

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی یک هواپیما با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه

سید محمد رضا ستاینده^۱، علیرضا بابایی^۲، حمید فرخ‌فال^۳

دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر، مجتمع دانشگاهی مکانیک و هوافضا

چکیده

استفاده از روش‌های نوین طراحی وسایل هوافضایی مانند بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی یکی از تمایلات اخیر مهندسان و صنایع هوافضایی به شمار می‌رود. در این تحقیق یک هواپیما با استفاده از روش بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی و با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه مجدداً طراحی گردیده است. ساختار بکار رفته شده برای بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی، ساختار همه در یک مرحله می‌باشد. موضوعات در نظر گرفته شده در این تحقیق عبارتند از: عملکرد، تخمین وزن، آیرودینامیک، تخمین مرکز جرم و ممان‌های اینرسی، تخمین مشتقات پایداری، تحلیل ترمیم و تحلیل مشخصه‌های پایداری هواپیما. مسئله بهینه‌سازی در نظر گرفته شده یک مسئله دو هدفه و کاملاً مقید است که شامل کمینه‌سازی وزن برخاست و نیروی پس‌آی فاز پروازی سیر می‌باشد. قیود در نظر گرفته شده شامل زوایای حمله، سرش جانبی، سطوح کنترل آیلرون، الویتور و رادر برای فازهای مختلف پروازی، حاشیه پایداری و مشخصه‌های پایداری هواپیما می‌باشند. الگوریتم بهینه‌سازی نیز الگوریتم ژنتیک چندهدفه با رویکرد مرتب‌سازی نامغلوب است که قابلیت ایجاد مجموعه‌ای از جواب‌های بهینه تحت عنوان پرتو فرانت را داراست. اگرچه هر کدام از حل‌های به دست آمده از الگوریتم بهینه‌سازی یک طرح بهینه به حساب می‌آید اما برای انتخاب حل نهایی از میان حل‌های بهینه از مفهوم فاصله آرمانی استفاده شده است. طرح بهینه به دست آمده بیانگر کاهش ۳/۳ و ۱۱ درصدی توابع هدف نسبت به طرح اولیه است.

واژه های کلیدی: طراحی هواپیمای بی‌سرنشین - بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی - الگوریتم ژنتیک چندهدفه.

۱- مقدمه

طراحی هواپیما یک مسئله پیچیده است که شامل سه مرحله طراحی مفهومی، طراحی مقدماتی و طراحی جزئی می‌باشد [۱]. طراحی مفهومی هواپیما یک مسئله بهینه‌سازی چندموضوعی است که شامل پیدا کردن مجموعه‌ای از پارامترهای تعیین کننده عملکرد و قیود مختلف می‌باشد. این فاز شامل موضوعات مختلف مانند پیش‌رانش، آیرودینامیک، تخمین وزن و غیره است که به شدت به یکدیگر وابسته می‌باشند [۲]. طراحی مفهومی از ابتدائی‌ترین مراحل طراحی است که در طی آن یک یا چند طرح نسبت به مجموعه‌ای از الزامات اولیه انتخاب و بهینه می‌شود. از اینرو یکی از اهداف اصلی این فاز کشف چندین حل ممکن و انتخاب تعدادی از آن‌ها برای آنالیزهای بیشتر در فازهای بعدی طراحی است. اطلاعات به دست آمده در حین این فاز مبنای آگاهی نسبت به طرح را ایجاد می‌کند و یا به عبارت دیگر کسب بیشتر اطلاعات در این فاز منجر به تصمیم‌گیری

