

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

مهندسی اکتشاف نفت

بررسی ناحیه‌ای گسترش مخزن بورگان در شمال غرب خلیج فارس بر اساس
داده‌های لرزه‌ای و نمودارهای چاه‌پیمایی

دانشجو

علی حسینی

اساتید راهنما

دکتر منصور ضیایی

دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی

اساتید مشاور

دکتر امین روشندل کاهو

مهندس جاوید حناچی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

دی ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه : اکتشاف معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علی حسینی

تحت عنوان: بررسی ناحیه‌ای گسترش مخزن بورگان در شمال غرب خلیج فارس بر اساس داده‌های لرزه‌ای و نمودارهای چاه‌پیمایی

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : دکتر امین روشندل کاهو		نام و نام خانوادگی : دکتر منصور ضیایی
	نام و نام خانوادگی : مهندس جاوید حناچی		نام و نام خانوادگی : دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : دکتر حمید آقاجانی		نام و نام خانوادگی : دکتر ایرج پیروز
			نام و نام خانوادگی : دکتر رضا قوامی ریایی

تقدیم به

عزیزانی که یاوران سفتی‌هایم بودند

و با صبوری خود

عاطفه را معنا بخشیدند

و شوق تحصیل را در من زنده نگه داشتند

پدر، مادر

و

همسر مهربانم

بدان امید که سپاسی باشد

بر محبت‌های بی دریغشان

... اوست خدایی که شما را از زمین بیافرید

و برای آباد ساختن آن برگماشت...

قرآن کریم، سوره هود، آیه ۶۱

تشکر و سپاسگزاری

خداوند متعال را سپاس که مرا در تمامی مراحل زندگی یار و یاور بوده و الطاف بیکران خویش را از من دریغ ننموده است. اینک که به توفیق حق، پایان نامه را به پایان رسانده ام وظیفه خود می دانم که از پدر و مادر مهربان و همسر و خواهر عزیزم تشکر و قدردانی کنم.

نگارنده این پایان نامه بر خود می داند که از زحمات استادان راهنما دکتر منصورضیایی و دکتر ابوالقاسم کامکارروحانی و استاد مشاور دکتر امین روشن دل کاهو که در تمام مراحل انجام این کار دلسوزانه مرا یاری رسانده اند تشکر و سپاسگزاری نماید.

از آقای مهندس جاوید حناچی، که مشاورت این پایان نامه را برعهده داشتند، جهت مساعدت و همکاری های لازم تشکر و قدردانی می کنم. همچنین از واحد پژوهش و توسعه شرکت نفت فلات قاره به جهت در اختیار قراردادن اطلاعات لازم و نرم افزارهای مورد نیاز، کمک های شایانی نموده اند تقدیر و تشکر می کنم.

از آقای دکتر پیروز و آقای دکتر قوامی ریایی که زحمت داوری این پایان نامه را برعهده داشتند، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

در انتها از زحمات تمامی دوستان عزیزم به خصوص مهندس رئوف غلامی و مهندس یوسف شیری بخاطر راهنمایی های ارزشمندشان، کمال تشکر را دارم.

علی حسینی

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مرتبط از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد.

ماه و سال ۱۳۹۰/۱۰/۲۷

چکیده

در مطالعه مخازن هیدروکربوری، آگاهی از خصوصیات پتروفیزیکی آن‌ها، در درجه اول اهمیت قرار دارد. یکی از خصوصیات مهم پتروفیزیکی هر مخزن، تخلخل آن است. اطلاع از نحوه گسترش افق‌های متخلخل، می‌تواند به یافتن محل‌های مناسب جهت حفاری چاه‌های تولیدی کمک کرده و خطر احتمال حفاری چاه خشک را کاهش دهد.

یکی از روش‌های دستیابی به توزیع این خواص پتروفیزیکی (از جمله تخلخل)، حفاری چاه و کسب اطلاعات حاصل از این حفاری است. محدود بودن اطلاعات چاه به نقطه حفاری شده و نیز پرهزینه بودن حفاری چاه‌های متعدد، ضرورت استفاده از روش‌های دیگر را ایجاد می‌کند. توصیف دقیق کمی از خصوصیات و ساختار مخزن نیاز به ترکیب داده‌های مختلف چاه‌نگاری و مغزه و لرزه‌ای و دیگر اطلاعات زمین‌شناسی دارد. مهمترین عامل در توصیف مخزن، ترکیب تمام این داده‌ها و بدست آوردن یک مدل با کیفیت و تفکیک‌پذیری بالا است. نمودارهای چاه دارای قدرت تفکیک عمقی مناسبی هستند ولی در اغلب موارد از توزیع مکانی خوبی در میدان برخوردار نمی‌باشند. در مقابل داده‌های لرزه‌نگاری در محدوده مخزن دارای گسترش جانبی منظم و گسترده‌ای می‌باشند ولی از قدرت تفکیک عمقی مناسبی برخوردار نیستند. لذا ترکیب این داده‌ها می‌تواند در توصیف دقیق‌تر مخزن کمک شایانی نماید.

هدف اصلی این مطالعه، این است که داده‌های لرزه‌ای و نمودارهای چاه‌پیمایی موجود در چاه‌های قابل دسترس در میدان‌های ابوذر و نوروز و میزان انطباق آنها بررسی شود. سپس با استفاده از وارون‌سازی داده‌های لرزه‌ای و نمودارهای چاه‌پیمایی و روش‌های دیگری از جمله شبکه عصبی و تاثیر نشانگرهای جدید لرزه‌ای بتوانیم به توزیع پارامترهای پتروفیزیکی در مخزن بپردازیم تا همراه تغییرات ضخامت و تفسیر ساختاری، بهترین روند این مخزن برای ادامه عملیات اکتشاف نفت و لرزه‌نگاری تعیین گردد. بعد از اینکه روابط برای بدست آوردن پارامتر مخزنی مورد نظر در مکان‌های دیگر استفاده شد، نقشه‌های اولیه می‌توانند به کمک رگرسیون چند متغیره و یا استفاده از روش‌های شبکه عصبی بدست آیند.

برای برآورد توزیع پارامتر پتروفیزیکی تخلخل در مخزن ابتدا تصحیح نمودارهای صوتی با اطلاعات لرزه‌ای موجود در چاه (چک شات^۱)، تعیین و تفسیر افق‌های زمین‌شناسی روی اطلاعات لرزه‌ای، ساخت لرزه‌نگاشت مصنوعی، کالیبره کردن اطلاعات نگار چاه و لرزه‌نگاری، ساخت مدل اولیه، انجام وارون‌سازی برای به حداقل رساندن عدم تطابق بین مدل اولیه و اطلاعات لرزه‌ای، بدست آوردن مدل وارون و سپس استفاده از روش‌های مختلف تعیین تخلخل از قبیل رگرسیون چند متغیره و شبکه‌های عصبی مختلف و تبدیل داده‌های لرزه‌ای و مقاومت صوتی به تخلخل در افق مورد مطالعه و در نهایت تعیین ضخامت و روند مخزن بورگان را انجام می‌دهیم.

برای رسیدن به اهداف مورد نظر در وهله اول به منظور ساخت لرزه‌نگاشت مصنوعی از داده‌های لرزه‌ای دو بُعدی و انواع نگارهای مرسوم مانند چگالی، سرعت، تخلخل و ... متعلق به میدان‌های نوروز و ابوذر بهره گرفته شده است. با بکار بستن معکوس‌سازی لرزه‌ای به کمک نرم‌افزار همپسون-راسل^۲، امپدانس صوتی پهن باند که بیشترین وابستگی را با تخلخل دارد از داده‌های لرزه‌ای استخراج شد. سپس با استفاده از رگرسیون مرحله‌ای و اعتبارسنجی متقابل، نشانگرهای لرزه‌ای امپدانس صوتی^۳، فرکانس میانگین^۴ و زمان^۵ به عنوان نشانگرهای بهینه مرتبط با تخلخل انتخاب

^۱. check shot

^۲. Hamson Russell Software

^۳. Acoustic Impedance

^۴. Average Frequency

^۵. Time

شدند. نهایتاً، سه نوع مختلف از شبکه عصبی جهت تخمین تخلخل از روی نشانگرهای لرزه‌ای استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که شبکه عصبی احتمالی (PNN) منجر به تخمین بهتری گردیده است.

نقشه‌های ساختمانی بدست آمده از زمین شناسی، روند شمال غربی - جنوب شرقی حوضه را نشان می‌دهند. عمق حوضه به سمت جنوب شرقی محدوده مورد مطالعه افزایش می‌یابد. شیب بخش‌های غربی بیشتر از قسمت‌های شرقی و جنوبی است. نقشه‌های هم‌ضخامت بدست آمده از حفاری‌ها نشان می‌دهند که ضخامت بخش‌های ماسه‌ای بورگان در سازند کژدمی از شرق به غرب افزایش یافته است.

در نتیجه مخزن بورگان در میدان‌های هندیجان، ابوزر، نوروز، دورود و اسفندیار، در ناحیه چاه‌های اسفندیار E-۰۲، اسفندیار E-۰۳ و اسفندیار E-۰۴ در جنوب مخزن، با توجه به تخلخل بدست آمده از لاگ‌ها و مغزه‌ها، دارای ضخامت و میانگین تخلخل کمتر نسبت به چاه‌های شمال و غرب مخزن دارا هستند. در کل هر چه از سمت میدان هندیجان در شمال مخزن به سمت میدان اسفندیار در جنوب مخزن حرکت کنیم از ضخامت و کیفیت مخزن (تخلخل) کاسته می‌شود.

کلمات کلیدی: معکوس سازی لرزه‌ای، داده‌های لرزه‌ای و چاه‌نگاری، مدل شبه تخلخل، تغییر ضخامت و روند.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

ARTIFICIAL INTELLIGENT FOR PREDICTION OF POROSITY FROM SEISMIC ATTRIBUTES; CASE STUDY IN THE PERSIAN GULF

پذیرش چاپ در

- Iranian Journal of Earth Sciences.

Accretion of 2D seismic and well logging data for Petrophysical modeling and oil in-situ reserve evaluation in assess state of petroleum exploration

پذیرش چاپ در

- Journal of Petroleum Science and Technology.

Determination of reservoir porosity using artificial intelligence techniques

منتشر شده در

- Journal of Mining and Environment

مقایسه نفوذپذیری تخمین زده شده از سیستم های هوشمند در مخزن نفتی بورگان واقع در

میدان نوروز خلیج فارس

منتشر شده در

- The 15th Geological Society of Iran.

