

بررسی اثر تغییر ترکیب ضرایب وزنی تابع هدف در بهینه سازی آیرودینامیک کمپرسور محوری

علی گل نژاد
عبدالامیر بک خوشنویس
محمد رضائی مقدم

استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه حکیم سبزواری
دانشیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه حکیم سبزواری
دانشجوی دکترا، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

در این مقاله بهینه‌سازی مقید تابع هدف کمپرسور محوری با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک مورد مطالعه قرار گرفته است. با استفاده از روش وزنی و اثر تغییر ترکیب‌های متفاوت ضرایب وزنی تابع هدف، بهینه‌سازی کمپرسور محوری مورد بررسی شده است. تابع هدف شامل ترکیب خطی بازده آیزنتروپیک و ضریب افزایش فشار استاتیک با در نظر گرفتن سه متغیر قطر متوسط طبقه‌ی کمپرسور، زاویه هوا در ورود به روتور و ضریب جریان می‌باشد. در هر گام مسئله‌ی بهینه‌سازی، تابع هدف بوسیله‌ی ضرایب وزنی تشکیل شده و توسط الگوریتم ژنتیک حل می‌شود. با تغییر ضرایب تابع هدف جدید ساخته می‌شود و مسئله‌ی بهینه‌سازی جدید تشکیل می‌شود. کاهش تابع هدف در نسبت‌های مختلف ضرایب وزنی نشان دهنده بهینه شدن مساله با توجه به سه قید بررسی شده در هر تکرار می‌باشد که صحت محاسبات را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: روش وزنی، بازده آیزنتروپیک، کمپرسور محوری، الگوریتم ژنتیک

Effect of Variations in Combination of Objective Function's Weighted Coefficient on Optimization of Aerodynamics of an Axial Compressor

A. Golnejad Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Hakim Sabzevari University

A. B. Khoshnevis Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Hakim Sabzevari University

M. Rezaeimoghaddam Ph.D. Student, Department of Mechanical Engineering, Hakim Sabzevari University

Abstract

In this study optimization of objective function of axial compressor by using Genetic Algorithm with weighted method has been investigated. The effects of variations in combination of different weighted coefficients of objective function on optimization have been carried out. The objective function contains linear isentropic efficiency and static pressure rise coefficient by considering mean stage diameter, angle of inlet air at rotor and flow coefficient. In each steps of optimization the fitness function is created by weighted coefficients and the new objective function is produced and the new optimization problem has been established. The effect of variations in weighted coefficients on objective function was studied. Results showed that the objective function has been reduced in each step which explains the optimization has been achieved.

Keywords: Objective function, Genetic Algorithm, Axial compressor, Static pressure rise coefficient, Isentropic efficiency.

۱- مقدمه

کمپرسور موتورهای هواپیما در سال‌های اخیر به سمت افزایش بار آیرودینامیکی و کاهش طول موتور، وزن و همچنین تعداد طبقات آنها بدون تغییر بازده پیش رفته‌اند. این پیشرفت منجر به افزایش پیچیدگی هندسی و پیچیدگی جریان داخل در این کمپرسورها شده است. به همین منظور روش‌های زیادی در برای مطالعه جریان سیال و عملکرد کمپرسورها توسعه یافته است. با پیشرفت علم کامپیوتر، محققین با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)، توانسته‌اند معادلات ناویر-استوکس را در سه بعد برای جریان لزج درون طبقه‌های کمپرسورها حل کنند. روش‌های CFD این مزیت را دارند که می‌توانند اثر یک مشخصه خاص از جریان را بدون دخالت سایر پارامترها بررسی کنند در حالیکه در آزمایشگاه این کار دشوار خواهد بود. در این زمینه بررسی جریان سه بعدی بروی تیغه از جمله *skewed* و *leaned, sweep* تحقیقات گسترده‌ای انجام پذیرفته است [۱]. اما بررسی کارکرد تیغه‌های یک روتور بدون در نظر گرفتن اثرات پیچیده ی جریان در هر طبقه دقت مورد نیاز را ندارد پس معمولاً در بررسی اثرات برش‌ها یک طبقه در نظر گرفته می‌شود و نمودارهای آن‌ها بررسی می‌شود و اگر طراحان خواهان استفاده از این روش برای طراحی و بهینه‌سازی کمپرسور باشند باید تغییرات لازم در استاتور را نیز در نظر گیرند.

در سال‌های اخیر با گسترش روش‌های بهینه‌سازی و با استفاده از ابزارهای محاسباتی، پیشرفت‌های زیادی در بهینه‌سازی مسائل حاصل شده است که از آن جمله می‌توان به کاهش زمان بهینه‌سازی، افزایش دقت بهینه‌سازی و کاهش هزینه‌ی بهینه‌سازی اشاره کرد. کارهایی در زمینه بهینه‌سازی چند هدفه در مورد فرایند طراحی اولیه توربین براساس اصلاح پارامترهای الگوی جریان و کاهش تنشهای تخمین زده شده، انجام شده است [۲]. در این زمینه کارهایی نیز با هدف گسترش فرایند طراحی جریان گذر برای کمپرسورهای محوری چندطبقه با استفاده از استراتژی بهینه‌سازی براساس روشهای قطعی و محتمل انجام شده است. مختصات کمپرسور به عنوان پارامترهای طراحی با استفاده از تابع هدف وزنی بهینه می‌شود.