بهرتر می‌شود [۳]. اخیراً هدف طراحی مفهومی هواپیما پیدا کردن سریع و دقیق طراحی‌های بهینه از طریق سازش بین موضوعات و زیرسیستم‌های به شدت کوپل با کمک از الگوریتم‌های بهینه‌سازی است [۴]. الگوریتم‌های بهینه‌سازی یک ابزار عددی می‌باشند که در بسیاری از کاربردهای مهندسی برای بهبود طرح مورد نظر استفاده می‌شود. استفاده از این الگوریتم‌ها در طراحی هواپیما اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا یک نیاز و تقاضای همیشگی برای بهبود عملکرد هواپیماها وجود داشته است [۵]. بهینه‌سازی طراحی مهندسان را قادر می‌سازد تا فضای حل مسائل مهندسی را با دقت و کارایی بیشتری در مقایسه با نگرش‌های کلاسیک طراحی مهندسی کشف نمایند [۶]. یکی از روش‌های بهینه‌سازی طراحی، بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی (Multidisciplinary Design Optimization - MDO) نام دارد که یک حوزه نسبتاً جدید مهندسی است و هدف آن دسترسی به مسائل طراحی کارآمدتر به واسطه مشارکت بین موضوع‌های مختلف است. این تکنیک یک روش برای طراحی سیستم‌ها و زیرسیستم‌های پیچیده مهندسی است که به شکل منسجمی با پدیده‌هایی که با یکدیگر برهم‌کنش دارند، کار می‌کنند. از این تکنیک به شکل وسیعی در طراحی مهندسی به ویژه مهندسی هوافضا استفاده شده است و زمان و هزینه را با یکپارچه‌سازی همه موضوع‌های درگیر در پروسه طراحی کاهش می‌دهد [۷].

در این تحقیق، بهینه‌سازی طراحی هواپیمای بی‌سرنشین Predator MQ-1 با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی و با لحاظ کردن کل پروفیل پروازی در انجام محاسبات، انجام شده است. مسئله بهینه‌سازی در نظر گرفته شده یک مسئله دوهدفه کاملاً مقید است و الگوریتم بهینه‌سازی بکار گرفته شده الگوریتم ژنتیک با رویکرد مرتب‌سازی نامغلوب می‌باشد که از مفهوم فاصله آرمانی (Utopian distance) برای انتخاب حل نهایی از میان مجموعه جواب‌های پرتو فرانت استفاده شده است.

۲- بیان مسئله و روش انجام آن

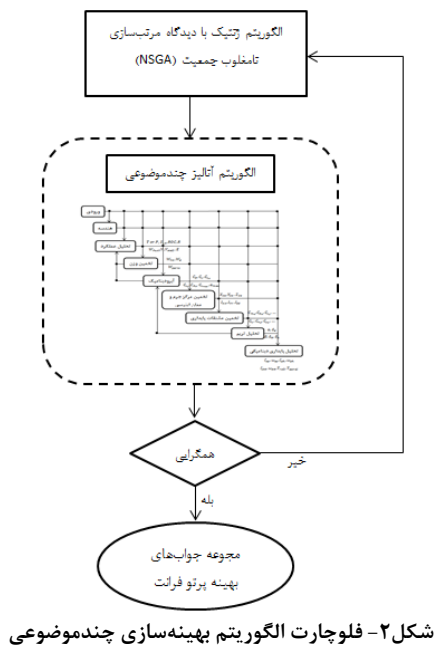
طراحی یک وسیله پرنده شامل مطالعات تکراری بین موضوعات مختلف است که این موضوعات به شدت به یکدیگر وابسته‌اند و خصوصیات مختلف طراحی وسیله پرنده که برای یکپارچه‌سازی یک طراحی جدید ضروری می‌باشند را تأکید می‌نمایند. موضوع این تحقیق بهینه‌سازی طراحی یک هواپیمای بی‌سرنشین با استفاده از روش بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی است بگونه‌ای که دو تابع هدف وزن برخاست و نیروی پس‌آی فاز سیر را می‌نیمم سازد. از نقاط قوت این تحقیق می‌توان به در نظر گرفتن کل پروفیل پروازی (از فاز برخاست تا فاز نشست) در حین فرآیند

