بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی مالک اشتر

مطالعه و بررسی آیرودینامیک بالزن ها

استاد راهنما:

دکتر پرهیزگار

دکتر نادری

ارائه‌دهنده:

امیر یعقوبی

بهار ۱۴۰۱

فهرست مطالب

ریز پرنده ها | کاربرد مشخصات مزایا

الگوی زیستی پرواز| .الگوی کلی پرواز توضیح پیچ و پلانج استروک لاین

تحقیقات در بالزن ها| بررسی تحقیقات در طول زمان

تحلیل آیرودینامیک بالزن ها| بی بعد سازی و مقایسه
پرواز در جا با پرواز رو به جلو

ساخت یک نمونه پرنده بالزن مشابه
پرندگان واقعی نیازمند بررسی آیرودینامیکی
و سینماتیکی پرواز این جانداران است.

در سال ۱۹۰۳ اولین پرواز موفق برادران رایت به وقوع پیوست
پس از گذشت ۱۱۹ سال سهم بالایی از حمل و نقل با وسایل پرنده انجام می گیرد

کاربرد ریزپرنده ها در دنیای امروز
امداد و نجات
ورود به نقاط خطرناک
موارد امنیتی

Micro air vehicles(MAVs)

ابعاد کوچکتر از ۱۵ سانتی متر

سرعتی حدود ۱۰ متر بر ثانیه

عدد رینولدز مبنی بر طول کورد اصلی کمتر از ۱۵۰ هزار

طی سالهای اخیر ایده طراحی پرنده بالزن با ابعاد و اندازه های واقعی این جانداران قوت گرفته است.