مقایسه برآورد توزیع تخلخل با استفاده از روش های شبیه سازی گوسی متوالی و تصادفی در مخزن

بورگان – میدان نوروز

منتشر شده در

- Iranian Geophysical Society.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ مروری بر مدل سازی و استخراج پارامترهای پتروفیزیکی مخزن از روی داده‌های لرزه‌ای	۴
۳-۱ اهمیت و ضرورت مطالعه	۶
۴-۱ اهداف پایان‌نامه و روش تحقیق	۷
۵-۱ ساختار پایان‌نامه	۸
فصل دوم: معرفی منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده	۱۰
۱-۲ مقدمه	۱۱
۲-۲ میدان نفتی تحت مطالعه	۱۲
۳-۲ داده‌های مورد استفاده	۱۵
۴-۲ ساختارهای زمین‌شناسی مناطق جنوب ایران	۱۶
۱-۴-۲ سازند بختیاری	۱۶
۲-۴-۲ بخش لهری	۱۷
۳-۴-۲ سازند آغاچاری	۱۷
۴-۴-۲ سازند میشان	۱۹
۵-۴-۲ بخش گوری	۱۹
۶-۴-۲ سازند گچساران	۱۹
۷-۴-۲ سازند رازک	۲۰
۸-۴-۲ سازند آسماری	۲۰
۹-۴-۲ سازند پابده	۲۱
۱۰-۴-۲ سازند جهرم	۲۲

۲۲	۱۱-۴-۲ سازندگورپی
۲۳	۱۲-۴-۲ سازند ایلام
۲۳	۱۳-۴-۲ سازند سروک
۲۳	۱۴-۴-۲ سازند کژدمی
۲۵	۱۵-۴-۲ سازند داریان
۲۵	۱۶-۴-۲ سازند گدوان
۲۶	۱۷-۴-۲ سازند فهلپان
۲۶	۱۸-۴-۲ سازند هیث
۲۶	۱۹-۴-۲ سازند سورمه
۲۶	۲۰-۴-۲ سازند نیریز
۲۷	۲۱-۴-۲ سازند دشتک
۲۷	۲۲-۴-۲ سازند کنگان
۲۷	۲۳-۴-۲ سازند دالان
۳۱	فصل سوم: مبانی روش‌های پردازش مورد استفاده شده در مطالعه
۳۲	۱-۳ مقدمه
۳۳	۲-۳ خصوصیات پتروفیزیکی
۳۴	۱-۲-۳ چاه پیمائی
۳۵	۲-۲-۳ تخلخل
۳۶	۱-۱-۲-۳ عوامل تعیین کننده در میزان تخلخل
۳۷	۳-۳ لرزه‌نگاری
۳۷	۱-۳-۳ اهمیت و اصول روش‌های لرزه‌ای
۳۹	۲-۳-۳ نشانگرهای لرزه‌ای
۴۳	۳-۳-۳ استخراج امپدانس صوتی بوسیله معکوس سازی داده های لرزه ای

۳-۳-۱	کاربرد نگارهای صوتی و چگالی و لرزه‌نگاشت مصنوعی	۴۶
۳-۳-۴	روش‌های معکوس‌سازی و الگوریتم‌های امپدانس صوتی	۴۷
۳-۴-۱	الگوریتم بازگشتی یا معکوس‌سازی محدودباند	۵۰
۳-۴-۲	الگوریتم بر پایه مدل یا معکوس‌سازی خطی تعمیم یافته	۵۰
۳-۴-۳	الگوریتم معکوس‌سازی اسپایک‌های پراکنده	۵۱
۳-۴-۴	الگوریتم شبکه‌های عصبی	۵۱
۳-۵	محاسبه امپدانس صوتی	۵۲
۳-۴	نگارهای مورد استفاده	۵۴
۳-۵	ترکیب خطی نشانگرها	۵۴
۳-۶	تخمین خصوصیات مخزنی و یافتن بهترین نشانگرهای لرزه‌ای	۵۷
۳-۶-۱	رگرسیون مرحله‌ای	۵۸
۳-۶-۲	اعتبارسنجی متقابل	۵۹
۳-۷	شبکه‌های عصبی مصنوعی	۵۹
۳-۷-۱	شبکه عصبی چند لایه پیش‌خور	۶۱
۳-۷-۲	شبکه عصبی احتمالی	۶۴
۳-۷-۳	شبکه عصبی با تابع پایه شعاعی	۶۹
فصل چهارم: روش کار و تحلیل داده‌ها		۷۱
۴-۱	مقدمه	۷۲
۴-۲	لیست نرم‌افزارهای استفاده شده	۷۳
۴-۳	داده‌های مربوط به چاه‌ها	۷۴
۴-۴	داده‌های لرزه‌ای و فراخوانی آن‌ها	۷۷
۴-۵	افق‌های لرزه‌ای و ترسیم آن‌ها	۷۹
۴-۶	انطباق دادن نگارها با داده‌های لرزه‌ای	۸۱

۷-۴. ایجاد مدل امیدانس صوتی	۸۴
۸-۴. ایجاد مدل امیدانس صوتی پهن باند	۸۷
۹-۴. تخمین تخلخل به کمک نشانگرهای لرزه‌ای	۸۹
۱-۹-۴. تخمین تخلخل با روش رگرسیون معمولی و چند متغیره	۹۱
۱-۱-۹-۴. تحلیل به کمک یک نشانگر (رگرسیون معمولی)	۹۱
۲-۱-۹-۴. تحلیل به کمک چند نشانگر (رگرسیون چند متغیره)	۹۲
۲-۹-۴. تحلیل به کمک شبکه‌های عصبی	۹۵
۱-۲-۹-۴. تخمین تخلخل با شبکه PNN	۹۶
۲-۲-۹-۴. تخمین تخلخل با شبکه MLFN	۹۸
۳-۲-۹-۴. تخمین تخلخل با شبکه RBFN	۱۰۰
۱۰-۴. تخمین محاسبات عمق و ضخامت ها	۱۰۳
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۱۱۲
۱-۵ جمع‌بندی نتایج و بحث روی آن‌ها	۱۱۳
۲-۵ نتیجه‌گیری	۱۱۴
۳-۵ پیشنهادات	۱۱۶
پیوست	۱۱۹
منابع و مراجع	۱۲۵

فهرست اشکال

- فصل دوم: معرفی منطقه مورد مطالعه و داده های مورد استفاده ۱۰
- شکل ۱-۲. نقشه میدان ابوذر و میادین همجوار ۱۴
- شکل ۲-۲. مقطع لرزه ای ۵ که پراکندگی سرسازندها و گسل موجود در مخزن را نشان می دهد. ۱۵
- شکل ۳-۲. نقشه خطوط لرزه ای دو بُعدی به همراه محل حفر سه چاه در میادین ابوذر و نوروز،
محورهای افقی و عمودی، طول و عرض جغرافیایی بر حسب UTM می باشند. ۱۶
- شکل ۴-۲. واحدهای سنگ شناسی منطقه زاگرس (NIOC, 1382). ۱۸
- شکل ۵-۲. ستون چینه شناسی سازندهای خلیج فارس در سواحل ایرانی و عربی. ۲۸
- شکل ۶-۲. وضعیت و موقعیت چاههای مورد مطالعه بر روی سطح لرزه ای گذرنده از زیر سازند
کژدمی نرم افزار Petrel. ۲۹
- شکل ۷-۲. نگارهای چاهپیمایی در چاههای تحت مطالعه همراه با نمایش عمقی آنها. ۲۹
- شکل ۸-۲. ارتباط زیرلایهها در سازند کژدمی در چاههای (۱۱) و (۱۶) نوروز و (۲) ابوذر به همراه
نمودار تخلخل بوسیله نرم افزار Petrel. ۳۰
- فصل سوم: تئوری و مبانی روش های پردازش مورد استفاده شده در مطالعه ۳۱
- شکل ۱-۳. قانون اِسنل (Emre, 2005). ۳۹
- شکل ۲-۳. طرح کلی که بیانگر مدل همامیخت است. الف) مدلی که در آن از همامیخت موجک
لرزه ای زمانی و سری ضرایب انعکاسی، لرزه نگاشت ایجاد می شود. ب) طیف دامنه و فرکانس برای
موجک، بازتاب دهنده ها و لرزه نگاشت (Aleman, 2004). ۴۴
- شکل ۳-۳. طرح کلی که ارتباط عوامل مختلف را با امپدانس صوتی و ضرایب انعکاسی نشان
می دهد (Aleman, 2004). ۴۵
- شکل ۴-۳. انطباق لرزه نگاشت مصنوعی (راست) با داده های لرزه ای برداشت شده (چپ). ۴۷
- شکل ۵-۳. معکوس سازی به روش لیندست. از چپ به راست، ردلرزه اولیه که با استفاده از معادله
(۵-۳) ردلرزه دوم را ایجاد و با اضافه شدن فرکانس های پایین، نگار پایانی به دست می آید
(Hampson and Russell, 1992). ۴۹

- شکل ۳-۶. نگار تخلخل به عنوان هدف در سمت چپ و سه نشانگر لرزه‌ای به عنوان ورودی یا مستقل در سمت راست، که برای رگرسیون چندگانه خطی استفاده شده‌اند (Russell, 2004). ... ۵۵
- شکل ۳-۷. ساختار یک شبکه پرسپترون چند لایه (MLP) با M ورودی و K پرسپترون و یک خروجی (Russell, 2004). ۶۱
- شکل ۳-۸. شکل تابع لجیستیک (Russell, 2004). ۶۳
- شکل ۳-۹. طرح کلی که بیانگر تفاوت بین بردارهای آموزش s_i و s_j است و خروجی‌های آن‌ها t_i و t_j که معلوم هستند و بردار x_k که خروجی آن یعنی y_k نامعلوم است (Russell, 2004). ۶۵
- شکل ۳-۱۰. طرح کلی بردارهای s_i و s_j و x_k . محورهای مختصات بیانگر دامنه نشانگرهای لرزه‌ای است و فاصله مختصاتی نیست (Russell, 2004). ۶۶
- شکل ۳-۱۱. یک شبکه عصبی ساده PNN که در آن از دو گروه (هر یک شامل سه نقطه) و دو نشانگر استفاده شده است (Russell, 2004). ۶۸
- فصل چهارم: روش کار و آنالیز داده ها** ۷۱
- شکل ۴-۱. نمایش سه بعدی چاه‌های نوروز و ابودر به همراه نگارهای موجود. ۷۵
- شکل ۴-۲. اعمال چک شات بر روی چاه A-2. ۷۶
- شکل ۴-۳. نمایش نگارهای چگالی، تخلخل و سرعت در چاه A-2. ۷۶
- شکل ۴-۴. نمایش نگارهای چگالی، تخلخل و سرعت در چاه N-11. ۷۷
- شکل ۴-۵. نمایش نگارهای چگالی، تخلخل و سرعت در چاه N-16. ۷۷
- شکل ۴-۶. نقشه خطوط لرزه ای ناحیه مورد مطالعه به همراه نمایش محل چاه‌ها در این ناحیه. ۷۹
- شکل ۴-۷. مقطع لرزه‌ای ۵ با امتداد شمال غربی به جنوب شرقی به مخزن که محل چاه ابودر A-2 و افق‌های لرزه‌ای بر روی آن مشخص شده است. ۸۰
- شکل ۴-۸. موجک استخراجی برای ایجاد لرزه‌نگاشت مصنوعی با استفاده از نگارهای چاه و داده‌های لرزه‌ای. الف) طیف دامنه به زمان موجک، ب) طیف دامنه به فرکانس موجک. ۸۳
- شکل ۴-۹. همبستگی ایجاد شده بین لرزه‌نگاشت مصنوعی و واقعی در چاه ابودر A-2 که در نزدیکی مقطع لرزه‌ای ۵ قرار دارد. ردلرزه‌های مشکی، ردلرزه‌های واقعی در اطراف چاه ابودر A-2،