۱- دانشجوی دکتری

۲- استادیار، ۰۰۲۱۴۵۲۲۷۱۳۵، arbabaei@aut.ac.ir

۳- استادیار

۲	-۲	$\beta_{turn}(deg)$
۱۵	-۱۵	$\delta_{E_{turn}}(deg)$
۵	-۵	$\delta_{A_{turn}}(deg)$
۵	-۵	$\delta_{R_{turn}}(deg)$
-۰/۰۵	-۰/۱۵	$\max(SM) (m)$
-	بزرگتر از ۱	$\min(\omega_{sp})(rad/s)$
۰/۱۶	۰/۳	$\min(\xi_{sp})$
۱	۰/۲	$\min(\omega_{nph})(rad/s)$
۰/۴	۰/۰۵	$\min(\xi_{ph})$
-	بزرگتر از ۱	$\min(\omega_{DR})(rad/s)$
۰/۱۶	۰/۰۸	$\min(\xi_{DR})$
-	۱	$\max(T_{spiral})(s)$
۱	۰	$\max(T_{roll})(s)$



شکل ۲- فلوجارت الگوریتم بهینه‌سازی چندموضوعی

۳- الگوریتم ژنتیک چندهدفه با رویکرد مرتب‌سازی نامغلوب

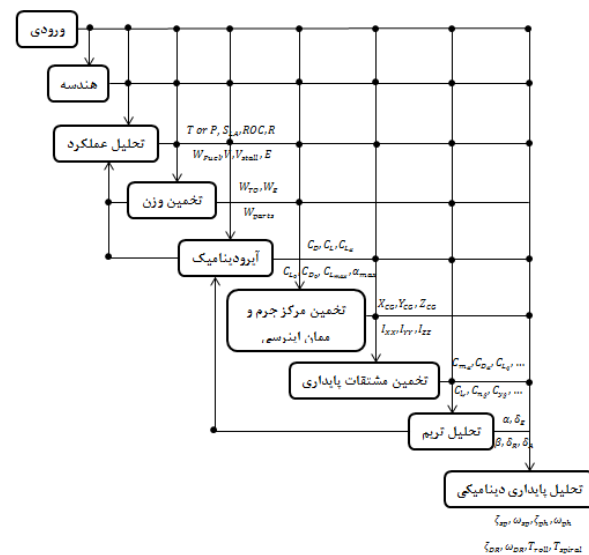
۳-۱- الگوریتم ژنتیک
 الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم بهینه‌سازی تصادفی است که برای بهینه کردن مسائل پیچیده با فضای جستجوی ناشناخته مناسب می‌باشد. این الگوریتم یک تکنیک برنامه‌نویسی شده می‌باشد که از تکامل ژنتیکی به برای حل مسئله استفاده می‌کند. الگوریتم ژنتیک براساس اصل بقای شایستگی، مکانیزم انتخاب طبیعی و تولید نسل مجدد کار می‌کند. یک مدل از الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ژنتیک با رویکرد مرتب‌سازی نامغلوب (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm) می‌باشد که مجموعه‌ای از حل‌های بهینه تحت عنوان پرتو فرانت را به وسیله اضافه کردن یک عملگر ضروری به الگوریتم ژنتیک معمولی ایجاد می‌کند. این عملگر براساس مفهوم غلبه، به کل جمعیت یک رتبه (Rank) اختصاص می‌دهد و الگوریتم براساس این رتبه به انتخاب و تولید مجدد می‌پردازد [۸].

۳-۲- مفهوم غلبه

در برخورد با یک مسئله بهینه‌سازی چندهدفه، بیان می‌شود که نقطه X بر نقطه Y غلبه می‌کند اگر و تنها اگر، Y از هیچ نظر بهتر از X نباشد و

بهینه‌سازی، چندهدفه در نظر گرفتن تابع هدف و استفاده از مفهوم فاصله آرمانی جهت انتخاب نهایی طراحی بهینه از میان مجموعه حل‌های پرتو اشاره نمود.

