

# مروری بر پیدایش سیستم‌های کنترل پرواز خود-ترمیم

تالیف:

جیمز ای تامی کو

ترجمه:

سیدمصطفی بنی‌هاشمیان

سرشناسه: تامایکو، جیمز ای، ۱۹۴۹-م. Tomayko, J. E. (James E.), 1949  
 عنوان و نام پدیدآور: مروری بر پیدایش سیستم‌های کنترل پرواز خود - ترمیم/تالیف جیمز ای تامی کو؛ [ویراستار کریستین گلزر]؛ ترجمه سیدمصطفی بنی‌هاشمیان.  
 مشخصات نشر: تهران: شرکت هوافضای برآ، انتشارات هوانورد، ۱۴۰۱.  
 مشخصات ظاهری: ۱۲۸ ص: مصور، جدول، نمودار.  
 شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۰-۳۸-۸  
 وضعیت فهرست نویسی: فیبا  
 یادداشت: عنوان اصلی:  
 .The story of self-repairing flight control systems (NASA dryden historical study no 1), 2003  
 یادداشت: واژه‌نامه.  
 یادداشت: کتابنامه: ص. ۸۶ - ۸۷  
 موضوع: کنترل پرواز Flight control  
 شناسه افزوده: گلزر، کریستین، ۱۹۵۷-م.  
 شناسه افزوده: Gelzer, Christian, 1957  
 شناسه افزوده: بنی‌هاشمیان، سیدمصطفی، ۱۳۷۱-، مترجم  
 رده بندی کنگره: ۴ / ۵۸۹ TL  
 رده بندی دیویی: ۶۲۹ / ۱۳۲۶  
 شماره کتابشناسی ملی: ۸۹۰۸۴۸۴  
 اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیبا

نام کتاب	مروری بر پیدایش سیستم‌های کنترل پرواز خود-ترمیم
تالیف	جیمز ای تامی کو
ترجمه	سیدمصطفی بنی‌هاشمیان
نشر	هوانورد
نوبت چاپ	اول
سال چاپ	۱۴۰۱
شمارگان	۳۰۰
قیمت	۹۰۰۰۰۰ ریال
شابک	۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۰-۳۸-۸

- ◀ کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است. نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.  
 ▶ برای تهیه این کتاب می‌توانید به وبگاه [www.aeroshop.ir](http://www.aeroshop.ir) مراجعه کنید  
 یا با شماره تلفن ۷۷۸۵۰۲۵۹ - ۰۲۱ تماس حاصل فرمائید.

تقدیم به

روح پرفتح شهدای خلبان  
نیروی هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران

به‌ویژه شهید سرلشگر خلبان حسین خلعتبری





## فهرست مطالب

۱۱	تقدیر و تشکر مولف
۱۳	پیشگفتار مترجم
۱۵	فصل ۱ - تاریخچه کوتاهی از سیستم‌های کنترل پرواز و خود-ترمیم اولیه
۱۶	(۱-۱) مقدمه
۲۰	(۱-۲) سطوح کنترل پرواز
۲۳	(۱-۳) سیر تکاملی سیستم‌های کنترل کننده پرواز
۲۵	(۱-۴) سیستم‌های خود-ترمیم اولیه
۲۹	فصل ۲ - سیستم کنترل پرواز خود-ترمیم
۳۰	(۲-۱) معرفی سیستم و شرح آزمایشات
۵۱	فصل ۳ - سیستم کنترل پرواز هوشمند
۵۲	(۳-۱) مقدمه
۵۶	(۳-۲) معرفی شبکه‌های عصبی مصنوعی
۵۹	(۳-۳) چگونگی عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNS)
۶۱	(۳-۴) اعتبارسنجی نرم‌افزار غیرقطعی
۶۶	(۳-۵) سلسله آزمایشات پروازی سیستم IFCS
۷۱	سخن پایانی: آینده سیستم کنترل پرواز هوشمند
۷۷	نسل بعدی
۷۹	واژه‌نامه
۸۳	اختصارات
۸۵	فهرست کتب مرجع
۸۹	پیوست‌ها
۹۰	پیوست A: جدول زمانی آزمایشات پرواز سیستم کنترل پرواز خود-ترمیم (SRFCS)
۹۱	پیوست L: سازه‌های بدنه در آزمایشات سیستم IFCS FRR
۹۳	پیوست M: اهداف سیستم IFCS FRR (مروری بر فعالیت‌ها، از ماه فوریه ۱۹۹۹)
۱۰۱	پیوست N: (نحوه) راه‌اندازی سیستم IFCS FRR (مروری بر فعالیت‌های ماه فوریه ۱۹۹۹)
۱۰۴	پیوست O: گزارش WL-TR-91-3025، جلد ۱ کتاب کنترل پرواز خود-ترمیم، آگوست ۱۹۹۱