رد لرزه‌های قرمز، میانگین رد لرزه‌های مشکی رنگ و رد لرزه‌های آبی، رد لرزه مصنوعی حاصل از نگار سرعت و چگالی در چاه ابوذر A-2 را نشان می‌دهد.....	۸۳
شکل ۴-۱۰. مدل امپدانس صوتی مقطع لرزه‌ای ۵ با استفاده از نگارهای چاه و افق‌های لرزه‌ای برای فرکانس‌های کمتر از ۱۵ هرتز.....	۸۵
شکل ۴-۱۱. طیف دامنه به فرکانس. الف) مدل اولیه ب) مقطع لرزه ای ۵، ج) مدل ایجاد شده بوسیله نگارهای چاه و افق‌های لرزه‌ای.....	۸۷
شکل ۴-۱۲. نمایش تطابق امپدانس صوتی به دست آمده از نتیجه وارون‌سازی و مقطع لرزه‌ای واقعی در محل چاه A-2.....	۸۸
شکل ۴-۱۳. نتیجه نهایی وارون‌سازی امپدانس صوتی پهن‌بند بر مبنای مدل در خط لرزه‌ای ۷.....	۸۹
شکل ۴-۱۴. نتیجه نهایی وارون‌سازی امپدانس صوتی پهن‌بند بر مبنای مدل در خط لرزه‌ای ۲.....	۸۹
شکل ۴-۱۵. نمایش داده‌های وارون‌سازی و رد لرزه‌ای و تخلخل در محل چاه‌ها.....	۹۱
شکل ۴-۱۶. بررسی و مقایسه اثر طول عملگر در مقدار خطای تخمین به کمک چند نشانگر.....	۹۳
شکل ۴-۱۷. نمودار مقایسه داده‌های تخلخل واقعی و تخلخل بدست آمده از روش تحلیل چند نشانگری در محل چاه‌ها.....	۹۴
شکل ۴-۱۸. مقایسه نگارهای تخلخل واقعی و تخمین زده شده توسط روش رگراسیون چند متغیره در چاه‌ها.....	۹۴
شکل ۴-۱۹. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش PNN در محل چاه‌ها (Train).....	۹۶
شکل ۴-۲۰. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش PNN در محل چاه‌ها (Validation).....	۹۶
شکل ۴-۲۱. نتایج تخمین تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه با اعمال روش PNN بر مقطع لرزه‌ای ۲.....	۹۷
شکل ۴-۲۲. نتایج تخمین تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه با اعمال روش PNN بر مقطع لرزه‌ای ۷.....	۹۷

شکل ۴-۲۳. نتایج تخمین تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه با اعمال روش PNN بر مقطع	
لرزه‌ای ۵.	۹۸
شکل ۴-۲۴. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش MLFN در محل چاه‌ها	
(Train).	۹۹
شکل ۴-۲۵. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش MLFN در محل چاه‌ها	
(Validation).	۹۹
شکل ۴-۲۶. نتایج تخمین تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه با اعمال روش MLFN بر مقطع	
لرزه‌ای ۵.	۱۰۰
شکل ۴-۲۷. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش RBFN در محل چاه‌ها	
(Train).	۱۰۱
شکل ۴-۲۸. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش RBFN در محل چاه‌ها	
(Validation).	۱۰۱
شکل ۴-۲۹. نتایج تخمین تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه با اعمال روش RBFN بر مقطع	
لرزه‌ای ۵.	۱۰۲
شکل ۴-۳۰. مدل تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه.	۱۰۹

فهرست جداول

فصل سوم: تئوری و مبانی روش های پردازش مورد استفاده شده در مطالعه.....	۳۱
جدول ۱-۳. نشانگرها و اطلاعاتی که ارائه می کنند (Chopra and Marfurt, 2007).....	۳۹
جدول ۲-۳. لیست نشانگرهای لرزه ای استفاده شده در مطالعه حاضر.....	۴۱
فصل چهارم: روش کار و آنالیز داده ها.....	۷۱
جدول ۱-۴. نتایج تحلیل و مقایسه داده های تخلخل واقعی و داده های تخلخل بدست آمده به کمک یک نشانگر.....	۹۲
جدول ۲-۴. نتایج تحلیل به کمک چند نشانگر.....	۹۳
جدول ۳-۴. نتایج تحلیل و تخمین تخلخل به روش های مختلف.....	۱۰۲
جدول ۴-۴. ستون چینه شناسی میدان ابوذر در چاه A-2.....	۱۰۵
جدول ۵-۴. ستون چینه شناسی میدان نوروز در چاه N-11.....	۱۰۶
جدول ۶-۴. ستون چینه شناسی میدان نوروز در چاه N-16.....	۱۰۷
جدول ۷-۴. نام میدان، نام اختصاری و مختصات UTM چاههای مورد مطالعه.....	۱۰۸
جدول ۸-۴. نام میدان و میانگین مدل سازی تخلخل چاه های مورد مطالعه.....	۱۰۹
جدول ۹-۴. نام میدان ، نام اختصاری ، مختصات جغرافیایی چاههای مورد مطالعه.....	۱۱۰

فصل اول

کلیات

فصل دوم

معرفی منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد
استفاده

فصل سوم

مبانی روش‌های پردازش مورد استفاده شده در
مطالعه

فصل چهارم

روش کار و تحلیل داده‌ها

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

پیوست الف

شرح نگارهای مورد استفاده در مطالعه حاضر

۱-۱ مقدمه

منابع نفت و گاز هر کشور سرمایه گرانبهایی است که مدیریت درست در مراحل اکتشاف، حفاری و بهره‌برداری از آن باعث کاهش هزینه‌ها، تولید بیشتر و افزایش طول عمر مخازن می‌شود. با توجه به برآوردهای انجام شده عمر منابع نفتی ایران ۸۰ سال و عمر منابع گازی ایران ۲۵۰ سال تخمین زده شده است. مدیریت درست مخازن و اکتشاف منابع جدید در بهبود این شرایط کمک بسزایی می‌کند. اولین چاهی که در ایران به نفت رسید در استان خوزستان و در شهر مسجد سلیمان در کنار چشمه‌های نفتی حفر گردید (رضایی، ۱۳۸۰). این حفاری با قدیمی‌ترین تئوری جهت اکتشاف نفت، یعنی تئوری تاقدیس‌های^۱ نفتی (Hunt, 1979)، مطابق بود.

یک توصیف دقیق کمی از خصوصیات و ساختار مخزن برای بهره‌برداری از هیدروکربور برجا، ضروری می‌باشد. این توصیف نیاز به ترکیب داده‌های مختلف چاه‌نگاری و مغزه و لرزه‌ای و دیگر اطلاعات زمین‌شناسی دارد. مهمترین عامل در توصیف مخزن، ترکیب تمام این داده‌ها و بدست آوردن یک مدل با کیفیت و تفکیک‌پذیری بالا است. روش لرزه‌نگاری به دلیل توانایی‌اش در تهیه تصویر از اعماق چند هزار متری زمین با وضوح چند ده متری، رایج‌ترین روش در پی جویی و اکتشاف منابع هیدروکربوری است. در ۲۰ سال گذشته به علت استفاده از روش‌های لرزه‌نگاری دوبعدی و سه‌بعدی، کیفیت داده‌های لرزه‌ای بسیار افزایش یافته است. با این وجود کسب اطلاعات مفید از این داده‌ها، بستگی به مهارت و تخصص مفسر دارد. مفسر باید بتواند هوشیارانه، اصول علوم زمین‌شناسی و ژئوفیزیک را باهم بیامیزد تا خصوصیات پتروفیزیکی و مخزنی را از داده‌های لرزه‌ای استخراج نماید.

با اطلاعات بدست آمده، توسعه مخازن تا حد قابل قبولی بهتر صورت گرفته و تولید افزایش می‌یابد. اگر چه داده‌های چاه‌نگاری و مغزه خصوصیات مخزنی را با تفکیک‌پذیری عمودی به ما می‌دهد اما این اطلاعات محدود به اطراف چاه است. بر عکس، داده‌های لرزه‌نگاری دارای تفکیک‌پذیری جانبی بهتری هستند و نه تنها اطلاعات دورتر از چاه را به ما می‌دهند بلکه ما را از

^۱. Anticline

جنبه‌های ساختاری و چینه‌ای بهره‌مند می‌سازند (Graebner and Wason, 1981). از آنجا که داده‌های لرزه‌ای یک پوشش سه‌بعدی از یک منطقه را در اختیار ما می‌گذارند، محققین همواره در فکر استفاده از این داده‌ها برای توصیف مخازن بوده‌اند. بنابراین، روشی که باعث ترکیب این دو تفکیک‌پذیری افقی و قائم شود یک روش موثر در توصیف مخزن بشمار می‌رود (Cornish and King, 1988).

در توصیف مخازن روش‌های زیادی در ژئوفیزیک مطرح شده است. یکی از این روش‌ها معکوس‌سازی داده‌های لرزه‌ای است که داده‌های لرزه‌ای انعکاسی را به خصوصیات سنگ‌شناسی تعمیم می‌دهد و یک تخمین کمی، توصیف مخزن را برای ما بهتر می‌کند.

امپدانس صوتی^۱، که حاصل ضرب سرعت امواج لرزه‌ای و چگالی است، یک مثال از خصوصیات سنگ‌شناسی است که بصورت عمده در توصیف مخازن استفاده می‌شود. داده‌های لرزه‌ای انعکاسی بوسیله تغییر در امپدانس صوتی سطح بین دو سازند ایجاد می‌شود (Aleman, 2004). بر اساس امپدانس صوتی می‌توان تفسیر بهتری از خصوصیات سنگ‌شناسی، چینه‌ای، ساختاری و سیال مخزن را با دقت و جزئیات بیشتری در مقایسه با روش‌های مرسوم لرزه‌نگاری بدست آورد (Aleman, 2004). علاوه بر آن، نقشه‌ها و مدل‌های تخلخل و زون‌های تولیدی که به توصیف هر چه بهتر مخزن کمک می‌کنند نیز از امپدانس صوتی قابل استخراج می‌باشند.

پراکندگی تخلخل^۲ و اشباع آب از جمله پارامترهای مهم در تخمین میزان هیدروکربور برجای با استفاده از روابطی خاص است که با توجه به استخراج این اطلاعات از داده‌های موجود می‌توان به طور قابل توجهی، دقت تخمین را افزایش داد. از این رو پس از تهیه امپدانس صوتی که خروجی معکوس‌سازی است و یکی از نشانگرهای لرزه‌ای^۳ مهم و مرتبط با تخلخل می‌باشد، استفاده از روشی که بتوان تخلخل را از این نشانگر و دیگر نشانگرهای لرزه‌ای بدست آورد، مهم و حائز اهمیت است.

^۱ . Acoustic Impedance

^۲ . Porosity

^۳ . Seismic Attribute

بنابراین استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای و داده‌های چاه‌نگاری، تا حد بالایی ما را در توصیف کمی و کیفی مخزن یاری می‌رساند و ارزیابی‌ها را تا حد قابل قبولی به واقعیت مخزن نزدیک می‌کند.

