنده در مجرای سوخت زنی؛

* دو شیر لبریز موتوری DC گردنده بر روی اسپار جلویی بال راست و چپ؛
* یک حسگر سطح ماکزیمم / پراب مخزن در سلول شماره‌ی یک.

حسگر سطح ماکزیمم

تخلیه‌ی سوخت گرانشی

در قسمت بالایی پراب مخزن بال مرکزی قرار گرفته در سلول شماره یک، حسگر سطح ماکزیمم وجود دارد. حسگر از یک جفت دیود زنر تشکیل یافته است که در ماکزیمم ظرفیت در معرض سوخت قرار گرفته است. دیودها قسمتی از مدار الکترونیکی واحد سوئیچ سطح ماکزیمم هستند. وقتی سطح سوخت زیر دیودها است، دیودها توسط منبع تغذیه‌ی خودشان گرم می‌شوند. سپس یک مدار پل درون واحد سوئیچ سطح ماکزیمم در تعادل است. وقتی سطح سوخت به ماکزیمم ظرفیت مخزن می‌رسد، دیودها توسط سوخت خنک می‌شوند. تغییر در مقاومت دیودها واحد پل

ادامه دارد...

تخلیه‌ی سوخت گرانشی

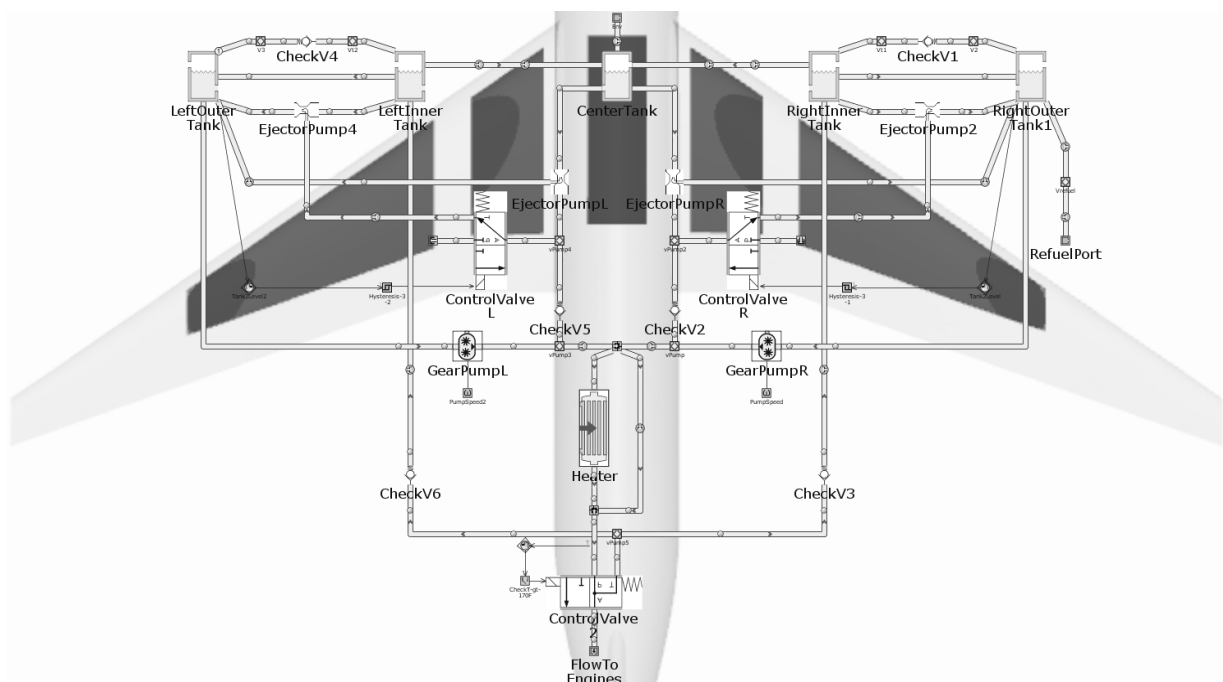
تخلیه‌ی سوخت گرانشی مخزن اصلی از طریق یک اتصال تخلیه در مجرای خورد متقابل امکان است. تخلیه‌ی سوخت با کار پمپ‌های کمکی همراهی می‌شود. اتصال تخلیه در پشت دریچه‌ی دسترسی ۱۷۸ DR قرار گرفته است.

رابط سوخت زنی

رابط سوخت زنی از نوع استاندارد بین‌المللی ۵/۲ اینچی سرنیزه‌ای است. رابط با یک شیر یک‌طرفه‌ی داخلی آب‌بندی می‌شود. هنگامی که نازل سوخت زنی متصل می‌گردد شیر یک‌طرفه به حالت باز فشرده می‌شود. یک درپوش ایمنی دوقفله برای پوشاندن رابط زمانی که استفاده نمی‌شود، نصب شده است.

