

به نام آن که جان را فکرت آموخت

# طراحی بالگرد

(مبانی دینامیک بالگرد)

ترجمه:  
www.ketab.ir

محمد حسین صبور  
(عضو هیات علمی دانشگاه تهران)

مجتبی مرادلی  
(دانشگاه تهران)

سارا کلانتری  
(دانشگاه تهران)



سرشناسه : ونکاتسان، سی. Venkatesan, C.  
 عنوان و نام پدیدآور : طراحی بالگرد (هلی کوپتر)/آنویسنده سی ونکاتسان [ : مترجمین محمدحسین صبور، مجتبی مرادلی، سارا کلانتری.  
 مشخصات نشر : تهران: دانش بنیاد، ۱۴۰۲.  
 مشخصات ظاهری : ۳۶۶ص: مصور، جدول، نمودار.  
 شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۵۶۴۱-۳۷-۲  
 وضعیت فهرست نویسی : فیفا  
 یادداشت : عنوان اصلی: [2015], Fundamentals of helicopter dynamics  
 یادداشت : کتابنامه: ص. [۳۲۸] - ۳۴۵.  
 موضوع : هلیکوپترها - [ایروپنایمیک  
 Helicopters -- Aerodynamics موضوع :  
 موضوع : ماشین های دوار - دینامیک  
 Rotors -- Dynamics موضوع :  
 شناسه افزوده : صبور، محمدحسین، ۱۳۴۴ - مترجم  
 شناسه افزوده : مرادلی، مجتبی، ۱۳۷۷ - مترجم  
 شناسه افزوده : کلانتری، سارا، ۱۳۷۱ - مترجم  
 رده بندی کنگره : ۷۱۶TL  
 رده بندی دیویی : ۶۲۹/۱۳۲۳  
 شماره کتابشناسی ملی : ۹۳۴۸۴۱۶  
 اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیفا

# طراحی بالگرد

## (مبانی دینامیک بالگرد)



ترجمه : محمدحسین صبور - مجتبی مرادلی - سارا کلانتری  
 مدیر تولید : رضا کریمی هاشمندی  
 حروفچینی و صفحه آرای : واحد تولید انتشارات دانش بنیاد  
 نوبت چاپ : اول - ۱۴۰۲  
 تیراژ : ۲۰۰  
 شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۵۶۴۱-۳۷-۲

۹۷۸ ۶۲۲ ۵۶۴۱ ۳۷ ۲

دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین ابایی نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰  
 تلفن: ۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱  
 فروشگاه یزد: میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان فرخی - جنب مجتمع ستاره  
 تلفن: ۳۶۲۲۷۴۷۵ - ۳۶۲۲۶۷۷۱ - ۳۶۲۲۶۷۷۲ - ۳۵

ایمیل و وبسایت: [www.fadakbook.ir](http://www.fadakbook.ir) - [fadakbook@yahoo.com](mailto:fadakbook@yahoo.com)

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات دانش بنیاد می باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات دانش بنیاد ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی  
 انتشارات دانش بنیاد

## مقدمه‌ی مترجمین

بالگردها از مهم‌ترین و پر استفاده‌ترین وسایل ترابری در دنیای امروز هستند. منهای استفاده‌های نظامی، از بالگردها برای اهدافی نظیر حمل بار و انسان و امداد استفاده می‌شود؛ با این حال منابع فارسی که به بررسی دقیق دینامیک و ایرودینامیک می‌پردازد، انگشت شمارند. پس از بررسی بیش از پانزده جلد کتاب در حوزه‌ی دینامیک بالگرد، کتاب پیش رو به‌عنوان کاملترین، روان‌ترین و دقیق‌ترین مرجع آموزش مباحث مرتبط با پرواز بالگرد، توسط ما مترجمین کتاب، انتخاب شد. پس از برقراری مکاتبات با صاحب اثر، بر آن شدیم تا آن را به فارسی ترجمه کنیم.

ونکاتسان با نکته‌سنجی و توجه قابل تحسین، پس از بیان مقدمات مهم در مورد تاریخچه‌ی ساخت و طراحی بالگرد در فصل‌های نخست، کتاب را با بررسی پرواز ایستا و عمودی شروع کرده است و به تشریح مباحث مرتبط با پرواز رو به جلو پرداخته است. در فصل‌های میانی، وی در مورد پره‌ی روتور و نظریه‌های مرتبط به آن نوشته که مقدمه‌ای برای فصل‌های بعد از خود هستند که مباحث اصلی پیرامون ایرودینامیک، کنترل و دینامیک بالگرد را شامل می‌شوند.

لازم به ذکر است که تلاش و هدف ما در راستای انتقال مفهومی پیام و همچنین رعایت نکات و اصول ترجمه بوده است، از این رو، از برگردان انگلیسی-فارسی برخی کلمات متداول نظیر روتور، هاب و ... پرهیز شده است.

## فصل ۱ سیر تاریخی توسعه بالگردها و مروری بر آن ۱

- ۱.۱ توسعه تاریخی ۲
- ۲.۱ سیر زمانی توسعه بالگردها ۵
- ۳.۱ پیکربندی بالگرد ۱۶
- ۴.۱ الزامات کنترل ۱۹
- ۵.۱ سامانه‌های روتور ۲۲
- ۶.۱ عملکرد توان مورد نیاز ۲۴

## فصل ۲ مقدمه‌ای بر نظریه پرواز ایستا و پرواز عمودی ۲۷

- ۱.۲ نظریه مومنتوم ۲۸
- ۲.۲ فرضیات نظریه مومنتوم ۲۸
- ۳.۲ نظریه‌ی المان پره ۳۳
- ۴.۲ ضریب پیشران (تراست) ۳۸
- ۵.۲ ضریب گشتاور/توان ۴۰
- ۶.۲ نظریه ترکیبی المان جزئی پره و نظریه مومنتوم: محاسبه جریان ورودی غیر یکنواخت ۴۳
- ۷.۲ ضریب ائتلاف نوک پره ۴۶
- ۸.۲ برش ریشه پره ۴۷
- ۹.۲ ضریب برآی (لیفت) متوسط ۴۷
- ۱۰.۲ روتور ایده‌آل در مقایسه با روتور بهینه ۴۹

- ۱.۶ دینامیک فلپ پره‌ی مستقل، در حالت غیر کوپل ۱۴۷
- ۲.۶ کوپلینگ پیچ-فلپ ۱۶۰
- ۳.۶ کوپلینگ گام-تاخیر (پیچ-لگ) ( $\delta_1$ ) ۱۶۲
- ۴.۶ کوپلینگ ساختاری فلپ-لگ (فلپ-تاخیر) ۱۶۲
- ۵.۶ دینامیک تأخیر پره‌ی مستقل در حالت غیر کوپل ۱۶۶
- ۶.۶ دینامیک پیچشی پره مستقل در حالت غیر کوپل ۱۷۰

## فصل ۷ پایداری ایروالاستیک پره‌ی روتور: دینامیک حالت جفت‌شده ۱۷۷

- ۱.۷ دینامیک فلپ-لگ کوپل شده ۱۷۸
- ۲.۷ رتبه تقریب ۱۸۰
- ۳.۷ تبدیل مختصات ۱۸۰
- ۴.۷ خلاصه‌ای از دستگاه‌های مختصات برای حرکت فلپ-لگ ۱۸۱
- ۵.۷ شتاب نقطه‌ی "P" در پره ۱۸۴
- ۶.۷ بارهای ایرودینامیکی ۱۸۸
- ۷.۷ بارهای ایرودینامیکی و ممان ایرودینامیکی در ریشه پره ۱۹۱
- ۸.۷ معادلات تعادل ۱۹۸
- ۹.۷ معادلات پایداری اغتشاشی ۲۰۲
- ۱۰.۷ دینامیک فلپ-پیچش کوپل شده در حالت ایستا ۲۰۵
- ۱۱.۷ مؤلفه‌های سرعت نسبی هوا در سطح مقطع معمولی ۲۱۵

## فصل ۸ حالت‌های روتور: تبدیل مختصات چند پره‌ای ۲۲۷

- ۱.۸ تبدیل مختصات چند پره‌ای ۲۲۹
- ۲.۸ تبدیل به مختصات چند پره‌ای ۲۳۱

## فصل ۹ دینامیک بال‌زنی تحت حرکت عمومی هاب ۲۳۹

- ۱.۹ دستگاه‌های مختصات و نمایش کمیت‌های مختلف ۲۴۰
- ۲.۹ سینماتیک ۲۴۵

- ۳.۹ ممان گرانشی در بال زدن ۲۵۰  
 ۴.۹ ممان ایرودینامیکی در بال زدن ۲۵۱  
 ۵.۹ معادلات اغتشاشی بال زدن در دستگاه مختصات چند پره‌ای ۲۶۳

## فصل ۱۰ پایداری و کنترل بالگرد ۲۷۵

- ۱.۱۰ پایداری ۲۷۶  
 ۲.۱۰ کنترل ۲۷۷  
 ۳.۱۰ معادلات دینامیک پرواز برای یک مانور عمومی: تحلیل تریم (تعادل) و اغتشاش ۲۷۸  
 ۴.۱۰ معادلات خطی شده اغتشاش ۲۹۳  
 ۵.۱۰ ویژگی‌های پایداری ۲۹۴  
 ۶.۱۰ رفتار ساده‌شده دینامیک بالگرد در حالت ایستا ۲۹۷  
 ۷.۱۰ دینامیک طولی در حالت ایستا ۲۹۸  
 ۸.۱۰ نکات عمومی ۳۰۱  
 ۹.۱۰ دینامیک عمودی ۳۰۹  
 ۱۰.۱۰ دینامیک جانبی-سمتی ۳۱۴  
 ۱۱.۱۰ ویژگی‌های کنترل/ پاسخ کنترل ۳۲۱  
 ۱۲.۱۰ پاسخ حرکت‌های پیچش، غلتش و سمت به ورودی‌های کنترل ۳۲۴  
 ۱۳.۱۰ پاسخ تندباد ۳۲۶

## فصل ۱۱ تشدید زمین- ناپایداری هوامکانیکی یک مدل ساده ۳۲۷

کتابنامه ۳۳۷