

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

هدایت نوین موشک



# هدایت نوین موشک

رافائل یانوشفسکی

ترجمه

دکتر علیرضا طلوعی و مهندس احمد سلیمانی



۱۳۹۷



۷۱۰

مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی

هدایت نوین موشک

رافائل یانوشفسکی

ترجمه دکتر علیرضا طلوعی، مهندس احمد سلیمانی

Rafael Yanushevsky, *Modern Missile Guidance*, CRC Press and Taylor & Francis, 2007.

ویراستار: ندا نوری

حروف‌نگار و صفحه‌آرا: فریبا باباخانی

طراح جلد: امیرشاهرخ فریوسفی

ناظر چاپ: صفر ممیزاد

چاپ اول: ۱۳۹۷

شمارگان: ۱۰۰۰

قیمت: ۴۰۰,۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای دانشگاه شهید بهشتی محفوظ است.

سرشناسه:	یانوشفسکی، رافائل، ۱۹۴۹ م. Yanushevsky, Rafael
عنوان و نام پدیدآور:	هدایت نوین موشک/رافائل یانوشفسکی؛ ترجمه علیرضا طلوعی، احمد سلیمانی.
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری:	۳۷۸ ص:، مصور، جدول
فروست:	انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ ۷۱۰.
شابک:	۹۷۸ ۹۶۴ ۴۵۷ ۴۳۰ ۶
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیبیا
یادداشت:	عنوان اصلی: Modern missile guidance, 2en, [2019]
یادداشت:	چاپ قبلی: تهران: گروه صنایع یامهدی (عج)، انتشارات یامهدی (عج)، ۱۳۹۷.
یادداشت:	کتابنامه.
موضوع:	موشک‌های هدایت‌شونده- سیستم‌های هدایت
موضوع:	Guided missiles-Guidance systems
موضوع:	کنترل پرواز Flight control
موضوع:	سامانه‌های هدایت پرواز Guidance systems (flight)
شناسه افزوده:	طلوعی، علیرضا، ۱۳۴۷- مترجم؛ سلیمانی، احمد، ۱۳۶۵- مترجم
شناسه افزوده:	دانشگاه شهید بهشتی
رده‌بندی کنگره:	۱۳۹۷ ۴-۲/ی/UG۶۳۰
رده‌بندی دیویی:	۶۲۳/۴۵۱۹
شماره کتابشناسی ملی:	۵۴۹۷۱۰۷

کد ناشر ۱۰۰۱۷۳۴

www.pub.sbu.ac.ir

unipress@mail.sbu.ac.ir

## فهرست مطالب

پیشگفتار مترجمان.....	نه
پیشگفتار نویسنده.....	یازده
درباره نویسنده.....	پانزده
<b>فصل ۱. مبانی هدایت موشک.....</b>	<b>۱</b>
۱.۱. مقدمه.....	۱
۱.۲. فرایند هدایت.....	۴
۱.۳. هدایت موشک.....	۶
۱.۴. روابط حرکت.....	۸
۱.۵. خط دید (LOS).....	۱۲
منابع.....	۱۵
<b>فصل ۲. ناوبری موازی.....</b>	<b>۱۷</b>
۱.۲. مقدمه.....	۱۷
۲.۲. ناوبری تناسبی، درگیری در یک صفحه.....	۱۹
۳.۲. ناوبری تناسبی، درگیری سه بعدی.....	۲۲
۴.۲. ناوبری تناسبی افزوده.....	۲۴
۵.۲. ناوبری تناسبی به منزله مسئله ای کنترلی.....	۲۵
۶.۲. ناوبری تناسبی افزوده به منزله مسئله ای کنترلی.....	۲۹
۷.۲. چه هنگام قانون PN بهینه است؟.....	۳۰
منابع.....	۳۲
<b>فصل ۳. تحلیل سامانه های موشکی هدایت شونده با ناوبری تناسبی در حوزه زمان.....</b>	<b>۳۳</b>
۱.۳. مقدمه.....	۳۳
۲.۳. سامانه هدایتی ناوبری تناسبی فاقد اینرسی.....	۳۴
۳.۳. روش الحاقی.....	۳۷
منابع.....	۴۴

