# مطالعه دادههای آزمایشگاهی مربوط به تغییر گرانروی نفت خام بر پایه نانو سیالات حاوی اکسیدهای نانو ذرات به کمک شبکههای عصبی مصنوعی

حسن عطاری<sup>۱®</sup>، **نهیمه درخشان فرد<sup>۲</sup>** ۱– کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران ۲– استادیار، گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران پژوهش مای کاربردی مهندسی شیمی - پلیمر

فصلنامه علمی – پژوهشی بینرشته ای سال دوم، شماره۲، نسخه ۱، تابستان ۱۳۹۷، صفحه ۸۹–۷۵

واژەھاى كليدى

نانوسیالات گرانروی نانوذرات اکسیدی شبکههای عصبی مصنوعی

\* مسئول مكاتبات: F-derakhshanfard@iau-ahar.ac.ir

در اسـتخراج نفـت خـام كاهـش ويسـكوزيته جهت افزايـش بازده اسـتخراج از اهميـت ويـژهاي برخوردار است. اضاف کردن اکسید برخبی نانوذرات باعث کاهش ویسکوزیته نفت خام می شود. در این مقاله نانوذرات Fe2O3, ZnO, TiO2, WO3 و NiO در درصدهای مختلف به نفت خام اضافه شده تـا تاثیـر آنهـا در كاهـش ویسـكوزیته مـورد مطالعـه قـرار گیـرد. عملكـرد تعمیـم شـبكههاي عصبـي مصنوعی RBF بر داده های آزمایشگاهی بدست آمده بر تاثیر نانو ذرات WO3، ZnO، TiO2، WO3 مصنوعی RBF و NiO در دما و کسرجرمی های مختلف بر گرانروی نفت خام مورد بررسی قرار گرفته است. مورفولـوژي و پايـداري نانـوذرات بـا اسـتفاده از آناليـز DLS و TEM بررسـي شـده، نتايـج آناليزهـا نشان داد که متوسط قطر نانوذرات از ۱۰ تا ٤٠ نانومتر براي اکسيدهاي نانوذرات مختلف تغيير مىكنـد. روش جامعـى جهـت محاسـبه مقـدار بهينـه گسـتردگى توابـع گاوسـين أيزوتروپيـك همـراه با الگوریتم ویژهای برای آموزش شبکههای RBF ارائه شده است. نتایج این مطالعه مشخص مینماید که شبکههای عصبی RBF به دلیل دارا بودن مبانی علمی مستحکم و همچنین قابلیت فیلتر نمودن نویزها، از عملکرد مناسبی برخوردار است. با افزایش دما نسبت ویسکوزیته نانو سيال به سيال پايه كاهمش مي يابد. علاوه بر أن با افزايش درصد نانوذرات ويسكوزيته نسبي به طور چشمگیری افزایش می یابد. برای دماهای بالاتر از °°۰ ویسکوزیته نسبی کمتر از واحـد بـه دسـت أمـده كـه ايـن نشـان دهنـده كاهـش ويسـكوزيته نانوسـيال بـه سـيال پايـه مي باشـد. برای نانوذرات TiO2 ، ZnO و FeO3 با اضاف کردن مقدار کمی نانوذرات ویسکوزیته نسبت به سیال پایـه کاهـش می یابـد. امـا بـرای نانـوذرات WO و NiO بـرای همـه کسـر جرمی هـا ویسـکوزیته نانوسيال بالاتر از سيال پايه است.

#### ۱- مقدمه

داد با افزایش درصد نانوسیال ویسکوزیته افزایش یافته است [۱۷]. با افزایش درصد حجمی نانوذرات Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> از ۲۵/۰ تـ ۱ درصـد حجمـی در سـیال پایـه ایزوپارافینیک پلـی آلفولوئين و دكان، ويسكوزيته نانوسيال افزايش مي يابد [۱۸]. ویسکوزیته نانوذرات TiO<sub>2</sub> پراکنده در آب در رنج دمایی ۲۰۰ – ۲۰ و درصد حجمی ۰/۰ تا ۲/۵ اندازه گیری شده است. نتایج تحقیقات نشان داده است که برای نانو سيال حاوى %TiO2 ۲/۵، ويسكوزيته نانوسيال بالاي درصد افزایش می یابد [۱۹]. ویسکوزیته نانوسیال حاوی نانوذرات SiO<sub>2</sub> پراکنده در اتانول با افزایش غلظت حجمي افزايش يافته است [٢٠]. ويسكوزيته ديناميكي نانو سيال ألومينا – روغين موتور در كسر حجمی و دماهای مختلف مطالعه شده است. نمونه های در کسر حجمیی ۰/۲۵ تا ۲% در رئے دمایتی ۰ – ۲۵°C تهیـه شـده اسـت. آنهـا نشـان دادنـد کـه ویسـکوزیته نانوسیال با افزایش کسر حجمی افزایش می یابد {۲۱}. نانوسیال آب - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> با کسر حجمی ۱ تا ٤% بعنوان سیال نیوتنی رفتار می کند و با افزایش درصد حجمی نانوذرات ويسكوزيته نانوسيال افزايش مي يابد [٢٢]. تاثير کسر حجمی روی ویسکوزیته نانوسیال آب – آلومینا در رنج ۲۳/۰-۵% مطالعه شده که نتیجه مطالعه ارتباطی بيـن ويسـكوزيته نانوسـيال ارائـه نمـوده اسـت [٢٣]. رفتـار رئول\_وژى نانوس\_يال ح\_اوى نان\_وذرات Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ، TiO<sub>2</sub>، CuO در دماهای مختلف مطالعه شده است. یافته ها نشان می دہد کے با افزایے کسر حجمے نانےوذرات Al<sub>2</sub>O3 TiO<sub>2</sub> ، ویسکوزیته نسبی نانوسیال افزایش می یابد و ويسكوزيته نانوسيال حاوى كسر حجمي مختلف نانوذره CuO ثابت مانده است [۲٤]. دما بر ویسکوزیته نانو سیال بشدت تاثیر گذار است. با افزایش دما نیروی جاذبه بین مولکول های سطح نانوذرات و سیال پایه ضعیف می شود، در نتیجه ویسکوزیته نانوسیال کاهش می یابد [۲۵]. تاثیر دما و اندازه ذرات روی ویسکوزیته دینامیکی نانوسیال آب رسے شدہ است. برای نانوسیال CuO – و آب $\rm CuO$  بررسے شدہ است. آب – CuO با قطر نانوذرات ۲۹ نانومتر در رنج دمایی ۲۵ -C° ۷۵ آزمایشات انجام شده است. نتایج نشان می دهد

