

# سیستم‌های هدایت و کنترل موشک

علی اصغر آقا بالازاده

## ادامه مقاله از شماره یکم

### خلاصه ای از بخش اول:

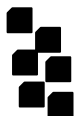
موشک‌ها سلاح‌هایی هستند که امروزه در تمام اشکال مختلف جنگ یکی از موثرترین و جنجالی‌ترین ابزارهای نظامی به حساب آمده و با پیشرفت فناوری روز رفته رفته پیچیده تر و دقیق تر می‌شود. سیر تکاملی موشک‌ها از اواسط جنگ دوم جهانی تا به امروز نشان دهنده علاقه وافر طراحان نظامی به این سلاح می‌باشد، این مقاله سعی بر این دارد تا به صورت اجمالی خوانندگان عزیز را با انواع مختلف موشک‌ها و نیز دو عامل تعیین کننده دقت، هدایت و کنترل آشنا نماید که در قسمت اول بحث عامل هدایت بیان شد و در این قسمت به ارایه موضوع کنترل پرداخته می‌شود.

### ۱- هدایت پیش تنظیم

روش هدایت پیش تنظیم همان طور که گفتیم مبتنی بر هدایت در راستای یک مسیر از پیش تعیین شده می‌باشد که ساده‌ترین نوع این روش هدایت خط مستقیم است. این روش برای اهداف ثابت و فواصل نزدیک کاربرد دارد. فرد شلیک کننده به سمت هدف نشانه می‌رود و شلیک می‌کند. سیستم هدایت وظیفه دارد موشک را در راستای خط مستقیم به سمت هدف هدایت کند. شاید در وهله اول به نظر برسد که حرکت در خط مستقیم هدایت لازم ندارد، ولی اگر توجه کنیم که حرکت

طبیعی موشک به صورت پرتابه‌ای است و پس از گذشت فقط ۲ ثانیه موشک ۲۰ متر پائین می‌افتد. آنگاه متوجه لزوم این امر می‌شویم. روش کروزی یکی دیگر از روشهای هدایت پیش تنظیم است که در بخش اول شرح دادیم، روش دیگر، هدایت موشک در مسیر بالستیک است.

در موشکهای بالستیک همان طور که گفتیم ایده اصلی، حرکت پرتابه‌ای و سقوط آزاد است یعنی موشک را در یک مسیر معین به یک نقطه مناسب ببریم یا با سرعتی خاص رها کنیم بطوریکه طبق روابط سقوط آزاد روی نقطه هدف فرود بیاید، عملاً اجرای چنین سناریویی مقرون به صرفه نیست، چون الزامی ندارد که حتماً مسیر خاصی طی شود و انرژی را برای بردن موشک به نقطه‌ای خاص هدر دهیم. از طرف دیگر در هر نقطه که باشیم، بی‌نهایت بردار سرعت می‌توان یافت که به هدف برسند. روش معقول‌تری که عملاً استفاده می‌شود روشی معروف به «سرعت لازم» است در این روش با حل مسئله لامبرت<sup>(۱)</sup>، برای هر نقطه از فضا، بردار سرعت لازم به نحوی محاسبه می‌شود که اگر در آن نقطه از فضا، جسمی دارای بردار سرعت محاسبه شده باشد و غیر از نیروی جاذبه نیروی دیگری به آن وارد نشود، آنگاه جسم مزبور با طی کردن یک مسیر سقوط آزاد به هدف اصابت کند. بنابراین در این روش هدف یکی کردن سرعت کنونی موشک با سرعت لازم و سپس خاموش کردن موتور موشک در لحظه برابری این دو سرعت است.



