

بهینه سازی چند هدفه ی عملکرد آیرودینامیکی کمپرسور محوری توسط روش های جستجوی

مستقیم و الگوریتم ژنتیک

علیرضا دولت دوست¹، امیر بک خوشنویس²، علی گل نژاد³

دانشکده مهندسی، گروه مکانیک، دانشگاه تربیت معلم سبزوار

چکیده

در این تحقیق به بهینه سازی توابع هدف با چهار متغیر قطر متوسط روتور، ضریب جریان، سرعت دورانی کمپرسور و زاویه خروجی تیغه ی روتور با استفاده از دو روش جستجوی مستقیم و الگوریتم ژنتیک پرداخته شده است. برای این کار با استفاده از مشخصات روتور NASA 37، بهینه سازی برای داشتن بیشترین بازده، بیشترین سطح مخصوص ورودی (کمترین وزن) و کمترین مقدار تابع وزنی حاصل از ترکیب بازده و سطح مخصوص ورودی به عنوان توابع هدف انجام شده است. همچنین میزان حساسیت تابع هدف به متغیرهای ذکر شده با رسم نمودار مشخص شده است و در انتها با بررسی نتایج با توجه به دو الگوی بهینه سازی می توان به تطابق نتایج بهینه سازی الگوریتم ژنتیک با روش جستجوی مستقیم پی برد.

واژه های کلیدی: بهینه سازی - بازده - سطح مخصوص ورودی - روش جستجوی مستقیم - الگوریتم ژنتیک

توابع هدف

مشخصات مورد استفاده در بررسی و تحلیل نتایج برگرفته از مشخصات روتور 37 NASA است که در آن دبی جرمی $20/19(\text{kg/s})$ ، نسبت فشار $2/106$ ، سرعت نک تیغه $454(\text{m/s})$ ، بازده ادیاباتیک $0/877$ ، نسبت شعاع ریشه به نک $0/7$ ، سرعت چرخشی محور در نقطه ی طراحی $286/46 \text{ rps}$ و تعداد تیغه ها 36 می باشد. در شکل (1) نمای شماتیک از سطح طولی روتور NASA 37 مشاهده می شود.

اولین تابع مورد بررسی بازده است که هدف داشتن بیشترین مقدار برای آن است و با توجه به چهار متغیر قطر متوسط روتور، ضریب جریان، سرعت دورانی محور کمپرسور و زاویه خروجی تیغه ی روتور بصورت زیر بدست می آید [1].

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

دومین تابع پارامتر سطح مخصوص ورودی است و بصورت زیر

تعریف میشود [2].

$$A_{sp} = \frac{m}{D_{mH} \left[\pi - n t_m \frac{1}{D_m} \right]} \quad (2)$$

با استفاده از دو تابع ذکر شده در بالا تابع وزنی بصورت زیر ایجاد می شود.

$$F(x) = W_1(1 - \eta) \left[\frac{1}{1 - \eta_0} \right] + W_2(1 - A_{sp}) \left[\frac{1}{1 - A_{sp0}} \right] \quad (3)$$

در رابطه ی 3 با توجه به حساسیت پارامتر ها نسبت به یکدیگر در بهینه سازی مقادیر ضرایب وزنی W_1 و W_2 در بررسی اول به ترتیب $0/6$ و $0/4$ انتخاب میشود. در بررسی دوم این مقادیر برای $W_1=1$ و $W_2=0$ انتخاب میشود که در آن میتوان بازده را به عنوان شاخص بهینه کرد و در حالت سوم این مقادیر برای $W_1=0$ و $W_2=1$ انتخاب می شود. لازم بذکر است که مقادیر η_0 و A_{sp0} مقادیر اولیه ی در نظر گرفته شده برای شروع محاسبات می باشند. همچنین برای انجام محاسبات مقادیر η_0 و A_{sp0} با توجه به محاسبات اولیه بر روی مشخصات روتور بدست می آید.

مقدمه

در سال های اخیر با گسترش روش های بهینه سازی و با استفاده از ابزار های محاسباتی، پیشرفت های زیادی در بهینه سازی مسائل حاصل شده است که از آن جمله می توان به کاهش زمان بهینه سازی، افزایش دقت بهینه سازی و کاهش هزینه ی بهینه سازی اشاره کرد.

روش های مورد استفاده در این پژوهش، روش های الگوریتم ژنتیک و روش جستجوی مستقیم می باشد. روش جستجوی مستقیم روشی در حل مسائل بهینه سازی است که در روند کارکرد آن نیازی به داشتن مقادیر گرادینان تابع هدف نیست. در این روش مجموعه ای از نقاط حول نقطه ی جاری مورد بررسی انتخاب شده و سپس نقطه ای که به ازای آن کمترین مقدار برای تابع هدف در حوزه ی مورد نظر وجود داشته باشد انتخاب می شود. از مزیت های روش جستجوی مستقیم می توان به بهینه سازی توابع مشتق ناپذیر و غیر پیوسته اشاره کرد. اما روش الگوریتم ژنتیک که بر اساس نظریه ی تکامل تدریجی و انتخاب طبیعی بنا نهاده شده است، مجموعه ای از اصلاحات مکرر بر روی جمعیتی از افراد (نقاط مورد جستجو) است. در هر گام الگوریتم ژنتیک افراد را بصورت تصادفی در یک جمعیت انتخاب کرده و از آن برای تولید و یا جهش فرزندان نسل بعدی استفاده می کند و با بوجود آمدن نسل های کارآمد تر در هر مرحله نسل به سمت جواب بهینه نزدیکتر می شود.

