

مبانی مهندسی سیستمهای فضایی

جلد اول

جهاد طیبی

رتبه شاعری

احمد سلیمانی

فرید پیمان دوست

۱۳۹۴

عنوان و نام پدیدآور	:	مبانی مهندسی سیستمهای فضایی / تالیف و گردآوری جواد طیبی... [و دیگران].
مشخصات نشر	:	تهران: تقی شجاعی، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	:	۳ ج.: مصور(رنگی)، جدول(رنگی)، نمودار(رنگی).
شابک	:	دوره: 0-978-600-04-3975-0؛ ج. ۱: 3-978-600-04-3974-3
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
یادداشت	:	تالیف و گردآوری: جواد طیبی، تقی شجاعی، احمد سلیمانی، فرید پیمان دوست.
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	صنایع هوافضا — مدیریت
موضوع	:	هوانوردی — مهندسی سیستمها
موضوع	:	مهندسی سیستمها — مدیریت
موضوع	:	فضانوردی — مهندسی سیستمها
شناسه افزوده	:	طیبی، جواد - ۱۳۴۰ -
رده بندی کنگره	:	U ۲۶ / م ۱۳۹۴
رده بندی دیویی	:	۶۲۱۲ / ۳۰۵۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۴۰۵۳۱۱۳

عنوان : مبانی مهندسی سیستمهای فضایی - جلد اول

مشخصات نشر : تهران: تقی شجاعی، ۱۳۹۴.

نویسندگان : جواد طیبی، تقی شجاعی، احمد سلیمانی، فرید پیمان دوست

نوبت چاپ : اول

شمارگان : ۳۰۰

قیمت : ۲۰۰,۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-04-3975-3

پیش گفتار مولفین..... ۹

فصل اول

۱- مبانی مهندسی سیستم‌ها.....	۱۰
۱-۱- تعریف سیستم.....	۱۰
۲-۱- عناصر سیستم.....	۱۱
۳-۱- سیستم فضایی.....	۱۲
۱-۳-۱- بخش فضا.....	۱۲
۲-۳-۱- بخش پرتاب.....	۱۲
۳-۳-۱- بخش‌های زمینی و کاربر.....	۱۳
۴-۱- سیستم‌های فضایی.....	۱۳
۱-۴-۱- محیط فضا.....	۱۳
۲-۴-۱- عملیات بدون ممانعت.....	۱۴
۳-۴-۱- هدف نهایی سیستم.....	۱۴
۵- سیستم سیستم‌ها.....	۱۵
۱-۵-۱- مشخصات اساسی سیستم.....	۱۵
۶-۱- مهندسی سیستم.....	۱۶
۱-۶-۱- نقش گسترش یافته مهندسی سیستم.....	۱۷
۲-۶-۱- مفاهیم و تعاریف مفید مهندسی سیستم.....	۱۸
۱-۲-۶-۱- الزامات.....	۱۸
۲-۲-۶-۱- معیارهای پذیرش.....	۲۰
۳-۲-۶-۱- مدیریت و کنترل پیکربندی.....	۲۰
۴-۲-۶-۱- رابطها.....	۲۱
۵-۲-۶-۱- قابلیت همکاری متقابل.....	۲۴
۶-۲-۶-۱- معماری سیستم.....	۲۵
۷-۲-۶-۱- رویکرد سیستم‌های باز ماژولار.....	۲۶
۸-۲-۶-۱- معماری سرویس گرا.....	۲۸
۹-۲-۶-۱- سازگاری - رو به جلو و رو به عقب.....	۲۹
۳-۶-۱- مدل‌های مهندسی سیستم‌ها.....	۲۹
۱-۳-۶-۱- مدل آبشاری.....	۳۰
۲-۳-۶-۱- مدل V.....	۳۲
۳-۳-۶-۱- تحلیل و طراحی شی-گرا.....	۳۳
۴-۳-۶-۱- مهندسی سیستم‌ها مبتنی بر مدل.....	۳۴
۵-۳-۶-۱- توسعه مارپیچی.....	۳۴

- ۳۶..... ۱-۶-۳-۶- مدل اکتساب تکاملی
- ۳۷..... ۱-۷- مهندسی سیستم‌های نرم‌افزاری
- ۳۷..... ۱-۸- ابزار مهندسان سیستم
- ۳۸..... ۱-۹- گرایش‌های تخصصی مهندسی