به طور کلی روش کار به این صورت می‌باشد که ابتدا چند پارامتر وابسته به هم که تغییر یکی باعث تغییر دیگری خواهد شد را در نظر گرفته و رابطه‌ی مناسب بین آنها توسط یک تابع چند متغیره تعریف خواهد شد. سپس با بهینه‌سازی این تابع (تابع هدف) با توجه به قیدهای موجود برای بهینه‌سازی که محدوده‌ی منطقی پارامترها را نشان می‌دهد بهترین شرایط کارکردی بین متغیرهای در نظر گرفته شده مشخص خواهد

شد که با توجه به حالت قبل از بهینه‌سازی کارکرد بهتر با تلفات کمتر بدست خواهد آمد.

بهینه‌سازی در توربو ماشین‌ها با تمرکز بر بخش‌های مختلفی صورت می‌گیرد مانند تحلیلی که توسط *Dornberger* و همکاران [۳] برای بهینه‌سازی سه بعدی مسیر جریان صورت گرفت [۳]. همچنین بررسی‌هایی که توسط *Pierret* و *Hirsch* [۴]، *Burguburu* و همکاران [۵] در راستای رسیدن به بهینه‌سازی شکل تیغه صورت پذیرفت. در زمینه‌ی بهینه‌سازی کمپرسورهای محوری با توابع هدف مختلف و استفاده از ابزار مختلف بهینه‌سازی برای رسیدن به بهترین نتایج تحقیقات زیادی انجام شده است، که از آن جمله می‌توان به تحقیقات *Chander* و همکاران [۶] در زمینه بهینه‌سازی یک طبقه از کمپرسور محوری توسط چهار متغیر با روش تابع وزنی اشاره کرد. همچنین *Chen* و همکاران [۷] و *Siller* و همکاران [۸] به بررسی تکنیک‌های بهینه‌سازی عددی در یک طبقه از کمپرسور محوری گذرا پرداخته‌اند. در این مورد *Polynkin* و *Shahpar* [۹] نیز با استفاده از بهینه‌سازی به روش مقیاس بزرگ، تیغه‌ی روتور این کمپرسورها را تحلیل کرده است. در زمینه‌ی بهینه‌سازی افت‌های پروفیل، *Taghavi* و *Afzali* [۱۰] بهینه‌سازی را در خصوص رسیدن به حداکثر بازده در یک کمپرسور محوری چند طبقه با استفاده از روش مختلط انجام داده‌اند. در کمپرسورهای محوری پارامترهای مختلفی در تابع هدف با توجه به کاربرد و دقت در بهینه‌سازی انتخاب می‌شود. برای نمونه *Chen* و همکاران [۱۱] بهینه‌سازی تابع هدف را با دقت زیاد در حالت تک بعدی برای کمپرسور محوری انجام داده‌اند.

همچنین در پژوهش‌های انجام شده طراحی براساس مسائل چند هدفه واقعی با استفاده از الگوریتم ژنتیک (*Genetic Algorithm - GA*) انجام شد که نتایج آن برای طراحی دو هدفه‌ی افزایش فشار کل و بازده کلی کمپرسور بود. از آنجایی که مسائل طراحی تیغه بسیار پیچیده و زمان‌بر هستند- که این پیچیدگی ناشی از پارامترهای طراحی زیاد می‌باشد- محققان سعی بر این دارند تا با جمع کردن استراتژیها و روشهای بهینه‌سازی در یک جا بهینه‌سازی را به صورت اتوماتیک انجام دهند.

الگوریتمهای ژنتیک معمولاً به عنوان یک شبیه‌ساز کامپیوتر که در آن جمعیت یک نمونه‌ی انتزاعی (کروموزومها) از نامزدهای راه‌حل یک مسأله بهینه‌سازی به راه حل بهتری منجر شود، پیاده‌سازی می‌شوند. به طور سنتی راه‌حلها به شکل رشته‌هایی از ۰ و ۱ بودند، اما امروزه به گونه‌های دیگری هم پیاده‌سازی شده‌اند. فرضیه با جمعیتی کاملاً تصادفی منحصر

$$\eta = \frac{T_{02}' - T_{01}}{T_{02} - T_{01}} = \frac{T_{01} \left[\left(\frac{P_{02}}{P_{01}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]}{\Delta T_{0S}} \quad (1)$$

$$\Delta T_{0S} = \frac{UC_a}{C_p} [\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1] \quad (2)$$