#### فصل ۴. تحلیل سامانه‌های موشکی هدایت‌شونده با ناوبری تناسبی در حوزه

فرکانس	۴۵
۱. مقدمه	۴۵
۲. روش ترکیبی (مدل تعمیم‌یافته)	۴۸
۳. تحلیل حوزه فرکانس	۵۳
۴. تحلیل حالت پایای از دست‌رفته	۶۳
۵. تحلیل مانور قوسی	۶۴
۶. مثالی برای درک بهتر	۶۶
۷. تحلیل فرکانسی و پاسخ پله از دست‌رفته	۶۹
۸. پایداری ورودی کران‌دار، خروجی کران‌دار (BIBO)	۷۳
۹. پاسخ فرکانسی مدل تعمیم‌یافته هدایت موشک	۷۵
منابع	۷۹

#### فصل ۵. طراحی قوانین هدایت با استفاده از ناوبری موازی (دیدگاه حوزه زمان)

۱. مقدمه	۸۱
۲. کنترل‌های تصحیح هدایت	۸۳
۳. روش لیاپانوف برای طراحی قانون هدایت	۸۵
۴. اصلاح مدل خطی صفحه‌ای تقرب به اصابت	۸۸
۵. حالت دوبعدی رایج	۹۰
۶. مدل تقرب به اصابت سه‌بعدی	۹۴
۷. قوانین تعمیم‌یافته هدایت	۹۷
۸. چند مثال	۱۰۴
منابع	۱۱۱

#### فصل ۶. طراحی قوانین هدایت با استفاده از ناوبری موازی (دیدگاه حوزه فرکانس)

۱. مقدمه	۱۱۳
۲. هدایت موشک نئوکلاسیک	۱۱۵
۳. هدایت موشک شبه‌کلاسیک	۱۲۲
۴. سامانه‌های نمونه	۱۲۶
۱. مدل دووجهی یا مسطح	۱۲۶

۱۳۳	۶. ۴. ۲. مدل چندبعدی.....
۱۳۶	منابع.....
۱۳۹	<b>فصل ۷. تحلیل عملکرد قانون هدایت تابع ورودی‌های تصادفی.....</b>
۱۳۹	۱. ۷. مقدمه.....
۱۴۰	۲. ۷. توضیحی مختصر در زمینه فرایندهای تصادفی.....
۱۴۷	۳. ۷. مانورهای هدف تصادفی.....
۱۵۰	۴. ۷. تحلیل تأثیر نویز در فاصله از دست‌رفته.....
۱۵۸	۵. ۷. اثر مانورهای دارای هدف تصادفی در فاصله از دست‌رفته.....
۱۶۰	۶. ۷. جنبه‌های محاسباتی.....
۱۶۳	۷. ۷. نمونه‌ها.....
۱۷۸	۸. ۷. فیلترینگ.....
۱۷۹	منابع.....
۱۸۱	<b>فصل ۸. تست عملکرد قوانین هدایت.....</b>
۱۸۱	۱. ۸. مقدمه.....
۱۸۴	۲. ۸. نیروهای مؤثر در موشک.....
۱۸۷	۳. ۸. دینامیک موشک.....
۱۹۳	۴. ۸. خلبان خودکار و انواع عملگر.....
۱۹۷	۵. ۸. سیستم مرجع و تبدیلات.....
۱۹۹	۶. ۸. مدل رادار تجسس هدف (جستجوگر).....
۲۰۴	۷. ۸. فیلترکردن و تخمین.....
۲۱۲	۸. ۸. هدایت کاپا.....
۲۱۵	۹. ۸. مدل‌های شبیه‌سازی.....
۲۱۷	۱. ۹. ۸. مدل شبیه‌سازی شش درجه آزادی.....
۲۲۵	۲. ۹. ۸. مدل شبیه‌سازی سه درجه آزادی.....
۲۳۲	منابع.....
۲۳۵	<b>فصل ۹. طراحی یکپارچه موشک.....</b>
۲۳۵	۱. ۹. مقدمه.....
۲۴۰	۲. ۹. مدل هدایت و کنترل یکپارچه موشک.....

