



آشنایی با هواپیما

آشنایی با اصول پرواز، اجزا و اصطلاحات هواپیما



مرکز مهندسی هوافضا
@ASECIR
WWW.ASEC.IR



کتابچه آموزشی آشنایی با هواپیما امین رشیدشمالی

موضوعات: مقدمه ای بر طراحی هواپیمای مدل - اصول پرواز - سیستم پروازی هواپیما -
اجزای هواپیما - اصطلاحات رایج

راههای ارتباطی:

سایت: www.ASEC.ir

ایمیل: info@asec.ir

ایتا: <https://eitaa.com/Asecir>

بله: <https://ble.ir/asecir>

رووبیکا: https://rubika.ir/asec_ir

این اثر، رایگان توسط **مرکز مهندسی هوافضا** تولید شده است و هر کس می تواند
به صورت رایگان آن را منتشر کند.

فهرست مطالب

۶	هدفم از این کتاب
۷	هدفم چه بود؟
۷	این کتاب برای چه کسانی است؟
۷	این کتاب چه محتوایی دارد؟
۸	قدم بعدی چیست؟
۹	مقدمه ای بر طراحی هواپیما
۱۱	تحقیق و مطالعه
۱۲	انتخاب نوع هواپیما و مأموریت
۱۲	مشاهده انواع طرح ها
۱۳	انتخاب مواد
۱۳	تخمین وزن و قدرت موتور
۱۴	طراحی بال
۱۴	طراحی دم
۱۴	طراحی بدنه
۱۵	کنترل و پایداری
۱۵	مرحله نهایی
۱۷	اجزای هواپیما
۱۸	بال
۱۹	بدنه
۱۹	سیستم پیشرانش
۲۰	ارابه فرود
۲۰	پایدار کننده افقی
۲۰	پایدار کننده عمودی
۲۱	بالک فلپ
۲۱	بالک ایلرون
۲۱	بالک الویتور
۲۲	بالک رادر
۲۲	سیستم پروازی
۲۴	پرواز هواپیما
۲۷	ایرفویل
۲۸	خط وتر (Cord line)
۲۹	خط انحنای میانه (mean camber line)

۳۱.....	بال
۳۲.....	مساحت بال (S)
۳۲.....	ایرفویل (مقطع بال)
۳۳.....	دهانه بال (b-wing span)
۳۴.....	نسبت منظری (AR-Aspect Ratio)
۳۵.....	نسبت مخروطی (Taper Ratio)
۳۵.....	زاویه عقبگرد یا جلوگرد (Sweep back or Sweep forward)
۳۶.....	پیچش (Twist)
۳۷.....	زاویه نصب بال (wing incidence)
۳۸.....	دم
۳۹.....	دم عمودی
۳۹.....	دم افقی
۴۰.....	اهمیت طراحی دم
۴۱.....	سیستم پیشرانش
۴۲.....	موتورهای الکتریکی
۴۳.....	موتورهای براشلس (Brushless Motors)
۴۴.....	موتورهای براش (Brushed Motors)
۴۴.....	موتورهای سوختی
۴۵.....	انواع موتورهای سوختی
۴۶.....	از چه سوختی استفاده می کنند؟
۴۶.....	ملخ، بخش مهم موتور
۴۸.....	ارابه فرود
۴۹.....	ارابه فرود (Landing Gear)
۴۹.....	چرخ های هواپیمای مدل
۵۰.....	جنس ارابه فرود
۵۰.....	نصب و تنظیم
۵۱.....	محورها و حرکت های هواپیما
۵۳.....	حرکات انتقالی هواپیما
۵۳.....	حرکات دورانی هواپیما
۵۴.....	زاویه حمله (Angle of Attack)
۵۵.....	اصلا زاویه حمله برای چیست؟
۵۶.....	ساختار سازه ای بال، بدنه
۵۷.....	بدنه هواپیما چه اجزای سازه ای دارد؟
۵۸.....	فریم
۵۸.....	استیفنر

۶۱	سیستم پروازی هواپیمای مدل
۶۲	دستگاه رادیو کنترل
۶۳	سروو (Servo)
۶۴	باتری لیتیوم پلیمر (LiPo)
۶۵	موتور براشلس (Brushless Motor)
۶۵	اسپید کنترل (ESC)
۶۸	اصطلاحات رایج در هواپیمای مدل و گلايدر

هدفم از این کتاب



هدفم چه بود؟

چند وقتی است که نگارش کتاب طراحی گلایدر را به پایان رساندم و منتشرش کردم. این کتابچه آموزشی را نوشتم تا یک پیش زمینه برای علاقه‌مندان به مطالعه آن کتاب باشد. همچنین کسانی که به طراحی و هواپیمای مدل علاقه مند هستند. شاید برخی آشنایی با اصطلاحات و اجزای هواپیما نداشته باشند. در فضای اینترنت هم مطالب به صورت پراکنده موجود است. پس تصمیم گرفتم که درباره هواپیما مطالب را منسجم کنم و مقدماتی را با رویکرد هواپیمای مدل برای شما بیان کنم.

این کتاب برای چه کسانی است؟

این کتابچه آموزشی را برای کسانی نوشتم که می خواهند وارد دنیای زیبای پرواز شوند. می دانم که خیلی از خوانندگان کتاب علاقه دارند هواپیما طراحی کنند، بسازند و پرواز دهند. برای رسیدن به این هدف باید قدم به قدم پیش رفت.

این کتاب را برای علاقه‌مندان به هواپیمای مدل و گلایدر نوشتم تا در مرحله اول بتوانند با هواپیما و اجزای آن آشنا شوند. اگر با اجزا و اصطلاحات هواپیما آشنایی ندارید این کتاب را به شما پیشنهاد می‌کنم. یک قدم خوب برای ورود به دنیای هواپیمای مدل.

این کتاب چه محتوایی دارد؟

در این کتاب به موضوعات مختلف پرداختم. ابتدا درباره طراحی هواپیما صحبت کردم. مطالبی را بیان کردم که بدانید چطور یک

هواپیما را طراحی کنید. با خواندن این فصل خواهد فهمید که در آینده، باید چه قدم هایی برای طراحی بردارید.

در فصل های بعدی اجزای هواپیما و زیر مجموعه های آن مثل دم، بال، بدنه، سیستم پیشرانش، سیستم پروازی و ارا به فرود توضیح داده شده است. در انتهای کتاب هم برخی از اصطلاحات رایج در هواپیمای مدل و گلايدر را ارائه دادم. اگرچه می دانم که گستره اصطلاحات فراتر از این است اما تا همین حد از من بپذیرید!

قدم بعدی چیست؟

پس از مطالعه این کتاب به شما پیشنهاد می کنم که کمی در زمینه ساخت و پرواز گلايدر تجربه کسب کنید و بعد از آن می توانید شروع به طراحی کنید. یعنی هرچه دوست دارید با هندسه های مهیج طراحی کنید و از پرواز آن لذت ببرید. در این مسیر ما کنار شما هستیم. برای استفاده از آخرین مطالب آموزشی می توانید به [سایت](#) و یا [کانال های](#) ما سر بزنید.

پیشنهاد می کنم که از گلايدر صفحه ای شروع کنید و چند نمونه از این گلايدر ها را بسازید. اگر نقشه یا روش ساخت خواستید به ادمین کانال پیام دهید تا در اختیار شما قرار دهد. سپس طراحی را شروع کنید و گلايدر های جذاب طراحی کنید. دلیلم برای اینکه از گلايدر شروع کنید این است که هزینه اش کمتر است و هم پیچیدگی کار در این مرحله کم است. اگر طراحی و ساخت گلايدر را با موفقیت پشت سر بگذارید آن موقع می توانید با قدرت و دید بازتر به طراحی و ساخت هواپیمای مدل بپردازید که بسیار هیجان انگیز تر است. برای مطالعه طراحی گلايدر می توانید [اینجا](#) کلیک کنید.

مقدمه ای بر طراحی هواپیما



طراحی هواپیمای مدل یک فرآیند جذاب و خلاقانه است که می‌تواند به شما کمک کند تا درک بهتری از اصول پرواز و مهندسی هوافضا پیدا کنید. می‌دانم که الان به این فکر می‌کنید که برای طراحی باید روابط پیچیده‌ای یاد بگیرید. اما این طور نیست. یک اصل مهم در طراحی تجربه است. طراح خوب تجربه‌کننده‌ی خوبی است.

خب حالا باید از کجا شروع کنید. برای شروع طراحی پیشنهاد می‌کنم که گام‌های کوچک و استوار بردارید. خوب میدانید که در شرایط اقتصادی امروز اصلاً به صلاح نیست که هزینه چندین میلیونی کنید و یکباره پرنده‌ای که طراحی کردید را به فنا دهید! پیشنهادم این است که از ساخت یک گلایدر کوچک شروع کنید تا اول با قوانین پرواز آشنا شوید بعدش وارد دنیای طراحی شوید. به این دلیل اصرار می‌کنم که اول چند نمونه بسازید چون تا تجربه ساخت و پرواز نداشته باشید دید مناسب در طراحی نخواهید داشت.

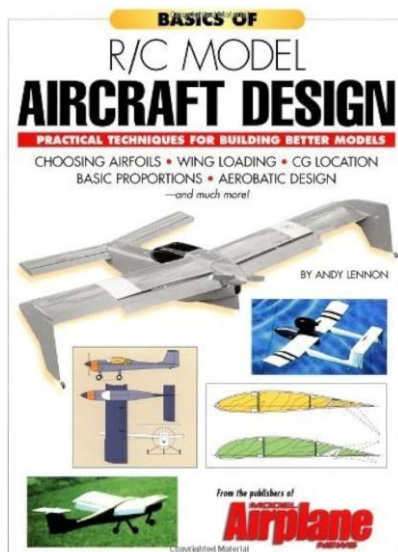
یک طراح گلایدر و هواپیمای مدل، باید طرح‌های زیادی دیده باشد و با اصول پرواز و اجزای هواپیما آشنا باشد. یادم می‌آید وقتی در اوایل این مسیر بودم یکباره رفتم دنبال ساخت یک هواپیمای مدل بدون اینکه اطلاعی از فوت و فن‌های پرواز پرنده موتور دار داشته باشم. نتیجه این شد که در همان پرتاب اول پرنده من شکست و بد توی ذوقم خورد. اما اگر آن موقع چند نکته ساده را رعایت می‌کردم به هدفم می‌رسیدم.

دوباره تاکید می‌کنم بعد از اینکه چند تجربه ساخت و پرواز داشتید طراحی را شروع کنید. این کار باعث می‌شود که خود به خود اشکالات، نیازها و تجربه‌ها را بفهمید و با چشمانی باز وارد دنیای طراحی شوید.

خب حالا برویم سراغ طراحی! در اینجا چند قدم برای شروع طراحی هواپیما و گلایدر را برای شما می‌گویم، امیدوارم برایتان مفید باشد:

تحقیق و مطالعه

قبل از شروع طراحی، مطالعه در مورد اصول پرواز، آیرودینامیک و مواد مورد استفاده در ساخت هواپیما بسیار مهم است. این اطلاعات به شما کمک می‌کند تا طراحی بهتری داشته باشید. همین کتاب که پیش روی شماست به شما برخی نکات اولیه در مورد پرواز و جزئیات هواپیما را آموزش می‌دهد. در همین جا یک کتاب بسیار خوب درباره طراحی هواپیمای مدل به شما معرفی می‌کنم. البته این کتاب به زبان انگلیسی هست. برای تهیه رایگان کتاب به ادمین کانال مرکز مهندسی هوافضا پیام دهید.