پیوست Q: جدول ماتریسی (شرایط پروازی و سیستمی) آزمایشات پرواز (شرکت بوئینگ 99P0040) -

گزارش پایانی سیستم کنترل پرواز هوشمند ..... ۱۰۸

اطلاعات تکمیلی مترجم ..... ۱۱۳

نتیجه‌ای از مباحث کتاب ..... ۱۲۷

## تقدیر و تشکر مولف

تشکر ویژه می‌کنم از جی. دی. دیل هانلی، وی در هنگامی که من در حال نگارش این کار پژوهشی بودم، تاریخ‌نگار ارشد (حوزه هوانوردی) مرکز درآیدن بود. او یکی از بهترین مورخان داخل یا خارج سازمان (ناسا) می‌باشد، که من از کار کردن با وی لذت می‌بردم. سپاسگزارم از تلاش‌های میثائیل گورن، که به‌جای آقای دیل، نسخه خطی این کتاب را پیش از آماده‌سازی و انتشار، بازبینی نمود. همچنین تشکری ویژه دارم از (پروفیسور) جیم استوارت، که همواره از امر تاریخ‌نگاری در حوزه سیستم کنترل پرواز هوشمند، حمایت کرده است. وی آگاهی و درک زیادی از ارزش این تاریخچه داشت.

همچنین می‌خواهم قدردانی کنم از کسانی که وقت با ارزش خود را برای مصاحبه و یا پاسخگویی صبورانه به سؤالات گسترده ما، به اشتراک گذاشتند. بییش و اطلاعات آنها، منجر به دقیق‌تر شدن این کار پژوهشی شد. از مرکز تحقیقات ای‌م‌ز ناسا: چاک جرجنسون، جان کانیشیج و جو توتا. از مرکز تحقیقات درآیدن ناسا: بیل بورچام، جان کارتر، جری هنری، ویلت لاک، جرارد اسکولنیک، جیم اسملکا و البته جیم استوارت. از مرکز تحقیقات لانگلی ناسا: آرن استراف، از شعبه فانتوم و رکس شرکت بوئینگ: جیم اورنس، سیر لاستلی و از آزمایشگاه رایت نیروی هوایی ایالات متحده: باب کوآکلیری.

من بدون دستیار دانشجوییم، سارا لچلینتر، در این کار با شکست مواجه می‌شدم، کسی که مهارت‌های تحلیل ادبی‌اش تقریباً فوق‌العاده است. او دارای یک روحیه کاری می‌باشد که وی را قادر می‌سازد هم به ورزش والیبال بین دانشکده‌ای بپردازد، و هم یک مدرک مهندسی مکانیک را با یک رزومه برجسته دانشگاهی دنبال کند، و (در ضمن) به من هم در این کار کمک کند. او بسیاری از کارهای واژه‌نامه، لیست اختصار کلمات، پاورقی‌ها و نیز ویرایش دقیق متن را انجام داد.

تشکر می‌کنم از همسرم لاوورا لایمنت تامی‌کو که متن کتاب را بررسی کرده، و نیز کارلا توماس از مرکز درآیدن که تصاویر را مورد واریسی قرار داد. همچنین از جی لیاوین، طراح و ویراستار برجسته مرکز درآیدن نیز تشکر می‌کنم.

در نهایت تشکر ویژه‌ام را به فرزندم آلیسون زینگی تامی‌کو تقدیم می‌کنم که سبب شد تا تلاش‌هایم را بر روی تشریح این تحقیق متمرکز کنم.