موضوعات مختلف در نظر گرفته شده در این تحقیق همراه با ارتباط بین آن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. ماژول تحلیل عملکرد علاوه بر محاسبات مربوط به عملکرد هواپیما در فازهای پروازی گوناگون، حداکثر نیروی پیشرانش و وزن سوخت مورد نیاز را نیز برای به انجام رساندن ماموریت مورد نظر، محاسبه می‌نماید. ماژول تحلیل تریم نیز زوایای حمله (α)، سرش جانبی (β) و زوایای سطوح کنترل (δ_i) مورد نیاز برای پرواز متعادل هواپیما را محاسبه می‌کند. وظیفه ماژول تحلیل پایداری دینامیکی نیز محاسبه ضرائب میرایی، فرکانس‌ها و ثابت‌های زمانی مودهای مختلف برای فازهای گوناگون پروازی است. خروجی ماژول‌های دیگر نیز کاملاً مشخص است که برای حفظ اختصار از بیان آن‌ها خودداری شده است. لازم به ذکر است که برای مدلسازی ماژول‌های مختلف از روابط تجربی و نیمه تجربی استفاده شده است.

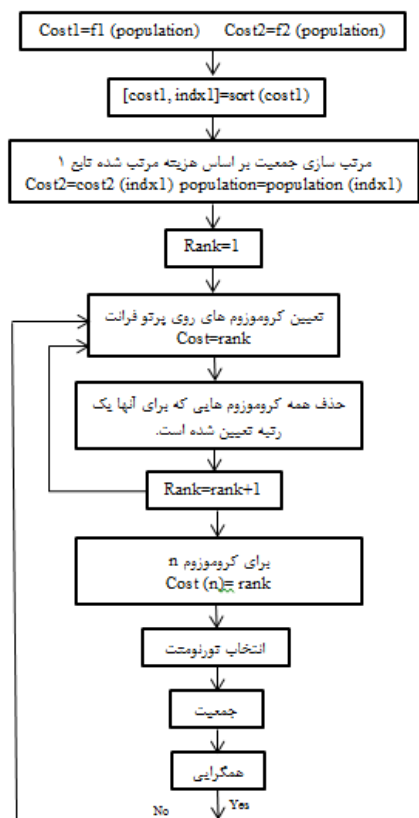


شکل ۱- فلوجارت آنالیز چندموضوعی

اهداف بهینه‌سازی در نظر گرفته شده در این تحقیق، همانگونه که بیان گردید، شامل حداقل کردن وزن برخاست و نیروی پسای فاز پروازی سیر است. خروجی‌های ناشی از ماژول‌های تحلیل تریم و تحلیل پایداری دینامیکی علاوه حاشیه پایداری (static margin) قیود این مسئله را تشکیل می‌دهند. این قیود همراه با مقادیر عددی در نظر گرفته شده برای آنها بصورت کامل در جدول ۱ آورده شده است. فلوجارت الگوریتم تدوین شده بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی که نشان‌دهنده استراتژی حل مساله است نیز در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- قیود مسئله بهینه‌سازی چندموضوعی

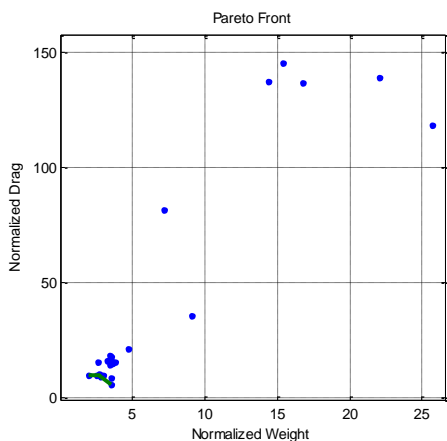
قیود	حد پایین	حد بالا
$\alpha_{cruise}(deg)$	-۳	۳
$\delta_{E_{cruise}}(deg)$	-۳	۳
$\beta_{cruise}(deg)$	-۲	۲
$\delta_{A_{cruise}}(deg)$	-۲	۲
$\delta_{R_{cruise}}(deg)$	-۲	۲
$\alpha_{turn}(deg)$	۰	۱۰