۲۵۲	.....	۳.۹ ترکیب قوانین کنترلی
۲۵۲	.....	۳.۹.۱ به کمیته رساندن توابع استاندارد
۲۵۵	.....	۳.۹.۲ کمیته کردن توابع خاص
۲۶۱	.....	۳.۹.۴ تجزیه و یکپارچه سازی
۲۶۷	.....	منابع
۲۶۹	.....	<b>فصل ۱۰. نرم افزار هدایت موشک</b>
۲۶۹	.....	۱۰.۱.۱ مقدمه
۲۷۳	.....	۱۰.۱.۲ نرم افزار دیدگاه حوزه فرکانس
۲۹۲	.....	۱۰.۱.۳ نرم افزاری برای روش های حوزه زمان
۳۲۰	.....	منابع
۳۲۱	.....	<b>پیوست ها</b>
۳۲۱	.....	پیوست الف
۳۲۱	.....	الف. ۱. روش لیاپانوف
۳۲۳	.....	الف. ۲. روش بلمن- لیاپانوف
۳۲۷	.....	منابع
۳۲۹	.....	پیوست ب
۳۲۹	.....	ب. ۱. تبدیل لاپلاس
۳۳۰	.....	ب. ۲. اثبات قضیه
۳۳۲	.....	منابع
۳۳۳	.....	پیوست پ
۳۳۳	.....	پ. ۱. مدل های رگرسیون آیرودینامیکی
۳۳۴	.....	منابع
۳۳۵	.....	پیوست ت
۳۳۵	.....	ت. ۱. روش رانگ- کوتا
۳۳۹	.....	<b>واژه نامه توصیفی</b>
۳۴۷	.....	<b>واژه نامه فارسی- انگلیسی</b>
۳۵۳	.....	<b>واژه نامه انگلیسی- فارسی</b>
۳۵۹	.....	<b>نمایه</b>



## پیشگفتار مترجمان

با عنایت خداوند منان، کتابی که در دسترس دانشجویان عزیز و متخصصان صنعت هوافضا قرار می‌گیرد ترجمه کتابی است از پروفسور یانوشفسکی به نام *Modern Missile Guidance*. این کتاب از معدود آثاری شمرده می‌شود که، در این زمینه، تألیف و ترجمه شده است. علت ترجمه این کتاب به‌روز بودن بیشتر مطالب است که آن را بی‌نظیر جلوه می‌دهد. در مقایسه با کتاب‌های موجود، که در آنها مدل‌های سامانه هدایت بسیار ساده و اغلب به‌صورت غیرواقعی بررسی می‌شوند، این کتاب مدل‌های نوین هدایت را مطرح می‌کند که پویایی سیستم کنترل پرواز موشک را دقیق‌تر بیان و نتایج تحلیلی را، در عمل، مؤثرتر عرضه می‌کنند. تحلیل مدل‌های متفاوت سامانه هدایت موشک در حوزه زمان و فرکانس امکان آن را فراهم می‌آورد تا، با الحاق آنها به یکدیگر، قوانین متفاوتی در هدایت ایجاد شود.

کتاب حاضر برای تمامی دانشجویان کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری و متخصصان رشته مهندسی برق، مهندسی مکانیک و به‌ویژه مهندسی هوافضا، کاربردی است. امیدواریم، با ترجمه این کتاب، خلأ ناشی از کمبود کتاب مرجع در این زمینه را تا اندازه‌ای پر کرده باشیم و توانسته باشیم دین خود را به علاقه‌مندان این رشته‌ها، به‌ویژه دانشجویان عزیز، ادا کنیم.