جیمز ای تامی‌کو





## پیشگفتار مترجم

سیستم‌های کنترل پرواز همواره یک نقش حیاتی در حفظ سلامت و کیفیت پرواز هواپیماها خصوصاً در شرایط اضطراری مختلف، ایفا می‌کنند. قلب هر سیستم کنترل پروازی را یک کنترل‌کننده یا قانون کنترلی تشکیل می‌دهد که متناسب با الزامات عملکردی یک پرنده، طراحی و بر روی کامپیوتر کنترل پرواز آن پیاده‌سازی شده است. لذا با توجه به اهمیت موضوع، سعی بر آن شده که با ترجمه کتاب حاضر، ابتدا به تشریح یکی از وقایع نادر صنعت هوانوردی نظامی که در سال ۱۹۸۳ میلادی به وقوع پیوسته پرداخته شود، که در طی آن یک فروند جت جنگنده، به لطف عملکرد صحیح سیستم کنترل پرواز خود و نیز مشخصه‌های آیرودینامیکی مناسب بدنه‌اش و تا حد زیادی هم جسارت خلبان در کسب آگاهی از این توانایی‌های پرنده در شرایط اضطراری ایجادشده، توانست که به‌رغم از دست دادن کامل بال راست خود در طی یک برخورد هوایی، فرآیند فرود اضطراری را به‌سلامت انجام دهد. این اتفاق شگفت‌انگیز موجب شد که از آن زمان به بعد، هدف تحقیقات طراحان و مهندسان سیستم‌های کنترل پرواز در این زمینه، بیشتر به سمت مفهومی به نام سیستم‌های کنترل پرواز خود-ترمیم معطوف شود (یا اصطلاحاً سیستم‌های کنترل پرواز خود-جبران، که در آنها، سیستم کنترلی تلاش می‌کند که با استفاده از سایر عوامل کنترلی سالم باقی‌مانده، حداقل کنترل‌پذیری پرنده را تا رسیدن به یک نقطه ایمن فراهم نماید). سپس در ادامه کتاب، با بررسی موضوع یادشده، به سیر تکاملی این‌گونه از سیستم‌های کنترل پرواز و نیز تحقیقات و آزمایشات پروازی صورت گرفته در این زمینه، پرداخته می‌شود. حاصل این تحقیقات را می‌توان در توانایی‌های سیستم‌های کنترل پرواز پیشرفته موجود در جدیدترین نسل از جت‌های جنگنده حال حاضر جهان مشاهده نمود که دارای عملکردی قابل توجه و فوق‌العاده در اجرای مانورهای پروازی نامتعارف می‌باشند، که پیش‌ازین، اجرای آنها در نسل‌های پیشین جت‌های جنگنده عملاً غیرممکن بود. قابل ذکر می‌باشد که کتاب مرجع دارای ۱۴۶ صفحه و شامل ۱۷ پیوست می‌باشد که عمده این پیوست‌ها، گزارشات آزمون‌های پروازی (تحت عنوان گزارشات پیشرفت روند آزمایشات سیستم SRFCS - و نه سیستم IFCS - از تاریخ ۱ فوریه تا ۵ آوریل ۱۹۹۰ و نیز گزارشات خلبان) می‌باشند که تنها به عنوان سندی بر مطالبی که در بخش‌هایی از متن اصلی به آنها اشاره شده، توسط محقق (آقای تامی کو) در انتهای کتاب گردآوری شده است. لذا به جهت پرهیز از تکرار مکررات در متن کتاب حاضر و ارائه محتویات اصلی و مفید کتاب مرجع و نیز با هدف صرفه‌جویی در تعداد صفحات، از ارائه مجدد این نوع پیوست‌ها خودداری شده و تنها پیوست‌های خاص و مهم کتاب مرجع، در انتهای کتاب حاضر ارائه شده است.

در ترجمه کتاب حاضر بیشتر تلاش بر این بوده است که با اعمال حداکثر دقت و ظرافت، از سبک ترجمه تحت‌اللفظی استفاده شود، تا بتوان در کنار حفظ شیوایی کلام، حق مطلب و امانت نویسنده نیز به‌طور کامل ادا گردد. لذا بسیار سپاسگزار خواهم شد که خوانندگان محترم در صورت داشتن پیشنهادات و انتقاداتی در مورد این کتاب، آن را به آدرس پست الکترونیکی درج شده در انتهای همین صفحه<sup>۱</sup>، به اشتراک گذاشته، تا پس از بررسی، در ویرایش‌های بعدی کتاب، اعمال گردد. همچنین پیش از مطالعه کتاب پیشنهاد می‌شود که در صورت صلاحدید و به جهت آگاهی از برخی اصطلاحات رایج هوانوردی بکار رفته در متن اصلی که معادل فارسی دقیق، مختصر و مرسوم ندارند، بخش واژه‌نامه مرور گردد؛ کلمات رایجی مانند استبلیتور، کانارد، بنک و... از این دست کلمات می‌باشند.

