نشریه علمی علوم و فنون نوین هوانوردی
سال ۲، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴

شبیه‌سازی بارریزی دقیق توسط پهپاد

بهرام عابدی روان[۱]، محمدرضا مروی‌نام[۲] مصطفی مرادی [۳*]، حمید احمدی[۴]

۱-دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری
۲-دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری
۳-دانشگاه سمنان
۴-دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

(دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۹)

چکیده: بارریزی هوائی یکی از ماموریت های معمول نیروی هوائی بوده و در پشتیبانی نیروها در میادین نبرد و همچنین در کمک‌رسانی‌های بشردوستانه بسیار موثر و حیاتی می‌باشد. عملیات‌های بارریزی هوائی و بمب‌ریزی غیرهدایت‌شونده از نظر شیوه عملکرد بسیار شبیه یکدیگر هستند. عملیات بمب‌ریزی (که در ابتدا توسط بالن انجام شد) در دنیا بیش از یک و نیم قرن سابقه دارد و در جنگ‌های جهانی، مخصوصا جنگ جهانی دوم، بطور ویژه به آن بها داده شده و تکنیک‌های پیشرفته‌ای جهت انجام بمباران‌های دقیق و هدفمند ابداع شدند. امروزه در هواپیماهای مدرن انجام این هدف‌گیری‌ها توسط سیستم‌های خودکار تعبیه شده بر روی هواپیما انجام می‌شود و کلیه محاسبات لازم برای بمب‌ریزی دقیق بطور خودکار انجام می‌شود. ولی سیستم‌های نشانه‌گیر موجود بر روی هواپیماهای قدیمی‌تر همچنان نیاز به ارتقا دارند. در این مقاله ضمن مرور مختصر سابقه بارریزی و بمب‌ریزی در جهان، نتایج محاسبات و شبیه‌سازی‌های خودمان در زمینه انجام بارریزی دقیق ارائه شده است. در انجام محاسبات پارامترهای مختلف از جمله تاثیر مقاومت هوا و سرعت باد در نظر گرفته شده و در مورد نتایج بحث شده است. هدف از این تحقیق، انجام شبیه‌سازی و تولید یک بسته نرم‌افزاری به منظور تجهیز پهپادها به سامانه بارریزی دقیق بود که محقق شده است.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، بارریزی، پهپاد

* ایمیل نویسنده مسئول: mostafamoradi3137@gmail.com

مقدمه

وظیفه انجام محاسبات هدف‌گیری بارریزی و بمب ریزی با هواپیماهای شکاری دوکابینه (به نسبت نوع آن کابین عقب یا کابین سمت راست) بر عهده افسر اسلحه و در هواپیماهای ترابری تاکتیکی بر عهده ناوبر[1] می‌باشد. در بارریزی با هواپیمای ترابری تاکتیکی ث-۱۳۰، ناوبر با توجه به نوع بار یا بمب با استفاده از محاسبات پرتاب موجود در کتاب‌های تاکتیکال و در پروازهای ارتفاع پایین که دید لازم به عوارض زمینی وجود دارد مسیر و زمان رهایی پرتابه را به سمت نقطه هدف به خلبان و ترازوان[2] اعلام می‌کند. همچنین، خلبان با بالا بردن دماغه هواپیما[3] نسبت به افق به‌اندازه حدوداً ۸ درجه در لحظه پرتاب، بار را توسط نیروی گرانش زمین یا چتر کشنده و با بریدن بند نگه دارنده توسط ترازوان به بیرون پرتاب می‌کند. در این عملیات گروه کنترل رزمی که از قبل در محل تحویل بار حضور داشته و توسط رادیو در فرکانس خاصی با خلبان در ارتباط می‌باشند، اطلاعاتی از قبیل سرعت باد در سطح زمین را به خدمه پرواز اعلام می‌کنند. همچنین روشن کردن دود رنگی جهت باد را برای خدمه به‌منظور رسیدن دقیق‌تر به نقطه هدف مشخص می‌کند. اما در بارریزی ارتفاع بالا، به دلیل عدم داشتن دید کافی از عوارض زمینی، عمل بارریزی با استفاده از نشان‌دهنده‌های پروازی که دقیق‌ترین آن دستگاه ناوبری ماهواره‌ای[4] است، انجام می‌شود (کارپ، ۲۰۰۵).

پروازهای بارریزی هوایی تاکتیکی دارای مشکلات و معایبی هستند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. پروازهای بارریزی ارتفاع بالا به سامانه ناوبری ماهواره‌ای وابسته هستند و شناسایی عوارض زمینی در این ارتفاعات دشوار بوده و در صورت نبود یا ایجاد اختلال عمدی در سیگنال ماهواره‌ای، عملیات بارریزی دچار چالش بزرگی شده و حتی ممکن است به ناتمام شدن عملیات منجر شود.

۲. در بارریزی ارتفاع بالا معمولا سرعت باد در ارتفاعات بالا نسبت به ارتفاعات پایین بیشتر است و این امر منجر به بروز خطا در رسیدن بار به نقطه هدف می شود.

