

# مبانی طراحی یک کشتی هوایی کنترل از راه دور

تألیف:

دکتر احمد رضا خوگر

الهام علیائی

سید هادی معتمد الشریعتی

ویراستار علمی:

دکتر محمد رضا زمانی

|                      |                                                                                                                                    |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه:             | خوگر، احمدرضا، ۱۳۴۰ -                                                                                                              |
| عنوان و نام پدیدآور: | مبانی طراحی یک کشتی هوایی کنترل از راه دور / تألیف احمدرضا خوگر، الهام علیانی، سیدهادی معتمدالشریعتی؛ ویراستار علمی محمدرضا زمانی. |
| مشخصات نشر:          | تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، انتشارات ۱۳۹۸.                                                                                     |
| مشخصات ظاهری:        | [۳]، ت، ۱۵۰ص: مصور(بخشی رنگی)، جدول، نمودار.                                                                                       |
| شابک:                | ۹۷۸-۶۰۰-۷۷۳۶-۸۶-۹                                                                                                                  |
| وضعیت فهرست نویسی:   | فیا،                                                                                                                               |
| یادداشت:             | واژه نامه.                                                                                                                         |
| یادداشت:             | کتابنامه.                                                                                                                          |
| موضوع:               | کشتی هوایی - طرح و ساختمان.                                                                                                        |
| موضوع:               | کشتی هوایی - طرح و ساختمان - تاریخ.                                                                                                |
| شناسه افزوده:        | علیانی، الهام، ۱۳۶۶ -                                                                                                              |
| شناسه افزوده:        | معتمدالشریعتی، سیدهادی، ۱۳۴۹ -                                                                                                     |
| شناسه افزوده:        | زمانی، محمدرضا، ویراستار.                                                                                                          |
| شناسه افزوده:        | دانشگاه صنعتی مالک اشتر، انتشارات ۱۳۹۸.                                                                                            |
| رده بندی کنگره:      | TL۱۰۰۱۷۲                                                                                                                           |
| رده بندی دیویی:      | ۶۲۹/۱۱                                                                                                                             |
| کتابشناسی ملی:       | ۲۲۹۳۲۸۹۱                                                                                                                           |



مجموعه دانشهای مولودفوری های ساخت

عنوان کتاب: ..... مبانی طراحی یک کشتی هوایی کنترل از راه دور  
تألیف: ..... احمدرضا خوگر - الهام علیانی - سیدهادی معتمدالشریعتی  
ناشر: ..... انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر  
طرح روی جلد: ..... فریناز عسگری  
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: ..... دانشگاه صنعتی مالک اشتر  
صفحه آرای رایانه ای: ..... مهدی ملانی  
ویراستار ادبی: ..... مهرا جاویدی  
شمارگان: ..... ۱۰۰۰ جلد  
نوبت چاپ: ..... اول، پاییز ۱۳۹۸  
قیمت: ..... ۵۶۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-7736-86-9

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.

آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، معاونت پژوهش و فناوری،

مدیریت دانش، انتشارات. تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

## فهرست مطالب

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| پیشگفتار مولفان.....                                        | ۱  |
| فصل اول: مقدمه‌ای بر کشتی‌های هوایی.....                    | ۳  |
| ۱-۱- مقدمه‌ای بر کشتی‌های هوایی و تاریخچه‌ی آن‌ها.....      | ۳  |
| ۱-۲- کشتی‌های هوایی و فناوری‌های مرتبط با آن.....           | ۹  |
| ۱-۳- چایی و ضرورت نیاز به کشتی هوایی.....                   | ۱۳ |
| ۱-۴- هدف از آماده‌سازی کشتی‌های هوایی.....                  | ۱۵ |
| ۱-۵- انواع کشتی‌های هوایی.....                              | ۱۸ |
| ۱-۶- کشتی‌های هوایی مدرن.....                               | ۲۰ |
| ۱-۷- جمع‌بندی.....                                          | ۲۰ |
| فصل دوم: زیرسامانه‌ها و تجهیزات در دنیای کشتی هوایی.....    | ۲۵ |
| ۲-۱- کشتی هوایی چگونه پرواز می‌کند؟.....                    | ۲۵ |
| ۲-۲- زیرسامانه‌های کشتی هوایی.....                          | ۲۶ |
| ۲-۳- نیازهای اصلی کشتی هوایی.....                           | ۲۹ |
| ۲-۴- نیازهای سخت‌افزاری سامانه کنترل دستی کشتی هوایی.....   | ۳۰ |
| ۲-۵- نیازهای تجهیزاتی سامانه‌ی کنترل خودکار کشتی هوایی..... | ۳۲ |
| ۲-۶- نیازهای ساختاری رایانه‌ی پروازی جاسازی‌شده.....        | ۳۳ |
| ۲-۷- نیازهای تجهیزاتی ایستگاه زمینی.....                    | ۳۶ |
| ۲-۷-۱- ایستگاه زمینی متحرک.....                             | ۳۷ |

