

کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در پدیده تحریک لایه مرزی جهت بهبود فرآیند خنک کاری پره توربین

سحر تسلیمی کارشناس ارشد-دانشگاه گیلان، دانشکده مهندسی Sahar.taslami@gmail.com	سید محمد جوادی دانشجوی دکترا-دانشگاه فردوسی، گروه مکانیک M_javadi_co@yahoo.com	پیام حق پرست کارشناس ارشد-دانشگاه فردوسی، گروه مکانیک P_haghpars@yahoo.com	محسن کهرم دانشیار- دانشگاه فردوسی، گروه مکانیک kahrom_m@yahoo.com
---	--	--	---

چکیده

میزان افزایش و یا کاهش آهنگ انتقال حرارت از پره توربین مورد بررسی قرار دهیم. در این مقاله جریان سیال خنک کاری در طول پره توربین همانند جریان در روی یک صفحه تخت فرض شده است. مک کورمک و همکارانش [۱] از الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی توزیع مکش در روی صفحه تخت برای به تأخیر انداختن گذار و به طبع آن کاهش نیروی درگ استفاده کردند. زو و همکارانش [۲] از ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه های عصبی در بهینه سازی استفاده کردند. با توجه به خصوصیات خاص روش الگوریتم ژنتیک سعی شده از این روش برای جستجو استفاده گردد. از جمله معایب این روش سرعت کم همگرایی می باشد و از آنجا که تابع هدف از اجرای یک کد عددی محاسبه می شود زمان لازم برای رسیدن به جواب بهینه بسیار طولانی خواهد بود.

شبکه عصبی

در این مقاله برای کاهش زمان محاسبات ناشی از اجرای کد عددی، از روش شبکه های عصبی مصنوعی استفاده شده است، بطوریکه به جای استفاده از کد عددی یک شبکه عصبی به کمک تعدادی داده آموزشی که از کد عددی بدست آمده طراحی شده است. این شبکه پس از آموزش قادر است مقدار تابع هدف را برحسب متغیرهای طراحی، با دقت مناسبی بدون اجرای کد عددی تخمین بزند. بهینه سازی با استفاده از شبکه آموزش داده شده زمانی حدود ۲٪ زمان استفاده مستقیم از کد را نیاز دارد.

برای آموزش شبکه های عصبی می توان از الگوریتم های متفاوتی استفاده کرد. الگوریتمی که در این تحقیق برای آموزش شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفته، الگوریتم پس انتشار^۱ می باشد. برای آموزش شبکه از شبکه های عصبی پیشخور^۲ استفاده شده است. شبکه پیشخور مورد استفاده شامل سه لایه ورودی، پنهان و خروجی است. لایه ورودی شامل هشت پارامتر هندسی مانع به عنوان متغیر می باشد. انتخاب تعداد نرون ها در لایه های پنهان معمولاً

در این مقاله بهبود فرایند خنک کاری پره های توربین با استفاده از تحریک لایه مرزی سیال عامل، به کمک شبکه های عصبی مصنوعی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. افزایش و یا کاهش آهنگ انتقال گرما از روی سطوح جامد از مسائل مورد توجه محققین علوم مهندسی در زمینه انرژی به حساب می آید. از آنجا که پره های ردیف اول و دوم توربین گازی نیاز به سرد شدن و انتقال حرارت شدید دارند، به منظور افزایش عمر پره های توربین تلاش شده است با تحریک لایه مرزی سیال عامل، توسط موانع مختلف، میزان این انتقال حرارت افزایش داده شود. برای شبیه سازی جریان مغشوش از مدل K-ε استفاده شده و معادلات حاکم با روش حجم محدود گسسته سازی شده اند. از روش نیمه ضمنی الگوریتم سیمپل برای محاسبه میدان فشار و میدان سرعت استفاده شده است. نشان داده شده است که با قرار دادن مانع بهینه بدست آمده، در مسیر سیال خنک کاری، نرخ انتقال حرارت ۵۱ درصد افزایش می یابد.