فصل دوم

- ۴۱..... ۲- فرایند مهندسی سیستم‌ها
- ۴۱..... ۲-۱- مقدمه
- ۴۱..... ۲-۲- فرایند مهندسی سیستم‌ها
- ۴۶..... ۲-۱-۲- تحلیل و صحنه‌گذاری الزامات
- ۴۸..... ۲-۱-۲-۱- تحلیل، تعریف و مأموریت‌ها
- ۴۹..... ۲-۱-۲-۲- شناسایی الزامات معماری و کارکردی
- ۴۹..... ۲-۱-۲-۳- تعریف و پالایش الزامات
- ۴۹..... ۲-۱-۲-۲-۱- الزامات معیاری
- ۵۰..... ۲-۱-۲-۲-۲- الزامات عملکردی
- ۵۰..... ۲-۱-۲-۲-۳- الزامات خرد در قابلیت اعتماد
- ۵۰..... ۲-۱-۲-۲-۴- الزامات عملی
- ۵۰..... ۲-۱-۲-۲-۵- محدودیت‌ها
- ۵۱..... ۲-۱-۲-۲-۴- معیار پذیرش الزامات
- ۵۱..... ۲-۱-۲-۲-۵- حلقه الزامات
- ۵۲..... ۲-۲-۲- تحلیل، تخصیص و صحنه‌گذاری کارکردی
- ۵۴..... ۲-۲-۲-۱- تجزیه به سطوح پایین‌تر
- ۵۵..... ۲-۲-۲-۲- تخصیص الزامات به همه سطوح کارکردی
- ۵۵..... ۲-۲-۲-۳- تعریف، پالایش و یکپارچه‌سازی معماری کارکردی
- ۵۶..... ۲-۲-۲-۴- تعریف و پالایش رابطه‌ها
- ۵۷..... ۲-۲-۲-۴- معیار پذیرش تخصیص‌یافته کارکردی/معماری
- ۵۷..... ۲-۲-۲-۳- راهکارهای طراحی (ترکیب)
- ۵۹..... ۲-۲-۲-۱- تبدیل معماری
- ۵۹..... ۲-۲-۲-۲- تعریف عناصر و مفاهیم جایگزین سیستم
- ۶۰..... ۲-۲-۲-۳- تعریف فرایند و محصول جایگزین
- ۶۱..... ۲-۲-۲-۴- تعریف و پالایش رابطه‌های فیزیکی
- ۶۱..... ۲-۲-۲-۵- حلقه طراحی
- ۶۱..... ۲-۲-۲-۶- معیار پذیرش طراحی
- ۶۲..... ۲-۲-۲-۶-۱- طراحی برای پیاده‌سازی، استقرار و به‌کارگیری، عملیات و پشتیبانی
- ۶۲..... ۲-۲-۲-۴- پیاده‌سازی
- ۶۲..... ۲-۲-۲-۵- معیار پذیرش محصول
- ۶۳..... ۲-۲-۲-۶- یکپارچه‌سازی

۶۳	۷-۲-۲-۷-تصدیق و صحه‌گذاری
۶۴	۷-۲-۲-۱-روش‌ها و تکنیک‌های تصدیق و صحه‌گذاری
۶۸	۷-۲-۲-۲-تست و ارزیابی
۷۲	۷-۲-۲-۳-طراحی برای تست
۷۲	۷-۲-۲-۴-مستند نمودن تست و ارزیابی
۷۳	۷-۲-۲-۵-تست برای محیط‌های فضایی و پرتاب
۷۳	۷-۲-۲-۱-۵-تست ارتعاش
۷۳	۷-۲-۲-۲-۵-تست آکوستیک
۷۴	۷-۲-۲-۳-۵-تست شوک
۷۴	۷-۲-۲-۴-۵-تست حرارتی
۷۴	۷-۲-۲-۵-۵-تست خلا
۷۵	۷-۲-۲-۶-۱-داخلات/سازگاری الکترومغناطیسی
۷۵	۷-۲-۲-۶-۲-تصدیق و صحه‌گذاری مستقل
۷۵	۷-۲-۲-۷-۱-کاهش زمان یکپارچگی و تست
۷۶	۷-۲-۲-۸-استمرار به کارگیری نگهداری و کنارگذاری
۷۷	۷-۲-۲-۹-فرایند مهندسی مدیریت مهندسی سیستم‌ها
۷۸	۷-۲-۲-۱-۹-مطالعات و تجانس‌های تامل و تبادل
۷۹	۷-۲-۲-۲-۹-تحلیل گزینه‌های مالی
۷۹	۷-۲-۲-۳-۹-تحلیل الزامات
۷۹	۷-۲-۲-۴-۹-تحلیل و تخصیص کارکرد
۷۹	۷-۲-۲-۵-۹-ترکیب
۸۰	۷-۲-۲-۶-۹-کنترل و مدیریت
۸۰	۷-۲-۲-۷-۹-گزینه‌های ارجح منتخب
۸۱	۷-۲-۲-۸-۹-اندازه‌گیری پیشرفت

۸۳	۳-مدیریت مهندسی سیستم‌ها
۸۳	۳-۱-مقدمه
۸۶	۳-۲-فعالیت‌های رایج مدیریت
۸۶	۳-۱-۲-شش سیگما
۸۷	۳-۲-۲-مدیریت لین
۹۰	۳-۲-۳-تطبیق رویکردهای لین و شش سیگما برای مهندسی سیستم‌ها
۹۱	۳-۳-مدیریت هزینه، زمان‌بندی و ریسک کلی برنامه
۹۲	۳-۴-برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی
۹۳	۳-۱-۴-فرایند انتخاب مهندسی سیستم‌ها
۹۳	۳-۲-۴-طرح اصلی یکپارچه و طرح مدیریت مهندسی سیستم‌ها
۹۳	۳-۳-۴-ساختار شکست کار

۹۴	۵-۳- مدیریت منابع
۹۴	۱-۵-۳- تأمین نیروی انسانی و هدایت
۹۵	۲-۵-۳- سیستم مدیریت ارزش اکتسابی
۹۵	۳-۵-۳- بازنگری‌ها و بازرسی‌ها
۹۶	۶-۳- ارزیابی معیارها و اندازه‌گیری‌ها
۹۷	۱-۶-۳- اندازه‌گیری عملکرد فنی
۹۸	۲-۶-۳- فرایند مطالعه تعامل و تبادل
۹۸	۳-۶-۳- برآورد هزینه
۹۹	۷-۳- مدیریت ریسک
۹۹	۱-۷-۳- راند مدیریت ریسک
۱۰۱	۲-۷-۳- مدیریت ریسک عملیاتی
۱۰۱	۳-۷-۳- مالی برای پیاده‌سازی مدیریت ریسک
۱۰۳	۸-۳- مدیریت رابطه
۱۰۶	۹-۳- مدیریت قابلیت همکاری متقابل
۱۰۶	۱۰-۳- مدیریت داده‌ها
۱۰۶	۱۱-۳- مدیریت پیکربندی
۱۰۷	۱-۱۱-۳- شناسایی پیکربندی
۱۰۷	۲-۱۱-۳- نظارت و کنترل بر مدیریت پیکربندی
۱۰۷	۳-۱۱-۳- حساسی وضعیت پیکربندی
۱۰۸	۴-۱۱-۳- بازرسی‌های پیکربندی
۱۰۸	۱۲-۳- ایمنی عملیاتی، تناسب و اثربخشی

۱۰۹	۴- ابزارها و تکنیک‌های مهندسی سیستم‌ها
۱۰۹	۱-۴- مرور کلی
۱۱۰	۲-۴- تحلیل گزینه‌ها و سناریوها
۱۱۱	۳-۴- مدیریت تغییرات
۱۱۲	۴-۴- ابزارهای تحلیل هزینه
۱۱۶	۵-۴- نمودار همبستگی چندجانبه
۱۱۷	۶-۴- مدیریت ارزش اکتسابی
۱۲۰	۷-۴- ابزارها و تکنیک‌های تحلیل شکست
۱۲۱	۸-۴- نمودارهای بلوکی جریان کارکردی
۱۲۶	۹-۴- تعریف یکپارچه برای مدل‌سازی داده‌ای
۱۲۸	۱۰-۴- مدل‌سازی و شبیه‌سازی
۱۳۰	۱۱-۴- نمودارهای N2
۱۳۱	۱۲-۴- ابزار بهینه‌سازی
۱۳۱	۱-۱۲-۴- طراحی قدرتمند در مقابل بهینه‌سازی

