



مدل سازی خواص رئولوژی گل حفاری پایه آبی حاوی نانو ذرات زینک اکساید در محلول پلیمری

نشاسته با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه با روش سطح پاسخ

امیر حیدری^{۱*}، لیمو صالح نژاد^۲، مسلم فتاحی^۳

^۱دانشیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی

^۲فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی

^۳استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعت نفت آبادان

* پست الکترونیک نویسنده مسئول Heydari@uma.ac.ir

چکیده

از جمله مهمترین پارامترها در پروسه حفاری یک چاه، سیالات به کار برده شده در آن می باشد که باید دارای خواص رئولوژی مطلوب در طول فرآیند حفاری باشند. امروزه جهت بهبود این خواص این سیالات از افزودنی هایی مانند پلیمرها، بیوپلیمرها و نانو ذرات اشاره کرد. در این پژوهش به مدل سازی پارامترهای رئولوژیکی سیالات حفاری پایه آبی حاوی نانو ذرات زینک اکساید در پلیمر طبیعی نشاسته با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداخته شد. برای آموزش و تعیین بهترین وزن ها و بایاسهای شبکه از الگوریتم ازدحام ذرات استفاده گردید و هیبرید آن با شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفت. سپس مدل به دست آمده اعتبار سنجی شده و با نتایج مدل پیشنهادی سطح پاسخ مقایسه شد. شبکه عصبی به دست آمده حاوی ۷ نرون در لایه پنهان بود. نتایج اعتبارسنجی و مقایسه دو مدل نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی عملکرد بهتری در پیش بینی داده ها دارد.

کلید واژگان: خواص رئولوژی، گل حفاری، نشاسته، شبکه عصبی مصنوعی، روش سطح پاسخ.

۱- مقدمه

حفاری فرآیندی تعیین کننده در بازیابی مواد زیر زمینی می باشد و سیالات حفاری کلید دستیابی به آن می باشند (۱). این سیالات از چندین ماده تشکیل شده اند که هر کدام نقش ویژه ای در آن بازی می کنند (۲). به دلیل نقش های متعددی که این سیالات در فرآیند حفاری دارند باید از نظر خواص رئولوژی رفتار مناسبی از خود نشان دهند اما مواد افزودنی به منظور بهبود کیفیت و عملکرد مایعات حفاری، آلودگی های سطحی و زیرزمینی در محل های دفن زباله و محیط اطراف ایجاد می کنند (۳) بنابراین شناسایی و جایگزینی افزودنی های زیست تخریب پذیر و سازگار با محیط زیست امری ضروری می باشد. نشاسته پلیمری طبیعی و دومین توده زیستی فراوان موجود در طبیعت می باشد (۴). این مواد به دلیل غیر سمی بودن و عدم ایجاد مشکلات زیست محیطی از بهترین افزودنی های سیالات حفاری می باشند (۵، ۶). از سوی دیگر تخریب حرارتی پلیمرها مهمترین مشکل در استفاده از آنها می باشد (۷). به منظور حل این مشکل از نانو ذرات با پایداری حرارتی بالا استفاده می شود. از جمله روش های اخیر در زمینه نانو سیالات می توان به مدل سازی و بهینه سازی داده ها با استفاده از روش های سطح پاسخ^۱ و شبکه عصبی مصنوعی^۲ اشاره کرد. علی رضایی و همکاران در سال ۲۰۱۷ به بررسی خواص رئولوژیکی نانو سیالات هیبریدی پایه روغنی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج شبیه سازی نیز حاکی از دقت بالای شبکه عصبی در مدل سازی داده ها بود (۸).

^۱ Response Surface Methodology

^۲ Artificial Neural Network



در این مقاله، در ادامه و به منظور مقایسه با مقاله چاپ شده در زمینه استفاده از نشاسته و نانو ذرات زینک اکساید به عنوان افزودنی جهت بهبود خواص رئولوژیکی گل‌های حفاری پایه آبی، به پیش بینی خواص به دست آمده با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداخته می شود و نتایج با پیش بینی های روش سطح پاسخ مورد مقایسه قرار گرفت (۹).

۲- بخش تجربی

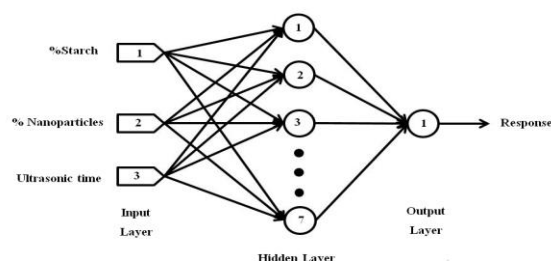
در ابتدا نانو ذرات زینک اکساید سنتز شدند. سپس غلظت‌های مختلف از آن در محلول‌های حاوی درصد‌های مختلف از نشاسته پراکنده شده و در مدت زمان‌های مختلف تحت امواج مافوق صوت قرار گرفته شد. سپس پارامترهای رئولوژیکی برای دو مدل پاورلا و بینگهام پلاستیک به دست آمد. جزئیات مربوط به بخش تجربی و مدل سازی به روش سطح پاسخ در کار قبلی گزارش شده است (۹).