شکل ۳- فلوچارت الگوریتم ژنتیک با رویکرد مرتب‌سازی نامغلوب

۴- بهینه‌سازی

با اجرای الگوریتم بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی توضیح داده شده در بالا، چهار پرتو فرانت به عنوان خروجی حاصل شد. شکل ۴ کل جمعیت و پرتو فرانت‌ها و شکل ۵ مجموعه حل‌های پرتو فرانت را نشان می‌دهند.



شکل ۴- مجموعه کل جواب‌ها و پرتو فرانت

X حداقل از یک نظر اکیدا بهتر از Y باشد. این مفهوم به صورت ریاضی به شکل زیر بیان می‌شود [۹].

$$X \leq Y (X \text{ dom } Y) \Leftrightarrow \forall i : X_i \leq Y_i \quad (1)$$

۳-۳- مفهوم مرتب‌سازی نامغلوب

در یک مسئله کمینه‌سازی تک هدفه، ضابطه برتری جواب‌ها نسبت به یکدیگر ساده و بدیهی است چراکه هر حلی که مقدار تابع هدف کمتری را داشته باشد، به عنوان حل بهینه انتخاب می‌شود. اما در یک مسئله بهینه‌سازی چندهدفه ضابطه برتری جواب‌ها نسبت به یکدیگر به راحتی حالت اول نیست چراکه در اغلب موارد حل‌ها نسبت به یکدیگر برتری کامل و مطلقی از دیدگاه توابع هدف ندارند و نمی‌توان با مفهوم غلبه بین آن‌ها داوری نمود. بنابراین برای به دست آوردن بهترین حل‌ها، باید جمعیت را بر مبنای معیاری سازماندهی نمود.

الگوریتم ژنتیک چندهدفه کار را با پیدا کردن همه کروموزوم‌های نامغلوب جمعیت آغاز می‌کند و به آن‌ها رتبه ۱ می‌دهد. سپس این کروموزوم‌ها از جمعیت حذف شده و کروموزوم‌های جمعیت کوچک‌تر بررسی شده و رتبه ۲ به کروموزوم‌های نامغلوب این جمعیت اختصاص داده می‌شود. این فرآیند ادامه می‌یابد تا همه کروموزوم‌های جمعیت دارای یک رتبه شوند. در نهایت بهترین کروموزوم‌ها (با رتبه ۱) برای جفتگیری و تولید مثل انتخاب می‌شوند. شکل ۳ فلوچارت الگوریتم ژنتیک با رویکرد مرتب‌سازی نامغلوب را نشان می‌دهد [۸].

۳-۴- فاصله آرمانی

همانگونه که بیان شد، الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندهدفه بجای ایجاد یک حل بهینه، مجموعه‌ای از حل‌های بهینه تحت عنوان پرتو فرانت تولید می‌نمایند. هر کدام از حل‌های بهینه این مجموعه نسبت به یکدیگر برتری کاملی نداشته و هر کدام را می‌توان به عنوان یک طرح بهینه انتخاب نمود. اما انتخاب یک حل از میان این مجموعه آسان نیست. روش‌های مختلفی همچون بررسی الزامات طرح و استفاده از تجربیات افراد خبره (استفاده از منطق فازی) برای انتخاب نهایی حل بهینه وجود دارد. در این تحقیق از مفهوم فاصله آرمانی برای انتخاب نهایی استفاده شده است.

در این روش نقاط پرتو بر مبنای فاصله هر نقطه پرتو فرانت از نقاط بهینه به دست آمده از بهینه‌سازی تک هدفه مربوط به هر تابع هدف طبقه‌بندی می‌شوند. نقطه‌ای که فاصله کمتری از این نقاط آرمانی داشته باشد، انتخاب نهایی از میان حل‌های بهینه است. برای محاسبه این فاصله از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$d_{ut} = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{(f_i - f_{ut_i})^2}{f_{ut_i}}} \quad (2)$$

که i تعداد تابع هدف، f_{ut} مقدار آرمانی تابع هدف است [۸].

