



PSC 2007

98-F-EPG-188

بهینه سازی تحریک لایه مرزی با الگوریتم ژنتیک و کاربرد آن در خنک کاری پره های توربین

سید محمد جوادی

دانشجوی دکتری

پیام حق پرست

دانشجوی کارشناس ارشد

محسن کهرم

دانشیار

مجتبی برجعلی

کارشناس دفتر فنی

شرکت مدیریت تولید برق مشهد

دانشکده مهندسی - دانشگاه فردوسی مشهد

واژه های کلیدی: تحریک لایه مرزی، انتقال حرارت، پره توربین، الگوریتم ژنتیک، بهینه سازی

چکیده:

قیدهای تعریف شده، برای مانع است تا منجر به افزایش ضریب انتقال حرارت شود. همچنین نشان داده شده که افزایش طول مانع و فاصله مانع از صفحه باعث کاهش ضریب انتقال حرارت می شود در حالیکه با افزایش ارتفاع مانع ضریب انتقال حرارت افزایش می یابد. نتایج نشان می دهد با قرار دادن مانعی در مسیر سیال خنک کاری، انتقال حرارت تا ۶ برابر را میتوان افزایش داد.

مقدمه

در این مقاله حرکت جریان سیال خنک کاری کننده در طول پره توربین همانند جریان سیال بر روی صفحه تخت فرض شده، و برای تحریک لایه مرزی یک مانع مستطیلی با ابعاد نامشخص را جایگذاری کرده، با استفاده از الگوریتم ژنتیک و حل همزمان کد رایانه ای نوشته شده، این ابعاد و فواصل بهینه را برای داشتن بیشترین انتقال حرارت از طول مشخصی از صفحه معین نموده ایم. پره های اول ثابت و اول متحرک

در این مقاله توانایی طراحی و تعیین بهترین انتخاب بر اساس هدف مشخص در مسایل تحریک لایه مرزی با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک به همراه حل همزمان کد رایانه ای اصلاح شده (Teach-t) بررسی گردیده 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 روشهای تحریک لایه مرزی قرار دادن موانع با ابعاد و شکلهای گوناگون در فاصله مشخص از یک صفحه است. پیچیدگی جریان اطراف و پشت موانع و وجود عوامل زیادی که بر شدت تحریک انجام گرفته موثر می باشند، سبب شده تا روش مشخصی برای طراحی یا انتخاب پارامترهای مورد نظر برای بیشترین تحریک ممکن وجود نداشته باشد. الگوریتم ژنتیک روشی بسیار مفید در حل اینگونه مسائل بوده و هدف در اینجا یافتن ابعادی بهینه، با توجه به

توربین نیاز به سرد شدن و انتقال حرارت شدید دارند، زیرا پارامترهای ترمودینامیکی سیکل به گونه ای می باشد که دمای گازهای داغ آن بیشتر از دامنه تحمل مواد بکار رفته در پره ها می باشد. به همین دلیل از این سیستم استفاده می نمایند تا مقاومت این پره ها را در برابر این گاز های داغ افزایش دهند. بررسی روشهای مختلف تحریک لایه مرزی حرارتی بدلیل نیاز صنعت به افزایش انتقال حرارت از روی اجسام کوچک بدون افزایش سطح تبادل حرارت، جزء موضوعات پژوهشی بسیاری از دانشگاهها و موسسات صنعتی بزرگ دنیا می باشد. ایجاد محرک در داخل لایه مرزی، سبب می شود که در اثر برخورد جریان با آنها، الگوی جریان عوض شده و پایداری لایه مرزی بهم ریخته شود. شکل و موقعیت مانع برای تغییر در روند لایه مرزی بسیار با اهمیت تلقی می شود. در اینجا سعی شده که با قرار دادن یک مانع مستطیلی با ابعاد و فواصل متغییر در درون لایه مرزی مغشوش، اثر چهار عامل گردابه ها، نقطه سکون، منطقه بازگشت و جت سیال، را در میزان افزایش و یا کاهش آهنگ انتقال حرارت از صفحه تخت مورد بررسی قرار دهیم. شدت و طول ناحیه تحریک بوسیله عوامل فوق برای موانع مختلف بسیار متفاوت می باشد. بدلیل پیچیدگیهای شدید جریان و عدم وجود حل تحلیلی یا روش های ساده برای تخمین میزان تحریک، استفاده از حل عددی برای مطالعه پدیده فوق امروزه بعنوان یک روش قدرتمند شناخته شده است. در این مقاله تلاش شده، تا با استفاده از یک الگوریتم جستجو بر اساس میزان انتقال حرارت از صفحه (و بدون استفاده از مشتقات آن) موقعیت و ابعاد مانع مستطیلی برای بیشترین انتقال حرارت از طول مشخصی از صفحه طراحی گردد. از طرفی 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 بوده که در مواردیکه محاسبه تابع هدف نیاز به زمان زیادی داشته باشد، پروسه بهینه سازی بسیار طولانی و زمان بر خواهد شد. در این تحقیق نیز بدلیل اینکه تابع هدف از اجرای یک کد عددی محاسبه می شود زمان لازم برای رسیدن به جواب بهینه بسیار طولانی خواهد بود. برای کاهش زمان محاسبات ناشی از