۳. خطاهای انسانی که به دلیل استرس و کمبود اکسیژن[5] توسط خدمه پروازی از جمله خلبان، ناوبر و ترازوان در ارتفاعات بالا رخ می‌دهد، مانند خطا در حفظ مسیر پرواز و میزان بالا بردن دماغه هواپیما توسط خلبان در لحظه پرتاب، خطا در محاسبات زمان و مکان پرتاب توسط ناوبر و خطا در زمان بریدن کمربند نگه‌دارنده بار توسط ترازوان سبب بروز خطا در هدف گیری دقیق می شود.

درباره اهمیت بارریزی هوایی باید به این نکته توجه کرد که حتی در کمک‌رسانی و پشتیبانی در جبهه یا در حوادث طبیعی مانند سیل، زلزله، برف و غیره، انجام عملیات بارریزی هوایی ضروری است. در جنگ‌های تن به تن، برای حفظ منطقه و پاک‌سازی آن، نیاز به نیروی کمکی، اسلحه و مهمات وجود دارد. از این رو با استفاده از هواپیماهای تاکتیکی ترابری سنگین و نیمه سنگین، حتی بدون نیاز به فرودگاه، می‌توان خودروهای زرهی، توپ و تانک را در محل مناسب بارریزی و چتر ریزی کرد. مشکل اصلی در بارریزی و بمب ریزی، انجام هدف زنی و پرتاب دقیق در کوتاه‌ترین زمان ممکن است. اما با ایجاد سامانه دقیق بارریزی، که با تعیین داده‌های پرواز مانند سمت، ارتفاع، فاصله، سرعت هواپیما، درجه حرارت و همچنین سرعت و جهت باد، زمان دقیق پرتاب را محاسبه می نماید این مشکل قابل‌حل است و ناوبر هواپیما می‌تواند صرفاً پشتیبان و ناظر این سامانه باشد.

---

1 Navigator

2 Load Master

3 Nose up

4 GPS

5 Hypoxia

شکل ۱. بارریزی هوایی تانک به روش تخلیه خودکار

پیشینه پژوهش

در ســـال ۱۸۴۹ میلادی، جهان با مفهوم جدیدی در جنگ‌ها روبرو شـــد؛ مفهومی که امروزه آن را تحت عنوان بمباران هوایی می‌شناسیم. در آن زمان شهرها با استفاده از اجسام پرنده مورد حمله قرار گرفتند. امپراتوری اتریش در آن زمان از بالن‌های بزرگ برای بمباران جدایی‌طلبان در شهر ونیز ایتالیا استفاده کرد (استفنسون، ۲۰۱۴)

شکل۲. اولین بمباران هوایی با بالون‌های بدون سرنشین در شهر ونیز ایتالیا

۶۲ ســـال بعد از بمباران هوایی ونیز یک خلبان ایتالیایی به نام ســـتوان جولیو گاوتی[1] با یک هواپیمای اتریچ تاوب[2] اولین بمباران هواپیمایی جهان را در یکم نوامبر ۱۹۱۱ در جنگ بین امپراتوری عثمانی و پادشـــاهی ایتالیا بر روی اردوگاه ترکیه در حومه طرابلس انجام داد (استفنسون، ۲۰۱۴)

شکل ۳. ستوان جولیو گاوتی بر روی هواپیمای دوباله، رم، ۱۹۱۰

به‌طورکلی، بارریزی هوایی به دلیل دقیق نبودن پیش‌بینی سرعت وجهت باد و همچنین نبود دقت کافی در شناخت محل و مکان پرتاب اغلب با مشـکل مواجه بوده اسـت. بنابراین همواره بین کشـورهای سـازنده هواپیماها و پهپادهای بارریز در دقت هدف‌زنی و درعین‌حال کم‌هزینه بودن ساخت این تجهیزات رقابت وجود دارد.

1 Giulio Gavotti

2 Etrich Taube

به‌طورکلی پرتاب‌ها به دودسته، ۱- پرتاب‌های هدایت‌شونده، ۲- پرتاب‌های غیر هدایت‌شونده، تقسیم می‌شوند. بی‌شک مهمات هدایت‌شونده سطح بالایی از دقت را دارد، اما همواره شرایطی وجود دارد که پرتاب مهمات و بارهای هدایت نشده به دلیل کم‌هزینه بودن و در دسترس بودن خیلی مورد نیاز می‌باشد.
تکنیک‌های بارریزی یا بمب ریزی غیر هدایت شونده خود عموما به سه بخش مختلف تقسیم می شود که در ادامه به معرفی آنها می پردازیم:

بمباران شیرجه‌ای

بمباران شیرجه‌ای روشی است که در آن هواپیما وارد یک شیرجه با شیب تند به سمت هدف می‌شود و در حین فرود، بمب را در یک نقطه از پیش تعیین‌شده رها می‌کند. این تکنیک دقت بالایی دارد زیرا خلبان می‌تواند هدف را بصورت بصری ردیابی کند و تنظیمات لازم را در لحظه آخر انجام دهد و مطمئن شود که بمب به هدف برخورد می‌کند. بمباران شیرجه‌ای به خلبانان ماهری نیاز دارد که بتوانند نقطه رهاسازی را با دقت تخمین بزنند و در صورت نیاز مانورهای دقیقی در مقابل پدافند دشمن انجام دهند.