با پیشرفت تکنولوژی کاربرد نانو مواد در زمینه های مختلف علوم مورد توجه محققان قرار گرفته است [۱-۱]. با پراکنده نمودن ذرات نانو در یک سیال پایه نانوسیال بدست می آید [۷]. این مواد بعضی ویژگی های حرارتی و خصوصیات هیدرودینامیکی دارند [۸و۹]. ویسکوزیته یکی از مهمترین ویژگی های سیال هست که روی جریان و قدرت پمپاژ سیال تاثیر می گذارد. در بيشتر موارد ويسكوزيته نانو سيال بيشتر از سيال پايه است[١٠]. با افزايش ضريب انتقال حرارت، سرعت انتقال حرارت افزايش مي يابد. بنابراين به تجهيزات کوچکتـری نیـاز خواهـد شـد [۱۱]. ویسـکوزیته نانوسـیال بـه چندین یارامتہ از جملے دما، انہدازہ ذرات، کسے حجمے نانو ذرات، انواع نانو ذرات و سیال پایه بستگی دارد [۱۲]. آنالیـز ویسـکوزیته یکـی از فاکتورهـای کلیـدی بـرای تعییـن رفتار هيدروديناميكي نانوسيال مي باشد. مطالعات زيادي در زمینه تاثیر نانوذرات روی ویسکوزیته نانوسیال انجام گرفت است [۱۳]. در زمین تاثیر مورفولوژی نانوذرات، اندازه نانوذرات، درصد نانوذرات و دما روی ویسکوزیته نانوذرات تحقیقات زیادی گزارش شده است [۱٤]. اگرچـه محـدوده وسـيعي از مطالعـات در مـورد تاثيـر ايـن پارامترها روی ویسکوزیته است ولی در مورد تاثیر انواع اکسیدهای نانوذرات بر پایه نانوسیال نفتی مطالعهای صورت نگرفته است. در تعدادی از تحقیقات تاثیر کسر حجمي نانوذرات روى ويسكوزيته نانوسيال بررسي شده است کے نشان می دہے با افزایے شکسر حجمے نانے سيال در سيال پايـه ويسكوزيته بـه شـدت افزايـش مي يابد. در پژوهشی گزارش شده که با افزایش غلظت نانو ذرات Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در آب بعنوان نانوسیال ویسکوزیته نانوذرات افزایت یافته است [۱۵]. در یک تحقیقی برای نانوسیال آب - TiO, با کسر حجمی نانوذرات ۲/۰ تا ۲ درصد وزنی ویسکوزیته نسبت به آب خالص در رنج دمایی ۲۰−۱۵ ، ۵۶ تا ۱۵ درصد افزایش یافته است [۱۲]. در مطالعه ای ویسکوزیته و هدایت حرارتی نانوسیال بطور آزمایشگاهی و تئوری اندازه گیری شده است که نشان

پیےش بینےی رسےانایی گرمایے و ویسےکوزیتہ ی دینامیکے نانوسیالات فرومغناطیسی از ۷۲ داده آزمایشگاهی استفاده شده است که ورودی های مدل شبکه عصبی مصنوعی دما، قطر ذرات و درصد حجمی می باشد. نتایج نشان داد کـه خطـای مـدل کمتـر از ۲/۵ درصـد مـی باشـد [۳٤]. با استفاده از مدل شبکه های عصبی RBF تاثیر درصد حجمیی و دما بر روی ویسکوزیته و رسانایی گرمایی نانوذرات آب - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> بررسی شده که نتایج بدست آمده بخوبی داده های آزمایشگاهی را پوشش می دهد [۳۵]. برای پیشگویی رسانایی گرمایی نانوسیالها، با استفاده از داده های آزمایشگاهی مدلی از شبکه های عصبی مصنوعی پیش بینی شدہ است کے نشان می دہا نانوسیالاتی که در آنها نانوذرات در درصد حجمی کمی در سیال حل می شود، دارای رسانایی گرمایی بهتری است [۳٦]. مدلی از شبکه های عصبی مصنوعی برای دستیابی به بهترین پیش بینی انتقال حرارت همرفتی نانوسیالات در حال حرکت داخل لوله های دایره ای به کار رفته است که نیازمند برخی از متغیرهای ساده برای بررسی انتقال حرارت همرفتی است [۳۷]. در این مطالعه، داده های بدست آمده از ویسکوزیته نانوسیال با شبکه های عصبی مصنوعی RBF شبیه سازي شده است. ويسكوزيته نانوسيال نسبت به ویسکوزیته نفت خام در دما و کسر جرمی های مختلف مقایسه شده است. با شبیه سازی با شبکه های عصبی مصنوعـي ارتبـاط بيـن سـه پارامتـر دمـا، ويسـكوزيته نسـبي و درصد نانوذرات در نانوسیال مشخص شده است.

> ۲- تجربی ۲-1- مواد

در این تحقیق نانو ذرات Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ، ZnO ، TiO<sub>2</sub> ، WO<sub>3</sub> و Fe<sub>2</sub>O و NiO با خلوص بیش از ۹۹/۹ درصد استفاده شده که این مواد در نفت خام پراکنده شدهاند. این نانوذرات از شرکت نانو US آمریکا خریداری شدهاند که میانگین رنج اندازه ذرات از ۲۰ تا ۵۰ نانومتر می باشد. نفت خام با °API برابر ۲۰ از شرکت پالایشگاه اصفهان با