از استادان ارجمند، دانشجویان گرامی و دیگر علاقه‌مندان محترم که این کتاب را برای مطالعه انتخاب می‌کنند استعدا داریم، برای رفع اشکالات احتمالی و نواقص موجود، ما را یاری دهند و دیدگاه‌ها و پیشنهادهای سازنده خود را به نشانی الکترونیکی [toloei@sbu.ac.ir](mailto:toloei@sbu.ac.ir) ارسال کنند. در انتها، از همه همکاران انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، که فرایند ویرایش و چاپ و نشر این کتاب را به نحو احسن انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

علیرضا طلوعی

دانشیار گروه مهندسی هوافضا

احمد سلیمانی

کارشناس ارشد گروه مهندسی هوافضا

پاییز ۱۳۹۷



## پیشگفتار نویسنده

در عصر آغاز توسعه نظریه کنترل، صنایع هوافضا منبعی مهم برای بیان مشکلات و ایده‌ها در این زمینه شمرده می‌شد. نیازهای صنایع هوافضا مهم‌ترین نتایج در نظریه سامانه‌های غیرخطی و تحلیل پایداری را شبیه‌سازی کردند. در همین زمینه، کارشناسان کنترل درگیر حل بسیاری از مسائل و نیز طراحی سامانه‌های هوافضایی بودند. نظریه کنترل بهینه نیز بیشتر از میان همین مسائل هوافضایی برخاسته است و تمامی این پیشرفت‌ها طی قرن گذشته صورت گرفت.

امروزه، متخصصان هوافضا پیش‌زمینه‌ای قوی در ریاضی دارند. آنها با جدیدترین نتایج نظریه کنترل آشنا هستند و نه تنها قادرند مسائل کنترلی را فرمول‌بندی کنند بلکه این مسائل را، بدون توجه به تخصص‌های کنترلی، حل می‌کنند. به‌علاوه، در تلاش‌اند نتایج جدیدی را به نظریه کنترل مسائل هوافضایی خاص بیفزایند. در نتیجه، نظریه مورد اشاره مهم‌ترین منبع خود را از دست می‌دهد و از مرحله‌ای خاص به بعد، سرعت پیشرفت آن کاهش می‌یابد.

کاربرد روش‌های کنترلی جدید را می‌توان، به‌راحتی، در مقالات و مجلات هوافضایی یافت. اما در مورد روش‌های قدیمی چه می‌توان کرد؟ عجیب است که روش ناوبری تناسبی<sup>۱</sup>، روش آنالوگ کنترل‌کننده‌ای متناسب، همچنان گسترده‌ترین قانون هدایت برای هدایت آشیانه‌یاب شمرده می‌شود.

نویسنده کتاب پیش‌رو بیش از سی سال در زمینه مفاهیم کنترل مطالعه کرده است و در آغاز کار، در حوزه مهندسی هوافضا، از تفاوت زیاد بین سطوح بالای سامانه‌های کنترلی پیچیده به‌کاررفته در صنایع هوافضا و قوانین هدایت نسبتاً ساده در رهگیرهای پیشرفته، شگفت‌زده شد.

---

1. proportional navigation (PN)

نویسنده امیدوار است که فصل‌های این کتاب، برای پرکردن این فاصله‌ها در آینده، مفید واقع شود. در این کتاب، از دید نظریه کنترل، به طراحی قانون هدایتی توجه شده است (همانند طراحی کنترل هدایت موشک برای اصابت به هدف). لازم است به دو کتاب اشاره کنیم که به هدایت موشک اختصاص دارد. این کتاب‌ها، از نظر درک موضوعات و ساختار، متفاوت‌اند و متخصصانی بسیار خبره آنها را نوشته‌اند که درک عمیقی از مسائل هدایتی دارند. کتابی که شنیدور<sup>۱</sup>، به نام هدایت و تعقیب موشک<sup>۲</sup>، نوشته است قوانین هدایتی را، به همراه مختصری از ویژگی‌های نتایجشان، دربر دارد. کتاب زارچان<sup>۳</sup> هدایت تاکتیکی و/استراتژیک موشک<sup>۴</sup> نام دارد که مطالبی درباره تجربیات گسترده نویسنده آن، در طراحی و تحلیل سامانه‌های هدایتی، و توضیحات دقیقی در مورد قوانین هدایت ناوبری تناسبی را شامل می‌شود.