کلمات کلیدی: شبکه های عصبی مصنوعی، پره توربین، الگوریتم ژنتیک، تحریک لایه مرزی، انتقال حرارت

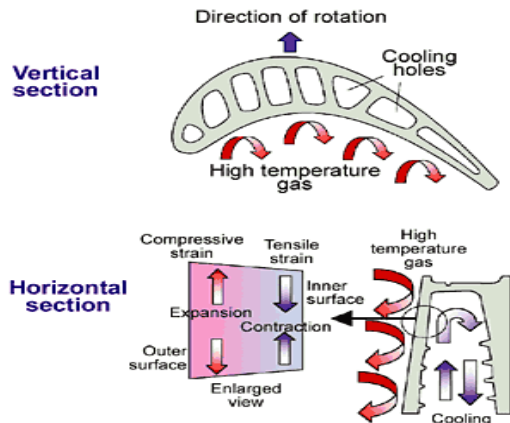
مقدمه

امروزه در بسیاری از کاربردهای صنعتی، بدلیل محدودیت فضا و هزینه نیاز به افزایش انتقال حرارت با استفاده از روش های مختلف احساس می شود، بهبود فرایند خنک کاری پره های توربین یکی از اساسی ترین نیازهای صنعتی است. خنک کاری پره های توربین یک عمل اساسی و لازم برای بهره برداری مطمئن و بهینه از توربین گازی است که باعث می شود پره های توربین در یک دمای مجاز کار کنند و نهایتاً منجر به افزایش عمر آنان می شود. یکی از روش های تحریک لایه مرزی قرار دادن موانع با ابعاد و شکلهای گوناگون در فاصله مشخص از یک صفحه می باشد، بدین منظور در این مقاله سعی شده است که با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی و یک الگوریتم تکاملی، مانعی طراحی شود و با قرارگیری این مانع در لایه مرزی حرارتی، اثر سه عامل گردابه، نقطه سکون و جت سیال، را در

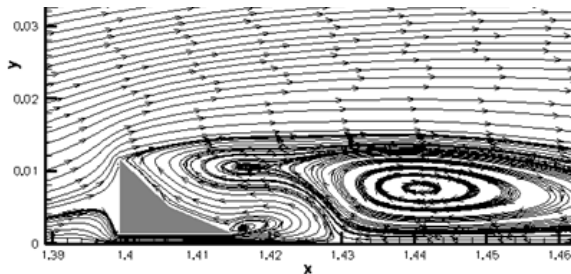
¹. back propagation

². feed forward

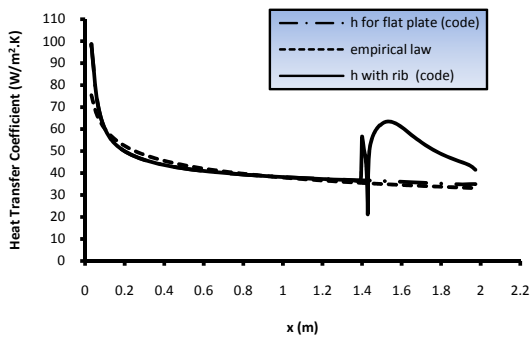
برخوردار است. در این ناحیه اختلاف درجه حرارت با دیواره کاهش می یابد، ضریب انتقال حرارت در این فاصله به کمترین مقدار خود رسیده است. آخرین قسمت از تاثیر مانع بر ضریب انتقال حرارت، بواسطه بوجود آمدن گردابه دوم که بزرگتر از اولی است می باشد، فعالیت این گردابه باعث افزایش نسبی ضریب انتقال حرارت شده است. پس از اتمام ناحیه تحریک شده، ضریب انتقال حرارت به سمت ضریب انتقال حرارت صفحه تخت حرکت می کند.