کے با افزایے ش دما ویسے کوزیتہ دینامیکے نانوسیال با اندازه مختلف ذرات کاهش می یابد [۲٦]. بررسی ها نشان می دهـد کـه بـا افزايـش دمـا در رنـج ۳۵ –C° ۵۰ ويسـکوزيته نانوسیال کاهش می یابد [۲۷]. تاثیر دما روی ویسکوزیته نانے سیال آب - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> تحقیق شدہ است کے نتایج نشان داده است که با افزایش دما در رنج ۲۰ -۲۰°۲۰ ویسکوزیته نانوسیال کاهش می یابد [۲۸]. تاثیر دما روی ویسکوزیته نانو سیال های Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – آب و CNT – آب در غلظت های پایین بررسی شده است که نشان می دهد با افزايش دما ويسكوزيته كاهش مي يابد [٢٩]. مطالعات زیادی نشان می دهد که با افزایش دما ویسکوزیته نانوسیال کاہ۔ش ملی یاب۔ ولی بعضی تحقیقات نشان می دهـد کـه بـا افزايـش دمـا هيـچ تغييـري در ويسـکوزيته ایجاد نمی شود [۱۵]. در تحقیقی از نانوذرات TiO و Al<sub>2</sub>O در آب استفاده شده است که مشخص شده با افزایش دما در رنج ۲۰ –C° ۲۰ ویسکوزیته نسبی نانوذرات بطـور واضـح تغییـر نمی کنـد [۳۰]. ترکیبـی از شـبکه های عصب ی مصنوع ی و الگوریت م ژنتیک ی جهت پیش گویی ویسکوزیته موثر نانوسیالات به کار گرفته شده است، در ایـن تحقیـق نشـان دادنـد كـه روش تركیبـی ابـزار قدرتمنـدی در تعیین ویسکوزیته نانوسیالات می باشد. نتایج نشان داد کـه در حالـت ترکیبـی ۳۹% خطـا کمتـر از حالتهایـی خواهد بود که یکی از مدل ها استفاده می شود [۳۱]. بمنظور بررسی رسانایی گرمایی نانوسیالات اکسید آبی، شبکه های عصبی مصنوعی سه ورودی و چهار ورودی با هم مقایسه شده اند. نتایج نشان داد که با اینکه در هر دو مدل دما، درصد حجمي نانوذرات و ضريب رسانايي گرمایی محاسبه شده است ولی مدل چهار ورودی از عملکرد بهتری برخوردار است [۳۲]. مدلی از شبکه های عصبي مصنوعي براي بدست أوردن ويسكوزيته ديناميكي اکسید نانوذرات سوسیانسیونی در آب و اتیلن گلیکول مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل اثر دما، درصـد حجمـي نانـوذرات، خـواص سـيال اصلـي و قطـر نانوذرات را محاسبه می کند که نتایج قابل قبولی در امر پیشگویی داده های آزمایشگاهی نشان می دهد [۳۳]. برای

١	٨٠	۵۰	۴۰	دما (°C)
Y9/09	4./40	۱ • ۵/۳	189/14	ویسکوزیته نفت خام ( <sup>°</sup> API برابر ۲۰)، cp
$ρ_{bf} = λλ \cdots / Δ$ ۹۳*(T-۱Δ)				دانسیته نفت خام بر حسب دما (°C)

جدول ۱- ویسکوزیته نفت خام در دماهای مختلف

ساختار نانوذرات در دمای اتاق مورد بررسی قرار گرفته است. وزن نانوذرات با یک ترازوی الکتریکی دقیق (TR 120, SNOWREX, Taiwan) اندازه گیری شده است. برای جلوگیری از تجمع نانوذرات از دستگاه التراسونیک (Hielscher, UP400S, Germany) استفاده شده است.

### ۲-۳- اندازه گیری ویسکوزیته

در این مطالعه نانوسیال با کسر جرمی مختلف ۲/۰، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی نانوذرات که در نفت خام یراکنده شده اند، تهیه شده است. با استفاده از حمام چرخشی ایزوترمال دما در ٤٠، ٥٠، ٨٠ و ١٠٠ درجه سانتی گراد تنظیم شده است. مقدار مشخصی نانوذرات به سیال پایه اضافه شده و تعلیق بمدت ۲ ساعت همزده می شود. سیس برای یک ساعت دستگاه لرزاننده، لرزانده می شود. ویسکومتر مورد استفاده در این مطالعه برای اندازه گیری ویسکوزیته نفت خام و سیال فوق بحرانی استفاده می شود. جریان سیال با سه شير مختلفي كه در سطح ويسكومتر نصب شده كه در شکل ۱ نشان داده شده، کنترل می شود. در این روش برای حذف فاکتورهای ناچیز ویسکوزیته نمونه ها در سه مسیر مختلف اندازه گیری می شود و برای ثابت نگه داشتن دما، آب داخل حمام چرخشی همدما می چرخد. در طول اندازه گیری ویسکوزیته نانوسیال دما ثابت نگه داشته شده و ترجيحا هر اندازه گيري در فاصله ٥ دقيقه انجام مي گيرد. اندازه ويسكوزيته در دما و كسر جرمي ثابت نشان داده می شود. هر اندازه گیری در کسر جرمی و دمای ثابت ٥ بار تکرار شده است. مشخصات جـدول ۱ تهیـه شـده است. برای شست و شـوی وسـایل آزمایشـگاهی از آب دی یونیـزه، اسـتفاده شـده اسـت. ۲-۲- تجهیزات

برای اندازه گیری گرانروی نانوسیال از ویسکومتر مدل VISCOlab PVT، (شکل ۱)، با مشخصاتی که به طور جزئی در جدول ۲ ارائه شده، مورد استفاده قرار گرفته F12-ED) دما چرخشی همدما، (Jubolo, Germany ست. با استفاده از حمام چرخشی همدما، (Jubolo, Germany تعیین توزیع اندازه اکسید نانوذرات از دستگاه تفرق LS), (Malvern, ZetaSizer Nano ZS,) , (Cal دینامیکی نور (,Malvern, ZetaSizer Nano ZS)), (Jubern, 2000 NA, Japan) الکترونی عبوری (,TEM), (Hitachi, 9000 NA, Japan), برای شناسایی مورفولوژی و شکل نانوذرات استفاده شده است. توسط طیف سنج پراش اشعه ایکس Bruker)،



شکل ۱- سیستم آزمایشگاهی استفاده شده برای اندازه گیری ویسکوزیته نانوسیال

حجم نمونه استفاده شده در ویسکومتر(میلی لیتر)	۵
رنج اندازه گیری ویسکوزیته (سانتی پوز)	۱۰۰۰-۰/۰۲
دقت ويسكومتر	7.1±
سنسور اندازه گیری سرعت برشی	پلاتينيوم
ماکزیمم اندازه ذره که میتوان در سیال پایه پراکنده نمود (میکرون)	۳۶۰-۲۵
ماکزیمم دما (سانتی گراد)	19.
ماکزیمم فشار (پاسگال)	7

جدول ۲- ویژگی های ویسکومتر استفاده شده برای اندازه گیری ویسکوزیته نانوذرات

#### ۲-۲- شبکه های عصبی مصنوعی

به طور کلی شبکه های عصبی مصنوعی شامل چندین ارتباطات نورونی و یک یا چندین لایه میانی است. شبکه های مذکور را می توان از نقطه نظرهای مختلفی از جمله، نـوع تبديـل ورودي، معمـاري سـاختار شـبكه و نـوع الگوریتم یادگیری (structure Architecture) طبقہ بندی نمود. شبکه های عصبی بر اساس تبدیلی که ارتباط ما بین ورودی ها را محاسبه می کند، بصورت (kernel(local یا (projection(non-local بے کاربردہ می شود. در تبدیل نے اول (non-local)، تمامی ورودی ہا روی یک محور تصوير مي شوند. تصويرمذكور ممكن است به صورت خطی یا غیر خطی باشد . نورون Adaline و Percep tron و شــبکههای McCulloch-Pitt نمونههایــی از تصویــر سازی خطبی هستند [۱۷]. در تبدیل نوع دوم (local)، از فاصله (اقلیدسی) بردار ورودی نسبت به یک نقطه ثابت (مرکز) استفاده می شود. شبکه های Radial basis function نمونه های بسیار معروف مبتنی بر پایه تبدیل ورودی به صورت kernel هستند. الگوریتم یادگیری شبکه های عصب یبا تنظیم پارامترهای شبکه سروکار دارد و بطور معمول حل مسائل بهینه سازی مشروط و غیر مشروط را معین می کند. مدل ارائه شده برای شبکه های عصبی بصورت خطبی یا غیر خطبی و یا ترکیبی از هر دو نسبت به پارامترهای شبکه می باشد. از دیگر خصوصیات تابع هدف این است که عملکرد شبکه ممکن است فقط