T_{02}' ، T_{02} و فشار سکون ورودی به روتور P_{01} و T_{01} و P_{02} دما، دمای آیزنتروپیک و فشار سکون در شرایط خروج از استاتور می‌باشد. در معادله شماره (۲) نیز C_p گرمای مخصوص در فشار ثابت، C_a سرعت محوری، U سرعت تیغه می‌باشد. با توجه به این فرضیات که زاویه‌ی هوا در ورود به روتور با زاویه‌ی خروجی استاتور برابر است $\alpha_1 = \alpha_3$ درجه‌ی عکس‌العملی ۵۰٪ برای طبقه و $U_1 = U_2$ ، بازده با توجه به متغیرهای در نظر گرفته شده بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$\eta = \frac{T_{01} \left[\left(\frac{\gamma-1}{Pr} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]}{\frac{\pi^2 D_m^2 N^2 \phi}{C_p} \left[\frac{\pi D_m N}{C_a} - 2 \tan \alpha_1 \right]} \quad (3)$$

که Pr نسبت فشار روتور به استاتور بوده، N سرعت دورانی محور کمپرسور و ϕ در اینجا ضریب جریان می‌باشد. با توجه به ضریب افزایش فشار استاتیک تعریف شده توسط Koch داریم [۱۶]:

$$C_b = \frac{\left[C_p T_{01} \left[\left(\frac{\gamma-1}{Pr} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right] \right]}{\left[\frac{(W_1^2 + C_2^2)}{2g} \right]} \quad (4)$$

در مخرج کسر معادله C_2 سرعت مطلق سیال در ورود به استاتور، W_1 سرعت نسبی سیال در ورود به روتور و g شتاب جاذبه می‌باشد. با توجه به سه متغیر در نظر گرفته شده ضریب افزایش فشار استاتیک بصورت زیر خواهد بود:

$$C_b = \frac{g C_p (T_{03} - T_{01})}{C_a^2 \left[1 + \left(\frac{1}{\phi} - \tan \alpha_1 \right)^2 \right]} \quad (5)$$

برای داشتن بیشترین بازده و دامنه‌ی استال، ترکیب خطی بازده و ضریب افزایش فشار استاتیک به عنوان تابع هدف در

بفرد آغاز می‌شود و در نسله‌ها ادامه می‌یابد در هر نسل گنجایش تمام جمعیت ارزیابی می‌شود، چندین فرد منحصر در فرآیند تصادفی از نسل جاری انتخاب می‌شوند (بر اساس شایستگیها) و برای شکل دادن نسل جدید، اصلاح می‌شوند (کسر یا دوباره ترکیب می‌شوند) و در تکرار بعدی الگوریتم به نسل جاری تبدیل می‌شود. الگوریتم‌های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کنند [۱۲].

Abate [۱۳] با استفاده از الگوریتم ژنتیک و توابع چند هدفه یک کمپرسور Transonic را بهینه‌سازی کرده است. در این مقاله بهینه‌سازی مقید تابع هدف کمپرسور محوری با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین در محاسبه‌ی نتایج از مقدار ۰٫۸ برای نسبت تعداد افراد تلفیقی نسل بعدی به قبلی و تعداد ۲ فرد نخبه در هر نسل استفاده شده است. همچنین در انجام محاسبات تعداد افراد تولیدی توسط جهش (توسط تابع جهش گاوس) با تعداد افراد تولیدی توسط تلفیق یکسان در نظر گرفته شده است.

۲- مشخصات اولیه

مشخصات مورد استفاده در بررسی و تحلیل نتایج برگرفته از مشخصات یک طبقه از کمپرسور زیر صوتی با بازده بالا و بار متوسط می‌باشد که در مرجع [۱۴] معرفی شده است. مشخصات یک طبقه از این کمپرسور در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات طبقه‌ی مورد بررسی در کمپرسور

جرمی، kg/s	۵٫۶
نسبت فشار طراحی	۱٫۲۴۹
شعاع لبه‌ی روتور (mm)	۱۴۹
شعاع لبه‌ی استاتور (mm)	۱۴۶٫۵
نسبت ریشه به لبه	۰٫۶۱
سرعت دورانی محور (rps)	۴۸۱٫۴۸
بازده آیزنتروپیک طراحی	۰٫۹۰۵
Solidity at midspan (روتور)	۱٫۱۶۵
Solidity at midspan (استاتور)	۲٫۲۲

۱-۲- تابع هدف

در این مرحله با توجه به رابطه‌ی موجود بین نسبت فشار، نسبت دما و بازده می‌توان تابع هدف را تشکیل داد. از آنجا که بازده کل طبقه کمپرسور بصورت زیر تعریف می‌شود [۱۵]:

همچنین مقادیر اولیه‌ی سه متغیر طراحی برای شروع محاسبات در بهینه سازی در جدول (۴) آورده شده است. با استفاده از مقادیر اولیه میتوان تغییرات تابع هدف در چهار حالت را به یک متغیر خاص بررسی کرد.