در انتها امیدوارم که تجربیات و نکات مفید استخراج شده در ترجمه کتاب حاضر که حاصل تحقیقات ارزشمند آقای تامی کو می‌باشند، مورد استفاده محققان و دست‌اندرکاران صنعت هوافضای کشور و نیز سایر علاقه‌مندان این رشته قرار گیرد. به این امید که روزی شاهد عملیاتی شدن نخستین جنگنده بومی باشیم که از یک طراحی کاملاً مستقل و کارآمد بهره‌مند می‌باشد.

همچنین به اطلاع علاقه‌مندان به مطالب این کتاب می‌رساند که دو مقاله تحت عنوان "راز پرواز با یک بال" و "ضرورت ایجاد برتری هوایی {ایجاد برتری هوایی همراه با تقویت توان موشکی}" به ترتیب در شماره‌های ۳۲۵ و ۳۰۸ مجله صنایع هوایی منتشر شده است که در مقاله نخست، نمونه‌های دیگری از سوانح پروازی مشابه، به همراه چکیده و تحلیلی جامع از مباحث اصلی کتاب حاضر ارائه شده و در مقاله دوم نیز به اهمیت و ضرورت توسعه هواپیماهای شکاری (در کنار تمرکز بر روی توان موشکی) پرداخته شده است.

**به امید روزی که با همت خود، مجدداً بتوانیم  
در رده پنج نیروی هوایی برتر جهان قرار بگیریم.**

سیدمصطفی بنی‌هاشمیان

---

<sup>1</sup> Mostafa.Aircraft@Yahoo.Com

فصل ۱ - تاریخچه کوتاهی از سیستم‌های  
کنترل پرواز و خود-ترمیم اولیه

## ۱-۱) مقدمه

سطح سرخ‌رنگ صحرای نِقب<sup>۱</sup> زیر جنگنده F-15D در حال پرواز اسرائیلی (IAF)، تیره و مه‌آلود بود. از ارتفاع ۱۲۰۰۰ پا، خلبان (Zivi Nedivi) و معلم خلبان کابین عقب (Yehoar Gal)، به‌سختی توانستند در این مه (غلیظ) دریای مدیترانه، سمت غرب و نیز شهرهای پرجمعیت شمال را تشخیص دهند. دو فروند جنگنده F-15 به‌صورت آرایش‌یافته در حال شبیه‌سازی دفاع از پایگاه هوایی خود در برابر دو فروند جنگنده مانورپذیر A-4، بودند. با وجود اینکه تکنولوژی جنگنده خلبان نیدیوی، ۲۰ سال جدیدتر از جنگنده‌های سبک A-4 بود، اما او احترام زیادی برای (توانایی‌های) این جت‌های جنگنده کوچک قائل بود (که بعداً به عنوان هواپیمای تهاجمی برگزیده نیروی دریایی در مدرسه تاپ‌گان، در فیلمی با همین نام، مورد توجه عموم قرار گرفت). در این تمرین رزم هوایی خلبان نیدیوی جهت شلیک موشک کلاسیک سایدوایندر (حرارتی)، از پشت به دو جنگنده A-4 که به دنبال هم در حال حرکت بودند، نزدیک می‌شد. جنگنده‌های F-15 با رادارهای خاموش خود حرکت کرده، تا هیچگونه امواج رادیویی را منتشر نکنند و موقعیت‌شان نیز برای دشمن (فرضی) آشکار نشود، و تنها هر از چند گاهی آنها را برای یک کاوش راداری روشن می‌کردند. یک تصویر لحظه‌ای از موقعیت بعدی اهدافشان (در هنگام روشن کردن لحظه‌ای رادارها)، همه آن چیزی بود که جنگنده‌های F-15 باید با آن ادامه می‌دادند، چراکه جنگنده‌های نسبتاً کوچک و استتار شده A-4، به‌سختی در فاصله‌ای بیش از چند صد متری قابل مشاهده بودند. با این حال، جنگنده‌های A-4 در ارتفاع پایین حرکت کرده، و به این امید که به کمک اغتشاشات راداری سطح زمین، از حالت نگاه به پایین رادار جنگنده‌های F-15 (در صورت روشن بودن رادار هر یک از آنها)، مخفی بمانند.