شکل۴. بمباران شیرجه‌ای

بمباران/بارریزی در ارتفاع ثابت

اصطلاح بمب‌ریزی در ارتفاع ثابت به رها کردن مهمات بدون هدایت در حالی که هواپیما با سرعت و ارتفاع ثابت پرواز می‌کند گفته می شود. این روش بر پایه محاسبات دقیق برای لحظه پرتاب استوار است. ناوبر (افسر اسلحه) باید سرعت زمینی هواپیما، ارتفاع، سرعت و جهت باد، فاصله دقیق تا هدف، زمان سُرخوردن بار تا رهایی آن در هواپیمای ترابری و درنهایت زمان عکس‌العمل ترازوان از لحظه شنیدن دستور پرتاب تا بریدن بند نگه‌دارنده بار را محاسبه کند تا نقطه یا زمان رها کردن درست را تعیین کند. این روش به هماهنگی بین خلبان، ناوبر و ترازوان بستگی دارد که طبق چک‌لیست هواپیما، خلبان و ترازوان گوش به اعلام لحظه رهایی توسط ناوبر می باشند تا فرآیند با هماهنگی کامل انجام گیرد.

شکل۵. بمباران در ارتفاع ثابت

بمباران پرتابی

بمباران پرتابی روشی است که در آن هواپیما در حالت اوج‌گیری بمب را رها می‌کند و به بمب اجازه می‌دهد یک مسیر منحنی شکل را به سمت هدف طی نماید. این روش زمانی استفاده می شود که هواپیما باید بمب را خارج از محدوده دفاعی یا موانع دشمن رها کند. خلبان باید سرعت، ارتفاع و زاویه رهاسازی هواپیما را به‌دقت حدس بزند تا مطمئن شود که بمب مسیر پیش بینی شده را طی خواهد کرد. بدیهی است که بمباران پرتابی نیز همانند روش های دیگر به زمان‌بندی دقیق و هماهنگی بین خلبان و افسر اسلحه برای هدف‌زنی دقیق نیازمند است.

شکل۶. بمباران پرتابی

در ادامه به معرفی دستگاه های نشانه گیر بمب می پردازیم که عمدتا در جنگ های جهانی اول و مخصوصا جنگ جهانی دوم از تجهیزات بسیار کاربردی و مفید بودند. این وسایل در هواپیماهای بمب‌افکن و جنگنده قدیمی برای هدف‌گیری دقیق و پرتاب بمب‌ها بر روی مواضع دشمن استفاده می‌شدند. توسعه و پیشرفت‌های حاصل شده در نشانه‌گیرهای بمب، دقت در بمباران هوایی را تغییر داد و به‌طور قابل‌توجهی بر نتیجه عملیات نظامی تأثیر گذاشت.

اولین پیشرفت چشمگیر در هدف‌گیری بمب، با ساخت «تنظیم مسیر پرتاب بمب» در جنگ جهانی اول رخ داد که توسط مهندس بریتانیایی لانچستر[1] انجام شد، در این روش خلبانان می بایست هواپیماهای خود را در یک مسیر خاصی به سمت هدف قرار می دادند و بر اساس برخی محاسبات، عمل بمب ریزی انجام می شد. هر چند این وسیله تا حدی دقت را بالا برد اما هنوز بعلت عدم در نظر گرفتن دقیق پارامترهای تاثیرگذار همچون سرعت باد و غیره از دقت لازم برخوردار نبود.

شکل۷. دستگاه نشانه‌گیر مسیر بمب

یکی از معروف‌ترین و مؤثرترین نشانه‌گیرهای بمب در جنگ جهانی دوم، نشانه گیر بمب نوردن[2] بود که توسط کارل نوردن، مهندس هلندی ساخته شد. نشانه‌گیر بمب نوردن یک دستگاه مکانیکی بسیار پیشرفته بود که انقلابی در بمباران