اجرای کد عددی روشهای مختلفی وجود دارد که یکی از مناسبترین این روشها استفاده از روش شبکه های عصبی مصنوعی می باشد. تحقیقات کمی در رابطه با کاربرد الگوریتم ژنتیک در مطالعات تحریک لایه مرزی انجام شده است، مک کورمک و همکارانش [1] 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 نموده اند. کولینس و همکارانش [2]، برجستگیهایی گنبدی شکل را بر روی صفحه مورد تحقیق قرار دادند و نشان دادند که ضریب انتقال حرارت در بعضی نقاط افزایش و در نقاطی دیگر کاهش می یابد. باهوانانی و برگلس [3]، با استفاده از روش آزمایشگاهی به بررسی تاثیر برجستگیهای بزرگ روی سطح پرداختند. اکنون در اینجا ساختار تحریک لایه مرزی با مانع مستطیلی به کمک روش الگوریتم ژنتیک را مورد بررسی قرار می دهیم.

الگوریتم ژنتیک

قبل از تشریح روش حل و ارائه نتایج بهتر است الگوریتم بهینه سازی مورد استفاده مرور مختصری شود [4]. الگوریتم ژنتیک تکنیک بهینه سازی عمومی است که برای جستجو در فضاهای پاسخ مغشوش که نقاط اکسترمم محلی بسیار دارند مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از الگوریتم ژنتیک به ما این قدرت را می دهد تا در پدیده های پیچیده سیالاتی که در آنها تعداد متغیرهای طراحی زیاد بوده و تابع یا توابع ریاضی مشخصی بین متغیرهای طراحی و تابع هدف (متغیرهای وابسته) وجود ندارد، بتوانیم مسایل بهینه سازی و جستجوی نقاط بهینه سیستم را مورد مطالعه قرار دهیم. کدهای عددی نمونه ای از این نوع مسائل هستند که در آنها نگاشت مستقیمی بین متغیرهای طراحی و تابع هدف وجود ندارد. الگوریتم ژنتیک در اولین گام یک جمعیت اولیه (N_{pop}) از متغیرهای طراحی را بصورت کاملاً تصادفی در محدوده مجاز آنها تولید و مقادیر تابع هدف را به ازای این جمعیت محاسبه می نماید. این جمعیت شامل N_{pop} مجموعه بفرم $\{A, B, C, D\}$ می باشد. اعضای این جمعیت معمولاً بین ۲۰ تا ۱۰۰ عضو

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق

پیشنهاد داد که عضوی از هر نسل که دارای ماکزیمم مقدار برازندگی است، بدون اعمال عملگرها و بدون تغییر به نسل دیگر منتقل شود. این مکانیزم، مکانیزم انتخاب نخبگان نامیده شده و سبب افزایش قابل توجهی در سرعت همگرایی مساله می گردد.

به هر حال اگر چه هیچ مجموعه طلایی جهت پارامترهای الگوریتم ژنتیک وجود ندارد که در همه مسائل کاربرد یکسانی داشته باشد اما محققین مختلفی با تحقیق بر روی این مساله محدوده هایی را معرفی کرده اند که پاسخ نسبتا بهتری را می توان بدست آورد. جدول ۱ پارامترهای الگوریتم را برای این تحقیق نشان می دهد.

مشخصه های الگوریتم ژنتیک	مقادیر انتخاب شده
اندازه جمعیت	40
تعداد تولید نسل	۲۰۰
احتمال تقاطع	۰/۸
احتمال جهش	۰/۰۰۲

جدول ۱- مقادیر انتخاب شده برای مشخصه های الگوریتم ژنتیک

تابع هدف

برای یک سیستم طرحهای مختلفی می تواند مورد قابل قبول باشند که بعضی از آنها از بقیه بهترند. معیار مقایسه این طرحها، باید یک تابع اسکالر باشد که مقدار عددی آن را بتوان با مشخص کردن متغیرهای طراحی محاسبه نمود. چنین معیاری برای یک مساله طراحی، تابع هدف نامیده می شود.

تابع هدف، محدوده مجاز متغیرهای طراحی و قیود طراحی عناصر اصلی هر مساله بهینه سازی بوده و تعیین آنها جزء اصلی مساله می باشد. در تحریک لایه مرزی تابع هدف بصورت مقدار حرارت منتقل شده از صفحه تعریف می شود:

$$Q = \int_{x=x_0}^{x=x_1} h.(T - T_b) da \quad (2)$$

که در آن T_b دمای صفحه، T دمای جریان سیال، h ضریب انتقال حرارت و a سطح مقطع می باشد. در شکل (۱) هندسه مورد بررسی و متغیرهای طراحی نشان داده شده است. ابعاد مانع مستطیلی، فاصله عمودی آن از صفحه تخت و همچنین فاصله از لبه صفحه تخت بعنوان متغیرهای طراحی در نظر گرفته شده اند. متغیرهای طراحی مختصات نقاط A, B, C

می باشند. پس از محاسبه مقادیر تابع هدف به ازای این جمعیت اولیه، جمعیت نسل بعدی با استفاده از الگوریتم ژنتیک تولید می شود. الگوریتم ژنتیک یک نرم افزار جهت رسیدن به تکامل است که اعضا در این تکامل در طول چند میکرو ثانیه متولد می شوند، جفت گیری می کنند و می میرند. پارامتر هایی که در این الگوریتم از اهمیت بیشتری برخوردارند عبارتند از:

۱) اندازه جمعیت (Population size)

۲) تعداد تولید نسل (Generation)

۳) احتمال تقاطع (Crossover probability)

۴) احتمال جهش (Mutation probability)

۵) نحوه انتخاب (Selection strategy)

عملگر انتخاب، در واقع انتخاب اعضایی از جمعیت موجود جهت تولید جمعیت جدید است. معیار اصلی در این انتخاب مقدار برازندگی هر عضو می باشد. هر عضوی که برازندگی بالاتری داشته باشد، احتمال بیشتری برای انتخاب دارد.