کنترل سوخت زنی مخزن بال مرکزی

قطعات الکترومکانیکی سیستم سوخت زنی مخزن بال مرکزی عبارت‌اند از:



The launch industry prepares for a shakeout

Author: Sina Omid

INTRODUCTION:

Since the Sputnik satellite deployed in space, thousands of space missions spent many resources and brought much attention to the industry. Due to the cost of such missions, investors that erstwhile being government should provide these costs from budgets, and this is a problem for them to explain such a high cost for people. Because of this, commercial space companies are an excellent choice to reduce the budget. In recent years, these companies are an integral part of space programs, especially in the launching industry, but an increasing number of launch providers become a threat to this industry. In this article, we concentrate on the future of the launching industry.

There's a long-running tension in the commercial space industry between launch service providers and their customers, primarily commercial satellite operators. Those customers have sought to encourage more launch companies to enter the market, giving companies more flexibility and lower prices. Launch providers, on the other hand, warn that there is not enough demand to support more companies, threatening the stability of companies and even their ability to launch safely.

That tension continues today. More companies are getting into the launch market or planning new vehicles, both at the large and small end. However, with demand in many cases uncertain—orders for geostationary communications satellites remain depressed, and

the business case for low Earth orbit mega-constellations questionable—there is not enough business around to support every launch company.

That was the message from a pair of launch panels at the Satellite 2019 conference in Washington. The first panel, May 7, brought together executives from six companies at the large end of the market. Some of them argued that the industry wasn't big enough for all of them.

"We're in an exciting time, I think, in the industry," said Gwynne Shotwell, president, and chief operating officer of SpaceX. "There's much interest in building new launch vehicles to service the same markets. At the same time, the commercial industry has experienced a pretty significant contraction."

"So, I don't think there's actually room for all of us here on this panel," she concluded. "There's probably room for three vehicles in roughly every class of launch."

Tory Bruno, president, and CEO of the United Launch Alliance reached a similar conclusion. He estimated an addressable market, counting both commercial and government missions, of about 30 to 35 launches a year, which he expected to remain flat given the state of the commercial market and a "lull" in national security missions.

"The math behind this is kind of



Figure 1: SpaceX still expects to perform about 20 launches this year and a similar number next year, not counting launches for its Starlink satellites. (credit: SpaceX)

straightforward," he said. Companies that want to remain viable in the launch market want to do eight to 12 launches a year. Given that estimated demand, "That's room for four."

Bruno said he believes two of four companies will be outside the United States: Arianespace and International Launch Services (ILS), which continues to market the Proton despite limited commercial demand for the rocket. "Fortunately, that leaves us two domestically, because that is what's required for assured access to space," he said. "We'll be one of them."

That would appear to be bad news for new entrants into the market, but those companies offered alternative perspectives about either the demand for launch or how many launches a year is needed to be viable.

Bob Smith, CEO of Blue Origin, took the former approach. "The appetite for data is insatiable," he said. That is driving new entrants into the satellite market, fueled by venture capital. Many will fail, he acknowledged, but some will succeed. "New entrants will have an impact on this market."

The uncertainty is how long it will take for those ventures to stimulate demand. "There's going to be a launch service impact," he said. "You can question how long that's going to take to develop, or how short it will take to develop, but it will happen."

Kent Rominger, a Northrop Grumman vice president, said his company is not relying on commercial demand for its proposed OmegaA

rocket. "The commercial market is tough to predict," he said. "We didn't build our business case around this commercial market. It's really built around national security space and civil."

He said later that OmegaA could be successful at a far lower launch rate than what Bruno estimated was viable. "We can go down to a very low rate," he said. "As low as two [National Security Space Launch] and a couple of others. That lets us close our business case."

Ko Ogasawara, vice president and general manager of space systems for Mitsubishi Heavy Industries, said his company is looking at the growing Asian market to provide demand for its new H3 rocket, which will succeed the H-2 vehicle that found little more than a toe-hold in the commercial market. "We have some 'geographic sympathy' with them: no time difference," he said.

Stéphane Israël, CEO of Arianespace, said the company is seeking to balance commercial and government demand as it transitions from the veteran Ariane 5 to the new Ariane 6 in the early 2020s. That includes making European governments an anchor customer for the Ariane 6, he said, rather than seek launches elsewhere. "This idea of 'Buy European'—European missions launched by European launchers—is progressing," he said.

However, a factor working against other companies is the voracious appetite of SpaceX. The company said it expects to do about 20 launches this year and a similar number next year, not counting

launches of satellites for its Starlink broadband constellation, which are captive to the Falcon 9. "We facilitated four years ago for 40 launches per year," Shotwell said, based on earlier projections of growth in the commercial market. "So, we've got plenty of capacity."