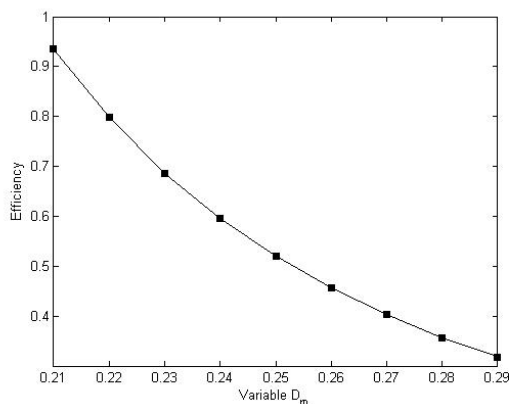
جدول ۴- مقادیر اولیه

مقدار اولیه	متغیر
0.23	$X_0(1)$
0.42	$X_0(1)$
2.20	$X_0(1)$

این مقادیر برای نقطه ی شروع بهینه سازی در انجام محاسبات بکار برده می شوند.

۳- بحث و نتایج

با در نظر گرفتن سه متغیر قطر متوسط طبقه کمپرسور، ضریب جریان و زاویه هوا در ورود به روتور و بررسی اثر آنها می توان حساسیت پارامترهای بازده، ضریب افزایش فشار طبقه کمپرسور و تابع هدف (در حالت $W_1 = W_2 = 0.5$) را نسبت به تغییر متغیرها مورد سنجش قرار داد. در شکل ۱ و ۲ تغییر متغیر $X(1)$ نسبت به پارامتر بازده و تابع هدف (در حالت $W_1 = W_2 = 0.5$) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می گردد با افزایش مقدار قطر متوسط طبقه کمپرسور بازده کاهش می یابد. بدیهی است که مقدار تابع هدف با افزایش قطر متوسط افزایش می یابد که آن را می توان در شکل ۲ مشاهده کرد. در شکل ۳ و ۴ و ۵ تغییر متغیر $X(2)$ نسبت به پارامترهای بازده، C_b و همچنین تابع هدف (در حالت $W_1 = W_2 = 0.5$) نمایش داده شده است. با افزایش ضریب جریان از مقدار ۰٫۳ تا ۰٫۵ مقدار بازده از حدود ۰٫۹ تا ۰٫۵۵ کاهش می یابد.



شکل ۱- تغییرات $X(1)$ نسبت به پارامتر بازده

نظر گرفته می شود. با استفاده از دو تابع ذکر شده در بالا، تابع وزنی بصورت رابطه (۶) ایجاد می شود که این رابطه بیانگر تابع هدف به طور کل خواهد بود. بررسی رابطه ی ۶ به عنوان تابع هدف با در نظر گرفتن سه حالت برای ضرایب وزنی می باشد.

$$F = W_1(1 - \eta) + W_2(1 - C_b) \quad (6)$$

W_1 و W_2 ضرایب وزنی تابع هدف می باشند. همچنین این ضرایب وزنی معادلات زیر را ارضا می کنند.

$$0 < W_1 < 1, \quad 0 < W_2 < 1, \quad W_1 + W_2 = 1$$

۲-۲- قید های طراحی

قید های مورد استفاده بر روی تابع هدف باعث می شود که نتایج حاصل از بهینه سازی نتایجی واقعی باشد و محدوده های بدست آمده در بازه ای منطقی جای گیرند.

در جدول (۲) قید های طراحی مسئله ی بهینه سازی نشان داده شده است.

جدول ۲- قید های طراحی

$C_b \geq 0.35$	
$\eta \geq 0.75$	$\eta < 1$
$X(1) > 0.182$	$X(1) < 0.293$
$X(2) > 0.3$	$X(2) < 0.52$
$X(3) > 10$	$X(3) < 35.0$

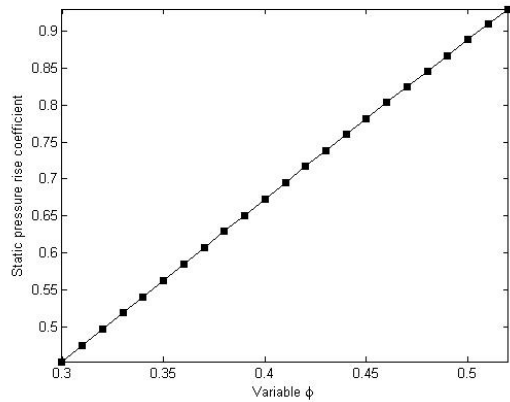
همانطور که در جدول ۲ مشاهده می گردد باید C_b همیشه مقداری بزرگتر یا مساوی ۰٫۳۵ داشته باشد. مقدار مورد نظر برای بازده طبقه از مقدار ۰٫۷۵ بیشتر و از ۱٫۰ کمتر می باشد. برای قطر متوسط طبقه بین ۰٫۱۸۲ و ۰٫۲۹۳ مقدار قید طراحی در نظر گرفته شده است. قیدهای نامساوی دیگری که مورد استفاده قرار می گیرند ضریب جریان و زاویه هوا در ورود به روتور می باشند. که به ترتیب بین بازه های ۰٫۳ تا ۰٫۵۲ و ۱۰ تا ۳۵ در نظر گرفته می شوند.