## ۲- هدایت راهبردی:

در روش هدایت راهبردی همواره یک «خط دید» (LOS)<sup>(۱)</sup> وجود دارد، یعنی خطی که در راستای آن هدف را می بینیم. در یک دسته بندی کلی هدایت راهبردی را به دو دسته دو نقطه ای و سه نقطه ای تقسیم می کنند. در روش دو نقطه ای دو نقطه اصلی وجود دارد: موشک و هدف، خط دید در این حالت خط واصل بین موشک و هدف است. قانون هدایت در این روش بر مبنای میانگین چرخش خط دید است و لذا گاهی این روش، روش «میانگین خط دید»<sup>(۲)</sup> نامیده می شود. این روش برای زمانی که موشک هدف را می بیند، یعنی در مرحله نهایی پرواز مناسب است و این گونه هدایت اصطلاحاً آشیان یابی نامیده می شود. در این روش موشک باید وسیله ای داشته باشد که بتواند هدف را تعقیب کند. این وسیله که می تواند رادیویی، حرارتی، لیزری یا تلویزیونی باشد جستجوگر نامیده می شود و معمولاً در نوک موشک نصب می شود. دسته دیگری از روشهای هدایت راهبردی، روش سه نقطه ای است که در این روش سه نقطه اصلی وجود دارد: موشک، هدف، ردگیر. خط دید در این روش با روش دو نقطه ای فرق می کند و خط واصل بین ردگیر و هدف است. ردگیر وسیله ای است که به صورت دستی یا خودکار همواره هدف را دنبال می کند. قانون هدایت در این روش به بیانی نه چندان دقیق نگه داشتن موشک روی خط دید است یعنی خود خط دید مهم است و بر خلاف روش دو نقطه ای، میانگین خط دید در قانون هدایت وارد نمی شود. لذا به این روش، روش خط دید نیز گفته می شود. واضح است که در این روش باید هدف توسط ردگیر مشاهده شود. این روش استفاده

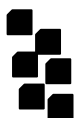
1- Line Of Sight

2- Line of Sight rate

وسیعی به خصوص برای موشکهای ضد تانک با برد کم - تا حدود ۵ کیلومتر) و موشکهای زمین به هوا ارتفاع کم دارند. مزیت عمده این روش آن است که احتیاج به جستجوگر در سر موشک نداریم، لذا موشک ساده و ارزان تمام می شود. علاوه بر این سرموشک را از نظر ائرویدینامیکی می توان با دست بازتری طراحی کرد و به ساختار ائرویدینامیکی بهتری رسید. یک عیب این روش آن است که موشک در تمام طول مسیر باید توسط ردگیر تعقیب شود و نمی توان به صورت «شلیک کن و فراموش کن»<sup>(۱)</sup> عمل کرد. علاوه بر این هر شرایطی (مانند شرایط آب و هوایی) که باعث شود دید ردگیری مختل شود و خط دید نداشته باشیم این سیستمها را از کار می اندازد.

### ت- کنترل:

سیستم کنترل، آن بخش از موشک است که دستورات بخش هدایت رامی گیرد و کاری می کند تا موشک این دستورات را اجرا کند. مثلاً بخش هدایت می گوید که شتاب جانبی  $5m/s$  رو به بالا لازم است و بخش کنترل با در نظر گرفتن حالت موشک این دستور را مثلاً به ۳ درجه انحراف در بالکهای افقی تبدیل می کند. باید توجه داشته باشیم که همیشه  $5m/s$  به ۳ درجه تبدیل نمی شود. مثلاً اگر سرعت موشک کمتر باشد ۳ درجه انحراف کم است. حالت موشک هم حتماً باید در نظر گرفته شود. مثلاً اگر موشک ۹۰ درجه چرخیده باشد این انحراف ۳ درجه ای باید به بالکهای عمودی (که حالا در راستای افقی قرار دارند) اعمال شود نه به بالکهای افقی.



همان طور که قبلاً اشاره کردیم به طور کلی در سیستم کنترل دو بخش مهم وجود دارد: خلبان خودکار و کارانداز<sup>(۱)</sup>. خلبان خودکار سیستمی کنترلی است که به کار انداز فرمان مناسب را می دهد. این سیستم توسط مهندسان کنترل طراحی می شود و می توان آن را مانند هر سیستم کنترلی دیگر به صورت مکانیکی یا الکترونیکی پیاده سازی کرد.