Still, the space industry is mostly related to governments' purposes, and most of the satellites and cargo belong to governments. Due to this, some company that trusted by governments has a better opportunity for achieving more launch, but besides these companies, there are some companies like SpaceX and Blue Origin that have their own purposes.

Company	#launch
SpaceX	20
Arian Space	11
ULA	7
MIH	4
Rocket Lab	3
Orbital ATK	1
Land space	1
NG	1

Table 1: Private Companies and the number of launches in 2018



Year	#Launch	Commercial co.	Government's
2010	74	24	50
2011	84	30	54
2012	77	24	53
2013	81	30	51
2014	92	35	57
2015	87	30	57
2016	85	35	50
2017	91	45	46
2018	114	48	66

Table 2: Number of launches per 2010-2018

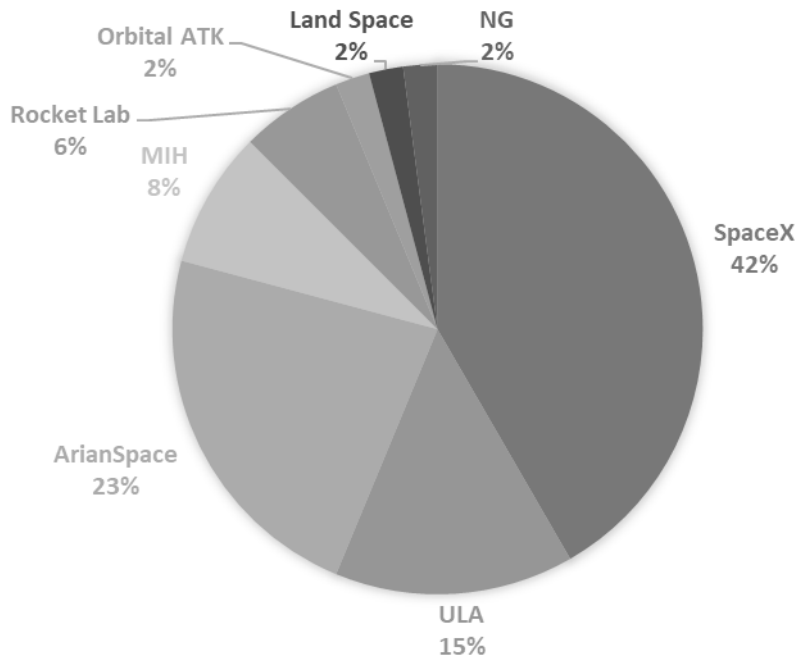


chart 1: Private Companies launches of 2018



Figure 2: Rocket Lab has been one of the few small launch vehicle startups to place payloads into orbit to date, but many more are trying to do so over the next few years. (credit: Rocket Lab/Trevor Mahlmann)

Culling the small launcher herd

There is also a mismatch between supply and demand among small launch vehicles, but on a far different scale than at the large end. Dozens of companies—100 or more, by some estimates—are in various stages of development of small launch vehicles that can place anywhere from a metric ton down to a few dozen kilograms into low Earth orbit.

Most agree that there are far more launch vehicles under development than can be accommodated in even the most optimistic projects of smallsat demand, but how many will survive is still open to debate, as another panel at the Satellite 2019 conference May 8 addressed.

"Of the 100-plus companies, I assess that you'll probably have five, six, maybe seven survive," said Les Kovacs, vice president of business development at Firefly Aerospace, whose Alpha launch vehicle under development is towards the high end of the small launch market. That rocket is scheduled to make its first launch from Vandenberg Air Force Base late this year, although he said it could slip to 2020.

While there is a government interest in small launchers, particularly from the national security side of the market, Kovacs said he expected commercial demand to be far more influential in determining how many and which companies do survive.

"It used to be that, in the launch industry, the anchor tenant was always the US government, and that's not going to be the case here," he said. "That's going to flip, and it's going to be commercial demand that's going to drive the small launchers in the out years."

Marino Fragnito, vice president of the Vega business unit at Arianespace, was a little more pessimistic. "I think today the market can probably sustain three sys-

tems," he said, presumably including the Vega, which is among the biggest of the small launch vehicles, and one of the few currently in commercial service. He said the number might increase if some mega-constellations are successful, stimulating demand for replacement launches.

Many small launch startups appear to be pinning their hopes on such constellations, but others are skeptical about how influential they will be. Fred Wilson, business development lead for space systems at Aerojet Rocketdyne, a company not in the small launch business, said on the panel that while his company has seen a growing demand for propulsion systems, it offers for smallsats, those satellites likely will launch more cost-effectively on larger rockets or as secondary payloads.

"We're not that bullish about the mega-constellations translating into business for small launch," he concluded.

Another challenge is that "small launch" covers a wide range of vehicles, not necessarily in competition with one another. "In some sense, I could see more competitors in their niches," said Robert Cleave, chief revenue officer of Vector, which is developing small launch vehicles intended to place no more than 200 kilograms into LEO. "I could see some complementarity between our service offerings, which could potentially support more."