۳-۲- متغیر ها و مقادیر اولیه

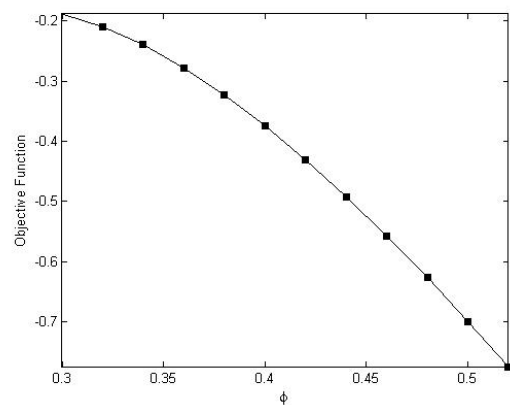
با نامگذاری متغیرهای مورد بررسی در توابع هدف بصورت زیر قیدهای مورد نظر را تعریف می کنیم متغیرهای مورد استفاده در تحلیل و بهینه سازی در جدول (۳) معرفی شده است. سه متغیر قطر متوسط طبقه کمپرسور، ضریب جریان و زاویه هوا در ورود به روتور می باشند.

جدول ۳- متغیر ها

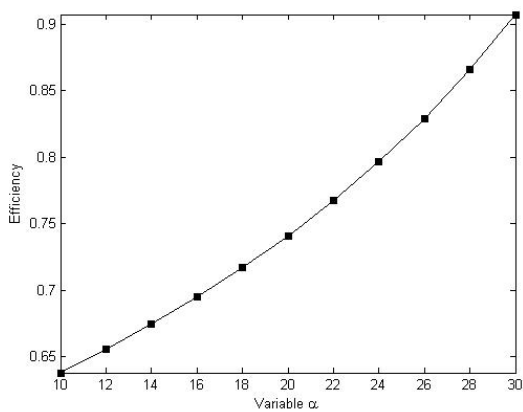
$X(1) : D_m$	$X(2) : \varphi$	$X(3) = \alpha_1$
--------------	------------------	-------------------



شکل ۴- تغییرات $X(2)$ نسبت به پارامتر C_b

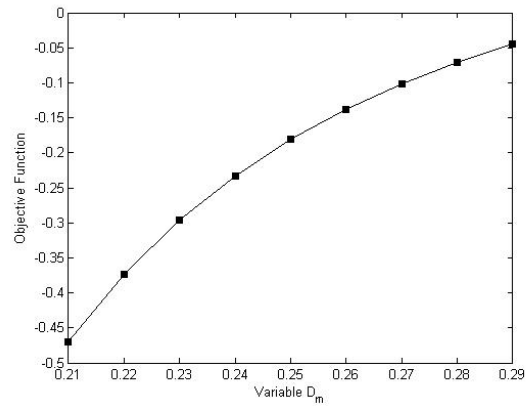


شکل ۵- تغییرات $X(2)$ نسبت به پارامتر تابع هدف (در حالت $(W_2 = W_1 = 0.5)$)



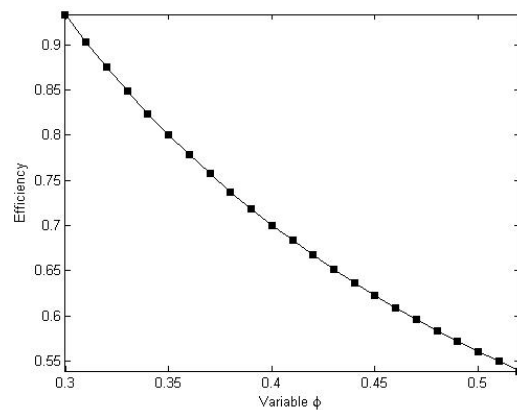
شکل ۶- تغییرات $X(3)$ نسبت به پارامتر بازده

ولی تغییرات ضریب فشار استاتیک روندی صعودی داشته به گونه‌ای که از مقدار ۰٫۵ تا ۰٫۹ افزایش می‌یابد. تابع هدف نیز روندی کاهشی را بین مقدار ۰٫۲- تا ۰٫۷- نشان می‌دهد.