در این روش احتمال انتخاب بصورت زیر برای هر عضو محاسبه می شود:

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^{popsize} f_j} \quad (1)$$

که f_i مقدار برازندگی برای عضو i می باشد.

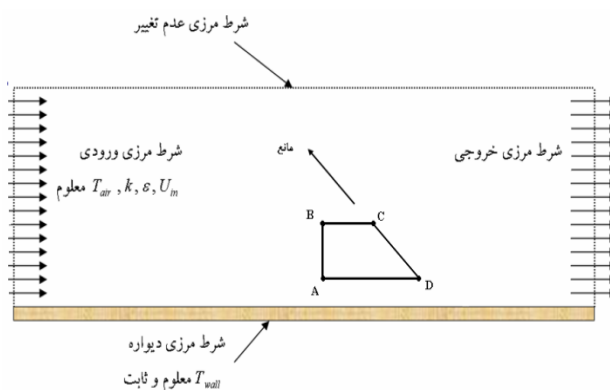
تولید نسل جدید تحت اعمال دو عملگر تقاطع با احتمال P_c و جهش با احتمال P_m انجام می گیرد.

بطور کلی اگر اندازه جمعیتها کوچک انتخاب شوند در این صورت الگوریتم تعداد نمونه های کافی برای انجام محاسبات را در اختیار ندارد و احتمال آنکه در یک بهینه نسبی گرفتار شود بسیار زیاد می شود. از طرف دیگر با افزایش تعداد افراد یک جمعیت حجم محاسبات در طول یک نسل بالا رفته و سرعت همگرایی را کاهش می دهد. از آنجائیکه انتخاب بر مبنای قوانین احتمال صورت می گیرد هیچ تضمینی برای بهتر بودن جواب در نسل جدید وجود ندارد، زیرا ممکن است حالتی پیش آید که بهترین عضو نسل گذشته حذف گردد. این امر ممکن است باعث دور شدن از جواب شده و مساله واگرا شود. برای جلوگیری از این امر آقای کُلیی در سال ۱۹۹۹

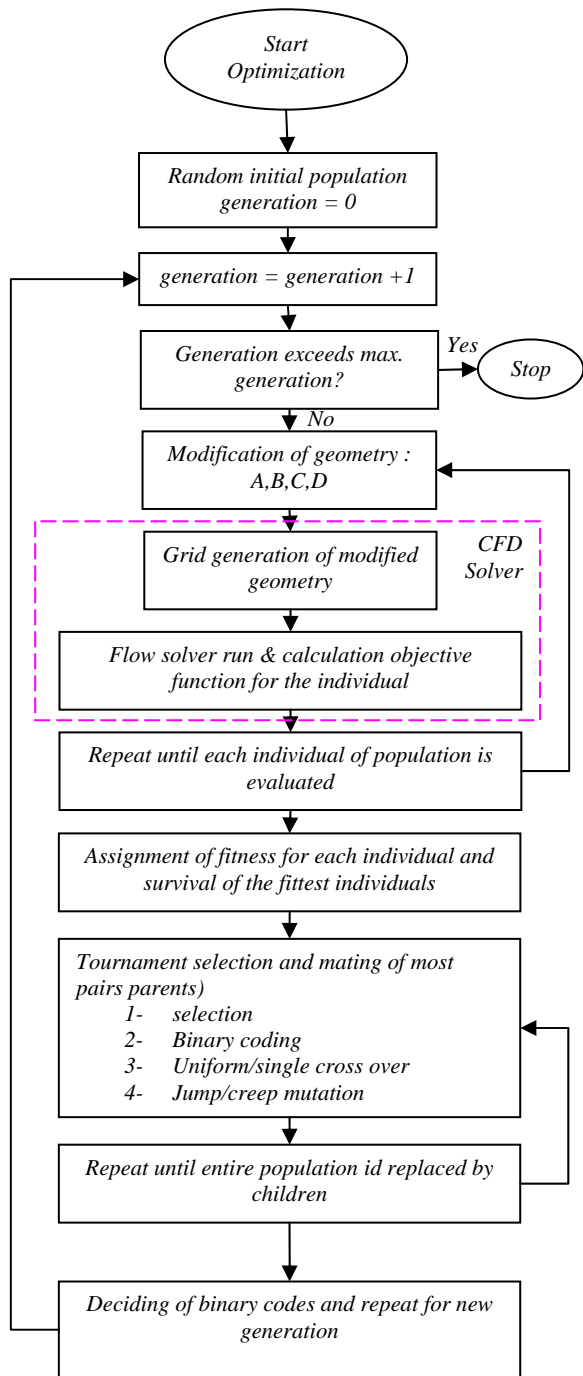
D می باشد. از طرفی برای اینکه مساله از لحاظ طراحی دارای جواب بهینه باشد، هدف افزایش انتقال حرارت از صفحه تخت در طول 0.8 تا 0.9 متر از لبه صفحه بوده و این ناحیه در شکل (۱) با یک ذوزنقه نشان داده شده است.