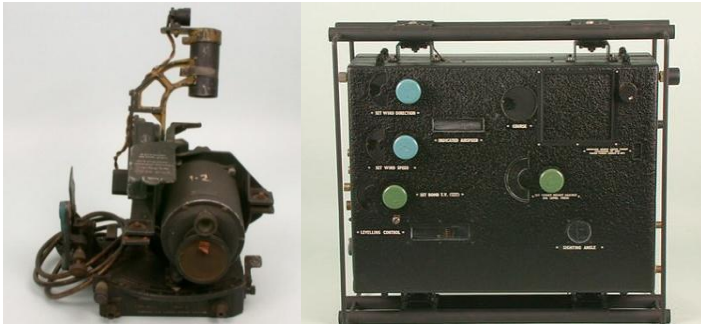
1 F. W. Lanchester

2 Norden Bomb Sight

دقیق ایجاد کرد. نشانه‌گیر بمب نوردن که در دهه ۱۹۳۰ ساخته شد، از سیستم پیچیده‌ای متشکل از ژیروسکوپ، تلسکوپ و کامپیوترهای مکانیکی برای محاسبه نقطه رهاسازی بمب‌ها استفاده می‌کرد. برای اطمینان از بمباران دقیق، عوامل مختلفی مانند ارتفاع، سرعت باد و رانش روبه‌جلوی بمب را هم در نظر می‌گرفت. نشانه‌گیر بمب نوردن ابتدا توسط نیروی هوایی ارتش ایالات متحده در طول جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار گرفت. این دستگاه به افسر اسلحه بمب‌افکن اجازه می‌داد تا بمب‌ها را با دقت قابل‌توجهی در فاصله حداکثر چند صد فوتی هدف پرتاب کند. نشانه‌گیر بمب نوردن نقش مهمی در بمباران‌های استراتژیک از جمله بمباران هایی که بر فراز آلمان انجام شد، داشت.

شکل۸. دستگاه نشانه‌گیر بمب نوردن

علاوه بر نشانه‌گیر مشهور نوردن، چندین نشانه‌گیر دیگر در طول جنگ جهانی دوم توسط کشورهای مختلف تولید و مورد استفاده قرار گرفت. نشانه‌گیر بمب بریتانیایی مارک ۱۴[1] و نشانه‌گیر بمب آلمانی لوفترن‌رور[2] نمونه‌های تأثیرگذاری بودند. نشانه‌گیر بمب مارک ۱۴ یک دستگاه مکانیکی بود که از یک نشانه‌گیر ژیروسکوپی و یک کامپیوتر آنالوگ تشکیل می‌شد و قابلیت هدف‌گیری دقیقی را برای افسر اسلحه بمب‌افکن بوجود می‌آورد.



شکل۹. دستگاه نشانه‌گیر بمب مارک ۱۴

نشانه‌گیر لوفترن‌رور که توسط لوفت‌واف[3] آلمان استفاده می‌شد در مقایسه با نشانه‌گیر بمب نوردن دستگاه ساده‌تری بود و دارای یک نشانه‌گیر تلسکوپی و تنظیمات مکانیکی برای لحاظ نمودن ارتفاع و سرعت باد بود. اگر چه به اندازه نشانه‌گیر نوردن پیشرفته نبود، اما به افسران اسلحه بمب‌افکن‌های آلمانی اجازه می‌داد تا دقت نشان‌گیری را تا حد قابل توجهی بالا ببرند.

1 Mark XIV

2 Lotfernrohr

3 Luftwaffe

شکل ۱۰. دستگاه نشانه‌گیر بمب لوفترن‌رور

تاریخچه نشانه‌گیر بمب در هواپیماهای بمب‌افکن و جنگنده‌های قدیمی، تکامل و پیشرفت روش‌های بمباران هوایی را به نمایش می‌گذارد. این پیشـرفت‌ها در فناوری نشـانه‌گیر بمب، انقلابی در نحوه هدف‌گیری و پرتاب بمب‌ها ایجاد نموده و تأثیر ماندگاری بر تاکتیک‌ها و استراتژی‌های جنگ هوایی گذاشته است.

سامانه بارریز هوایی دقیق می تواند هم در عملیات های نظامی و هم در مأموریت‌های بشـردوسـتانه تأثیر بسـزایی داشـته باشد. در سناریوهای نظامی، پرتاب هوایی دقیق، سربازان را قادر می‌سازد که تدارکات و تجهیزات حیاتی را در محیط‌های دورافتاده یا متخاصـم راحت تر دریافت نمایند و نیاز به عملیات‌های تأمین زمینی را که ممکن اسـت زمان‌بر یا خطرناک باشند، کاهش می‌دهد. این سیستم همچنین با فراهم سازی امکان استقرار سریع نیروها و ارسال تجهیزات به مناطقی که با وسایل سنتی غیرقابل دسترس هستند، انعطاف عملیاتی را افزایش می‌دهد.

در مأموریت‌های بشردوستانه، سامانه بارریز هوایی دقیق نقش مهمی در رساندن لوازم ضروری مانند غذا، آب و تجهیزات پزشـکی به مناطق آسـیب‌دیده بازی می کند. دقت و به موقع بودن این بارریزی‌ها می‌تواند تفاوت قابل‌توجهی در نجات جان افراد و ارائه کمک‌های مورد نیاز ایجاد کند.

در ادامه به ارائه نتایج محاسبات و شبیه سازی هایی که در حوزه بارریزی دقیق هوایی انجام شده است، می پردازیم.