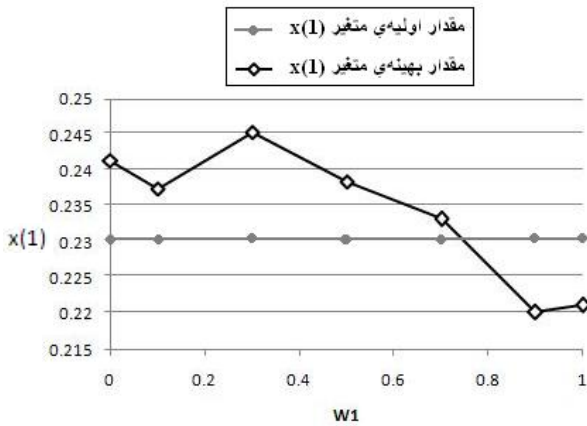


شکل ۲- تغییرات $X(1)$ نسبت به پارامتر تابع هدف

در ادامه در شکل‌های ۶ و ۷ و ۸ تغییر متغیر $X(3)$ نسبت به پارامترهای بازده، C_b و تابع هدف در همان ضرایب وزنی $W_2 = W_1 = 0.5$ رسم شده است. مقادیر بازده و ضریب فشار استاتیک برای زاویه هوای ورودی به روتور از ۱۰ تا ۳۰ درجه رسم شده است. تغییرات هم برای بازده و هم ضریب فشار استاتیک روندی افزایشی داشته است. برای همین بازه تغییرات برای زاویه هوای ورودی روتور مقدار تابع هدف از مقدار ۰٫۲- تا مقدار ۰٫۸- تنزل می‌یابد.

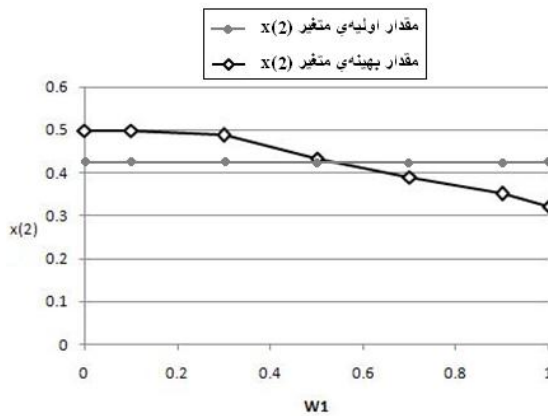


شکل ۳- تغییرات $X(2)$ نسبت به پارامتر بازده



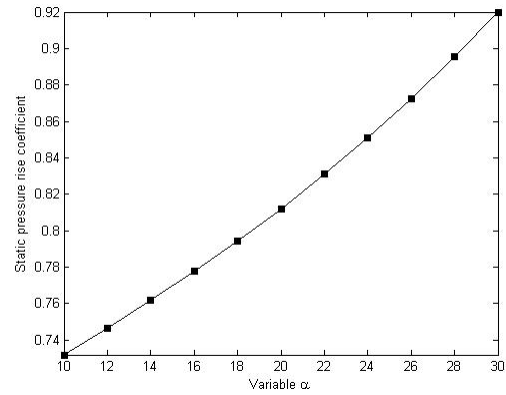
شکل ۹ بهینه سازی متغیر X(1) با تغییر ضریب وزنی W_1

در شکل ۱۰ مقدار تغییرات متغیر ضریب جریان را برای ضرایب مختلف وزنی W_1 با مقدار اولیه ۰/۴۱ برای ضریب جریان نشان داده شده است. شیب نسبتاً ملایم نمایش دهنده تغییر کم مقدار بهینه شده این ضریب با تغییرات W_1 می‌باشد. مشاهده می‌شود که در ضریب وزنی ۰/۴۵ مقدار بهینه تابع با مقدار اولیه آن برابر می‌باشد.

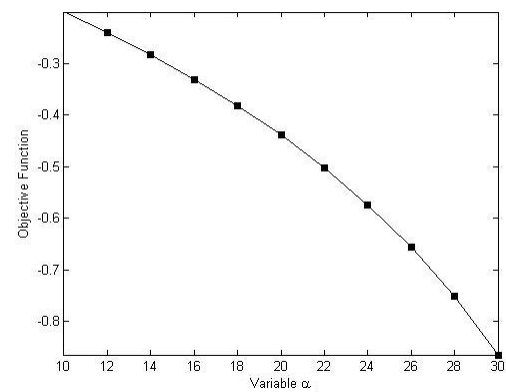


شکل ۱۰-بهینه سازی متغیر X(۲) با تغییر ضریب وزنی W_1

شکل ۱۱ مقدار تغییرات متغیر زاویه ورودی هوا به استاتور را برای ضرایب مختلف وزنی W_1 با مقدار اولیه ۲۱/۰ درجه نشان می‌دهد. تغییرات غیر خطی و نوسانی برای این زاویه با تغییرات W_1 مشاهده می‌گردد. درین تغییرات در مقدار ضریب وزنی ۰/۹ بیشترین مقدار خود یعنی ۲۵/۷ و در مقدار ۰/۳ کمترین مقدار یعنی ۲۱/۸ را نشان می‌دهد.