قیود طراحی

به طور کلی تمام محدودیتهایی را که روی طرح می گذارند، قیود طراحی می نامند. در این برنامه قیودهای طراحی در جدول ۲ آورده شده است. A, B, C, D پارامترهای کنترل هندسه بوده و بعنوان متغیرهای طراحی در نظر گرفته شده اند. این متغیرهای طراحی برای تولید موانع مستطیلی با اشکال مختلف فقط در ناحیه مشخصی که در کد CFD مشخص شده است می توانند حرکت کنند. روند تولید هندسه مانع چهار ضلعی طوری است که نقاط A, D در امتداد X, Y با نسبتی یکسان در محدوده مجاز می توانند جابجا شوند، بطوریکه پاره خط AD همواره به صورت افقی باقی می ماند. همچنین سعی شده به هندسه های پیشنهادی که سبب واگرا شدن برنامه و جواب غلط مساله شده است، برازندگی صفر داده شود. نتایج نشان می دهد با افزایش تعداد نسل ها تولید هندسه با برازندگی صفر کاهش یافته است. معمولاً تعداد تولید نسلها و یا همگرایی تابع هدف به عنوان ملاک پایان الگوریتم مورد استفاده قرار می گیرند.



شکل ۱. هندسه مورد بررسی و متغیرهای طراحی



شکل ۲. فلوچارت الگوریتم ژنتیک و پیوند آن با کد CFD

در شکل ۲ الگوریتم بهینه سازی و استفاده همزمان از کد عددی فترن و کد الگوریتم ژنتیک نشان داده شده است.

متغیرهای طراحی	محدوده مجاز
A, D	$0.8 < X < 0.9$, $0 < Y < 0.12$
B	$0.8 < X < 0.9$, $0 < Y < 0.12$
C	$0.8 < X < 0.9$, $0 < Y < 0.12$

جدول ۲- محدوده مجاز متغیرهای طراحی

مدل ریاضی

در این مساله جریان دایمی، دو بعدی، غیر قابل تراکم، مغشوش و مادون صوت فرض می شود. دمای سطح ثابت می باشد و از نیروهای جسمی صرف نظر می شود. با فرض یک مقدار متوسط و یک مقدار نوسانی برای متغیرها از بقای جرم معادله پیوستگی بصورت زیر خواهد بود:

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

از بقای اندازه حرکت معادله اندازه حرکت عبارتست از:

$$\rho \left(\bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right) = - \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} - \rho \bar{u}'\bar{v}' \right) \quad (4)$$

$$\rho \left(\bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right) = - \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} - \rho \bar{u}'\bar{v}' \right) \quad (5)$$

جمله $-\rho \bar{u}'\bar{v}'$ تنش رینولدز (شار اندازه حرکت مغشوش) نامیده می شود که از اغتشاش میدان جریان با روشهای متفاوتی به مساله القاء می شود و نتیجه کارهای نظری در محاسبات عددی در انتخاب مدل اغتشاشی و چگونه ارتباط آنها به میدانهای متوسط محاسباتی است.

در این بررسی از مدل اغتشاشی $k - \varepsilon$ استفاده شده است. در این مدل از تعریف انرژی جنبشی اغتشاشی و انرژی استهلاک استفاده می شود که بصورت زیر است:

$$k = \frac{1}{2} (\overline{u'^2} + \overline{v'^2}) \quad (6)$$

$$\varepsilon = C \frac{k^{\frac{3}{2}}}{l} \quad (7)$$

با این تعاریف دو معادله فوق به معادلات حاکم اضافه می شود:

$$\text{div}(\rho k U) = \text{div} \left[\frac{\mu_t}{\sigma_k} \text{grad } k \right] + G - \rho \varepsilon \quad (8)$$

$$\text{div}(\rho \varepsilon U) = \text{div} \left[\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \text{grad } \varepsilon \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (9)$$

که در آن g نرخ تولید k یا ε است [7,6,5].

مدل عددی

جهت حل معادلات جریان مغشوش از محاسبات رایانه ای بهره گرفته می شود و در این میان بهره گیری از یک رویه حل عددی که علاوه بر دقت بالا زمان کمی را برای محاسبه مطالبه نماید لازم می باشد. حوزه حل شامل سیال و مانع، توسط یک

شبکه غیر یکنواخت، گره بندی شده است. شبکه بندی به سمت صفحه و در حول مانع، ظریف تر می باشد. دما، فشار، گرمای ویژه و چگالی در هر گره محاسبه می شود. معادلات حاکم از روش حجم کنترل گسسته سازی می شوند. جملات جابه جایی در معادلات اندازه حرکت و انرژی، از روش قاعده توانی محاسبه می شوند.