- ۲-۷-۲- تجهیزات داخلی مقر هدایت..... ۳۸
- ۸-۲- جمع بندی..... ۴۱
- فصل سوم: مدلسازی بدنه و آیرواستاتیک کشتی هوایی..... ۴۵**
- ۱-۳- ساختار سیستمی سامانه های کشتی هوایی..... ۴۵
- ۲-۳- شرایط متعارف کشتی هوایی در مأموریت موقعیت یابی..... ۴۷
- ۳-۳- مدل سازی بدنه ی کشتی هوایی..... ۴۸
- ۴-۳- مدل سازی شبیه سازی کشتی هوایی..... ۵۱
- ۱-۴-۳- آئرواستاتیک بدنه ی کشتی هوایی..... ۵۱
- ۲-۴-۳- محاسبه ی اثر زده ی بدنه ی کشتی هوایی..... ۵۳
- فصل چهارم: مدلسازی دینامیک و شبیه سازی سامانه ها..... ۶۱**
- ۱-۴- تخمین نیروی پسا..... ۶۱
- ۲-۴- تخمین توان جلو برنده ها..... ۶۳
- ۳-۴- مدل آئرو دینامیکی..... ۶۴
- ۴-۴- معادله های حرکت و شبیه سازی سامانه های کنترلی..... ۶۸
- ۵-۴- محاسبه ی جرم افزوده..... ۷۲
- ۶-۴- آنالیز عملکرد سامانه های کنترلی..... ۷۴
- ۱-۶-۴- دینامیک حلقه باز..... ۷۵
- ۲-۶-۴- شرایط پرواز متعادل..... ۷۶
- ۷-۴- پاسخ کنترل حلقه باز یک کشتی هوایی..... ۷۸
- ۸-۴- طراحی قوانین کنترلی و شبیه سازی یک کشتی هوایی نمونه..... ۸۵

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| فصل پنجم: انتخاب سامانه‌ها و تجهیزات کنترلی کشتی هوایی .....     | ۹۹  |
| ۱-۵- رایانه پرواز .....                                          | ۹۹  |
| ۱-۱-۵- برد واسط PCM-3718 .....                                   | ۱۰۲ |
| ۱-۱-۵- برد واسط PCM-3810i .....                                  | ۱۰۵ |
| ۲-۵- موتورهای جلوبرنده .....                                     | ۱۰۷ |
| ۱-۲- موتور اسکورپین .....                                        | ۱۰۸ |
| ۲-۲-۵- موتور تینگپ .....                                         | ۱۱۱ |
| ۳-۵- انتخاب فرستنده-گیرنده .....                                 | ۱۱۴ |
| ۱-۳-۵- فرستنده-گیرنده JZ878 .....                                | ۱۱۸ |
| ۲-۳-۵- فرستنده-گیرنده TXRX6000 .....                             | ۱۲۱ |
| ۳-۳-۵- فرستنده-گیرنده RXRC1 PV22 .....                           | ۱۲۶ |
| ۴-۵- جمع‌بندی .....                                              | ۱۲۹ |
| فصل ششم: مدل‌سازی و شبیه‌سازی سامانه‌های کنترلی و مخابراتی ..... | ۱۳۳ |
| ۱-۶- مدل‌سازی فرستنده-گیرنده JZ878 .....                         | ۱۳۴ |
| ۲-۶- شبیه‌سازی سامانه مخابراتی کشتی هوایی .....                  | ۱۳۴ |
| مراجع .....                                                      | ۱۴۱ |
| واژه‌نامه .....                                                  | ۱۴۷ |

## پیشگفتار مؤلفان

انسان از دیرباز مشتاق پرواز در آسمان بوده، داستان‌های باستانی ما پر از حکایت و تلاش برای به تصدیق کشیدن این رؤیای شیرین است. کشتی‌های هوایی یکی از نمودهای تلاش بشر برای پرواز در آسمان است که در اواسط قرن هجدهم میلادی با پرواز نخستین کشتی‌های هوایی با اهمیت و برپا شد.

