

هلیکوپتر وسیستم‌ها

ترجمه و گردآوری:

سعید مهراییانی
(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

فرید فضل‌اللهی
(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

شهاب‌الدین جعفرزاده
(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

سرشناسه : مهرابیانی، سعید، ۱۳۶۴ - مترجم، گردآورنده
 عنوان و نام پدیدآور : هلیکوپتر و سیستم‌ها/ ترجمه و گردآوری سعید مهرابیانی، فرید
 فضل‌اللهی، شهاب‌الدین جعفرزاده؛ به سفارش شرکت پشتیبانی
 و نوسازی هلیکوپترهای ایران (پنها).
 تهران : چرتکه ، ۱۳۹۱.
 مشخصات نشر : ۱۶۸ ص. : مصور.
 مشخصات ظاهری : ۹۷۸-۶۰۰-۶۸۷۷-۰۳-۷
 شابک :
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 یادداشت : کتابنامه: ص. ۱۶۷.
 موضوع : هلیکوپترها
 موضوع : هلیکوپترها -- طرح و ساختمان
 شناسه افزوده : فضل‌اللهی، فرید، ۱۳۶۲ - مترجم، گردآورنده
 شناسه افزوده : جعفرزاده، شهاب‌الدین، ۱۳۶۲ - مترجم، گردآورنده
 شناسه افزوده : شرکت پشتیبانی و نوسازی هلیکوپترهای ایران
 رده بندی کنگره : ۱۳۹۱ ۹۵۸/م ۷۱۶/ت ۷۱۶
 رده بندی دیویی : ۶۲۹/۱۳۳۳۵۲
 شماره کتابشناسی ملی : ۳۰۰۴۴۷۲

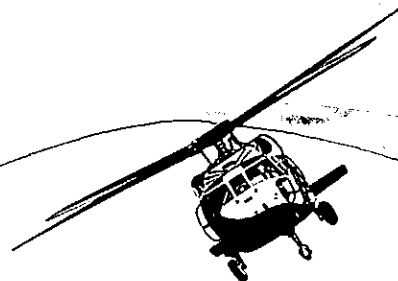


انتشارات چرتکه

نام کتاب :	هلیکوپتر و سیستم‌ها
ناشر :	انتشارات چرتکه
ترجمه و گردآوری :	سعید مهرابیانی، فرید فضل‌اللهی، شهاب‌الدین جعفرزاده
صفحه‌آرایی :	هفت‌رنگ گرافیک (آسیه یکه‌فلاح)
لیتوگرافی :	راپید گرافیک
نوبت چاپ :	اول پاییز ۱۳۹۱
چاپ :	جام طلایی
صحافی :	کیمیا
ناظر فنی چاپ :	محسن پورحسین
تیراژ :	۵۰۰ جلد
شابک :	۹۷۸-۶۰۰-۶۸۷۷-۰۳-۷
به سفارش شرکت پشتیبانی و نوسازی هلیکوپترهای ایران (پنها)	
www.chortkehbooks.com	

مراکز پخش:

- ۱- تهران، میدان انقلاب، ابتدای جملزاده جنوبی، کوچه جهانگرد، شماره ۱۳، نشر آترا تلفن: ۶۶۹۲۲۰۸۲
- ۲- تهران، خیابان انقلاب، رویروی دانشگاه تهران، ابتدای خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۳۲۴، کتابفروشی هنر-تلفن: ۶۶۴۹۲۲۴۲
- ۳- تهران، خیابان انقلاب، رویروی دبیرخانه دانشگاه تهران، ساختمان جیبی، پلاک ۱۳۳۲، کتابفروشی عصر دانش تلفن: ۶۶۹۷۱۲۵۱



فهرست

۱۳	پیشگفتار مدیر عامل
۱۵	پیشگفتار گردآورندگان

فصل اول

۱۷	مقدمه‌ای بر هلیکوپتر
۱۷	۱-۱ مقدمه
۱۹	۲-۱ تاریخچه توربین
۱۹	۳-۱ کاربردها
۲۰	۴-۱ سیستم روتور
۲۳	۵-۱ سیستم روتور اصلی
۲۳	۱-۵-۱ سیستم‌های روتور تمام مفصل
۲۴	۲-۵-۱ سیستم روتور نیمه صلب
۲۵	۳-۵-۱ سیستم روتور صلب
۲۶	۶-۱ سیستم ضد گشتاور روتور دم
۲۷	۱-۶-۱ طرح فنسترون
۲۸	۲-۶-۱ سیستم نوتار
۲۹	۷-۱ اربابه فرود
۲۹	۸-۱ سیستم تولید قدرت
۳۰	۹-۱ کنترل پرواز