۱-۲ مروری بر مدل سازی و استخراج پارامترهای پتروفیزیکی مخزن از روی داده‌های لرزه‌ای

معکوس‌سازی امپدانس صوتی در دهه ۱۹۷۰ مطرح و جایگزین رد لرزه‌ها^۱ برای بازتاب‌پذیری لایه‌ها شدند (Lindseth, 1979) و به مرور زمان با رشد تکنولوژی و دانش بشری ارتقا یافت. در معکوس‌سازی داده‌های لرزه‌ای کارهای زیادی در سال‌های اخیر انجام شده است. چاوس^۲ و همکاران در سال ۱۹۹۷ نگار پرتو گاما طبیعی را از روی نشانگرهای لرزه‌ای تخمین زدند. اگر چه این تخمین از روی داده‌های لرزه‌ای درون‌چاهی با کیفیت بالا انجام شد اما سوتو^۳ و هولیچ^۴ از همان نشانگرهای لرزه‌ای با داده‌های لرزه‌ای سطحی به تخمین نگار گاما با استفاده از شبکه‌های عصبی پرداختند (Chawathe et al, 1997. Soto and Holditch, 1999). بالچ^۵ و همکاران در سال ۱۹۹۹ رتبه‌بندی فازی را جهت پیدا کردن بهترین نشانگرهای لرزه‌ای مرتبط با خصوصیات مخزنی بکار بستند و همبستگی بین نشانگرهای لرزه‌ای و تخلخل و اشباع آب و ضخامت زون‌های تولیدی را بوسیله شبکه‌های عصبی مدل کردند (Balch et al, 1999). در سال ۲۰۰۱ همپسون^۶ و همکاران، لیپارت^۷ و هارت^۸ روش‌های رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی احتمالی (PNN^۹) را برای تخمین تخلخل از روی نشانگرهای لرزه‌ای با هم مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از شبکه عصبی احتمالی بخاطر راحتی و دقت محاسبات بهتر از رگرسیون چندگانه است (Hampson et al., 2001).

^۱ . Trace

^۲ . Chawathe

^۳ . Soto

^۴ . Holditch

^۵ . Balch

^۶ . Hampson

^۷ . Leiphart

^۸ . Hart

^۹ . Probabilistic Neural Network

Leiphart and Hart., 2001). راسل^۱ در سال ۲۰۰۴ ضمن بررسی کامل روش‌های خطی و غیر خطی در تبدیل نشانگرهای لرزه‌ای به تخریل پرداخت و شبکه عصبی با تابع پایه شعاعی (RBFN^۲) را به عنوان روشی مفید برای تخمین تخریل که ترکیبی از روش‌های خطی و غیر خطی است معرفی کرد. آلمن^۳ در سال ۲۰۰۴ معکوس‌سازی پهن باند را با پیدا کردن یک رابطه غیر خطی درجه دو بین امپدانس صوتی و تخریل بر روی یک مخزن کربناته با ساختمان پیچیده اعمال و بهترین نقطه جهت حفاری چاه را مشخص کرد. احمد^۴ و همکاران در سال ۲۰۰۷ معکوس‌سازی را با استفاده از اطلاعات یک چاه از روی رابطه خطی امپدانس صوتی با تخریل انجام داد و محل حفر چاه دوم را با موفقیت مشخص نمودند که منجر به توسعه عملیات و کاربرد این روش در کل منطقه شدند. تاتالویچ^۵ و همکاران در سال ۲۰۰۸ با اعمال معکوس‌سازی پهن باند و تهیه تخریل یک لایه گچی، اهمیت فرکانس‌های پایین در معکوس‌سازی و تخمین تخریل از روی نشانگرهای لرزه‌ای را نشان دادند و نقاط با تخریل بالا که حاصل تغییر پتروفیزیکی لایه است را مشخص کردند. کدخدایی ایلخچی^۶ و همکاران در سال ۲۰۰۹ با ساخت یک سیستم استنتاج فازی (CFIS^۷) که از الگوریتم ژنتیک بهره می‌برد باعث بهینه‌سازی مدل‌های ساخته شده از نشانگرهای لرزه‌ای توسط روش‌های فازی شدند و سیستم استنتاج فازی را بهترین الگوریتم و پس از آن شبکه عصبی احتمالی را بهترین شبکه عصبی برای تخمین تخریل از روی نشانگرهای لرزه‌ای معرفی کردند. بنابراین اهمیت استخراج فرکانس‌های پایین برای معکوس‌سازی و استفاده از الگوریتم‌های بهینه در انتخاب و ترکیب نشانگرهای لرزه‌ای برای تخمین خصوصیات پتروفیزیکی و مدل‌سازی آن یکی از چالش‌های اساسی در ترکیب داده‌های لرزه‌ای و چاه‌نگاری است.

^۱ . Russell

^۲ . Radial Basis Function Neural Network

^۳ . Aleman

^۴ . Ahmad

^۵ . Pederson-Tatalovic

^۶ . Kadkhodaie-Ilkhchi

^۷ . Committee Fuzzy Inference System

در این زمینه امروزه دو نرم افزار تجاری (Fugro-Jason, 2010) و (CGGVeritas,) (2007) HRS¹ جهت ترکیب داده‌های لرزه‌ای و چاهنگاری برای تخمین خصوصیات پتروفیزیکی استفاده می‌شود که در این پایان نامه از نرم افزار HRS استفاده شده است.

برروی سازند کژدمی در جنوب غرب ایران و ناحیه زاگرس، بررسی‌های زیادی انجام شده است. زمین‌شناسان متعددی نیز سازندهای ماسه سنگی هم ارز سازند کژدمی را در کشورهای عربی و خلیج فارس مطالعه نموده‌اند که اسامی آنها بطور مختصر در ذیل آورده شده است.

- (James & Wynd, ۱۹۶۵) چینه‌شناسی کلیه سازندهای جنوب و جنوب غرب ایران را مطالعه کرده و برش‌های نمونه آنها را معرفی نموده‌اند که از آن زمان تا کنون از این واحدها در مطالعات چینه‌شناسی صنعت نفت استفاده می‌شود.

- (Adasani, ۱۹۶۷) زمین‌شناسی نفت سازند بورگان کویت (هم ارز سازند کژدمی) را بررسی نموده است.

- (Mossahebi, ۱۹۷۵) ماسه‌های سازند کژدمی در میدان نفتی سروش را از دیدگاه اقتصادی مطالعه کرده است.

- مطیعی (۱۳۷۲) چینه‌شناسی زاگرس را بررسی کرده و کلیه واحدهای سنگ چینه‌ای و زیست چینه‌ای را معرفی کرده است.

- (AL – Eidan, ۲۰۰۱) مطالعه سازند بورگان (هم ارز سازند کژدمی) و میدان نفتی بورگان در شمال کویت را انجام داده است.

۳-۱ اهمیت و ضرورت مطالعه

آنچه که در مدل سازی‌های قدیمی به چشم می‌خورد، تخمین‌های کلی از روی مشاهدات کم و سطحی از مخازن است که باعث افزایش ریسک و هزینه‌ها شده است. با توجه به اینکه مطالعات دقیق

¹ . Hampson Russell Software

مخزنی با استفاده از تکنولوژی‌های جدید در هر یک از میادین ایران ضروری می‌باشد، روش‌های جدید و نوین وارد شده در این مبحث، ضرورت بکار بستن این روش‌ها را برای بهینه‌سازی در مدل‌ها و کاهش هزینه‌ها ایجاب می‌کند. امروزه با توجه به پیشرفت صنعت کامپیوتر و بهره‌گیری از آن برای محاسبات بسیار پیچیده ریاضی، نرم‌افزارهای مختلف برای مدل‌سازی مخزن و انجام فرآیندهای تفسیر و استخراج اطلاعات از داده‌های خام ژئوفیزیکی و پتروفیزیکی ساخته شده‌اند.

با فهم دقیق توزیع پارامترهای مختلف پتروفیزیکی مخزن نظیر تخلخل و اشباع آب توسط روش‌های نوین و نرم‌افزارهای مختلف می‌توان مدل مناسب‌تری را برای هر یک از ذخایر هیدروکربوری ارائه نمود و از آن در مراحل مختلف ارزیابی، توسعه و تکمیل و بهره‌برداری استفاده کرد.

میدان‌های مورد مطالعه در این پایان‌نامه، میدان‌های ابوذر و نوروز است که اطلاعات سه چاه را در این میادین در اختیار داریم. استفاده از روش‌های نوین و امروزی در ارزیابی‌های این میدان و اکثر میادین قدیمی ایران امری ضروری است که باید انجام شوند تا ارزیابی‌های انجام شده تصحیح گردند و یا صحت آنها بیشتر مورد بررسی گردد.

۱-۴ اهداف پایان‌نامه و روش تحقیق

هدف اساسی این پایان‌نامه، این است که داده‌های لرزه‌ای و نمودارهای چاه‌پیمایی موجود در چاه‌های قابل دسترس در میدان‌های ابوذر و نوروز و میزان انطباق آنها بررسی شود. سپس با استفاده از وارون‌سازی داده‌های لرزه‌ای و نمودارهای چاه‌پیمایی و روش‌های دیگری از جمله شبکه عصبی و تاثیر نشانگرهای جدید لرزه‌ای بتوانیم به توزیع پارامترهای پتروفیزیکی در مخزن پردازیم تا بتوانیم همراه تغییرات ضخامت و تفسیر ساختاری بهترین روند این مخزن برای ادامه عملیات اکتشاف نفت و لرزه‌نگاری را پیدا کنیم.

برای رسیدن به این هدف ابتدا باید در مخزن مورد نظر چاه‌هایی که در آنها نمودارگیری انجام شده است انتخاب و با بررسی جامع بر روی این داده‌ها و کسب اطلاعات قابل دسترس در منطقه مورد

مطالعه (نفوذپذیری، تخلخل، اشباع آب، نفت و گاز، ساختارها، زون‌های تولیدی و ...) و دیگر اطلاعات مرتبط موجود، به انطباق میان این داده‌ها و نمودارهای چاه‌پیمایی پرداخته شود و سپس با استفاده از نتایج حاصل، پارامترهای مخزن در سراسر منطقه مورد مطالعه از روی داده‌های لرزه‌نگاری تخمین زده می‌شود.

برای این منظور از روش‌هایی مانند معکوس‌سازی امیدانسی تا روش‌های آماری چندگانه و شبکه‌های عصبی استفاده شده است. در خاتمه پس از محاسبه و تخمین خصوصیات مخزنی، تغییرات ضخامت و تفسیر ساختاری بهترین روند را ارزیابی و تفسیرهای لازم انجام می‌گیرد.

در انجام محاسبات مورد نظر از نرم‌افزارهای تخصصی مختلفی مثل (Schlumberger, 2008) Petrel، (CGGVeritas, 2008) HRS، (GEDCO, 2002) Vista، (MathWorks, 2009) MATLAB و (TatukGIS, 2002) TatukGIS استفاده شده است که در فصل‌های آتی مراحل که هر یک از نرم‌افزارها استفاده شده است، توضیح داده می‌شود.

۱-۵ ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه در پنج فصل تهیه و تنظیم شده است. فصل اول شامل مقدمه، بررسی سوابق کارهای انجام شده، اهمیت و ضرورت مطالعه و اهداف مطالعه مورد نظر است. فصل دوم شامل شرح مختصری از ساختارهای زمین‌شناسی و اطلاعاتی درباره میدان‌های ابودر و نوروز و داده‌های استفاده شده در مطالعه حاضر می‌شود. فصل سوم که به عنوان تئوری و مبانی روش‌های پردازش مورد استفاده شده در مطالعه نامگذاری شده است شامل مفاهیمی درباره چگونگی تعیین خصوصیات پتروفیزیکی، داده‌های لرزه‌نگاری و چاه‌نگاری و تکنیک‌های مختلف استفاده شده از جمله رگرسیون چند متغیره، انواع شبکه‌های عصبی است. در فصل چهارم به روش کار و آنالیز داده‌ها پرداخته شده است و به تشریح تمام فرآیندها از معکوس‌سازی لرزه‌ای تا تهیه خصوصیات پتروفیزیکی و ارزیابی و تفسیر کمی و کیفی

مخزن می‌پردازد. در فصل پنجم به نتایج مطالعه و پیشنهادات و کارهایی که در آینده قابل طرح و انجام است، پرداخته شده است.