نتایج شبیه‌سازی

هواپیماهای شکاری قدیمی که در کشـور وجود دارند به سیسـتم نشـانه‌گیری و رهایش هوشـمند بمب‌های پرتابی مجهز نیستند و روال کار بدین‌صورت است که خلبانان قبل اعزام به منطقه جهت انهدام هدف بایستی در رابطه با شرایط جوی منطقه هدف، سرعت باد و جهت وزش آن، سرعت پرواز، ارتفاع پرواز و غیره اصطلاحاً بریف[1] (توجیه) شوند. مشکلی که وجود دارد این اسـت که اگر تا رسـیدن به منطقه هدف شـرایط جوی تغییر نماید یا به دلیل تحت تعقیب قرار گرفتن هواپیمای خودی توسـط هواپیمای دشـمن یا تهدید از جانب پدافند هوایی دشـمن یا به هر دلیل دیگر خلبان نتواند بردار سـرعت و ارتفاع پیش‌گفته را حفظ نماید دیگر محاسـباتی که در رابطه نحوه رهایش بمب در اختیار وی قرارگرفته کارایی نخواهند داشـت. یکی دیگر از مشـکلات سـیسـتم‌های موجود این اسـت که در طی شـب که دید کافی وجود ندارد یا در صـورت عدم وجود دید بصـری به دلیل وجود دود، کولاک و غیره انجام بمباران ممکن نخواهد بود. لذا، در این طرح ایده یک سامانه رهایش بمبی ارائه‌شده است که شرایط جوی را به‌صورت لحظه‌ای در منطقه رصد نموده و با توجه به بردار سرعت و موقعیت مکانی هواپیما، در مناسب‌ترین زمان ممکن عمل رهایش بمب را به‌صورت خودکار انجام دهد به‌گونه‌ای که با نهایت دقت هدف را مورد اصابت قرار دهد.

1 Brief

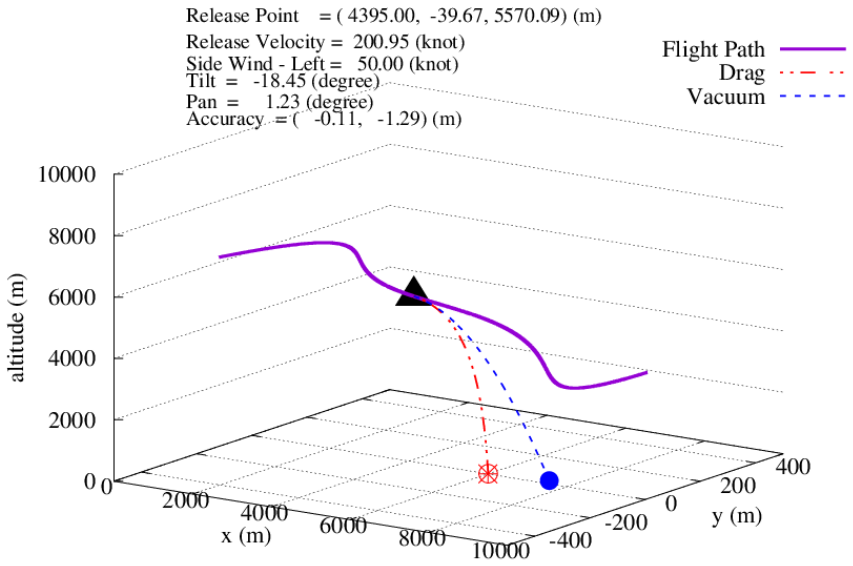
البته لازم به ذکر است که امروزه بمب‌ها به‌صورت هدایت‌شونده طراحی و تولید می‌شوند و از دقت نقطه زنی برخوردار هستند و هواپیماهای مدرن نیز به سیستم رهایش دقیق بمب مجهز هستند اما طرح پیشنهادی در این پژوهش در مواردی که هواپیما یا پهپاد به این سیستم مجهز نباشد یا بمب مورداستفاده هدایت‌شونده نباشد کاربرد خواهد داشت.

در فاز اول، ایده پیاده‌سازی سامانه فوق بر روی پهپاد ارائه‌شده است و پس از ارزیابی عملکرد آن و در صورت موفقیت طرح و تائید مراجع ذی‌ربط، امکان پیاده‌سازی طرح روی هواپیماهای جنگنده و بمب‌افکن نیز وجود خواهد داشت.

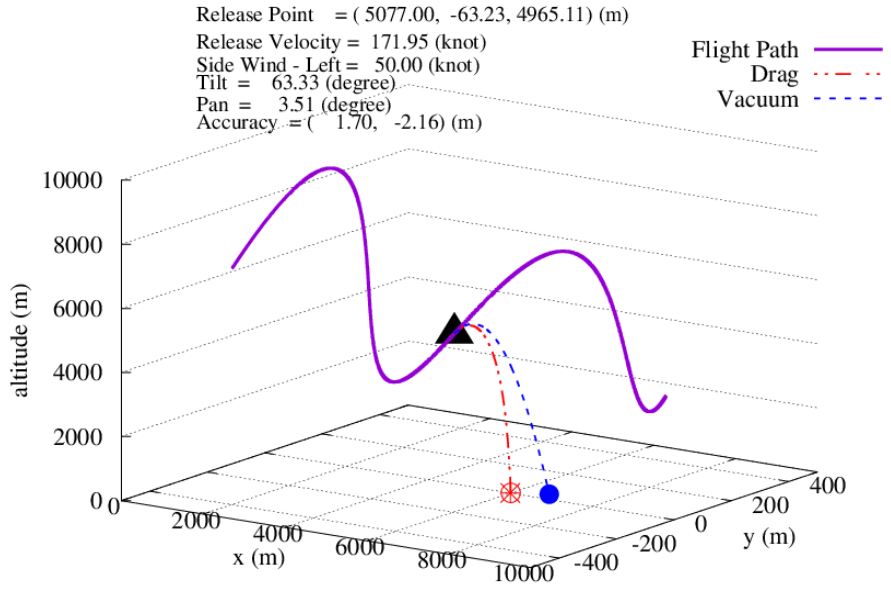
بنابراین، برخی از مشخصات طرح حاضر به شرح زیر خواهند بود:

۱. هدایت پهپاد به منطقه هدف و رهایش خودکار بمب یا رهایش آن به‌صورت کنترل از راه دور؛
۲. تنها فاکتور موردنیاز جهت انجام بمباران مختصات جغرافیای هدف خواهد بود؛
۳. عدم نیاز به دید بصری هدف، امکان انجام بمباران در تمام اوقات شبانه‌روز و حتی در شرایط دود و کولاک را ممکن می‌سازد؛
۴. عدم نیاز به محاسبات و بریفینگ پیش از اعزام؛
۵. عدم نیاز به حفظ سرعت و ارتفاع خاص هواپیما یا پهپاد؛
۶. اعمال تأثیرات مقاومت هوا و سرعت باد روی بمب؛
۷. امکان کنترل چند پهپاد از یک ایستگاه زمینی مشترک؛
۸. درصورتی‌که پهپاد امکان ناوبری و پرواز خودکار را داشته باشد، امکان بمباران هدف کاملاً به‌صورت خودکار فراهم خواهد شد؛
۹. امکان ارسال مواد غذایی، دارویی یا مهمات با بهترین دقت از طریق کنترل از راه دور به سربازان خط مقدم؛
۱۰. امکان نصب سیستم روی هواپیماهای باربری مثل سی-۱۳۰و محاسبه بهترین زمان جهت انداختن پالت‌های بار؛
۱۱. با استفاده از این سیستم، رهاسازی بمب ترجیحاً در حالت شیرجه پهپاد و تا جایی که انفجار بمب برای پهپاد خطر ایجاد ننماید از ارتفاع پایین انجام خواهد شد تا دقت در انهدام هدف تا حد ممکن افزایش یابد ولی علاوه بر این امکان رهایش بمب تحت هر سرعت و زاویه‌ای ممکن خواهد بود؛

الف)



ب)



شکل۱۱. نمونه شبیه‌سازی هدف‌گیری و رهاسازی بمب در فضای سه‌بعدی.

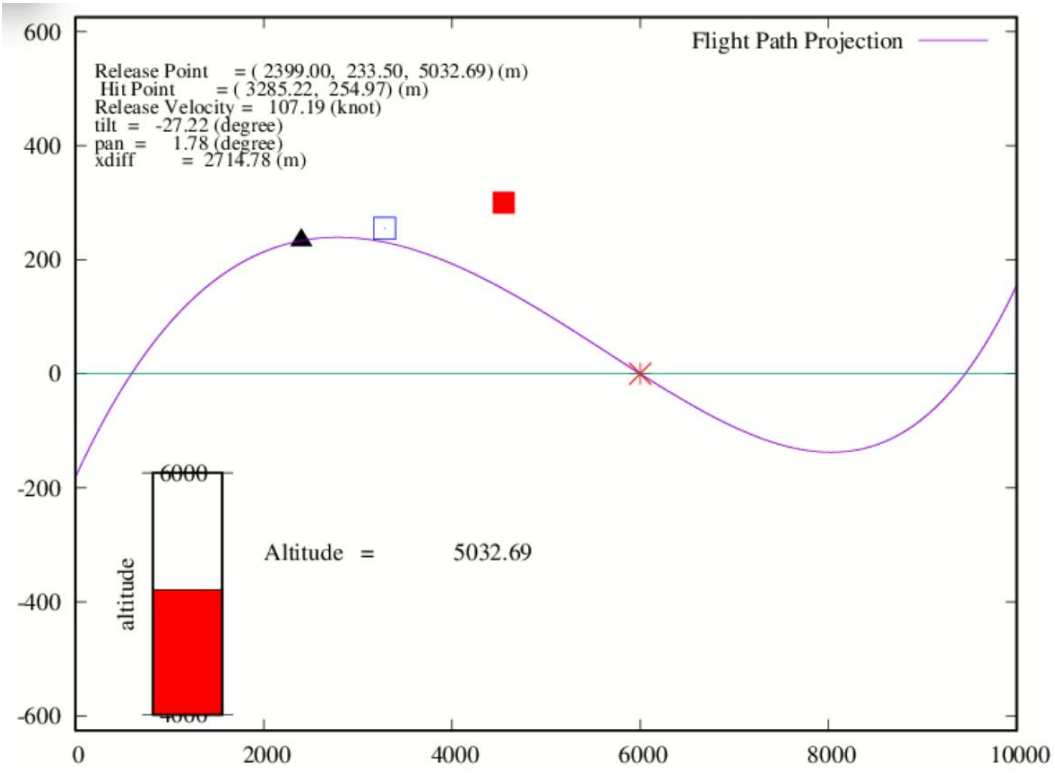
بدین منظور یک برنامه شبیه‌سازی نوشته‌شده است که پس از مشخص نمودن محل هدف، به‌طور خودکار قادر به هدایت پرنده و رهاسازی بمب با دقت از پیش تعیین‌شده است. در شکل ۱۱ دو تصویر از نتیجه شبیه‌سازی ارائه‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ازنظر تئوری کاملاً امکان نقطه زنی تحت هر شرایطی وجود دارد و درصورتی‌که تمام شرایط محیطی شامل ضریب پَسا[1] بمب، بردار سرعت باد و غیره دقیق در نظر گرفته‌شده باشد، در عمل نیز خطای مورد اصابت قرار دادن هدف به حداقل خواهد رسید. با توجه به شکل‌های فوق می‌توان متوجه این موضوع شد که با استفاده از سیستم پیشنهادی، دقت هدف‌گیری بمب توسط سیستم به‌مراتب دقیق‌تر از انجام هدف‌گیری مستقیم توسط انسان خواهد بود. مورد شکل۱۱(ب) این موضوع بیشتر صادق است چراکه هواپیما در حال اوج‌گیری بوده و در این حالت امکان هدف‌گیری صرفاً توسط انسان و بدون کمک گرفتن از تجهیزات بسیار مشکل خواهد بود. مخصوصاً اگر در این مورد پرنده باسرنشین باشد احتمال هدف‌گیری دقیق حتی شاید به صفر برسد.

در این شکل‌ها هدفی که باید مورد اصابت قرار بگیرد با علامت (×) نمایش داده‌شده است و در مختصات فرضی (6000, 0, 0) m قرار دارد. خط بنفش پررنگ (▬) مسیر پرواز هواپیما را نشان می‌دهد که برای هر بار اجرای برنامه به‌صورت تصادفی[2] انتخاب می‌شود. علاوه بر مسیر تصادفی پرواز، سرعت هواپیما نیز در طول مسیر ثابت نیست و با توجه به شرایط تغییر می‌کند. منحنی‌ای که با خطچین (– – –) و در انتها با علامت (●) نمایش داده‌شده مسیر پرتاب بمب برای حالتی است که از مقاومت هوا (پَسا) و اثر باد چشم‌پوشی شده است و نمودار نقطه – خطچین (– .. –) با علامت ( ) مسیر پرواز واقعی بمب تا برخورد آن به هدف را نمایش می‌دهد. به‌طور مثال در شکل ۱۱ (الف) مشاهده می‌شود که در صورت عدم منظور نمودن اثر مقاومت هوا و سرعت باد در محاسبات، بمب با خطای حدودی ۱۸۰۰ متر جلوتر از محل هدف با زمین برخورد کرده است.

1 Drag

2 Random

عبارت Release Point مختصات نقطه رهاسازی بمب را نمایش می‌دهد، و Release Velocity سرعت بمب در این نقطه یا سرعت هواپیما در لحظه رهاسازی بمب است و مقادیر Tilt و Pan بیانگر زوایای پرتاب بمب نسبت به راستاهای قائم و افق هستند. سرعت باد در اینجا برابر ۵۰ گره[1] و در جهت منفی محور y در نظر گرفته‌شده اما جهت و مقدار آن را هر مقدار دلخواهی می‌توان انتخاب کرد و در حل مسئله مشکلی ایجاد نمی‌شود. درنهایت مقدار Accuracy، میزان دقت شبیه‌سازی در مورد اصابت قرار دادن هدف را به تفکیک در راستاهای x و y بیان می‌کند. البته، همان‌طور که در بالا گفته شد ازنظر شبیه‌سازی امکان اصابت هدف با دقت ۱۰۰٪ وجود دارد و در اینجا عمداً به شبیه‌سازی اجازه خطا تا شعاع ۴ متر داده‌شده است.



شکل۱۲. صفحه کاربری سیستم کنترل پرواز

تصویری که کاربر کنترل پرواز درروی صفحه نمایشگر خود مشاهده می‌کند مشابه شکل ۱۲ خواهد بود. در این صفحه اطلاعاتی از قبیل نقطه رهایش[2] که نمایانگر موقعیت کنونی هواپیما در صفحه xy است، ارتفاع لحظه‌ای پرواز (گیج میله‌ای پائین صفحه)، سرعت رهایش (یا به‌طور معادل سرعت پرواز هواپیما)، زاویه پرتاب و همچنین دقت هدف‌گیری (که با xdiff نمایش داده‌شده است) قابل‌مشاهده است. هدایت پهپاد در اینجا بسیار شبیه به اپلیکیشن‌های ناوبری خودرو (مثل maps google، نشان و غیره) خواهد بود. وظیفه کاربر این است که پهپاد را به‌گونه‌ای هدایت نماید که محل برخورد بمب به زمین به سمت هدف سوق داده شود و در لحظه‌ای که با محل هدف منطبق شد دستور رهایش بمب را صادر نماید. در شکل دو علامت مثلث توپر (▲) نمایانگر پهپاد است، مربع توپر (■) محل فرود بمب در غیاب اثرات هوا را نشان می‌دهد و مربع توخالی (□) محل فرود واقعی یعنی در حضور مقاومت هوا می‌باشد. با هدایت پهپاد به سمت هدف به‌مرور از مقادیر xdiff و ydiff (این پارامتر در شکل نمایش داده نشده است) کاسته می‌شود و هنگامی‌که در بازه