در این مقاله از روش نیمه ضمنی الگوریتم سیمپل و شبکه بندی جابجا شده بهره گرفته شد. در ارتباط با چگونگی عملکرد الگوریتم سیمپل مطالعه مرجع [8,9] به خواننده پیشنهاد می گردد. شبکه جابه جا شده برای محاسبه مولفه های سرعت و ضریب انتقال حرارت روی وجوه حجم کنترل بکار می رود. در ارتباط با شبکه جابجا شده باید گفت که این نوع شبکه ابتدا توسط هارلو و ویچ درمتد MAG بکار رفته و سپس در سایر متدهای حل عددی توسعه یافته، این نوع شبکه اساس تعدادی از رویه های حل عددی از جمله رویه رایج سیمپل که توسط «پتنکار» و «اسپالدینگ» ارائه گردیده است.

یک روش خط به خط، حاصل ترکیب روش مستقیم الگوریتم ماتریس سه قطری برای یک راستا و روش تکراری، به همراه ضرایب زیر تخفیف، روش حل سیستم گسسته سازی شده معادلات حاکم می باشد. در محاسبه ضرایب معادله انفصال از طرح پیوندی استفاده شده است. با توجه به نوع پدیده و عدد رینولدز جریان، معادلات جریان در شکل پایا و در دستگاه مختصات کارتزین دو بعدی، غیر قابل تراکم بررسی شده اند.

میدان حل با استفاده از شبکه بندی متعامد غیر یکنواخت با تعریف 600×200 گره تعریف شده است. اندازه شبکه در روی صفحه تخت و مانع مستطیلی که میدان جریان مورد بررسی دارای پیچیدگی ها و تغییرات بیشتری است، با اندازه های ریزتر در نظر گرفته شده است. ابعاد شبکه مناسب بر اساس مقایسه نتایج حاصل از اجرای کد عددی با نتایج موجود برای صفحه تخت تعیین شده است. شکل ۳ چگونگی گسترش شبکه بندی از روی سطح صفحه تخت تا اطراف مانع و سپس به تمامی فضای محاسباتی را نشان می دهد. قابلیت مهم کد رایانه ای تهیه شده این است که می تواند به راحتی موانع مختلف با ابعاد مورد نظر را تولید و مش بندی کند، در واقع

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق

شرط مرزی در خروج مطابق شکل ۱ در بالا و سمت راست میدان حل اعمال می شود و شرط عدم تغییر می باشد. در سمت راست داریم:

$$u(n_{i-1}, j) = u(n_i, j) \quad (15)$$

همچنین در مرز بالایی داریم:

$$v(i, n_{j-1}) = v(i, n_j) \quad (16)$$

از شرط مرزی دیواره به منظور تشخیص آرام یا مغشوش بودن جریان استفاده می شود یعنی با تعریف y^+ داریم:

$$y^+ = \frac{\Delta y_p}{v} \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}} \quad (17)$$

اگر $y^+ < 11/63$ باشد جریان آرام فرض می شود و داریم:

$$u^+ = \frac{1}{k} \ln y^+ + C^+ \quad (18)$$

در آن K ثابت فون کارمن و برابر 0.4187 و C^+ بستگی به زبری دیوار دارد که برای دیوار صاف حدود ۵ است.

اگر $y^+ > 11/63$ باشد آنگاه جریان مغشوش می باشد و داریم

$$u^+ = y^+ \quad (19)$$

شرایط مرزی برای جسم جامد که همان مانع مستطیلی است، چنان در نظر گرفته شده است که گره های داخلی آن توسط جمله چشمه جامد محاسبه شود تا اثر جسم جامد اعمال شود.

$$S_u = \frac{C^{\frac{3}{2}} \mu K^{\frac{3}{2}} P}{K \Delta y_p} \times 10^{30} \quad (20)$$

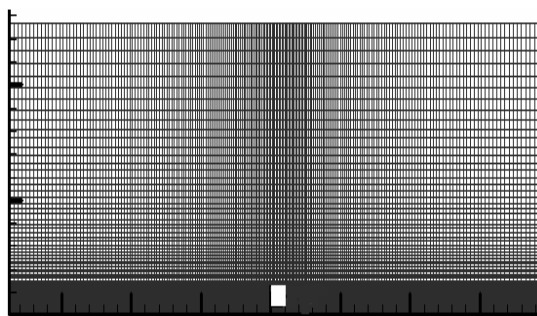
$$S_p = -10^{30} \quad (21)$$

در گره های مرزی نیز از همان شرط مرزی دیواره و تعریف y^+ استفاده می شود. دمای آن نیز همان دمای سیال فرض می شود.

نتایج

در این تحقیق به بررسی و مطالعه رفتار جریان آشفته در عبور از مانع مستطیلی که بر روی صفحه قرار گرفته، پرداخته شده است. نتایج بدست آمده، توسط کد رایانه ای Teach-t، حاصل شده که پس از بررسی صحت عملکرد برنامه، جهت بررسی اثر تحریک مانع بر ضریب انتقال حرارت جابجایی و یافتن طرحی بهینه در افزایش انتقال حرارت از صفحه تخت استفاده شده است.

این موانع همان کروموزوم هائی هستند که GA برای تولید هر نسل احتیاج دارد و مقدار برازندگی این کروموزوم ها از طریق اجرای کد عددی حاصل می شوند.