کتاب حاضر، از جنبه‌هایی، با کتاب‌های اشاره‌شده مشابه در سطرهای پیشین متفاوت است. در این کتاب، طراحی قانون هدایت بر اساس طراحی کنترل‌کننده‌ها شکل گرفته و روش طراحی، در دو حوزه زمان و فرکانس، بیان شده است. روش‌های متفاوت، در این دو حوزه، قوانین هدایتی متفاوتی را شکل می‌دهند که مکمل یکدیگرند. از این رو، ابتدا و در فصل نخست، مبانی هدایت موشک تشریح شده است. ناوبری موازی و توصیف هدایت ناوبری تناسبی از جمله مواردی است که در فصل دوم به آنها اشاره شده و ناوبری تناسبی نیز به‌منزله مسئله‌ای کنترلی در نظر گرفته شده است. در فصل سوم، تحلیل سامانه هدایت ناوبری تناسبی در حوزه زمان، بر اساس روش الحاقی<sup>۵</sup>، بررسی شده است. فصل چهارم تحلیل سامانه‌های هدایت ناوبری تناسبی در حوزه فرکانس را دربر دارد. در این فصل، معادلات تحلیلی بیان شده برای مسافت ازدست‌رفته در طراحی سامانه موشک استفاده می‌شود. این روش‌ها تحلیل اثر عوامل سامانه هدایت در موشک را مقدور می‌سازند. در این شرایط، مدل سامانه هدایت موشک رایج مد نظر است که مدل هدف را نیز دربر دارد. همچنین، در این فصل، ارتباط بین پاسخ فرکانسی و پاسخ

---

1. N. Shneydor

2. *Missile Guidance and Pursuit* (1998)

3. P. Zarchan

4. *Tactical and Strategic Missile Guidance* (1990)

5. adjoints method

پلهٔ ازدست‌رفته بررسی می‌شود. روش تعیین فرکانس بهینه، برای هر دامنهٔ مسافت ازدست‌رفته، مقدار بیشینه‌ای دارد. در فصل پنجم، توصیف دقیقی از دسته‌ای قوانین هدایتی بر اساس روش لیاپانوف مطرح شده و بیان شده است که این قوانین هدایتی سبب ارتقای تأثیر قانون ناوبری تناسبی در اهداف دارای مانور و بدون مانور می‌شوند. افزون بر این، روش پیشنهادی را می‌توان توجیهی برای گسترش استفاده از روش ناوبری تناسبی برشمرد. در ادامهٔ این فصل نیز، عبارات‌های تحلیلی قانون هدایت درمورد مدل‌های رایج تقرب به اصابت<sup>۱</sup> دوبعدی و سه‌بعدی، برای موشک دارای/ بدون شتاب محوری کنترل‌شده، بیان شده است. اصلاح قانون هدایت ناوبری تناسبی، با استفاده از نتایج نظریهٔ کنترل کلاسیک، موضوع فصل ششم است. این روش، بر اساس استفاده از سیگنال‌های کنترلی پیش‌خورد و پس‌خورد برای ایجاد شتاب واقعی موشک، یعنی مقدار نزدیک به شتاب فرمان‌داده‌شده به آن، با استفاده از قانون هدایت ناوبری تناسبی است. در ضمن این فصل، تأثیر این قوانین هدایتی در مقایسه با اهدافی با قابلیت مانور بالا نشان داده شده است. تحلیل عملکرد سامانه‌های هدایت موشک، تحت تأثیر نوبزهای متفاوت، در فصل هفتم بررسی شده است. در این فصل، عبارات‌های تحلیلی برای بررسی سامانه‌های هدایت ناوبری تناسبی استخراج شده و الگوریتم‌های رایانه‌ای مرتبط نیز بیان شده‌اند. فصل هشتم نیز به مدل‌های شبیه‌سازی پرداخته است که، در تحلیل عملکرد این قوانین هدایتی و مقایسهٔ آنها با قوانین هدایتی متفاوت، کاربرد مؤثری دارند. در فصل نهم، توضیحات تکمیلی درمورد مسئلهٔ طراحی یکپارچهٔ قوانین هدایت و کنترل بیان شده است. این مسئله به‌دلیل افزایش علاقه‌مندی به طراحی یکپارچهٔ سامانه‌های نقلیهٔ پروازی در نظر گرفته شده است. سرانجام، در فصل دهم، مجموعه‌ای از کدهای محاسباتی در نرم‌افزار متلب<sup>۲</sup> معرفی شده است که می‌توان از آنها، برای شبیه‌سازی این قوانین نوین هدایت، استفاده کرد.