ناگهان یکی از جنگنده‌های A-4 شروع به انجام یک مانور<sup>۲</sup> pop-up<sup>۲</sup> نموده تا سریعاً ارتفاع لازم را جهت شکار راداری خود (به‌عنوان طعمه برای جنگنده‌های F-15) بدست آورد. هنگامی که خلبان A-4 صعود کرد، مبادرت به حرکت رول نموده تا با معکوس کردن وضعیت جنگنده‌اش، به خود اجازه دهد که فضای زیرین هواپیمای خود را بطور واضحی مشاهده نماید. این بدین معنی بود که (اکنون) بال‌هایش تمام دید بالای بدنه را پوشانده بود. خلبان A-4 تصور می‌کرد که جنگنده حریف در زیر هواپیمایش قرار دارد، اما جنگنده F-15 ای که اکنون درست در بالای هواپیمایش قرار داشت، را ندید (هر دو جنگنده در موقعیت کور یکدیگر قرار داشتند) و این عدم هوشیاری موقعیتی (با توجه به سرعت بالا، وضعیت دید منطقه و

<sup>۱</sup> به عربی نِقب Negev

<sup>۲</sup> در این مانور، هواپیمای جنگنده تا رسیدن به هدف زمینی و به جهت اختفای راداری، در ارتفاع پایین پرواز کرده و سپس در نزدیکی هدف با انجام یک مانور pull up (کشیدن سریع به بالا) ارتفاع لازم را جهت شیرجه و حمله دقیق به هدف و سپس فرار با حداکثر سرعت در ارتفاع پایین، کسب می‌نماید.

رنگ استتارشان) سبب شد که هواپیمای وی با بال راست جنگنده F-15 خلبان نیدیوی برخورد کرده و به‌طور کامل نابود شود. در نهایت خلبان جنگنده A-4 از هواپیمایش که در گویی از آتش منفجر شده بود، خروج اضطراری کرد.

پس از بازیابی خلبان جنگنده F-15 از یک شوک واقعی و ناگهانی، وی از نشانگر سوخت کابین مشاهده کرد که هواپیمایش با نرخ هشداردهنده‌ای در حال تخلیه سوخت بوده و مخازن سوخت موجود در یکی از بال‌هایش، به‌طور کامل در حال تخلیه می‌باشد. سپس جنگنده F-15 در سرعت ۳۵۰ نات، به‌آرامی وارد حرکت غلتی به سمت راست شده و شروع به از دست دادن ارتفاع و تغییر زاویه سمت در طی یک مانور شیرجه مارپیچ (spin) نمود. خلبان نیدیوی در ابتدا نگاهی گذرا به خروج اضطراری داشت، (معلم خلبان کابین عقبش به او می‌گفت که تنها این کار را انجام دهد) اما او در عوض بر قدرت موتورهای افزود و با پای محکم به پدال رادر سمت چپ کوبید تا جنگنده را از آن وضعیت (اسپین به سمت راست) خارج نماید. او شرایط را به‌گونه‌ای مدیریت کرد که از حرکت اسپین جنگنده‌اش جلوگیری کند و سپس ارتفاعش را مجدداً بدست آورد. در همین حین نیز آنها در حال تماس جهت یافتن مسیر پایگاه هوایی نزدیکی بودند (واقع در ۱۰ مایلی)، که یک پایگاه هوایی F-16 در شهر رامون بود.

او با اعلام یک وضعیت اضطراری جهت فرود، شروع به کاهش سرعت و ارتفاع این جنگنده بزرگ کرد. وقتی که جنگنده F-15 به سرعت ۲۶۰ نات نزدیک شد، حدود دو برابر سرعت معمول فرودش، دوباره وارد حرکت اسپین دیگری شد. خلبان بازهم به‌طور موفقیت‌آمیزی بر این شرایط خروج اضطراری، غلبه نمود و مجدداً شرایط را به‌گونه‌ای مدیریت کرد که بتواند حرکت اسپین جنگنده را با استفاده از اعمال ورودی به سطوح کنترلی (باقی‌مانده) و تغییرات متعدد پس‌سوز رانش موتورها، متوقف کند.

در نزدیکی باند فرود، جنگنده F-15 در سرعت ۲۵۰ نات (۴۶۳ کیلومتر بر ساعت!) با باند فرود تماس پیدا کرد. خلبان به خاطر ترس از دست رفتن دوباره کنترل هواپیما، جرأت نکرد که از این سرعت، آهسته‌تر برود. باند پایگاه هوایی رامون به کابل توقف (arresting wire) جهت استفاده در شرایط اضطراری، همانند آنچه که بر روی ناوهای هواپیمابر نصب است، مجهز بود. جنگنده F-15 با چنگک دُمش (tailhook)، با یکی از کابل‌های توقف اضطراری روی باند درگیر شد. این کابل به علت سرعت بیش‌ازحد فرود هواپیما، به سرعت پاره شد. اما حالا سرعت به ۱۵۰ نات کاهش یافته بود. سپس خلبان از ترمزها استفاده کرده و جنگنده را تنها در ۱۰ متری تور عمودی بازیابی اضطراری موجود در انتهای باند، متوقف کرد. از لحظه برخورد هوایی تا لحظه تماس جنگنده با باند فرود، کمتر از ۵ دقیقه سپری شد.

خلبان با آهی بزرگ از روی آسودگی خاطر، در حالیکه عرق سنگینی بر چهره داشت، کلاه خلبانی را از سرش برداشت و از جایش برخاسته و رو به کابین عقبش کرد تا این دستاورد بزرگ را به وی تبریک بگوید. در این حالت بود که او خسارت واقعی وارد شده به جنگنده‌اش را (به‌طور واضحی) مشاهده کرد. بال راست به‌طور کامل کنده شده بود. خلبان ناباورانه مدت زیادی را به تماشای آنچه که به سر بال آمده

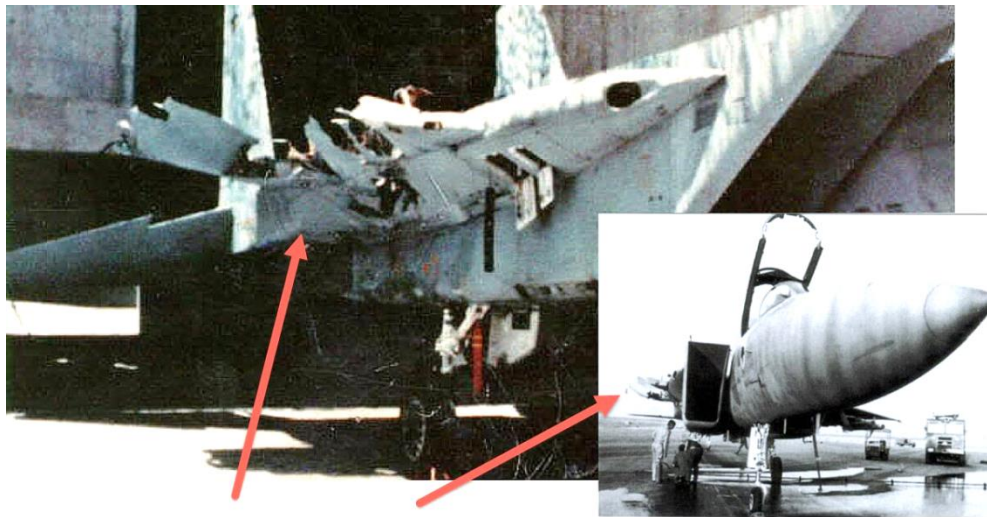
بود، گذراند. یک خلبان جنگنده F-16 از سمت چپ به طرف جنگنده‌ی زمینگیر شده آمد و سپس به طرف دماغه آن رفت و خسارت وارد شده به بال راست را هم مشاهده کرد و به کنایه از خلبان ندیوی پرسید که: «برای ثبت نام جنگنده‌های F-15 باید به کجا مراجعه کنم؟»<sup>۱</sup>

در شرکت مکدائل داگلاس، سازنده هواپیما، مهندسان از توانایی این جنگنده F-15 در بالا نگه داشتن سمت راست بدنه‌اش در حین پرواز، بیشتر از توانایی خلبان در کنترل هواپیما در حین تقرب، شگفت‌زده شدند. با این وجود، مهندسان به کنجکاو‌ی حول این موضوع پرداختند، اما هیچ‌گونه داده‌ای درباره این قبیل از خسارات گسترده نداشتند و بنابراین آنها یک مدل از جنگنده F-15 را در تونل باد سرعت بالای شرکت مکدائل داگلاس قرار دادند و در بین آزمایشات، بخش‌های بال راست را به‌طور متوالی جدا کردند. در نهایت، محاسبات انجام شده توسط مهندسان کنترل آشکار کرد که حاشیه حفظ کنترل‌پذیری پرواز (محدوده عملکرد سیستم کنترل خطی جنگنده برای حفظ پایداری آن) برای این حد از خسارت گسترده بال، تنها به اندازه تغییرات  $\pm 20$  نات سرعت و  $\pm 2$  درجه زاویه حمله از حالت تعادل ایجاد شده در چنین شرایط پروازی (۲۶۰ نات سرعت در وضعیت تقرب) بود. مهندسان متعجب شدند که چه طور خلبان جنگنده، این حاشیه بسیار باریک از کنترل‌پذیری را یافته و آن را حفظ کرده است. این کشف که یک شرط پروازی پایدار برای چنین خسارت شدیدی وجود داشته، موجب برانگیخته شدن علایق بسیار زیادی به سمت فناوری سیستم‌های کنترل دارای «قابلیت پیکربندی مجدد»<sup>۲</sup> شد.

این واقعه در روز ۱ ماه می ۱۹۸۳ به وقوع پیوست. بعدها این جنگنده F-15 تعمیر شد و به خدمت بازگشت. این ماجرا به‌طور گسترده‌ای انتشار یافت، و منجر به آن شد که برخی این سؤال را به‌صورت ساده دیگری مطرح نمایند که: «آیا حتی یک خشت آجری نیز قادر به پرواز می‌باشد در صورتی که شما یک موتور به‌اندازه کافی قوی بر روی آن نصب نمایید؟» جواب حداقل تا حدودی مثبت بود.

<sup>۱</sup> گزارشات خبری ذکر می‌کنند که خلبان همراه با معلم خلبان کابین عقبش در یک مأموریت آموزشی (تاکتیکی) بودند. برخی از گزارشات تکمیلی اضافه می‌کنند که خلبان، به خاطر سرپیچی از دستور خروج اضطراری معلم خلبان کابین عقبش، یک درجه تنزیل یافت و همزمان به علت بازیابی و فرود ایمن جنگنده، به دو درجه ترفیع ارتقاء پیدا کرد.

<sup>۲</sup> Reconfigurable



در سال ۱۹۸۳ میلادی یک فروند جنگنده F-15 نیروی هوایی IAF در طی یک مأموریت آموزشی دچار یک برخورد هوایی شد. خلبان با وجود از دست رفتن کامل بال راست جنگنده، موفق به فرود آن شد.

مهندسان شرکت مکدائل داگلاس به این نتیجه رسیدند که جنگنده F-15 آسیب دیده، به این علت در هوا باقی ماند که در سرعت‌های بالا، بدنه آن نیروی برای کافی را جهت جبران بال از دست رفته تولید کرده است. کاهش سرعت (و در نتیجه افزایش اختلاف مقادیر نیروهای برآ و پسا در دو طرف بدنه) سبب ایجاد یک حرکت اسپین (به سمت راست) شد درحالی‌که حفظ سرعت بالا، جنگنده را در هوا نگه داشته است (اما برای حفظ پایداری در چنین وضعیت نامعینی از تعادل، سیستم کنترل پرواز این جنگنده به کمک خلبان آمده است). حال این سؤال خود به خود ایجاد شده که: آیا عوامل کنترل پرواز یک هواپیما (شامل سطوح کنترلی و تغییر مقدار و بردار رانش آن) می‌توانند توسط نرم‌افزار کنترل خاصی به‌طور خودکار و به‌گونه‌ای پیکربندی مجدد شده که در صورت بروز چنین آسیبی، خلبان قادر باشد که یک هواپیمای آسیب دیده را به اندازه کافی آرام (و قابل کنترل) پرواز داده تا به‌طور ایمنی فرود بیاید؟ نیروی هوایی ایالات متحده تصمیم به پی بردن به پاسخ این سؤال گرفت. با مشارکت ناسا و با استفاده از بستر آزمون جنگنده F-15 HIDE<sup>1</sup> خود، این دو سازمان، سیستم کنترل پرواز خود-ترمیم<sup>2</sup> (SRFCS) را در بین سال‌های ۱۹۸۹-۹۰ (برای اولین بار) مورد آزمایش قرار دادند. جهت پیشرفت بیشتر فناوری تطابق با آسیب‌دیدگی، ناسا و شرکت مک دائل داگلاس در سال ۱۹۹۵ و با مشارکت یکدیگر به توسعه یک سیستم جدید جهت نصب بر روی یک فروند جنگنده F-15 تحقیقاتی خاص، (موسوم به پروژه