شکل ۷-تغییرات X(۳) نسبت به پارامتر C_b

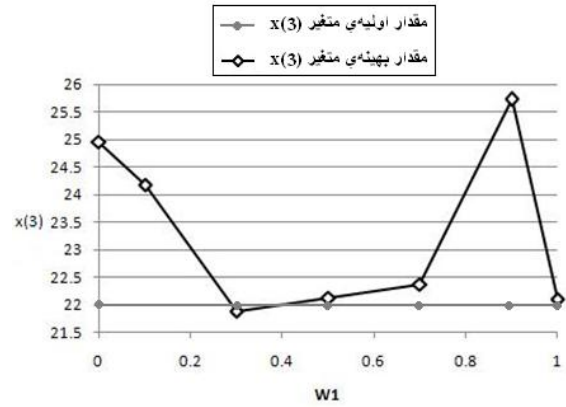


شکل ۸-تغییرات X(۳) نسبت به پارامتر تابع هدف

در ادامه نتایج بهینه‌سازی برای سه متغیر و تابع هدف با تغییر ترکیب ضرایب تابع های وزنی مختلف برای W_1 و W_2 نشان داده شده است. همانطور که ذکر شد به علت وجود قید بین W_1 و W_2 با افزایش W_1 میزان W_2 کاهش می‌یابد. بنابراین نمودارهای مربوط به نتایج بدست آمده با توجه به میزان W_1 نشان داده شده است. در اشکال ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نتایج بهینه‌سازی با تغییر W_1 برای سه متغیر و تابع هدف نشان داده شده است. در شکل ۹ برای تمام ضرایب وزنی مختل مقدار اولیه ۰/۲۳ برای $X(1)$ داده شده است که به ازای ضرایب وزنی مختل مقدار بهینه برای هر ضریب بدست آمده است مقدار قطر متوسط طبقه با افزایش ضریب وزنی آن روندی کاهشی دارد. کمترین مقدار را در ضریب وزنی ۰/۹ مقدار ۰/۲۲ را بدست آورده شده است.

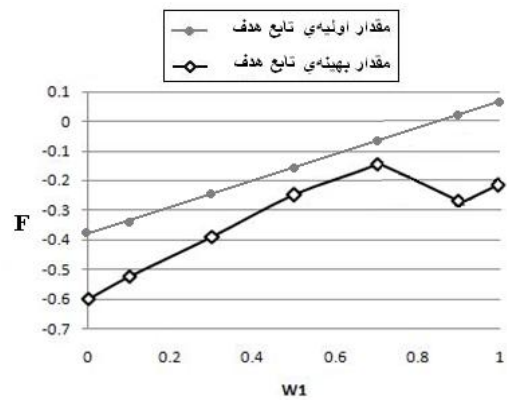
جدول ۵- نتایج عددی بهینه سازی با تغییر W_1 و W_2

$W_1 = 0$ $W_2 = 1$ Objective Function Value : -0.6000 $X(1) = 0.224$ $X(2) = 0.499$ $X(3) = 24.963$
$W_1 = 0.1$ $W_2 = 0.9$ Objective Function Value : -0.5258 $X(1) = 0.228$ $X(2) = 0.498$ $X(3) = 24.172$
$W_1 = 0.3$ $W_2 = 0.7$ Objective Function Value : -0.3914 $X(1) = 0.22$ $X(2) = 0.487$ $X(3) = 21.872$
$W_1 = 0.5$ $W_2 = 0.5$ Objective Function Value : -0.2493 $X(1) = 0.227944982934979$ $X(2) = 0.434593494167775$ $X(3) = 22.11614243443413$
$W_1 = 0.7$ $W_2 = 0.3$ Objective Function Value : -0.1448 $X(1) = 0.232$ $X(2) = 0.39$ $X(3) = 22.36$
$w_1=0.9$ $w_2=0.1$ $W_1 = 0.9$ $W_2 = 0.1$ Objective Function Value : -0.2849 $X(1) = 0.245$ $X(2) = 0.351$ $X(3) = 25.727$
$W_1 = 1$ $W_2 = 0$ Objective Function Value : -0.2109 $X(1) = 0.244$ $X(2) = 0.322$ $X(3) = 22.091$



شکل ۱۱- بهینه سازی متغیر $X(3)$ با تغییر ضریب وزنی W_1

با توجه به اینکه تابع هدف زمانی که کمترین مقدار را داشته باشد بهینه‌ترین حالت ممکن را مهیا می‌کند می‌توان مقدار بهینه را با توجه به ضرایب وزنی مختلف بدست آورد. این مطلب در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲- بهینه سازی متغیر $X(3)$ با تغییر ضریب وزنی W_1

هنگامی که مقدار ضرایب وزنی بطور مساوی انتخاب شوند ($W_1 = W_2 = 0.5$) یعنی وقتی نسبت وزنی بازده و ضرب افزایش فشار را یکسان در نظر بگیریم اثر هر سه پارامتر را بطور مساوی در بهینه‌سازی بدست می‌آوریم که با توجه به توضیحات داده شده در بالا صحت این نتایج تأیید می‌گردد. با توجه به اشکال بالا می‌توان تغییر نتایج بهینه سازی متغیرها را با تغییر W_1 ملاحظه کرد. مقادیر دقیق این بهینه سازی‌ها که توسط الگوریتم ژنتیک انجام شده است، را می‌توان در جدول ۵ ملاحظه کرد.