۲-۱ مقدمه

اکتشاف منابع هیدروکربور در خلیج فارس از اوایل دهه ۱۹۵۰ آغاز گردیده ولی در فلات قاره ایران، آغاز فعالیت های اکتشافی در اواخر این دهه بوده است.

فلات قاره ایران در خلیج فارس بر اساس ویژگی های چینه ای، ساختمانی، سنگ منشأ، سنگ مخزن و سنگ پوشش به پنج ناحیه تقسیم شده است (برگریزان و همکاران، ۱۳۷۵).

ناحیه اول: شمال غرب خلیج فارس است که از نظر منابع هیدروکربور غنی ترین ناحیه است. سنگ مخزن در این ناحیه بیشتر از نوع ماسه سنگی و شامل سازندهای کژدمی یا بورگان، غار یا بخش ماسه سنگی اهواز و گدوان یا زبیر است. سنگ مخزن های آهکی بیشتر در سازندهای آسماری، داریان و فهلیان قرار دارند. میادین موجود در این ناحیه شامل میادین ابوذر، اسفندیار، بهرگانسر، خارک، درود، سروش، فروزان، نوروز، هندیجان و تعدادی چاه های متفرقه است.

بعضی از طاق دیس ها در این ناحیه روند شمالی - جنوبی داشته و در راستای ساختمان های زمین شناسی عربستان اند (مانند میادین نوروز، درود). بعضی طاق دیس ها دارای ساختمان های متفاوت و با دامنه کم هستند (مانند میادین ابوذر و سروش).

ناحیه دوم: سنگ مخزن در این ناحیه بیشتر از نوع کربناته است. روند طاق دیس ها در ناحیه بر اثر حرکت گنبد های نمکی است که با سایر نقاط خلیج فارس و زاگرس متفاوت است. حرکت نمک ها موجب کاهش ضخامت در بخش های فوقانی طاق دیس، تضعیف سنگ پوشش و مهاجرت مواد هیدروکربور به قسمت های سطحی می شود، این حالت در میدان فارسی وجود دارد.

ناحیه سوم: این ناحیه قسمت شمالی و شرقی بلندی قطر را در بر می گیرد. بزرگ ترین مخزن گازی دنیا (میدان پارس جنوبی) در این ناحیه قرار دارد.

ناحیه چهارم: این ناحیه بین بلندی قطر و تنگه هرمز قرار دارد. سنگ مخزن این ناحیه کربناته و بیشتر از سازندهای سروک، داریان و بخش فوقانی سازن سورمه (عرب زون) می باشد.

ناحیه پنجم: این ناحیه تنگه هرمز را در بر می گیرد. مخازن آن بیشتر کربناته و از سازندهای سروک و داریان هستند.

مطالعه حاضر بر روی میادین نفتی نوروز و ابوذر، واقع در شمال غرب خلیج فارس انجام شده است. در این فصل به موقعیت جغرافیایی، مطالعات انجام شده، زمین شناسی منطقه و داده های مورد استفاده در این میدان می پردازیم. اطلاعات مورد استفاده در این پروژه عبارتند از نگارهای پتروفیزیکی خام و تفسیر شده مربوط به چاه های موجود در میادین نوروز و ابوذر، اطلاعات سرعت درمحل چاه ها و داده های لرزه ای دوبعدی مربوط به میادین نوروز و ابوذر.

در این محدوده، از هر میدان یک یا دو چاه انتخاب و همراه با چاه های متفرقه مورد بررسی قرار گرفته است. انتخاب چاه های مورد مطالعه با توجه به نکات ذیل انجام گرفته است:

۱- توزیع و پراکندگی چاه ها در منطقه تقریباً یکنواخت باشد.

۲- گزارشات، نمودارهای چاه پیمایی و اطلاعات زمین شناسی کافی از آن ها موجود باشد.

۳- حفاری و تهیه نمودارهای چاه پیمایی تا عمق زیرسازند کژدمی انجام شده باشد.

در ادامه این پایان نامه، موارد استفاده از هر یک از این داده ها، در جای خود شرح داده شده است.

۲-۲ میدان نفتی تحت مطالعه

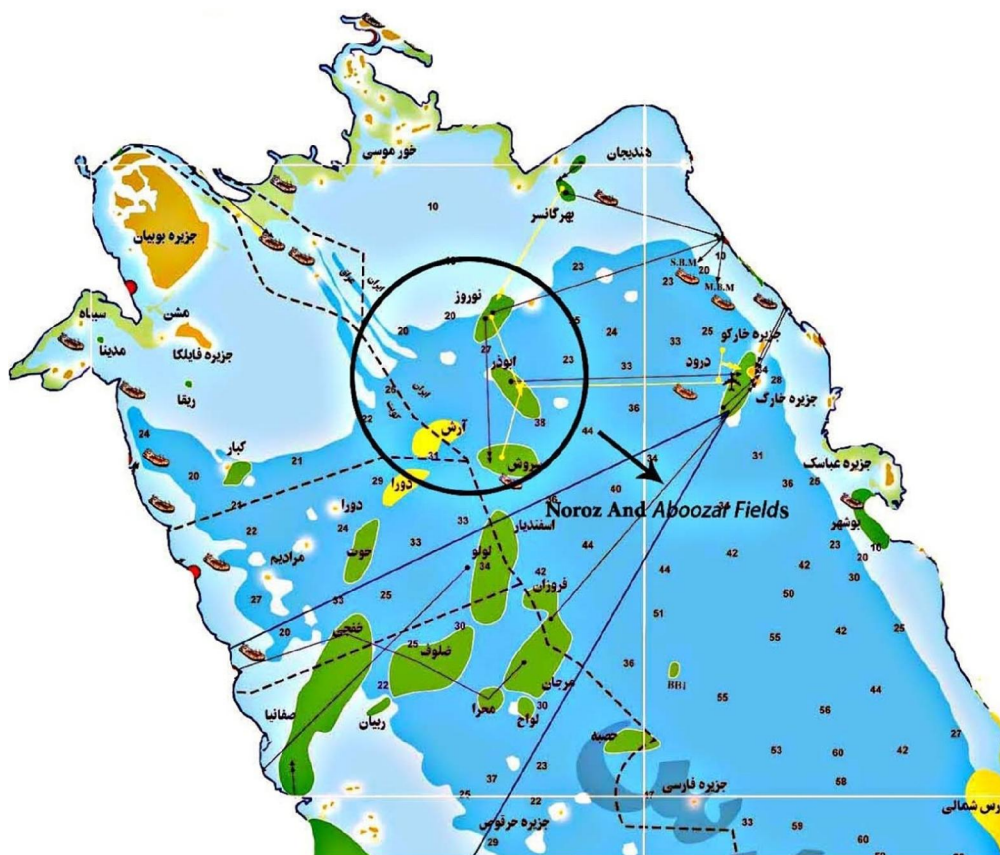
میدان نفتی نوروز به وسعت ۳۰۰ کیلومتر مربع و در فاصله ۹۸ کیلومتری مرکز نفتی بهرگان و ۷۵ کیلومتری جنوب غربی میدان هندیجان و ۹۳ کیلومتری شمال غربی جزیره خارگ و در حوزه نفتی خارگ قرار دارد. میدان نوروز بیضی شکل کشیده شده و جنس مخزن از نوع سنگ پایه شنی بوده و مهم ترین مخزن آن بورگان A دارای مساحتی برابر با ۸۹ کیلومتر مربع می باشد. شکل ۱-۲ نقشه میادین نوروز، ابوذر و میادین همجوار آن را نشان می دهد. در میدان نوروز چاه های مورد مطالعه به نام های نوروز N-11 و نوروز N-16 می باشند. در میدان ابوذر، چاه ابوذر A-2 انتخاب شده است. این میدان نفتی در ۷۲ کیلومتری جزیره خارگ و ۲۲ کیلومتری شمال شرقی میدان سروش قرار دارد و در

حداصل ۲۵ کیلومتری خط مرز آبی ایران و عربستان سعودی واقع شده است. همچنین این دو میدان مورد مطالعه در فاصله ۲۴ کیلومتری یکدیگر واقع شده‌اند. این میادین از نظر ساختاری بصورت یک تاق‌دیس متاثر از گنبدنمکی و حاصل فعالیت‌های تکتونیکی دوره کرتاسه میانی می‌باشند که امتداد این تاق‌دیس شمال غرب - جنوب شرق می باشد. (Iranian offshore oil company, 1974).

مخازن کرتاسه با برجستگی‌های ناشی از ساختمان‌های نمکی همراه شده و میادینی نظیر سیری، فروزان و اسفندیار را در شمال و مرکز خلیج فارس تشکیل می‌دهند. اغلب مخازن کرتاسه‌ای ایرانی دارای شکستگی هستند ولی با این وجود در پکستون‌ها و گرینستون‌ها تخلخل اولیه خوبی قابل مشاهده می‌باشد.

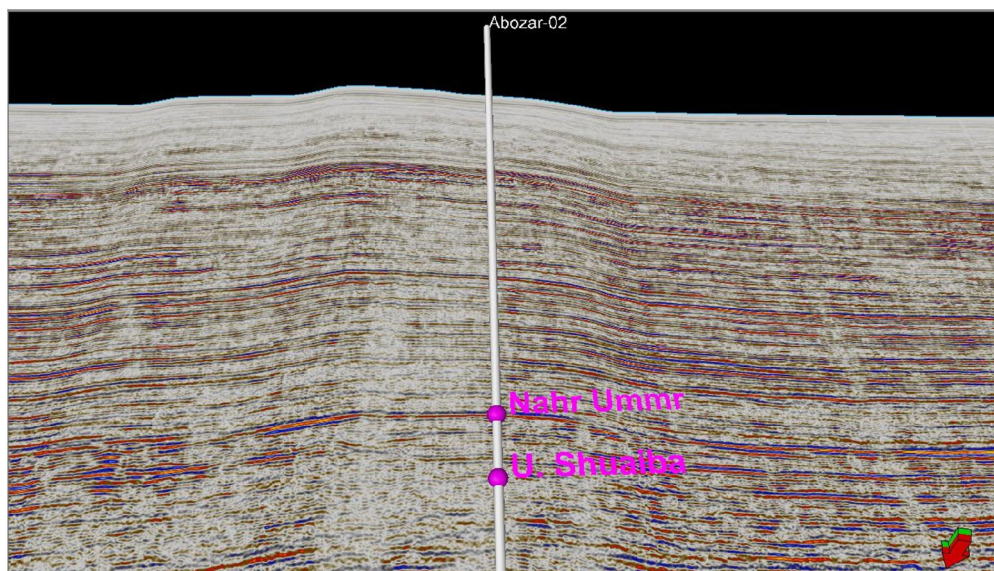
زبانه‌های ماسه‌ای سازند کژدمی به سن آلبین در شمال غرب خلیج فارس، از لحاظ توان تولید نفت از اهمیت زیادی برخوردار است. تخلخل و تراوایی بالای ماسه‌ها و وجود لایه‌های شیلی این سازند بعنوان سنگ‌منشا و سنگ‌پوشش، تمامی شرایط مناسب مخزنی برای تجمع هیدروکربور را فراهم کرده است. در سواحل ایرانی خلیج فارس، آهک‌های سازند داریان، از شیل و مارن‌های مربوط به آبتین تا سنومانین زیرین (سازند کژدمی)، عبور کرده و در کنار آن‌ها قرار می‌گیرند. این واحد تخریبی در بالای سازند داریان قرار می‌گیرد. سازند سروک، شامل آهک‌های کم‌عمق نزدیک ساحل بوده و بطور هم شیب بر روی سازند کژدمی قرار می‌گیرد.