جدول ۴- برخی از مشخصات طراحی بهینه

$S_w(m^2)$	$C_i(m)$	$C_t(m)$	AR	$S_{ht}(m^2)$	AR_{ht}	
۱۰/۱	۰/۸۵	۰/۵۸	۱۹/۸	۳/۱	۷/۰۷	طرح بهینه
۱۱/۵	۱/۱	۰/۴۵	۱۹/۲۵	۲/۸۲	۷/۲۱	طرح اولیه

ادامه جدول ۴- برخی از مشخصات طراحی بهینه

λ_{ht}	$S_{vt}(m^2)$	AR_{vt}	λ_{vt}	$\Lambda_{LE}(deg)$	$\Gamma(deg)$	
۰/۹۶	۱/۸۹	۱/۴	۰/۷۱	۰/۱	۸/۶	طرح بهینه
۱	۱/۷۶	۰/۹۱	۱	۴	۰	طرح اولیه

ادامه جدول ۴- برخی از مشخصات طراحی بهینه

$\Lambda_{LEht}(deg)$	$\Gamma_{ht}(deg)$	$\Lambda_{LEvt}(deg)$	$l_f(m)$	$d_f(m)$	
۴/۹	۲/۹	۵/۳	۷/۹۶	۰/۷۸	طرح بهینه
۰	۰	۳	۸/۲۲	۰/۸	طرح اولیه

ادامه جدول ۴- برخی از مشخصات طراحی بهینه

$X_{CGaft}(m)$	P(hp)	$S_{landing}(m)$	$W_{Fuel}(kg)$	$W_{Empty}(kg)$	
۳/۵۹	۱۲۷	۸۰۰	۲۸۴/۵	۴۹۷/۵	طرح بهینه
۳/۸	۱۱۵	۷۰۱	۳۰۳	۵۱۲	طرح اولیه

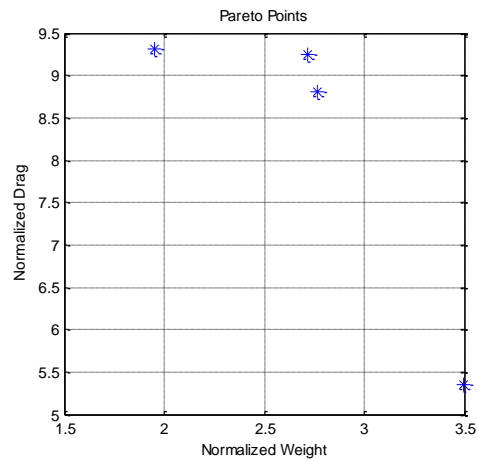
جدول ۵- مشخصات تحلیل تریم و حاشیه پایداری طراحی بهینه در کل پرواز

پارامتر	برخاست	اوجگیری	سیر	گردش	کاهش ارتفاع	فرود
$\alpha(deg)$	۴	۱۰	۱/۹	۷/۴	۸	۳
$\delta_E(deg)$	-۴/۵	-۳/۸	-۲/۳	-۳/۱	-۳/۶	-۳/۸
$\beta(deg)$	۰	۰	۰	-۰/۲	۰	۰
$\delta_R(deg)$	۰	۰	۰	-۰/۹	۰	۰
$\delta_A(deg)$	۰	۰	۰	-۱/۴	۰	۰
SM	-۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۱۴	-۰/۱۴