آنچه قوانین هدایتی در این کتاب را جالب‌توجه می‌کند سادگی آنهاست. این قوانین به‌سادگی قانون هدایت ناوبری تناسبی‌اند و به همین دلیل، کاربرد عملی گسترده‌ای دارند. موارد مطرح‌شده در این کتاب را می‌توان بستری برای دوره‌های تحصیلات

---

1. engagement

2. MATLAB

تکمیلی در رشته مهندسی هوافضا دانست. این کتاب را چه بسا مهندسان و محققان این حوزه نیز، در پژوهش و مطالعات روزمره‌شان، استفاده کنند. مؤلف امیدوار است که کتاب حاضر منبعی دارای ایده‌های جدید، برای دانشمندان و مهندسان هوافضا، شمرده شود؛ ایده‌هایی که در ذهن آنها متبلور می‌شود و به بهبود چشمگیر عملکرد سامانه‌های موشکی خواهد انجامید.

**رافائل یانوشفسکی**

## درباره نویسنده



رافائل یانوشفسکی<sup>۱</sup> در شهر کی‌یف<sup>۲</sup> اکراین به دنیا آمد. وی مدرک کارشناسی را در رشته ریاضیات (از دانشگاه کی‌یف) و مدرک کارشناسی ارشد را، با افتخار، در رشته مهندسی الکترومکانیک (از مؤسسه پلی‌تکنیک کی‌یف) دریافت کرد. مدرک دکتری در رشته بهینه‌سازی سیستم‌های چندمتغیره را نیز، در ۱۹۶۸، از مؤسسه علوم کنترل آکادمی علوم USSR (مسکو) گرفت.

وی، از ۱۹۶۸، در مؤسسه علوم

کنترل مشغول به کار شد. علاقه‌مندی‌های تحقیقاتی‌اش در زمینه‌های نظریه کنترل بهینه و کاربردهای آن (به‌ویژه در هوافضا)، کنترل بهینه سیستم‌های گوناگون دیفرانسیلی، پردازش سیگنال، نظریه بازی<sup>۳</sup> و تحقیقات عملیاتی بود. یانوشفسکی بیش از چهل مقاله در این زمینه‌ها و دو کتاب نظریه بهینه خطی سامانه‌های چندمتغیره کنترل<sup>۴</sup> و سیستم‌های کنترلی با تأخیر زمانی<sup>۵</sup> را منتشر کرده و ویراستار چهارده کتاب در انتشارات نوکاً<sup>۶</sup> بوده است. در سال ۱۹۷۱، هیئت رئیسان آکادمی علوم USSR به وی رتبه دانشمند ارشد را، در زمینه کنترل اتوماتیک، اهدا کرد.