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد، 09196230091، alireza17203@gmail.com (نویسنده مخاطب)

^{2,3} استادیار

قید ها و مقادیر اولیه

با نامگذاری متغیر های مورد بررسی در توابع هدف بصورت زیر قیدهای مورد نظر را تعریف میکنیم.

$$X(1) : D_m, \quad X(2) : \Phi, \quad X(3) : N, \quad X(4) : \beta_2$$

قید های در نظر گرفته شده برای بدست آوردن نتایج بهینه

سازی در بازه ای منطقی در جدول 1 نشان داده شده است [3].

جدول 1 قید ها و محدوده های حل

$0.19 < X(1) < 0.26$	$0.14 \leq A_{sp}$
$15 < X(2) < 23$	$0.35 \leq C_b$
$0.75 < X(3) < 1$	$W_1 + W_2 + W_3 = 1$
$0.47 < X(4) < 0.65$	$0 < W_1 < 1$
$0.75 < \eta_1 < 1$	$0 < W_2 < 1$
	$0 < W_3 < 1$

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده برای سه حالت ضرایب وزنی ذکر شده برای بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک و روش جستجوی مستقیم در جدول 2 آورده شده است.

جدول 2 نتایج مربوط به بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک

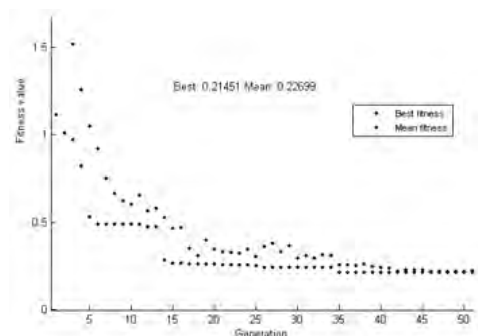
مقدار بهینه ی	مقدار بهینه ی	مقدار بهینه ی	مقدار بهینه ی	مقدار بهینه ی تابع هدف
X(1)	X(2)	X(3)	X(4)	
0/402	0/466	290/023	51/041	0/2145
0/412	0/406	301/239	54/665	0/9233
0/423	-----	298/253	-----	413/6628
حالت اول	حالت دوم	حالت سوم		

با توجه به بهینه سازی پارامتر های در نظر گرفته شده مربوط به روتور NASA 37 توسط الگوریتم ژنتیک، نتایج بدست آمده نشان دهنده ی کاهش تابع وزنی (افزایش بازده و سطح مخصوص ورودی به نسبت ضرایب) در حالت اول است. همچنین با انجام بهینه سازی برای تابع در حالت دوم و سوم، مقادیر تابع بعد از بهینه سازی افزایش میابد. در بخش دوم با بهینه سازی توسط روش جستجوی مستقیم نتایج بهینه سازی در حالت اول بدست می آیند. با مقایسه ی نتایج

بدست آمده توسط دو روش و با در نظر گرفتن قید های مربوطه میتوان به نتایجی یکسان دست یافت که این تطابق نشان دهنده ی صحت نتایج بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک می باشد.

شکل ها

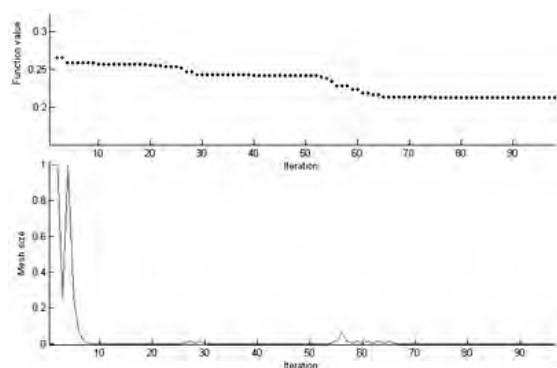
شکل 1 مقدار تابع هدف را در هر تولید نسل در بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک بترتیب در حالت اول نشان می دهد.



شکل ۱- مقدار تابع هدف در حالت اول در هر نسل

شکل 2 مقادیر توابع هدف و مقدار مش (اندازه ی بازه ی جستجو)

را در هر تکرار نشان می دهد.



شکل ۲- مقدار تابع هدف در حالت اول و مقدار مش (اندازه ی بازه ی جستجو) در هر تکرار

مراجع

1. H Cohen and GFC Rogers, GAS TURBINE THEORY, 4TH edition, Longman Group 1996.
2. S Chander and R Bedi, A Simplified Optimum Design of Axial Flow Compressor Stage, IE (I) Journal.MC, Vol 85, January 2005.
3. Jack D. Mattingly and Hans von Ohain, Elements of Propulsion: Gas Turbines and Rockets, AIAA EDUCATION SERIES TL709.M388 2006.