۲-۱- مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی نوعی هوش مصنوعی هستند که صلاحیت بالایی در حل مسائل پیچیده مهندسی دارند (۱۰). این شبکه‌ها مبتنی بر پردازش عصبی مغز انسان می‌باشند که ابزاری قدرتمند در مدل سازی سیستم‌های غیر خطی هستند (۱۱، ۱۲). در این مطالعه به منظور مدل سازی پارامترهای رئولوژیکی از داده‌های تجربی به دست آمده در کار قبلی استفاده شد. لایه ورودی شامل متغیرهای مورد بررسی (درصد نشاسته، درصد نانو ذرات و زمان مافوق صوت) و در لایه خروجی به ترتیب پارامترهای رئولوژیکی (شاخص غلظت، شاخص رفتار جریان، نقطه تسلیم و ویسکوزیته پلاستیک) قرار داده شد. برای آموزش و تعیین بهترین وزنها و بایاسهای شبکه از الگوریتم ازدحام ذرات استفاده گردید و هیبرید آن با شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲- مقایسه دو مدل

نتایج به دست آمده توسط روش‌های سطح پاسخ و شبکه عصبی مصنوعی برای خواص رئولوژی اراشه و مقایسه شد. نمودارهای مقادیر واقعی در مقابل مقادیر پیش بینی شده برای هر دو مدل ترسیم شد. همچنین مقایسه عملکرد بین مدل‌ها با استفاده از سه پارامتر ضریب همبستگی (R^2)، میانگین مجموع مربعات خطا (RMSE) و انحراف استاندارد نرمال (Δq %) انجام شد.



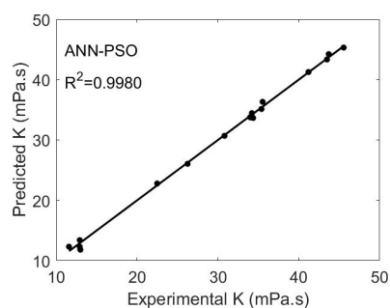
شکل ۱. شماتیک شبکه عصبی بهینه شده.

۳- نتایج و بحث

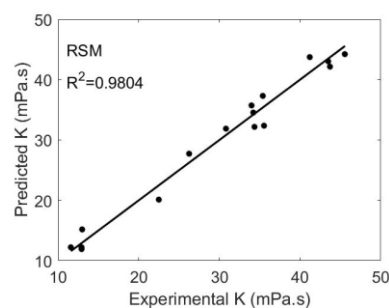
ساختار شبکه عصبی بهینه در این تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است. این ساختار دارای توپولوژی 3:7:1 است. هر یک از پاسخ‌ها به طور جداگانه با شبکه عصبی بررسی شدند. نمودارهای مقادیر واقعی در مقابل مقادیر پیش بینی شده برای هر دو مدل



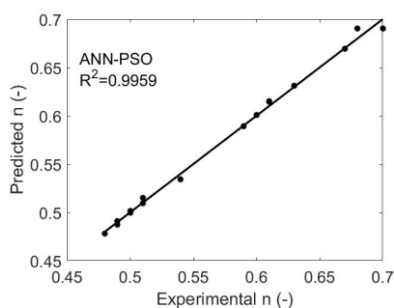
در شکل ۲ و پارامترهای مقایسه عملکرد مدل‌ها در جدول ۱، نشان داد که هر دو مدل برای پیش‌بینی داده‌ها مناسب بود اما شبکه عصبی مصنوعی عملکرد بهتری داشت.



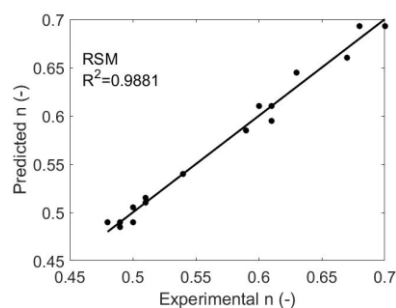
(ب)



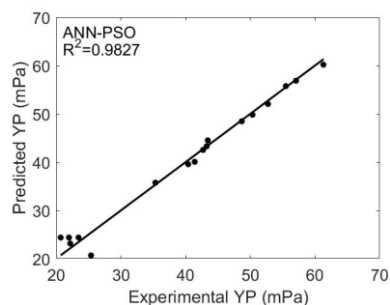
(الف)



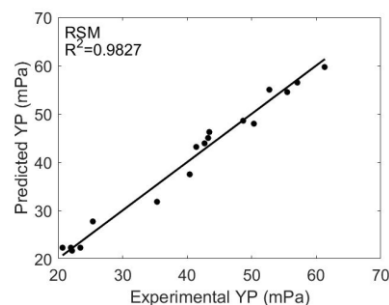
(د)