جدول ۶- مشخصه‌های پایداری طراحی بهینه در کل پرواز

پارامتر	برخاست	اوجگیری	سیر	گردش	کاهش ارتفاع	فرود
ξ_{sp}	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۵۷	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۴۸
$\omega_{sp}(\frac{rad}{sec})$	۱	۱	۰/۹	۱/۲۶	۱/۰۷	۱/۲۸
ξ_{ph}	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱	۰/۰۱۵	۰/۱۹
$\omega_{ph}(\frac{rad}{sec})$	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲	۰/۲۷	۰/۲۶
ξ_{DR}	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۱۶
$\omega_{DR}(\frac{rad}{sec})$	۱/۰۵	۱/۳۱	۱/۱۲	۱/۷۹	۱/۲۳	۰/۷
$T_{roll}(sec)$	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۵۸	۰/۰۶۵	۰/۱۲
$T_{spirai}(sec)$	۶/۸	۴/۹	۱۱/۱	۵/۷	۵/۹	۱۱/۷

همانگونه که بیان شد، الگوریتم بهینه‌سازی طراحی تدوین شده قابلیت تحلیل و آنالیز را برای کل پرواز پرواز دارد. جدول ۴ برخی از مشخصات طرح بهینه را نشان می‌دهد. از نتایج این جدول مشخص است که طرح بهینه نسبت به طرح اولیه از لحاظ پیکربندی تفاوت‌های قابل توجهی را دارا است. مشخصات عملکردی به دست آمده نیز نشان‌دهنده دقت قابل قبول الگوریتم تدوین شده در آنالیز و طراحی هواپیمای بی‌سرنشین مورد نظر است. جدول ۵ مربوط به قیود زاویه و حاشیه پایداری است. همانگونه که مشخص است قیود در نظر گرفته شده در جدول ۱ بطور کامل ارضا شده‌اند. جدول ۶ نیز حاوی قیود مربوط به



شکل ۵- مجموعه جواب‌های پرتو فرانت

مشخصات نقاط پرتو فرانت فوق از دیدگاه توابع هدف مورد نظر در جدول ۲ لیست شده است.

جدول ۲- مقادیر تابع هدف مربوط به نقاط پرتو فرانت

نقاط پرتو فرانت	$W_{TO}(Kg)$	$D_{cruise}(N)$
پرتو فرانت ۱	۹۷۲/۱	۳۸۴/۴۷
پرتو فرانت ۲	۹۸۰/۸	۳۸۳/۹۳
پرتو فرانت ۳	۹۸۱/۳۶	۳۷۹/۸۱
پرتو فرانت ۴	۹۸۵/۹۹	۳۴۳/۹۸
مقادیر اولیه	۱۰۲۰	۳۸۶/۶۵

از مقادیر جدول بالا کاملاً مشخص است که هیچ کدام از نقاط پرتو فرانت نسبت به یکدیگر برتری مطلقی ندارند و هر نقطه از دیدگاه وزن برخاست و نیروی پس‌آی فاز سیر کمینه شده‌اند. همانگونه که بیان شد برای انتخاب حل نهایی از مفهوم فاصله آرمانی استفاده شده است. لذا در ابتدا باید مقدار آرمانی هر تابع هدف را با استفاده از بهینه‌سازی تک هدفه محاسبه نمود تا با استفاده از رابطه بیان شده بتوان فاصله آرمانی مربوط به هر پرتو فرانت را محاسبه کرد. کمترین مقدار فاصله آرمانی انتخاب نهایی حل بهینه است. این مقادیر برای توابع هدف وزن برخاست و نیروی پس‌آی فاز سیر عبارت است از:

$$D_{ut} = 300.35N, W_{TO_{ut}} = 960.03N$$

با استفاده از مقادیر آرمانی فوق و رابطه (۲) فاصله آرمانی نقاط پرتو فرانت به شکل زیر محاسبه می‌شود.