1. Rafael Yanushevsky

2. Kiev

3. Game Theory

4. *Theory of Linear Optimal Multivariable Control Systems*

5. *Control Sstems with Time-lag*

6. Nauka Publisher

پس از مهاجرت به امریکا در دسامبر ۱۹۸۷، تدریس در دانشگاه مرلند را، ابتدا در دانشکده مهندسی برق و سپس در دانشکده مهندسی مکانیک و دانشکده ریاضی دانشگاه ایالتی کلمبیا، پی گرفت. دکتر یانوشفسکی، از ۱۹۹۹، در پروژه‌های هوافضا حضور داشت. او در توسعه مدل تقرب به اصابت به منزله بخشی از ابزار ارزیابی مهندسی جنگ فضایی، نرم‌افزار سامانه کنترل اسلحه، قوانین هدایت نوین و در نوشتن بخشی از کتابچه راهنمای مدل کردن و شبیه‌سازی<sup>۱</sup> در زمینه سامانه کنترل اسلحه و سامانه کنترل آتش موشک SM-۳، شرکت کرد. به همین سبب، در ۲۰۰۲، تشویق‌نامه‌ای از دپارتمان نیروی دریایی امریکا دریافت کرد.

علائق پژوهشی دکتر یانوشفسکی شامل هدایت و کنترل، پردازش سیگنال و کنترل، تعقیب اهداف مانورپذیر و طراحی سیستم‌های یکپارچه هدایت و کنترل موشک می‌شود. وی بیش از چهل مقاله منتشر کرد و رئیس جلسه لیاپانوف، در دومین و چهارمین کنگره جهانی تحلیل غیرخطی، و عضو کمیته برنامه‌ریزی کنگره چهارم بود. نام او در فهرست رجال (افراد سرشناس)<sup>۲</sup> کشور امریکا، در زمینه علوم و مهندسی و نیز آموزش دانشگاهی، به چشم می‌خورد.

---

1. *Modeling and Simulation Handbook*    2. *Who's who*



## فصل ۱

### مبانی هدایت موشک

#### ۱.۱. مقدمه

فرایند طبیعی پیشرفت تمامی جنبه‌های زندگی ما شامل پیشرفت در توسعه سامانه‌های پیچیده سلاح‌ها نیز می‌شود که ابزاری برای دفاع از ما در مقابل دشمنان و کسانی است که جنگ را به‌منزله راهی برای بهبود شرایط زندگیشان پذیرفته‌اند. کارکرد دفاعی یا مخرب موشک‌ها از پرتاب سنگ در دوره پارینه‌سنگی، نیزه، گلوله آتشین، بمب و راکت بهتر بوده است اما مقصود اصلی، که همان تخریب یا دفاع و ازبین‌بردن هدف بوده، تغییری نکرده است. با این حال، هدف‌ها پیچیده‌تر شده و پیشرفت‌های فناورانه هم در آن دخیل بوده است.

موشک عبارت است از وسیله‌ای پرنده و بدون سرنشین که ابزارهایی برای کنترل مسیر پرواز خود را شامل می‌شود. موشک هدایت‌شده فقط در بالای سطح زمین عمل می‌کند؛ بنابراین، این تعریف در مورد اژدرهای هدایت‌شونده صدق نمی‌کند. موشک‌ها بر اساس منطقه فیزیکی پرتاب و محل فیزیکی هدفشان طبقه‌بندی می‌شوند. چهار گروه اصلی موشک‌های هدایت‌شونده عبارت‌اند از: زمین به زمین؛ زمین به هوا؛ هوا به زمین؛ هوا به هوا.

اولین تلاش برای استفاده از هواپیمای بدون سرنشین، که به‌سوی هدفی هدایت شد تا بدان برخورد و آن را تخریب کند، طی جنگ جهانی اول و از سوی ایالات متحد صورت پذیرفت. در سال‌های ۱۹۱۶ تا ۱۹۱۷ هواپیمای خودکار نمونه‌ای، با عنوان Hewitt-Sperry، پروازهای آزمایشی کوتاهی را برای اثبات درست‌بودن ایده مذکور انجام داد. بیست هواپیمای بدون خلبان به نام Bugs تولید شدند و در اکتبر ۱۹۱۸، پروازهای آزمایشی موفقیت‌آمیزی انجام دادند. پس از پایان جنگ اول جهانی، تمامی