بسم الله الرحمن الرحیم

اللهم صل علی محمد و عجل فرجهم
اللهم صل علی محمد و آل محمد و عجل فرجهم

دانشکده علوم طبیعی

گروه زمین شناسی

پایان‌نامه

« برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته‌ی زمین شناسی گرایش ژئوشیمی»

عنوان

تبدیل داده‌های لرزه‌ای به لاگ‌های ژئوشیمیایی توسط روش بهینه سازی کلونی مورچه در میدان نفتی هندیجان واقع در خلیج فارس

استاد راهنما

دکتر علی کدخدائی

استاد مشاور

دکتر اصغر اصغری مقدم

پژوهشگر

حسین بیگدلی

بهمن ماه ۱۳۹۲

تقدیم به

چشمه‌های جوشان محبت

جلوه‌های مهر و عطوفت الهی

لبخندهای پر مهر زندگیم

پدر و مادر عزیزم

که در تمام مراحل زندگی، به من راه و رسم درست زیستن را آموختند.

و

همسر مهربانم که نشانه لطف الهی در زندگی من است

سپاسگذاری

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و درود بر محمّد و خاندان پاك او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

بدون شك جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللّه عزّ و جلّ" :

ازپدر و مادر عزیزم این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت‌هایم گذشته‌اند و در تمام عرصه‌های زندگی یار و یاوری بی‌چشم داشت برای من بوده‌اند؛

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای **دکترعلی گدخدائی** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛

از استاد صبور و با تقوا ، جناب آقای **دکتر اصغر اصغری‌مقدم** ، ریاست محترم گرسی گروه، که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛

و از استاد فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای **دکتر محمد حسن‌پور صدقی** که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

صفحه چکیده

نام خانوادگی دانشجو: بیگدلی نام: حسین

عنوان: تبدیل داده‌های لرزه‌ای به لاگ‌های ژئوشیمیایی توسط روش بهینه‌سازی کلونی مورچه در میدان نفتی هندیجان واقع در خلیج فارس

استاد راهنما: دکتر علی کدخدائی

استاد مشاور: دکتر اصغر اصغری مقدم

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: زمین شناسی گرایش: ژئوشیمی دانشگاه: تبریز
دانشکده: علوم طبیعی تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۹۲ تعداد صفحات: ۱۴۸

کلید واژه‌ها: لاگ TOC، داده‌های پتروفیزیکی، داده‌های لرزه‌ای، وارون‌سازی لرزه‌ای، امپدانس صوتی، رگرسیون خطی چندنشانگری، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه

چکیده

محتوی کل کربن آلی در سنگ‌های منشأ و مخزن یکی از پارامترهای مهمی است که می‌تواند برای ارزیابی پتانسیل تولید و بررسی خصوصیات ژئوشیمیائی واحدهای هیدروکربنی مورد استفاده قرار گیرد. در کل، سنگ‌های غنی از مواد آلی بوسیله تخلخل بالا، زمان عبور امواج صوتی بالا، چگالی پایین، پرتو گاما و مقاومت ویژه بالا نسبت به سنگ‌های دیگر مشخص می‌شوند. مطالعه اخیر یک مدل مفید و بهینه برای برآورد TOC از داده‌های لرزه‌ای در سازندهای غار و آسماری، پابده، جهرم و ایلام-گورپی در میدان نفتی هندیجان را نشان می‌دهد. در این مطالعه این پارامتر با استفاده از تلفیق داده‌های لرزه‌ای دو بعدی با داده‌های پتروفیزیکی و داده‌های مقدار کل کربن آلی در محل چاه‌های ۳و ۴ هندیجان تخمین زده شد. در ابتدا با استفاده از لاگ‌های چگالی و صوتی لرزه‌نگاشت مصنوعی در محل هر چاه ساخته شد و در مرحله‌ی بعدی با داده‌های لرزه‌ای منطبق گردید و موجک لرزه‌ای میانگین مورد استفاده در وارون‌سازی با استفاده از دو چاه استخراج گردید. سپس داده‌های لرزه‌ای به امپدانس صوتی وارون‌سازی و به عنوان نشانگر خارجی به همراه نشانگرهای داخلی در طی فرآیند تخمین مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله‌ی بعدی به‌کمک دو روش رگرسیون خطی چند نشانگری و شبکه‌های عصبی مصنوعی، تخمین مقدار کل کربن آلی صورت گرفت و نتایج بدست آمده از دو روش با یکدیگر مقایسه گردید. و در مرحله آخر داده‌های لرزه‌ای با استفاده از تکنیک کلونی مورچه تخمین زده شد و با نتایج بدست آمده از دو روش رگرسیون خطی چند نشانگری و شبکه‌های عصبی مقایسه گردید.

فهرست مطالب

مقدمه

فصل اول

بررسی منابع

پایه‌های نظری و یشینه پژوهش

۱-۱ بیان مسئله..... ۱

۱-۲ اهداف مطالعه..... ۱

۱-۳ روش‌ها، پارامترها و نرم‌افزارهای مورد استفاده در مطالعه..... ۳

۱-۴ کل کربن آلی..... ۴

۱-۵ روش‌های برآورد کل کربن آلی..... ۶

۱-۵-۱ آنالیز TOC در آزمایشگاه..... ۶

۱-۵-۱-۱ سوزاندن ماده آلی..... ۶

۱-۵-۱-۲ روش پیرولیز راک –ایول..... ۷

۱-۵-۲ برآورد TOC با استفاده از لاگ‌های پتروفیزیکی..... ۸

۱-۶ لاگ‌های پتروفیزیکی..... ۱۳

۱-۶-۱ لاگ‌های الکتریکی..... ۱۴

۱-۶-۱-۱ نمودار پتانسیل خودزا یا SP..... ۱۴

۱-۶-۱-۲ نمودار مقاومت ویژه..... ۱۵

۱-۶-۲ لاگ‌های تخلخل..... ۱۷

۱-۶-۲-۱ لاگ نوترون..... ۱۷

۱-۶-۲-۲ لاگ سونیک..... ۱۸

۱-۶-۲-۳ لاگ چگالی ۲۰

۱-۶-۳ لاگ گاما ۲۲

۱-۷ بررسی‌های لرزه‌ای و روش بدست آوردن داده‌های لرزه‌ای..... ۲۴

۱-۷-۱ بررسی‌های رقومی چک‌شات..... ۲۵

۱-۷-۲ تبدیل زمان به عمق و پروفیل سرعت..... ۲۵

۱-۷-۳ ساخت ژئوگرام..... ۲۶

۱-۷-۴ پروفیل لرزه‌ای قائم..... ۲۸

۱-۸ موجک لرزه‌ای..... ۳۰

۱-۸-۱ موجک ریکر(فاز صفر و فاز ثابت)..... ۳۰

۱-۸-۲ موجک مینیمم فاز..... ۳۰

۱-۹ روش‌های محاسبه امپدانس صوتی..... ۳۱

۱-۹-۱ مدل لرزه‌ای گسسته ۳۲

۱-۹-۲ مدل لرزه‌ای پیوسته..... ۳۲

۱-۱۰ مدل همامیخت..... ۳۳

۱-۱۰-۱ بازتاب‌پذیری ۳۴

۱-۱۱ نشانگرهای لرزه‌ای ۳۶

۱-۱۲ وارون‌سازی لرزه‌ای ۳۸

۱-۱۳ روش‌های وارون‌سازی داده‌های لرزه‌ای ۳۹

۱-۱۳-۱ وارون‌سازی با روش باند محدود ۴۰

۱-۱۳-۲ روش وارون‌سازی از طریق الگوریتم خارهای پراکنده ۴۲

۱-۱۳-۳ وارون‌سازی با روش بر پایه مدل ۴۵

۱-۱۳-۴ وارون‌سازی با کمترین مربعات مشروط ۴۷

۱-۱۳-۵ وارون‌سازی با استفاده از شبکه‌های عصبی ۵۰

۱-۱۳-۵-۱ شبکه‌های عصبی بیولوژیکی ۵۰

۱-۱۳-۵-۲ شبکه‌های عصبی مصنوعی ۵۱

۱-۱۳-۵-۳ روش کار شبکه‌های عصبی مصنوعی ۵۲

۱-۱۳-۵-۴ شبکه عصبی پیشرو چند لایه (MLFN) ۵۳

۱-۱۳-۵-۵ شبکه عصبی احتمالاتی PNN ۵۳

۱-۱۴ رگرسیون خطی چند نشانگری ۵۵

۱-۱۵ ارتباط TOC با امپدانس صوتی ۵۷

۱-۱۶ الگوریتم مورچگان ۵۷

۱-۱۶-۱ تاریخچه ۵۷

۱-۱۶-۲ الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان ۵۹

۱-۱۶-۳ الگوریتم ساده شده مورچه‌ها ۶۰

۱-۱۶-۴ الگوریتم مورچه‌ها ۶۲

فصل دوم

موقعیت میدان و زمین شناسی منطقه

۲-۱ مقدمه ۶۹

۲-۲ موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی خلیج فارس ۶۹

۲-۳ تاریخچه و موقعیت میدان نفتی هندیجان ۷۲

۲-۴ زمین‌شناسی میدان نفتی هندیجان ۷۴

۲-۴-۱ چینه‌شناسی ۷۴

۲-۴-۲ زمین‌شناسی ساختمانی میدان ۷۸

۲-۴-۲ -۱ فروافتادگی دزفول ۸۱

۲-۵ زمین‌شناسی مخزن میدان ۸۳

۲-۵-۱ مخزن غار (ضخامت سازند ۹۷ متر) ۸۴

۲-۵-۱-۱ ساختمان مخزن ۸۴

۲-۵-۱-۲ سنگ مخزن ۸۴

۲-۵-۱-۳ پارامترهای پتروفیزیکی مخزن ۸۵

۲-۵-۲ مخزن آسماری(ضخامت سازند ۱۲۳ متر، ضخامت مخزن ۸۸ متر) ۸۵

۲-۵-۲-۱ ساختمان مخزن ۸۵

۲-۵-۲-۲ سنگ مخزن..... ۸۵

۲-۵-۲-۳ پارامترهای پتروفیزیکی مخزن..... ۸۶

۲-۵-۳ مخزن سروک..... ۸۶

۲-۵-۳-۱ ساختمان مخزن..... ۸۶

۲-۵-۳-۲ سنگ مخزن..... ۸۶

۲-۵-۳-۳ پارامترهای پتروفیزیکی مخزن..... ۸۶

۲-۵-۴ مخزن کژدمی یا نهرامر(ضخامت سازند ۲۰۶ متر، ضخامت مخزن ۴۸ متر)..... ۸۷

۲-۵-۴-۱ ساختمان مخزن..... ۸۷

۲-۵-۴-۲ سنگ مخزن..... ۸۷

۲-۵-۴-۳ پارامترهای پتروفیزیکی مخزن..... ۸۷

فصل سوم

بحث و نتایج

۳-۱ مقدمه..... ۸۸

۳-۲ مراحل انجام پژوهش..... ۸۸

۳-۲-۱ اطلاعات موجود و چگونگی بارگذاری آن‌ها..... ۸۸

۳-۲-۲ بارگذاری داده‌های پتروفیزیکی، داده‌های TOC، داده های چک شات، رأس سازنده در بخش ژئوویو نرم افزار HRS..... ۸۹

۳-۲-۳ بارگذاری داده‌های لرزه‌ای دو بعدی پس از برانبارش..... ۸۹

۳-۲-۴ اعمال چک‌شات به منظور تبدیل زمان به عمق ۹۰

۳-۲-۵ استخراج موجک لرزه‌ای ۹۱

۳-۲-۶ ساخت لرزه‌نگاشت مصنوعی و تطابق آن با داده‌های لرزه‌ای ۹۳

۳-۲-۷ پیک کردن افق های سازندی بر روی مقطع لرزه‌ای ۹۴

۳-۲-۸ ساخت مدل اولیه فرضی برای وارون‌سازی داده‌های لرزه‌ای ۹۴

۳-۳ عملیات وارون سازی لرزه‌ای ۹۵

۳-۳-۱ مقایسه بین لاگ امپدانس حاصل از الگوریتم بر پایه مدل با لاگ اصلی امپدانس صوتی ۹۶

۳-۳-۲ ساخت مقطع امپدانس صوتی با استفاده از وارون‌سازی داده‌های لرزه‌ای از طریق الگوریتم بر پایه مدل ۹۷

۳-۳-۳ مقایسه بین لاگ امپدانس محاسبه شده از طریق الگوریتم خارهای پراکنده و لاگ اصلی امپدانس صوتی ۹۷

۳-۳-۴ ساخت مقطع امپدانس صوتی با استفاده از وارون‌سازی داده‌های لرزه‌ای بوسیله الگوریتم خارهای پراکنده ۹۸

۳-۳-۵ مقایسه بین لاگ امپدانس محاسبه شده از طریق الگوریتم باند محدود و لاگ اصلی امپدانس صوتی ۹۹

۳-۳-۶ ساخت مقطع امپدانس صوتی با استفاده از وارون‌سازی داده‌های لرزه‌ای از طریق الگوریتم باند محدود ۱۰۰

۳-۳-۷ مقایسه بین لاگ امپدانس محاسبه شده از طریق الگوریتم شبکه عصبی و لاگ اصلی امپدانس صوتی ۱۰۰

۳-۳-۸ ساخت مقطع امپدانس صوتی با استفاده از وارون‌سازی داده‌های لرزه‌ای از طریق الگوریتم شبکه

عصبی..... ۱۰۱

۳-۳-۹ رابطه بین امپدانس صوتی با داده‌های پتروفیزیکی و پارامتر TOC..... ۱۰۲

۳-۴ تخمین TOC و لاگ‌های چاه‌پیمایی با استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای چند متغیره و شبکه عصبی احتمالاتی..... ۱۰۳

۳-۴-۱ تخمین لاگ سونیک براساس رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی..... ۱۰۶

۳-۴-۲ تخمین لاگ چگالی براساس رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی..... ۱۱۰

۳-۴-۳ تخمین لاگ گامای طبیعی براساس رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی..... ۱۱۸

۳-۴-۴ تخمین کل کربن آلی براساس رگرسیون چند متغیره و شبکه‌های عصبی در افق غار و آسماریA..... ۱۲۱

۳-۴-۵ تخمین کل کربن آلی براساس رگرسیون چند متغیره و شبکه‌های عصبی در حدفاصل رأس افق غار تا رأس سازند سروک..... ۱۲۹

۳-۴-۶ تخمین کل کربن آلی توسط تکنیک کلونی مورچه و مقایسه آن روش‌های رگرسیون چند نشانگری و شبکه‌های عصبی در افق غار و آسماریA..... ۱۳۵

۳-۴-۷ تخمین TOC با استفاده از شبکه عصبی(ANN) در محیط متلب..... ۱۳۹

فصل چهارم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۴-۱ نتیجه‌گیری..... ۱۴۱

۴-۲ پیشنهادات..... ۱۴۲

منابع..... ۱۴۳

فهرست جداول

فصل اول

جدول۱-۱) خلاصه‌ای از روش‌ها برای تخمین کل کربن آلی از لاگ‌های پتروفیزیکی(Sondergeld et al, 2010) ۱۲

فصل دوم

جدول۲-۱) سنگ‌شناسی مخزن غار(SIRIP CO, 1971)..... ۸۴

فصل سوم

جدول۳-۱) نشانگرهای چندگانه لرزه‌ای مورد استفاده در تخمین نگار صوتی ۱۰۷

جدول ۳-۲) نشانگرهای چندگانه لرزه‌ای مورد استفاده در تخمین نگار چگالی ۱۱۲

جدول ۳-۳) نشانگرهای چندگانه لرزه‌ای مورد استفاده در تخمین لاگ گاما ۱۱۸

جدول ۳-۴) نشانگرهای چندگانه لرزه‌ای مورد استفاده در تخمین لاگ TOC در افق غار و آسماری A ۱۲۳

جدول ۳-۵) نشانگرهای چندگانه لرزه‌ای مورد استفاده در تخمین لاگ TOC در حدفاصل رأس افق غار تا رأس سازند سروک ۱۲۹

فهرست اشکال

فصل اول

شکل۱-۱) مختصات چاه‌های میدان نفتی هندیجان ۳

شکل۱-۲) مسیرهای تبدیل بقایای موجودات زنده به کل کربن آلی (Chilingar and Fu Yen, 1978)

.....۶

شکل۱-۳) الگوی فرضی روی هم قرار گرفتن لاگ‌های چگالی و نوترون به منظور تخمین تخلخل و سنگ‌شناسی (Doveton, 1986).....۲۲

شکل۱-۴) نمودار شماتیک پرتوی گاما برای سنگ‌ها مختلف ۲۴

شکل۱-۵) فرآیند ساخت VSP شامل سه مرحله اصلی: اصلاح داده‌ها برای بهینه‌سازی کیفیت شوت، انتشار قطار امواج رفت و برگشتی، و واهمامیخت(Schlumberger, 1991).....۲۹

شکل۱-۶) دو نوع موجک، سمت چپ ریکر، سمت راست فاز مینیمم(Russell,1988).....۳۰

شکل۱-۷) روش‌های مختلف وارون‌سازی داده‌های لرزه‌ای با تغییراتی از (Russell, 1988).....۳۹

شکل۱-۸) نمایی از شبکه عصبی همراه با نمایش ارتباط ما بین گره‌ها(Kadkhodaie et al, 2009).....۵۲

شکل۱-۹) رفتار مورچه‌های آرژانتینی در آزمایش گاس و همکارانش(Olariu and Zomaya, 2006).....۵۹

شکل۱-۱۰) مسیر بهینه‌ای که به وسیله مورچه‌ها در یک گراف ساده پیدا شده است(Olariu and Zomaya, 2006) ۶۲

شکل۱-۱۱) فهرست عملیاتی که در یک مرحله از اجرای الگوریتم مورچه‌ها انجام می‌شوند(مطیع قادر و همکاران، ۱۳۸۹).....۶۸

فصل دوم

شکل۲-۱) موقعیت میدان نفتی هندیجان در خلیج فارس و راه‌های دسترسی به آن ۷۳

شکل۲-۲) چارت تطابق چینه‌شناسی مزوزوئیک- سنوزوئیک بخش ایرانی حوضه زاگرس که تغییرات جانبی لیتولوژی و رخساره‌ها را نشان می‌دهد ۷۷

شکل۲-۳) منطقه مورد مطالعه در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ رگ سفید به همراه واحدهای سنگی موجود در منطقه و موقعیت تقریبی میدان (به رنگ سبز) ۷۸

شکل۲-۴) تقسیم‌بندی ساختاری زاگرس و موقعیت تقریبی میدان (به رنگ سبز) با تغییراتی از فرضی‌پور صاین(۲۰۰۹) ۸۳

فصل سوم

شکل۳-۱) لاگ‌های چاه‌پیمایی مربوط به چاه HD-3 میدان هندیجان ۸۹

شکل۳-۲) لاگ‌های چاه پیمایی مربوط به چاه HD-4 میدان هندیجان..... ۹۰

شکل۳-۳) استفاده از داده‌های چک شات برای تصحیح ارتباط دادهای چاه و مقطع لرزه‌ای..... ۹۱

شکل۳-۴) موجک استخراج شده با استفاده از چاه (زمان)..... ۹۲

شکل۳-۵) موجک استخراج شده با استفاده از چاه (فرکانس)..... ۹۲

شکل۳-۶) تصحیح چاه و مقطع لرزه‌ای در برنامه ایلاگ از نرم افزار HRS..... ۹۳

شکل۳-۷) موقعیت افق سازندها بر روی مقطع لرزه‌ای در برنامه استراتا از نرم‌افزار HRS..... ۹۴

شکل۳-۸) مدل اولیه فرضی ساخته شده از مقطع لرزه‌ای..... ۹۵

شکل۳-۹) ارتباط بین لاگ امپدانس حاصل از الگوریتم بر پایه مدل با لاگ اصلی امپدانس صوتی در برنامه استراتا، در چاه‌های HD-3 و HD-4..... ۹۶

شکل۳-۱۰) وارون‌سازی از طریق الگوریتم بر پایه مدل در میدان هندیجان، داده‌های رنگی امپدانس صوتی محاسبه شده می‌باشند..... ۹۷

شکل۳-۱۱) ارتباط بین لاگ امپدانس حاصل از الگوریتم بر خارهای پراکنده با لاگ اصلی امپدانس صوتی در برنامه استراتا، در چاه‌های HD-3 و HD-4..... ۹۸

شکل۳-۱۲) وارون‌سازی از طریق الگوریتم بر خارهای پراکنده بر روی خط لرزه‌ای ۱۹ میدان هندیجان، داده‌های

رنگی پس زمینه امپدانس صوتی محاسبه شده می‌باشد..... ۹۹

شکل۳-۱۳) مقایسه بین لاگ امپدانس محاسبه شده از طریق الگوریتم باند محدود با لاگ اصلی امپدانس صوتی در HD-3 و HD-4..... ۹۹

شکل۳-۱۴) وارون‌سازی از طریق الگوریتم باند محدود در دو چاه HD-3 و HD-4 هندیجان..... ۱۰۰

شکل۳-۱۵) نتایج آموزش شبکه عصبی در برنامه استراتا از نرم افزار HRS..... ۱۰۱

شکل۳-۱۶) وارون‌سازی از طریق الگوریتم شبکه عصبی بر روی خط لرزه‌ای ۱۹ میدان هندیجان..... ۱۰۲

شکل۳-۱۷) رابطه بین امپدانس صوتی با داده‌های پتروفیزیکی و TOC..... ۱۰۳

شکل۳-۱۸) نمایش داده‌های ورودی به برنامه ایمرج..... ۱۰۴

شکل۳-۱۹) نمودار اعتبارسنجی متقاطع برای شناسایی تعداد نشانگر بهینه..... ۱۰۶

شکل۳-۲۰) اعتبارسنجی نشانگر چندگانه شامل پنج نشانگر منفرد مرتبط با لاگ صوتی در دو چاه HD-3 و HD-4..... ۱۰۷

شکل۳-۲۱) اعتبارسنجی شبکه عصبی در ارتباط با پنج نشانگر منفرد و مرتبط با نگار صوتی در دو چاه HD-3 و HD-4..... ۱۰۷

شکل۳-۲۲) ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی DT و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در چاه‌های HD-3 **و** HD-4..... ۱۰۸

شکل۳-۲۳) مقایسه بین مقادیر واقعی DT و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند نشانگری در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4..... ۱۰۸

شکل۳-۲۴) ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی DT و پیش بینی شده با استفاده از روش شبکه عصبی در چاه‌های HD-3 و HD-4..... ۱۰۹

شکل۳-۲۵) مقایسه بین مقادیر واقعی DT و پیش بینی شده با استفاده از روش شبکه عصبی در مقابل زمان در

چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۰

شکل۳-۲۶) ضریب همبستگی بین مقادیر پیش بینی شده با استفاده از دو روش رگرسیونی و شبکه عصبی در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۱

شکل۳-۲۷) مقایسه بین مقادیر واقعی DT و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند نشانگری و شبکه عصبی در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۱

شکل۳-۲۸) مقطع محاسبه شده صوتی. تغییرات صوتی در چاه HD-3 هندیجان نشان داده شده است ۱۱۲

شکل۳-۲۹) اعتبارسنجی نشانگر چندگانه شامل پنج نشانگر منفرد مرتبط با نگار چگالی در دو چاه HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۳

شکل۳-۳۰) اعتبارسنجی شبکه عصبی در ارتباط با پنج نشانگر منفرد و مرتبط با نگار چگالی در دو چاه HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۳

شکل۳-۳۱) ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی چگالی و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۴

شکل۳-۳۲) مقایسه بین مقادیر واقعی چگالی و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۴

شکل۳-۳۳) ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی چگالی و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۵

شکل۳-۳۴) مقایسه بین مقادیر واقعی چگالی و پیش بینی شده با استفاده از روش شبکه عصبی در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۵

شکل۳-۳۵) ضریب همبستگی بین مقادیر پیش بینی شده چگالی با استفاده از دو روش رگرسیون چند نشانگری و شبکه عصبی در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۶

شکل۳-۳۶) مقایسه بین مقادیر واقعی چگالی و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند نشانگری و شبکه عصبی در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۷

شکل۳-۳۷) مقطع محاسبه شده که نشان دهنده چگالی است. تغییرات چگالی در چاه‌های HD-3 و HD-4 هندیجان نشان داده شده است..... ۱۱۷

شکل۳-۳۸) اعتبارسنجی نشانگر چندگانه شامل هفت نشانگر منفرد مرتبط با لاگ گاما در دو چاه HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۸

شکل۳-۳۹) اعتبارسنجی شبکه عصبی در ارتباط با هفت نشانگر منفرد و مرتبط با لاگ گاما در دو چاه HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۹

شکل۳-۴۰) ضریب همبستگی بین مقادیر پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند نشانگری در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۱۹

شکل۳-۴۱) مقایسه بین مقادیر واقعی گاما و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند نشانگری در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۲۰

شکل۳-۴۲) ضریب همبستگی بین مقادیر پیش بینی شده با استفاده از روش شبکه عصبی در چاه‌های HD-3 و HD-4 ..... ۱۲۱

شکل۳-۴۳) مقایسه بین مقادیر واقعی گاما طبیعی و پیش بینی شده با استفاده از روش شبکه عصبی در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4..... ۱۲۱

شکل۳-۴۴) ضریب همبستگی بین مقادیر پیش بینی شده گاما با استفاده از دو روش رگرسیون چند نشانگری و شبکه عصبی در چاه‌های HD-3 و HD-4..... ۱۲۲

شکل۳-۴۵) مقایسه بین مقادیر واقعی گامای طبیعی و پیش بینی شده با استفاده از دو روش رگرسیون چند نشانگری و شبکه عصبی در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4..... ۱۲۲

شکل۳-۴۶) مقطع محاسبه شده که نشان دهنده گامای طبیعی است. تغییرات پرتو گاما در چاه‌های HD-3 و HD-4 هندیجان نشان داده شده است. ۱۲۳

شکل۳-۴۷) اعتبارسنجی نشانگر چندگانه شامل پنج نشانگر منفرد مرتبط با لاگ TOC در دو چاه HD-3 و HD-4 ۱۲۴

شکل۳-۴۸) اعتبارسنجی شبکه عصبی شامل پنج نشانگر منفرد مرتبط با لاگ TOC در دو چاه HD-3 و HD-4 ۱۲۴

شکل۳-۴۹) ضریب همبستگی بین مقادیر پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند نشانگری در چاه‌های HD-3 و HD-4. ۱۲۵

شکل۳-۵۰) مقایسه بین مقادیر واقعی TOC و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند نشانگری در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4. ۱۲۵

شکل۳-۵۱) ضریب همبستگی بین مقادیر پیش بینی شده با استفاده از روش شبکه عصبی در چاه‌های HD-3 و HD-4. ۱۲۶

شکل۳-۵۲) مقایسه بین مقادیر واقعی TOC و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون چند نشانگری در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4. ۱۲۶

شکل۳-۵۳) ضریب همبستگی بین مقادیر پیش بینی شده TOC با استفاده از دو روش رگرسیون چند نشانگری و شبکه عصبی در چاه‌های HD-3 و HD-4. ۱۲۷

شکل۳-۵۴) مقایسه بین مقادیر واقعی TOC و پیش بینی شده با استفاده از دو روش رگرسیون چند نشانگری و شبکه عصبی در مقابل زمان در چاه‌های HD-3 و HD-4. ۱۲۸

شکل۳-۵۵) مقطع محاسبه شده که نشان دهنده TOC است. تغییرات TOC در چاه‌های HD-3 و HD-4 هندیجان نشان داده شده است. ۱۲۸