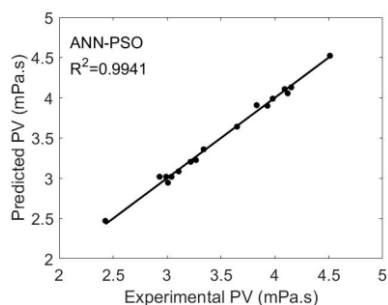
(ج)



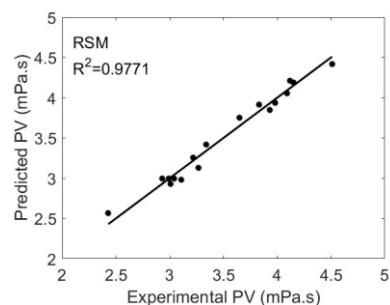
(خ)



(ح)



(ی)



(ه)

شکل ۲. مقایسه نمودارهای مقادیر واقعی در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده به روش سطح پاسخ (الف، ج، ح و ه) و شبکه عصبی مصنوعی (ب، د، خ و ی).



جدول ۱. اعتبارسنجی و مقایسه دو مدل.

پارامترهای مقایسه‌ای			
Δq (%)	RMSE	R^2	
			شاخص غلظت
۲۸/۵۴۱۲	۱/۶۷۷۸	۰/۹۸۰۴	RSM
۱۴/۵۰۳۵	۰/۵۳۷۱	۰/۹۹۸۰	ANN
			شاخص رفتار جریان
۵/۸۶۸۳	۰/۰۰۸۵	۰/۹۸۸۱	RSM
۳/۱۹۶۳	۰/۰۰۴۹	۰/۹۹۵۹	ANN
			نقطه تسلیم
۲۱/۳۷۴۱	۱/۸۸۱۴	۰/۹۷۹۱	RSM
۲۹/۰۷۰۸	۱/۷۱۳۵	۰/۹۸۲۷	ANN
			ویسکوزیته پلاستیک
۱۰/۷۵۹۳	۰/۰۸۳۸	۰/۹۷۷۱	RSM
۵/۴۳۴۳	۰/۰۴۲۶	۰/۹۹۴۱	ANN

۴- نتیجه‌گیری

استفاده از پلیمر نشاسته و نانو ذرات فلزی زینک اکساید موجب بهبود خواص رئولوژیکی شده و این خواص به دو روش مدل سازی و مقایسه شدند. مقایسه دو مدل نشان داد که دقت شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش سطح پاسخ در برآورد داده‌ها بیشتر است. از سوی دیگر روش سطح پاسخ در بررسی تعامل بین پارامترها و برهمکنش بین آنها عملکرد بهتری دارد.

مراجع

- [1] Sadeghalvaad M, Sabbaghi S. The effect of the TiO₂/polyacrylamide nanocomposite on water-based drilling fluid properties. Powder Technology. 2015;272:113-9.
- [2] Makonjwa SP. Synthesis & performance evaluation of cellulose nanocrystals as a drilling fluid additive for fluid loss and its impact on the fluid rheological properties 2015.
- [3] Apaleke AS, Al-Majed AA, Hossain ME, editors. Drilling fluid: State of the art and future trend. North Africa Technical Conference and Exhibition; 2012: Society of Petroleum Engineers.
- [4] Chike-Onyegbula C, Ogbobe O, Nwanonenyi S. Biodegradable polymer drilling mud prepared from guinea corn. Journal of Brewing and Distilling. 2012;3(1):6-14.
- [5] Versan Kok M, Alikaya T. Rheological evaluation of polymers as drilling fluids. Petroleum science and technology. 2003;21(1-2):113-23.
- [6] KOK MV, Alikaya T. Effect of polymers on the rheological properties of KCl/polymer type drilling fluids. Energy Sources. 2005;27(5):405-15.
- [7] Thomas DC. Thermal stability of starch-and carboxymethyl cellulose-based polymers used in drilling fluids. Society of Petroleum Engineers Journal. 1982;22(02):171-80.
- [8] Alirezaie A, Saedodin S, Esfe MH, Rostamian SH. Investigation of rheological behavior of MWCNT (COOH-functionalized)/MgO-engine oil hybrid nanofluids and modelling the results with artificial neural networks. Journal of Molecular Liquids. 2017;241:173-81.
- [9] Salehnezhad L, Heydari A, Fattahi M. Experimental investigation and rheological behaviors of water-based drilling mud contained starch-ZnO nanofluids through response surface methodology. Journal of Molecular Liquids. 2019;276:417-30.
- [10] Agwu OE, Akpabio JU, Alabi SB, Dosunmu A. Artificial intelligence techniques and their applications in drilling fluid engineering: A review. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2018;167:300-15.
- [11] Maran JP, Sivakumar V, Thirugnanasambandham K, Sridhar R. Artificial neural network and response surface methodology modeling in mass transfer parameters predictions during osmotic dehydration of Carica papaya L. Alexandria Engineering Journal. 2013;52(3):507-16.
- [12] Elkatatny S, Tariq Z, Mahmoud M. Real time prediction of drilling fluid rheological properties using Artificial Neural Networks visible mathematical model (white box). Journal of Petroleum Science and Engineering. 2016;146:1202-10.