



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

In the name of Allah, Most Gracious, Most Merciful

... هَلْ يُسْئَلُ الَّذِينَ آمَنُوا وَالَّذِينَ لَا يُؤْمِنُونَ

... آیا کسانے کہہ داندو کسانے کہہ نہ داند، یکسانند؟

... Are they equal, those who know and those who do not know?



سُورَةُ الزُّمَرِ، الْآيَةُ تِسْعَةَ عَشْرَةَ
سورة همار که 9، آیه نه

Sura Az-Zumar, Ayah9

دانشگاه یزد
دانشکده مهندسی معدن و متالورژی
گروه اکتشاف معدن

پایان نامه
جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
مهندسی اکتشاف معدن

ارزیابی نشانگرهای لوزه‌ای در تخمین تخلخل مخزن

در یکی از میادین نفتی جنوب ایران

اساتید راهنما:

دکتر عبدالحمید انصاری

دکتر ناصر کشاورز فرج خواه

استاد مشاور:

دکتر احمد قربانی

پژوهشگر:

محمد لطفی

مهر ماه ۱۳۹۲

با تمام وجود تقدیم به:

آنان که بودشان تاج افتخاری است بر سرم و نشان دلیلی بر بودنم
آموزگاران واقعی زندگی که برایم
انسانیت، شجاعت، نجابت، سخاوت و محبت را معنی کردند...

پدر و مادر عزیزم

... یرفع الله الذین آمنوا منکم والذین اتوا العلم درجات والله بآعمالکم خبیر.

سپاس و ستایش بی پایان خداوند بلند مرتبه و بزرگوار را که، هستی ام، بنخشد و مرا از نعمت داشتن بهترین پدر و مادر بهره مند ساخت؛ به بمنشینی بارهروان و دانش منمخترم کرد و بار دیگر کامم را از شدت اقیانوس بی پایان علم مطلق خویش شیرین ساخت. می دانم ساکنگزاری در برابر ذره ای از این الطاف سرشار از عشق و رحمت هائی میگردان که همواره روشنائی بخش کلبه محقر درونم بوده، با وجود زبانی قاصر بیچگاه در توانم نیست. پس به رسم هندگی در برابر آستان مقدس و صفات بی همتایش پیشانی بر خاک می سایم و پروردگارم را که در کمال رأفت و عطف، رخصت به سرانجام رسیدن حاصل یک سال و اندکی تلاش مستمر را در قالب این پایان نامه به بنده خویش عنایت فرمود هزاران بار شکر و سپاس می گویم و از او خواستار عنایت توفیق خدمتی سرشار از شور و نشاط همراه و همسودانش و پژوهش جهت رشد و شکوفائی کشور عزیزم ایران، هستم.

پس از حمد و شنای خداوند یکتا، بر خود می دانم که به رسم وظیفه، بر دوستان پر مهر پدر و مادر عزیزتر از جانم که مرا از کودکی تا به امروز پروراندند و گریانه در این راه از کنار غفلت هایم که زشتند؛ فرشتگانی که فدای کارانه راه و رسم چگونگی زیستن را به من آموختند؛ سرورانی که مهربانانه در راه کسب علم و معرفت، همواره راهنما و مشوقم بودند و بزرگوارانی که دلسوزانه نفس خیرشان و دعای روح پرورشان، همواره بدرقه راهم بوده بوسه زانم. به راستی که خداوند متعال، رضایت خود را در رضایتمندی والدینم قرار داده؛ پس به احترام این جایگاه رفیع، در محضر ارزشمند آمان سر تعظیم فرود آورده و از حضرت باری تعالی، سلامتی، طول عمر و رضایتمندی ابدی آنان را خواستارم.

به رسم ادب و به مصداق "من لم یسکر المخلوق، لم یسکر الخالق"، شایسته است تا از زحمات بی شائبه اساتید محترم راهبنا جناب آقای دکتر عبدالمجید انصاری و جناب آقای دکتر ناصر کشاورز فرج خواه که در کمال سعه صدر و با حسن خلق و فروتنی از بیچگونگی یاری در این عرصه دین نورزیدند؛ دکتر احمد قربانی مدیرت محترم گروه انکشاف معدن که زحمت مشاوره این پایان نامه را مستقبل شدند و هیئت محترم داوران کمال شکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از حمایت هائی ممنونی پژوهشگاه صنعت نفت و راهبنائی هائی ارزشمند جناب آقایان مهندس اصغر نادری، دکتر بنام حسینی شعار، دکتر احسان صالحی و مهندس سجاد اسماعیل پور صمیمانه ساکنگزارم.

حضور دکترم کندوه دوستان عزیز که به تعبیر حضرت امیرالمؤمنین (ع)، نزدیکترین نزدیکیانند؛ همواره برای من امیدبخش بوده است. پس با قدردانی از تمامی محبت هایشان دست یکایک آنان را به گرمی می فشارم. باشد که این خردترین، بخشی از حق دوستی را ادا نماید.



کونند عارفان هنر و علم کیماست
فرخنده طائری که بدین بال و پر پرد
وقت گذشته را توانی خرید باز
گر زنده ای و مرده نه ای، کار جان کزین
تو مردی و دولت مردم فضیلت است
سالک نخواسته است ز کم گشته رهبری
چون معدن است علم و در آن روح کارگر
خوشر شوی به فضل، ز لعلی که دزمی است
آن را که دیبی هنر و علم در بر است
در آسمان علم، عل برترین پر است
میجوی که چه غم تو ز اندیشه برتر است
با دانش است فخر، نه با ثروت و عمار

وان مس که کشت همسراین کیماطلاست
همدوش مرغ دولت و هم عرصه ی هاست
مفروش خیره، کاین گهر پاک بی هاست
تن پروری چه سود، چو جان تو ناشاست
تنها وظیفه ی تو بی نیست خواب و خاست
عاقل نکرده است ز دیوانه باز خواست
پیوند علم و جان سخن گاه و کهر باست
برتر پری به علم، ز مرغی که در هواست
فرش سرای او چه غم ارزان که بویاست
در کشور وجود، هنر بهترین غناست
میوی که چه راه تو در کام اژدهاست
تنها هنر تفاوت انسان و چارباست

پر دین اعمامی



چکیده

اهمیت تخلخل به‌عنوان یکی از پارامترهای مؤثر در مخازن از یک سو و تنوع نشانگرهای لرزه‌ای که هر یک اطلاعات مهمی در شناخت لیتولوژی و پارامترهای پتروفیزیکی اهداف اکتشافی دارند از سوی دیگر باعث شده تا به مدد پشتوانه‌ی قوی اقتصاد نفت، پیشرفت‌های بسیاری در قالب نرم افزارها به‌منظور مطالعه‌ی تخلخل ارائه‌گردد. از جمله‌ی این پیشرفت‌ها می‌توان به بررسی همزمان داده‌های سه‌بعدی لرزه‌ای و چاه‌نگاری بصورت مدل‌سازی، وارون‌سازی، انواع روش‌های آنالیز و تخمین که همگی بصورت سه‌بعدی قابل انجام است، اشاره کرد.

با توجه به این موضوع، پس از انجام مطالعات دقیق بر روی پارامتر تخلخل و روش‌های اندازه‌گیری آن، نشانگرهای متأثر از این پارامتر و انواع روش‌های آنالیز رگرسیونی و شبکه‌های عصبی، مطالعات لرزه‌ای سه‌بعدی به‌منظور بررسی این پارامتر مخزنی در یکی از میادین نفتی جنوب ایران با بررسی دقیق نگارهای چاه‌پیمائی و نشانگرهای لرزه‌ای آغاز گردید. پس از تفسیر افق‌های تعیین‌شده در این میدان، با ساخت مدل امپدانس صوتی بصورت پیشرو با استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای و کنترل و ارزیابی توسط داده‌های چاه‌نگاری و در ادامه، وارون‌سازی و بکارگیری روش رگرسیونی با آنالیز تک‌نشانگری، چندنشانگری و روش شبکه‌های عصبی، تخلخل در بخش‌های موردنظر میدان تخمین زده شد.

طی فرآیندهای آنالیز و تخمین، علاوه بر تشخیص دو زون متخلخل، مشخص شد که در بین نشانگرهایی که براساس رابطه‌ی ریاضی، برای مطالعه‌ی تخلخل مناسب به‌نظر می‌رسیدند؛ استفاده از برخی باعث کاهش صحت تخمین می‌شود. لذا بررسی نشانگرهای موجود از نظر داشتن رابطه‌ی منطقی با تخلخل که در مطالعات مشابه مورد غفلت واقع شده بود به دقت انجام شد. نتایج بدست آمده به‌وضوح نشان داد که پس از حذف نشانگرهای غیرفیزیکی و انجام آنالیز مجدد، با افزایش پیوستگی تخمین تخلخل، تخمین انجام شده به‌شدت بهبود می‌یابد.

کلمات کلیدی: لرزه‌نگاری سه‌بعدی، نشانگر لرزه‌ای، مدل امپدانس صوتی، وارون‌سازی، آنالیز تک و چندنشانگری، شبکه‌ی عصبی، تخمین تخلخل

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	مقدمه
۵.....	فصل اول: کلیات و مروری بر کارهای گذشته
۷.....	۱-۱- مقدمه
۱۰.....	۲-۱- پیشینه‌ی تحقیق
۱۵.....	۳-۱- هدف از انجام پروژه
۱۷.....	فصل دوم: جایگاه تخلخل و انواع روش اندازه‌گیری آن
۱۹.....	۱-۲- مقدمه
۲۰.....	۲-۲- عوامل تعیین‌کننده‌ی میزان تخلخل
۲۰.....	۱-۲-۲- عوامل اولیه
۲۰.....	۲-۲-۲- عوامل ثانویه
۲۱.....	۳-۲- تقسیم‌بندی تخلخل
۲۱.....	۱-۳-۲- تقسیم‌بندی ژنتیکی (زایشی)
۲۱.....	۱-۱-۳-۲- تخلخل اولیه
۲۲.....	۱-۱-۳-۲- تخلخل بین‌ذره‌ای
۲۲.....	۲-۱-۳-۲- تخلخل درون‌ذره‌ای
۲۲.....	۲-۱-۳-۲- تخلخل ثانویه
۲۲.....	۱-۲-۳-۲- تخلخل بین بلوری
۲۳.....	۲-۲-۳-۲- تخلخل قالبی
۲۳.....	۳-۲-۳-۲- تخلخل روزنه‌ای
۲۳.....	۴-۲-۳-۲- تخلخل حفرهای
۲۳.....	۵-۲-۳-۲- تخلخل شکافی
۲۵.....	۲-۳-۲- تقسیم‌بندی توصیفی

- ۲۵..... ۱-۲-۳-۲- تخلص کل
- ۲۵..... ۲-۲-۳-۲- تخلص مفید (مؤثر)
- ۲۵..... ۳-۲-۳-۲- تخلص میکروسکوپی
- ۲۶..... ۴-۲-۳-۲- تخلص ماکروسکوپی
- ۲۶..... ۴-۲- اندازه‌گیری و محاسبه‌ی تخلص
- ۲۷..... ۱-۴-۲- روش میکروسکوپی
- ۲۷..... ۲-۴-۲- روش ماکروسکوپی
- ۲۷..... ۳-۴-۲- روش مطالعه‌ی مغزه
- ۲۷..... ۴-۴-۲- روش نمودارگیری از چاه‌ها
- ۲۸..... ۱-۴-۴-۲- محاسبه‌ی تخلص با استفاده از یک نگار
- ۲۹..... ۱-۱-۴-۴-۲- محاسبه‌ی تخلص با استفاده از نگار چگالی
- ۲۹..... ۱-۱-۴-۴-۲- الف - سازندهای تمیز
- ۲۹..... ۱-۱-۴-۴-۲- ب - سازندهای شیلی
- ۳۰..... ۲-۱-۴-۴-۲- محاسبه‌ی تخلص با استفاده از نگار نوترون
- ۳۰..... ۲-۱-۴-۴-۲- الف - سازندهای تمیز
- ۳۱..... ۲-۱-۴-۴-۲- ب - سازندهای شیلی
- ۳۲..... ۳-۱-۴-۴-۲- محاسبه‌ی تخلص با استفاده از نگار صوتی
- ۳۲..... ۳-۱-۴-۴-۲- الف - سازندهای تمیز
- ۳۴..... ۳-۱-۴-۴-۲- ب - سازندهای شیلی
- ۳۵..... ۴-۱-۴-۴-۲- محاسبه‌ی تخلص با استفاده از نگارهای مقاومت‌ویژه
- ۳۵..... ۲-۴-۴-۲- محاسبه‌ی تخلص با استفاده از دو نگار
- ۳۶..... ۱-۲-۴-۴-۲- محاسبه‌ی تخلص با استفاده از نمودار متقاطع نوترون - چگالی
- ۳۸..... ۱-۲-۴-۴-۲- الف - تأثیر هیدروکربن بر نمودار متقاطع نوترون - چگالی
- ۳۸..... ۱-۲-۴-۴-۲- ب - تأثیر شیل بر نمودار متقاطع نوترون - چگالی
- ۳۸..... ۲-۲-۴-۴-۲- محاسبه‌ی تخلص با استفاده از نمودار متقاطع نوترون - صوتی
- ۴۰..... ۲-۲-۴-۴-۲- الف - تأثیر هیدروکربن بر نمودار متقاطع نوترون - صوتی

۴۰	تأثیر شیل بر نمودار متقاطع نوترون - صوتی
۴۰	محاسبه‌ی تخلخل با استفاده از نمودار متقاطع چگالی - صوتی
۴۲	تأثیر هیدروکربن بر نمودار متقاطع چگالی - صوتی
۴۲	تأثیر شیل بر نمودار متقاطع چگالی - صوتی
۴۳	روش استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای
۴۵	فصل سوم: بررسی نشانگرهای لرزه‌ای مهم در مطالعه‌ی تخلخل مخزن
۴۷	۱-۳- مقدمه
۴۷	۲-۳- تعریف نشانگر لرزه‌ای
۴۸	۳-۳- انواع دسته‌بندی نشانگرهای لرزه‌ای
۵۰	۱-۳-۳- دسته‌بندی تتر
۵۰	۱-۱-۳-۳- نشانگرهای هندسی
۵۰	۲-۱-۳-۳- نشانگرهای فیزیکی
۵۱	۱-۲-۱-۳-۳- نشانگرهای پیش‌برانبارش
۵۲	۲-۲-۱-۳-۳- نشانگرهای پس‌برانبارش
۵۲	۲-۳-۳- دسته‌بندی چن و سیدنی
۵۳	۳-۳-۳- دسته‌بندی بارنز
۵۴	۴-۳-۳- دسته‌بندی لاینر
۵۴	۵-۳-۳- دسته‌بندی براون
۵۵	۴-۳- روش‌های دسته‌بندی و درجه‌بندی (کالیبراسیون) نشانگرها
۵۶	۱-۴-۳- سیستم‌های دانش‌بنیان
۵۶	۲-۴-۳- آمار نشانگرها، زمین‌آمار
۵۶	۳-۴-۳- آنالیزهای تفکیک خطی و PCA
۵۶	۴-۴-۳- دسته‌بندی و درجه‌بندی (کالیبراسیون) بدون نظارت
۵۷	۵-۳- آموزش نظارت و طبقه‌بندی توسط شبکه‌های عصبی
۵۷	۶-۳- معرفی نشانگرهای لرزه‌ای مهم برای شناسائی تخلخل
۵۸	۱-۶-۳- پوش سیگنال یا قدرت بازتاب

۵۸	۳-۶-۲- مشتق پوش
۵۹	۳-۶-۳- مشتق دوم پوش
۶۰	۳-۶-۴- فاز لحظه‌ای
۶۰	۳-۶-۵- کسینوس فاز لحظه‌ای
۶۱	۳-۶-۶- فرکانس لحظه‌ای
۶۱	۳-۶-۷- شتاب لحظه‌ای
۶۲	۳-۶-۸- شاخص طبقات نازک
۶۲	۳-۶-۹- پهنای باند لحظه‌ای
۶۳	۳-۶-۱۰- کیفیت لحظه‌ای
۶۳	۳-۶-۱۱- امیدانس صوتی
۶۴	۳-۶-۱۲- امیدانس صوتی نسبی
۶۵	۳-۶-۱۳- وارون‌سازی امیدانس لرزه‌ای
۶۸	۳-۶-۱۳-۱- روش‌های وارون‌سازی لرزه‌ای
۶۹	۳-۶-۱۳-۲-الف- وارون‌سازی بازگشتی یا باند محدود
۶۹	۳-۶-۱۳-۲-ب- وارون‌سازی خارهای پراکنده
۶۹	۳-۶-۱۳-۲-ج- وارون‌سازی بر پایه‌ی مدل
۷۱	۳-۷- نمودار متقاطع نشانگرها
۷۳	فصل چهارم: آنالیز نشانگرهای لرزه‌ای به منظور تخمین تخلخل
۷۵	۴-۱- مقدمه
۷۶	۴-۲- ترکیب نشانگرها
۷۸	۴-۳- روش‌های نوین آنالیز نشانگرها
۷۹	۴-۳-۱- روش رگرسیون خطی چندنشانگری
۷۹	۴-۳-۱-۱- آنالیز تک نشانگری
۸۰	۴-۳-۲- آنالیز چندنشانگری
۸۳	۴-۳-۲- روش رگرسیون گام به گام
۸۴	۴-۳-۳- شبکه‌های عصبی مصنوعی

۸۷.....	فرآیند آموزش شبکه‌های عصبی..... ۱-۳-۳-۴
۸۸.....	شبکه‌های عصبی پس‌انتشار خطا..... ۱-۱-۳-۳-۴
۹۰.....	شبکه‌های عصبی با تابع پایه شعاعی..... ۲-۱-۳-۳-۴
۹۲.....	شبکه‌های عصبی پیش‌خور چندلایه..... ۳-۱-۳-۳-۴
۹۴.....	شبکه‌های عصبی احتمالاتی..... ۴-۱-۳-۳-۴
۹۷.....	اعتبارسنجی..... ۴-۳-۴
۹۹.....	فصل پنجم: وارون‌سازی مقادیر تخلخل.....
۱۰۲.....	مقدمه..... ۱-۵
۱۰۲.....	معرفی منطقه..... ۲-۵
۱۰۴.....	داده‌های مورد مطالعه..... ۳-۵
۱۰۸.....	انطباق داده‌های لرزه‌ای و چاه..... ۴-۵
۱۱۰.....	ساخت مدل اولیه‌ی مقاومت‌صوتی..... ۵-۵
۱۱۰.....	وارون‌سازی..... ۶-۵
۱۱۱.....	تخمین تخلخل..... ۷-۵
۱۱۲.....	تخمین تخلخل با استفاده از روش رگرسیونی..... ۱-۷-۵
۱۱۹.....	تخمین تخلخل با استفاده از شبکه‌های عصبی..... ۲-۷-۵
۱۲۸.....	تحلیل نتایج..... ۸-۵
۱۳۱.....	فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۱۳۴.....	نتیجه‌گیری..... ۱-۶
۱۳۶.....	پیشنهادات..... ۲-۶
۱۳۷.....	پیوست‌ها
۱۴۰.....	پیوست الف).....
۱۴۱.....	پیوست ب).....
۱۴۲.....	پیوست ج).....
۱۴۳.....	پیوست د).....

۱۴۶..... پیوست هـ)

۱۴۹..... پیوست و)

۱۵۱..... منابع و مأخذ

۱۵۴..... منابع و مأخذ

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۱- خط زمانی تحولات نشانگرهای لرزه‌ای و ارتباط آنها با پیشرفت‌های کلیدی در فناوری اکتشافات لرزه‌ای..... ۱۳
- شکل ۱-۲- نمایش شماتیک تخلخل کل و تخلخل مؤثر..... ۲۶
- شکل ۱-۳- نمایش اجزای ردلرزه‌ی مختلط..... ۴۹
- شکل ۲-۳- دسته‌بندی نشانگرهای لرزه‌ای توسط براون..... ۵۵
- شکل ۱-۴- اختلاف محتوای فرکانسی پارامتر موردنظر در چاه و نشانگر لرزه‌ای به همراه اختصاص وزن به هر نشانگر برای تخمین پارامتر موردنظر..... ۸۱
- شکل ۲-۴- استفاده از عملگر هم‌آمیخت ۵ نقطه‌ای برای ایجاد رابطه‌ی بهینه بین نمودار درون‌چاهی و نشانگرهای لرزه‌ای..... ۸۲
- شکل ۳-۴- نمایش شماتیک یک نورون مصنوعی..... ۸۶
- شکل ۴-۴- تابع خطا با مینیمم‌های محلی مطلق..... ۸۹
- شکل ۵-۴- نورون شعاعی با ورودی و منحنی تابع فعال‌سازی آن..... ۹۲
- شکل ۶-۴- نمایش شماتیکی از یک شبکه‌ی عصبی پیش‌خورچندلایه..... ۹۳
- شکل ۷-۴- نمایش چگونگی پس‌انتشارخطا..... ۹۴
- شکل ۸-۴- نمایش بیش‌برازش و برازش در اعتبارسنجی داده‌ها..... ۹۸
- شکل ۱-۵- روندنمای نشان‌دهنده‌ی سیر مطالعاتی انجام شده به‌منظور تخمین تخلخل در میدان نفتی مورد مطالعه..... ۱۰۳
- شکل ۲-۵- یکی از مقاطع لرزه‌ای از داده‌های میدان نفتی مورد مطالعه در محدوده‌ی زمانی صفر تا ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه که دربرگیرنده‌ی افق‌های آسماری، بنگستان و بخش فوقانی گروه خامی می‌باشد..... ۱۰۵
- شکل ۳-۵- یکی از مقاطع لرزه‌ای از داده‌های افق آسماری میدان نفتی مورد مطالعه در محدوده‌ی زمانی ۱۳۰۰ تا ۱۷۰۰ میلی‌ثانیه..... ۱۰۵
- شکل ۴-۵- نقشه‌ی محل چاه‌های حفاری شده در منطقه‌ی برداشت لرزه‌ای..... ۱۰۷
- شکل ۵-۵- نمایش تفسیر زون آسماری..... ۱۰۷

- شکل ۵-۶- نمایش تفسیر زون آسماری-۴ ۱۰۸
- شکل ۵-۷- نمایش تفسیر زون آسماری-۷ ۱۰۸
- شکل ۵-۸- نمایش انطباق داده‌های لرزه‌ای و چاهی به میزان ۸۷٪ در محل چاه شماره‌ی ۱ ۱۰۹
- شکل ۵-۹- نمایش مدل اولیه‌ی امیدانس‌صوتی ساخته شده براساس افق‌های تفسیر شده و اطلاعات نمودارهای چاه در محل چاه شماره‌ی ۱ ۱۱۰
- شکل ۵-۱۰- نمایش نتیجه‌ی وارون‌سازی امیدانس‌صوتی لرزه‌ای بر مبنای مدل ساخته‌شده در محل چاه شماره‌ی ۱ ۱۱۱
- شکل ۵-۱۱- نمایش نمونه‌ای از نتیجه‌ی نامناسب اعمال روش چندنشاندگی در حضور نشانگرهای نامناسب بر حجم داده‌های لرزه‌ای به‌منظور تخمین تخلخل در محل چاه شماره‌ی ۸ ۱۱۴
- شکل ۵-۱۲- نتیجه‌ی آنالیز چندنشاندگی با یازده نشانگر و طول عملگر ۲ ۱۱۵
- شکل ۵-۱۳- دلیل ایجاد خطای اضافی در اثر افزایش بیش از حد نشانگرها ۱۱۶
- شکل ۵-۱۴- مقایسه‌ی نمودارهای مدل‌سازی شده با نمودارهای اصلی تخلخل با بکارگیری ۱۰ نشانگر در محل چاه‌های ۴، ۵ و ۸ با روش رگرسیون چندنشاندگی ۱۱۶
- شکل ۵-۱۵- نمایش نتیجه‌ی اعتبارسنجی انطباق نمودارهای مدل‌سازی شده بر نمودارهای اصلی تخلخل با بکارگیری ۱۰ نشانگر در محل چاه‌های ۴، ۵ و ۸ با روش رگرسیون چندنشاندگی ۱۱۷
- شکل ۵-۱۶- نمایش نتیجه‌ی اعمال روش چندنشاندگی بر حجم داده‌های لرزه‌ای به‌منظور تخمین تخلخل در محل چاه شماره‌ی ۴ ۱۱۸
- شکل ۵-۱۷- نمایش نتیجه‌ی اعمال روش چندنشاندگی بر حجم داده‌های لرزه‌ای به‌منظور تخمین تخلخل در محل چاه شماره‌ی ۵ ۱۱۸
- شکل ۵-۱۸- نمایش نتیجه‌ی اعمال روش چندنشاندگی بر حجم داده‌های لرزه‌ای به‌منظور تخمین تخلخل در محل چاه شماره‌ی ۸ ۱۱۹
- شکل ۵-۱۹- برش داده‌ای در محل افق آسماری - ۷ ۱۲۰
- شکل ۵-۲۰- نمودار متقاطع مقدار تخلخل پیش‌بینی‌شده در مقابل مقدار واقعی تخلخل با بکارگیری ۱۰ نشانگر با روش شبکه‌ی عصبی با تابع پایه‌شعاعی ۱۲۱
- شکل ۵-۲۱- نمودار متقاطع مقدار تخلخل پیش‌بینی‌شده در مقابل مقدار واقعی تخلخل با بکارگیری ۱۰ نشانگر با روش شبکه‌ی عصبی پیش‌خور چندلایه ۱۲۲

- شکل ۵-۲۲- نمودار متقاطع مقدار تخلخل پیش‌بینی‌شده در مقابل مقدار واقعی تخلخل با بکارگیری ۱۰ نشانگر با روش شبکه‌ی عصبی احتمالاتی..... ۱۲۲
- شکل ۵-۲۳- مقایسه‌ی نمودارهای مدل‌سازی شده با نمودارهای اصلی تخلخل با بکارگیری ۱۰ نشانگر در محل چاه‌های ۴، ۵ و ۸ با روش شبکه‌ی عصبی احتمالاتی..... ۱۲۳
- شکل ۵-۲۴- نمایش نتیجه‌ی اعتبارسنجی انطباق نمودارهای مدل‌سازی شده بر نمودارهای اصلی تخلخل با بکارگیری ۱۰ نشانگر در محل چاه‌های ۴، ۵ و ۸ با روش شبکه‌ی عصبی با تابع پایه‌شعاعی..... ۱۲۳
- شکل ۵-۲۵- نمایش نتیجه‌ی اعتبارسنجی انطباق نمودارهای مدل‌سازی شده بر نمودارهای اصلی تخلخل با بکارگیری ۱۰ نشانگر در محل چاه‌های ۴، ۵ و ۸ با روش شبکه‌ی عصبی پیش‌خور چندلایه..... ۱۲۴
- شکل ۵-۲۶- نمایش نتیجه‌ی اعتبارسنجی انطباق نمودارهای مدل‌سازی شده بر نمودارهای اصلی تخلخل با بکارگیری ۱۰ نشانگر در محل چاه‌های ۴، ۵ و ۸ با روش شبکه‌ی عصبی احتمالاتی..... ۱۲۴
- شکل ۵-۲۷- نمایش نتیجه‌ی اعمال روش شبکه‌ی عصبی احتمالاتی بر حجم داده‌های لرزه‌ای به‌منظور تخمین تخلخل در محل چاه شماره‌ی ۴..... ۱۲۶
- شکل ۵-۲۸- نمایش نتیجه‌ی اعمال روش شبکه‌ی عصبی احتمالاتی بر حجم داده‌های لرزه‌ای به‌منظور تخمین تخلخل در محل چاه شماره‌ی ۵..... ۱۲۶
- شکل ۵-۲۹- نمایش نتیجه‌ی اعمال روش شبکه‌ی عصبی احتمالاتی بر حجم داده‌های لرزه‌ای به‌منظور تخمین تخلخل در محل چاه شماره‌ی ۸..... ۱۲۷
- شکل ۵-۳۰- برش داده‌ای در محل افق آسماری - ۷..... ۱۲۸
- شکل الف-۱- جایگاه چهارم جمهوری اسلامی ایران در بین غنی‌ترین کشورهای دنیا از نظر ذخایر اثبات شده‌ی نفت..... ۱۴۰
- شکل الف-۲- جایگاه دوم جمهوری اسلامی ایران در بین غنی‌ترین کشورهای دنیا از نظر ذخایر اثبات شده‌ی گاز طبیعی..... ۱۴۰
- شکل ج- نمودار متقاطع چگالی - صوتی برای تعیین فاکتور فشردگی..... ۱۴۲
- شکل د-۱- نمونه‌ای از نمودارهای متقاطع نوترون - چگالی..... ۱۴۳
- شکل د-۲- نمونه‌ای از نمودارهای متقاطع نوترون - صوتی..... ۱۴۴
- شکل د-۳- نمونه‌ای از نمودارهای متقاطع چگالی - صوتی..... ۱۴۵
- شکل ه- ۱- نقشه‌ی ساختاری ۱/۱۰۰۰۰۰۰ منطقه‌ی جنوب‌غربی ایران..... ۱۴۶

شکل هـ ۲- نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰۰ منطقه‌ی جنوب‌غربی ایران..... ۱۴۷

شکل هـ ۳- چینه‌شناسی ایران..... ۱۴۸

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۴.....	جدول ۱-۲- تقسیم‌بندی انواع تخلخل.....
۲۸.....	جدول ۲-۲- تقسیم‌بندی شماتیک سنگ و محتویات آن.....
۵۳.....	جدول ۱-۳- دسته‌بندی نشانگرها توسط بارنز.....
۸۶.....	جدول ۱-۴- توابع فعال‌سازی نورو.....
۱۰۷.....	جدول ۱-۵- مشخصات چاه‌های حفاری‌شده در میدان نفتی مورد مطالعه.....
۱۰۹.....	جدول ۲-۵- مقادیر گردشده‌ی میزان انطباق داده‌های لرزه‌ای و چاهی در محل چاه‌های حفاری شده.....
.....	جدول ۳-۵- نمایش ۳۰ نمونه از ۱۸۵ نمونه بدست‌آمده که در آن، نشانگرهای لرزه‌ای محاسبه‌شده به ترتیب
۱۱۳.....	افزایش خطای تخمین مرتب شده‌اند.....
.....	جدول ۴-۵- نشانگرهای تعیین‌شده به‌منظور آنالیز چندنشانگری به همراه میزان خطای تخمین و خطای
۱۱۴.....	اعتبارسنجی.....
.....	جدول ۵-۵- درصد انطباق در نتیجه‌ی اعتبارسنجی به همراه میزان خطا در استفاده از انواع شبکه‌های عصبی
۱۲۱.....	مورد استفاده قرار گرفته.....
۱۲۵.....	جدول ۶-۵- سیگماهای بدست‌آمده در شبکه‌ی عصبی احتمالاتی.....
.....	جدول ب - هزینه‌های برآوردشده‌ی برخی طرح‌ها و پروژه‌های تحت بررسی در شرکت‌ها، سازمان‌ها و مدیریت‌های
۱۴۱.....	تابعی شرکت ملی نفت ایران.....
.....	جدول و - ۱- پارامترهای برداشت لرزه‌ای سه‌بعدی انجام شده در میدان نفتی مورد مطالعه تحت نظر مدیریت
۱۴۹.....	اکتشاف شرکت ملی نفت ایران توسط شرکت BGP.....
.....	جدول و - ۲- مراحل پردازش انجام شده بر روی داده‌های سه‌بعدی لرزه‌ای میدان نفتی مورد مطالعه توسط شرکت
۱۵۰.....	Ensign.....

”... کشور ایران با داشتن ۱۵۵ میلیارد بشکه ذخیره‌ی اثبات‌شده‌ی نفت و ۱۱۸۷ تریلیون فوت مکعب

ذخیره‌ی اثبات‌شده‌ی گاز طبیعی، به‌ترتیب با ایستادن در جایگاه‌های چهارم و دوم دنیا، حتی

در سنگین‌ترین شرایط تحریم، توانسته بین ده کشور بزرگ صادرکننده باقی‌ماند.“

ژورنال بین‌المللی نفت و گاز^۱ (ژانویه، ۲۰۱۳)

مقدمه

از یک قرن پیش از میلاد مسیح که چینی‌ها یکی از اولین قطب‌نماها را برای تعیین جهت شمال مغناطیسی ابداع کردند، فیزیک زمین در راستای پیشرفت بشر بکارگرفته‌شد؛ بطوریکه با گذشت زمان و پایه‌گذاری تدریجی علم ژئوفیزیک، این دانش تا به امروز در انواع زمینه‌های زیست‌محیطی، شناسائی‌زمین و اکتشاف منابع معدنی و هیدروکربوری به پیشرفت‌های بسیاری دست یافته است.

تاکنون بیشترین کاربرد روش‌های ژئوفیزیکی برای تعیین موقعیت کانسارهای معدنی در اکتشاف معادن و برای شناخت حوضه‌های نفتی جدید در صنعت نفت بوده است. در این راستا لرزه‌نگاری از جمله روش‌های ژئوفیزیکی می‌باشد که بصورت یک روش، اولین بار برای دریافت امواج لرزه‌ای بازتابیده از یک منطقه‌ی رسوبی در اوکلاهامای آمریکا انجام شد و بعد از آزمایش موفقیت‌آمیز کارچر^۲ در سال ۱۹۲۱، به عنوان یک روش عملی برای اکتشافات نفتی توسط وی معرفی گردید؛ بطوریکه امروزه بصورت دو‌بعدی، سه‌بعدی و چهاربعدی که در واقع همان تکرار برداشت سه‌بعدی در یک میدان تولیدی و در بازه‌های زمانی منظم می‌باشد، برداشت می‌شود.

لرزه‌نگاری انعکاسی سه‌بعدی برای اولین بار در سال ۱۹۳۰ بکار گرفته شد و به‌دلیل اخذ نتایج مناسب و قرارگیری در بالاترین جایگاه در بین سایر روش‌های ژئوفیزیکی، به‌سرعت توجیه اقتصادی یافت؛ بطوریکه هزینه‌ی یک برداشت لرزه‌نگاری سه‌بعدی که در اواخر سال ۱۹۷۰، حداقل معادل دوبرابر هزینه‌ی برداشت‌های دو‌بعدی بوده، امروزه فقط ۶۰٪ اضافه هزینه را به‌دنبال دارد. درحالی‌که حجم اطلاعات بسیار بیشتر و بهتری نسبت به برداشت‌های دو‌بعدی در اختیار قرار

می‌دهد. همچنین به‌علت کاهش قیمت تمام‌شده، بخش اعظمی از کل مخارج اکتشافی شرکت‌های بزرگی مانند شیل^۱ حتی تا اندازه‌ی ۷۵٪ در سال ۱۹۹۲ به این روش اختصاص داده شده است. در این روش که اساس آن، آنالیز سیگنال‌های دریافتی می‌باشد، از نشانگرهای لرزه‌ای مختلف به‌عنوان یک فناوری نوین در تفسیر و شناخت پارامترهای مخزنی استفاده می‌شود.

تفسیر، غالباً آخرین مرحله‌ی فرآیند جمع‌آوری و تحلیل داده‌های لرزه‌ای است و یک مفسر بهتر است با پردازشگر و پیمانکار برداشت، تا حد امکان ارتباط نزدیکی برقرار نماید. در واقع مهم است که مفسر در تمام مراحل عملیات لرزه‌نگاری سه‌بعدی، برداشت و پردازش درگیر باشد و یا حداقل از پیشرفت این قسمت‌ها آگاهی داشته باشد. چرا که نمایش داده‌های اضافی یا آزمایش می‌ادین عملیاتی ممکن است پاسخگوی برخی سؤالات کلیدی باشد.