While some small launch providers are emphasizing their potential high launch rates, others are emphasizing that they don't need such high activity to be successful. "We think we need about four launches per year to close the business case on Alpha," Kovacs said. "We tend to be a little more conservative."

Companies on the small launch panel did not estimate how long

they thought it would take for the current crop of dozens of companies to shake out to the handful they think will ultimately survive. On the massive launch vehicle side, any shakeout may take several years to play out, and depend on factors like what companies the Air Force selects for its next set of national security launch contracts.

"I think we'll always remain on the panels," Shotwell assured her fellow executives after making her assessment that there was a demand for about three large launch vehicles. Or, maybe not: a decade ago, Arianespace, ILS, and Sea Launch dominated the commercial launch market. Neither ILS nor Sea Launch was on that panel of large launch vehicle providers at Satellite 2019.

CONCLUSION

The above large launch vehicle providers quote maybe induce that they want exclusive access to launch service market by rollout the small companies. However, this fact that exclusive access leads the market to extra cost makes such a big company by pulling over the government's exclusion.

References:

- <http://www.thespacereview.com/article/3716/1>
- <https://spacepolicyonline.com/topics/commercial-space-activities/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_private_spaceflight_companies
- https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_government_space_agencies
- https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_spaceflight
- <https://www.space.com/4422-timeline-50-years-spaceflight.html>
- <https://history.nasa.gov/40thann/define.htm>





Space Tourism

Author: Pedram Abdolhay , Haniye Zomorodi

1. Introduction

Most of us love the view from high places. Milad tower features a "space ride" elevator to its top. As the elevator goes up, urban smog goes away and in the end, you have a 315-meter view over the city. What if the mast did not end at 315 m? What if the elevator continued up for another 300 km and really went into space? What if you could see half the planet instead of part of Tehran, no matter what the weather is like?

April 19, 2004. Three years after 2001, the year for which Arthur C. Clarke and Stanley Kubrick predicted comfortable routine flights to Earth orbit, space hotels, and moonbases in their movie 2001: A Space Odyssey, a Soyuz rocket lifts off from the Baikonur launch site in Kazakhstan. People at launch control and at various space agencies around the world are anxiously watching the rocket's flight, as they have done for decades. The launch

had been successful, but the International Space Station (ISS) the astronauts are going to dock to is nothing like the giant wheel depicted in the movie. It is a relatively small cluster of very expensive modules that can house no more than three crew members. In concept, the latest space outpost is not much different from the first orbital stations launched three decades earlier, while the venerable Soyuz rocket is based on the launcher that put the first man in space in 1961. The science-fiction was becoming the reality, but at a very low pace.

2. An Overview of Space Tourism

2.1. What is space tourism?

Space tourism is space travel for recreational, leisure or business purposes. There are several different types of space tourism, including orbital, suborbital and lunar (and maybe in the distant future Martian) space tourism. US Air

Force defines space as over 100 km away from Earth, while NASA defines it as the region beyond Karman line. On the other hand, some commercial companies define it as the region over 50 km away from the Earth's surface.

2.2 Why does space tourism matter?

The question 'What's driving humankind to Space?' can initially be answered by 'curiosity and the thirst for knowledge'. But this was and is only part, an important part, however, of the complete answer. The further exploration and utilization of space are developing into a basic question for humankind, taking into account the following observations:

- The 'World' is larger than planet Earth. Space is a part of the world and provides a major part of the resources necessary for life on Earth. E.g. 99% of the energy converted on Earth by lifeforms and



technical systems comes from the sun, which is outside Earth but part of our world!

- The increasing population on earth will most probably require the usage of other non-terrestrial resources in the foreseeable future.
- Efficient usage of extra-terrestrial resources by humankind requires humans to live in space, regardless of possible future developments in the field of robotics.
- The low but nevertheless existing probability of extinction of humankind or even all life on Earth by a cosmic catastrophe calls for expansion of humans into space and that of all other species on Earth, for the simple reason of survival in the long run.

From these observations, it can easily be derived that the further development of space may get an urgently needed boost by combining the given rationale of development of humankind with the personal dreams and wishes of humans who want to fly and experience space. Space tourism seems to be a possible key to this combination because it offers the personal involvement of a large number of people and generates the technical means and sufficient return on investment to rapidly develop the utilization of space.

2.3. Market potential of space tourism

Space tourism can fulfill its proposed function as a driver for space development only if the associated market is large enough, which means economically signifi-

cant. Currently, the space market, even in highly industrialised countries, represents only 0.5% or less of the gross national product, which is not a significant economic factor (this does not include, for example, the added value by the operation of transponders on telecommunication satellites because only the production, transportation and operation of the satellites can be considered as part of the Space market). The tourist industry, on the other hand, had a global turnover of US\$3,400 billion in 1995 which makes it the largest individual global market. Present commercial and governmental space activities have a global turnover of some US\$30 billion. In other words, if only 1% of the tourist industry were turned into space tourism, this would double the space market.

In the last few years, a number of market studies on space tourism have been undertaken in Japan, the USA, and Germany. The results of these studies have also been extrapolated to the European and global scale. The results have been presented at the ISST. They indicate that a large global market for space tourism exists. Within the global market, the Japanese and US markets seem to be most attractive because they allow the highest ticket price for a certain transportation volume.

3.3. Technical Means of Space Tourism

The most important technical mean for the implementation of space tourism is obviously a suitable space transportation system. The primary requirements for such

a transportation system are:

- Very low transportation cost
- Very high safety and reliability
- Comfortable transportation with the easy-to-use aircraft-like operation
- Operation from standard airfields with a minimum adaptation of existing ground infrastructure. It is a widely accepted consensus within the space transportation community that only a single stage design can fulfill the operational and lifecycle cost requirements of a tourist vehicle. Thus, the technical discussion on the most suitable transportation system based on the above requirements is mainly focused on the question of whether a winged/lifting body design or a ballistic vehicle should be preferred. Some safety aspects, like the cross-range and engine-out landing capabilities, favor a winged concept, while the overall performance, the operational flexibility, lower design complexity, and available payload volume support the ballistic vehicle. The latter seems a key aspect, since tourist passengers need a lot more volume than today's astronauts and want to look out of large windows, which is not technically possible in a winged or lifting body design.

3. Tech Giants of Space Tourism

3.1. Blue Origin

Blue Origin is a privately held American aerospace company launched by the founder of Amazon, Jeff Bezos. It's head office is in Kent, Washington. The main activity of the company is sub-orbital space flights.



The company's new Shepard rocket launches with the aim of transporting space tourists to sub-orbital heights. Space tourists can be placed in rocket capsules and at sub-orbit heights, you can enjoy the nudity and minutes of watching the earth before returning.

The company is active in the production of space-based equipment, including spacecraft and space missiles.

The main purpose of the establishment of the Blue Origin was to realize the dream of traveling to space for the public.

New shepherd spacecraft:

The first experimental rocket flight took place on April 29, 2015. The spacecraft reached its target in a test flight, over 307,000 feet (9,3500 m) and a Mach 3 speed.

In November 2015, Blue Origin succeeded in sending the New Shepard spacecraft fully into space (100.5 km from the sea level) and then landing the missile's amplifier with only 1.5 m of error in the designated area. This flight was the first successful event in history when a space rocket booster returned to the ground safely.

On January 22, 2016, Blue Origin prepared the same boosters that flew in November of the previous year to fly.

The purpose of this test was to prove the recyclability of boosters and space missiles. On this flight, the New Shepard spacecraft reached 101.7-kilometer, and again, its capsule and booster returned to the ground safely.

The third test of this spacecraft and

its rebuilt booster was successfully completed on April 2, 2016.

By the end of 2016, the company announced that if all the tests were successful, they could send the first group of passengers to New Space Ships by 2018

Blue Origin

Spatial tourism:

The Blue Origin Company named the first spacecraft out of its atmosphere to honor the first-ever American astronaut flying around Orlando New Glenn.

In March this year, it was announced that Blue Air Jordan was the first customer to fly. Eutelsat said it plans to ship a number of its satellites in 2022 using New Glenn missiles.

sub-project:

The spacecraft consists of a spacecraft carrying capsule and a launch booster.

These two sections will be returned to the ground after launch and final destination. The booster will land on the ground vertically, and the passenger's section will return to the ground with help of relief umbrellas.

Every 2 episodes are designed for reuse and reuse. In addition to the main objectives, the project is designed to carry out more advanced space research in the subterranean area of the earth.

Blue Origin

New Glenn project:

Blue Origin announced in 2015 that it would prepare its first space shuttle to travel outside the Earth's atmosphere. They began their re-

search in this area before 2012. Blue Origin announced the size of his spacecraft much larger than New Shepard. The company has announced it will launch its first orbital rocket launch in 2020 from the Florida Space Station.

Virgin Galactic

The Virgin Galactic Company plans to attract interested tourists for \$ 250,000 in space to develop space tourism and make more money in space.

Virgin Spaceship Virgin Spacecraft Company has been prepared as a safe and ultramodern flight management system for the development of space tourism. The space plane replaces its previous version, SpaceShipTwo, which crashed in 2014 during a test flight in the US Mojave Desert, killing one of the two aircraft pilots.

While several other private space companies, such as "Blue Origin", are thinking of sending the tourist into space through common approaches, the Virgin Plankton spacecraft, called SpaceShipTwo VSS Unity, is slightly different.

During the test last month, the spacecraft was taken to the sky by a motherboard called White Knight Two and abandoned at an altitude of 14,000 m. After a few seconds, its rocket hybrid engine was turned on and within a mere 30 seconds, it drove 2328 km / h and hit more than 25,000 m.

The second flight, which was performed today, was very similar to the previous but was set to observe the aircraft's behavior in its final commercial flight configuration. This meant that its center of



gravity was backward and played the role of chairs and passengers and their accessories.

It also climbed to a higher altitude and reached 35 km. According to US Air Force standards, space starts at an altitude of 80.5 km, but the "Carmen Line" at a 100-kilometer altitude, a border that is commonly known as the entry barrier. This is the same line Virgin Galactic finally plans to pass through the space tourists.

The Karman Line is a hypothetical line in the sky at an altitude of 100 km from the open sea. This line from an aeronautical perspective represents the boundary between the Earth's atmosphere and its outer space. This definition is accepted by the International Federation of Aircraft (FAI), and the federation is responsible for regulating standards and keeping records of international records for flight mechanics and aeronautics.

"Today, we saw VSS Unity in our natural environment, flying fast and its tip toward the dark sky," said Richard Branson, Virgin Galactic founder, who was at Mojave's base to see an experimental flight. After reaching the supersonic speed, the motors were turned off and the spacecraft's re-entry system was activated to the atmosphere. This mechanism is a sensitive point for the Virgin Greenhouse, because the early activation of the system, like the 2014 deadly test, results in an explosion.

The company subsequently connected new safety devices to the spacecraft after the incident, which is now being used in a desirable and functional manner. They are

placed at 60 degrees and the motion (fall) of the spacecraft slows down the ground. Subsequently, the spacecraft performs a normal and perfect landing.

Virgin Galactic engineers are currently reviewing flight information and planning for the next flight.

The company did not provide the exact time to complete the project, but Branson has said that this is not expected long.

"We need two or three other flight tests before we really go into space," he said

Health problems

Though space tourists' time will be limited, similar negative effects could still cause problems. According to Medical News Today, "gravity affects blood circulation and the musculoskeletal system, among other things" meaning "the effects of microgravity could prevent astronauts, and their bodies, from performing necessary functions in space." It can also increase the risk of high blood pressure and cardiac arrhythmia and atrophy.

Exposure to radiation, cosmic rays, and extreme cold, like Scott Kelly described, is something tourists would likely have to deal with even for a short trip. According to the article, some studies believe that even one particle of the cosmic rays "have the power to charge through human tissue and destroy DNA, raising the risk of mutations and cancer."

The close quarters could also pose a problem as bacteria are shared when people are in close proximity,

as they would be on a spaceship. Pair that with the fact that immune systems can be impaired, and those with dormant viruses could reactivate.

Passengers could also face motion sickness and disorientation, which "can affect vision, cognition, balance and motor control

Outside land risk

Outside of the Earth's protective magnetosphere, space radiation might also pose a risk, possibly to implanted medical devices.

And a hidden threat might be the unpredictable ways people act while confined in a ship in this new situation.

But the expert's bottom-line message? There's too little information now to definitively answer the question of who is fit for this kind of travel.

"We don't have a specific list of conditions that would be disqualifying, but certainly uncontrolled medical problems (whether it's hypertension or heart disease or lung disease, or many other conditions), would most likely cause concern and result in disqualification," Dr. Tarah Castleberry, an assistant professor of aerospace medicine at the University of Texas Medical Branch in Galveston, told Reuters Health by email. So far, most data on the risk of spaceflight comes from professional astronauts. But space tourists will likely be a much more diverse group, with a broader range of health conditions.

Earlier this year, researchers from Castleberry's group ran 335 volunteers through a centrifuge that



simulates the forces of acceleration in spaceflight. Most had one of five medical conditions: hypertension, diabetes, back or neck problems, cardiovascular or lung disease.

No one suffered significant damage or setbacks from the experience, the researchers reported last July in the journal *Aviation, Space and Environmental Medicine*. The most common complaint was gray out, the blurred vision that is a precursor to blackout, which occurred in more than two-thirds of the volunteers. Twenty percent had nausea, and six percent had chest discomfort.

With historical data so limited, it's difficult to make predictions, the researchers say.

They have drawn up a shopping list of tools that could answer some of these questions and offset risks. Their to-do list includes setting medical standards for spaceflight crew and developing training and risk management systems. They also want to create a health database to collect information from space tourists.

Rising G-Forces

One of the biggest things that put a hold on the idea of space tourism was the fact that it was believed you needed to be in peak physical condition to be able to survive the rigors of space travel. Astronauts who travel into space experience roughly 3Gs during launch, or three times the force of Earth's gravity. Fighter pilots experience between 8 and 9Gs during high-speed maneuvers, and even roller coasters can generate pressures of up to 6Gs, though it's only for a

few seconds at a time.

It's been found that the human body can withstand gravitational forces of up to 46.2Gs but only for a few seconds.

When you compare that to the relatively small gravitational forces generated by a rocket launch, it makes sense that even people of average health would be able to withstand the G forces that accompany space tourism.

Space Anxiety

The physical aspects of space travel aren't the biggest obstacle for space tourists — it's the psychological impact of leaving the planet you call home behind. If someone experiences anxiety or a panic attack on an airplane, it can either be managed or the plane can be landed if need be.

On a space flight, even one that is simply utilizing high altitude to shorten commute times, it is difficult or impossible to turn around and land, especially once the rocket has ignited.

Well-Documented and Well-Controlled

Can people with health problems even potentially fly in space one day? Most experts say yes, on one condition — as long as the medical condition is both well-documented and well-controlled. A patient with high blood pressure could potentially have a heart attack in flight if their condition is not controlled, but high blood pressure is something that can be controlled with treatment and medication.

It is something that will be assessed on a case-by-case basis.

Once these space planes start flying, there may still be some more conditions that could prevent an individual from being able to participate, but that remains to be seen.

The risks of space tourism are, for the most part, well documented. Astronauts have been facing the risks associated with microgravity, interstellar radiation, and acceleration for many years since the first Apollo astronauts orbited the Earth. The short trips that are likely going to be associated with space tourism probably will not increase those risks, but we won't know more until the first space planes are ready to launch.

Space tourism is the wave of the future. Between Elon Musk with his BFR, Sierra Nevada Corp.'s Dream Chaser and everyone else who is trying to get their fingers in the space tourism pie, it probably won't be long before we can book a flight in orbit, and eventually to the moon and beyond

Dr. Racheal Seidler, a professor at the University of Florida Applied Physiology Faculty, says travelers will experience a jet airplane or jet flight early in the journey. However, the return route is a little more annoying, because landing with a special umbrella will bring a fairly heavy impact on the occupants. Of course, if the New Shepherd landing system, including multiple engines and special umbrellas, works well, this will be minimized.

When passengers leave the land of gravity, they will have several golden minutes for take-off and immersion in near-zero gravity. Although professional astronauts face a lot



of physical challenges in an environment without gravity, these 11 minutes do not have a particularly negative impact on space tourists.

According to Dr. Seidler, space tourism is the most important threat to space tourism. He explains this:

The atrium system is a small equilateral limb located in the inner ear. When you shake your head, Earth's gravitational force moves a number of components of the system and your brain catches up with the signal. This does not happen in space, and you may experience dizziness, nausea, and the like.

Of course, spatial quality, such as seaworthiness or travel sickness, is entirely temporary and will disappear by returning to the ground. However, Dr. Seidler says tourists have to take special medications for this condition or take them before they fly.

Therapy in space

Dorit Donoviel, deputy chief scientist at the National Space Biomedical Research Institute, and her colleagues are exploring easy, noninvasive techniques as alternatives to standard medical practice in space. Traditionally doctors check for a change in brain pressure by sticking a needle into the spinal column or directly into the skull—a procedure that might not fly in space, especially without an attending physician. Instead, Donoviel has been trying to gauge changes in internal pressure by recording how sound waves travel through the eye sockets and ear canals. And infrared light, which is absorbed and refracted differently by healthy

and injured tissue, might be able to identify internal bleeding. Portable diagnostic devices based on infrared or ultrasound signals would be far more likely to make it to space than the bulky and heavy machines used for MRIs and CT scans.

Spatial disaster

At the moment, the biggest issue in this area is the high rate of space accidents. Even the most sophisticated launch systems have more than 5% of functional dysfunction, equivalent to the error rate of the Virgin Galactic Shipwreck, which suffered an accident after only three test flights. But some experts believe that this can be reduced and the risks of spatial tourism to the same level as rising Mount Everest (a high-risk activity that still attracts thousands of wealthy adventurers).

Future of space tourism

The idea of space tourism has long been raised, and its history can be found in the 1920s and at least in the 1920s," writes Paul Milo, author of the book "The Bird Car Kills You", a kind of 20th-century evaluation of the future of technology. Search for science fiction. "

In the 1960s, there was a belief among the people that, until the 21st century, there was space tourism, riding in a bird hotel that spins around the globe, or an exciting journey into the moon, like flying from New York to Tokyo. Became

According to him, the only reason is not to realize this money forecast. After landing on the moon and spreading the belief that the United States won the world's space race, the US Congress dra-

matically reduced the budget of NASA and stayed silent for many decades of dream tourism as space travel was still expensive and High Risk.

The more important question raised in relation to space tourism is this: How dangerous are these trips? According to Economist journalist Alex Tabarou, after several years of research, rocket science continues to have an error rate of 4 to 5 percent, which in turn is high, and this figure is much higher than conventional.