۱۳۲	۲-۱۲-۴-آنالیز حساسیت
۱۳۲	۳-۱۲-۴- بهینه سازی از طریق آزمایشات
۱۳۳	۴-۱۲-۴- بهینه سازی در تولید (روش تاگوچی)
۱۳۶	۱۳-۴- مدل های قابلیت فرایند
۱۳۷	۱۴-۴- نمونه سازی
۱۳۸	۱۵-۴- ابزارهای تحلیل و تخصیص الزامات
۱۳۸	۱-۱۵-۴- برگه تخصیص الزامات
۱۳۹	۱۶-۴- تحلیل ریسک
۱۴۳	۱۷-۴- تحلیل وضعیت ها و حالات
۱۴۴	۱۸-۴- زبان مدل سازی سیستمی
۱۴۷	۱۹-۴- اندازه گیری عملکرد فنی
۱۴۹	۱-۱۹-۴- مثالهای از سلسله مراتب اندازه گیری عملکرد فنی
۱۵۱	۲۰-۴- تحلیل تحول زمان بندی
۱۵۳	۲۱-۴- مفاهیم تعامل و تبادل
۱۵۴	۲۲-۴- زبان مدل سازی یکپارچه
۱۵۵	۱-۲۲-۴- نمودارهای ساختار
۱۵۶	۲-۲۲-۴- نمودارهای فرایند
۱۵۷	۳-۲۲-۴- نمودارهای تعامل
۱۵۸	۲۳-۴- تحلیل و نگاشت جریان ارزش
۱۵۹	۲۴-۴- طراحی سیستم ارزش
۱۶۳	۲۵-۴- ساختار شکست کار و ابزار معماری فیزیکی

۱۶۷	۵- چرخه عمر اکتساب سیستم های فضایی بر اساس الگوی دی.او.دی
۱۶۸	۱-۵- فرایند سیستم توسعه و یکپارچگی قابلیت های مشترک
۱۶۸	۱-۱-۵- رویکرد مبتنی بر قابلیت و طرح ریزی توسعه ای
۱۷۰	۲-۵- فرایند سیستم اکتساب دفاعی
۱۷۱	۱-۲-۵- تحلیل راهکارهای تجهیزاتی
۱۷۲	۲-۲-۵- توسعه فناوری
۱۷۳	۳-۲-۵- توسعه مهندسی و ساخت
۱۷۴	۴-۲-۵- تولید و استقرار
۱۷۵	۵-۲-۵- عملیات و نگهداری
۱۷۶	۳-۵- فرایند سیستم طرح ریزی، برنامه ریزی و بودجه بندی
۱۷۷	۴-۵- تعامل بین فرایندهای اکتساب دی.او.دی
۱۷۸	۵-۵- پی ریزی اولیه برنامه و مهندسی سیستم ها
۱۷۹	۱-۵-۵- تحلیل الزامات
۱۸۰	۲-۵-۵- مفهوم معماری یا طراحی

۱۸۰	۵-۵-۳- ارزیابی و ترکیب
۱۸۲	۵-۵-۴- تصدیق و صحه‌گذاری
۱۸۲	۵-۵-۵- فرایند مدیریت مهندسی سیستم‌ها: تحلیل و کنترل سیستم
۱۸۳	۵-۵-۱- تعادل
۱۸۵	۵-۵-۶- مفهوم برای توسعه بیشتر

۱۸۷	۶- چرخه عمر اکتساب سیستم‌های فضایی بر اساس الگوی ناسا
۱۸۸	۶-۱- فرموله‌سازی برنامه
۱۹۰	۶-۲- پیاده‌سازی برنامه
۱۹۱	۶-۳- پیش فاز (الف): پروژه: مطالعات مفهوم
۱۹۳	۶-۴- فاز (ب): پروژه: توسعه فناوری و مفهوم
۱۹۵	۶-۵- فاز (ج): پروژه: تکمیل فناوری و طراحی اولیه
۱۹۷	۶-۶- فاز (د): پروژه: ساخت و تست نهایی
۱۹۹	۶-۷- فاز (ه): پروژه: مونتاژ، تست و ارجه‌سازی و پرتاب سیستم
۲۰۱	۶-۸- فاز (و): پروژه: عملیات مهندسی
۲۰۲	۶-۹- فاز (ز): پروژه: خاتمه پروژه
۲۰۴	۶-۱۰- سرمایه‌گذاری: چرخه بودجه
۲۰۶	پیوست الف- علائم و اختصارات
۲۱۴	پیوست ب- واژه نامه
۲۳۰	پیوست پ- اسناد مقبولیت ای.ام.سی
۲۳۴	پیوست ت- اسناد مقبولیت ناسا
۲۳۶	فهرست مراجع

