نسخه پیش نویس

مروری بر هواپیماهای نیروی انسانی

محسن بهرامی[1]

تهران خیابان آزادی دانشگاه صنعتی شریف دانشکده مهندسی هوافضا

چکیده

هواپیماهای نیروی انسانی هواپیماهایی هستند که تنها با قوت جسم آدمی به پرواز در می آیند. در این مقاله به مرور تاریخچه ی این پرنده ها، نکات اصلی طراحی آن‌ها ، چالشهای پیش روی طراح، برترین نمونه‌های ساخته شده، روند فعلی ادامه ی طراحی و ساخت این هواپیماها ، حرکت به سمت استفاده‌ی همگانی از این هواپیماها و مسابقات برگزار شده خواهیم پرداخت.

واژه های کلیدی : *هواپیمای نیروی انسانی (HPA) ، طراحی هواپیما (Aircraft Design)*

مقدمه

هواپیمای نیروی انسانی به هواپیمایی گفته می شود که تنها با قدرت ماهیچه‌های انسان به پرواز درآید .تا کنون هواپیماهای زیادی از این دست ساخته شده است که در میان این هواپیماها موارد موفقی هم دیده می شود. اکثر این هواپیماها برای مسابقات بین المللی جایزه کریمر طراحی و ساخته شده اند و در سایت متولی مسابقات[2] تقریبا اسناد همه ی هواپیماها به همراه نقشه آنها یافت می شود.

هواپیماهای ساخته شده طیف گسترده ای از پیکربندی ، طراحی سازه ، انتقال قدرت و بال را در بر می گیرند و هنوز طراحی این هواپیماها به نتایج قابل قبول برای همه مهندسین و رسیدن به یک پیکربندی مشخص (بر خلاف هواپیماهای مسافربری)منجر نشده است. بر همین اساس الگوی مشخصی همانند سایر هواپیماها در طراحی این نوع پرنده موجود نبوده و طراح باید کاملا بر نکاتی که طراحان گذشته مد نظر داشته اند مسلط باشد ، تا طرح جدید گامی به جلو باشد.

از جمله پیکر بندی های متفاوت در این هواپیماها می توان به پیکره ی دوبال و تکبال ، کابین دار و بدون کابین ، بال کایت مانند و بال مستطیلی ، کانارد و دم، ملخ هل دهنده و ملخ کشنده اشاره کرد.

طراحان این پرنده ها

رقابت اصلی ساخت این پرنده ها میان دو استاد مسلم هوافضا دکتر پل مک کریدی[3] موسس شرکت هوافضایی معروف و پیشگام ایروواینرنمنت[4] (سازنده‌ی هواپیماهای خورشیدی هلیوس[5] ، سنتورین[6] و پث فایندر[7] (با حمایت ناسا) و همچنین خودروی خورشیدی سانسیکر و ریز پهپاد معروف زنبور سیاه) و دکتر مارک درلا[8] استاد دانشکده ی هوافضای انیستیتو تکنولوژی ماساچوست[9] بوده است.

هر یک از این دو طراح با طراحی موفق چهار پرنده در کارنامه خود نام خود را برای همیشه با هواپیماهای نیروی انسانی گره زده اند. دکتر مک کریدی عموما به عنوان پدر این نوع پرنده ها شناخته می شود و برای پرنده های خود تا کنون چند بار جوایز مسابقات جایزه ی کریمر را از آن خود کرده است.

مسابقات جایزه هِنری کرِیمر

این رقابتها از حدود ۵۰ سال پیش با هدف رشد این پرنده ها تا رسیدن به حد یک رشته در رقابتهای المپیک توسط هنری کرمر سرمایه دار انگلیسی پایه گزاری شد و تا کنون بیش از ۳۰۰ هزار پوند جایزه به سازندگان این پرنده ها تعلق گرفته است. آخرین جوایز که تاکنون برنده ای موفق به کسب آن نشده است ماراتن ۴۲ کیلومتر در کمتر از یک ساعت و طراحی یک هواپیمای نیروی انسانی برای مقاصد ورزشی است که مقدار جایزه ی این رقابتها به ترتیب پنجاه و صد هزار پوند است.

جایزه ی عدد هشت :

این جایزه که اولین جایزه ی مسابقات کریمر بود عبارت بود از پرواز به شکل عدد هشت انگلیسی به دور دو مانع به فاصله ی نیم مایل از هم به گونه‌ای که هیچ گاه ارتفاع پرنده کمتر از ده فوت (سه متر) نشود. در بیست و سوم آگوست سال ۱۹۷۷ این جایزه پنجاه هزار پوندی با پرواز هواپیمای گاسمر کندر[10] توسط دوچرخه سواری به نام برایان آلن نصیب دکتر پل مک کریدی گردید.

جایزه ی طی کردن کانال انگلیس به فرانسه:

این جایزهصد هزار پوندی نیز در ژوئن ۱۹۷۹ با رکابزنی برایان آلن به دکتر پل مک کریدی با پرواز هواپیمای گاسمر الباتراس[11] رسید.این هواپیما مسافت ۳۵.۸ کیلومتری این کانال را در زمان دو ساعت و چهل ونه دقیقه طی کرد.در این پرواز بالاترین سرعت پروازی ۲۹ کیلومتر بر ساعت و ارتفاع میانگین از سطح دریا ۱.۵ متر بود. این هواپیما برای توان ۳۰۰ وات طراحی شده بود.