راندمان بالاتر آیرودینامیکی

بار قابل حمل بزرگتر

فرود راحت

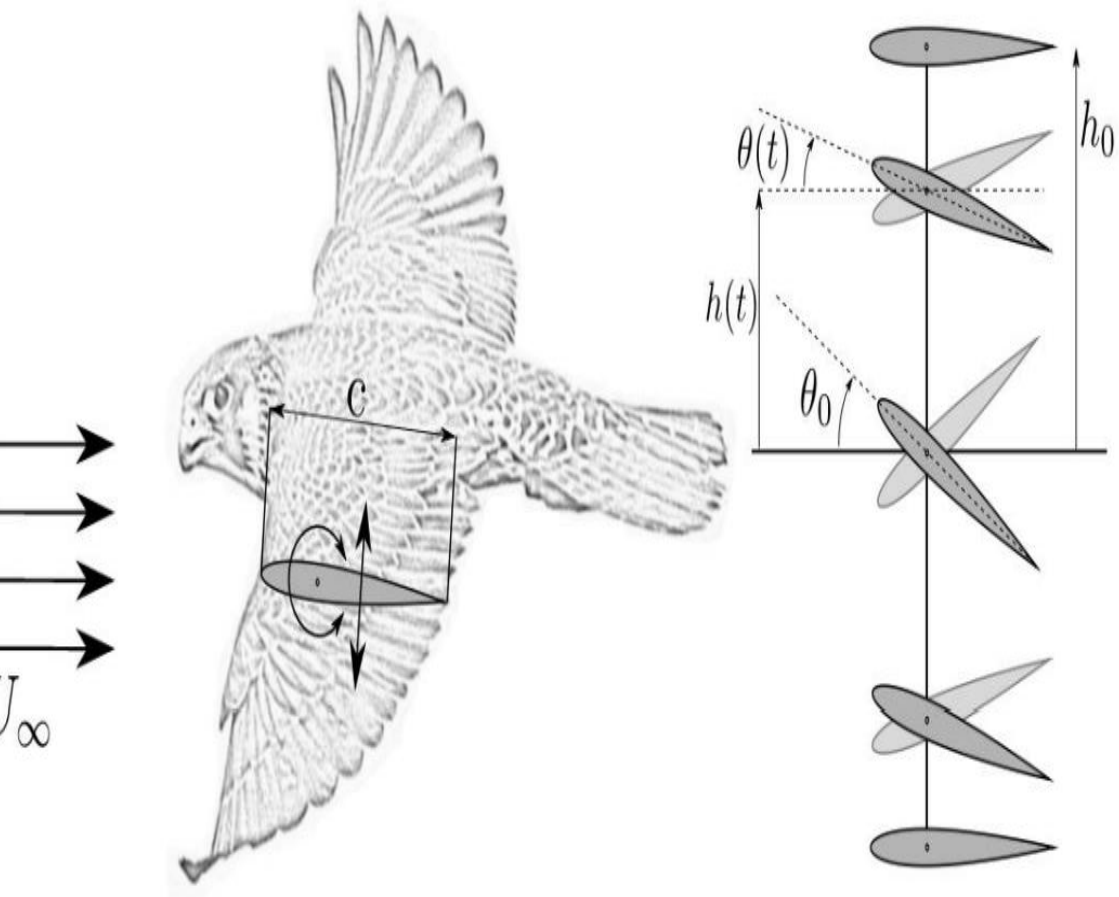
ارتفاع بالا

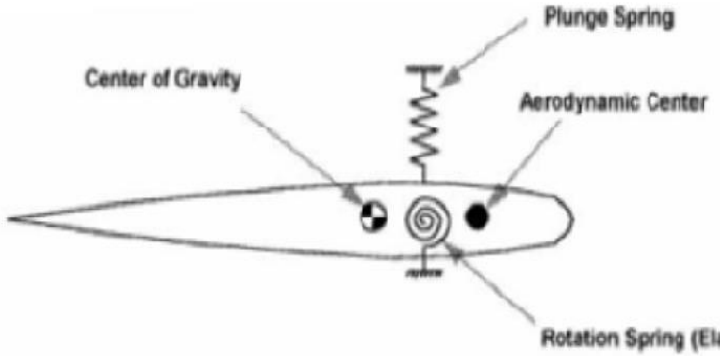
سرعت معتدل

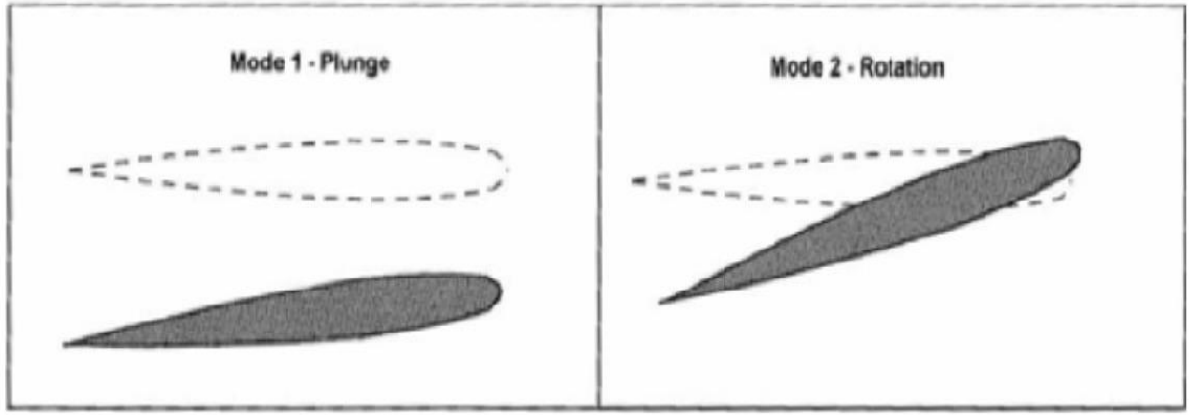
دیدگاه زیستی

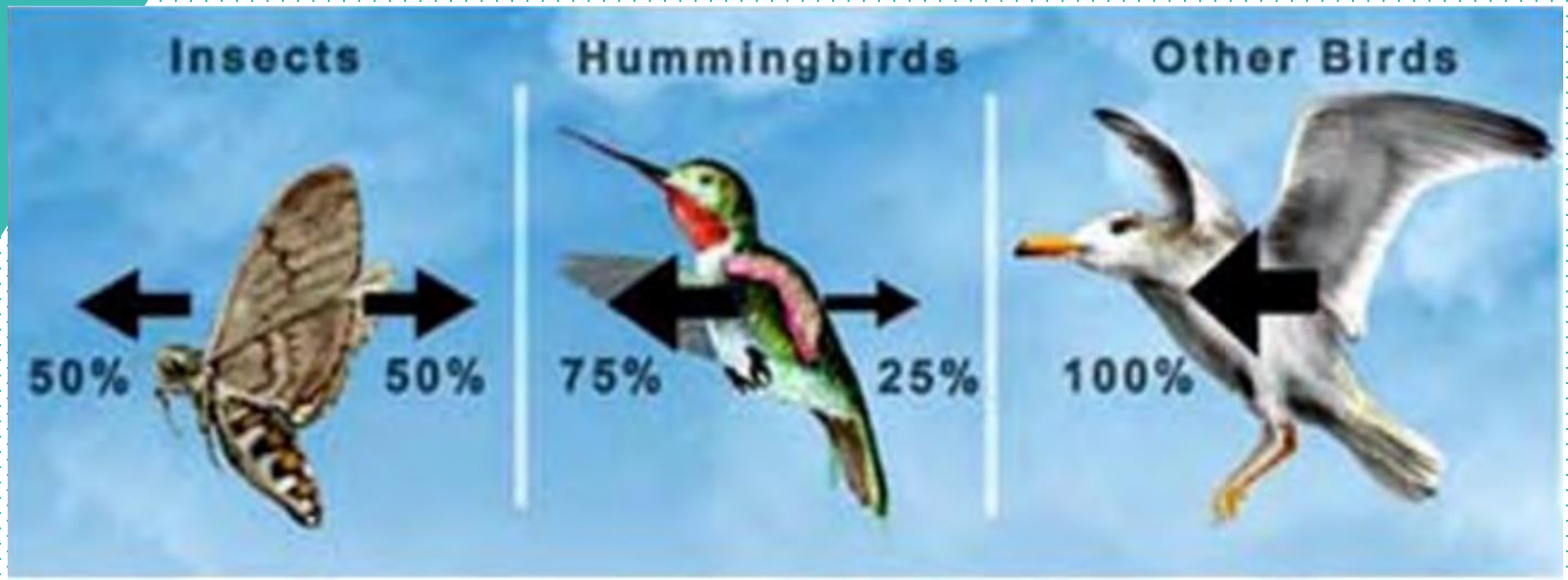
الگوی کلی پرواز در پرندگان

فلتر ریورس سوینگ فولدینگ

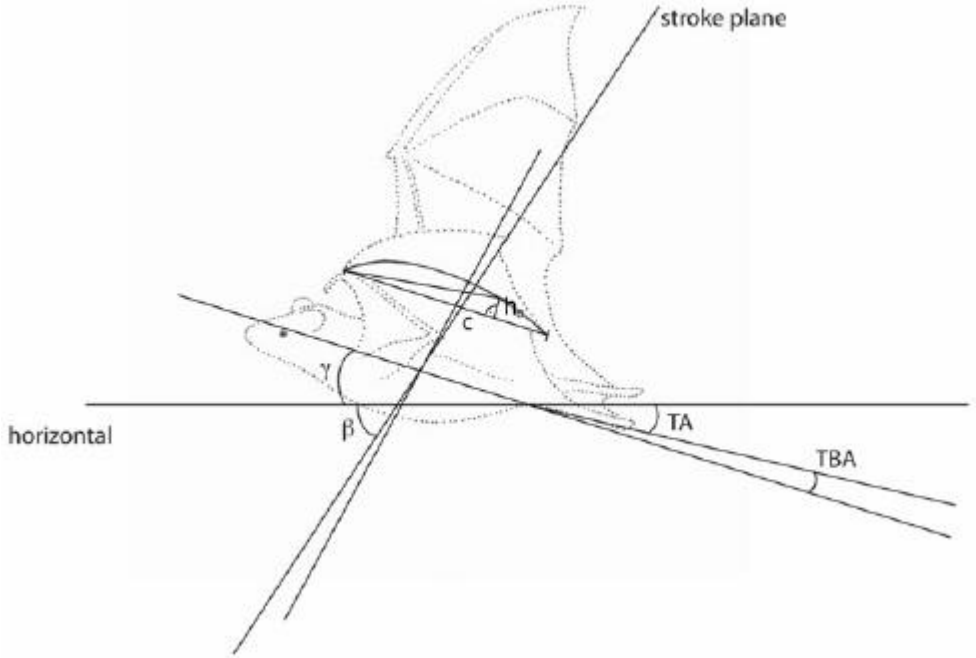








تفاوت پرواز حشرات با مرغ مگس خوار و پرندگان بزرگتر



	حشرات	مگس‌خوار	مرغ	خفاش	پرنده سیسکین	کوچک
وزن (گرم)	<۱	۳-۴		۳۵-۴۵	۱۴	