Assuming Virgin Galactic's potential customers, instead of conducting research projects, are simply adventurous to space, they are likely to be afraid of this level of error and ultimately to boost the business of such companies.

According to McCurdy, an aerospace expert and professor at the American University Spatial tourism can progress, however, if its disaster rate falls by one percent. However, even this error rate is high compared to conventional air travel but will be equal to X-Plane's planes and helicopters that will be used to investigate new aerodynamic technologies and concepts and fly at high altitudes

Commercial human spaceflight has excellent economic and technical perspectives in the next decades. Passengers will be persons from a general population differing from culture, age, gender, and health status. They all will have to withstand physical loads of spaceflight such as acceleration and deceleration forces, microgravity, vibration, noise, and radiation. There is a necessity to mitigate all negative im-



pacts on passengers' health. Besides precautionary measures in construction and equipment, a diligent medical selection and pre-flight training is recommended

As a guideline, we propose a four-step approach that allows a quick decision concerning the fitness of participants to fly as well as an intensive preparation of the passengers. For the first two steps, positive experiences from medical screening and examination of professional pilots can be utilized. According to JAR-FCL 3 (Joint Aviation Requirements-Flight Crew Licensing, Chapter 3), a questionnaire with medical interview targeting the medical background of the respective person and including no-go criteria provides the first estimation for applicants and medical examiners whether there will be a chance to be accepted as a passenger. The second step of selecting comprises the physical examination of the applicant adjusted to the professional pilot's examination procedure. As the physical challenges of the suborbital flight will exceed the impact of general aviation, the standardized diagnostic program should be purposefully extended. The third part of the selection consists of an intensive training program, preparing the passengers for the upcoming challenges. In detail, this training should comprise lectures about aerospace physiology, countermeasures to g-forces and motion sickness, emergency practices (e.g. rapid decompression or hypoxia) and a centrifuge ride with g-forces adapted to the respective flight profile. An altitude chamber flight, hypoxia experience and participa-

tion in a Zero-G-Flight might also be included optionally. The fourth step of the evaluation is caused by a possible delay between medical examination and launch. In the interval, the health status might have changed and serious illnesses might have developed. So, a short re-evaluation should be performed 7-14 days before take-off. A brief check-out procedure for a medical re-evaluation of passenger's health status is recommended; As launch of suborbital spaceflights will take place all over the world at so-called "Spaceports", the development of standards for medical examinations and the training program as well as a mutual acceptance of the participating medical test and training centers will be very helpful for the development of this industry. Joint recommendations for the emergency equipment of commercial spaceships will also have to be developed

You can not miss this trip with all the problems and risks that space travels in just a few minutes. Of course, it should be noted that the price of these spatial travels will limit the presence of people on this trip

References

"Space Tourism: Adventures in Earth Orbit and Beyond", Michel Von Pelt

"Space Tourism-a promising future?", Uwe Apel, Elsevier



Subscribe to

Aerospace Courier

Aerospace Dep. Student Journal

AmirKabir University of Technology

فصلنامه پیک هوافضا

نشریه علمی تخصصی دانشجویان دانشکده مهندسی هوافضا

نام و نام خانوادگی:

شغل / سمت:

نشانی:

کدپستی:

تلفن:

فاکس:

آدرس پست الکترونیکی:

Full Name :

Profession / Title :

Address :

Postal Code :

Phone :

Fax :

E-mail :

شرایط اشتراک :

دریافت ۴ جلد از فصلنامه پیک هوافضا

هزینه ی اشتراک : ۲۰۰/۰۰۰ ریال

لطفاً هزینه ی اشتراک را به شماره حساب ۰۰۰۴۸۱۰۸۵۷۴۴۸۶ و یا به شماره کارت

۸۷۴۹ ۸۷۴۶ ۹۵۴۶ ۳۳۷۹ ۶۱۰۴ بانک ملت شعبه ی برق آلستوم به نام غزل افشار (بابت اشتراک نشریه ی پیک

هوافضا) واریز و فیش آن را به همراه فرم اشتراک به نشانی نشریه ارسال نمایید و یا تصویر آن را به

آدرس Peik@aut.ac.ir ارسال نمایید.

- اولین نشریه ی علمی تخصصی در

زمینه ی مهندسی هوافضا (با مجوز رسمی

انتشار از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی)

- ارائه دهنده ی مقالات علمی، تحلیلی

آموزشی، فنی و خبری حاصل تحقیق و

پژوهش دانشجویان نخبه ی کشور در

مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و

دکتری

- منعکس کننده دستاوردهای مراکز

تحقیقاتی و صنعتی هوافضای کشور

نشانی :

تهران، خیابان حافظ،

روبروی سمیه،

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)،

دانشکده مهندسی هوافضا،

دفتر پیک هوافضا

تلفن : ۶۴۵۴۳۲۳۱

همراه: ۰۹۳۵۵۶۸۸۷۸۶