به ورودی، یا هم به ورودی و هم به خروجی بستگی داشته باشد. تابع هدف اول به صورت آموزش بدون مربع، أموزش مى يابد در حالى كه تابع هدف بعدى به یک آموزنده که مستقیما آموزش میدهد (معلم یا مربعی) نیاز دارد. فرآیند آموزش یک شبکه فاقد مربعی به مقدار خروجی نیاز ندارد، فقط خصوصیات ورودی در طـول آمـوزش ارائـه مي شـوند. بـراي يــک ســاختار معین، هدف از آموزش شبکه، تنظیم و ذخیره سازی پارامتر ہای سیستم جہت دستہ بندی نمودن اتوماتیک ورودی ها در گروه های با خصوصیات مشابه می باشد. در بیشتر کاربردهای مهندسی، معمولا تخمین روند اساسی تغييرات خروجي (تابع واقعي مستتر در داده) با استفاده از تعداد محدودی داده های ورودی و خروجی، با کمی یا ہیچ اطلاعی از شکل تابع واقعی مورد نظر است. ایـن گونـه مسـائل را معمـولا بـا نام هـای هـم چـون رگرسیون بدون پارامتر (Non- parametric regression) های دارای مفهوم فیزیکی، تقریب تابع، شناسایی سیستم (System identification) یے آمرزش قیاسے (Inductive learning) شاخته می شود. این امر در شبکه های عصبی به عنوان آموزش هدایت شده (Supervised learning) نامیده می شود. تابع واقعی پنهان شده در مجموع داده های آزمایشگاهی را می توان به وسیله آموزش شبکه توسط نمونه های که به وسیله یک آموزنده فراهم شده تقريب زد. مجموعه اطلاعات أموزشمي كه شامل

عناصری از یک یا چند جفت مقادیر متغیر مستقل (ورودی) و متغیر وابسته (خروجی) ساخته شده اند، در یک الگوریتم یادگیری هدایت شده قادرند پارامترهای شبکه را بر اساس تفاوت بین پاسخ اندازه گیری شده (x,) خروجی شبکه متناظر با ورودی x تنظیم نمایند. در آموزش هدایت شده، یک ناظر مورد نیاز است که سیگنال هدف خروجی (x,) را فراهم نماید.

RBF [موزش شبکههای -∆-۲

آموزش شبکه های بر پایه projection همیشه در عمل منجر به حل مسائل بهینه سازی غیرخطی در اندازه های بزرگ می گردند که بسیار پیچیده هستند. زیرا چنین مسائلی نیاز به زمان اجرایی بسیار زیاد داشته و اغلب به سختی همگرا می شوند. در مقابل آموزش شبکه های RBF با مقادیری از پیش تعیین شده برای پارامترهای غیر خطی (مراکز و گستردگی آنها)، در نهایت منجر به یک مجموعه معادلات خطی می گردد که می توانند به سهولت با تکنیک های مختلف که دارای پایداری بالایی می باشند، حل گردند.

در سال ۱۹۹۰ میلادی ضمن حل مسئله رگولاریزاسیون چند متغیره، نشان دادهاند که پاسخ شبکه های مذکور را می توان به صورت مجموعه معادلات خطی زیر نوشت [۱۹و ۲۰]. (۱)

در معادله فوق، G ماتريس متقارن Green ، N\*N با اعضاء



شکل ۲- شبکه رگراسیون تک لایه

فصلنامه علمی ــ پژوهشی بینرشتهای پژوهش های کاربردی مهندسی شیمی - پلیمر

G<sub>ij</sub>=G(x<sub>i</sub>,x<sub>j</sub>) و پارامترهای رگولاریزاسیون است. در عمل را به اند ازه ای بزرگی انتخاب می کنند که مطمئن باشند ماتریس معین مثبت معکوس پذیر است. نماپردازی معادله ی (۱) در شبکه ی رگولاریزاسیون شکل (۲) نشان داده شده است. شبکه شامل یک لایه میانی منفرد با N نورون و تابع فعال نورون میانی <sup>4</sup> تابع (<sub>1</sub>, x) Green است که در نقاط داده های ویژه تمرکز یافته است. تاثیر پارامترهای رگولاریزاسیون شده است.

در سال ۱۹۹۹ Poggio and Girrosi را تعریف کردند این تابع ایزوتروپیک چند بعدی تبدیلی و چرخشی است و تعداد نامحدودی مشتق پیوسته دارد [۲۰]. (۲)

 $G\left(\bar{x}_{9}\bar{x}_{j}\right) = \exp\left[-\frac{\|x-\bar{x}_{j}\|^{2}}{2\sigma}\right] = \prod_{k=1}^{P} \exp\left[-\frac{(x_{k}-x_{j,k})^{2}}{2\sigma_{j}^{2}}\right]$ 

ظاهر شده در رابطه ی (۱) به گستردگی ایزوتروپیک ظاهر شده در رابطه ی (۱) به گستردگی ایزوتروپیک (Isotropic spread) برای همه دیمانسیون های ورودی فرض شده اشاره می کند. کارایی شبکه رگولاریزاسیون بطور قوی هم به انتخاب مناسب گستردگی ایزوتروپیک و هم به مقدار بهینه پارامتر رگولاریزاسیون بستگی دارد [۲۱]. مقدار بهینه پارامتر رگولاریزاسیون بستگی دارد [۲۱]. یکی از معیارهای ارزیابی برای محاسبه راندمان پارامتر رگولاریزاسیون بهینه برای یافتن استفاده شده است. (۳)  $\sum_{k=1}^{N} \left[\frac{e_k^T(I_N-H(\lambda))\bar{e}_k}{e_k^T(I_N-H(\lambda))\bar{e}_k}\right]^2$ 

N نشان دهنده تعد اد نمونه های آموزشی و هم تعداد N

نورونهای شبکه های رگولاریزاسیون است.  $e_k$  بردار  $H(\lambda)$  و N \* N = 0 ماتریس واحد h \* N = 0 و  $(\lambda)$  Hastie and Tibshi - توسط manager from I and I ande