1 Knot

2 Release Point

از پیش تعیین‌شده ازنظر دقت قرار گرفت، دستور رهایش صادر می‌شود. همچنین می‌توان به‌منظور کاهش خطای انسانی، دستور رهایش را در برنامه گنجاند تا عمل رهاسازی به‌صورت خودکار و بدون دخالت کاربر انجام شود.
برنامه آماده‌شـده قابلیت به‌کارگیری در هواپیماهای باسـرنشـین را نیز خواهد داشـت و می‌توان بجای کنترل عملیات از ایسـتگاه زمینی، برنامه را به‌صـورت یک اپلیکشـن بر روی یک گوشـی تلفن همراه یا تبلت نصـب کرد و آن را در اختیار خدمه پروازی قرار داد تا بجای استفاده از چارت‌های نشانه‌گیری بمب با کمک این سیستم عمل بارریزی انجام شود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ایده انجام بارریزی دقیق هوائی و نشانه‌گیری مهمات غیرهدایت‌شونده ارائه شد و شبیه‌سازی‌های مربوطه انجام شـد تا بصـورت نظری قابلیت‌های سـیسـتم پیشـنهادی مورد ارزیابی قرار گیرد. در ابتدای مقاله به مرور تاریخچه بارریزی هوائی و بمب‌ریزی پرداخته شد و سامانه‌های بکار گرفته شده به منظور افزایش دقت انجام عملیات‌ها معرفی شد. توضیح داده شد که سامانه‌های نشانه‌گیر اولیه عمدتا مکانیکی بودند و توسط اپراتور مخصوص کار می‌کردند. اگر چه آن سامانه‌ها در زمان خود بسیار موثر بودند اما بدیهی است که سیستم‌های امروزی بسیار پیشرفته‌تر بوده و علاوه بر آن بصورت خودکار عمل می‌کنند. پس از این مقدمه، به ارائه نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده در این تحقیق پرداختیم و در مورد پیاده‌سازی آن بر روی پهپادها صحبت کردیم. توضیح داده شد که پس از نصب سامانه بر روی پهپاد و رفع ایرادات احتمالی می توان آن را ارتقاء داده و در هواپیماهای بمب افکن و همچنین ترابری از آن بهره برد.

منابع

Charles Stephenson (2014), A Box of Sand: The Italo-Ottoman War 1911-1912
Fransis K. Mason (1994), The British bomber since 1914
Richard Benney,Justin Barber,Joseph McGrath,Jaclyn McHugh,Greg Noetscher and Steve Tavan. (2012). The Joint Precision Airdrop System Advanced Concept Technology Demonstration. 18th AIAA Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference and Seminar.
Headquarters, Department of the Army, United States Marine Corps, Department of the Navy, Department of the Air Force. (2007). Airdrop of Supplies and Equipment: Rigging Loads for Special Operations.
Janes, All the World's Aircraft: Unmanned 21/22.
Computed air release point system (CARP)/ AFI11-231 (2005).
Abdullah Nahid, Shamim Ahsan, Abdul Alim (2020), Design and Development of an Aircraft Type Multi-Functional Autonomous Drone. IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP), Dhaka, Bangladesh.
Airdrop of Supplies and Equipment: Rigging. (2005). Ministry of Air Force, (TO)13C7-1-11.

Journal of Modern Aviation and Techniques
Year 2, Number 1, spring 2025

simulation of accurate airdrop with unmanned aerial vehicles

Abstract: Aerial bombardment is one of the usual missions of the Air Force and is very effective and vital in supporting the troops in the battlefields as well as in humanitarian aid. Air bombardment and unguided bombing operations are very similar in terms of operation. The bombing operation (which was initially carried out by balloons) has a history of more than a century and a half in the world, and in world wars, especially World War II, it was especially valued and advanced techniques for Precise and targeted bombings were invented. Today, in modern airplanes, these targets are carried out by automatic systems installed on the airplane, and all the necessary calculations for accurate bombing are done automatically. But the targeting systems on older planes still need to be upgraded. In this article, while briefly reviewing the history of bombardment and bombing in the world, the results of our own calculations and simulations in the field of accurate bombardment are presented. Various parameters, including the effect of air resistance and wind speed, have been considered in the calculations, and the results have been discussed. The purpose of this research was to simulate and produce a software package in order to equip UAVs with a precise loading system, which has been achieved.

Keywords: **simulation, Airdrop, unmanned aerial vehicle (UAV)**