پیش گفتار مولفین

این کتاب با هدف ارائه مبانی اولیه مهندسی سیستم‌ها تهیه شده و بر روی اکتساب سیستم‌های بزرگ، به خصوص سیستم‌های فضایی متمرکز است. این کتابچه راهنمای مهندسی سیستم‌ها، با هدف ارائه آن دسته از مفاهیم و تکنیک‌های اصولی مهندسی سیستم‌ها که در مورد سیستم‌های فضایی، پرتاب و کنترل زمینی کاربرد دارند، آماده گردیده است. مخاطبان مورد نظر این کتاب، شامل مدیران پروژه، مهندسين سیستم‌ها و متخصصان در رشته‌های دیگر که بایستی به نحوی یک فعالیت مهندسی سیستم در حوزه سامانه فضایی اجرایی کنند، می‌باشد.

مؤلفین این کتاب واقفند که مبحث مهندسی سیستم‌ها بسیار گسترده بوده و رویکردها در اجرای مهندسی سیستم‌ها، بسیار متنوع است. این کتابچه قصد ندارد تمامی این مسائل را در برگیرد و تنها مفاهیم عمومی، فرایندهای رایج، ابزارها و تکنیک‌های متعارف در مهندسی سیستم‌های فضایی را بیان می‌کند. همچنین اطلاعاتی را در مورد شیوه‌های توصیه شده مهندسی سیستم‌ها و ریسک‌هایی که باید از آنها دوری کرد، ارائه می‌نماید. علاوه بر این، منابع متعدد دیگری نیز برای خوانندگان معرفی شده تا بتوانند به صورت عمیق‌تر پیرامون این حوزه‌ی علمی تحقیق نمایند.

این کتابچه، مهندسی سیستم را به گونه‌ای تشریح می‌کند که بتوان آن را برای توسعه سیستم‌های بزرگ فضایی، پرتاب و کنترل زمینی اجرا نمود. مهندسی سیستم یک رویکرد نظام‌مند است که تمامی چرخه عمر سیستم، شامل توسعه، طراحی، ساخت، عملیات، دربر می‌گیرد. در نتیجه مفاد این کتابچه راهنما به طور مناسبی فعالیت‌های مهندسی سیستم را صرف نظر از اینکه این فعالیت‌ها توسط کارفرما، دفتر برنامه سیستم‌های فضایی یا یک پیمانکار سیستم صورت می‌گیرد، شامل می‌شود.

فصل اول کتاب، "سیستم سیستم‌ها و خانواده سیستم‌ها" را بمنظور درک اولیه موضوع به خوانندگان معرفی می‌کند. فصل دوم به تشریح "مفاهیم و اصطلاحات مهندسی سیستم‌ها" و توضیحاتی تفصیلی در مورد فرآیند مهندسی سیستم‌ها می‌پردازد. این دو فصل، زمینه‌ای برای فصل سوم با عنوان "مدیریت مهندسی سیستم‌ها" ارائه می‌کند. فصل چهارم "ابزارها و روش‌های متعارف مهندسی سیستم‌ها" را برای خوانندگان تشریح می‌نماید. و فصل پنجم و ششم نیز چرخه عمر کامل یک سیستم بزرگ فضایی در انواعی مختلف دی.او.دی¹ و ناسا²، در بر گرفته است. همچنین این فصل‌ها توسط پیوست‌هایی شامل "الگوها و استانداردهایی" که بر روی فعالیت‌های مهندسی سیستم متمرکز هستند، تکمیل می‌شود.

منابع مختلف و متعددی جهت آماده شدن این کتاب مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این منابع شامل جدیدترین دستورالعمل‌های ناسا و استانداردهای دی او دی و تعدادی از تشریحات مهندسی که در طول این کتاب ذکر شده‌اند، می‌باشد. در آخر بایست خاطر نشان کرد که این کتاب تنها باید به عنوان یک نقطه‌ی آغازین طی این مسیر در نظر گرفته شود.

1 Department of Defense (DoD)

2 National Aeronautics and Space Administration (NASA)