بنابرایین ماتریس هموار کننده ( $H(\lambda)$  برای شبکه های رگولاریزاسیون به صورت زیر محاسبه می شود: H( $\lambda$ ) = S = G(G +  $\lambda$ I)<sup>-1</sup>

تعداد مؤثری پارامتر ها یا درجه آزادی (df) یک هموار کنندہ خطبی مانند ماتریس برابر با مجموع مقادیر ويـــ (Eigenvalues) بـــا مجمــوع اعضــاء قطـرى اســت است کے تعداد درجہ آزادی تابع. df = tr((H( $\lambda$ )) فضای متغیر های ورودی بوده و ارتباطی با داده های خروجی ندارد [۲۳]. محاسبه (H(l) و بنابراین (CV (l) به ازای هر مقدار کربه معکوس ماتریس (G+I)، N \* N نیاز صرف زمان زیادی دارد که با استفاده از تکنیک تبديل مشابه (Similarity transformation) می توان از آن اجتناب کرد [۲٤]. پیشنهاد اصلی در ابتدا توسط -Gol ub et al [۲۵] برای رگرسیون لب ای (Ridge regression) ارائه شد. معادله های (۳) تا (۵) نشان می دهد که ( CV(λ یـک تابـع پیچیـده ای از λ و δ اسـت. بنابرایـن مقــدار بهینــه پارامترهـای رگولاریزاســیون 👫 (حداقــل کردن) (R() خیلی به گستردگی ایزوتروییک وابسته است. به عبارت دیگر مقدار مناسب \* لخیلی وابسته ب ه ای برای داده های ویژه با میران noise ثابتی است. همبستگی قوی بین این دو پارامتر ( \* **۸** و ک) به شدت پیچیده و نمی توان بطور مستقیم به صورت تحلیلی آن را بیان نمود. یک روش نسبتا ساده در برخی مقالات [او او ۱٦] برای تجزیه این ارتباط قوی بین پارامترهای کر و 8 ارائیه گردیده است کیه قیادر است مقادیر بهینیه پارامترهای مذکور را برای یک مجموعه اطلاعات حاوی نويز به دست آورد. هدف از انجام این روش آموزش

شبکه های بهینه عصبی می باشد که قادر است ضمن فیلتر نمودن نویز نسبت به بازسازی سطح چند بعدی مستتر در داده های نویزی اقدام نماید.

# 3- نتایج وبحث ها 1-3- خصوصیات

مطابق آنالیز TEM نشان داده شده در شکل ۳ متوسط قطر نانوذرات استفاده شده در این تحقیق بین ۲۰ تا ٤٠ نانومتر می باشد. این نتایج نشان می دهد که مورفولوژی نانوذرات کروی بدون تجمع قابل توجهی بوده است. اندازه DLS در شکل ٤ نشان داده شده که مشخص می کند که ذرات Pe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO، TiO<sub>2</sub>, WO پراکنده شده در نفت خام در رنج قطر متوسط از ۱۰ – ٤ نانومتر با اندیس پراکندگی برای نانو ذرات مختلف از ۲۰/۳۸ تا ۱۱۲/۰ بوده است (در کاربرد تست DLS)



WO<sub>3</sub> (e 'TiO<sub>2</sub> (d 'ZnO (c نانوذرات TEM نانوذرات ۳۵) wO<sub>3</sub> (a 'TiO<sub>2</sub> (a 'NiO (b 'Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (a



شکل ٤- توزیع اندازه ذرات Pe2O3 · ZnO · TiO2 · WO3 و NiO پراکنده شده در سیال پایه که از آنالیز DLS بدست آمده است

رقیـق شـده اسـت). نتایـج آنالیـز DLS مشـخص می کنـد کـه هیـچ تجمیـع نانـوذرات Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ، ZnO ، TiO<sub>2</sub> ،WO و NiO مشـاهده نشـده و انـدازه ذرات بدسـت آمـده از آنالیـز TEM را تاییـد می کند.

#### ۲-۳- ويسكوزيته

جدول ۳ ویسکوزیته نفت خام و نانوسیال را گزارش می کند که داده های مربوط به ویسکوزیته نسبی نانوسیال ها از ایس جدول بدست آمده است. شکل ۵ ویسکوزیته نسبی نانوسیال با کسر جرمی مختلف در دماهای متفاوت برای نانوذرات TiO پراکنده شده در نفت خام را نشان می دهد. ایس نتایج مشخص می کند که با افزایش دما ویسکوزیته نسبی کاهش می-یابد. بغیر از یکی از حالت ها (دمای ۲۰۵ و کسر جرمی یابد. بغیر از یکی از حالت ها (دمای ۲۰۵ و کسر جرمی ویسکوزیته نانوسیال نسبت به سیال پایه کاهش یافته است. نتایج نشان می دهد که برای دماهای بالای ۲۰۰۵

افزایش کسر جرمی نانوذرات از ۰/۲ تا ۲ درصد تاثیر چندانی روی ویسکوزیته نداشته این در حالی هست کے در دماہای یاپین ۰°۰C بے افزایے ش کسے جرمے ويسكوزيته نسبى نانوذرات بشدت افزايش يافته است. نتايج شكل ٦ بيان كننده ويسكوزيته نسبى نانو سيال با کسر جرمی مختلف در دماهای متفاوت برای نانوذرات Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> که در سیال پایه پراکنده شده است. این نتایج بیان می کند که در دمای ۲۰°۲ با افزایش کسر جرمی نانو ذرات ویسکوزیته نسبی حدود ۵۰ درصد افزایش می یابد. علاوه بر آن برای نانوسیال حاوی ۲ درصد وزنی نانوذرات Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ، دما تاثیر بیشتری روی ویسکوزیته نانوسیال دارد. برای دماهای بالای C°۰۰ افزایش کسر جرمبي تاثير ناچيزي روي ويسكوزيته نانوسيال دارد. براي نانوسیال حاوی Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> با کاهش دما و افزایش کسر جرمى ويسكوزيته افزايش مي يابد. شکل ۷ ویسکوزیته نسبی نانوسیال با کسر جرمی

انواع نانوذرات		ويسكوزيته			
	درصد وزنى	۴۰ C	۵۰ C	۸۰ C	١٠٠C
بدون نانوذرات	•	189/14	۱۰۵/۳	4./40	۲٩/۵٩
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	• /٢	144/279	۲۳/۷۱	22/481	14/290
	• /۵	188/08	84/26	74/974	18/188
	١	۲۰۳/۶۸	٩۴/٧٧	۲۸/۳۱۵	۱۸/۳۴۵
	٢	241/27	۱۳۶/۸۹	۳۳/۱۶۹	22/677
NiO	• /٢	717/17	154/20	4.1.4	۲۸/۷
	• /۵	۲۷۳/۲۸	144/78	41/04	30/37
	١	۳۱۹/۱۱	۱۶۸/۴۸	۵۲/۵۸	۳۴/۱۹
	• /٢	441/224	۲۰۸/۴۹	۵۵/۴۱	۳۸/۴۷
WO <sub>3</sub>	• /٢	۲۵۸	144/78	41/04	۳۱/۶۶
	• /۵	۳۱۰/۶۲	178/9.4	۵۲/۵۸	366/48
	١	410/18	124/270	۵۹/۰۵	41/47
	• /٢	۵۵۱/۶۵	222/20	٧٠/٧٨	44/91
TiO <sub>2</sub>	• /٢	1 • 1/844	۵۰/۵۴	10/771	۱۰/۳۵
	• /۵	110/47	۵۴/۷۵۶	۱۶/۵۸	۱۱/۸۳۶
	١	189/14	۲۸/۹۷	77/74	17/47
	• /٢	۲۱۷/۲۶	۸۶/۳۴	۲۷/۵	۱۷/۱۶
ZnO	• /٢	۱۵۷/۸۵	۸۱/۰۸	78/79	۱۷/۱۶
	• /۵	188/214	٨۶/٣۴	۲۷/۵	۱٩/۵۳
	١	737/88	173/7	۳۲/۳۶	۲۳/۰۸
	• /٢	۲۹۷	148/88	۳۲/۴	20/16

های مختلف نانوذرات	دما و کسرجرمي	و نانوسیال مختلف در	سكوزيته نفت خام و	جدول ۳- ویہ
--------------------	---------------	---------------------	-------------------	-------------



شکل ۵- ویسکوزیته نسبی نانوذرات -<sub>2</sub>TiO نفت خام در دما و کسر جرمی های مختلف نانوذرات

و دماهای مختلف برای نانوسیال ZnO – نفت خام را مشخص می کند. این نتایج نشان می دهد که با افزایش بار نانوذرات و کاهش دما، ویسکوزیته افزایش می یابد. برای دماهای بالای ۲۰۰۵ ویسکوزیته نانوسیال در تمام کسر جرمی ها (۲/۰-۲%) کمتر از ویسکوزیته سیال پایه است. برای نانوسیال ZnO نیز در دماهای بالا با افزایش کسر جرمی تغییر چندانی در ویسکوزیته ایجاد نمی شود این در حالی هست که در دمای ۲۰۰۵ ویسکوزیته بیش از ۵۵ درصد با افزایش کسر جرمی افزایش می یابد. شکل ۸ ویسکوزیته نسبی نانوسیال با رنج کسر جرمی از ۲/۰ تا ۲ درصد در دماهای مختلف برای نانوذرات NiO پراکنده در نانوسیال را نشان می دهد. این نتایج نشان



شکل ٦- ویسکوزیته نسبی نانوذرات -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> نفت خام در دما و کسر جرمی های مختلف نانوذرات

با نانوذرات قبلی پراکنده شده در نفت خام برای رنج دمایی ٤٠ تا ١٠٠ و کسر جرمی ٢/٠ تا ٢ درصد وزنی ویسکوزیته نانوسیال بالاتر از سیال پایه است. واضح هست که با افزایش دما و کاهش کسر جرمی، ویسکوزیته نانوسیال کاهش می یابد. در دماهای بالای معه ۵۰۰ تاثیر این پارامتر چشمگیر نیست ولی زیر دمای که ۰۰ ویسکوزیته بطور چشمگیری، هم به دما و هم کسر جرمی بستگی دارد.

بنابراین نتایج ارائه شده در شکل ۹ ویسکوزیته نسبی نانوسیال با کسرجرمی مختلف در دماهای متفاوت نانوذرات WO3 در نفت خام را نشان می دهد. این نتایج مشخص می کند که با افزایش دما و کاهش کسر جرمی نانوذرات ویسکوزیته نسبی نانوسیال مشابه دیگر نانوذرات استفاده شده در این مقاله کاهش می یابد. برای نانوسیال WO3 در تمام موارد آزمایش شده (رنج دمایی ٤ تا ۱۰۰ و کسر جرمی ۲/۰ تا ۲ درصد وزنی) ویسکوزیته نانوسیال بیشتر از سیال پایه می باشد.

3-3- تاثیر دما

آزمایشات مشخص می کند که با افزایش دما ویسکوزیته نانوسیال کاهش می یابد، این کاهش به دلیل فاکتورهایی مانند انتقال گرمای میکرو و سرعت حرکت نانوذره که باعث کاهش نیروهای بین مولکولی می شود. برای



شکل ۷- ویسکوزیته نسبی نانوذرات ZnO- نفت خام در دما و کسر جرمی های مختلف نانوذرات

نانوسیال حاوی هر نوع نانوذره افزایش دما باعث کاهش ویسکوزیته می شود. برای نانوذرات WO و NiO در هر حالت ویسکوزیته نانوذره بیشتر از سیال پایه است. یکی از فاکتورهای اصلی که روی خواص حرارتی و هیدرودینامیکی نانوسیال تاثیر خواهد گذاشت، اندرکنش سطحی نانوذره با مولکولهای سیال پایه هست.

#### ۴-۳-کسر جرمی

نتایج شکل های ۵ تا ۹ نشان می دهد که با افزایش کسر جرمی نانوذرات به دلیل افزایش ذرات جامد، ویسکوزیته



شکل ۸- ویسکوزیته نسبی نانوذرات NiO- نفت خام در دما و کسر جرمی های مختلف نانوذرات

سیال پایه افزایش می یابد. بنابراین برای نانوذرات مختلف مطالعه شده در این تحقیق ویسکوزیته نانوسیال در رنج ٤٠ تا ٣٢٠ درصد نسبت به سیال پایه افزایش می یابد.

## ۳-6- نتایـج شــبیه سـازی بـا شــبکه-های عصبـی مصنوعــی

نمودارهای شبیه سازی بدست آمده برای نانوسیال حاوى نانوذرات مختلف (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ،Nio ·ZnO ·TiO<sub>2</sub> و (WO3) نشان می دهـد کـه تقریبا بـرای همـه انـواع نانـوذرات پراکنده در نانوسیال ویسکوزیته خیلی به دما بستگی دارد (شکل ۲۰–۱٤). برای نانوذرات Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، TiO<sub>2</sub> و ZnO پراکنده در نانوسیال در کسر جرمی های زیر ۰/۵ درصد وزنے ویسکوزیته نسبی کمتر از یک هست ولی برای نانو ذرات WO<sub>3</sub> و NiO یر اکنده در نانوسیال، ویسکوزیته نانوسیال حاوی نانوذرات همیشه بیشتر از سیال پایه است. نمودارهای عملکرد برای نانوذرات Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ،Nio ZnO، TiO, و WO یر اکنده در نانوسیال نشان می دهد که دقت روش پیشگویی خیلی بالا هست و مقادیر پیشگویی خیلی نزدیک به مقادیر واقعی هست. بنابراین می توان از نمودارهای شبیه سازی برای هر دما و کسر جرمی مختلفی کے آزمایے انجام نشدہ مقادیر ویسکوزیته را بدست آورد.

## 4- نتیجه گیری کلی

در ایـن تحقیـق تاثیـر دمـا و کسـر جرمـی روی ویسـکوزیته نانوسـیال نفـت خـام حـاوی نانـوذرات ZnO، Nio، ZnO نانوسیال



شکل ۹- ویسکوزیته نسبی نانوذرات -WO نفت خام در دما و کسر جرمی های مختلف نانوذرات

نانوذرات افزایش می یابد. این نتایج مشخص می کند که با افزایش کسر جرمی نانوذرات از ۲/۰ تا ۲ درصد وزنی در دماهای ۲۰۰۵، ۵۰، ۸۰ و ۱۰۰ ویسکوزیته ی نسبی نانوسیال حاوی نانوذرات مختلف به ترتیب حدود ۱۰۰، ۷۰، ۵۵، ۲۰ درصد افزایش می یابد.

#### ۵-۳- انواع نانوذرات

نتایج شکل های ۵ تا ۹ نشان می دهد که برای نانوذره پراکنده در نفت خام بعنوان سیال پایه تاثیر دما و کسرجرمی بطور چشمگیری می باشد و با اضافه کردن ۲ درصد جرمی نانوذره در سیال پایه ویسکوزیته نانوسیال ۳۲۰ درصد در ۲۰۰۵ افزایش می یابد. اما برای نانو ذره های ۲iO اضافه کردن ۲ درصد وزنی نانوزرات ویسکوزیته نانوسیال ٤۰ درصد در همان دما نسبت به



شکل ۱۰- عملکرد یادآوری و تعمیم شبکه RBF برای پیشگویی ویسکوزیته نانوسیال حاوی نانوذرات TiO<sub>2</sub>



شکل ۱۱– عملکرد یادآوری و تعمیم شبکه RBF برای پیشگویی ویسکوزیته نانوسیال حاوی نانوذرات Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



شکل ۱۲- عملکرد یادآوری و تعمیم شبکه RBF برای پیشگویی ویسکوزیته نانوسیال حاوی نانوذرات ZnO



شکل ۱۳- عملکرد یادآوری و تعمیم شبکه RBF برای پیشگویی ویسکوزیته نانوسیال حاوی نانوذرات NiO



شکل ۱٤- عملکرد یادآوری و تعمیم شبکه RBF برای پیشگویی ویسکوزیته نانوسیال حاوی نانوذرات WO<sub>3</sub>

سريع تغيير مى كند. براى همه نانوذرات با افزايش دما و كاهش كسر جرمى، ويسكوزيته كاهش مى يابد. علاوه بر آن براى نانوذرات WO<sub>3</sub> ،NiO با افزايش كسر جرمى نانوذرات در هر شرايطى ويسكوزيته افزايش مى يابد، اما براى نانوذرات ZnO ، Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> در كسر جرمى هاى پايين ويسكوزيته نسبت به ويسكوزيته سيال پايه كاهش مى يابد ولى براى كسر جرمى هاى بالا، ويسكوزيته بيشتر از ويسكوزيته سيال پايه مى شود. TiO<sub>2</sub> و WO<sub>3</sub> بررسی شده است که از شبکه های عصبی مصنوعی RBF برای پیشگویی ویسکوزیته نانوسیال حاوی نانوذرات <sub>2</sub>CP و RBF و WO<sub>3</sub> و WO در رنج دمایی نانوذرات <sub>2</sub>CP و Tio WO در رنج دمایی مد نانوذرات یا ۲۰۰ تا ۲ درصد وزنی استفاده شد. مطالعات نشان می دهد که برای همه نانوذرات با افزایش دما و کاهش کسر جرمی، ویسکوزیته کاهش می یابد. در دماهای بالای 2°۰۰ با تغییر کسر جرمی ویسکوزیته خیلی کمتر از 2°۰۰ با تغییر کسر در دماهای کمتر از 2°۰۰ با تغییر کسر در دماهای کمتر از 2°۰۰ با تغییر کسر در ماهای کمتر از 2°۰۰ با تغییر کسر در دماهای کمتر از 2°۰۰ با تغییر کسر حرمی کمتر از 2°۰۰ با تغییر کسر در دامای کمتر از 2°۰۰ با تغییر کسر حرمی کمتر از 2°۰۰ با تغیر کسر حرمی کمتر از 2°۰۰ با تغیر کسر حرمی کسر حرمی کمتر از 2°۰۰ با تغیر کسر حرمی کسر حرمی کمتر کسر حرمی کمتر از 2°۰۰ با 2°۰۰۰ با 2°۰۰ با 2°۰۰ با 2°۰۰ با 2°۰۰۰ با 2°۰۰ با 2°۰۰۰ با 2°۰۰ با 2°۰

#### مراجع

 Abdollahi A, Salimpour M.R, Etesami N, Experimental Analysis of Magnetic Field Effect on the Pool Boiling Heat Transfer of a Ferrofluid, Appl. Therm. Eng. 111., 1101–1110, 2017

2- Darvanjooghi M.H.K,. Pahlevaninezhad M,. Abdollahi A, Davoodi S.M., Investigation of the Effect of Magnetic Field on Mass Transfer Parameters of CO<sub>2</sub> Absorption Using Fe3O4-Water Nanofluid, AIChE J. 2016
3- Jahanbaani A.R,. Behzad T. Borhani S,. Darvanjooghi M.H.K, Electrospinning of Cellulose Nanofibers Mat for laminated Epoxy Composite Production, Fibers Polym.
17, 1438–1448, 2016

4- Longo A, Zilio C, Ortombina L, Zigliotto M, Application of Artificial Neural Network for Modeling Oxide-Based Nanfluids Dynamic Viscosity, International Communications in Heat and Mass Transfer 83, 8-14, 2017

5- Saidur R.,. Leong K., Mohammad H, A Review on Applications and Challenges of Nanofluids, Renew. Sust. Energ. Rev. 15,1646–1668, 2011

6- Mahian O,. Kianifar A,. Kalogirou S.A,. Pop I,.
Wongwises S, A Review of the Applications of Nanofluids in Solar Energy, Int. J. Heat Mass Transf. 57, 582– 594, 2013

7- Teng, T. P. Hung Y. H,. Teng T. C,. Mo H. E,. Hsu H. G, The Effect of Alumina/water Nanofluid Particle Size on Thermal Conductivity, Appl. Therm. Eng. 30, 2213–2218, 2010

8- Mahbubul, I.. Saidur R, Amalina, M. Latest Developments on the Viscosity of Nanofluids, Int. J. Heat Mass Transf. 55, 874–885, 2012

9- Mishra P.C., Mukherjee S., Nayak, S.K.. Panda A, A Brief Review on Viscosity of Nanofluids, Int. Nano Lett. 4, 109–120, 2014

10- Karimi H, Yousefi F and. Rahimi, M.R Correlation of Viscosity in Nanofluids Using Genetic Algorithm-Neural Network (GA-NN),DOI 10.1007/s00231-011-0802-z, Heat Mass Transfer, 1417-1425, 2011

11- Zhao N, , Materials Z. Li ,College of Power and Energy Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 1500001,china, 2017.

12- Thomas S,. Sobhan C.B.P, A Review of Experimental Investigations on Thermal Phenomena in Nanofluids, Nanoscale Res. Lett. 6 -1, 2011

13- Namburu, P. Kulkarni, D. Dandekar, A. Das D, Experimental Investigation of Viscosity and Specific Heat of Silicon Dioxide Nanofluids, IET Micro Nano Lett. 2, 67–71, 2007

14- Nguyen, C. Desgranges, F. Roy, G. Galanis, N. Maré, T. Boucher, S. Mintsa H.A, Temperature and particle-size dependent viscosity data for water-based nanofluids–hysteresis phenomenon, Int. J. Heat Fluid Flow 28 , 1492–1506, 2007

15- Aladag B, Halelfadl, S. Doner N, Maré, T. Duret S,
Estellé, P Experimental Investigations of the Viscosity of Nanofluids at Low Temperatures, Appl. Energy 97, .
876–880, 2012

16- Sundar L.S., Singh M.K., Sousa A.C, Investigation of Thermal Conductivity and Viscosity of Fe3O4 Nanofluid for Heat Transfer Applications, Int. Commun. Heat Mass Transfer 44 7–14, 2013

17- Prasher R,. Song D,. Wang J,. Phelan P, Measurements of Nanofluid Viscosity and its Implications for Thermal Applications, Appl. Phys. Lett. 89, 133108, 2006

18- Chen H,. Ding Y. Tan , C, Rheological Behaviour of

Nanofluids, New J. Phys. 9,. 367-377, 2007

19- Schmidt A.J., Chiesa, M. Torchinsky D.H., Johnson,
J.A. Boustani A, McKinley G.H., Nelson K.A., Chen G,
Experimental Investigation of Nanofluid Shear and Longitudinal Viscosities, Appl. Phys. Lett. 92, 244107, 2008
20- Murshed S, Leong K, Yang C, Investigations of Thermal Conductivity and Viscosity of Nanofluids, Int.
J. Therm. Sci. 47, 560–568, 2008

21- Naina H.K,. Gupta R,. Setia H,. Wanchoo R, Viscosity and Specific Volume of  $TiO_2$ /water Nanofluid, J. Nanofluids 1, 161–165, 2012

22- Putra N,. Roetzel W,. Das S.K, Natural Convection of Nano-fluids, Heat Mass Transf. 39, 775–784, 2003

23- Hojjat, M.. Etemad S.G, Bagheri, R.. Thibault, J Rheological Characteristics of Non-Newtonian Nanofluids: Experimental Investigation, Int. Commun. Heat Mass Transfer 38, 144–148, 2011

24- Hojjat M., Etemad, S.G . Bagheri, R. Thibault J, Rheological Characteristics of Non-Newtonian Nanofluids: Experimental Investigation, Int. Commun. Heat Mass Transfer 38, 144–148, 2011

25- Longo G.A,. Zilio C, Ceseracciu E., Reggiani M., Application of Artificial Neural Network for Prediction of Thermal Conductivity of Oxide-Water Nanofluids, Universal of Padova, Department of Management and Engineering, Str.Ila S.Nicola 3, Vicenza 1-36100, Italy, Available Online 10 December 2011.

26- Esfe, M. H. Saedodin S, Sina, N. Afrand M, Desgining an ANN to Predict TC and DV of Ferromagnetic Nanofluids, International Communications in Heat and Mass Transfer (2015).

27- Hosseinian, A. Baghebani J, Narooei, A. Agheyari,
R. Maddah H.. Nanofluid Thermal Conductivity Prediction Model Based on Artificial Neural Netwrok, Original Research paper, , DOI: 10.7508. 2016

28- Vaferi, B. Samimi, F. Pakgohar, E. Mowla, D Artificial Neural Network Approach for Prediction of Thermal Behavior of Nanofluids Flowing Through Circular Tubes, doi: 10.1016/j.powtec.2014.06.062, 2014.

29- Yousef F,. Karimi, H. Papari, M Modeling Viscosity of Nanoflouids Using Diffusional Neural Networks, Journal of Molecular Liquids, 2012.

30- Ahmadloo, E. Azizi, S Prediction of Thermal Conductivity of Various Nanofluids Using Artificial Neural Networks, ichmt-03370; No of Pages 7, International Communications in Heat and Mass Transfer, 2016.

31- Shahsavand, A. Derakhshan Fard, F. Sotoudeh, F Application of Artificial Neural Networks for Simulation of Experimental CO<sub>2</sub> Absorption Data in a Packed Column, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 3, Issue 3, Pages 518-529, 2011.

32- Girosi, F, Poggio, T Networks and the Best Approximation Property, Artificial Intelligence laboratory, Center for Biological Information Proccessing, Massachuetts Institute of Technology, Cambridge, NA 02139, USA, 1989.

33- Haykin, Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Prentice Hall, 1999.

34- Sugyama, M.. Ogawa, H Optimial Design of Regularization Term and Regularization Parameter by Subspace Information Criterion, Neural Networks, 349 – 361, 2002.

35- Golub, G.H. Van Ioan, C.F. Matrix Computations
Third Edition, the Johns Hopkins University Press, 1996.
36- T. Hastie, R. Tishirani, Generalized Additive Models, Statistical Science, 297 – 318, vol.1, No.3, 1986.

37- Shahsavand, A. Ahmadpour, A. Application of Optimal RBF Neural Networks for Optimization and Characterization of Porous Materials, Computes & Chemical Engineering 29, 2134-2143, Elsevier, 2005.

[ Downloaded from arcpe.modares.ac.ir on 2024-05-17 ]