### ۱- کنترل ائرو دینامیکی:

معروفترین روش کنترل، استفاده از بالک و اعمال نیروی ائرو دینامیک است. جزئیات بحث ائرو دینامیک خود به تنهایی احتیاج به چندین کتاب دارد و بسیار دامنه دار است. ابتدا اصطلاحات حرکت های دورانی موشک را شرح می دهیم. به دوران موشک حول محور طولی خود چرخش<sup>(۲)</sup> می گویند به دورانی که باعث بالا و پائین رفتن سر موشک می شود پیچش گفته می شود و دورانی که باعث می شود سر موشک به چپ و راست بچرخد گردش نام دارد. معمولاً موشکها (یا هواپیماها) چهار دسته بالک در چهار جهت عمود برهم دارند. این بالکها راتک تک نامگذاری نمی کنند، بلکه هر جفت از آنها را بسته به تأثیری که می گذارند، نام گذاری می کنند. بالکهایی که باعث حرکت گردش شوند سکان نام دارند. بالکهایی که حرکت پیچش را ایجاد کنند، بالابر نامیده می شوند و بالکهایی که موشک را بچرخانند (چرخش بدهند) اصطلاحاً شهپر<sup>(۳)</sup> نامیده می شوند. بنابراین بالکهای عمودی در حالتی که هم جهت عمل کنند،

- 
- 1- Actuator
  - 2- Roll
  - 3- Pitch

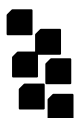
نقش سکان و اگر عکس هم عمل کنند نقش شهپر را دارند . بالکهای افقی نیز اگر هم جهت عمل کند بالابر و در صورتی که عکس هم بچرخانند شهپر هستند . در عمل زاویه ایی که هر بالک چرخانده می شود مجموع جبری زوایای لازم برای عمل سکانی (یا بالابری) به اضافه عمل شهپری است . نیروهای ائرو دینامیک وارد بر موشک هم نام گذاری شده اند . نیرویی که در راستای سرعت موشک (نسبت به ذرات هوا) مقاومت می کند نیروی پسا نام دارد و نیروی عمود بر بردار سرعت نیروی برا نامیده می شود. ضمناً همان طور که به نقطه<sup>(۱)</sup> وارد شدن برآیند نیروهای گرانشی مرکز ثقل می گفتیم و آن را با CG نمایش می دادیم ، به نقطه وارد شدن برآیند نیروهای ائرو دینامیک مرکز فشار می گویند و آن را با CP نمایش می دهند .

اگر در موشکی مرکز جرم جلوتر از مرکز فشار باشد این موشک مانند توپ پایدار است ، یعنی در اثر نیروهای ائرو دینامیک همواره سرش روبه جلو قرار می گیرد و در غیر این صورت موشک ناپایدار خواهد بود.

## ۲- کنترل بردار پیشرانه (TVC):<sup>(۳)</sup>

شعله بلند ناشی از احتراق سوخت موشک طبق قانون عمل و عکس العمل، نیرویی<sup>(۴)</sup> به موشک وارد می کند که پیشرانه نام دارد. پیشرانی موشک خود فصل بزرگی از مبحث موشک است. مباحثی مانند نوع سوخت، نوع موتور، شکل شیپوره<sup>(۵)</sup>، خروجی و ..... که در هر کدام تحقیقات زیادی شده است.