جایزه ی سرعت :

ماموریت پرنده های این مسابقه طی کردن دور یک مثلث به ضلع ۵۰۰ متردر کمتر از سه دقیقه (متوسط سرعت ۳۲ کیلومتر بر ساعت)بود . جایزه-ی بیست هزار پوندی این رقابتها برای اولین بار به هواپیمای مونارچ[12] از دانشگاه **MIT**با تیمی به سرپرستی دکتر مارک درلا رسید بعد ها دکتر مک

2 http://www.raes.org.uk *انجمن هوانوردی رویال انگلستان*

3 ***Paul Mac Cready***
4 ***Aerovironment***
5 ***Helios***
6 ***Centurion***
7 ***Path Finder***

8 ***Mark Drela***
9***MIT***
10 **Gossamer Condor**
11 **Gossamer Albatross**
12 **Monarch B**

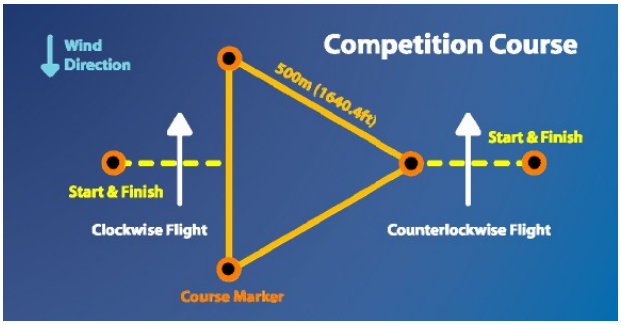
۱دانشگاه صنعتی شریف دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی هوافضا mohsen.bahrami.2006@gmail.com

کریدی با هواپیمای بایونیک بت[13] و ماسکیولیر ۲[14] نیز به این جـایزه دسـت یافتند.

در حال حاضر جایزه توسط مؤسسه رویال تعیین شده است کـه هنـوز هیـچ تیمی موفق به دست یافتن به رکوردهای لازم برای آن‌ها نگردیده است :

جایزه ی هواپیمای نیروی انسانی برای ورزش:

این مسابقه برای طراحی یک هواپیمای مناسب بـرای مسـابقات المپیـک در نظر گرفته شده است. در این مسابقه هواپیما باید در کمتر از هفـت دقیقـه از نقطه شروع تا پایان مسیر سـاعتگرد و از نقطـه شـروع تـا پایـان مسـیر پـاد ساعتگرد را بپیماید. همچنین باد نیز نباید در طول مسابقه کمتر از پنج مـتر بر ثانیه باشد. جایزه ی این مسابقه صد هزار پوند تعیین شده است.



شکل .. .. مسیرو شرایط مسابقه هواپیمای نیروی انسانی برای ورزش

جایزه ی ماراتن هواپیماهای نیروی انسانی:

این مسابقه نیز طی کردن یک مسیر چهل و دو کیلومـتری در کمـتر از یـک ساعت است که برای برنده ی آن جایزه ی پنجاه هـزار پونـدی تعییـن شـده است.

مسابقات رالی بردمن BirdMan

مسـابقات رالـی بردمـن رقـابتی اسـت میـان گلایـدرها، هنـگ گلایـدرها و هواپیماهای نیروی انسانی که توسط گروه‌های مختلف از عموم مردم سـاخته شده اند. این رقابتهـا در سـه نقطـه ی مختلـف جهـان شـامل **worthing** بریتانیا ، **yarra river** در ملبورن استرالیا ، **lake biwa** در ژاپن برگزار می شود. رقابتهای ژاپن از سال ۱۹۷۷ تا کنون هر ساله در فصل تابستان ماه آگوست به صورت مداوم برگزار شده است. اولیـن رقـابت در سـال ۱۹۷۱ در بریتانیا آغاز شده است. همچنین رقابتهای استرالیا هـم از سـال ۱۹۷۲ آغـاز شده است. البته در سال ۱۹۹۶ به علت افزایش مصدومیت ها این رقابتهـا در بریتانیا برای مدتی متوقف شد.

در حال حاضر پرشورترین رقابتها در زمینـه ی هواپیماهـای نیـروی انسـانی بردمن متعلق به کشور ژاپن است و تقریباً همه ی دانشگاههای معتـبر ژاپـن هر ساله با یک یا چند تیم در این رقابتهای بین‌المللی حضور میابند.بـالاترین رکورد ثبت شده برای این پرنده ها در ژاپن ۳۴ کیل.متر اسـت کـه در سـال ۲۰۰۳ به ثبت رسیده اسـت. رقابتهـای بریتانیـا بـه Bognor Birdman معروف بوده و این رقابتها هم در سطح بین‌المللی برگزار می شود[15]. همچنیـن امسال برای شرکت کنندگان و خانواده آن‌هـا پـذیرایی رایگـان نیـز در نظـر گرفته شده بود.

امسـال همچنیـن سـی امیـن دوره ی رقابتهـای بریتانیـا نیـز در دهـم مـاه سپتامبربرگزار شد.

رکوردهای ثبت شده ی این پرنده ها

دکتر مارک درلا در کارنامه خود با پرنـده ی دایـدالوس رکـورددار طـولانی ترین پرواز با مسافت ۱۱۹ کیلومتر است.

هواپیمای توکان اولین هواپیمای دو رکابزن بود که موفق به پرواز گردید.

هواپیمای ماسلیر ۱ اولین پرنده‌ای بود کـه موفـق بـه حمـل سرنشـین غیـر رکابزن گردید.

همچنین رکورد بیشترین سرعت دست یافته شده برای این پرنده هـا ۴۴.۲۶ کیلومتر بر ساعت است که در سال ۱۹۸۵ برای مسافت یـک و نیـم کیلومـتر برای هواپیمای ماسکیولیر ۲ به دست آمد.