جدول ۳- فاصله آرمانی نقاط پرتو فرانت

نقاط پرتو فرانت	پرتو فرانت ۱	پرتو فرانت ۲	پرتو فرانت ۳	پرتو فرانت ۴
فاصله آرمانی	۰/۲۹۳	۰/۳	۰/۲۸۷	۰/۱۷۲

از آنجایی که طرح بهینه نهایی، طرحی با کمترین فاصله آرمانی است لذا مشخص است که نقطه پرتو فرانت ۴ به عنوان طراحی بهینه در نظر گرفته می‌شود. درصد بهبود توابع هدف نقطه پرتو فرانت ۴ با توجه به مقادیر جدول ۲، ۳/۳ و ۱۱ درصد برای وزن برخاست و نیروی پس‌آی می‌باشد. کلیه مشخصات مربوط به طرح بهینه به دست آمده از الگوریتم در ادامه بیان شده است.

پایداری می‌باشد که مقایسه نتایج این جدول و مقادیر مربوط در جدول ۱ نشان دهنده آن است که این قیود به شکل قابل قبولی ارضا شده‌اند.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله الگوریتم بهینه‌سازی طراحی چندموضوعی تدوین گردید و به شکل موفقیتی برای یک هواپیمای بی‌سرنشین استفاده شد. الگوریتم تدوین شده شامل موضوعات مختلفی است که هر کدام از آن‌ها قابلیت آنالیز در کل پروفیل پروازی را دارا می‌باشند. اهداف در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل وزن برخاست و نیروی پسای فاز پروازی سیر بودند. با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه چهار طرح بهینه حاصل گردید که هر کدام به تنهایی یک حل بهینه به شمار می‌روند. از میان این چهار طرح یک طرح به عنوان طرح بهینه نهایی انتخاب گردید. این طرح توانست وزن برخاست و نیروی پسای فاز سیر را به ترتیب ۳/۳ و ۱۱ درصد کاهش دهد در حالیکه کلیه قیود در نظر گرفته شده به شکل قابل قبولی ارضا شوند.

۶- مراجع

- [1] M. Tyan and N. Van Nguyen, "Data base adaptive fuzzy membership function generation for possibility-based aircraft design optimization," *Journal of Aircraft*, pp. 1-11, May 2016.
- [2] L. Jaeger, C. Gogu, S. Segonds and C. Bes, "Aircraft multidisciplinary design optimization under both model and design variables uncertainty," *Journal of Aircraft*, vol. 5, no. 2, pp.528-538, March-April 2013.
- [3] E. Safavi, M. Tarkian, H. Gavel and J. Olvander, "Collaborative multidisciplinary design optimization: A framework applied on aircraft conceptual system design," *Concurrent Engineering: research and application*, 2015.
- [4] N. Van Nguyen, J. Lee, M. Tyan and D. Lee, "Possibility-based multidisciplinary optimization for electric-powered unmanned aerial vehicle design," *Aeronautical Journal*, vol. 119, no.1221, pp. 1397-1414, 2015.
- [5] R. Henderson, "Multidisciplinary optimization of airframe and engine for emission reduction," MS.c. Thesis, University of Toronto, 2009.
- [6] D. Neufeld, K. Behdadian and J. Chung, "Aircraft wing box optimization considering uncertainty in surrogate models," *Structural Multidisciplinary Optimization*, vol. 42, pp. 745-753, 2010.
- [7] F. Mastroddi and S. Gemma, "Analysis of pareto frontiers for multidisciplinary design optimization of aircraft," *Aerspace Science and Technology*, vol. 28, pp. 40-55, 2013.
- [8] A.R. Babaei, S.M.R. Setayandeh, "Constrained optimization of an commercial aircraft wing using non-dominated sorting genetic algorithm(NSGA)," *International Journal of Advanced Design and Manufacturing Technology*, vol. 8, no. 4, pp. 51-61, 2015.

[۹] ح. میرحسینی، م. میرحسینی، م. گندمکار و م. قنبری، «بازآرایی شبکه توزیع با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه با مرتب‌سازی نامغلوب نسخه ۲»، در مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی ایده‌های نو در مهندسی برق، خوراسگان، ۱۳۹۱.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله