



شبیه‌سازی و بررسی اثر بکارگیری نانوسیالات در سیکل- های حرارتی به کمک شبکه عصبی مصنوعی

مهدی کریمی^۱، لیلا حریری^{۲*}، آرام سلیمانی ورکانه^۳
* نویسنده مسئول: Leila.hariri20@yahoo.com

واژه‌های کلیدی

شبکه عصبی مصنوعی،
نانوسیالات، سیکل‌های
حرارتی، سیکل رانکین.

چکیده

در این پژوهش، اثر بکارگیری نانوسیالات در چرخه‌های حرارتی به کمک شبکه عصبی مصنوعی، شبیه‌سازی شده است. تاثیر بکارگیری نانوسیالات در چرخه‌های حرارتی با استفاده از روابط ترمودینامیکی برای سیال خنک‌کن آب و شبیه‌سازی مدل کندانسور با نانوسیال خنک‌کن نیز با استفاده از همان روابط، انجام شده است. با اعمال ورودی‌های مشابه در هر دو روش، نتایج حاصل در نمودارهای مقایسه‌ای برای جریان حجمی سیال خنک‌کن، سرعت سیال خنک‌کن، عدد رینولدز، عدد پرانتل، عدد ناسلت، ضرایب انتقال حرارت، طول مورد نیاز مبدل، افت فشار در مبدل و توان پمپ آورده شده‌اند. تطبیق هر دو حالت شبیه‌سازی و واقعی در تمام موارد مذکور در محدوده کسرحجمی ۰,۵ مناسب و نتیجه شبکه عصبی نیز قابل قبول می‌باشد. این نتیجه بر قابل قبول بودن شبکه عصبی شبیه‌سازی‌کننده، تایید می‌کند.

۱- دانشیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، تبدیل انرژی، دانشگاه آزاد بروجرد.
۳- دانشجوی دکتری، تبدیل انرژی، دانشگاه آزاد اراک.

۱- مقدمه

شبیه‌سازی یا مدل‌سازی ریاضی در واقع تبدیل کیفیت‌های فیزیکی و رابطه متقابل این کیفیت‌ها به کمیت‌های عددی و روابط ریاضی است. برنامه‌های شبیه‌سازی، در واقع بسته‌های نرم‌افزاری هستند که تشکیل و حل معادلات معرفی‌کننده سیستم را امکان‌پذیر می‌کنند. به عبارت دیگر شبیه‌سازی عبارت است از بکارگیری مدل‌ها و ایجاد ارتباط بین آنها برای توصیف عملی و علمی شرایط و حالات یک سیستم و تعیین خروجی‌های آن با توجه به داده‌های ورودی. لذا با شبیه‌سازی در حالات و شرایط مختلف ورودی می‌توان فرآیند مناسبی را طراحی و آزمایش نمود. در بعضی موارد می‌توان از شبیه‌سازها برای انجام و بررسی آزمایشات پیچیده که تکرار آنها در عمل مستلزم وقت و هزینه بسیار زیاد است سود برد. موضوع شبیه‌سازی در سیکل‌های حرارتی و خصوصاً سیکل‌های نیروگاهی به دلایل متعددی مورد استقبال قرار گرفته و توسعه یافته‌اند که برخی از آنها به شرح ذیل می‌باشند [۱].

انجام محاسبات استاتیکی سیکل گرمایی، فهم فرآیند تولید توان و قدرت، بهینه‌سازی سیستم کنترل، افزایش و بهبود عملکرد فرآیندهای حرارتی، تأثیر بکارگیری اجزاء و نمونه‌های جدید در سیستم‌های نرم-افزاری و سخت‌افزاری، پیش‌بینی کردن نتایج، بررسی رفتار سیستم خارج از محدوده کاری و بسیاری دیگر از موارد که همگی در یک شبیه‌سازی می‌توانند مورد بررسی قرار گیرند.

شبیه‌سازی سیستم‌های پیشرفته نقش مهمی در کاهش زمان، هزینه و ریسک بکارگیری راه‌حل‌های جدید دارد. تعداد زیادی نرم‌افزار و سیستم‌های شبیه‌ساز برای نیاز صنایع، در بسته‌های مختلف تهیه شده و ارائه گردیده است [۱]. به عنوان نمونه در یک پروژه عملی که در مرجع [۲] ارائه شده است عملکرد یک نیروگاه در لیبی مورد بررسی و شبیه‌سازی قرار گرفته است.

امروزه روش‌های هوشمند و الهامی از طبیعت در حل مسائل پیچیده دنیای واقعی طرفداران زیادی دارند. یکی از ساختارهای پرمفرد و کارا، شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند.

توان انتقال حرارت بالای نانوسیالات نسبت به سیالات معمولی به علت خواص حرارتی بهبود یافته آنها و بکارگیری آنها در سیستم خنک-کن یک سیکل رانکین، بررسی شده و نتایج مربوطه ارائه گردیده است [۳]. در این پژوهش، شبیه‌سازی مسأله تحقیق به کمک شبکه عصبی مصنوعی، ارائه شده است. به این معنی که یک شبکه عصبی مصنوعی جایگزین مسأله‌ی تحقیق شده و نتایج بکارگیری نانوسیالات دیگر در سیستم را نشان دهد.

شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگویی برای پردازش اطلاعات می‌باشند که با تقلید از شبکه‌های عصبی بیولوژیکی مثل مغز انسان ساخته شده‌اند. ساختار جدید سیستم پردازش اطلاعات یک شبکه عصبی مصنوعی، از تعداد زیادی نورون مصنوعی با ارتباطات قوی داخلی و هماهنگ با هم برای حل مسائل مخصوص، تشکیل شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی با پردازش، روی داده‌های تجربی، روابط یا قانون نهفته در ساختار ارتباطی داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کند که به این عمل یادگیری یا آموزش می‌گویند. لازم به یادآوری است که توانایی یادگیری، مهمترین ویژگی یک سیستم هوشمند است. سیستمی که بتواند آموزش ببیند، منعطف‌تر است و ساده‌تر برنامه‌ریزی می‌شود، بنابراین بهتر می‌تواند در مورد مسایل و معادلات جدید پاسخگو باشد. هدف استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای حل یک مسأله، به‌دست آوردن خروجی مناسب با توجه به داده‌های ورودی است. حال اینکه مقدار خروجی به‌دست آمده چقدر با مقدار واقعی آن اختلاف دارد، بستگی به آموزش شبکه و انتخاب پارامتر (وزن)‌های مناسب برای شبکه دارد. باید اشاره نمود که می‌توان در شبکه‌های عصبی با اعمال نگاشت‌های غیرخطی از بردارهای ورودی با n بعد، بردارهای خروجی m بعدی را نتیجه گرفت.

شبکه‌های عصبی چه در بعد آنالیز و توسعه ساختاری و چه در بعد پیاده‌سازی سخت‌افزاری از نظر کمی و کیفی در حال رشد و پیشرفت

۲-۲- شبیه سازی مدل
کندانسور با سیال خنککن آب

وابط مورد استفاده در این بخش در
ذیل آورده شده اند:

محاسبه مقدار انتقال حرارت از
کندانسور به دمای ورودی و خروجی
سیال خنک کن:

$$Q = \dot{m} C_p \Delta T \quad (1)$$

محاسبه نرخ جریان گرمی عبوری آب
خنککن از لوله های کندانسور:

$$\dot{m}_{cf} = \frac{Q_C}{C_{p,cf} (T_{cfo} - T_{cfi})} \quad (2)$$

محاسبه نرخ جریان حجمی:

$$\dot{V}_{cf} = \dot{m}_{cf} / \rho_{cf} \quad (3)$$

محاسبه سرعت سیال خنککن:

$$u = \dot{V}_{cf} / A_c \quad (4)$$

محاسبه عدد رینولدز:

$$Re = \frac{i.d \cdot u}{\nu} \quad (5)$$

$i.d$ قطر داخلی لوله حاوی سیال خنک-
کاری، ν ویسکوزیته سینماتیک سیال

خنککاری و A_c مساحت سطح مقطع لوله-
ها می باشد.

محاسبه عدد پرانتل:

$$Pr = \frac{C_{p,cf} \mu_{cf}}{k_{cf}} \quad (6)$$

مقدار تخمینی عدد نوسلت از رابطه:

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{0.8} Pr^{0.4} \quad (7)$$

برای حل مسأله از رابطه دیتوس-
بولتر استفاده می شود [۸] که این
رابطه بر اساس مشخصات سیال که در
دمای بالک تخمین زده شده توصیف
خواهد شد.

محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی
داخل لوله ها:

می باشند و تعداد تکنیک های مختلف
محاسبات عصی، همچنان در حال افزایش
هستند. شبکه های عصی کاربردهای
زیادی دارند که تعدادی از آنها در
زیر عنوان شده اند:

هوا و فضا، حمل و نقل، بانکداری
و امور دفاعی، الکترونیک، سرگرمی،
امور مالی و ... البته کاربرد
شبکه های عصی در علوم یاد شده روز
به روز در حال گسترش می باشد و هر
روژه کاربرد جدیدی از این شبکه ها
در مقالات معتبر توسط پژوهشگران
مطرح می گردد.

شبکه عصی پرسپترون چند لایه یکی
از مهمترین شبکه های عصی است که در
مهندسی جایگاه خاصی دارد و از
زمره کاربردی ترین شبکه ها به شمار
می رود. این نوع شبکه ها قادرند با
انتخاب مناسب تعداد لایه ها و سلول-
های عصی، یک نگاشت غیرخطی را به
دقت انجام دهند که این همان خواسته
بسیاری از مسایل فنی مهندسی است.
در مسایلی که داده های ورودی به
طور خطی از هم جدا ناپذیرند از
الگوریتم یادگیری پس از انتشار
خطا و شبکه عصی پرسپترون چند لایه
استفاده می شود.

۲- شبیه سازی مسأله به کمک شبکه عصی مصنوعی [۴، ۵، ۶، ۷].

۲-۱- معرفی مسأله

مسأله مورد نظر در این تحقیق،
بکارگیری نانوسیالات در سیکل خنککن
رانکین است. به منظور بیان مسأله
و ایجاد شبکه عصی مصنوعی، لازم است
با بررسی مواردی که در ادامه
آورده شده، ورودی ها و خروجی های
مورد نیاز معرفی شوند. ورودی ها،
مشخصات نانوسیال مورد استفاده (-
کسر حجمی، ویسکوزیته، چگالی،
ویسکوزیته سینماتیک، گرمایی ویژه و
هدایت حرارتی) می باشند. خروجی های
شبکه عصی به وضعیت پارامترهای
مورد نظر در سیستم خنککن سیکل
رانکین مرتبط می شوند. این
پارامترها عبارتند از (دبی آب خنک-
کن، جریان حجمی نانوسیال، سرعت
نانوسیال، عدد رینولدز، عدد
پرانتل، عدد ناسلت، ضریب انتقال-
حرارت، طول مورد نیاز مبدل، افت
فشار و توان پمپ). با داشتن
مقادیر فوق، مسأله مورد بحث در
تحقیق، شبیه سازی خواهد شد.

$$C_{Pnf} = \frac{\phi \rho_{np} C_{pnp} + (1-\phi) \rho_f C_{pf}}{\rho_{nf}} \quad (۱۳)$$

محاسبه مقدار دانسیته نانوسیال:

$$\rho_{nf} = (1-\phi) \rho_f + \phi \rho_{np} \quad (۱۴)$$

محاسبه ویسکوزیته سینماتیک:

$$\nu_{nf} = \frac{\mu_{nf}}{\rho_{nf}} \quad (۱۵)$$

محاسبه ویسکوزیته نانوسیالات:

$$\mu_{nf} = (1+2.5\phi) \mu_f \quad (۱۶)$$

محاسبه ضریب هدایت حرارتی:

$$k_{nf} = \left[\frac{k_{np} + 2k_f - 2(k_f - k_{np})\phi}{k_{np} + 2k_f - 2(k_f - k_{np})\phi} \right] k_f \quad (۱۷)$$

برای حل مسأله فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

جریان در لوله های کندانسور به طور کامل توسعه یافته است و از طول ورودی نسبت به طول لوله های کندانسور صرف نظر می شود.

کندانسور، بخار اشباع را به آب اشباع تبدیل می کند. فرآیند آن شامل فراگرم کردن یا فوق سرد کردن نمی شود. کندانسور مطابق شرایط تعریف شده در سیکل رانکین کار می کند. [۱۰]، [۱۱].

مقادیر و شرایط حل مسأله: کندانسور وظیفه حذف ۱۲/۱۲۵ کیلووات انرژی گرمایی را به عهده دارد.

دمای آب خنک کننده ورودی به کندانسور ۱۵ درجه سانتیگراد می باشد.

دمای آب خنک کننده خروجی از کندانسور ۲۵ درجه سانتیگراد می باشد.

قطر داخلی لوله ۱۴ میلیمتر و قطر خارجی آن ۱۶ میلیمتر است.

۳- ایجاد شبکه عصبی

با استفاده از نرم افزار متلب اقدام به ایجاد شبکه عصبی گردیده است. اطلاعات ورودی و خروجی معرفی شده

$$h = Nu \frac{k}{i.d.} \quad (۸)$$

محاسبه سطح تبادل حرارتی مورد نیاز در مبدل حرارتی:

$$A = \frac{Q}{h(T_w - T_{cfb})} \quad (۹)$$

در آن T_w دمای دیواره و T_{cfb} دمای بالک سیال خنک کننده و اختلاف آنها را ۹ درجه فارنهایت در نظر گرفته می شود.

طول مورد نیاز برای لوله ها:

$$L = A/(i.d.\pi) \quad (۱۰)$$

محاسبه افت فشار بر اساس رابطه داری - ویسباخ:

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{\rho u^2}{2g_c} \quad (۱۱)$$

ضریب اصطکاک f لوله های صاف به صورت تقریبی از دیاگرام مودی [۹]

، به دست می آید.

محاسبه توان پمپ:

$$W = \Delta P(\dot{m}/\rho) \quad (۱۲)$$

۳-۲- شبیه سازی مدل کندانسور با نانوسیال خنک کننده

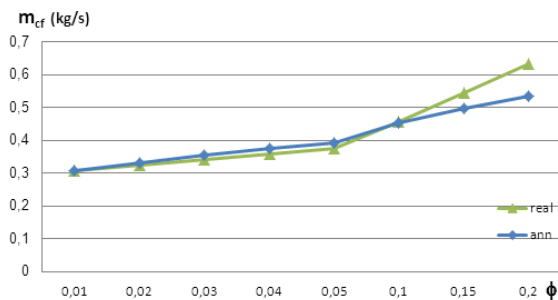
با بکارگیری نانوسیالات به عنوان سیال خنک کننده در کندانسور لازم است که معادلات (۱)، (۳)، (۵) و (۶) با استفاده از روابط ویژه نانوسیالات اصلاح شوند تا گرمای ویژه، دانسیته، ویسکوزیته و هدایت حرارتی را به ترتیب بیان کنند.

محاسبه گرمای ویژه نانوسیال که تابعی است از ϕ کسر حجمی نانوذرات. (اندیس f نشان دهنده سیال، اندیس np نشان دهنده نانوذره و اندیس nf نشان دهنده نانوسیال می باشد):

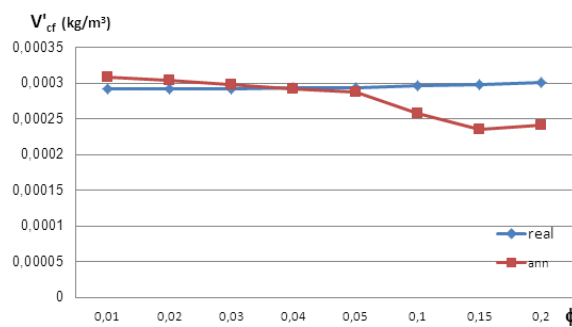
شبیه سازی با شبکه عصبی مصنوعی.

نتایج بدست آمده از دو روش فوق با هم مقایسه شده است. این نتایج در نمودار های (۱) تا (۱۰) ارائه شده است.

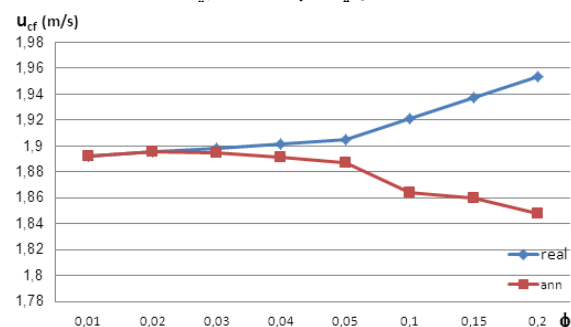
۱-۵- نتایج و بررسی



شکل (۱) نمودار مقایسه دبی آب خنککن در دو حالت محاسبه واقعی و شبیه سازی شبکه عصبی



شکل (۲) نمودار مقایسه جریان حجمی آب خنککن در دو حالت محاسبه واقعی و شبیه سازی شبکه عصبی



شکل (۳) نمودار مقایسه سرعت سیال خنککن در دو حالت محاسبه واقعی و شبیه سازی شبکه عصبی

در بخش ۱-۲ از طریق فایل اکسل به نرم افزار متلب، وارد شده است.

۴- بکارگیری شبکه عصبی با یک نمونه جدید از نانوسیال

انتخاب نانوسیال

پس از ایجاد شبکه عصبی و اطمینان از صحت نتایج به دست آمده توسط می توان شبکه را جهت شبیه سازی بکار گرفت.

برای این منظور یک نانوسیال جدید معرفی نموده و اثر بکارگیری آن در سیستم خنککن کمکی سیکل رانکین بررسی می شود. این بررسی شامل حل مساله جدید با استفاده از روش مطرح شده در بخش ۲-۲ و ۲-۳ و همچنین بدست آوردن جواب های شبکه عصبی به ازاء مقادیر ورودی متناظر از این نانوسیال می باشد. پس از به دست آوردن جواب ها، با هم مقایسه می گردند. جدول (۱) پارامترهای مربوط به نانوذره اکسید مس است. با استفاده از این مقادیر نانوسیال آب - اکسید مس را مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول (۱) پارامترهای مربوط به نانو ذره اکسید مس [۱۲]

C_p	ρ	k	اندازه
$J/kg.K$	kg/m^3	$W/m.K$	نانوذره
			mm
۵۳۵,۶	۶۵۰۰	۲۰	۴۰

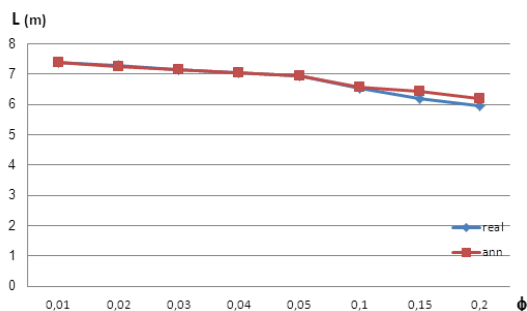
۵- حل مساله و بررسی نتایج

شرایط حل مساله:

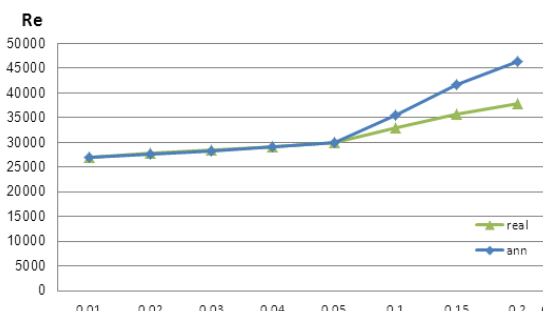
روش مطرح شده با در نظر گرفتن نانوسیالات، و با توجه به روابط قبل و اعمال روابط (۱۳) تا (۱۷) مساله حل شده است. نانوسیال مورد استفاده در این بخش شامل نانوذرات اکسید مس با مشخصات آورده شده در جدول (۱) می باشد. پس از انجام محاسبات بر اساس کسر حجمی های مختلف از نانوسیالات اشاره شده، به بررسی نتایج با توجه به پارامترهای مورد نیاز پرداخته شده است.

وارد نمودن مقادیر در نرم افزار و

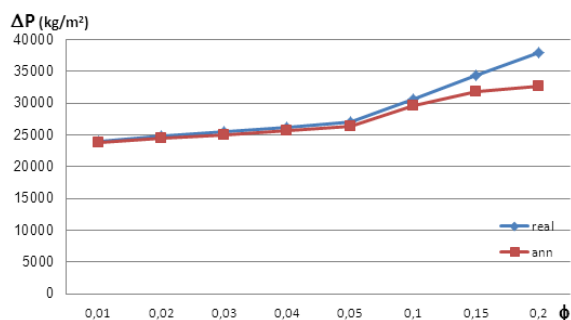
۶ شبیه‌سازی و بررسی اثر بکارگیری نانوسیالات در سیکل‌های حرارتی به کمک شبکه عصبی مصنوعی



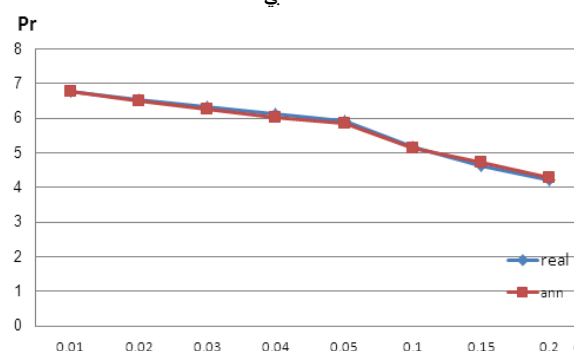
شکل (۸) نمودار مقایسه طول مورد نیاز مبدل در دو حالت محاسبه واقعی و شبیه‌سازی شبکه عصبی



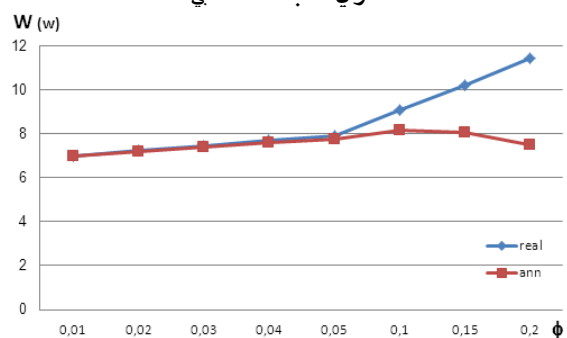
شکل (۴) نمودار مقایسه عدد رینولدز در دو حالت محاسبه واقعی و شبیه‌سازی شبکه عصبی



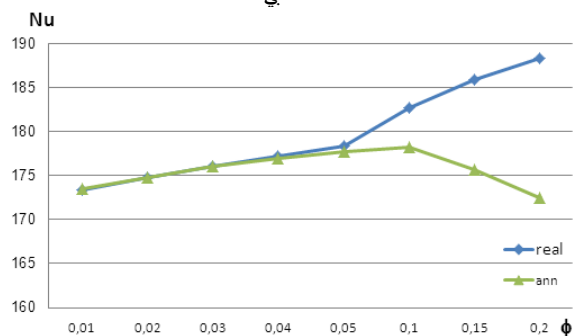
شکل (۹) نمودار مقایسه افت فشار در مبدل در دو حالت محاسبه واقعی و شبیه‌سازی شبکه عصبی



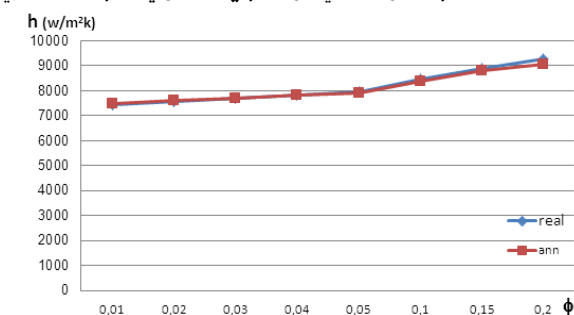
شکل (۵) نمودار مقایسه عدد پرانتل در دو حالت محاسبه واقعی و شبیه‌سازی شبکه عصبی



شکل (۱۰) نمودار مقایسه توان پمپ در دو حالت محاسبه واقعی و شبیه‌سازی شبکه عصبی



شکل (۶) نمودار مقایسه عدد نوسلت در دو حالت محاسبه واقعی و شبیه‌سازی شبکه عصبی



شکل (۷) نمودار مقایسه ضریب انتقال حرارت در دو حالت محاسبه واقعی و شبیه‌سازی شبکه عصبی

۶ - نتیجه گیری

در نمودارهای (۱) تا (۱۰) مشاهده می‌شود که:

۱- عملاً بسیاری از نتایج بدست آمده از شبکه عصبی با مقادیر واقعی منطبق است.

۲- در محدوده کسر حجمی تا ۵٪ که محدوده مناسب استفاده از نانوسیالات است نتایج شبکه عصبی به طور قابل قبولی با واقعیت مطابقت دارد.