شکل ۳- نمایی از شبکه بندی یک مانع مستطیلی و میدان حل جریان

شرایط مرزی حاکم بر مسئله

برای دستیابی به هدف تحقیق، هندسه نشان داده شده در شکل ۱ تولید و شرایط مرزی روی آن اعمال گردیده است. در اینجا اشاره به نکته ای الزامی به نظر می رسد و آن تخمین اولیه k, ε در شرط مرزی ورودی می باشد که یکی از مشکلات مدل k, ε به شمار می رود. در ارتباط با تخمین این مقادیر آن هم در هندسه های خاص رابطه مشخصی وجود ندارد، اما عموماً در مراجع مختلف رابطه زیر جهت این مهم به کار می رود [7,8]:

$$k = \frac{3}{2} (U_{in} T_i)^2 \quad (10)$$

$$\varepsilon = C_\mu^{3/2} \frac{k^{3/2}}{l} \quad (11)$$

$$l = 0.7L \quad (12)$$

سیال خنک کاری مورد بررسی هوا با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد بوده که از روی صفحه ای به طول ۱/۳ متر و دمای ثابت ۷۰ درجه سانتیگراد با سرعت ۱۴ متر بر ثانیه عبور داده می شود.

برای حل این مساله از شرطهای ورودی، خروجی، دیواره و جسم جامد استفاده شده است. در ورود، سرعت و دما معلوم و انرژی جنبشی اولیه اغتشاش و انرژی اولیه استهلاک به صورت زیر فرض می شوند:

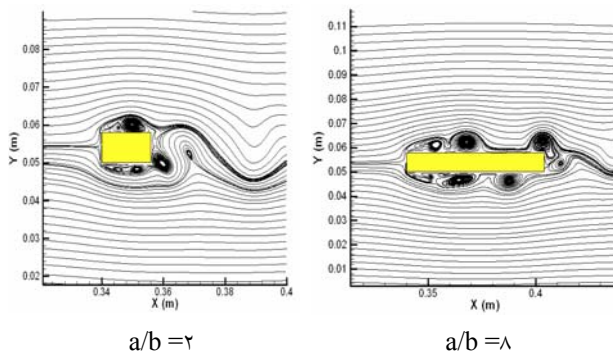
$$k_{in} = 0.03 \times u_{in}^2 \quad (13)$$

$$\varepsilon_{in} = \frac{k_{in}^{1.5}}{0.005} \quad (14)$$

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق

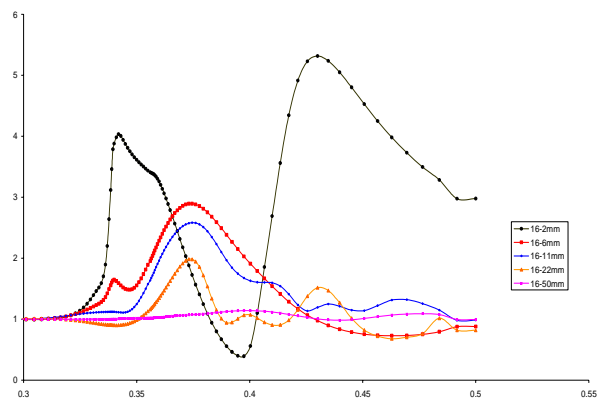
که پیامد آن کاهش شدت جت بواسطه افزایش ضریب اصطکاک خواهد بود. نتایج نشان می دهد اندازه گردابه ها و گردان سرعت نزدیک صفحه تخت به عنوان دو عامل اساسی بر ضریب انتقال حرارت صفحه مورد تایید می باشد. در نهایت نتیجه حاصل شده این است که هر چه فاصله مانع از صفحه تخت بیشتر شود ضریب انتقال حرارت کاهش می یابد. با افزایش طول مانع ضریب انتقال حرارت کاهش یافته در حالیکه با افزایش ارتفاع مانع ضریب انتقال حرارت افزایش می یابد.

برای نمونه در شکل ۴ میدان جریان اطراف موانع مستطیلی با نسبت اضلاع ۲ و ۸ نشان داده شده است. مشاهده می شود با افزایش طول مانع تعداد گردابه های رها شده از اطراف مانع افزایش می یابد. همچنین اثر تحریک لایه مرزی به کمک موانع فوق در فواصل مختلف موانع از صفحه تخت در شکل های ۵ و ۶ بررسی گردیده است. مشاهده می شود قرار گیری مانع در نزدیک صفحه تخت ضریب انتقال حرارت موضعی را تا ۶ برابر نسبت به صفحه تخت افزایش می دهد. نوسانات مختلف در نمودار ناشی از اثرات جت سیال زیر مانع، گردابه های پشت مانع و نقطه سکون در جلوی مانع است.



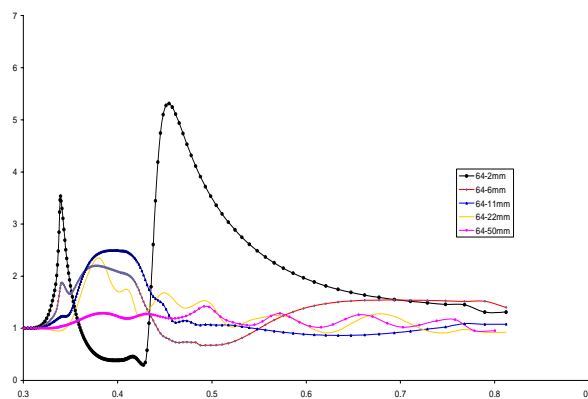
شکل ۴- تعداد گردابه ها روی مانع با نسبت ابعادی مختلف در فاصله ۵۰ میلیمتری از صفحه

نتایج بدست آمده نشان می دهد هرگاه مانعی در نزدیکی صفحه قرار گیرد به نحوی که بر جریان روی صفحه تأثیرگذار باشد، همواره افزایش ضریب انتقال حرارت را باعث خواهد شد. بواسطه به وجود آمدن جت در بین مانع و صفحه و از بین رفتن لایه مرزی، ضریب انتقال حرارت افزایش می یابد و با توجه به اینکه در پشت مانع گردابه تشکیل می شود اثر این گردابه بر افزایش ضریب انتقال حرارت نیز موثر می باشد.