فصل دوم

۳۱	آیرودینامیک عمومی
۳۱	۱-۲ مقدمه
۳۱	۲-۲ نیروهای اعمال شده بر هلیکوپتر
۳۲	۳-۲ ایرفویل
۳۴	۱-۳-۲ بادنسی
۳۴	۱-۳-۲ زاویه گام ملخ
۳۵	۱-۳-۲ زاویه حمله
۳۶	۴-۲ نیروی بالابر
۳۶	۱-۴-۲ اثر مگنوس
۳۸	۲-۴-۲ اصل برنولی
۳۹	۳-۴-۲ قانون سوم حرکت نیوتن
۴۰	۵-۲ وزن
۴۱	۶-۲ نیروی پیشران
۴۲	۷-۲ نیروی پسا
۴۲	۱-۷-۲ پسای هندسی
۴۲	۲-۷-۲ پسای القائی
۴۳	۳-۷-۲ پسای پارازیتی
۴۴	۴-۷-۲ پسای کلی

فصل سوم

۴۵	تئوری آیرودینامیک
۴۵	۱-۳ تئوری مومنتم در پرواز رو به جلو
۴۷	۲-۳ تئوری المان ملخ در پرواز روبه جلو
۵۰	۳-۳ گردابه روتور

فصل چهارم

۵۳	آیرودینامیک پرواز
۵۳	۱-۴ مقدمه
۵۳	۲-۴ پرواز با موتور



۵۳	 ۳-۴ پرواز ایستا
۵۵	 ۱-۳-۴ تمایل به انتقال یا انحراف
۵۶	 ۲-۳-۴ عمل آونگی
۵۷	 ۳-۳-۴ مخروطی شدن ملخ‌ها یا پره‌های چتری
۵۷	 ۴-۳-۴ اثر کوریولیس یا قانون بقای تکانه‌ی زاویه‌ای
۵۹	 ۵-۳-۴ اثر زمین
۶۱	 ۶-۳-۴ پیشروی ژيروسکوپي
۶۲	 ۴-۴ پرواز عمودی
۶۳	 ۵-۴ پرواز رو به جلو
۶۴	 ۱-۵-۴ نیروی بالابرنده انتقالی
۶۶	 ۲-۵-۴ جریان القایی
۶۶	 ۳-۵-۴ اثر جریان معکوس
۶۷	 ۴-۵-۴ نامتقارن بودن نیروی بالابرنده
۷۰	 ۶-۴ پرواز جانبی
۷۱	 ۷-۴ پرواز رو به عقب
۷۱	 ۸-۴ پرواز چرخشی
۷۳	 ۹-۴ خود چرخشی
۷۴	 ۱-۹-۴ خود چرخشی در پرواز عمودی
۷۷	 ۲-۹-۴ خود چرخشی در پرواز رو به جلو

فصل پنجم

۷۹	 کنترل پرواز هلیکوپتر
۷۹	 ۱-۵ مقدمه
۷۹	 ۲-۵ کنترل گام کلی
۸۰	 ۳-۵ دسته کنترل سوخت
۸۱	 ۴-۵ میزان سوخت / گام کلی
۸۲	 ۵-۵ تنظیم کننده / همگام کننده
۸۲	 ۶-۵ کنترل گام سیکلی
۸۳	 ۷-۵ پدال‌های ضد گشتاور
۸۴	 ۱-۷-۵ کنترل سمتی



فصل ششم

۸۷	سیستم‌ها و اجزای هلیکوپتر
۸۷	۱-۶ مقدمه
۸۷	۲-۶ سازه
۸۸	۳-۶ بدنه
۸۸	۴-۶ سیستم روتور اصلی
۸۹	۱-۴-۶ روتورهای تمام مفصل
۹۰	۲-۴-۶ روتورهای نیمه صلب
۹۰	۳-۴-۶ روتورهای کاملاً صلب
۹۱	۴-۴-۶ سیستم روتور ترکیبی
۹۲	۵-۴-۶ مجموعه صفحه چرخان
۹۳	۵-۶ سیستم انتقال قدرت
۹۳	۱-۵-۶ اجعه دنده روتور اصلی
۹۴	۲-۵-۶ سیستم رانش روتور دم
۹۵	۳-۵-۶ کلاچ
۹۶	۱-۳-۵-۶ کلاچ گریز از مرکز
۹۶	۲-۳-۵-۶ کلاچ تسمه‌ای
۹۷	۳-۳-۵-۶ واحد چرخ طیار
۹۸	۶-۶ موتور
۹۸	۱-۶-۶ موتورهای رفت و برگشتی
۱۰۰	۲-۶-۶ موتورهای توربینی
۱۰۱	۱-۲-۶-۶ کمپرسور
۱۰۱	۲-۲-۶-۶ محفظه احتراق
۱۰۲	۳-۲-۶-۶ توربین
۱۰۲	۷-۶ سیستم‌های سوخت
۱۰۲	۱-۷-۶ سیستم تأمین سوخت
۱۰۴	۲-۷-۶ سیستم کنترل سوخت موتور
۱۰۴	۱-۲-۷-۶ موتورهای رفت و برگشتی (پیستونی)
۱۰۷	۲-۲-۷-۶ موتورهای توربینی
۱۰۷	۸-۶ سیستم هیدرولیک
۱۰۸	۹-۶ سیستم افزایش پایداری