چاه A-2، چاه اکتشافی حفاری توسط شرکت IPAC (آپاک) در سال ۱۹۶۸ است که این میدان نفتی در ۷۲ کیلومتری جزیره خارگ و ۲۲ کیلومتری شمال شرقی میدان سروش قرار دارد (شکل ۲-۱). نتایج بررسی‌های شرکت نفت نشان داد که مخزن بورگان با تخلخل خوب و همگن و تراوایی زیاد در این منطقه است و سطح تماس گاز و نفت در عمق ۸۵۰۳ فوتی قرار دارد، بنابراین ستون نفت در مخزن بورگان چاه ابوذر A-2، حدود ۲۶۳ متر ارزیابی شد (شکل ۲-۲). نفت این مخزن با درجه API ۲۷/۹۰، فشار ایستایی ۴۲۰۰ psi است (Iranian offshore oil company, 1974).



شکل ۲-۱. نقشه میدان ابوزر و میادین همجوار (Iranian offshore oil company, 1974).

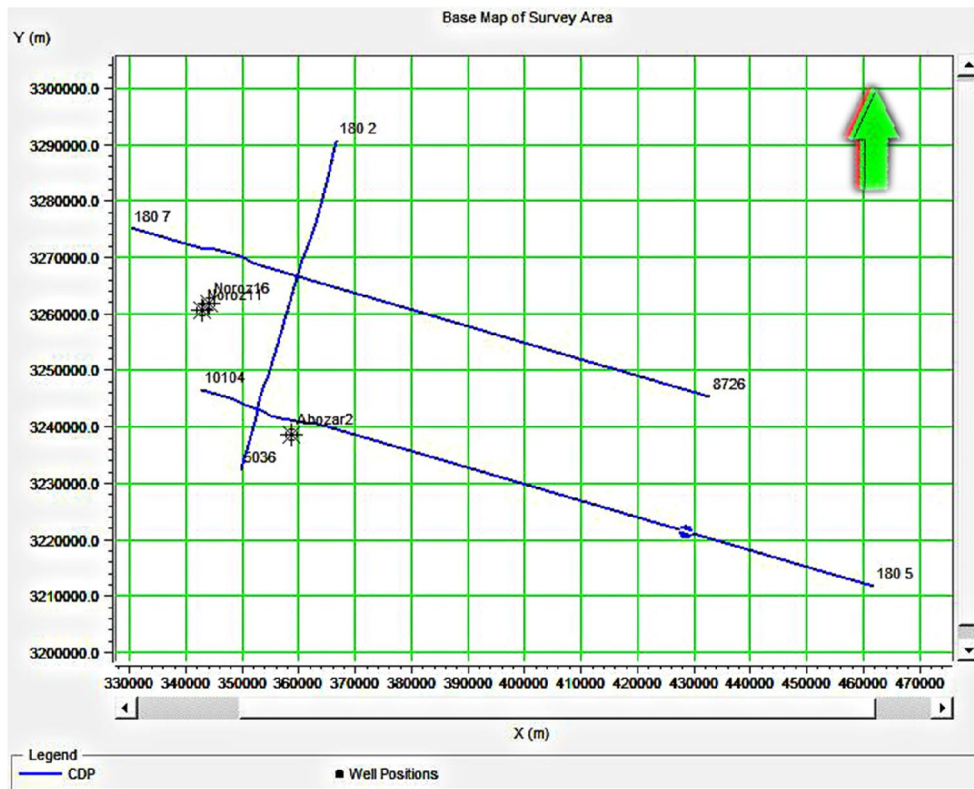
سازند کژدمی در مخزن مورد نظر از لحاظ سنگ‌شناسی شیل‌های خاکستری و ماسه‌سنگ است. تخلخل متوسط این سازند ۲۸ درصد و تراوایی متوسط آن ۱۱۸۰ میلی‌داری است. اشباع آب در منطقه نفتی ۱۵ درصد است، در دمای ۲۰۰ درجه فارنهایت مخزن است. با توجه به محاسبات انجام گرفته شده قبلی و کنتورهایی که برای سازند کژدمی کشیده شده است میزان نفت برجای با ضریب برداشت ۲۵ درصد در شرایط مخزن ۱۱۸ میلیون بشکه است (Iranian offshore oil company, 1974). این چاه در عمق ۴۰۰۸ متری متوقف شده است.



شکل ۲-۲. مقطع لرزه‌ای ۵ که پراکندگی سرسازندها و گسل موجود در مخزن را نشان می‌دهد.

۲-۳ داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل ۲ پروفیل شمال‌شرقی به جنوب‌غربی و ۱ پروفیل شمال‌غربی به جنوب‌شرقی لرزه‌ای دو بُعدی برانبارش شده و مهاجرت یافته از کل میدان و انواع نگارها که شامل نگارهای نوترون، صوتی، چگالی، مقاومت ویژه القایی و لاترولوگ عمیق در چاه‌های این میدان و چکشات از چاه A-2 متعلق به میدان ابوزر و اطلاعات حفاری و زمین‌شناسی می‌شود. کلیه اطلاعات و داده‌های فوق مربوط به سازند کژدمی در مخزن بورگان و عمق بالای ۲۵۸۹ متر می‌باشد. شکل ۲-۳ خطوط لرزه‌ای برداشت شده از این میدان و محل حفر چاه‌ها نسبت به خطوط لرزه‌ای را نشان می‌دهد. در ضمن، تمام نتایج گرفته شده توسط شرکت ملی نفت بررسی و در صورت نیاز تصحیح گردیده‌اند.



شکل ۲-۳. نقشه خطوط لرزه‌ای دو بُعدی به همراه محل حفر سه چاه در میداین ابودر و نوروز، محورهای افقی و عمودی، طول و عرض جغرافیایی بر حسب UTM می باشند.

۲-۴ ساختارهای زمین‌شناسی مناطق جنوب ایران

ساختارهای زمین‌شناسی جنوب ایران تحت تاثیر چین‌خوردگی زاگرس و در برخی نواحی متأثر از گنبد‌های نمکی هستند. شکل ۲-۴ سازندهای مختلف در منطقه زاگرس را با توجه به کشیدگی‌های آنها نشان می‌دهد. از آنجائی که این مطالعه، مخزن موجود در سازند کژدمی متعلق به میداین نفتی ابودر و نوروز را مورد ارزیابی قرار می‌دهد از این رو در ادامه به شرح سازندهای موجود در منطقه مطالعاتی از جدید به قدیم پرداخته می‌شود.

۲-۴-۱ سازند بختیاری

نام این سازند از کوه‌های بختیاری در شمال‌شرق خوزستان اخذ شده است و شامل کنگلومراهای آهکی و چرت‌دار است که به طور متناوب همراه با ماسه‌سنگ بوده و به حالت دگرشیب رسوبات سری

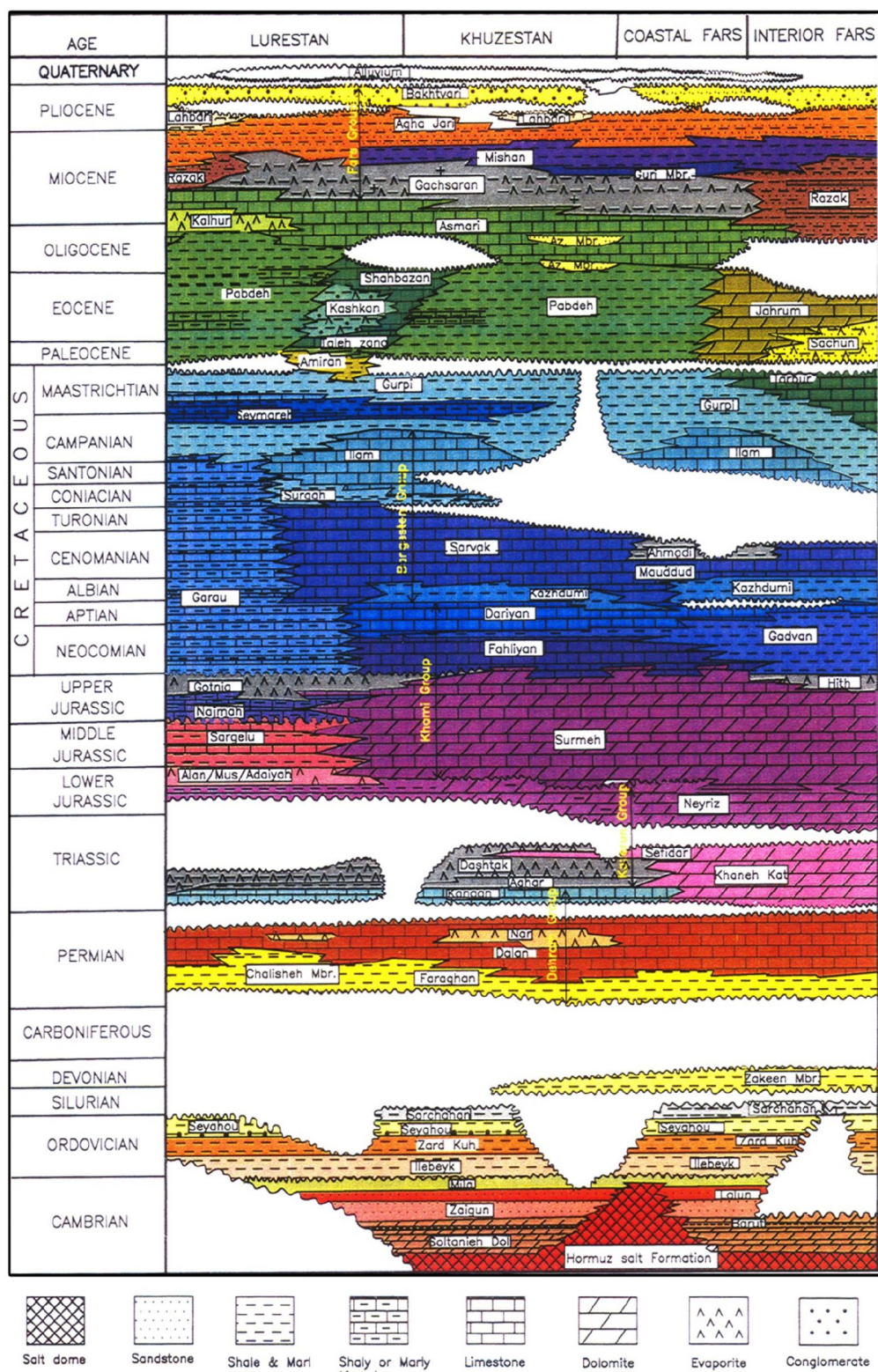
فارس را در لرستان و خوزستان فرا می‌گیرد. مقطع تیپ آن در گذارلندر واقع در شمال مسجد سلیمان اندازه‌گیری شده است و ضخامت آن در حدود ۵۱۸ متر است. قطعات سازنده این کنگلومرا، گرد و کروی و اصولاً متعلق به کرتاسه، اولیگوسن و چرت‌های قهوه‌ای تیره هستند که با سیمانی از آهک و رس به هم چسبیده‌اند. در سطح تماس زیرین این سازند، معمولاً سازند آغاجاری با دگر شیبی زاویه دار یا فرسایشی دیده می‌شود. سن این سازند پلیوسن پایانی و جوان‌تر است و سطح بالایی آن را رسوبات آبرفتی پوشانده است (درویش‌زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۲ بخش لهبری