شکل ۶- تغییرات ضریب انتقال حرارت نسبت به فاصله مانع از صفحه تخت در طول صفحه

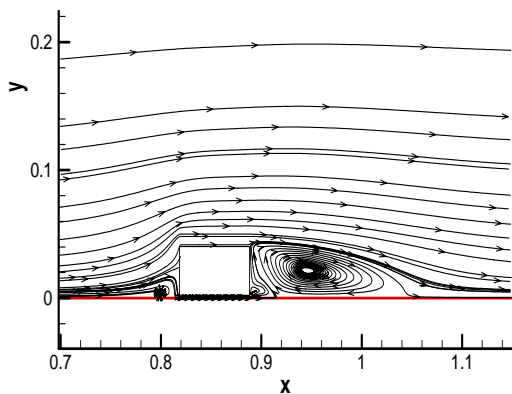
روند بهبود بیشینه برازندگی تابع هدف در شکل ۷ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود این پیشینه، با تولد هر نسل جدید افزایش یافته تا اینکه از نسلی (نسل بهینه) به بعد تغییری در بیشینه برازندگی ها رخ نمی دهد. در این مرحله می توان برای صرفه جویی در وقت و حافظه محاسباتی، اجرای



شکل ۵- تغییرات ضریب انتقال حرارت نسبت به فاصله مانع از صفحه تخت در طول صفحه

نتایج نشان می دهد که با زیاد شدن فاصله مانع از سطح بدلیل کاهش اثر آن بر خطوط جریان، ضریب انتقال حرارت کاهش پیدا کرده و به سمت ضریب انتقال حرارت صفحه تخت میل میکند از طرفی افزایش ارتفاع مانع به دلیل تشدید اثر جت، افزایش ضریب انتقال حرارت را به دنبال دارد در حالی که با زیاد شدن طول مانع این مقدار کاهش می یابد، که علت این امر زیاد شدن مسیر حرکت جریان در بین مانع و صفحه است

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق



شکل ۹- نمایی از طرح بهینه GA در افزایش انتقال حرارت از صفحه

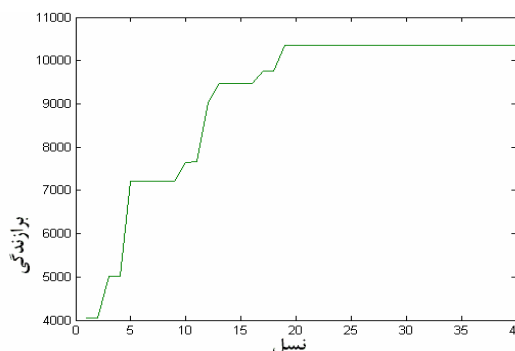
جمع بندی

در این مقاله پدیده تحریک لایه مرزی به کمک الگوریتم ژنتیک مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد: محاسبه ضریب انتقال حرارت به دلیل وابستگی شدید به اندازه شبکه نزدیک صفحه سبب شده تا ابتدا شبکه مناسبی که بتواند ضریب انتقال حرارت را با دقت مناسب برای موانع مختلف محاسبه کند، طراحی گردد. نتایج بررسی ها نشان می دهد با استفاده از تحریک لایه مرزی می توان ضریب انتقال حرارت موضعی را تا ۶ برابر افزایش داد. همچنین افزایش طول ناحیه تحریک یکی از پارامترهای مهم در طراحی مانع مناسب می باشد.

چگونگی تعریف تابع هدف برای وجود جواب بهینه از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مساله هدف افزایش انتقال حرارت از طول محدودی از صفحه در نظر گرفته شده است. استفاده از الگوریتم ژنتیک بدلیل استفاده از مقادیر تابع به جای استفاده از مشتقات تابع در فرایند بهینه سازی روش قوی برای بهینه سازی مسائلی است که نگاهت مستقیمی بین متغیرهای طراحی و تابع هدف وجود ندارد. استفاده از کدهای عددی یکی از این نوع مسایل است.