در صورت اطلاعات بیشتر در زمینه هواپیما، اصول ساخت و پرواز آن به سایت [مرکز مهندسی هوافضا](#) سری بزنید و از [مطالب آموزشی](#) آن استفاده کنید. همچنین در کانال ما ([ایتا](#)، [بله](#) و [روییکا](#)) می‌توانید عضو شوید و مشاوره بگیرید.

انتخاب نوع هواپیما و مأموریت

ابتدا باید تصمیم بگیرید که دنبال چه نوع هواپیمایی هستید. آیا یک هواپیمای سرعتی، آموزشی و یا یک هواپیمای بدون سرنشین؟ هر نوع هواپیما نیازهای خاص خود را دارد. اگر در ابتدای راه هستید پیشنهاد می‌کنم به طراحی گلايدر فکر کنید. یا یک هواپیمای آموزشی را انتخاب کنید. هواپیمای آموزشی پیکربندی با دم معمولی دارد و بالهایش روی بدنه نصب می‌شود. اگر در اینترنت هواپیمای مدل trainer را جستجو کنید طرح هایش را می‌بینید.



مشاهده انواع طرح‌ها

بررسی انواع طرح‌های هواپیمای مدل و ایده گرفتن از آنها بسیار مهم است. یک طراح ابتدا باید از تجربیات دیگران درس بگیرد. هر کدام از هواپیماهای مدل که مشاهده می‌کنید حاصل تجربه و علم یک طراح با تجربه بوده است. که طرح آن به راحتی در اختیار شماست. چرا از این طرح‌ها استفاده نکنیم. پس سعی کنید با جستجو و بررسی هواپیماها و گلايدرهای مختلف از آنها الگو بگیرید. پیشنهاد من این است که این پارامترها را از هواپیماهای مدل و گلايدر ثبت کنید: تصویر از بالای هواپیما، طول دهانه بال، مساحت بال، وزن هواپیما، نوع و قدرت موتور. اگر اطلاعات دیگری هم از آن وجود داشت ثبت کنید. خلاصه یک روزی بدردتان خواهد خورد!

در این زمینه دانلود [نقشه های گلايدر](#) و [هواپیمای مدل](#) هم خیلی به شما کمک می کند. معمولا داخل نقشه ها اطلاعات خوبی از هواپیما و گلايدر وجود دارد.

انتخاب مواد

چون در هواپیمای مدل و گلايدر وزن بسیار مهم است باید از مواد سبک و مقاوم استفاده شود تا هواپیما بتواند به خوبی پرواز کند. مواد مختلفی در ساخت هواپیمای مدل و گلايدر استفاده می شود. برای مثال چوب بالسا یکی از متداولترین مواد در ساخت مدل است. همچنین فوم برد نیز برای شروع بسیار خوب است. علاوه بر این استفاده از انواع فوم های کاردستی نیز برای ساخت گلايدر های کوچک، کاربردی هستند. در کنار این مواد باید با ابزارهای ساخت هم آشنا شوید. برای مثال چه چسبی مناسب اتصال اجزای گلايدر و هواپیماست. چسب فوم، چسب ۱۲۳ و چسب قطره ای و چسب حرارتی با توجه به ماده ای که در پرنده استفاده می کنید مناسب هستند.

تخمین وزن و قدرت موتور

شما باید در همین ابتدای کار، وزنی از هواپیما را حدس بزنید. شاید بپرسید: چطور هنوز هیچ چیز را نمی دانیم وزن را حدس بزنیم!

برای همین می گویم تجربه بسیار مهم است. دلیل اینکه می گویم تجربه ساخت و پرواز داشته باشید برای همین است. وقتی شما پرنده ای ساخته باشید، به خوبی متوجه می شوید که باید چه وزنی برای آن در نظر بگیرید. اما نگران نباشید. راه دیگری هم هست! شما می توانید با جمع آوری اطلاعات مناسب از هواپیماهای دیگر نیز این اطلاعات را کسب کنید و تخمینی از وزن و مساحت بال آنها داشته باشید و از طریق این اطلاعات طراحی خود را شروع کنید. وقتی وزن را تخمین زدید می توانید از طریق پارامتر بارگذاری بال

(wing loading) مساحت بال را حساب کنید. همچنین باید موتور و قدرت آن را نیز انتخاب کنید. این مسئله با توجه به مأموریت، وزن و مساحت بال هواپیما تعیین می شود. یک وقت هست که شما دنبال یک هواپیمای آرام و بدون حاشیه هستید. اما زمان هایی هم وجود دارد که جوگیر می شویم و هواپیمایی پر سرعت و پر از حاشیه را انتخاب می کنیم! در هر حالتی باید موتور متناسب با آن را انتخاب کرد. نسبت قدرت به وزن هواپیما پارامتر مهمی است که باید در طراحی آن را تعیین کنید و بعد از آن به دنبال انتخاب موتور مناسب در بازار باشید. حالا وارد مرحله بعد می شویم.

طراحی بال

در طراحی بال باید پارامترهای مختلفی از قبیل انتخاب ایرفویل، نسبت منطری بال، نسبت مخروطی بال و ... را تعیین کنید. اگر با ایرفویل آشنا نیستید یا پارامترهای دیگر را نمی شناسید، ادامه کتاب را بخوانید. در بخش های بعدی این پارامترها را معرفی کرده ام تا آشنایی اولیه با اجزای هواپیما داشته باشید.

طراحی دم

بعد از طراحی بال می رسیم به طراحی دم. دمه‌های هواپیما شکلهای مختلفی مثل V ، T ، H و معمولی دارند. باید انتخاب کنید که چه شکلی را می خواهید استفاده کنید. تعیین مساحت و موقعیت دم افقی و عمودی نسبت به بال مرحله بعدی است که باید انجام دهید.

طراحی بدنه

طراحی بدنه بستگی به وزن و استحکام، مأموریت هواپیما و چینش اجزای داخلی آن دارد. اینکه موتور در کجای بدنه قرار می گیرد؟ جلو یا

عقب؟ باتری، سرووها و دیگر اجزای سیستم پروازی باید در کجا باشند؟ آیا هواپیما بال بالاست یا بال پایین؟ هندسه ارابه فرود چگونه است؟ اینها مسائلی است که شکل و هندسه بدنه را تعیین می کند. اگر شما از قبل تجربه ساخت داشته باشید به خوبی می توانید این مسائل را در طراحی بدنه لحاظ کنید. معمولا طراحی ارابه فرود هم در این مرحله انجام می شود. البته وجود ارابه فرود بستگی به انتخاب طراح دارد. برخی از مدل ها دست پرتاب هستند و هنگام فرود چرخ ندارند و با سینه روی زمین فرود می آیند. برخی دیگر نیز ارابه فرود دارند.

کنترل و پایداری

در این مرحله باید موقعیت مرکز ثقل هواپیما را تعیین کنید. اینکه مرکز ثقل باید کجای پرنده باشد نقشی مهم در تعیین پایداری و پرواز هواپیما دارد. موقعیت مرکز ثقل مسئله بسیار مهمی است. یک قاعده دم دستی به ما این را می گوید که مرکز ثقل معمولا در فاصله ۳۰ درصدی وتر متوسط از لبه حمله بال باشد.

در مرحله بعدی اندازه بالک های کنترلی هواپیما باید تعیین شود. موقعیت و مساحت بالکهای ایلرون، الویتور و رادر در پرواز مناسب هواپیما نقشی مهم دارند.

مرحله نهایی

بعد از اینکه طراحی شما نهایی شد می توانید هواپیمای خود را با نرم افزارهای مهندسی مدل کنید و نقشه آن را برای ساخت آماده کنید. اگر به نرم افزارهای مهندسی تسلط ندارید. می توانید به صورت دستی هم نقشه مورد نظر خود را بکشید و ساخت را شروع کنید.

برای برخی ها این مرحله، مرحله نهایی طراحی است. هواپیمای خود را به خوشی می سازند و از پرواز آن لذت می برند. اما برای برخی تازه شروع چرخه طراحی است! یعنی پس از اینکه هواپیمایشان را ساختند و می خواهند پرواز دهند، متوجه اشکالات طراحی شان می شوند. در این حالت باید دوباره به مراحل قبلی طراحی رجوع کنند و طرح خودشان را اصلاح کنند و دوباره در پرواز نتیجه طراحی شان را ببینند. و این چرخه را آنقدر تکرار کنند تا به پروازی لذت بخش از پرنده ای که حاصل خلاقیت شان بوده برسند.

نکته مهم: پس از ساخت مدل، اگر مهارت خلبانی هواپیمای مدل را ندارید دو راه دارید. یا پرنده خود را بدست یک فرد با تجربه در پرواز بسپارید و از پرواز هواپیمایتان لذت ببرید.

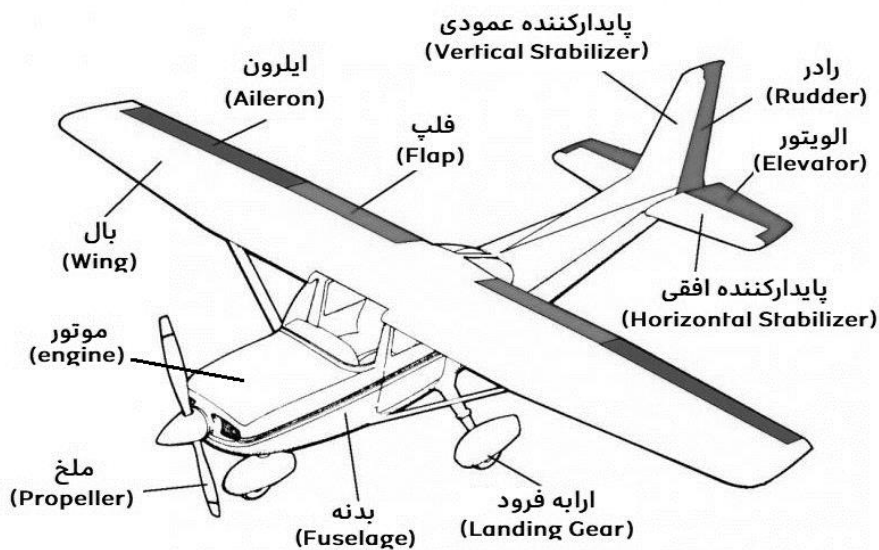
یا اینکه باید ساعتها با سیمولاتور پرواز تمرین کنید تا به پرواز مسلط شوید. بعد از آن اقدام به پرواز کنید. باز هم در پرواز اول توصیه می کنم یک نفر کار بلد در کنار دست خود داشته باشید!

اجزای هواپیما



اجزای اصلی هواپیما شش جزء است. بال، دم، بدنه، سیستم پیشرانش، ارا به فرود و سیستم پروازی. در اینجا به صورت مختصر درباره هر کدام صحبت میکنم و در فصلهای بعدی مفصلتر توضیح خواهم داد.

هواپیما علاوه بر اجزای اصلی اجزای فرعی بیشتری هم دارد که جزئیات آن را در تصویر زیر آورده ام. روی هواپیما اجزای فرعی وجود دارد که بهتر است کاربرد آنها را بدانید.



اجزای یک هواپیمای معمولی

بال

مهمترین جزء هواپیما برای پرواز، بال آن است. بال تولید نیروی برآ می کند. شکل و هندسه بال ها در عملکرد هواپیما بسیار تأثیرگذار

است. برای مثال هواپیماهای پرسرعت و مانورپذیر بال‌هایی پهن و کوچک دارند و هواپیماهای آموزشی و آرام بال‌هایی کشیده و بلند دارند.

بدنه

این جزء از هواپیما برای قرار گرفتن محموله و سیستم پروازی است. در هواپیماهای مسافربری، محموله شامل مسافران و بار آنها می‌شود و در یک هواپیمای جنگنده محموله شامل خلبان و سلاح‌های هواپیماست. در یک هواپیمای مدل، بدنه برای قرار دادن سیستم پروازی مثل سروو‌ها، موتور، رسیور و باتری است.

البته در بعضی از طراحی‌ها، بدنه و بال در هم ادغام شده است. برای مثال بال‌های پرنده یا پیکربندی blended wing and body اینگونه است.

سیستم پیشرانش

یک هواپیمای بال ثابت برای اینکه نیروی برآ روی بال ایجاد کند باید سرعت بگیرد. موتور قلب تپنده هواپیما برای سرعت گرفتن و بلند شدن از زمین است. هواپیما برای اینکه از زمین بلند شود و به صورت مداوم روی هوا بماند، نیاز به موتور دارد. امروزه در هواپیماهای سرنشین دار موتورهای پیستونی و توربینی کاربرد دارند. برای مثال موتورهای توربو فن، توربوپراپ و پیستونی بیشترین استفاده را در هواپیماهای سرنشین دار دارند. جدیداً موتورهای الکتریکی نیز گسترش زیادی پیدا کرده است.

در هواپیماهای مدل نیز سه نوع پیشرانش مرسوم است. موتورهای الکتریکی که اغلب براشلس هستند، موتورهای سوختی که اغلب

الکی هستند و موتورهای جت کوچک. همچنین ملخ قطعه پرکاربردی است که در سیستم پیشران‌ش استفاده می‌شود. در واقع ملخ نیروی دورانی موتور را به نیروی تراست تبدیل می‌کند.

ارابه فرود

ارابه فرود هواپیما مهمترین نقش را در فرود سالم هواپیما دارند. در هواپیماها چندین نوع ارابه فرود وجود دارد اما مرسوم ترین آنها استفاده از چرخ است. در هواپیماهای مدل سیستم ارابه فرود پیچیدگی هواپیماهای سرنشین دار را ندارد. با استفاده از ترکیب چرخ و میل فنر یا صفحه های آلومینیمی می توان ارابه فرود هواپیمای مدل ساخت.

پایدارکننده افقی

پایدارکننده افقی یا همان دم افقی در عقب هواپیما برای پایداری و تعادل هواپیما است. در هواپیماهای معمولی وجود دم افقی لازم است. در واقع دم افقی نیرو به سمت پایین تولید می کند تا هواپیما پایدار و متعادل بماند.

پایدارکننده عمودی

پایدارکننده عمودی یا همان دم عمودی برای پایداری سمتی هواپیماست. اگر دم عمودی نباشد در اثر یک اغتشاش یا باد جانبی، دماغه هواپیما به راحتی به سمت چپ یا راست حرکت می کند.

بالک فلپ

بالک فلپ که روی بال قرار دارد، برای افزایش نیروی برآ در هواپیماست. هواپیما هنگام برخاست و فرود که سرعتش کم است نیاز دارد نیروی برآی زیادی تولید کند برای همین این بالک ها خم می شوند و نیروی برآی بال را زیاد می کنند. هر دو بالک فلپ در یک جهت حرکت می کنند یا افقی هستند و یا با هم به سمت پایین خم می شوند.

بالک ایلرون

این بالک ها که روی بال هستند، جهت چرخش هواپیما حول محور بدنه است. وقتی که خلبان قصد دارد به سمت چپ یا راست حرکت کند از این بالک ها استفاده می کند. این بالک ها در نزدیکی نوک بال ها قرار دارند زیرا هر چقدر از مرکز ثقل هواپیما دورتر باشند گشتاور بیشتری تولید می کنند و با یک نیروی کم می توانند هواپیما را بچرخانند. در دو طرف بال، بالک ایلرون وجود دارد که بر خلاف هم خم می شوند.

بالک الویتور

الویتور روی دم افقی هواپیما قرار می گیرد. زمانی که خلبان قصد دارد دماغه هواپیما را بالا یا پایین بدهد از این بالک استفاده می کند.

بالک رادر

رادر روی دم عمودی قرار دارد و برای حرکت سمتی هواپیماست. یعنی اگر خلبان بخواهد دماغه را به سمت چپ یا راست حرکت دهد از رادر استفاده می کند.

سیستم پروازی

در هواپیماهای بزرگ سیستم پروازی شامل سیستم کنترل پرواز، سنسورها، سیستم ناوبری و سیستم های ارتباطی است. اما سیستم پروازی هواپیماهای مدل کمی متفاوت از هواپیماهای بزرگ و تجاری است. این سیستم ها شامل دستگاه رادیوکنترل و گیرنده، سروو موتورها، باتری و اسپیدکنترل می شود. در فصل های بعدی درباره هر کدام توضیح خواهیم داد.



آموزش قدم به قدم طراحی گلايدر

اولین گلايدر دست‌پرتاب خود را بدون پیش‌زمینه قبلی طراحی کنید

معرفی کتاب

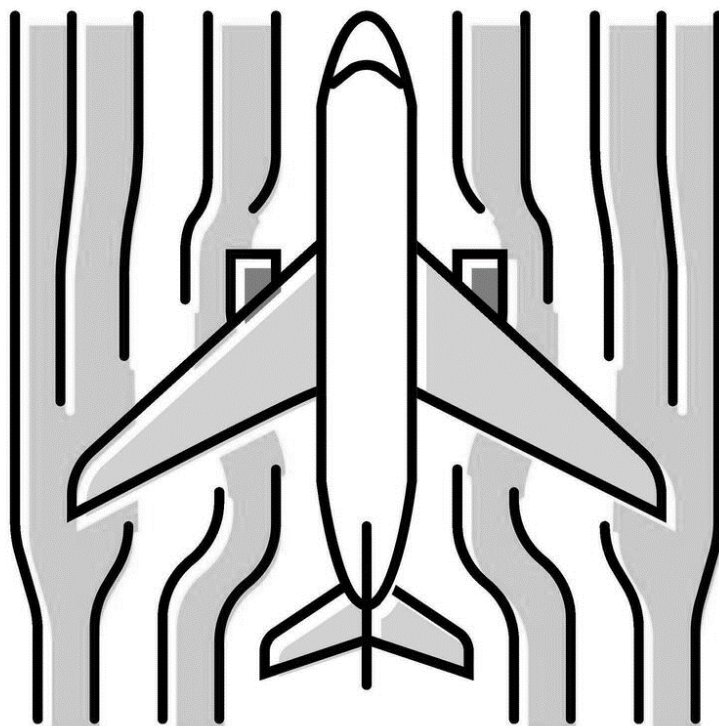
در منابع فارسی جای یک کتاب سرگرم‌کننده و علمی درباره گلايدر دست‌پرتاب خالی است. کتابی که به زبان ساده به شما یاد می‌دهد، چگونه یک پرنده را خلق کنید تا پرواز کند. کتابی که از شما یک طراح پرنده می‌سازد. البته فکر نکنید که طراح هواپیما می‌شوید! اما شروعی جذاب در طراحی پرنده‌های مدل خواهید داشت. مزیت این کتاب بیان مطالب علمی و طراحی به زبانی ساده است به طوری که علاقه‌مندان در رده‌های سنی بتوانند یک گلايدر دست‌پرتاب طراحی کنند.

این کتاب برای چه کسانی مفید است؟

- این کتاب برای دانش‌آموزهایی است که می‌توانند خالق یک پرنده باشند و با طراحی آن احساس غرور کنند.
- برای دانشجو‌هایی است که به دنبال یک ایده یا پروژه علمی جمع‌وجور هستند و می‌خواهند مهندسی را در عمل ببینند.
- برای پدر و مادرهایی است که دوست دارند یک اسباب‌بازی خلاقانه برای فرزندشان درست کنند.
- برای کسانی است که علاقه ندارند طرح‌های کپی شده را در مسابقات گلايدر درست کنند.
- این کتاب برای معلمانی است که دوره هوافضا را در مدارس تدریس می‌کنند.
- در نهایت برای همه علاقه‌مندان به واژه زیبایی پرواز است، کسانی که می‌خواهند وارد دنیای پرواز شوند.

برای خرید کتاب اینجا کلیک کنید

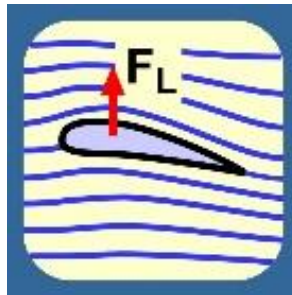
پرواز هواپیما



هواپیما چرا پرواز می کند؟

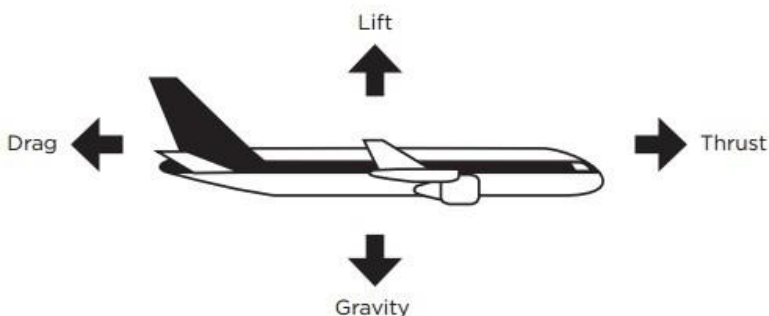
دلیل اصلی پرواز هواپیما و هر پرنده‌ای، بال‌های آن است. بال ایجاد نیروی بالابرنده ای می کند که به آن نیروی برآ یا لیفت می گویند. این نیروی حول همه اجسام ایجاد می شود ولی با توجه به شکل و هندسه اجسام می تواند کم یا زیاد باشد.

اما شکلی که در بال هواپیما مرسوم است و نیروی برآی خوبی تولید می کند مقطعی شبیه ماهی دارد:



این مقطع معروف به ایرفویل است وقتی هوا از بالا و پایین ایرفویل رد می شود اختلاف فشار پیدا می کند و به همین دلیل نیروی برآ ایجاد می شود. برای اینکه اطلاعات بیشتری درباره نیروی برآ پیدا کنید [این فیلم را ببینید](#).

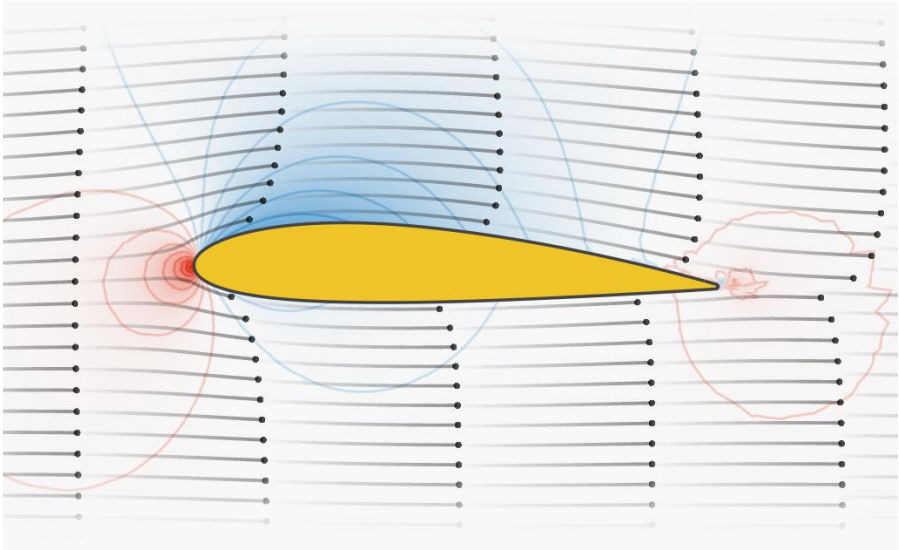
اما همه ماجرا این نیست. روی هر جسم پرنده ای از جمله هواپیما ۴ نیرو وارد می شود. این نیروها برآ، پسا، پیشران و وزن هواپیما هستند.



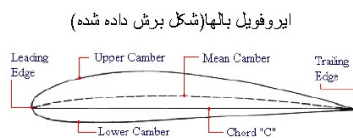
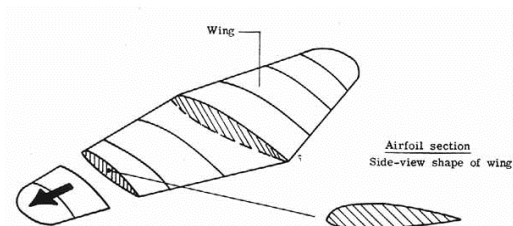
نیروی پسا هم مثل نیروی برا در اثر جریان هوا روی جسم به وجود می آید. پسا نیروی مقاومت هوا در برابر جسم پرنده است. وقتی با دوچرخه یا موتور در حال حرکت هستید این نیرو را متوجه می شوید. یا وقتی دست خود را از ماشین در حال حرکت بیرون می آورید حس می کنید که این نیرو دست شما را به عقب می راند. برای اینکه با این نیرو بیشتر آشنا شوید [این فیلم را ببینید](#).

نیروی دیگر که خیلی مهم است، نیروی پیشران است. در واقع تا زمانی که این نیرو نباشد هواپیما نمی تواند پرواز کند (یا خیلی روی هوا نمی ماند!) در واقع نیروی پیشران است که باعث می شود هواپیما سرعت بگیرد و نیروی برآ تولید شود.

ایرفویل



به مقطع هر جسمی که در جریان هوا قرار می گیرد، ایرفویل گویند. ایرفویل‌هایی که در شکل مشاهده می کنید، مقاطعی هستند که در بال هواپیما و یا در پره های ملخ موتور استفاده می گردند و ایجاد نیروی برآمی کنند. در اینجا قصد داریم اطلاعات فنی و حرفه ای درباره ایرفویل هواپیما را بررسی کنیم.



www.asac.ir

قسمت جلویی ایرفویل لبه حمله (Leading Edge) نامیده می شود و اولین محل تماس با هوا می باشد و از نظر طراحی ظرافت و حساسیت بالایی دارد. قسمت انتهایی، لبه ی فرار (Trailing Edge) نامیده می شود و مانند یک لبه ی تیز است و در انتهای این محل هوای قسمت بالایی و قسمت پایینی به یکدیگر می رسند. روی آن «سطح زیرین» یا «انحنای رویی» (Upper Camber) نامیده می شود و زیر آن «سطح زیرین» یا «انحنای زیرین» (Lower Camber) نامیده می شود.

خط وتر (Cord line)

خط مستقیمی که لبه ی حمله را به لبه ی فرار وصل می کند. طول خط وتر را با حرف c نشان می دهند.

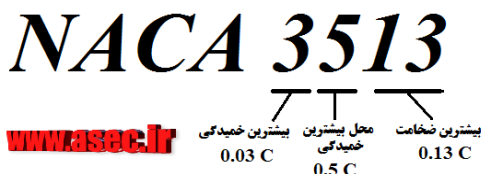
خط انحنای میانه (mean camber line)

خطی است که هر نقطه از آن به یک اندازه از مرزهای سطوح زیرین و رویی فاصله دارد و این فاصله‌ها عمود بر خط مرکزی اندازه‌گیری می‌شود. به بیان ساده‌تر خط میانی خطی است که شکل ایرفویل را به دو قسمت مساوی در جهت طول ایرفویل تقسیم می‌کند.

مقطع بال هواپیماها استاندارد گذاری‌های مختلفی دارد. یکی از معروفترین استانداردها مربوط به ایرفویل‌هایی موسوم به ناکا ([National Advisory Committee for Aeronautics](http://www.naca.gov) - NACA) می‌باشد. ایرفویل‌های ناکا سری‌های مختلفی دارند که در زیر هر کدام را به اختصار شرح می‌دهیم:

سری ۴ رقمی: رقم اول نشان‌دهنده بیشترین خمیدگی بر حسب صدم وتر - دومین رقم، فاصله نقطه بیشترین خمیدگی از لبه حمله بر حسب دهم وتر - دو رقم آخر، بیشترین ضخامت بر حسب صدم وتر

برای مثال در مقطع بال NACA 3513 اگر طول وتر را با C نمایش دهیم:



خانواده‌های مختلفی از ایرفویل‌ها توسط سازمان‌های طراحی و مراکز تحقیقاتی مختلف ارائه شده است که این ایرفویل‌ها حاصل

فعالیت‌های تجربی و یا محاسبات عددی می‌باشند. از مشهورترین آنها می‌توان به خانواده‌های زیر اشاره نمود:

NACA series 4, 5, 6 – Eppler – Clarck – AH (Althaus) – Boeing

برای درک بیشتر و آشنایی با سری‌های بعدی ناکا، به آدرسهای زیر بروید:

<http://www.ppart.de/aerodynamics/profiles/NACA4.html>

<http://people.clarkson.edu/~pmarzocc/AE429/The%20NACA%20airfoil%20series.pdf>

بال



در این فصل با بال هواپیما آشنا خواهید شد. اگر بخواهم بال هواپیما را خیلی ساده بیان کنم باید بگویم بال امتداد یافته یک ایرفویل است. در ایرفویل جریان دوبعدی را بررسی می کردیم ولی در بال، جریان سه بعدی می شود. در ادامه با اصطلاحات و مفاهیم بال هواپیما آشنا خواهید شد.

مساحت بال (S)

طراحان هواپیما معمولا، قبل از طراحی بال و مشخص کردن پارامترهای بال، مساحت مرجع بال را بدست می آورند. منظور از مساحت بال، مساحتی است که وقت از بالا به بال نگاه می کنید می بینید.

ایرفویل (مقطع بال)

همانطور که گفته شد انتخاب ایرفویل مناسب یکی از مهمترین فرایندهای طراحی بال هواپیماست. ایرفویل را هم می شود طراحی کرد و هم انتخاب کرد. طراحی ایرفویل کار سختی است و شرکت های بزرگ مثل بوئینگ و ایرباس معمولا برای خودشان ایرفویل های خاصی طراحی می کنند. اما برای ما بهتر است که از میان انبوهی از ایرفویلها، یکی را انتخاب کنی. خب شاید پرسید که چه ایرفویلی برای بال مناسب است؟ بستگی به ماموریت و شرایط هواپیمای شما دارد. مثلا اگه هواپیمای مورد نظر شما، برای سرعتهای کم طراحی شده است، باید به دنبال ایرفویل های سرعت پایین (low speed airfoil)

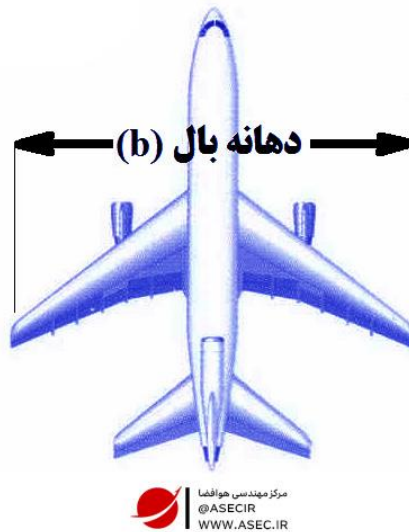
باشید. یا اگر هدف شما بالا بودن ضریب برآ باشد باید به دنبال ایرفویل های high lift بگردید.



دهانه بال (b-wing span)

مسافت مستقیم بین دو نوک بال هواپیماست. اگر در هواپیماهای مختلف دقت کرده باشید هر چقدر که هواپیما سریعتر حرکت کند، دهانه بالش کوچکتر است.

^۱ - در مورد ضرایب برآ و پسا فقط همین را بدانید که این ضرایب، مقدار توانایی بال در تولید نیروی برآ و پسا را نشان می دهند. با این ضرایب می توانیم بال های مختلف در اندازه های مختلف را مقایسه کنیم. بنابراین دانستن این ضرایب خیلی مهم هستند.



نسبت منطری (AR-Aspect Ratio)

این پارامتر به طور ساده مقدار پهنی و نازکی بال را نشان میدهد... یعنی بال با نسبت منطری بالاتر لاغر تر و کشیده تر است و با نسبت منطری پایین تر، پهن تر و کوتاه تر است.

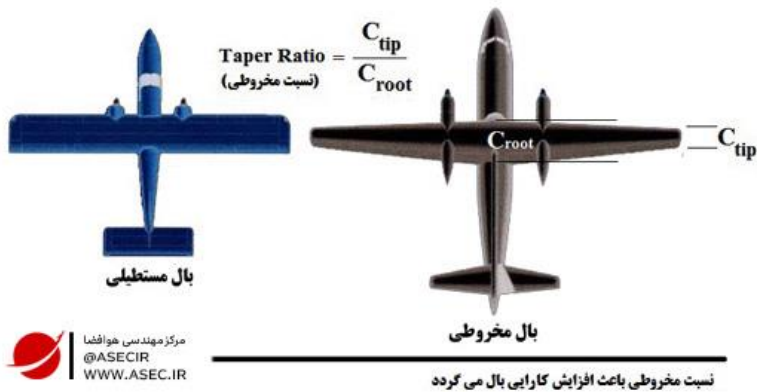


مقدار نسبت منطری از رابطه زیر بدست میاد:

$$AR = \frac{b^2}{S}$$

نسبت مخروطی (Taper Ratio)

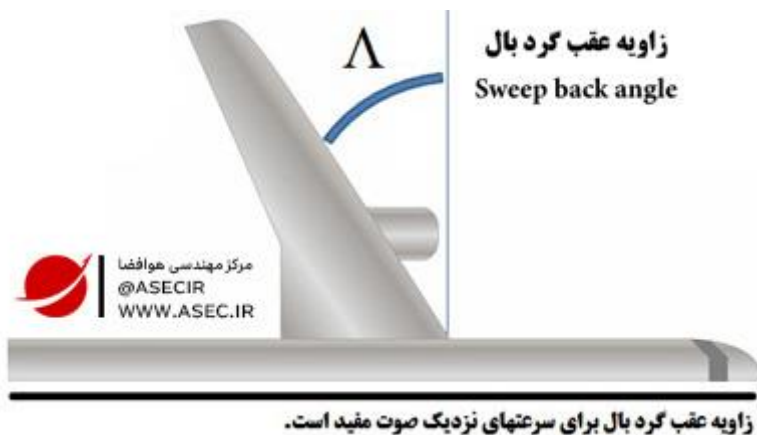
نسبت وتر نوک بال به وتر ریشه بال هست. وجود این پارامتر می تواند کارایی بال رو افزایش بدهد.



زاویه عقبگرد یا جلو گرد (Sweep back or Sweep forward)

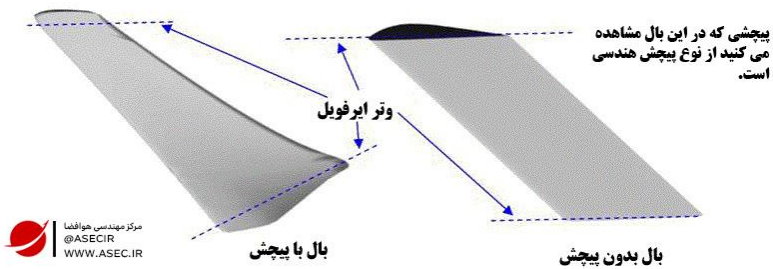
وقتی به بال این زاویه را میدهم، باعث زیبای بال می شود. اما فقط زیبایی عامل به کارگیری این زاویه نیست. عقب گرد بال باعث می شود که جریان روی بال دیرتر صوتی شود. این مسئله در هواپیماهای مسافربری مهم است. فایده دیگر آن اینست که جلوی استال ناگهانی هواپیما را می گیرد. این مسئله برای جنگنده ها بسیار

حیاتی است. البته زاویه عقب گرد در سرعت های پایین کارایی بال را کاهش می دهد.



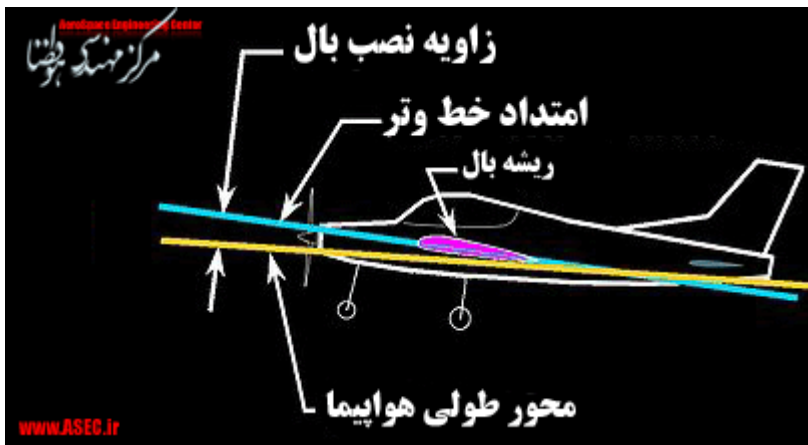
پیچش (Twist)

یک نوع از پیچش بال، این است که ایرفویل ها حول محور طولی بال چرخش داشته باشند (مطابق شکل زیر). به این نوع پیچش، پیچش هندسی میگویند. اما نوع دوم پیچش به این صورت است که نوع ایرفویل در جهت محور طولی بال تغییر کند... مثلاً در ریشه بال از ایرفویل ناکا ۲۴۱۴ و در نوک بال از ایرفویل ناکا ۰۱۲ استفاده شود. نوع دوم را پیچش آیرودینامیکی میگویند.

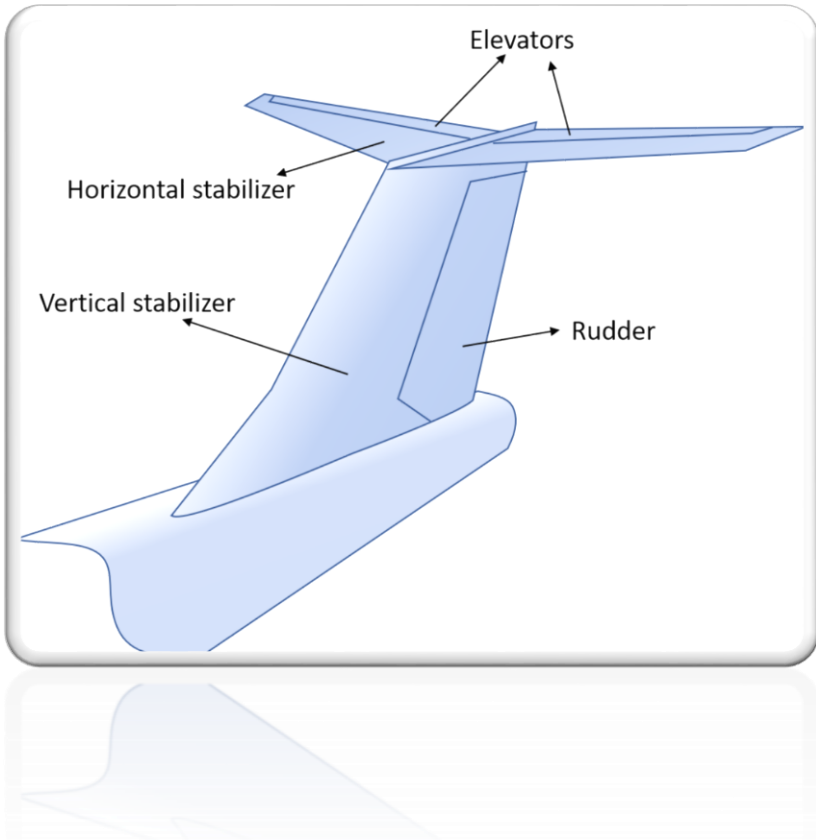


زاویه نصب بال (wing incidence)

زاویه ایست که وتر ریشه بال با محور طولی بدنه هواپیما پیدا می کند. معمولا معیار تعیین این زاویه، حالتی است که هواپیما در حالت پرواز سیر (cruise) باشد و بال بیشترین کارایی آیرودینامیکی را داشته باشد.



دم



دم هواپیما یکی از اجزای مهم آن است که نقش کلیدی در پایداری و کنترل پرواز دارد. دم هواپیما معمولاً شامل دو بخش اصلی است: دم عمودی و دم افقی.

دم عمودی

این بخش به شکل یک بال عمودی در انتهای هواپیما قرار دارد و به کنترل جهت پرواز کمک می‌کند. با تغییر زاویه این دم، خلبان می‌تواند هواپیما را به چپ یا راست بچرخاند. دم عمودی به دو دلیل اصلی اهمیت دارد:

کنترل جهت: با تغییر زاویه دم عمودی (رادر)، خلبان می‌تواند هواپیما را به سمت چپ یا راست بچرخاند. این کار به وسیله‌ی سطوح کنترلی به نام رادر (Rudder) انجام می‌شود که در دم عمودی قرار دارد.

پایداری: دم عمودی به حفظ پایداری هواپیما در حین پرواز کمک می‌کند. اگر هواپیما در اثر باد یا تغییرات دیگر به سمت چپ یا راست متمایل شود، دم عمودی به آن کمک می‌کند تا به حالت تعادل برگردد.

دم افقی

این بخش در زیر یا بالای دم عمودی قرار دارد و به کنترل ارتفاع و شیب پرواز کمک می‌کند. با تغییر زاویه دم افقی، خلبان می‌تواند هواپیما را به سمت بالا یا پایین هدایت کند. این دم نیز دارای سطوح کنترلی به نام الویتور (Elevator) است و خلبان به کمک آن دو کار زیر را انجام می‌دهد:

کنترل ارتفاع: با تغییر زاویه الویون، خلبان می‌تواند هواپیما را به سمت بالا یا پایین هدایت کند. این کار به تنظیم ارتفاع پرواز کمک می‌کند.

پایداری در ارتفاع: دم افقی همچنین به حفظ پایداری در ارتفاع کمک می‌کند. اگر هواپیما به سمت بالا یا پایین متمایل شود، دم افقی به آن کمک می‌کند تا به حالت تعادل برگردد.

اهمیت طراحی دم

طراحی دم هواپیما به گونه‌ای است که بتواند به بهترین شکل ممکن پایداری و کنترل را فراهم کند. مهندسان هوافضا با استفاده از شبیه‌سازی‌ها و آزمایش‌های مختلف، بهترین شکل و اندازه برای دم را تعیین می‌کنند تا عملکرد بهینه‌ای در شرایط مختلف پروازی داشته باشد. جزئیات طراحی دم هواپیما را در کتاب آموزش قدم به قدم طراحی گلایدر توضیح داده ام.

سیستم پیشرانش



سیستم پیشرانش هواپیماهای مدل معمولاً شامل یک یا چند موتور است که نیروی لازم برای پرواز را تأمین می‌کند. این موتورها می‌توانند از نوع الکتریکی یا سوختی باشند. در اینجا مقداری درباره این موتورهای و جزئیات آنها توضیح خواهم داد.

موتورهای الکتریکی

این موتورها معمولاً در هواپیماهای مدل کوچک و سبک استفاده می‌شوند. آن‌ها به باتری‌های قابل شارژ متصل هستند و به راحتی می‌توانند قدرت و سرعت پرواز را کنترل کنند.

موتورهای الکتریکی معمولاً صدای کمتری نسبت به موتورهای سوختی تولید می‌کنند. این موتورها نیاز به نگهداری کمتری دارند و به راحتی می‌توانند جایگزین شوند. همچنین کارایی بالاتری دارند.

اما این موتورها معایبی هم دارند. معمولاً موتورهای الکتریکی محدودیت زمان پرواز دارند، زمان پرواز به ظرفیت باتری بستگی دارد و نسبت به موتورهای سوختی محدودتر هستند. همچنین این باتری‌ها باید به طور منظم شارژ شوند.

توصیه من این است که اگر تازه وارد دنیای هواپیمای مدل شدید، بهترین گزینه استفاده از موتورهای الکتریکی است. وقتی از موتورهای الکتریکی استفاده می‌کنید لازم است که چند چیز دیگر نیز به همراه این موتورهای تهیه کنید. یکی از لوازم همراه موتور باتری است. موتورهای الکتریکی معمولاً به باتری‌های لیتیوم-پلیمر (LiPo) متصل می‌شوند. این باتری‌ها سبک و با ظرفیت بالا هستند و می‌توانند مدت زمان پرواز طولانی‌تری را فراهم کنند. در واقع موتور جریان بالایی نیاز دارد که این باتری‌ها می‌توانند آن را تأمین کنند.

وسیله دیگری که باید همراه موتور الکتریک در هواپیمای مدل استفاده کنید، اسپیدکنترل است. برای کنترل سرعت موتورهای الکتریکی، از اسپیدکنترل (ESC) استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها به خلبان اجازه می‌دهند تا سرعت موتور را به دقت تنظیم کند و به همین دلیل کنترل بهتری بر روی پرواز ایجاد می‌کند.

اما این موتورهای الکتریک به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند. موتورهای براشلس و موتورهای براش.

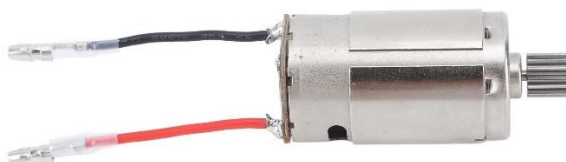
موتورهای براشلس (Brushless Motors)

این موتورها بدون برس کار می‌کنند و به همین دلیل عمر طولانی‌تری دارند و کارایی بالاتری ارائه می‌دهند. آن‌ها معمولاً در هواپیماهای مدل بزرگ‌تر و پیشرفته‌تر استفاده می‌شوند. اغلب مدل کاران از موتور براشلس در هواپیمای مدل استفاده می‌کنند. این موتور در بازار ایران به راحتی قابل تهیه است.



موتورهای براش (Brushed Motors)

این موتورها ساده‌تر و ارزان‌تر هستند، اما عمر کمتری دارند و کارایی آن‌ها نسبت به موتورهای براشلس پایین‌تر است. کمتر دیده شده که مدل کاران از این موتور استفاده کنند. اگرچه در بازار ایران این موتور هم قابل تهیه است ولی معمولاً اسپید کنترل مناسب با آن در ایران به سختی پیدا می‌شود.



موتورهای سوختی

این موتورها معمولاً در هواپیماهای مدل بزرگ‌تر و پیشرفته‌تر استفاده می‌شوند. آن‌ها از سوخت‌های مایع یا گازوئیل استفاده می‌کنند و قدرت بیشتری نسبت به موتورهای الکتریکی دارند. موتورهای سوختی در هواپیماهای مدل به دلیل قدرت و عملکرد بالا، گزینه‌ای محبوب برای بسیاری از خلبانان هستند. توصیه من به کسانی که در اول راه هستند این است که به سراغ موتورهای سوختی نروند. مقداری که حرفه‌ای شد، موتور سوختی تهیه کنید و از پرواز آن لذت ببرید.



این موتورهای معمولاً به سیستم‌های خنک‌کننده نیاز دارند تا دما را در حین کار کنترل کنند. برخی از موتورهای دارای سیستم خنک‌کننده هوا هستند، در حالی که برخی دیگر از سیستم‌های خنک‌کننده مایع استفاده می‌کنند.

موتورهای سوخت قدرت بالاتر و مدت زمان پرواز بیشتری نسبت به موتورهای الکتریکی دارند. در مقابل این موتورهای وزن بیشتر و صدای بیشتری دارند. البته صدای بیشتر برای بعضی‌ها مزیت است زیرا هیجان پرواز را دوچندان می‌کند! موتورهای سوختی نیاز به مراقبت بیشتری نسبت به موتورهای الکتریکی دارند و باید به صورت دوره‌ای تمیز شوند.

انواع موتورهای سوختی

موتورهای دو زمانه: این موتورهای معمولاً سبک‌تر و ساده‌تر هستند و در هواپیماهای مدل کوچک و سبک استفاده می‌شوند. آن‌ها در هر دو دور چرخش یک بار احتراق انجام می‌دهند.

موتورهای چهار زمانه: این موتورهای پیچیده‌تر و سنگین‌تر هستند، اما کارایی بالاتری دارند و معمولاً در هواپیماهای مدل بزرگ‌تر و

پیشرفته‌تر استفاده می‌شوند. در این موتورها، احتراق در هر چهار دور چرخش انجام می‌شود.

از چه سوختی استفاده می‌کنند؟

موتورهای احتراق داخلی معمولاً از سوخت‌های مخصوصی مانند سوخت‌های الکل یا گازوئیل استفاده می‌کنند. سوخت‌های مخصوصی برای این موتورها طراحی شده‌اند تا عملکرد بهینه و کارایی بالایی داشته باشند. در بازار ایران موتورهای سوختی الکی بسیار متداول است.

ملخ، بخش مهم موتور

قسمت مهم دیگر در سیستم پیشرانش هواپیمای مدل، ملخ‌ها هستند. ملخ‌ها با چرخش خود، هوا را به سمت عقب می‌رانند و به این ترتیب نیروی پیشرانش لازم برای پرواز را تولید می‌کنند. این عمل بر اساس قانون سوم نیوتن (عمل و عکس‌العمل) انجام می‌شود.



طراحی و اندازه ملخ‌ها بسته به نوع هواپیما و کاربرد آن متفاوت است. ملخ‌های بزرگ‌تر معمولاً برای تولید نیروی بیشتر و ملخ‌های کوچک‌تر برای سرعت و کارایی بهتر طراحی می‌شوند. برای مثال وقتی دور موتور بالاست بهتر است از ملخ‌های کوچک‌تر استفاده کنید. برای

مثال در مدل جنگنده اف ۲۲ که سرعتی است، از موتور دور بالا استفاده می کنند و ملخ آن کوچک است (ملخ ۵ اینچی)

ملخ ها معمولاً از مواد سبک و مقاوم مانند پلاستیک، چوب یا فیبر کربن ساخته می شوند. این مواد به کاهش وزن و افزایش کارایی کمک می کنند.

برخی از ملخ ها قابلیت تنظیم زاویه دارند که به خلبان اجازه می دهد تا نیروی تولیدی را تنظیم کند. این ویژگی به کنترل بهتر پرواز و بهینه سازی عملکرد کمک می کند.



ارابه فرود



ارابه فرود (Landing Gear)

ارابه فرود یکی از اجزای حیاتی و مهم در طراحی هواپیما است و ویژگی‌های خاصی دارد که به عملکرد ایمن و مؤثر آن کمک می‌کند. ارابه فرود باید بسیار مقاوم باشد تا بتواند وزن هواپیما را در زمان فرود و برخاست تحمل کند. با وجود استحکام، ارابه فرود باید سبک باشد تا بر وزن کلی هواپیما تأثیر منفی نگذارد. استفاده از مواد سبک و مقاوم مانند آلایاژهای فلزی و کامپوزیت‌ها در اینجا اهمیت دارد.

بسیاری از ارابه‌های فرود به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در زمان پرواز جمع شوند تا مقاومت هوا را کاهش دهند و به بهبود کارایی پرواز کمک کنند. این کار توسط سیستم‌های هیدرولیکی انجام می‌شود که به باز و بسته شدن آن‌ها کمک می‌کند. این سیستم‌ها باید قابل اعتماد و کارآمد باشند، [این فیلم را ببینید](#).

چرخ‌های ارابه فرود باید طراحی خاصی داشته باشند تا بتوانند بر روی سطوح مختلف فرودگاه حرکت کنند و در برابر سایش و فشار مقاومت کنند. همچنین ارابه فرود دارای سیستم‌های ترمز قوی است که به کاهش سرعت هواپیما پس از فرود کمک می‌کند.

چرخ‌های هواپیمای مدل

معمولاً طراحی ساده و سبکی دارند تا به راحتی بتوانند وزن کم و ابعاد کوچک هواپیما را تحمل کنند. این چرخ‌ها معمولاً از مواد سبک مانند پلاستیک یا فوم ساخته می‌شوند و به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بتوانند بر روی سطوح مختلف حرکت کنند. چرخ‌های هواپیمای مدل معمولاً به دو دسته تقسیم می‌شوند:

چرخ‌های ثابت: این چرخ‌ها در یک موقعیت ثابت قرار دارند و معمولاً در مدل‌های کوچک‌تر استفاده می‌شوند. این نوع چرخ‌ها به سادگی به بدنه هواپیما متصل می‌شوند

چرخ‌های متحرک: این چرخ‌ها می‌توانند در حین پرواز و فرود به سمت جلو یا عقب حرکت کنند تا یا اینکه در بدنه جمع شوند. این نوع چرخ‌ها معمولاً در مدل‌های پیشرفته‌تر و بزرگ‌تر استفاده می‌شوند و به بهبود کنترل و پایداری کمک می‌کنند.

جنس ارابه فرود

ارابه‌های فرود معمولاً از موادی مانند پلاستیک، فایبرگلاس یا آلومینیوم ساخته می‌شوند. انتخاب جنس مناسب بستگی به وزن و نوع هواپیما دارد. برای هواپیماهای سبک، معمولاً از مواد سبک‌تر استفاده می‌شود. در هواپیمای مدل دو جنس آلومینیوم و میل‌فبر کاربرد زیادی برای ارابه فرود دارند.

نصب و تنظیم

نصب ارابه فرود باید به دقت انجام شود تا تعادل هواپیما حفظ شود. مثلاً وقتی هواپیمای مدل یک چرخ در جلو و دو چرخ در عقب دارد، چرخ‌های عقب باید با فاصله معینی نسبت به مرکز ثقل نصب شوند تا فاز برخاست از زمین به راحتی انجام شود. همچنین، تنظیم زاویه چرخ‌ها و ارتفاع آن‌ها می‌تواند بر روی عملکرد پرواز تأثیر بگذارد.

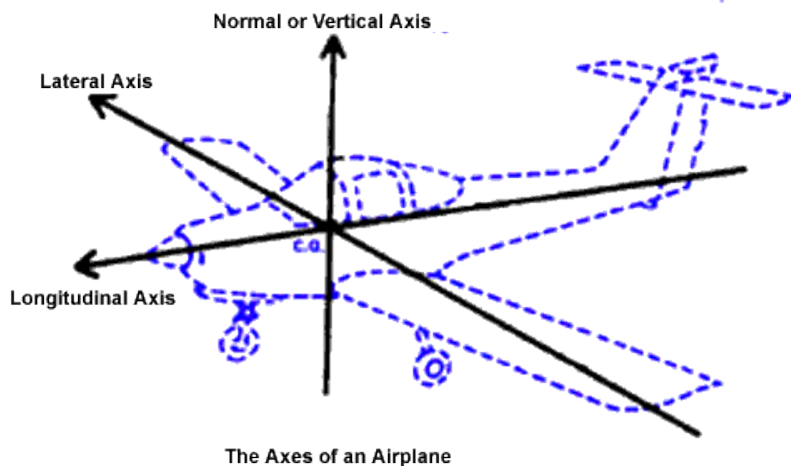
محورها و حرکت های هواپیما



محورهای حرکتی هواپیما

در این فصل می خواهیم به شما بگویم که هواپیما در چه محورهایی حرکت می کند. لازم است که اصطلاحات مربوط به حرکت ها و مانورهای هواپیما را بدانید.

هواپیما در هنگام پرواز می تواند ۶ حالت حرکتی داشته باشد که به اصطلاح می گویند هواپیما ۶ درجه آزادی دارد. سه حرکت اول از نوع انتقالی هستند و سه حرکت دیگر از نوع دورانی. برای فهم بهتر این موضوع سه محور روی هواپیما تعریف می شود به صورت شکل زیر:



محور طولی (Longitudinal axis): این محور در طول بدنه هواپیما است.

محور عرضی (Lateral axis): این محور در راستای بالهای هواپیماست.

محور عمودی (vertical axis): این محور هم عمود بر هواپیماست.

حرکات انتقالی هواپیما

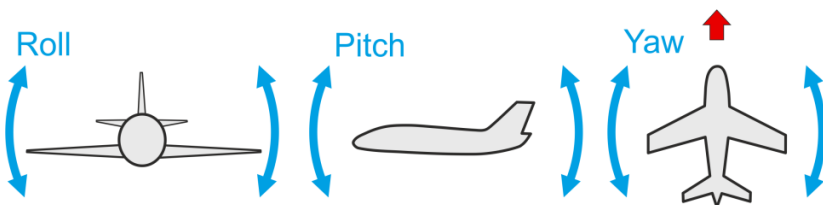
هواپیما در راستای هر کدام از محوره‌های فوق می‌تواند حرکت کند. یعنی به جلو حرکت کند. بالا یا پایین برود. به چپ و راست برود.

حرکات دورانی هواپیما

در این حالت هواپیما حول هر کدام از محوره‌های فوق دوران می‌کند. هر کدام از این دورانه‌ها اسم خاص خودشان را دارند که باید آنها را بدانید. وقتی هواپیما حول محور عرضی دوران می‌کند، می‌گوییم هواپیما Pitch زد. دوران Pitch، دماغه هواپیما را بالا یا پایین می‌برد.

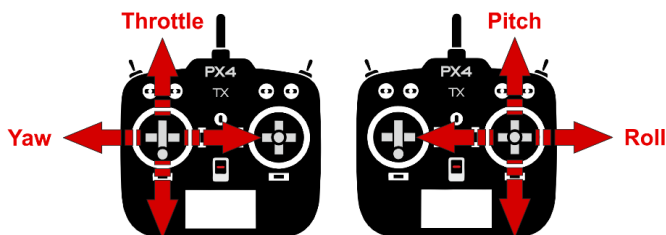
وقتی هواپیما حول محور طولی دوران می‌کند، می‌گوییم هواپیما roll زد. در دوران roll بالهای هواپیما حول محور طولی می‌چرخند. بیشتر خلبان‌ها برای اینکه هواپیما را به چپ یا راست حرکت بدهند از roll استفاده می‌کنند.

وقتی هواپیما حول محور عمودی دوران می‌کند، می‌گوییم هواپیما Yaw زد. این دوران دماغه هواپیما را به چپ یا راست حرکت می‌دهد. خلبانها برای انتقال‌های کوچک هواپیما به چپ یا راست از این دوران استفاده می‌کنند.



در دستگاه رادیوکنترل که با آن هواپیمای مدل و گلایدر هدایت می‌شود حرکات دورانی با اهرم‌های روی رادیوکنترل انجام می‌شود.

اهرم سمت راست رادیوکنترل اگر بالا یا پایین برود هواپیما حرکت pitch می زند. اگر همین اهرم چپ یا راست برود هواپیما حرکت Roll می زند. اهرم سمت چپ اگر به سمت چپ یا راست حرکت کند هواپیما حرکت Yaw می زند.



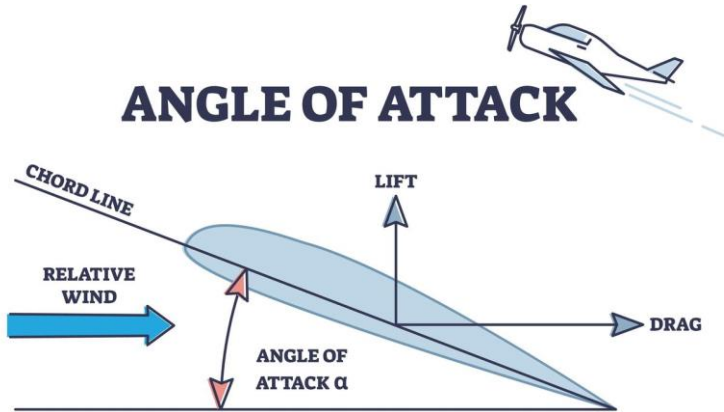
زاویه حمله (Angle of Attack)

اما یک موضوع مهم دیگر هست که در حرکت هواپیما بسیار مهم است و باید با اصطلاح آن آشنا شوید. منظورم زاویه حمله است. خیلی ها فکر می کنند که هواپیما در مسیر پرواز خود کاملاً افقی و بدون زاویه حرکت می کند. در حالی که این طور نیست. هواپیماها در مسیر پرواز خود می توانند زاویه کمی با راستای پرواز خود داشته باشند. اگر می خواهید این موضوع را خوب بفهمید به لحظه فرود هواپیما روی باند دقت کنید. در هنگام فرود دماغه هواپیما بالاست و به اصطلاح هواپیما با سینه در حالت نشستن است. همین وضعیت (اما با زاویه کمتر) در پرواز افقی هواپیما نیز می تواند وجود داشته باشد.



اصلا زاویه حمله برای چیست؟

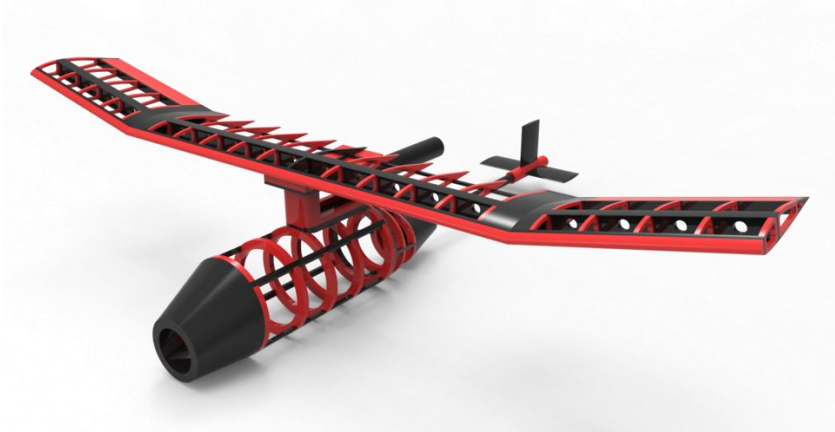
زاویه حمله بیشتر برای بال کاربرد دارد. اگر بخواهم به طور دقیق زاویه حمله را تعریف کنم زاویه ایست که خط وتر بال (chord line) با راستای حرکت هواپیما می سازد.



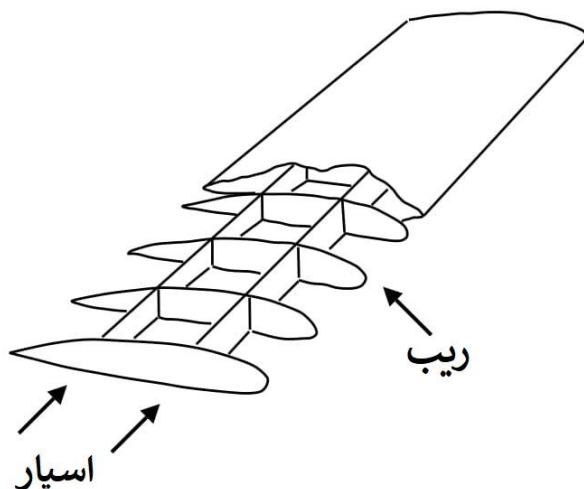
هر چقدر زاویه حمله بال بیشتر شود نیروی برآ و پسای آن بیشتر می شود. در هر هواپیما یا گلایدی یک زاویه حمله برای بال وجود دارد که در آن نسبت نیروی برآ به پسا بیشترین مقدار می شود. طراح هواپیما این زاویه را محاسبه می کند و بال را با این زاویه روی بدنه نصب می کند. همانطور که در فصل قبل گفتم این زاویه را زاویه نصب بال (angle of incidence) می گویند.



ساختار سازه‌ای بال، بدنه



ریب (Rib) و اسپار (Spar): ریب و اسپار هر دو اجزای مهم در سازه بال هواپیما هستند. ریب به عنوان ساختارهای عمودی در بال عمل می‌کند که به حفظ شکل بال کمک و نیروی لیفت را توزیع می‌کند. این اجزا معمولاً از مواد سبک و مقاوم ساخته می‌شوند و به بال استحکام می‌بخشند.



اسپار نیز یک تیر اصلی در بال است که بارهای اصلی را تحمل می‌کند. این ساختار به عنوان ستون فقرات بال عمل می‌کند و نیروی وارد شده به بال را به بدنه هواپیما منتقل می‌کند. هر دو این اجزا به هم کمک می‌کنند تا بال هواپیما استحکام و کارایی لازم را داشته باشد.

بدنه هواپیما چه اجزای سازه ای دارد؟

دو جزء مهم در ساختار بدنه هواپیما فریم ها و استیفنر ها هستند که به استحکام و پایداری آن کمک می‌کنند. این دو جزء در کنار هم سازه بدنه را تشکیل می‌دهد. طراح هواپیما باید با جزئیات این اجزا

آشنا باشد و بداند برای هر بدنه چه هندسه ای از فریم و استیفرنر استفاده کند. همچنین باید استحکام سازه ای آن را هم با توجه به وزن هواپیما در نظر بگیرد. در ادامه فریم و استیفرنر را توضیح می دهیم:

فریم

فریم‌ها به عنوان ساختارهای اصلی بدنه هواپیما عمل می‌کنند و معمولاً به صورت حلقه‌ای یا مستطیلی طراحی می‌شوند. این اجزا بارهای وارد شده به بدنه را توزیع می‌کنند و به حفظ شکل بدنه کمک می‌کنند. فریم‌ها معمولاً از مواد مقاوم و سبک مانند آلایاژهای آلومینیوم یا کامپوزیت‌ها ساخته می‌شوند. آن‌ها به بدنه هواپیما استحکام می‌بخشند و در برابر فشارها و تنش‌های ناشی از پرواز و فرود مقاومت می‌کنند.

استیفرنر

استیفرنرها به عنوان تقویت‌کننده‌های اضافی در بدنه هواپیما عمل می‌کنند و معمولاً در نواحی خاصی از بدنه قرار می‌گیرند. این اجزا به افزایش استحکام و کاهش انحنای تغییر شکل بدنه کمک می‌کنند. استیفرنرها معمولاً به فریم‌ها متصل می‌شوند و بارهای اضافی را تحمل می‌کنند. آن‌ها می‌توانند به صورت عمودی یا افقی طراحی شوند و معمولاً از مواد مشابه فریم‌ها ساخته می‌شوند.

به طور کلی، فریم‌ها و استیفرنرها با همکاری یکدیگر به ایجاد یک ساختار قوی و پایدار برای بدنه هواپیما کمک می‌کنند.



[@Asecir](#)

ایتا:

[@Asecir](#)

بله:

[@Asec_ir](https://www.instagram.com/Asec_ir)

روبیکا:

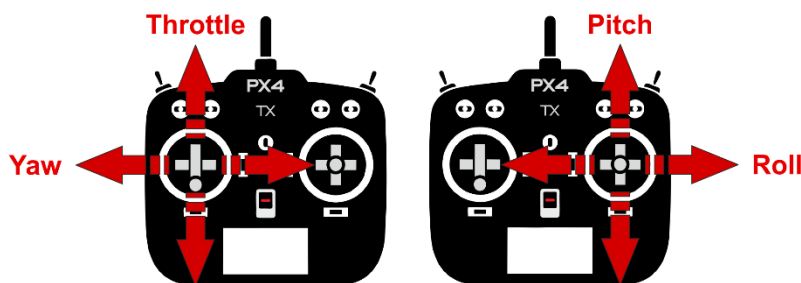
سیستم پروازی هواپیمای مدل



دستگاه رادیو کنترل

یک سیستم الکترونیکی است که به کاربران اجازه می‌دهد تا هواپیمای مدل خود را از راه دور کنترل کنند. این سیستم شامل دو جزء اصلی است که به شرح زیر هستند:

فرستنده (Transmitter): فرستنده یک دستگاه دستی است که کاربر از آن برای ارسال سیگنال‌ها به هواپیما استفاده می‌کند. این دستگاه معمولاً دارای دکمه‌ها و اهرم‌هایی است که به کاربر اجازه می‌دهد تا حرکات مختلف هواپیما را کنترل کند، مانند چرخش، ارتفاع و سرعت. همانطور که قبلاً گفتیم حرکت‌های دورانی هواپیما را می‌توانیم با اهرم‌های کنترلی انجام دهیم. همچنین نیروی موتور را می‌توانیم تغییر دهیم. اهرم سمت راست برای حرکت *pitch* و *roll* استفاده می‌شود و اهرم سمت چپ برای حرکت *Yaw* و تغییر نیروی موتور (*Throttle*) استفاده می‌شود.



گیرنده (Receiver): در داخل هواپیما نصب می‌شود و سیگنال‌های دریافتی از فرستنده را دریافت می‌کند. این دستگاه سیگنال‌ها را به دستورات قابل فهم برای موتور و سایر اجزای هواپیما تبدیل می‌کند.

سروو (Servo)

در گلايدر و هواپیمای مدل یک موتور کوچک و دقیق است که برای کنترل حرکات مختلف هواپیما استفاده می‌شود. این اجزا نقش بسیار مهمی در عملکرد و کنترل هواپیما دارند. در ادامه، ویژگی‌ها و کاربردهای سروو را توضیح می‌دهم 1:

عملکرد: سروو موتورها به دستورات دریافتی از گیرنده (Receiver) پاسخ می‌دهند و حرکات لازم را انجام می‌دهند. این موتورها معمولاً دارای یک محور چرخشی هستند که می‌تواند به دقت به موقعیت‌های مختلف حرکت کند

کنترل سطوح مختلف: سرووها برای کنترل سطوح مختلف هواپیما مانند بال‌ها (Ailerons)، دم (Rudder) و سطوح کنترل ارتفاع (Elevator) استفاده می‌شوند. با تغییر موقعیت این سطوح، هواپیما می‌تواند در هوا بچرخد، بالا و پایین برود و به سمت‌های مختلف حرکت کند

دقت و سرعت: سرووها به دلیل طراحی خاص خود، دقت و سرعت بالایی دارند و می‌توانند به سرعت به دستورات کاربر پاسخ دهند. این ویژگی‌ها به خلبان اجازه می‌دهد تا کنترل دقیقی بر روی پرواز هواپیما داشته باشد

انواع سروو: سرووها در انواع مختلفی وجود دارند، از جمله سرووهای آنالوگ و دیجیتال. سرووهای دیجیتال معمولاً دقت و سرعت بیشتری دارند

منبع تغذیه: سرووها معمولاً به منبع تغذیه نیاز دارند که معمولاً از باتری‌های قابل شارژ تأمین می‌شود. سرووها به عنوان اجزای کلیدی در سیستم رادیوکنترل گلايدر و هواپیماهای مدل، به خلبانان این امکان را می‌دهند که تجربه‌ای لذت‌بخش و کنترل‌شده از پرواز داشته باشند.

باتری لیتیوم پلیمر (LiPo)

نوعی باتری قابل شارژ است که از الکترولیت‌های پلیمری به جای مایع استفاده می‌کند. این نوع باتری‌ها به خاطر وزن سبک و ابعاد نازکشان بسیار محبوب هستند و معمولاً در دستگاه‌های الکترونیکی مانند تلفن‌های همراه، تبلت‌ها و پهپادها استفاده می‌شوند.

ویژگی‌های اصلی باتری لیتیوم پلیمر عبارتند از:

سبکی و نازکی: این باتری‌ها به دلیل استفاده از الکترولیت‌های پلیمری، بسیار سبک و نازک هستند.

ظرفیت بالا: باتری‌های LiPo معمولاً ظرفیت بالایی دارند و می‌توانند انرژی بیشتری را در حجم کمتری ذخیره کنند.

انعطاف‌پذیری: این باتری‌ها می‌توانند در اشکال و اندازه‌های مختلف تولید شوند.

عملکرد خوب: باتری‌های لیتیوم پلیمر معمولاً عملکرد خوبی در دماهای مختلف دارند و می‌توانند جریان‌های بالایی را ارائه دهند.

موتور براشلس (Brushless Motor)

نوعی موتور الکتریکی است که در آن از برس‌ها (brushes) برای انتقال جریان الکتریکی به سیم‌پیچ‌های موتور استفاده نمی‌شود. به جای آن، این موتورها از یک سیستم کنترل الکترونیکی برای مدیریت جریان و چرخش استفاده می‌کنند. موتورهای براشلس به دلیل کارایی و عمر طولانی‌شان، گزینه‌ای محبوب در پهپاد و هواپیمای مدل هستند.

موتورهای براشلس معمولاً کارایی بیشتری نسبت به موتورهای براش دارند، زیرا هیچ اتلاف انرژی ناشی از اصطکاک برس‌ها وجود ندارد. به دلیل عدم وجود برس، این موتورها معمولاً عمر طولانی‌تری دارند و نیاز به نگهداری کمتری دارند. موتورهای براشلس معمولاً صدای کمتری تولید می‌کنند، که این ویژگی در کاربردهای خاص مانند پهپادها و دستگاه‌های صوتی مهم است. این موتورها به راحتی می‌توانند سرعت و گشتاور را کنترل کنند، که این امر آن‌ها را برای کاربردهای دقیق مناسب می‌سازد. موتورهای براشلس معمولاً کوچک‌تر و سبک‌تر از موتورهای با برس هستند، که این ویژگی در طراحی‌های فشرده و سبک بسیار مفید است.

اسپید کنترل (ESC)

اسپید کنترل (ESC) یا کنترلر سرعت الکترونیکی، یک دستگاه الکترونیکی است که در هواپیماهای مدل و سایر وسایل نقلیه الکتریکی برای کنترل سرعت موتورهای براشلس استفاده می‌شود. این کنترلر به عنوان واسطه‌ای بین باتری و موتور عمل می‌کند و به موتور اجازه می‌دهد تا با سرعت‌های مختلف کار کند. اسپید کنترل‌ها به طور گسترده در هواپیماهای مدل، هلیکوپترها، خودروهای

الکتریکی و سایر وسایل نقلیه رادیویی کنترل شده استفاده می‌شوند. آن‌ها به کاربران این امکان را می‌دهند که کنترل دقیقی بر روی سرعت و عملکرد موتور داشته باشند و تجربه‌ای بهتر از پرواز را فراهم کنند.

ویژگی‌ها و عملکرد اسپید کنترل:

کنترل سرعت: اسپید کنترل به کاربر این امکان را می‌دهد که سرعت موتور را با استفاده از سیگنال‌های دریافتی از رادیو کنترل تنظیم کند. این سیگنال‌ها معمولاً از طریق یک گیرنده رادیویی به اسپید کنترل ارسال می‌شوند.

مدیریت جریان: این دستگاه جریان الکتریکی را به موتور ارسال می‌کند و با تغییر مقدار جریان، سرعت موتور را تنظیم می‌کند.

حفاظت از موتور: بسیاری از اسپید کنترل‌ها دارای ویژگی‌های حفاظتی هستند که از موتور در برابر اضافه بار، دما و ولتاژ غیرمجاز محافظت می‌کنند.

تنظیمات برنامه‌پذیر: برخی از اسپید کنترل‌ها قابلیت برنامه‌ریزی دارند و می‌توانند تنظیمات مختلفی مانند نوع موتور، نوع باتری و ویژگی‌های دیگر را پشتیبانی کنند.

عملکرد در حالت‌های مختلف: اسپید کنترل‌ها معمولاً دارای حالت‌های مختلفی هستند، مانند حالت عادی، حالت معکوس و حالت ترمز، که به کاربر اجازه می‌دهد تا عملکرد موتور را به دلخواه تنظیم کند.

در انتخاب اسپید کنترل مناسب، مهم است که به توان موتور و نوع باتری توجه کنید تا از عملکرد بهینه و ایمنی دستگاه اطمینان حاصل شود.

اصطلاحات رایج در هواپیمای مدل و گلايدر



پرواز سیر (Cruise): وقتی هواپیما پرواز افقی می کند به آن پرواز سیر گفته می شود. هواپیماهای مسافربری بیشتر زمان پروازشان در این حالت است. اصطلاح کروز در دنیای پرواز زیاد استفاده می شود.

تراست (Thrust): به معنای نیروی جلوبرنده است. نیروی که موتورهای هواپیما تولید می کنند. این واژه را در دنیای مدل بسیار خواهید شنید.

لیفت (Lift): همان نام انگلیسی نیروی برآ است. نیرویی که بالها تولید می کنند.

درگ (Drag): نام انگلیسی نیروی پسا است. نیرویی که در مقابل حرکت هواپیما ایجاد می شود. در اثر مقاومت هوا.

سی جی (CG): در لابه لای گفتگوی مدل کاران احتمالا شنیده باشید که می گویند سی جی هواپیما تنظیم نیست. منظور آنها از سی جی، مرکز ثقل است. سی جی مخفف Center of Gravity است. موقعیت سی جی در هواپیماها نقش بسیار تعیین کننده ای در پایداری دارد.

نوز آپ یا نوز داون: وقتی هواپیما دماغه اش بالا می رود می گویند نوز آپ (Nose Up) و وقتی دماغه اش پایین می آید می گویند نوز داون (Nose Down). این اتفاق معمولا وقتی می افتد که خلبان الویتور را حرکت می دهد. البته اگر مرکز ثقل هم تنظیم نباشد، هواپیما در همان لحظات اول پرواز نوز آپ یا نوز داون خواهد کرد. در کتاب آموزش قدم به قدم طراحی گلايدر توضیحات کامل دادم.

فلپ (Flap): بالک هایی است که نزدیک ریشه بال قرار می گیرند و برای افزایش نیروی برآ در هنگام فرود و برخاست هواپیما استفاده می شوند.

تیک آف (Take off): به مرحله ای که هواپیما در حال برخاست از روی باند است تیک آف می گویند.

لندینگ (Landing): به مرحله ای که هواپیما در حال نشستن روی باند است، لندینگ می گویند.

فلاپت سیمولاتور (Flight simulator): یک نرم افزار شبیه ساز پرواز است که به خلبان ها کمک می کند که بتوانند هواپیما را کنترل کنند. در زمینه هواپیمای مدل هم شبیه سازهای پرواز وجود دارد و به کسانی که قصد پرواز هواپیما مدل دارند حتما توصیه می کنم که ابتدا با شبیه ساز پرواز تمرین کنند و بعد سراغ پرواز واقعی هواپیمای مدل بروند.



موتور براش (Brush): موتور DC است. همان آرمیچرهای پرکاربرد که درون آن برس های کربنی باعث چرخش محور دورانی می شوند و بدنه بیرونی آن ثابت است.



موتور براشلس (Brushless): موتوری پرکاربرد در صنعت هواپیمای مدل و پهپاد است. این موتور بر خلاف موتور براش، برس کربنی ندارد. بلکه سیم پیچهای ثابتی دارد و بدنه بیرونی آن که آهنربا دارد به دور هسته مرکزی می چرخد.

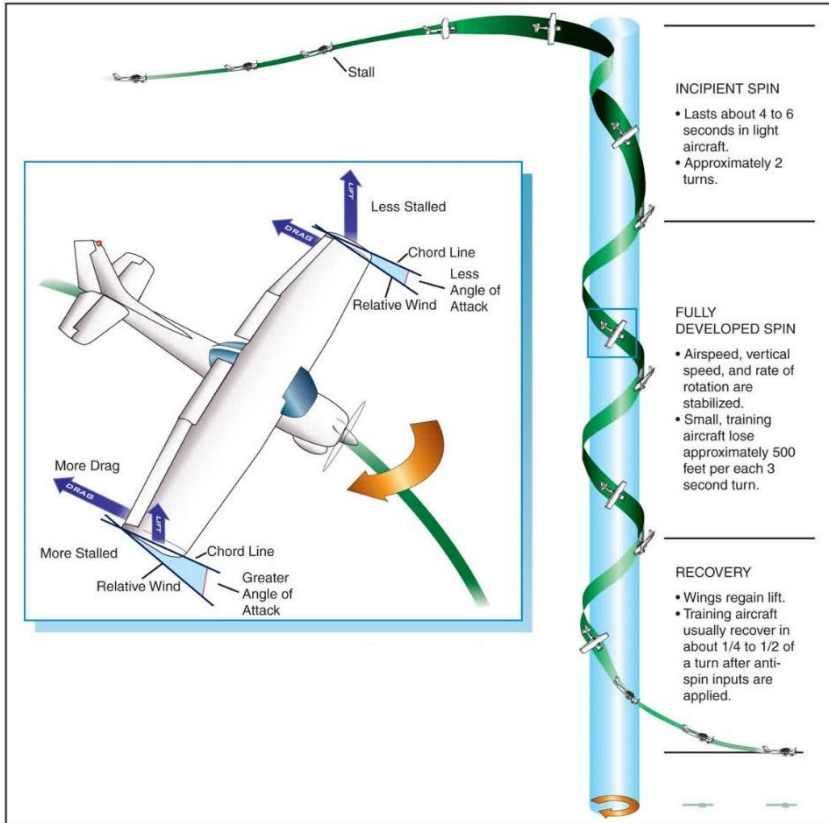


استال (Stall): وقتی زاویه حمله هواپیما خیلی زیاد می شود (مثلاً بیشتر از ۱۵ درجه) دیگر بالهای آن توانایی تولید نیروی برآ را ندارند و به طور ناگهانی نیروی لیفت هواپیما افت میکند. به این حالت استال یا واماندگی می گویند. [این فیلم را ببینید.](#)



اسپین (Spin): اسپین پس از استال هواپیما رخ می دهد. در این وضعیت هواپیما در حالی که به دور خود می چرخد، در حال سقوط است. دلیل این امر این است که بر اثر استال نیروی برآ در هر بال هواپیما متفاوت می شود و باعث چرخیدن هواپیما به دور خود می

گردد. برای خروج از این وضعیت خلبان باید نیروی موتور را فول کند و با بالکهای هواپیما، کنترل هواپیما را در دست بگیرد. [این فیلم را ببینید.](#)



مرحله بعدی چیست؟



ساخت و پرواز گلايدر



پیشنهاد می‌کنم که حالا چند تا نقشه گلايدر تهیه کنید و بسازید. اگر نیاز به کمک داشتید روی کمک ما حساب کنید.