نام این بخش از ناودیس لهبری در خوزستان انتخاب و مقطع نازک آن در تنگ توکاب واقع در شمال‌شرق دامنه تاقدیس هفتکل اندازه‌گیری شده است. ضخامت آن ۱۵۷۵ متر و از لحاظ سنگ‌شناسی شامل سیلتستون‌های هوازده و نرم گچ‌دار است که در آن لایه‌های مارن و ماسه‌سنگ و گچ نیز دیده می‌شود. سطح تماس زیرین آن بر روی شیل‌ها و مارن‌های قرمز سازند آغاجاری قرار دارد و در سطح تماس فوقانی با سازند بختیاری به حالت دگر شیب قرار دارد. سن بخش لهبری پلیوسن است و از خوزستان به سمت شمال‌شرق و جنوب‌شرق با سازند آغاجاری بتدریج و بصورت بین‌انگشتی تبدیل می‌شود (درویش‌زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۳ سازند آغاجاری

نام این سازند از میدان نفتی آغاجاری انتخاب شده است و مقطع تیپ آن در طول جاده امیدیه که به چاه‌های نفتی آغاجاری منتهی می‌شود، اندازه‌گیری شده است، ضخامت این سازند به ۲۹۶۵ متر می‌رسد. این سازند از لحاظ سنگ‌شناسی شامل ماسه‌سنگ‌های آهک‌دار قهوه‌ای خاکستری، رگه‌های گچ، شیل، مارن‌های قرمز و سیلتستون است. در سطح تماس زیرین این سازند، مارن‌های خاکستری و آهک‌های سازند میشان قرار دارند و در سطح تماس فوقانی آن، سازند بختیاری به حالت دگرشیبی قرار دارد. سن این سازند میوسن فوقانی تا پلیوسن تعیین شده است (درویش‌زاده، ۱۳۸۲).



شکل ۲-۴. واحدهای سنگ‌شناسی منطقه زاگرس (NIOC, 1382).

۲-۴-۴ سازند میشان

نام این سازند از روستای میشان در خوزستان گرفته شده است و مقطع تیپ آن از دامنه های جنوب غربی میدان نفتی گچساران گرفته شده است، ضخامت آن در محل مقطع تیپ ۷۱۰ متر و از نظر سنگ شناسی شامل ۶۱ متر تناوب آهک صدف دار و مارن خاکستری و ۶۴۹ متر تناوب رسوبات هوازده مارنی نرم و آهک صدف دار مقاوم تر است. سطح تماس زیرین این سازند بطور ناگهانی با گچ های سازند گچساران مشخص می شود و سطح تماس فوقانی آن به صورت تدریجی مارن ها و ماسه سنگ های آجاجاری است. سن این سازند میوسن آغازی تا میانی است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۵ بخش گوری

نام این بخش از تنگ گوری انتخاب شده و مقطع تیپ آن در دامنه جنوبی کوه گچ و در شرق گنبد نمکی و ۲۸ کیلومتری جنوب شرق شهر لار قرار دارد. ضخامت آن ۱۱۲/۸ متر است و از لحاظ سنگ شناسی شامل آهک های فسیل دار کرم رنگ سخت با لایه هایی از مارن است. در سطح تماس زیرین آن، مارن ها و گچ های قرمز رنگ سازند گچساران قرار دارد و سطح تماس فوقانی آن با مارن های سازند میشان بطور هم شیب پوشانیده شده است. سن آهک گوری میوسن زیرین تا اوایل میوسن میانی متغیر است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۶ سازند گچساران

نام این سازند از میدان نفتی گچساران انتخاب شده است، این سازند در خوزستان دارای ۷ بخش است. بخش یک با ضخامت ۳۹/۶ متر که به آن پوش سنگ گفته می شود و تناوبی از لایه های ضخیم انیدریت و لایه های نازک آهکی و گاهی همراه با شیل های قیری است و بطور هم شیب بر روی سازند آسماری قرار دارند و دارای فشار سیال زیادی نسبت به سازند آسماری است. بخش دو با ضخامت ۱۱۳/۵ متر و شامل قشر ضخیم نمک است که در آن لایه های از انیدریت و آهک نازک دیده می شود.

بخش سه با ضخامت ۲۲۵ متر که بخش زیرین آن را انیدریت و بخش فوقانی آن را تناوبی از انیدریت و لایه های نازک آهک و مارن تشکیل می دهد. بخش چهار با ضخامت ۸۳۴/۵ متر و شامل لایه های ضخیم نمک همراه با مارن و آهک خاکستری یا انیدریت است. بخش پنج با ضخامت ۳۰۸ متر و شامل تناوبی از انیدریت با مارن های قرمز تا خاکستری می شود. بخش شش با ضخامت ۲۷۸ متر که ۱۰۳ متر پایینی آن را تناوبی از انیدریت با مارن قرمز و آهک، قسمت میانی آن را نمک و انیدریت و ۶۱ متر فوقانی آن را انیدریت با مارن های قرمز یا خاکستری رنگ تشکیل می دهد. بخش هفت با ضخامت ۱۳۷ متر که به طور هم شیب به وسیله سازند میشان پوشیده می شود و تناوبی از انیدریت و مارن خاکستری و آهک ماسه ای است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۷ سازند رازک

نام این سازند از دهکده رازک در ناحیه فارس گرفته شده است و مقطع تیپ آن در دامنه شمالی کوه جهرم و در حدود ۴۰ کیلومتری جنوب شرق جهرم اندازه گیری شده است. ضخامت آن در محل مقطع تیپ ۸۰۴/۷ متر است و از لحاظ سنگ شناسی شامل مارن های سیلتی قرمز تا سبز و خاکستری همراه با لایه های فرعی آهک سیلتی می شود. سطح تماس زیرین این سازند با سازند آسماری و سطح تماس فوقانی آن با سازند میشان یا بخش گوری بصورت تدریجی است. سن این سازند میوسن آغازی و گسترش زیادی در ناحیه فارس داخلی دارد (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۸ سازند آسماری

نام این سازند از کوه آسماری در خوزستان گرفته شده است، مقطع تیپ آن در تنگ گل ترش در جنوب غربی کوه آسماری انتخاب شده است. ضخامت آن در مقطع تیپ ۳۱۴ متر است ولی عموماً از چند متر تا ۵۱۸ متر متفاوت است. از لحاظ سنگ شناسی شامل آهک کرم تا قهوه ای رنگ است. این سازند در سطح تماس زیرین خود شیل ها و مارن های سازند پابده را بطور هم شیب می پوشاند اما در

لرستان با دگرشیبی روی سازند آهکی و دولومیتی شهبازان قرار می گیرد و در بخشی از نواحی فارس به حالت دگرشیبی فرسایشی سازند جهرم را فرا می گیرد. در سطح تماس فوقانی سازند گچساران قرار دارد و در فارس داخلی هم سازند رازک جانشین گچساران می شود. سن کلی سازند آسماری اولیگوسن تا میوسن آغازی است. سازند آسماری شامل دو بخش ماسه سنگی اهواز و بخش انیدریتی کلهر است. بخش ماسه سنگی اهواز از ماسه سنگ آهکی، گاهی آهک ماسه ای همراه با کمی شیل ساخته شده است و بخش قاعده سازند آسماری را در چاه های نفتی اهواز و منصوری تشکیل می دهد. در مقطع تیپ ضخامت آن ۲۳۱/۵ متر است. بخش انیدریتی کلهر که مقطع تیپ آن در لرستان و در منطقه ای به نام کوه اناران است دارای ضخامت ۱۱۹ متر است و از لحاظ سنگ شناسی شامل ۵ متر ژپس، ۲۰ متر مارن و آهک مارنی، ۹۵ متر ژپس ضخیم و دو لایه نازک آهکی می شود. این بخش فقط در جنوب غربی لرستان گسترش خوبی دارد.

سازند آسماری از نظر جغرافیایی، در تمام منطقه زاگرس، در هر کجا که سازند آسماری در زیر سازند گچساران یا سازند مشابه آن قرار داشته باشد، به علت درز و شکاف فراوان و تخلخل زیاد، جدیدترین سنگ مخزن نفت محسوب می شود (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۹ سازند پابده

نام این سازند از کوه پابده در خوزستان گرفته شده است و مقطع تیپ آن در تنگ پابده در جنوب شرق کوه پابده واقع در شمال میدان نفتی لالی اندازه گیری شده است و ضخامت آن ۷۹۸/۵ متر است و شامل ۱۴۰ متر بخش شیل ارغوانی با شیل ها و مارن های همراه با لایه های نازکی از آهک، ۷۴ متر بخش شیلی با آهک رسی، ۴۲/۶ متر بخش آهک رسی با ندول های چرتی، ۸۲/۳ متر بخش شیل های تیره با لایه های آهکی پراکنده در قاعده و ۴۵۸/۵ متر بخش فوقانی با آهک های رسی لایه نازک با تناوبی از شیل است. سطح تماس زیرین آن با سازند شیلی و مارنی گورپی هم شیب است و

سطح تماس فوقانی آن را سازند آسماری گاهی بصورت هم شیب و تدریجی و گاهی با دگرشیبی می پوشاند. سن این سازند پالتوسن تا میوسن است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۱۰ سازند جهرم

نام این سازند از کوه جهرم در ناحیه فارس انتخاب شده است و مقطع تیپ آن در تنگ آب در دامنه شمال کوه جهرم اندازه گیری شده است و از لحاظ سنگ شناسی شامل ۳۵ متر دولومیت های قهوه ای رنگ، ۱۶۱/۵ متر دولومیت های لایه نازک تا لایه متوسط و ۲۸۷/۵ متر بخش فوقانی با آهک دولومیتی با میکروفسیل های فراوان است. سطح تماس زیرین آن در محل مقطع تیپ با سازند ساچون هم شیب است و سطح تماس فوقانی آن با سازند آسماری از نوع دگرشیبی فرسایشی است. سن این سازند پالتوسن تا ائوسن پسین است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۱۱ سازند گورپی

مقطع نمونه این سازند در تنگ پابده، در دامنه جنوب غربی کوه پابده در شمال میدان نفتی لالی در خوزستان اندازه گیری شده و ضخامت آن ۳۵۰ متر می باشد. از نظر لیتولوژی شامل مارن های تیره- ی خاکستری مایل به آبی، شیل و کمی آهک مارنی خاکستری رنگ است. در کنتاکت زیرین سازند گورپی با سازند ایلام دگرشیبی فرسایشی خفیفی وجود دارد که با سطح آهن دار هوازده مشخص است و در مناطقی که سازند ایلام وجود نداشته باشد سازند گورپی با انفصال رسوب مشخصی بر روی سروک قرار می گیرد. سن این سازند سانتونین گزارش شده و در بعضی نواحی ماستریشین تعیین گردیده است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۱۲ سازند ایلام

محل مقطع نمونه سازند ایلام در انتهای شمال غربی کبیر کوه ایلام انتخاب شده است. سازند ایلام دو رخساره متفاوت دارد، یکی رخساره پلاژیک نسبتاً عمیق که در لرستان وجود دارد و دیگری رخساره های کم عمق که در خوزستان و فارس گسترش دارد. رخساره های پلاژیک در مقطع نمونه دارای ۱۹۰ متر ضخامت بوده و از نظر لیتولوژی شامل آهک های رسی دانه ریز خاکستری رنگ با لایه بندی منظم است و در آن لایه های نازکی از شیل های سیاه رنگ هم دیده می شود. رخساره های کم عمق از نظر لیتولوژی شامل آهک های قلوهای و در بسیاری از موارد از آهک های مشابه رخساره پلاژیک تشکیل شده است. سن هر دو رخساره سانتونین تا کامپانین تعیین شده است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۱۳ سازند سروک

نام این سازند از تنگ سروک، در کوه بنگستان در منطقه خوزستان انتخاب شده و دارای دو رخساره مشخص می باشد، یکی رخساره کم عمق به ضخامت ۸۲۱ متر در مقطع نمونه که بقایای رودیست و شکمپایان دارد و رخساره دیگر شامل آهک های لایه نازک دانه ریز و تیره رنگ است که در اعماق بیشتری تشکیل شده و در آن فسیل های ذره بینی پلاژیک هم یافت می شود. سن رخساره کم عمق در ساند سروک سنومانین و برای رخساره عمیق آلبین تا تورونین می باشد (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۱۴ سازند کژدمی

بطور کلی در ناحیه شمالی خلیج فارس این سازند از سه بخش اصلی تشکیل شده است که عبارتند از:

بخش فوقانی که شامل لایه های شیلی و آهک رسی ولایه های نازکی از ماسه سنگ و سنگ آهک می باشد. بخش تحتانی یا بخش ماسه سنگی بورگان که در شمال خلیج فارس از گسترش خوبی برخوردار بوده و دارای تخلخل و نفوذپذیری بالا جهت تجمع هیدروکربن می باشد.