در تفسیر مقاطع لرزه‌ای از تحلیل ساختاری و تحلیل چینه‌شناسی می‌توان به‌عنوان دو رهیافت اصلی نام برد که اولی مطالعه‌ی هندسه‌ی افق بازتابی بر مبنای زمان‌های بازتاب و دومی تحلیل سکانس‌های لرزه‌ای جهت دستیابی به سکانس‌های رسوبی است. هر دوی این مطالعات، وابستگی مشخصی به مدل‌سازی لرزه‌ای دارد که در آن با ساخت لرزه‌نگاشت مصنوعی برای مدل‌های زمین‌شناسی لایه‌ای، با بینشی صحیح به رویدادهای بازتابی موجود در مقاطع لرزه‌ای می‌توان نگریست.

در این بین، تفسیر داده‌های دو‌بعدی، با دو عیب عمده‌ی همبستگی پروفیل‌های برداشت مجاور و عدم دقت تعیین موقعیت افق‌های بازتابی به‌دلیل محدودیت مقاطع لرزه‌ای همراه است؛ درحالی‌که برای تفسیر داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی که حجم داده‌ها معمولاً بسیار زیاد است؛ با تحلیل نشانگرهای لرزه‌ای و بکارگیری روش وارون‌سازی سه‌بعدی، درک بهتری از اثر تغییرات ضخامت و امپدانس واحدهای موجود روی داده‌های لرزه‌ای بازتابی بدست می‌آید.

در واقع با استفاده از روش وارون‌سازی لرزه‌ای، می‌توان فهم بهتری از اثرات مختلفی که تغییرات ضخامت و امپدانس صوتی واحدهای چینه‌شناسی بر روی ویژگی بازتاب لرزه‌ای دارند،

۱- Shell

(یک شرکت چندملیتی و از جمله بزرگترین شرکت‌های فعال در زمینه‌ی نفت و گاز که در سال ۱۹۰۷ در کشور انگلستان به ثبت رسیده و مقر آن در کشور هلند می‌باشد).

بدست آورد. به بیان ساده‌تر، با انجام وارون‌سازی لرزه‌ای می‌توان یک تصویر مناسبی از توزیع تخلخل را زمانیکه سنگ‌شناسی مشخص است، بدست آورد. یک مکعب مقاومت صوتی سه‌بعدی، به علاوه یک حجم متداول لرزه‌ای می‌تواند تفسیر و ویژگی‌های مخزن را سودمند نماید. می‌توان لایه‌های نازک را که تشخیص آنها در حجم ورودی لرزه‌ای مشکل است، تعریف نمود.

از آنجائیکه در وارون‌سازی، امیدانس‌ها نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، چاه‌هایی که در آنها نگارهای چگالی و صوتی برداشت شده است، داده‌های مناسب را برای کالیبره کردن نتایج حاصل از وارون‌سازی فراهم می‌سازد. لذا استفاده از داده‌های چاه‌نگاری در کنار داده‌های لرزه‌ای امری اجتناب‌ناپذیر است. این پوشش مناسب و قدرت تفکیک بالاتر برداشت سه‌بعدی نسبت به دو‌بعدی، باعث اصلاح نتایج و تعیین دقیق‌تر اهداف اکتشافی می‌شود که این اطلاعات ارزشمند، در نهایت کمک شایانی به طراحی حفاری‌های اکتشافی خواهند کرد.

شرکت‌های نفتی بزرگی مانند اکسون^۱ نیز در این راستا تلاش کرده‌اند تا امکان استفاده از نشانگرهای بدست‌آمده از عملیات‌های سه‌بعدی مختلف در یک منطقه را مدل‌سازی کنند. با توجه به اینکه افرادی مانند لويس^۲ (۱۹۹۷) معتقدند که عملیات‌های تکراری می‌بایست با عملیات‌های سه‌بعدی قدیمی‌تر ثبت شوند تا فرآورده‌ها را کاهش دهند؛ استفاده از نقشه‌های نشانگر تفاضلی که دامنه یا فرکانس را در یک فاصله‌ی زمانی از عملیات اندازه می‌گیرد، ضرورت آن را حذف می‌کند. چرا که تفاوت‌های نشانگرها می‌تواند پایش و تحلیل عملیات‌های بازرسی^۳ را ساده کند.

با در نظر داشتن این موارد، یکی از میادین نفتی واقع در جنوب ایران به‌منظور بررسی و تخمین میزان تخلخل انتخاب شده است. در واقع آنچه باعث اختصاص یافتن این موضوع پژوهشی در کنار سایر موضوعات مشابه شده، رویکردی متفاوت و کاربردی در نحوه‌ی ارزیابی نشانگرهای لرزه‌ای است که در هیچیک از نمونه‌های مشابه جهت بررسی تخلخل به آن پرداخته نشده است. بطوریکه نتایج حاصل از آن می‌تواند در اتخاذ تصمیمات صحیح به عنوان مسئولیتی مهم برای مدیران بسیار مناسب باشد. امری که نهایتاً منجر به توسعه و پیشرفت این حوزه می‌گردد.

۱- Exxon (یک شرکت چندملیتی فعال در زمینه‌ی نفت و گاز که در سال ۱۹۹۹ به ثبت رسیده و مقر آن در کشور امریکاست).

۲- Lewis

۳- Monitoring