پارامترهای طراحی هواپیمای نیروی انسانی

در مورد هواپیماهای نیروی انسانی پیشاپیش، یکی از مجهـولات کـه نیـرو و توان پیشران شماست دارای محدودیت است و این محدودیت از محدود بودن توان پا زدن پیوسته ی انسان به دویست تا دویست و پنجاه وات بر می گردد .در شکل یک توان قابل تولید را برای یک انسان معمولی ملاحظه می کنیـد. منحنی اول نشان دهنده ی توان تولیدی دست خلبان ، منحنـی دوم پاهـا و منحنی سوم توان مجموع دست وپا را در طول زمان نشان می دهد. ملاحظـه می کنید که بر اساس معادله ی، توان برابر است با حاصل ضـرب سـرعت در نیروی عمل کننده و هر چه نیروی پسای شما کمتر باشد سرعت بیشـتری را می توانید به دست آورید . به خاطر داشته باشید که در حالت پرواز بدون فراز و فرود با سرعت ثابت(**Cruise**) نیروی پیشران ملخ برابـر اسـت بـا نیـروی پسای ناشی از مقاومت هوا.

البته قضیه به همین سادگی نیست زیرا پسا خود رابطه ی مسـتقیم بـا تـوان دوم سرعت دارد و این دو کمیت کاملا به هم وابسته اند آن هم نه یک رابطه خطی بلکه یک رابطه ی غیر خطی که عموما باید از نتایج تستهای تونل بـاد به شکل دقیق مشخص شود و به علت شکل پیچیده ی هواپیما قابل تحلیـل دقیق با نرم افزار و معادله نیست.

رویه ی معمول طراحی هواپیماهای رایج، ایـن اسـت کـه ابتـدا شـما از وزن هواپیما بر اساس نمونه های مشابه تخمینی به دست می آوریـد و سـپس بـر اساس تعداد مسافر و وزن سوخت مورد نیاز برای مسافتی که در نظـر داریـد این وزن کلی را تصحیح می کنید . سپس سطح بال را بر اسـاس ایـن وزن و ایرفویل مناسب به دست آورده و در نهایت با محاسـبه ی پسـای هواپیمـا در سرعتی که برای کروز (پرواز با ارتفاع و سرعت ثابت که معمولا هواپیما برای حرکت در این حالت بهینه سازی و طراحی مـی شـود) در نظـر گرفتـه ایـد نیروی پیشران را به دست آورده و بر این مبنـا موتورهـای یـا نیـروی کـافی انتخاب می نمایید.

این در حالی است که این رویه برای هواپیماهای نیروی انسانی تقریبا برعکس است یعنی شما به دلیل مشخص بودن توان انسان باید از سرعت شروع کرده و بر اساس سرعت، بال هواپیما را با توجه به پسای قابل قبـول در آن سـرعت طراحی کنید. نکته ی ساده کننده ی طراحی این هواپیماها وزن ثابت آنها در حین پرواز و نداشتن مانور (غیر از گردش ساده) اسـت و نکتـه ای کـه کـار طراحی این هواپیماها را سخت می کند اهمیت بسیار زیاد وزن هواپیما اسـت زیرا وزن بیشتر یعنی برآی بیشتر و برآی بیشتر یعنی پسای بیشـتر و پسـای بیشتر یعنی سرعت کمتر. همچنین بر خلاف هواپیماهای معمـول ، طراحـی مفهومی این هواپیماها به شدت از اهمیت برخوردار است.

مرور هواپیماهای نیروی انسانی ساخته شده :

اگر بخواهیم به ابتدای حرکت بشر برای سـاخت ایـن پرنـده هـا بـاز گردیـم موضوع به سالها پیش از کشف موتورهای بخار باز می گردد. اولیـن تلاشـهای

13 **Bionic Bat (Gossamer Owl)**
14 **Musculair 2**
15 www.birdman.org.uk

برای پرواز به کمک ماهیچه های انسان بـه حرکـت عبـاس ابـن فرناس[16] در اندلس قدیم و اسپانیای کنونی باز می گردد. البته تلاش او بـه کشـف اولیـن نمونه‌های کایت و چتر نجات منجر شد اما نکته مهم ادامـه‌ی تلاشـهای او در کارهای لئوناردو داوینچی است. این مبتکر ایتالیـایی کـه طـرح هـای بسـیار متنوعی در کارنامه دارد به طراحی یک هواپیمای بالزن نیروی انسانی و یـک بالگرد نیروی انسانی هم پرداخته است.

در تصویرزیر نمونه ای از تلاشهای سالهای دهه های اول سده بیستم را بـرای ساخت این پرنده ها می‌بینید که عموما ناموفق بودند.

شکل نمونه‌ای از تلاشهای دهه های اول سده بیستم در اروپا

مرور چند نمونه ی موفق

۱) گاسمر کندر (کالیفرنیا امریکا)

مهمترین نکات طراحی

۱. نزدیک نمودن طراحی این رده به طراحی هنگ گلایـدر در شکل بال
۲. سطح کنترلی در جلو بصورت کانارد
۳. قرار دادن ملخ پشت بال
۴. استفاده از سیمهای فلزی زیاد برای تقویت سازه ای هواپیما
۵. ریبهای کاملا سـبک و در کـل از لحـاظ سـازه ای بسـیار آسیب پذیر به گونه ای که بـا کوچکـترین اختلال هواپیمـا بکلی می شکند بر مبنای استراتژی طراحـی بـرای حـالت ایده آل و در نظر نگرفتن هیچ سناریوی نـاگواری طراحـی صورت گرفته است.(البته در موارد شکست بـال و سـقوط هواپیما با توجه بـه سـرعت کـم و سـطح بـال زیـاد عملاً ملاحظـه گردیـد کـه هیـچ صـدمه ای بـه خلبـان واردنخواهدآمد)