- 
- 1- Central gravity
  - 2- Central Pressure
  - 3- Thrust Vector Control
  - 4- Thrust
  - 5- Nuzzle



اگر گازهای خروجی از موشک را به طریقی منحرف کنیم که نیروی عکس‌العمل وارد شده  $T$  ، به اندازه  $\delta$  نسبت به محور طولی موشک کج شود آنگاه نیروی جانبی  $T \sin \delta$  به موشک وارد خواهد شد که می‌توان از آن برای منحرف کردن موشک به سمت دلخواه سود برد. طبیعی است که وقتی ائرو(هوا) یا دینامیک(حرکت) نداشته باشیم یا حضورشان ضعیف باشد مجبوریم روشهای ائرو دینامیک را کنار بگذاریم. مثلاً در طبقات بالایی جو که هوا رقیق می‌شود استفاده از بالک جواب خوبی نمی‌دهد یا مثلاً در موشکهای هوا به هوا که از هواپیما شلیک می‌شوند، موشک پس از شلیک هنوز سرعت لازم برای استفاده از نیروی ائرو دینامیک را نگرفته است و استفاده از بالک کارایی ندارد. در چنین مواردی باید از روشی غیر از ائرو دینامیک مثلاً TVC استفاده کرد برای مثال در موشکهای بالستیک در مرحله پرتاب، موشک با پیشرانۀ بزرگی به صورت عمودی روبه بالا می‌رود خواه ناخواه نیروی پیشران، انحرافی از مرکز جرم خواهد داشت که باعث انحراف موشک از مسیر مورد نظر می‌شود. برای جبران این خطا استفاده از ائرو دینامیک مقرون به صرفه نیست. زیرا نیروی پیشران بسیار بزرگ بوده و مقابله ائرو دینامیک با آن تلفات زیادی دارد لذا استفاده از خود نیروی پیشران خیلی بهتر است. در چنین مواردی از TVC استفاده می‌کنند همچنین در مواردی که سرعت مانور بالا مورد نیاز باشد TVC راه حل خوبی است. مثلاً در موشکهای هوا به هوا که برای غلبه بر مانور هواپیما باید دارای سرعت مانور بالا باشد از TVC استفاده می‌شود، یا در موشکهایی که از کشتی پرتاب می‌شوند برای حذف نقاط کور( ناشی از

تجهیزات موجود در عرشه) بهتر است که موشک را به صورت عمودی پرتاب کنیم ولی می‌خواهیم هرچه سریعتر موشکها را در مسیر افقی مناسب قرار دهیم. برای چنین مانوری نیز TVC راه حل مناسبی است.

### ۳- کنترل باجت جانبی :

برای کنترل موشک یک روش ساده و مؤثر استفاده از جت‌های جانبی است. جت جانبی می‌تواند یک مسیر خروج هوای فشرده (یا دیگر گازها) باشد یا می‌توان با روش انفجار نیروهای کوچک جانبی وارد کرد و یا روشهای دیگر.

استفاده از این روش برای کنترل مسیر چندان متداول نیست، اما عملی است و از چند دهه قبل موشک‌هایی ساخته شده‌اند که از این روش استفاده می‌کند. مثلاً موشک ضدتانک دراگون ۶۰ نارنجک کوچک حول بدنه خود دارد که آن را روی خط دید نگه می‌دارند. اخیراً نیز برخی شرکتها برای ساخت موشک‌های ضد موشک کوچک و ارزان از این روش استفاده کرده‌اند.

### ث - نتیجه :

در پایان همانند آنچه در بخش هدایت گفتیم، باید بگوییم که در کنترل نیز محدود به استفاده از روشی خاصی که معرفی شد نیستیم و ممکن است بسته به مورد، روش جدیدی کارآمدتر باشد. اینجا نیز تلفیق روشهای مختلف کارآیی دارد، مثلاً ممکن است پیچش و گردش را با روش TVC کنترل کنیم و چرخش را با جت جانبی یا در یک فاز از کنترل ائرودینامیک استفاده کنیم و در فاز دیگر از TVC مانند هر مسئله مهندسی دیگر، بهترین روش را برحسب مورد باید یافت.

منبع :

Janes Strategic Weapon System 98-99  
-FM-80 Weapon System-MS-7 Missile OMD 13-11