۳- پارامترهای مورد نیاز در مسأله سیستم خنک‌کن کمکی سیکل رانکین که توسط شبکه عصبی محاسبه شده‌اند

[9] ولي زاده، کامران. تاجديني، پدram. خباززاده، محمد. طهماسي، محمد مهدي. ويسكوزيته در نانوسيالات. اولین کنفرانس بين المللي نفت، گاز، پتروشيمي و صنايع نيروگاهي. ۲۰۱۲.

[10] کاربن، شرکت نانو تکنولوژی و انرژی. دانش فني نانوسيالات حرارتي. تهران.

[11] Tora, Eman Abdel-Hakim. Moustafa, Tarek. Numerical Simulation of an Al₂O₃-H₂O Nanofluid as a Heat Transfer Agent for a Flat-Plate Solar Collector, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 4, Issue 5, May-2013.

[12] خسروي، حسين. افشار، حسين. تأثیر قطر لوله بر انتقال حرارت و افت فشار جریان نانوسيالاتي آب - اکسيد آلومينيوم و آب - اکسيد مس در درون لوله. دومين همایش ملی انتقال حرارت و جرم ایران، سنن، ایران. آبان ۱۳۹۳.

[13] Navid Bozorgan, Mostafa Mafi, Nariman Bozorgan, Performance Evaluation of Al₂O₃/Water Nanofluid as Coolant in a Double-Tube Heat Exchanger Flowing under a Turbulent Flow Regime, *Hindawi Publishing Corporation, Advances in Mechanical Engineering*, Volume 2012, Article ID 891382, 8 pages.

[14] Mohamed H. Shedid, Computational Heat Transfer for Nanofluids through an Annular Tube, *Proceedings of the International Conference on Heat Transfer and Fluid Flow, Prague, Czech Republic*, August 11-12, 2014, Paper No. 206.

[15] Mehdi Bahraei, SeyedMostafa Hosseinalipour, Kaveh Zabihi, Ehsan Taheran, Using Neural Network for Determination of Viscosity in Water-TiO₂ Nanofluid, *Hindawi Publishing Corporation, Advances in Mechanical Engineering*, Volume 2012, Article ID 742680, 10 pages.

گاهی اختلافی جزئی با مقادیر اصلی پیدا می کنند که برای رفع این مشکل پیشنهاد می گردد آموزش مجدد شبکه با مقادیر متعدد دیگری انجام پذیرد.

۴- با توجه به نمودارهای ارائه شده با تقریب قابل قبولی می توان بیان نمود که شبکه عصبي معرفي شده شبیه سازی کننده مسأله مورد نظر این تحقیق می باشد.

- همچنین مشخص می شود که نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج مندرج در مقالات [۱۳، ۱۴، ۱۵] مطابقت دارد.

مراجع:

[1] Tomas Barszcz. Piotr Czop. Application of an Open Environment for Simulation of Power Plant Unit Operation under Steady and Transient Conditions, *Schedae Informaticae*, vol 17/18, 2009.

[2] Hesham, G. Ibrahim. Steam Power Plant Design Upgrading, (Case Study: Khoms Steam Power Plant). *Energy and Environment Research*, Vol. 1, No. 1; December 2011

[3] Kaufui V.Wong, Omar De Leon. Applications of Nanofluids, Current and Future, Mechanical and Aerospace Engineering Department, University of Miami, Coral Gables, FL 33124, USA.

[4] کیا، سید مصطفی. شبکه های عصبي در متلب. تهران، انتشارات دانشگاهي کيان. ۱۳۹۳.

[5] آشنایی با جعبه ابزار شبکه عصبي در نرم افزار متلب. ارائه شده توسط MathWorks.

[6] ده باشیان، مریم. ظهيري، سید حمید. آموزش شبکه عصبي MLP در طبقه بندی داده ها با استفاده از روش GSA. نشریه مهندسي برق و مهندسي کامپیوتر ایران، سال ۸، شماره ۴. زمستان ۱۳۸۹.

[7] Anil K. Jain, Jianchang Mao, K.M. Mohiuddin, Artificial Neural Network: A Tutorial. 0018-9162/96, IEEE, 1996.

[8] ماهنامه فناوری نانو. سال نهم شماره ۳. ۱۳۸۹.