۱۰-۶	سیستم خلبان خودکار	۱۰۸
۱۱-۶	سیستم‌های محیطی	۱۰۹
۱۲-۶	سیستم ضد یخ	۱۱۰

فصل هفتم

۷	۱۱۱	محدودیت‌های کاربردی
	۱۱۱	۱-۷ مقدمه
	۱۱۱	۲-۷ محدودیت سرعت
	۱۱۲	۳-۷ محدودیت ارتفاع
	۱۱۲	۴-۷ محدودیت‌های روتور
	۱۱۳	۵-۷ محدودیت‌های موتور

فصل هشتم

۱۱۵	وزن و بالانس کردن
۱۱۵	۱-۸ مقدمه
۱۱۵	۲-۸ وزن
۱۱۶	۳-۸ محدودیت‌های وزن
۱۱۷	۴-۸ تعیین وزن خالی
۱۱۷	۵-۸ بالانس
۱۱۷	۱-۵-۸ مرکز جرم
۱۱۸	۲-۵-۸ بالانس جانبی

فصل نهم

۱۲۱	مقدمه‌ای بر اتوجایرو
۱۲۱	۱-۹ مقدمه
۱۲۲	۲-۹ انواع جایروها
۱۲۳	۳-۹ تجهیزات
۱۲۴	۱-۳-۹ بدنه
۱۲۴	۲-۳-۹ موتور
۱۲۴	۳-۳-۹ سطوح عقبی یا دم
۱۲۴	۴-۳-۹ ارايه فرود



۱۲۵ ۵-۳-۹ بال

فصل دهم

۱۲۷ آیرودینامیک جایرو

۱۲۷ ۱-۱۰ مقدمه

۱۲۷ ۲-۱۰ چرخش خودکار

۱۲۸ ۱-۲-۱۰ چرخش خودکار قائم

۱۳۰ ۱-۲-۲-۱۰ مناطق (ناحیه‌های) صفحه چرخش

۱۳۲ ۱-۲-۳-۱۰ چرخش خودکار در پرواز مستقیم (رو به جلو)

۱۳۳ ۱-۳-۲-۱۰ جریان معکوس

۱۳۴ ۱-۳-۲-۲-۱۰ واماندگی بر عقب‌رو

۱۳۴ ۳-۱۰ نیروی روتور

۱۳۵ ۱-۳-۱۰ نیروی بالابر روتور

۱۳۵ ۲-۳-۱۰ نیروی پسای روتور

۱۳۵ ۴-۱۰ جلوبردگی (پیشرانش)

۱۳۶ ۵-۱۰ پایداری

۱۳۷ ۱-۵-۱۰ استابیلایزر (پایدارساز) افقی

۱۳۷ ۲-۵-۱۰ نیروی پسای بدنه (مرکز فشار)

۱۳۷ ۳-۵-۱۰ ممان اینرسی حول محور پیچ

۱۳۷ ۴-۵-۱۰ خط اثر نیروی جلوبردگی روتور

۱۳۸ ۵-۵-۱۰ نیروی روتور

۱۳۹ ۶-۵-۱۰ شرایط ترکیبی

فصل یازدهم

۱۴۱ کنترل پرواز جایرو

۱۴۱ ۱-۱۱ مقدمه

۱۴۱ ۲-۱۱ کنترل سیکلی

۱۴۲ ۳-۱۱ اهرم کنترل سوخت

۱۴۳ ۴-۱۱ رادر (سکان عمودی)

۱۴۳ ۵-۱۱ سطوح افقی دم

۱۴۴ ۶-۱۱ کنترل گام کلی

فصل دوازدهم

سیستم‌های جابرو

۱۴۵	.....	۱-۱۲ مقدمه
۱۴۵	.....	۲-۱۲ نیروی محرکه جلوبرنده
۱۴۵	.....	۳-۱۲ سیستم‌های روتور - انواع سیستم‌های روتور
۱۴۵	.....	۱-۳-۱۲ سیستم روتور نیمه صلب
۱۴۷	.....	۲-۳-۱۲ سیستم روتور تمام مفصل
۱۴۷	.....	۴-۱۲ پیش چرخان
۱۴۸	.....	۱-۴-۱۲ پیش چرخان‌های مکانیکی
۱۴۹	.....	۲-۴-۱۲ پیش چرخان‌های هیدرولیکی
۱۴۹	.....	۳-۴-۱۲ پیش چرخان‌های الکتریکی
۱۵۰	.....	۴-۴-۱۲ جت‌های نوک پره
۱۵۱	.....	۵-۱۲ تجهیزات
۱۵۱	.....	۱-۵-۱۲ تجهیزات موتور
۱۵۱	.....	۲-۵-۱۲ سرعت سنج روتور
۱۵۲	.....	۳-۵-۱۲ نشان گر انحراف
۱۵۲	.....	۴-۵-۱۲ نشان گر سرعت
۱۵۲	.....	۵-۵-۱۲ ارتفاع سنج
۱۵۲	.....	۶-۵-۱۲ تجهیزات پرواز
۱۵۳	.....	۶-۱۲ حمل و نقل زمینی

فصل سیزدهم

سیر تکامل هلیکوپترها

۱۵۵	.....	۱-۱۳ مقدمه
۱۵۵	.....	۲-۱۳ شرکت هلیکوپتر سازی بل
۱۵۵	.....	۱-۲-۱۳ هلیکوپتر بل 47
۱۵۸	.....	۲-۲-۱۳ هلیکوپتر بل 204
۱۵۹	.....	۳-۲-۱۳ هلیکوپتر بل 205
۱۵۹	.....	۴-۲-۱۳ هلیکوپتر بل 206
۱۶۱	.....	۵-۲-۱۳ هلیکوپتر بل 212
۱۶۲	.....	۶-۲-۱۳ هلیکوپتر بل 222

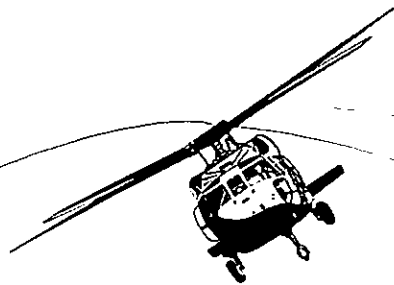


۱۶۳	 ۷-۲-۱۳ هلیکوپتر بل 412
۱۶۴	 ۸-۱- هلیکوپتر بل 214
۱۶۶	 ۱۳-۳- شرکت هلیکوپتر سازی هیلر
۱۶۶	 ۱۳-۴- شرکت هلیکوپتر سازی هیوز
۱۶۶	 ۱۳-۵- شرکت هلیکوپتر سازی سیکورسکی
۱۶۶	 ۱۳-۶- شرکت هلیکوپتر سازی هینز براتنلی
۱۶۶	 ۱۳-۷- شرکت هلیکوپتر سازی انستروم
۱۶۶	 ۱۳-۸- شرکت هلیکوپتر سازی ورتل
۱۶۶	 ۱۳-۹- شرکت هلیکوپتر سازی رابینسون
۱۶۶	 ۱۳-۱۰- شرکت هلیکوپتر سازی ایمپورتد

۱۰

۱۶۷ مراجع

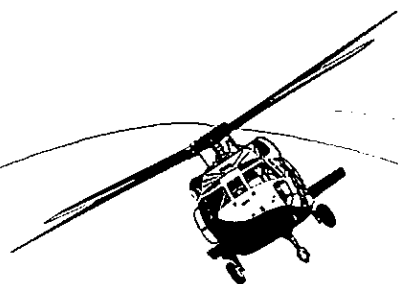
www.ketabon.com



پیشگفتار مدیر عامل

با نهایت تضرع و تواضع به آستان کبر بانی حضرت حق و با سپاس از الطاف بیکران خداوند سبحان و در راستای فرمایشات مقام معظم رهبری در خصوص تولید علم، شرکت پشتیبانی، نوسازی و ساخت هلیکوپترهای ایران (پنجا) این توفیق را یافته است که با اراده مشترک برای رسیدن به مقاصد عالیه در خصوص تولید علم گام‌های اساسی و با برنامه‌ای بردارد. تولید علم و فناوری امروزه یکی از اساسی‌ترین شرط بقاء در جوامع مترقی و پویاست؛ می‌توان در یک نگاه هوشمندانه، مؤلفه تولید علم در کشورهای مختلف که ارتباط مستقیم و پیوسته‌ای با میزان رشد و پویایی آنان دارد تحلیل کرد.