کشتی‌های هوایی جزء و پیل شده سبک‌تر از هوا هستند که با استفاده از نیروی شناوری به پرواز درمی‌آیند و برخلاف دیگر وسایل پرنده مانند هواپیما و بالگرد به موتورهای بالابرنده نیاز ندارند و قادرند تا مدت‌ها در جو شناور بمانند. این مزیت کشتی‌های هوایی کاربردهای بسیار گسترده‌ای را در پروازهای تفریحی، شناسایی، اکتشافی و مخابراتی بسیار اقتصادی‌تر از دیگر روش‌های پروازی می‌دهد. این موضوع مؤلفان کتاب را بر آن داشت تا با جمع‌آوری یادداشت‌ها و اطلاعات علمی موجود در زمینه طراحی و ساخت کشتی‌های هوایی، در مسیر بومی‌سازی این صنعت و جلب توجه علاقه‌مندان به این شاخه - ی مهندسی، گامی هرچند کوچک برداشته و زمینه ورود به این حوزه، مطالعاتی و کاربردی را که بسیار زیبا و جذاب و درعین حال در بسیاری از موارد کاربردی، کارآمد و مقرون به صرفه است، فراهم نمایند.

برای طراحی و ساخت یک کشتی هوایی مبانی علمی شاخه‌های مختلف مهندسی شامل آئرو دینامیک، آئرو استاتیک، مواد، مقاومت مصالح، مخابرات بی‌سیم، پردازش تصویر، کنترل و ابزار دقیق استفاده می‌شود که پرداختن مبسوط به آن‌ها به‌طور قطع در

یک مجلد مقدور نیست؛ بنابراین، در این کتاب سعی شده هر یک از زمینه‌های علمی مرتبط در طراحی کشتی‌های هوایی، قسمت‌های منتخب و مربوط به موضوع به‌طور جداگانه توضیح داده شود، همچنین، فرض شده که مخاطبان این کتاب، از اطلاعات و مبانی علوم مهندسی و ریاضی لازم برای به‌کارگیری آن‌ها برخوردارند.

به‌منظور ساده‌سازی طراحی در بخش‌های مختلف کتاب سعی شده است که قطعات و تجهیزات معرفی شده به‌صورت ماژولار باشند و مثال‌هایی برای آن از امکانات قابل دسترس آورده شود تا کار طراحی تا حد امکان ساده شود. طبیعی است، با گذشت زمان و افزایش توانایی ماژول‌های موجود، بازنگری و بهینه‌سازی در انتخاب آن‌ها لازم و ضروری خواهد بود. در اینجا، نویسندگان فارغ از هر گونه رویکرد تبلیغی در معرفی ماژول‌های خاص، نیازمندی‌های یک نوع کشتی هوایی را به‌عنوان یک نمونه‌ی آموزشی با انتخاب مجموعه‌ی اثبات‌های مناسب برآورده کرده‌اند.

پس از ارائه‌ی مقدمه و تاریخچه‌ی توسعه‌ی کشتی‌های هوایی زیر سیستم‌های لازم برای نوعی کشتی هوایی تحقیقاتی با تأکید بر تجهیزات و امکانات قابل استفاده در آن در فصل دوم ارائه شده است. در فصل سوم و چهارم به ترتیب آترواستاتیک و آترودینامیک کشتی‌های هوایی موردبررسی و تحلیل قرار گرفته و یک مدل برگرفته از مراجع قابل دسترسی به‌طور خلاصه ارائه شده است. در ادامه‌ی فصل چهارم با شبیه‌سازی مدل کشتی هوایی برای تحلیل کیفیت پروازی آن یک نمونه گزارش شده است. در فصل پنجم برد اصلی سامانه‌ی اویونیک<sup>۱</sup> کشتی هوایی شامل چند نمونه رایانه قابل جاسازی معرفی شده است. یادآوری می‌شود که رایانه‌های پرواز معرفی شده فقط به‌عنوان نمونه معرفی شده و نویسندگان بدون ترجیح نمونه تجاری خاص، پروتکل‌های اعلام شده و تحقق‌پذیری آن‌ها با بردهای اعلام شده را مدنظر قرار داده‌اند.

در فصل ششم نوعی سامانه مخابراتی برای یک کشتی هوایی تحقیقاتی بررسی و

تحلیل شده و چند نمونه سامانه‌ی ماژولار مخابراتی که به راحتی در سامانه ارتباطی سیم کشتی هوایی قابل استفاده باشد و از آن بتوان برای کنترل هدایت و ناوبری از راه دور کشتی هوایی استفاده کرد، ارائه شده است.

در مجموع سعی شده از مجموعه مباحث مرتبط با طراحی کشتی هوایی مطالبی مفید و قابل استفاده جمع‌بندی و ارائه شود. البته مطالب مرتبط با ساخت بدنه، جنس سازه و پوسته‌ی کشتی هوایی، قید<sup>۱</sup> و بست<sup>۲</sup>‌های لازم برای مونتاژ و ساخت به یاری خداوند متعال در جای‌های بعدی دنبال خواهد شد.

در اینجا مؤلفان خود لازم می‌دانند که از تلاش همه‌ی همکارانی که به نحوی در تهیه، تنظیم و نشر این کتاب ما را یاری کرده‌اند، قدردانی و تشکر نمایند.

با آرزوی توفیق الهی  
احمد رضا خوگر