طول بال (mm)	–	۹	۱۰	۳۰۰-۴۰۰	۱۶۰-۱۸۰	
طول کورد بال (mm)	–		۱۲	–	۴۰	
مساحت یک بال (mm^2)	۱ ۲-	۶۰۰-۰	۵۰	۲۰۰۰۰- ۲۵۰۰۰	۲۶۵۰	
تعداد مفاصل بال	۰		۱	۱۲	۱	
فرکانس با زدن(هرتز)	۲ ۵۰	۴۵	۴۰-	۷.۸-۱۱	۲۰-۲۶	
نوع حرکت بال	م ثلثی	نوسی	سی	–	–	
ضریب طول بال	۱		۹۸	–	۳۰	
زمان پایین آمدن بال (درصد)	۵ ۰		۴۷	۵۰	۶۰	
دامنه بالا و پایین رفتن (درجه)	۱ ۳۰-۱۶۰	۰	۱۱	۱۲۰-۱۴۰	۱۳۵	
صفحه بال زدن، نسبت به بدن	–		۶۰	۴۵-۵۰	۸۵	
زاویه بین بدنه و دم	۶ ۰		۵۰	–	۵۰	
نسبت نیروی برآ تولیدشده در پایین آمدن بال (درصد)	۵ ۰		۷۵	۱۰۰	–	
عدد رینولدز	۱ ۰-۱۰۰	۰۰	۳۰	۳۵۰۰۰	–	

جدول تفاوت های فیزیکی بالزن ها

بر خلاف پرنده های معمولی که در آنها مکانیزم‌های تولید نیروهای برآ و پیشران جدای از یکدیگرند، یک بالزن تنها به کمک بالزدن باید هر دو نیروی برآ و پیشران را تولید نماید. همین موضوع باعث پیچیده شدن آیرودینامیک این مسئله نسبت به پرنده های بال ثابت شده است. در این تحقیق با بالهای پوسته ای سرو کار داریم. این نوع بالها به واسطه انعطاف پذیری، در حین بالزدن به طور خودکار دچار پیچش و تغییر در خمیدگی می شوند. جهات خمیدگی در ابتدا و انتهای طول دوره تناوب بالزدن عوض می شود. بنابراین در حین پایین آمدن بال نیروی برآی مثبت و در بالا رفتن نیروی برآی منفی تولید می شود. اگر در بالا و پایین رفتن بال تقارن وجود داشته باشد و محور بالزدن موازی جهت حرکت باشد، مقدار خالص نیروی برآ برابر صفر خواهد شد. چنانچه پرنده دارای زاویه حمله مثبت باشد، نیروی برآیند دارای دو مولفه یعنی برآ و پیشران خواهد بود

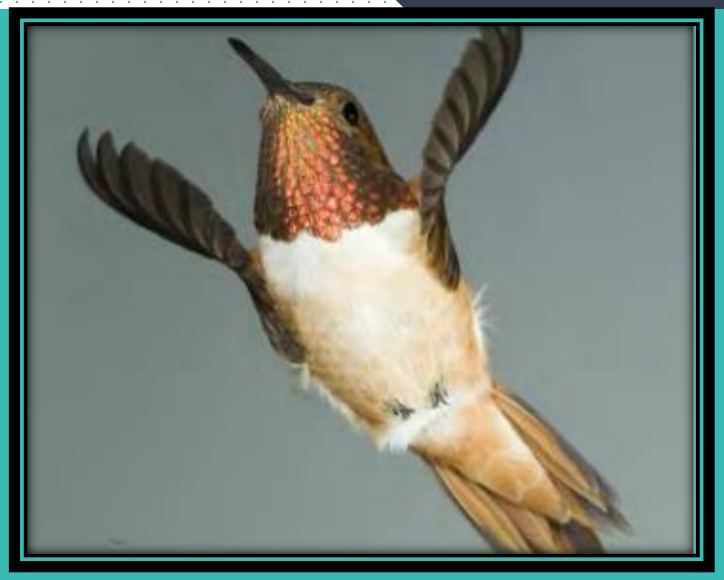
ویزفوگ در سال ۱۹۷۳ بیان نمود که در پرواز درجا نیروی لیفت تولیدی بال باید وزن حیوان را خنثی کند.

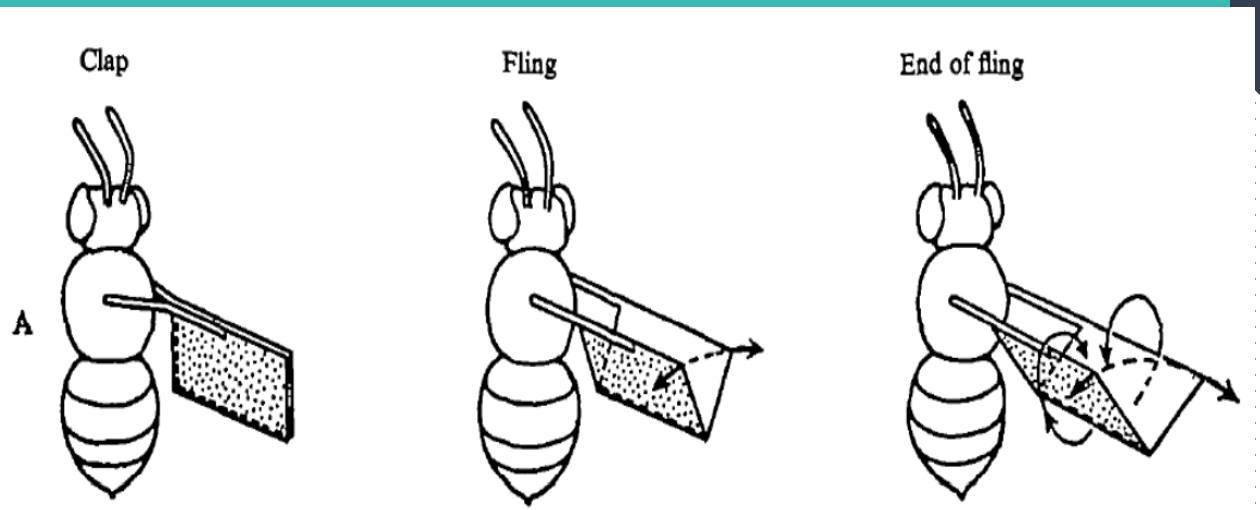
مثال های فراوانی از نقض این موضوع در طبیعت وجود داشت و با ساز و کار آیرو کلاسیک نیروی لیفت به این بزرگی را نمیتوان بسط داد.