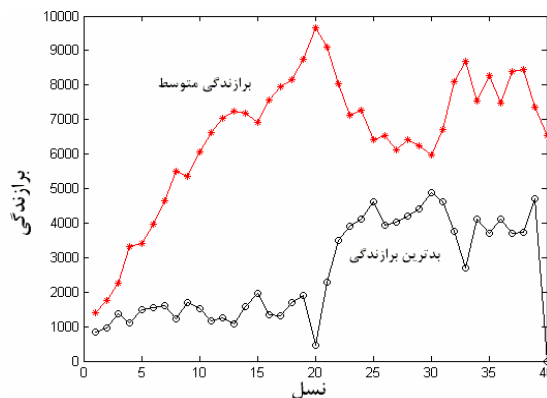
زمان محاسبات در استفاده همزمان از الگوریتم ژنتیک و کد عددی بسیار طولانی بوده و ضرورت استفاده همزمان از روش شبکه های عصبی مصنوعی به همراه الگوریتم ژنتیک برای چنین مسایلی ضروری به نظر می رسد. در این روش به جای استفاده از کد عددی یک شبکه عصبی به کمک تعدادی داده آموزشی که از کد عددی بدست آمده طراحی می شود. این

برنامه را متوقف نمود. در واقع این نمودار، معیار همگرایی روند بهینه سازی می باشد



شکل ۷- بهترین برازندگی تابع هدف در نسلهای مختلف

در شکل ۸ برازندگی متوسط و بدترین برازندگی تابع هدف نشان داده شده است.



شکل ۸- متوسط و بدترین برازندگی تابع هدف در نسلهای مختلف

در شکل ۹ هندسه بهینه GA و خطوط جریان اطراف آن نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود گردابه جلوی مانع و پشت مانع اثر زیادی بر تحریک لایه مرزی دارند. در نهایت همانطور که در شکل ۹ مشاهده می شود هندسه بهینه GA برای مانع، یک مستطیل با طول ۰/۶۲ و عرض ۰/۴۴۲ متر و در فاصله ۲ میلی متر از صفحه تخت قرار دارد.

فهرست علائم یونانی

ρ	دانسیته
μ	لزجت
ν	لزجت سینماتیکی
τ	تنش برشی
ε	اتلاف انرژی جنبشی اغتشاش
	بالا نویسه ها و زیر نویسه ها
'	مقدار نوسانی کمیتها
-	مقدار متوسط کمیتها
+	کمیتهای بی بعد
w	دیوار
t	مغشوش

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] Colins, M., Harrison, S.J., Naylor, D. and Oosthuizen, P.H., "Heat Transfer From an Isothermal Vertical Surface with Adjacent Heated Horizontal Louvers: Numerical Analysis", J. of Heat Transfer, 1072-1077, 2002, Vol. 124

[3] Bhavnani, S.H and Bergles, A.E., "Interferometric Study of Laminar Natural Convection From an Isothermal Vertical plate with Transverse Roughness Elements", Current Research in Heat and Mass Transfer, Hemisphere Publishing Corporation, Edited by M.V. Krishna Murthy Etal, 1988

[4] Shariat Panahi, M., "An Introduction to Genetic Algorithms", Department of Mechanical Engineering, University of Alberta, 1995.

[5] Huseyin Akilli, Besir Sahin, N. Filiz Tumen "Suppression of vortex shedding of circular cylinder in shallow water by a splitter plate", Faculty of Engineering and Architecture, Department of Mechanical Engineering, Balcali, Turkey, 2005

[6] Bejan, A. "Convection heat transfer", Wiley-Interscience publication, Copyright (1995)

شبکه پس از آموزش قادر است مقدار تابع هدف بر حسب متغیرهای طراحی را با دقت مناسبی بدون اجرای کد عددی تخمین بزند. معمولا برای آموزش شبکه بین ۵۰ تا ۱۵۰ داده آموزشی شبکه مناسبی را تولید می کند. مقدار این داده آموزشی زمانی حدود ۲٪ زمان استفاده مستقیم از کد برای بهینه سازی را نیاز دارد. الگوریتم ژنتیک یک روش ساده و مفید در بهینه سازی می باشد و می توان از آن در مسائل مختلف، تنها با تغییر تابع هدف و بدون تغییر در سایر قسمت های الگوریتم، استفاده نمود.

از آنجاییکه با اعمال الگوریتم ژنتیک بر برخی از مسائل بسیاری از مقادیر و مشخصه های ژنتیکی باید تعیین گردند، همیشه استفاده از الگوریتم ژنتیک مفید نیست. هر مسأله نیاز به ترکیبی از مشخصه های ژنتیکی دارد که همیشه روش ساده ای برای تعیین آنها وجود ندارد، زیرا فهمیدن اثر هر مشخصه بر مسأله بسیار دشوار است، بعنوان مثال افزایش یا کاهش تعداد ژن ها در هر کروموزوم.

فهرست علائم

a	مساحت
C_μ	عدد ثابت
div	عملگر دیورژانس
h	ضریب انتقال حرارت جابجایی
k	انرژی جنبشی اغتشاش
p	فشار
S_p, S_u	عبارات مربوط به جمله چشمه
T	درجه حرارت
u	مؤلفه سرعت در جهت x
v	مؤلفه سرعت در جهت y
x	مختصات در راستای افق
y	مختصات در راستای قائم
y^+	عدد رینولدز بی بعد
G	تولید اغتشاش
g	شتاب گرانش

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق

[7] Schlichting H, "Boundary-Layer Theory", 2000

[8] پتنکار، س، ترجمه دکتر مقیمان، محمد، "محاسبات عددی- کامپیوتری انتقال حرارت و حرکت سیالات"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۳۳، ۱۳۷۷

[9] ورستیگ، مالاسکرا، ترجمه دکتر شجاعی فرد، محمد حسن، نورپور هشترودی، علیرضا، "مقدمه ای بر دینامیک سیالات محاسباتی cfd"،