Orlando and Florida, Article No. 863, pp.1-12, January 2009.

[9] Shahpar, Sh. and Polynkin, A., , "Large Scale Optimization of Transonic Axial Compressor Rotor Blades", AIAA Conference Ilinoise, Article No. 2056, pp. 1-12, April 2008.

[10] Taghavi Zenouz, R. and Afzali, M., "Preliminary design optimization of profile losses in multi stage axial compressors based on complex method", JAERO372 IMechE Vol.5, Part G, pp. 1-11, 2008.

[11] Chen, L. , Luo, J. , Sun, F. and Chih Wu, "Design efficiency optimization of one-dimensional multi-stage axial-flow compressor", Applied Energy, Vol. 85, pp. 625-633, 2008.

[12] Reeves, C. and Rowe, J. , "Genetic Algorithms: Principles and Perspectives A Guide to GA Theory", Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, 2003.

[13] Abate, G. " Aerodynamic Optimization of A Transonic Axial Compressor Rotor", Universita' Degli Studi Di Padova, Thesis, 2012.

[14] Lu, J. and Chu, W. and Zhang, H. , "Influence of blade tip cutting on axial compressor aerodynamic performance", Vol. 223 Part G, JAERO406 IMechE 2009.

[15] Mattingly, J. and Ohain, H. , Elements of Propulsion: Gas Turbines and Rockets, AIAA Education Series TL709.M388, 2006.

[16] Koch, C., C., "Stalling Pressure Rise Capability of Axial Flow Compressor Stages", ASME Journal of Engineering for power, Vol. 103, pp. 645-656, 1981.

۴- نتیجه گیری

در مسایل بهینه‌سازی بدست آوردن کمترین مقدار تابع هدف با توجه به قیدهای در نظر گرفته شده مطلوب می باشد. در این مقاله تأثیر ضرایب وزنی مختلف را با توجه به دو پارامتر بازده و ضریب افزایش فشار استاتیک بررسی شد. سه قید قطر متوسط طبقه، ضریب جریان و زاویه هوای ورودی به استاتور برای این مساله بهینه‌سازی در نظر گرفته شد. تأثیر ضرایب مختلف وزنی بر روی تابع هدف با استفاده از الگوریتم ژنتیک بررسی شد. ملاحظه شد که در هر مرحله از محاسبات (W_1 های متفاوت) مقدار تابع بهینه‌ی هدف از مقدار اولیه کمتر است که نشان‌دهنده‌ی بهینه شدن این تابع در هر مرحله می‌باشد.

همچنین با انجام بهینه‌سازی برای تابع هدف در حالت‌های دیگر مقادیر تابع بعد از بهینه‌سازی کاهش می‌یابد که این مساله باز صحت نتایج بدست آمده توسط الگوریتم ژنتیک را با توجه به ضرایب وزنی در نظر گرفته شده نشان می‌دهد.

مراجع

- [1] Choon, M. and Li, Kwang, P. and Kim, Y. , "Optimization of blade sweep in a transonic Axial Compressor Rotor", Jsme international, Journal, pp. 793-801, 2005.
- [2] Trigg, M.A and G.R and Tubby and A. G. Shreard, "Automatic Genetic Optimization Approach to Two-Dimensional Blade Profile Design for Steam Turbines", ASME Journal of Turbomachinery 121, pp. 11-17, 1999.
- [3] Dornberger, R. and Stoll, P. and Büche, D., "Multidisciplinary Turbomachinery Blade Design Optimization", European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, pp. 1-9, ECCOMAS 2000.
- [4] Pierret, S. and Hirsch, C. "An Integrated Optimization System for Turbomachinery Blade Shape Design", RTO AVT Symposium, pp.15-1-15-8 April 2002.
- [5] Burguburu, S. and Pape, A. , "Improved aerodynamic design of turbomachinery bladings by numerical Optimization", Aerospace Science and Technology, Vol. 7, pp. 277-287, 2003.
- [6] Chander, S. and Bedi, R. "A Simplified Optimum Design of Axial Flow Compressor Stage", IE (I) Journal.MC, Vol. 85, pp. 169-178 January 2005.
- [7] Chen, L. and Sun, F. and Wu, C. , "Optimum design of a subsonic axial-flow compressor stage", Journal of Applied Energy, Vol. 80, pp. 187-195, 2005.
- [8] Siller, U. and Vob, C. and Nicke, E., "Automated Multidisciplinary Optimization of a Transonic Axial Compressor", AIAA Conference