لذا ویز فوگ در ۱۹۷۳ مکانیزم کشیدن و راندن را در دو حالت برای پرندگان معرفی کرد :

الف)پرنده هایی که بال های خود را در حرکت رو به بالا بهم می رسانند .

ب)فرضیه فلیپ که با آن مقدار بسیار زیاد برآ در حشراتی مثل سنجاقک را توجیه میکند که در آن کل بال در زمان حرکت رو به پایین حول محور طولی بال به سمت پایین وعقب چرخیده و زاویه آن تغییر میکند





اعداد بی بعد

آیرودینامیک بالزن تابع متغییرهای مختلفی است که یکی از آنها زمان است. در واقع بالزن را باید در رژیم ناپایا بررسی کرد و تعداد زیادی پارامترها را در تحلیل آن دخیل کرد. به همین خاطر باید به دنبال راهی بود که تشابه آیرودینامیکی را بین هندسه ها و بالزنهای مختلف در شرایط مساوی برقرار کرد. قطعا بهترین راه تعریف و استفاده از پارامترهای بی بعد است.

سه پارامتر بی بعد در پرواز بالزن اهمیت اساسی دارد:

عدد رینولدز

عدد اشتروهال

فرکانس کاهش یافته

تحلیل رینولدز

	پرواز در جا	پرواز رو به جلو
سرعت جریان آزاد		
معادله محاسبه رینولدز	$Re = \frac{L_{ref}U_{ref}}{\vartheta} = \frac{C_m(2\varphi fR)}{\vartheta} = \frac{\varphi fR^2}{\vartheta}\left(\frac{4}{AR}\right)$	$Re = \frac{L_{ref}U_{ref}}{\vartheta} = \frac{C_mU}{\vartheta} = \frac{UR}{\vartheta}\left(\frac{4}{AR}\right)$
مستقل از فرکانس بال زدن		
مستقل از دامنه بال زدن		

دیدگاه زیستی

تمامی حشرات در ریندولدز ۱۰ تا ۱۰۰۰۰ توانایی پرواز درجا دارند

تعدادی از پرندگان و خفاش ها توانایی پرواز در جا در رینولدز مشابه را دارند

تحلیل استروهال

هدف بررسی استروهال	دینامیک گردابه ورفتار مسیر گردابه های ایرفویل پیچینگ و پلانجینگ
معادله	$St = \frac{fL_{ref}}{U_{ref}} = \frac{2fh_a}{U}$
کاربرد بررسی استروهال	نسبت بین سرعت بال زدن و سرعت حرکت
	بررسی کارایی سیستم پیشرانش پرنده

دیدگاه زیستی

برای افزایش کارایی سیستم پیشرانش عدد استروهال بعضی از جانداران در پرواز رو به جلو تا مقدار ۰/۳ ±۰.۱ کاهش می یابد

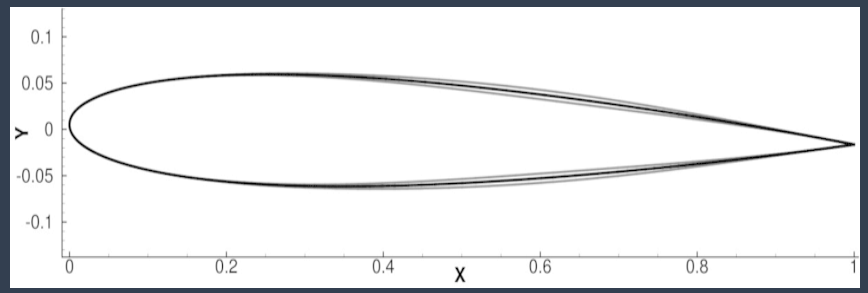
تحلیل فرکانس

	پرواز در جا	پرواز رو به جلو
سرعت جریان آزاد		
معادله محاسبه فرکانس کاهیده	$k = \frac{\pi f c_m}{U_{ref}} = \frac{\pi c_m}{2\Phi R} = \frac{\pi}{\Phi AR}$	$k = \frac{2\pi f L_{ref}}{2U_{ref}} = \frac{\pi f c_m}{U} = \frac{2\pi f R}{UAR}$
مستقل از فرکانس بال زدن		

معادلات ناویر-استوکس

در حالت پرواز در جا ازعدد رینولدز و فرکانس کاهیده اسفاده میشود.

در پرواز رو به جلو از عدد رینولدز و استروهال استفاده میشود .



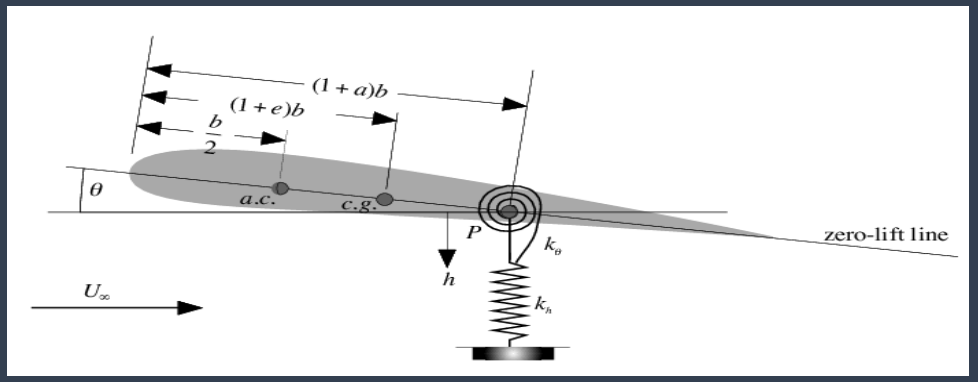
در این ایرفویل متقارن در زاویه حمله صفر و رینولدز ۲۰۰۰۰ با فرکانس پلانجینگ ثابت با تغییر دامنه پلانجینگ هم می توان نیروی تراست تولید کرد و هم نیروی پسا

از۰.۰۱۲۵ تا ۰.۰۷۵ برابر طول کورد

گذشته جریان تاثیر بیشتری نسبت به زاویه حمله دارد.

وقتی پسا تولید میشود با افزایش دامنه حرکت نیروهای ویسکوز تمام نیروی پسا را شامل میشوند واثرات گذشته بر دامنه حرکت کم میشود.

مقایسه ناکا ۰۰۱۲ وبالزن



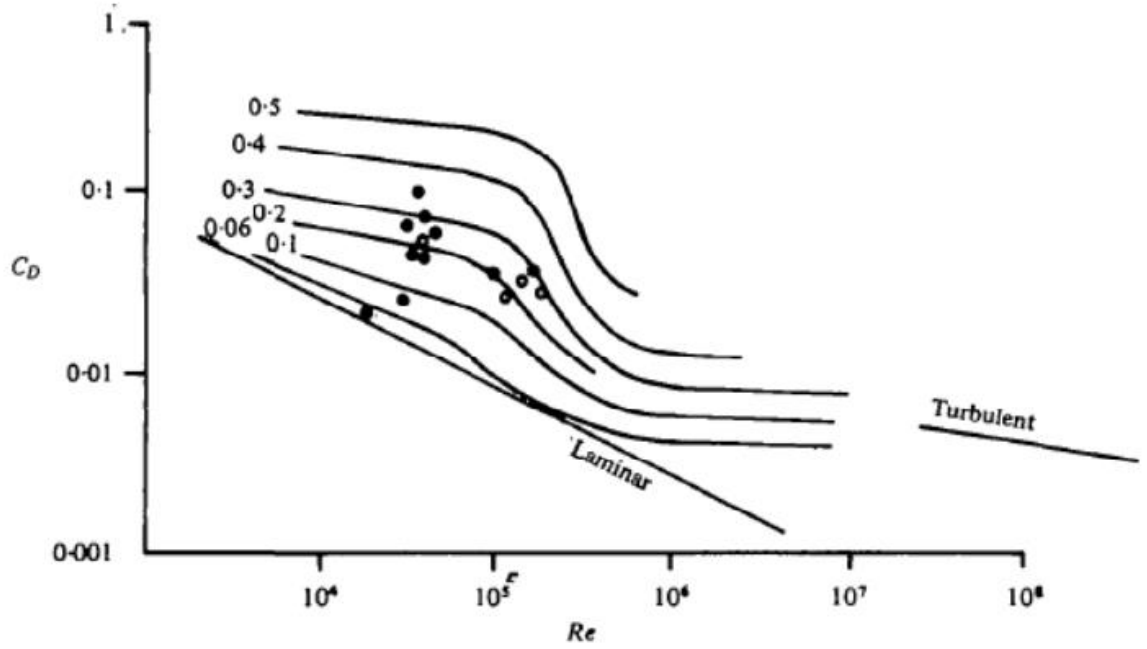
برای ایرفویل با پیچینگ و پلانج

با افزایش عدد استروهال از ۰.۰۳ تا ۰.۵ توان و نیروی پیشران افزایش می یابد

در بال زدن با فرکانس ثابت با افزایش دامنه پلانج باد از تولید نیروی پسا به تولید نیروی جلوبرنده تغییر حالت خواهد داد.

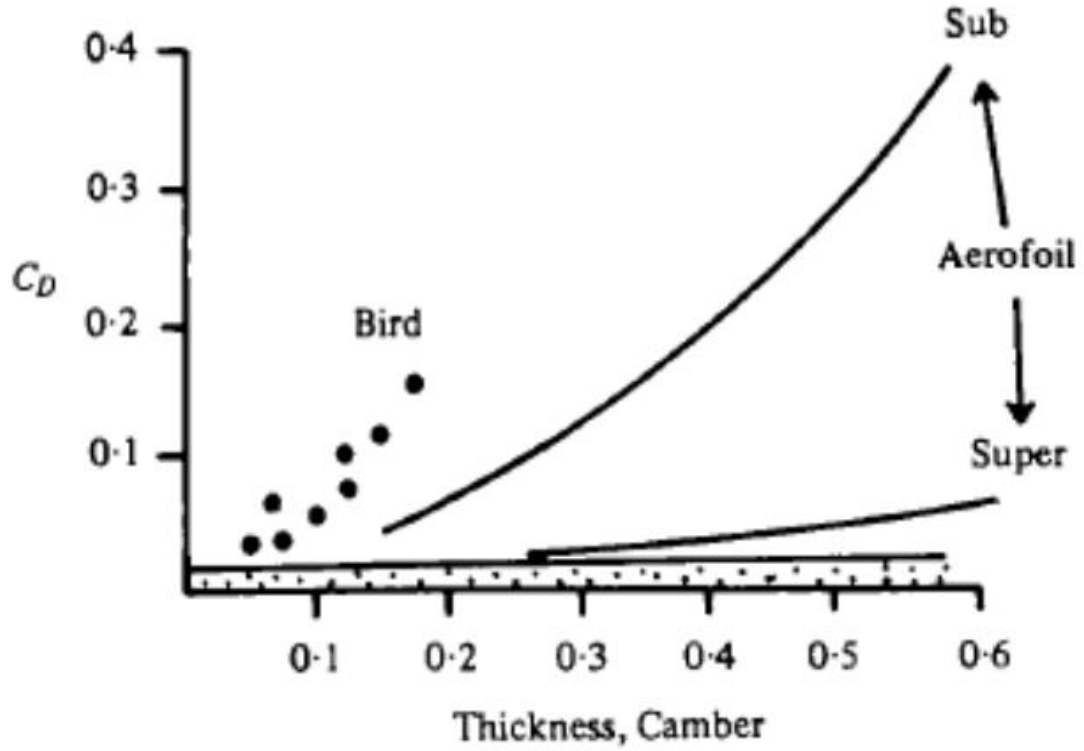
بررسی آیرودینامیکی

سال ۱۹۸۱ آقای فیلیپ سی ویترز پس از بررسی مشخصات هندسی بال چند پرنده نمودار درگ را اینگونه رسم کرد.



ضریب پسا برای بال پرندگان و مقایسه آن با ایرفویل‌های با نسبت ضخامت بین ۰/۰۶ تا ۰/۵