این پروژه در سال ۱۹۷۶بوسیله دکتر پل مک کریـدی آغـاز شـد و پـس از ساخت راننده آن برایان آلن توانست که با رکورد هفـت و نیـم دقیقـه جـایزه عـدد هشـت کرمـر را از آن خـود کنـد. پـل مـک کریـدی بعـدها توانسـت هواپیماهای موفق دیگری را نیز در این رده طراحی کند و بسازد از جمله این هواپیماها می توان به گاسمر الباتراس و بایونیک بت و گاسمر پینگوین اشـاره کرد بعدها پل مک کریدی که با جایزه همین پرنـده توانسـت بنیـاد شـرکت ایروواپرنمنت را بنا نهد ایـن شـرکت را بـه یکـی از موفـق تریـن شـرکتهای هوافضایی مبدل کرد وی که پدر هواپیمای نیروی انسـانی نیـز لقـب گرفتـه است در سال ۲۰۰۷ دار فانی را وداع گفت.

شکل .. هواپیمای گاسمر کندر

۲)گاسمر الباتراس (کالیفرنیا امریکا)

شکل .. هواپیمای گاسمر الباتراس

نکات ویژه این پرنده :

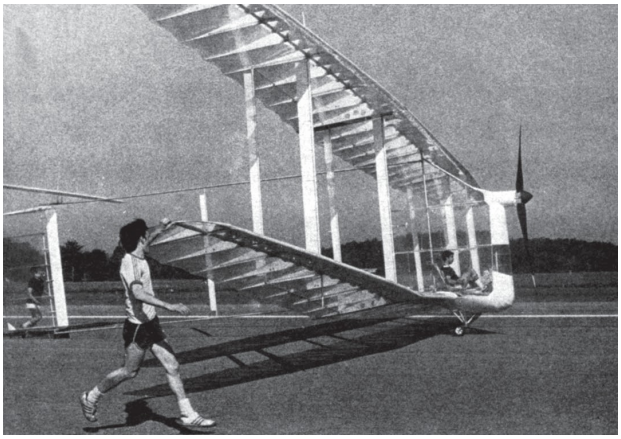
۱) می توان گفت پیکربندی این پرنده همان پیکربندی گاسمر کندر است با تغییر مواد ساخت و تجربه بیشتر و استفاده از مواد جدید
۲) حمایت ناسا از این پروژه و کلید خوردن روابط دکتر مک کریدی با ناسا که بعدها به روابط نزدیـک شـرکت ایشـان و پـروژه هـای هلیوس و پس فایندر و سنتورین رسید.
۳) جایزه این پرنده دو برابر جایزه گاسمر کندر یعنی صد هزار پونـد بود که به خاطر طی کردن مسیر ۳۵.۸ کیلومتری کانال انگلیـس در دو ساعت و چهل و نه دقیقه به آن داده شد.
۴) ملخ ایـن هواپیمـا بـر خلاف ملـخ کنـدر یـک تکـه و از جنـس استایروفوم بود که در دانشگاه ام آی تی توسط پروفسور لارابی با ایرومدلینگ طراحی شده بود. در ریشه این ملخ یک تیوب کربنی یک اینچی وارد سازه شده بود تا انتقال قـدرت از شـفت را بهـتر نماید.

۳) کرایسالیس(ام آی تی امریکا)

اهمیت این پرنده در بررسی ما این است که این پرنده بعد از گاسمر کندر در یک ابتکار برای حالت دو بال و سرعت بسیار پـایین طراحـی شـد. هـر چنـد پرنده به موفقیت قابل توجهی دست نافت اما بعد ها دکتر مـارک درلا کـه از اعضای تیم ساخت این پرنده بود توانست این ناکامی را در دایـدالوس جـبران کند. این پرنده با توانایی پرواز در سرعت ده مایل بر ساعت در زمان خود کند

16 http://ka110.blogfa.com/post-149.aspx

پرواز ترین هواپیما بود. بعد ها شاید بتوان گفت پایه هواپیماهـای دو بـال در این رده با این پرنده پایه ریزی شد.



شکل .. هواپیمای کرایسالیس

۴) دایدالوس (ام آی تی آمریکا)

مهمترین نکات طراحی :

۱) استفاده از شفت به جای زنجیر در انتقال قدرت

۲) کابین کم حجم با شکل جدید

۳) استفاده از فیبر کربن و هزینه حدود ۷۵۰ هـزار دلاری ایـن پرنـده کـه از حمایت مالی ناسا برای پروژه حاصل آمده بود.

۴) دسته کنترلی خوش دست و جالب

۵) ادعای دستیابی به حدود ۹۸ درصد کارایی برای ملخ این پرنده

۶) سازوکار تهویه مطبوع هوای کابین خلبان

مارک درلا طراح این هواپیما پـس از مـوفقیت هواپیمـای مونـارچ در رقـابت سرعت جایزه کرمر برنامه ریزی را برای ساخت این پرنده آغاز کرد. این طراح پر تلاش که پیشتر دو هواپیمای نیروی انسانی کرایسالیس و مونارچ را هم بـا همین دانشگاه ام آی تی کار کرده بود این بار برای رکوردی بـه یـاد مانـدنی گامی بلند برداشت و موفق هم شد. نکته قابل توجه این که طراح ایـن پرنـده هم مانند گاسمر الباتراس برای پرواز طولانی خود برای حفـظ امنیـت جـانی مسافر پرواز بر فراز آب را برگزیده بود.

شکل .. هواپیمای دایدالوس

هواپیمای دایدالوس در واقع نسخه بهینـه شـده ی لایـت ایگـل بـود کـه در دانشگاه ام آی تی ساخته شده بود . سرپرست هر سه پروژه دکتر مـارک درلا بود. هواپیمای دایدالوس ۸۷ که نسخه دوم لایت ایگل بـود بـر روی دریـاچه Rogers Dry Lakebed دچار سانحه شد و سقوط کرد. بعد از سانحه تیم ساخت دوباره نسخه ی جدیدی را بر همان اساس ساخت که دایدالوس ۸۸ نام گرفت این پرنده نیز در پرواز معروف خود که به عنوان طولانی ترین پرواز نیروی ماهیچه ای بشر لقب گرفته است توانست با رکورد صد ونـوزده کیلومتری در سه ساعت و پنجاه و چهار دقیقه نام خود را تا امروز بـه عنـوان بهترین پرنده ی این رده بنگارد. البته این نسخه نیز دچار سانحه شد و کمـی مانده به جزیره ی Santorini در مسیر خود از Iraklion Air Force Base سقوط کرد.

۵) ماسکیولیر (مونیخ آلمان)

ماسکیولیر یـک و دو از جملـه موفـق تریـن برنـدگان جـایزه کرمـر بودنـد. ماسکیولیر یک قابلیت حمل یک مسافر را هم داشت که در تصاویری که مـی آید هواپیما ار در این حالت می بینید.

نکته قابل ذکر این که تیم سازنده این پرنده هـا در پیشـنهادات خـود بـرای آینده اعلام کرده است کـه قطعـا سـرعت پنجـاه کیلومـتر بـر سـاعت قابـل دسترسی است.

شکل .. هواپیمای ماسکیولیر ۲

۶) ولیر (اشتوتگارت آلمان)

این پرنده رکوردی که برای پیمودن مثلث یک مایلی جـازه کری‌مـر بدسـت آورد دو دقیقه و سی و هشت ثانیه بود.

شکل .. هواپیمای ولیر

مرور نمونه‌های در دست ساخت

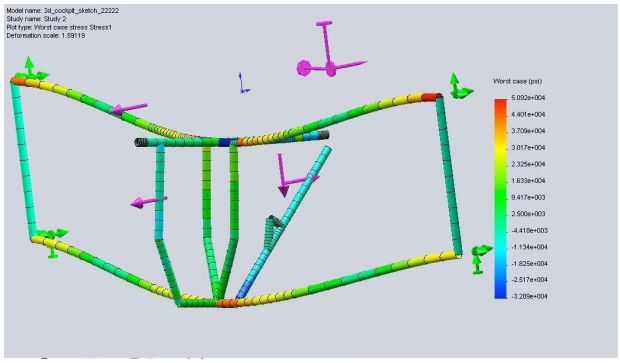
۱) هواپیمای آیرون باترفلای[۱۷]

این هواپیما که کار ساخت آن از سال ۲۰۰۶ در دانشـگاه ویرجینیـا تک[۱۸] بـا تیمی به سرپرستی دکتر میسون[۱۹] آغاز شده است . هدف از ساخت این پرنده دستیابی به جایزه ی هواپیمای نیروی انسانی برای ورزش کریمـر اسـت و تـا

17 **Iron Butterfly**
18 **Virginia Tech**
19 **Mason**

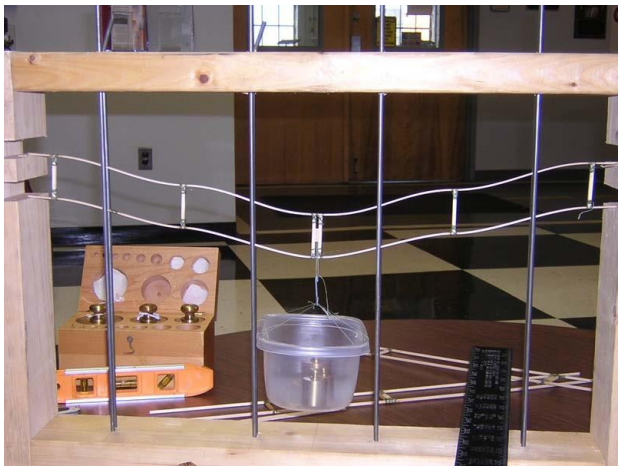
کنون یک نمونه یک چهارم از هواپیما با موتور الکتریکی ساخته و تست شده است. این هواپیما هم دارای دو بال بوده و از نوع دم و ملخ جلوی بال است.

پلت فرم تست ملخ هواپیمای آیرون باترفلای



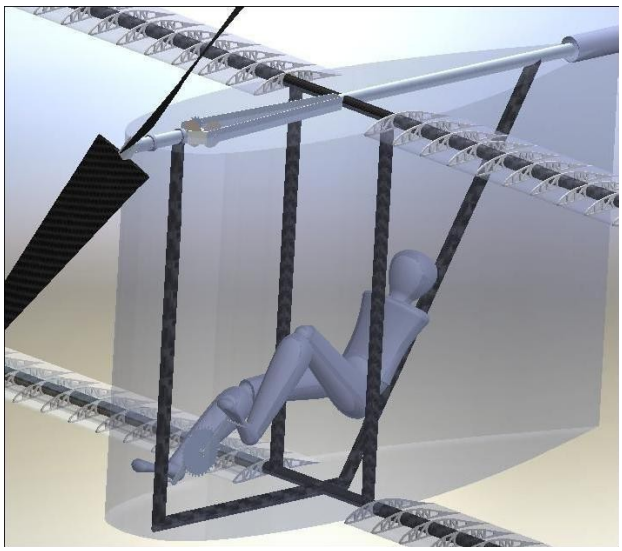
مدل تغییر شکل سازه ای پرنده در محیط کاسموس سالید ورکس

مدل یک چهارم ساخته شده ی هواپیما



تست مدل دو اسپار متصل شده ی بالها برای بررسی مقاومت و تغییر شکل سازه ای

تصویری از تست تونل باد بخشی از بال هواپیمای آیرون باترفلای



مدل کامپیوتری این پرنده

ساخت قطعات این پرنده ها

ساخت ریبها

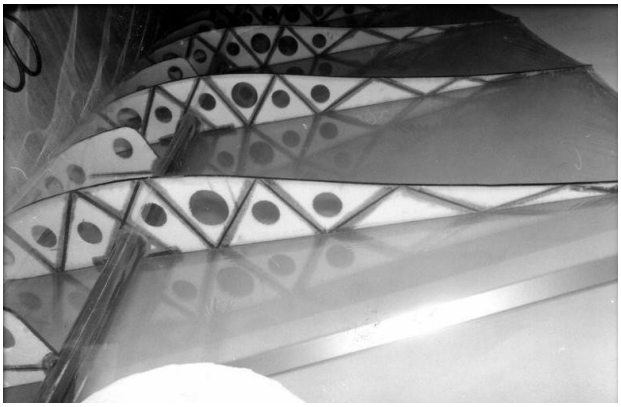
در ساخت ریب این پرنده ها اصلی‌ترین ایده‌ها عبارتند از :

۱) تخته سه لایی

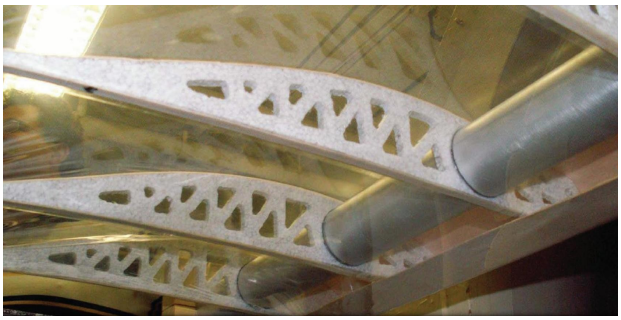
۲) فوم

۳) فوم تقویت شده با لبه ی بالسا

۴) فوم تقویت شده با لوله های فیبر کربن
۵) استایروفوم (بیشتر هواپیماهای ژاپنی از این ماده استفاده نموده اند)



شکل نمایی از ریبهای گاسمر الباتراس از ریبهای نوع ۴



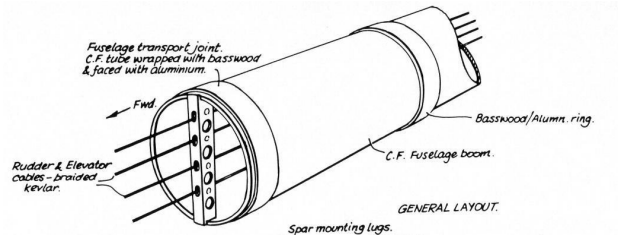
شکل نمایی از ریبهای آیرون باترفلای از ریبهای نوع ۳

شکل نمایی از ریبهای هواپیماهای ژاپنی از ریبهای نوع ۵

ساخت اسپار

برای اسپار این پرند هاه نیز یکی از موارد زیر برگزیده شده بود :

۱) لوله ی آلمینیوم
۲) لوله ی فیبر کربن
۳) تیر چوبی
۴) لوله یفیبر کربن با تقویت در مقابل خمش به کمک سیم



شکل اسپار هواپیمای دایدالوس از نوع ۴

ساخت روکش بال

روکش بال این پرنده ها عموما از نوع پلاستیک و خصوصا در نمونه‌های جدیدتر از مایلار هم استفاده شده است.

ساخت کابین

کابین این پرنده ها نیز یکی از نمونه‌های زیر بوده است:

۱) فریم فلزی با روکش پلاستیکی
۲) کامپوزیت
۳) فریم چوبی با روکش پلاستیک
۴) فوم

سیستم انتقال قدرت

سیستم انتقال قدرت این پرنده ها عموما از زنجیر و چرخ دنده استفاده شده است. البته در هواپیمای دایدالوس از ایده ی انتقال قدرت به کمک شفت استفاده شد که با این انتخاب از صدای هواپیما بسیار کاسته شد.

ساخت بوم اتصال دهنده به دم یا کانارد

بوم این هواپیماها در نمونه‌های قدیمی تر لوله های آلمینیوم و یا خرپاهای چوبی بود. در نمونه‌های جدید عموما از لوله های فیبر کربن استفاده شده است.

ساخت ملخ

ملخ این هواپیماها در ابتدا مانند بال از ریب و اسپار ساخته می شد(گاسمر کندر) ، بعدتر از استایروفوم با روکش اپوکسی و میله های فیبر کربن برای تقویت در ریشه استفاده شد و در آخرین نمونه‌ها هم ملخ ها عموما کامپوزیت هستند.

طراحی هواپیمای نیروی انسانی در دانشگاه نیهون ژاپن[20]

اولین جرقه های شروع ساخت هواپیماهای نیروی انسانی در دانشگاه نیهون همزمان با خبر موفقیت هواپیمای ساماپاک[21] در بریتانیا در سال ۱۹۶۱ زده شد. بین سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۶ در این دانشگاه نه هواپیما در قالب سه پروژه با نامهای **Stork , Linnet** و **Egret** ساخته شد که عموما از جنس چوب و همانند نمونه‌های بریتانیایی بودند. این تیمها که تحت رهبری پروفسور کیمورا[22] بودند توانستند به رکورد ۲۰۹۳ متر برای هواپیمای استورک دست یابند.

در سالهای ۱۹۷۸ تا ۱۹۸۰ یک تیم تحت رهبری همین استاد برای رقابت در جایزه ی عدد ۸ کریمر با هواپیمایی به نام Ibis شروع به کار نمود. در این هواپیما برای اولین بار به جای بالسا از فیبر کربن و لوله های آلمینیومی استفاده شد، هر چند بهترین رکورد این هواپیما که سبکتر از استورک هم بود بیش از ۱۱۰۰ متر نیست.

رویه ی این دانشگاه در ساخت این پرنده ها با ساخت پرنده های میلان و سویفت ادامه یافت و در سالهای بعد تا کنون بیش از بیست و چهار پرنده ی دیگر در این دانشگاه ساخته شده است.

بیشتر این پرنده ها برای مسابقات جایزه ی کریمر و یا رقابتهای رالی بردمن Birdman که از سال ۱۹۷۷ تا کنون در ژاپن برگزار می‌شود ساخته شدند.

همچنین تحقیقات روی بالگردهای بدون سرنشین نیز در این دانشگاه به موازات هواپیماهای نیروی انسانی در حال پیگیری است.برای اطلاعات بیشتر

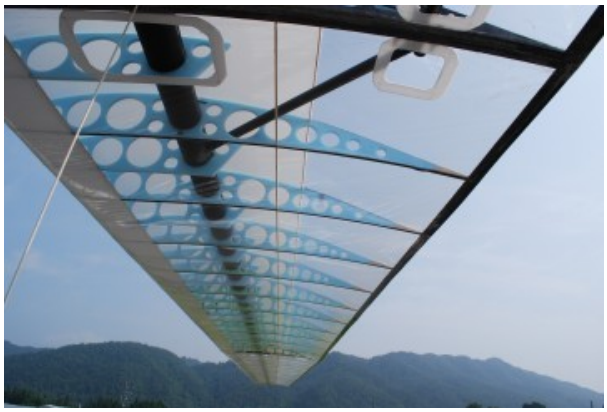
20 ***The Research Institute of Science and Technology Nihon University June 1977***
21 ***SUMPAC***
22 ***Kimura***

در باره ی این پرنده ها و مشخصات و رکوردهای آن‌ها به مرجع .. مراجعه نمایید.

طراحی هواپیمای نیروی انسانی در دانشگاه ناگویا[23] ژاپن

دانشگاه ناگویا نیز از سایر دانشگاههای ژاپن پیروی نموده و در دانشکده ی هوافضای این دانشگاه نیز همواره حداقل یک تیم برای هواپیماهای نیروی انسانی وجود داشته است. هر چند عموما هواپیماهای نیروی انسانی ژاپنی به هم نزدیکند و به نظر نمی‌رسد در زمینه طراحی نوآوری داشته باشند اما شاید بتوان مهمترین هدف از پیگیری ساخت این هواپیماها در دانشگاههای ژاپن را ایجاد روحیه ی کار تیمی، شور و شوق دانشجویی و یادگیری اصول طراحی و هوافضا دانست.

تصویر هواپیمای تیم shinkan۰۹ از دانشگاه ناگویا



تصویر بال هواپیمای تیم shinkan۰۹ از دانشگاه ناگویا

تصویر سازه شاسی هواپیمای تیم shinkan۰۹ از دانشگاه ناگویا

23 *Nagoya University*

طراحی هواپیمای نیروی انسانی در دانشگاه تاهوکو[24] ژاپن

هر ساله یک یا چند تیم از این دانشگاه برای رقابتهای رالی بردمن فرستاده می‌شود که در سال ۲۰۰۷ در سی امین دوره ی این رقابتها در ژاپن تیم Windnauts توانست جایزه ی این رقابتها را با پروازی به مسافت ۲۸.۶ کیلومتر از آن خود کند.

شکل .. تصویر هواپیمای تیم Windnauts از دانشگاه تاهوکو

طراحی هواپیمای نیروی انسانی در دانشگاه یوکوهاما[25] ژاپن

شکل .. تصویری از یک هواپیمای ساخته شده در دانشگاه یوکوهاما

عمده نمونه‌های ساخته شده در این دانشگاه هم برای مسابقات رالی برد من بوده است. نمونه‌ای که در شکل .. ملاحظه می نمایید درواقع با هدف جلو بردن ایده ی هواپیماهای دکتر مک کریدی ساخته شده است و ملخ این هواپیما در جلوی بال قرار گرفته است (برخلاف نمونه‌های دکتر مک کریدی).

دیگر دانشگاههای ژاپنی مانند **Sakura**، **Osaka** ، **Sojo** ، **Tokai** و .. . هم در زمینه ساخت این پرنده ها با سایر دانشگاهها در حال رقابت هستند.

پروژه‌ی کول تراست (cool trust) گامی به سوی استفاده همگانی از این پرنده ها

این پروژه برای فراهم نمودن پرواز با این پرنده ها درپایگاههای همگانی بر فراز دریاچه ای در ژاپن آغاز شده است. تا سال ۲۰۰۹ چند نمونه از این هواپیما ساخته و تست شده‌اند و مدیر شرکت که از اعضای تیمهای دانشگاه نیهون بوده است امیدوار است که بتواند امکان پرواز با این پرنده ها را برای عموم مردم فراهم سازد. پرنده های ساخته شده در این شرکت تا کنون به

24 *Tohoku University*
25 *Yokohama NAT. UNIV.Aerospace*

رکوردهای بالاتر از بیست کیلومتر دست یـافته انـد. ادعـای سـازنده ی ایـن هواپیما این است که این شرکت اولین شرکتی است که تولید انبوه این پرنده ها را در دست اقدام دارد.

تصویری از تست تیرک اصلی هواپیمای کول تراست

تصویر محل در نظر گرفته شده برای آغاز پرواز این پرنده در کنار دریاچه

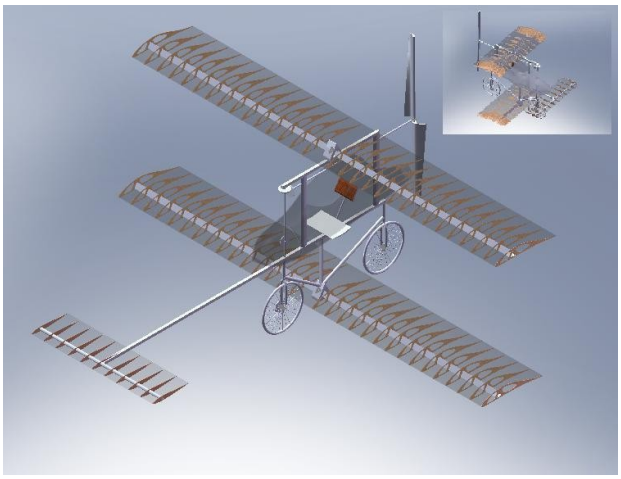
پروژه ی فرناس اولین نمونه ی ایرانی:

سال ۱۳۷۸ یک تیم از دانشگاه صنعتی شریف برای شرکت در این مسابقات هواپیمای نیروی انسانی برای ورزش تشکیل شد(تیم فرناس) که نهایتا موفـق به اجرای طرح نگردید. بعد ها طراحی این هواپیما پس از بازنگری به ساخت یک نمونه از آن درشرکت صنایع هوایی قدس ایران توسـط واحـد هوافضـای جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف منجـر شـد کـه البتـه نتوانسـت بـه خواسته‌های این مسابقه دست یابد.

شکل .. هواپیمای فرناس

پروژه ی فراز یک نمونه ی کاملاً کاربردی از این پرنده ها:

طرح ساخت هواپیمای نیروی انسانی با قابلیت جمع شدن بال و اسـتفاده بـه عنوان دوچرخه از سال ۱۳۸۶ با آغاز تحقیقـات در دانشـگاه صـنعتی شـریف کلید خورد. مأموریت پرنده، انجام برخاست بـدون نیـاز بـه کمـک جـانبی از طریق انتقال نیروی پا به چرخ (عموماً برخاست این هواپیماهـا بـا هـل دادن نفرات کمکی صورت می‌گیرد که تعادل عرضـی هواپیمـا را نیـز برقـرار مـی نمایند)، داشتن پرواز متعارف برای این پرنده‌ها (کـروز در ارتفـاع پنـج مـتر) همراه با کنترل کافی و ایمنی قابل قبول و عملکرد معمول در حالت دوچرخه همراه با قابلیت باز و بسته نمودن بالها بدون نیاز بـه پیـاده شـدن خلبـان در حالت تاکسی است. این مأموریت، علاوه بـر کـاربرد ورزشـی بـرای هواپیمـا، قابلیت استفاده از آنرا به عنوان یک وسـیله گردشـگری در کنـار دریـاچه‌هـا، تالاب‌ها و جاذبه‌های تاریخی و طبیعی فراهم مـی‌آورد. در صـورت دسـتیابی پرنده به ایمنی قابل قبول امکان استفاده از آن برای سفرهای بین شهری نیـز برای گردشگران مهیا خواهد بود. بر اساس آمار سرعت کـروز در پـرواز چهـل کیلومتر بر ساعت و سرعت حرکت در حـالت پایـای دوچرخـه، سـی و پنـج کیلومتر بر ساعت تخمین زده شده است.



شکل .. مدل کامپیوتری هواپیمای نیروی انسانی فراز

مراجع :

1) *Human Powered Aircraft of Japan,Kouichi Nakamura,The Human Powered Aircraft Group Symposium,Held at the Royal Aeronautical Society, London,16th January 1992.*
2) *Mark Drela ,"Aerodynamics of Human-Powered Flight" , Annual Review of Fluid Mechanics ,Vol 22: 93-110, January 1990*
3) *D r. Wilkie , "Man as an Aero Engine". Journal of The Royal Aeronautical Society,Vol 64 No. 596, August 1960*
4) *P.B.S. Lissaman, H.R. Jex,P.B. Maccready "Aerodynamics of flight at speeds under 5m/s", Man-Powered. Aircr. Group Symp., 3rd, pp. 83-. 123,1979*
5) *Human Powered Aircraft Specifications, Human Powered Aircraft Site, viewed 30 September 2009* <**http://www.propdesigner.co.uk/index.html**>
6) *Royal Aeronautical Society web site ,viewed 30 September 2009,*<**www.raes.org.uk**>
۷) *طراحی مفهومی هواپیمای نیروی انسانی با بالهای جمع شونده (Morphing HPA) ، محسن بهرامی و افشین بنازاده، نهمین کنفرانس هوافضای ایران تهران*
8) **http://www.yokohama-aerospace.com**
9) **http://en.wikipedia.org/wiki/Gossamer_Albatross**
10) *http://en.wikipedia.org/wiki/Kremer_prize*
11) *http://www.raes.org.uk/cmspage.asp?cmsitemid=SG_Hum_Pow_Home*
12) *http://www.deutsches-museum.de/en/flugwerft/collections/propeller-driven-planes/musculair-۲/*