شکل ۱- نمائی از سیستم خنک کاری پره توربین



شکل ۲- خطوط جریان برای مانع بهینه بدست آمده از GA و شبکه عصبی



شکل ۳- نمودار تغییرات ضریب انتقال حرارت با توجه به طول صفحه

مراجع

1. W.MacCormack, O.R.Tutty, E.Rogers, 2002, Stochastic optimization based control of boundary layer transition, control Engineering practice 10(2002) 243-260.
2. Zou H, Cen.k and Mao (2004), combustion neural network and Genetic Algorithm to Optimization Fuel, pp.2163-2169.

مبتنی بر روش‌های سعی و خطاست تا شبکه‌ای با کمترین خطا بدست آید. تعداد ۲۲ نرون برای لایه پنهان انتخاب شده است و تنها خروجی شبکه پارامتر نرخ انتقال حرارت است.

در طراحی این شبکه از تابع آموزشی *trainlm* استفاده شده است. همچنین تابع انتقالی که در لایه پنهان بکار رفته *tansig* می باشد. در الگوریتم ژنتیک، جمعیت اولیه ۵۰ و تعداد تولید نسل ۲۰۰ در نظر گرفته شده است. رنوس مانع به عنوان متغیرهای طراحی در نظر گرفته شده است و تابع هدف در تحریک لایه مرزی بصورت مقدار حرارت منتقل شده از صفحه تعریف شده است که توسط کد عددی محاسبه می شود.

$$Q = \bar{h}A(T - T_{\infty}) \quad (1)$$

$$\bar{h} \equiv \frac{1}{\Delta x} \int_{x_1}^{x_2} h \, dx \quad (2)$$

در رابطه فوق h ضریب انتقال حرارت موضعی و Δx طول ناحیه تحریک می باشد.

ارائه و بررسی نتایج

در شکل ۱ نمائی از سیستم خنک کاری پره توربین نشان داده شده است. خطای حاصل از محاسبه ضریب انتقال حرارت توسط کد عددی در مقایسه با رابطه تجربی برای صفحه تخت ۵/۴ درصد است. نتایج بدست آمده برای موانع مختلف نشان می‌دهد که اندازه گردابه‌ها و گرادیان سرعت نزدیک صفحه تخت به عنوان دو عامل اساسی بر ضریب انتقال حرارت صفحه مورد تایید می‌باشد. شکل ۲ خطوط جریان در اطراف مانع بهینه بدست آمده از GA و شبکه عصبی آموزش داده شده را نشان می دهد. در شکل ۳ نمودار تغییرات ضریب انتقال حرارت رسم شده است که با مقایسه این نمودار با نمودار حاصل از رابطه تجربی و کد عددی برای صفحه تخت بدون مانع، می توان نحوه تغییرات ضریب انتقال حرارت را مشاهده کرد. مقدار ضریب انتقال حرارت متوسط محاسبه شده توسط کد عددی بر اساس رابطه ۲ برای صفحه تخت برابر $35/715 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ میباشد، همچنین مقدار ضریب انتقال حرارت متوسط در محدوده تحریک شده برای مانع بهینه $54/27 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ می باشد، که شاهد ۵۱ درصد افزایش نسبت به صفحه تخت بدون مانع هستیم یا به عبارتی دیگر، نرخ انتقال حرارت ۵۱ درصد افزایش یافته است.

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود بواسطه به وجود آمدن جت در بین مانع و صفحه و از بین رفتن لایه مرزی، ضریب انتقال حرارت افزایش پیدا کرده است، همچنین پس از خارج شدن جریان از زیر مانع بدلیل سرعت زیاد جریان و کاهش فشار نسبی، گردابه تشکیل می شود که اثر این گردابه بر ضریب انتقال حرارت نیز کاملاً مشخص است، گردابه ای در فاصله دورتر از مانع تشکیل می شود که جهت گردش آن عکس گردابه اول است و می توان چنین گفت که تحت تاثیر جریان فرود آمده از بالای مانع شکل گرفته باشد به دلیل اینکه دو گردابه مجاور دارای جریان چرخشی عکس هم می باشند جریان بین این دو گردابه دارای سرعت کوچکی است و از جابجایی ضعیفی