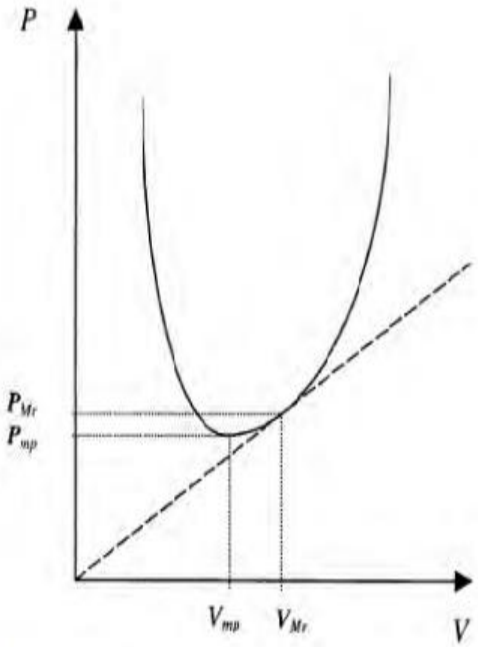
بررسی آیرودینامیکی



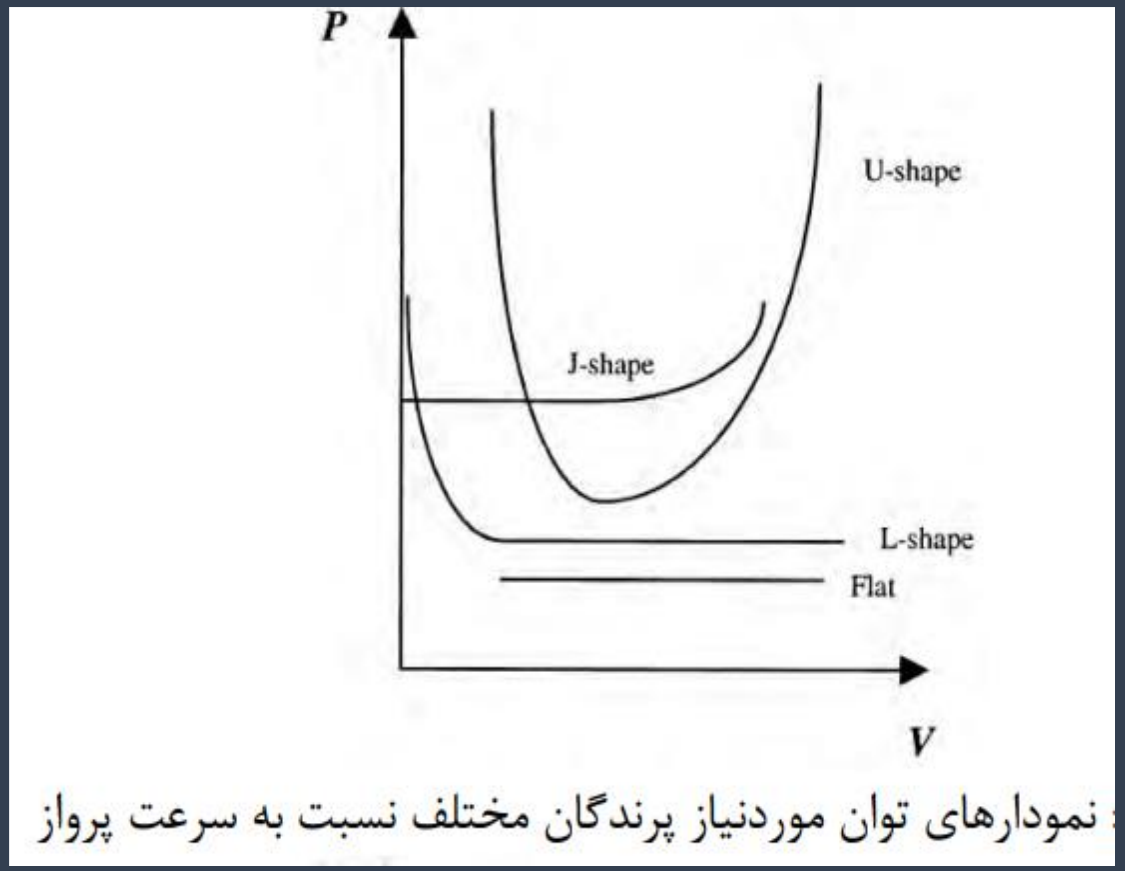
ضریب کلی پسا برای انواع بال به صورت تابعی از کمبر و انواع ایرفویل به صورت تابعی از ضخامت

بررسی آیرودینامیکی

سال ۱۹۹۹ آقای شی و همکارانش با بررسی عوامل و جزییات نیروی پسادر پرندگان توان مورد نیاز پرندگان را در سرعت های مختلف به صورت توابع و نمودار هایی پیشنهاد کرده است.

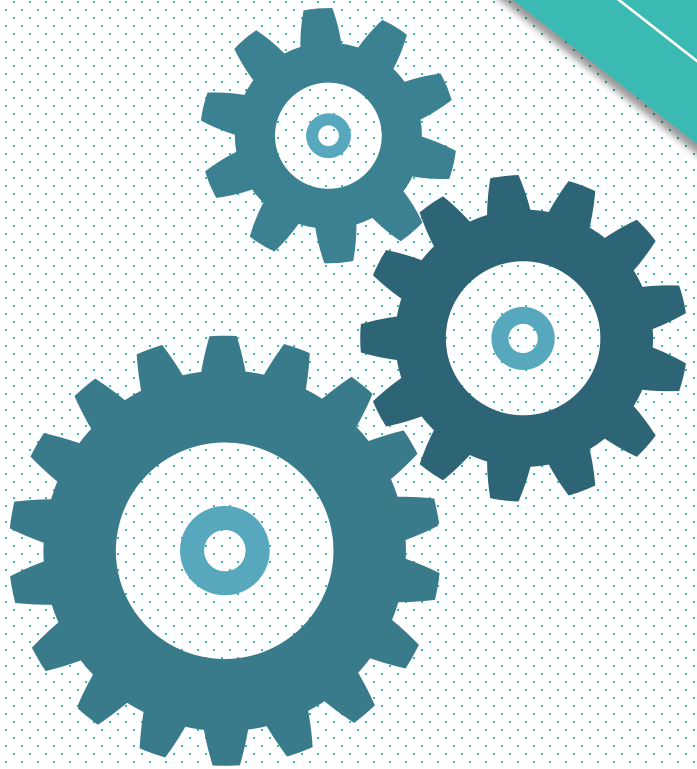


: نمودار U شکل توان مورد نیاز برای هواپیماهای با بال ثابت. Vm سرعتی است که در آن کمترین توان نیاز است Vmr سرعتی است که در آن بیشترین برد را دارد.



: نمودارهای توان موردنیاز پرندگان مختلف نسبت به سرعت پرواز

نتیجه گیری



معادلات حاکم بر آیرو دینامیک پایا برای محاسبه نیروهای لیفت و تراست پرنده های بالزن کافی نیستند.

این زمینه بسیار نیازمند تحقیق و پژوهش است

ساخت یک نمونه پرنده بالزن مشابه واقعی و انجام آزمایشات تجربی میتواند کمک بزرگی به پیشرفت علم و فناوری باشد

این امر مستلزم انجام تحقیقات بسیار در زمینه :

آیرودینامیکی تحلیل سازه ای سینماتیک پرواز الکترونیک کنترل و پایداری میباشد.

با تشکر از توجه شما