<sup>1</sup> Highly Integrated Digital Electronic Control

<sup>2</sup> Self-Repairing Flight Control System

(ACTIVE) که مجهز به یک سیستم کنترل پرواز با سیم (FBW<sup>۱</sup>) دیجیتال بود، پرداختند. سیستم جدیدتر عمدتاً به نام سیستم کنترل پرواز هوشمند<sup>۲</sup> (IFCS) نامیده می‌شد، چراکه از شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۳</sup> (ANN) استفاده می‌نمود تا “یاد بگیرد” که چه طور یک هواپیمایی که آسیب رزمی دیده و یا بخشی از آن از کار افتاده را پرواز دهد. جدا از مزایای ایمنی واضح آن، یک شبکه عصبی ممکن است که منجر به ساخت سریعتر و ارزان‌تر یک سیستم کنترل پرواز شود، چراکه می‌تواند پرواز یک هواپیمای جدید را “یاد گرفته” (و خود را با مشخصه‌های کنترلی جدید آن تطبیق دهد)، که این روش، بسیار سریعتر و ارزان‌تر است از یک سیستم کنترل پروازی که باید (متناسب با یک پیکربندی جدید) طراحی شود.

در حقیقت ابتدا جنگنده F-15A HIDECS برای پروژه SRFCS (در فصل دوم) توسعه پیدا کرد و در ادامه با پیشرفت فناوری هوش مصنوعی و افزایش سرعت و ظرفیت کامپیوترهای دیجیتال، جنگنده تکامل-یافته‌تر F-15B ACTIVE در پروژه پیشرفته‌تر IFCS (در فصل سوم) جایگزین هواپیمای قبلی شد- همچنین در ادامه کتاب ذکر خواهد شد که ناسا در یکی از سلسله آزمایشات سیستم کنترل پرواز هوشمند، با فرض از دست رفتن سیستم هیدرولیک جنگنده و در نتیجه از کارافتادن تمام سطوح کنترل پرواز آن، موفق به کنترل و فرود خودکار جنگنده F-15، تنها با استفاده از تغییر بردار و مقدار رانش موتورهای آن، شده بود، که نتایج این تحقیقات بسیار ارزشمند، در پروژه نسل بعدی جنگنده تاکتیکی پیشرفته<sup>۴</sup> (ATF) ایالات متحده با نام F-22 Raptor اعمال شد.

## ۲-۱) سطوح کنترل پرواز

با درک مفهوم سیستم‌های کنترل پرواز متعارف، روشن می‌شود که چگونه سیستم‌های SRFCS و IFCS وظایفشان را انجام می‌دهند. مفهوم کنترل هواپیما در پرواز، از ایده‌های سِرْجُرج کیلی نشأت گرفته است، کسی که در سال ۱۷۹۹ میلادی، اولین شخصی بود که نمونه اولیه یک هواپیما را طراحی کرد. طرح کیلی شامل یک بدنه مشخص، بال‌ها و یک دم صلیبی شکل بود. هدایت آن نیز از طریق یک سکان قیچی متعارف (رادر) ایجاد شده بود<sup>۵</sup>. چیزهایی که در طرح‌ها و مدل‌های بعدی کیلی آشکار شدند (او حداقل یک مدل به‌اندازه کافی بزرگ را برای حمل یک انسان ساخته و ظاهراً آزمایش نمود)، پرنده‌هایی بودند که از اجزای ضروری یافته شده در هواپیماهای جدید، شامل سطوح تولیدکننده نیروی برآ و سطوح کنترل ابتدایی در قسمت دم، تشکیل شده بودند. (هرچند که هیچگونه سطح کنترلی در بال‌ها وجود نداشت). اگرچه کارهای وی ذهنیت بسیاری از هوانوردان اولیه را در مورد چیزهایی مانند

<sup>۱</sup> Fly-by-Wire

<sup>۲</sup> Intelligent Flight Control System

<sup>۳</sup> Artificial Neural Networks

<sup>۴</sup> Advanced Tactical Fighterjet

<sup>۵</sup> C.H Gibbs-Smith. Sir George Cayleys Aeronautics London: Her Majestys Stationary Office, 1962. 3-10