شرکت پنجا با تجربه‌ای بیش از ۴۰ سال و با کارنامه‌ای بسیار درخشان و منحصر به فرد به عنوان اصلی‌ترین و مهم‌ترین قطب هلیکوپتری با رشدی منطقی در خصوص صنعت پیچیده هلیکوپتر از آغاز برنامه تا تحولی عظیم و جهشی در حد بسیار عالی منشاء خدمات ارزنده‌ای در جامعه اسلامی به ویژه در دوران دفاع مقدس بوده است. امروز پنجا با راهبرد نوآورانه و قوی با تکیه بر نیروهای مخلص و متعهد و کارآمد بخش عمده‌ای ارزش‌های یک صنعت با فناوری بالا را از آن خود کرده است. لذا با توجه به ویژگی‌های فرهنگی حاکم بر پنجا مبنی بر خدمت به نظام و حفظ دستاوردهای آن به عنوان یک ارزش مورد قبول، همه کارکنان در یک رویکرد مناسب اقدام به انتقال تجربه‌ای چندین ساله کاری و علمی خود در قالب کتاب‌های علمی و تخصصی که حاصل تلاش همکاران صدیق پنجا می‌باشد را نموده است و امید است جزو باقیات و صالحات برای این عزیزان و همه دست‌اندرکاران باشد. انشاء... نزد حضرت دوست مأجور خواهد بود. امید است این گام هر چند کوتاه آغازی مبارک برای رسیدن به اهداف عالیه و تحولی عظیم در صنعت پیچیده هلیکوپتر و قدمی در راستای تولید علم و بومی‌سازی که این مهم صرفاً در اختیار معدود کشورهاست، باشد. قطعاً دریافت انتقادات و پیشنهادات از صاحبان اندیشه و علم کمک شایانی به سرعت بخشیدن به جایگاه برتر و متعارف ایران اسلامی اهداء خواهد کرد.



پیشگفتار گردآورندگان

امروزه پس از گذشت سال‌ها از ساخت هلیکوپتر و بکارگیری این ماشین عجیب و جالب در صنایع مختلف، متأسفانه همچنان مرجعی برای آشنایی کامل و جامع برای عموم وجود ندارد. حتی شاید نتوان با جستجو در کتاب‌فروشی‌ها، مرجع فارسی مناسب و کاملی برای آشنایی و شروع طراحی این وسیله یافت. مظلوم واقع شدن این صنعت از یک طرف و علاقه گروه از طرف دیگر، ما را بر آن داشت که مجموعه‌ای نسبتاً جامع برای آشنایی و شروع فراوند طراحی این ماشین گوش به فرمان، تدوین کنیم.

این کتاب حاصل همکاری گروهی از مهندسين شرکت پشيماني و نوسازی هلیکوپترهای ایران است که با حمایت مدیر عامل محترم شرکت، جناب آقای دکتر احمدآبادی به رشته تحریر درآمده است. اعضای این گروه متشکل از آقایان مهرابیانی، فضل‌اللهی، جعفرزاده، امیدوارانه در تلاش برای برداشتن گام موثری در راستای ارتقای صنعت هلیکوپتری ایران هستند. لازم به ذکر است که مهندسين مؤلف، همگی فارغ‌التحصیل مقطع کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک از بهترین دانشگاه‌های ایران هستند. تحصیلات عالیه و تجربه‌های کسب‌شده توسط گروه در صنعت هلیکوپتری سبب شده که این مجموعه یکی از کم‌نقص‌ترین منابع موجود در مقوله هلیکوپتری باشد هر چند که شاید نواقصی در هنگام مطالعه کتاب توسط خوانندگان محترم یافت شود که یقیناً در جهت رفع آن‌ها، بر مؤلفین منت نهاده و گوشزد خواهند کرد.

کسب تجربه در صنعت، بدون وجود معلمی راه بلد و دلسوز ممکن نیست. در این راستا مؤلفین بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای مهندس سالکی که از همکاری و در اختیار قرار دادن تجربه فنی خود دریغ نورزیده‌اند و جناب آقای مهندس حمداللهی که لحظه‌ای از پیگیری و به نتیجه رساندن این اثر خستگی به خود راه نداده‌اند، تشکر و قدردانی نمایند.

همچنین از تلاش‌های مجدانه آقای مهندس بزمی که حضور این کتاب در بین مهندسين و هلیکوپتر دوستان بی‌شک بدون ایشان ممکن نبود، صمیمانه سپاسگزاریم.