- کژدمی بالایی

شامل سنگ های رسی نرم تا سخت تیره تا خاکستری تیره و مارن و شیل ها با لایه های نازکی از ماسه سنگ سست می باشد.

- بخش ماسه سنگی بورگان

لایه های ماسه سنگی بورگان که به عنوان بخش تحتانی سازند کژدمی نیز شناخته می شود، شامل سه بخش A، B و C می باشند. بخش ماسه سنگی B را ماسه سنگ اصلی نیز می نامند. لایه های ماسه سنگی A، B و C، توسط تناوبی از لایه های نازک شیل و سنگ آهک رسی مجزا می شوند.

- بخش ماسه ای بورگان A

شامل ماسه سنگ نسبتاً تمیز با جورشدگی خوب به رنگ کرم قهوه ای به همراه لایه نازکی از سیلت با سیمان رسی است. از نظر بافتی، ماسه ها، ریزدانه تا متوسط، کمی گردشده و سست تا خوب سیمان شده، هستند.

- ماسه سنگ اصلی (بورگان B)

این بخش شامل ماسه سنگهای کوارتزیتی قهوه ای تیره تا تیره با بافت ریزدانه تا متوسط (گاهی درشت دانه) و گردشدگی خوب تا متوسط می باشد. همچنین شیل های صمغی و رسی قهوه ای تیره بصورت میان لایه در بین ماسه سنگ ها دیده می شود.

- ماسه سنگ بورگان C

این بخش حاوی شیل با میان لایه های نازک ماسه و سیلتستون می باشد.

مقطع نمونه این سازند در تنگ گورگودا واقع در جنوب غربی دامنه کوه میش، شمال گچساران، اندازه گیری و نام آن از قلعه کژدمی اخذ شده است. ضخامت مقطع آن ۲۳۰ متر و از نظر لیتولوژی

شامل شیل های قیری تیره رنگ و واجد لایه هایی از آهک رسی تیره رنگ و مارن است. در ۱۰۰ متر اول این سازند عموماً گلوکونی وجود دارد، ولی در ۳۵ متر قاعده آن مناطق قرمز و اکسید شده هم دیده می شود. در حد بین سازند کژدمی و سازند داریان مقداری رسوب قرمز رنگ وجود دارد که نشانه ای از کم شدن عمق رسوبات یا انفصال کوتاه مدت است. سازند کژدمی بطور هم شیب بوسیله آهک های سازند سروک و به حالت تغییرات تدریجی پوشیده می شود. از نظر گسترش جغرافیایی، سازند کژدمی در تمام خوزستان و فارس دیده می شود. سن سازند کژدمی عموماً آلبین تا سنومانین زیرین می باشد (درویش زاده، ۱۳۸۲).

دو مخزن ماسه ای یعنی کژدمی بالایی و بورگان، که بخشی از سازند کژدمی هستند، بدون دگرشیبی در زیر سازند مادود (سروک زیرین) و با یک دگرشیبی بر روی سازند شعبیای بالایی قرار گرفته اند.

بخش کژدمی بالایی شامل ماسه نازک لایه متخلخل و حاوی نفت بوده واز روی اطلاعاتی که توسط مغزه های مربوط به این لایه بدست آمده است، به نظر می رسد که این لایه می تواند مخزن نفتی خوبی باشد.

۲-۴-۱۵ سازند داریان

مقطع نمونه این سازند در کوه گدوان واقع در شمال دهکده داریان واقع در شمال شرق شیراز اندازه گیری شده است. از نظر لیتولوژی شامل آهک های ضخیم لایه اربیتولین دار به رنگ خاکستری تا قهوه ای می باشد. ضخامت آن در مقطع نمونه ۳۱۵ متر است. سازند داریان بر روی شیل ها و مارن های هوازده سازند گدوان بطور هم شیب قرار دارد و در بالای آن سازند کژدمی به حالت هم شیب وجود دارد. سن این سازند آپسین تعیین شده است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۱۶ سازند گدوان

سنگ شناسی سازند عمدتاً شامل سنگ آهک و درصد ناچیزی آهک دولومیتی و کانی های رسی می باشد. این سازند دارای فواصلی است که حاوی هیدروکربور بوده اما درصد اشباع آب آن بالا

می باشد متوسط تخلخل در لایه های متخلخل حدود ۲۰ درصد و اشباع آب از ۷۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۱۷ سازند فهلپان

این سازند از سنگ آهک، درصد کمی کانی های رسی و آهک دولومیتی ساخته شده است. تغییرات تخلخل در این سازند حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد، اشباع آب از ۷۰ تا ۱۰۰ درصد و آب خیز می باشد (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۱۸ سازند هیث

این سازند عمدتاً از انیدریت، دولومیت و دولومیت آهکی تشکیل شده است. در بین لایه های انیدریتی میان لایه های کربناته با ضخامت های مختلف وجود دارند. متوسط تخلخل این لایه در حدود ۱۵ درصد و اشباع آب از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر بوده و فاقد پتانسیل هیدروکربوری است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۱۹ سازند سورمه

سنگ شناسی این سازند بطور کلی شامل آهک، دولومیت، آهک های دولومیتی، دولومیت های انیدریتی، انیدریت، رس و شیل های نازک لایه می باشد (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۲۰ سازند نیریز

سنگ شناسی این سازند مجموعاً از رس های آهکی تا ماری، دولومیت و میان لایه هایی از آهک های دولومیتی تشکیل یافته است (درویش زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۲۱ سازند دشتک

سنگ‌شناسی سازند دشتک بطور عمده شامل تناوبی از سنگ‌های تبخیری و کربناته است که در بین آن‌ها لایه‌هایی از رس، شیل و مارن قرار دارد (درویش‌زاده، ۱۳۸۲).

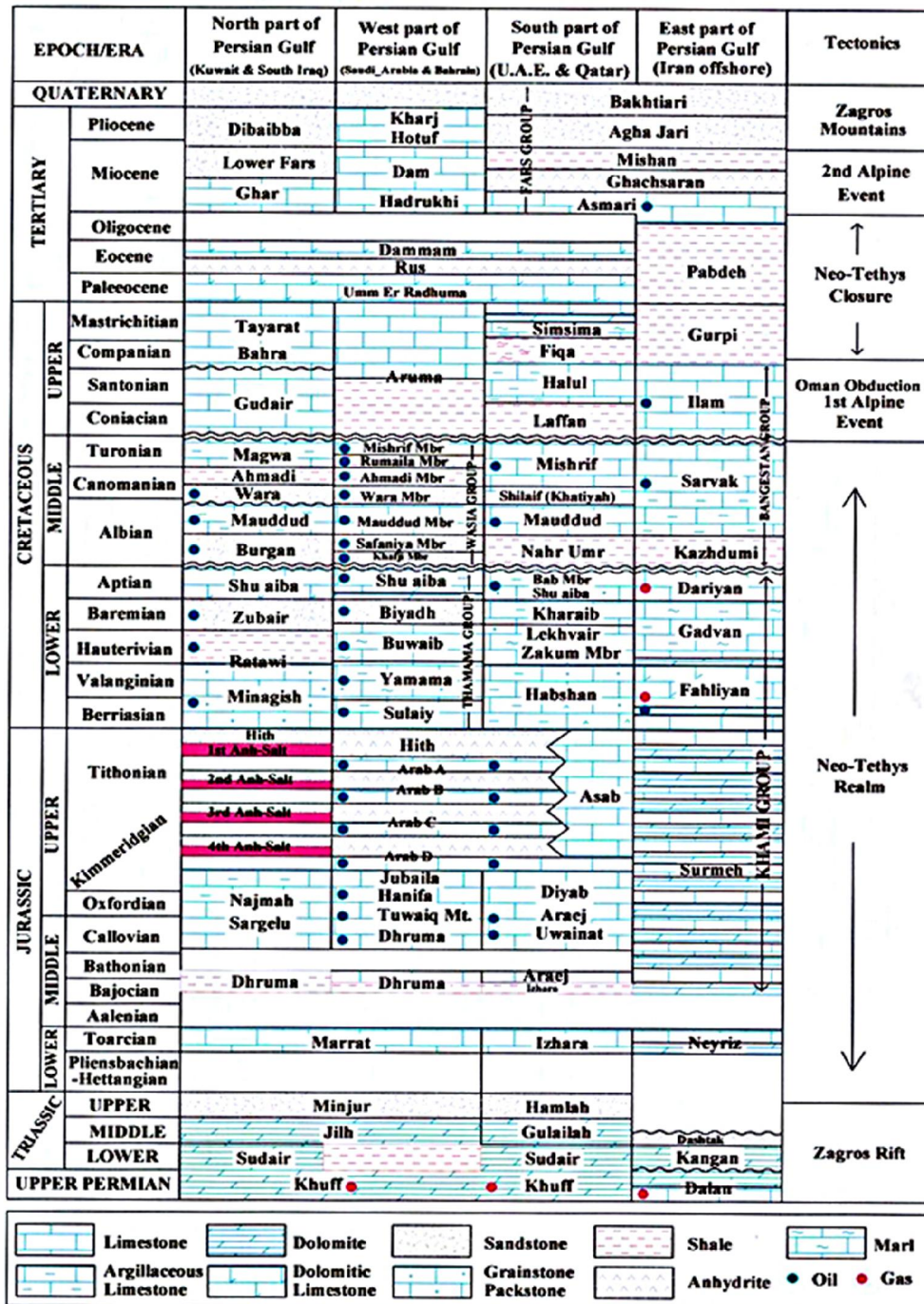
۲-۴-۲۲ سازند کنگان

از دولومیت، لایه‌های رسی و شیلی، آهک به همراه لایه‌هایی از انیدریت و دولومیت‌های انیدریتی تشکیل یافته است (درویش‌زاده، ۱۳۸۲).

۲-۴-۲۳ سازند دالان

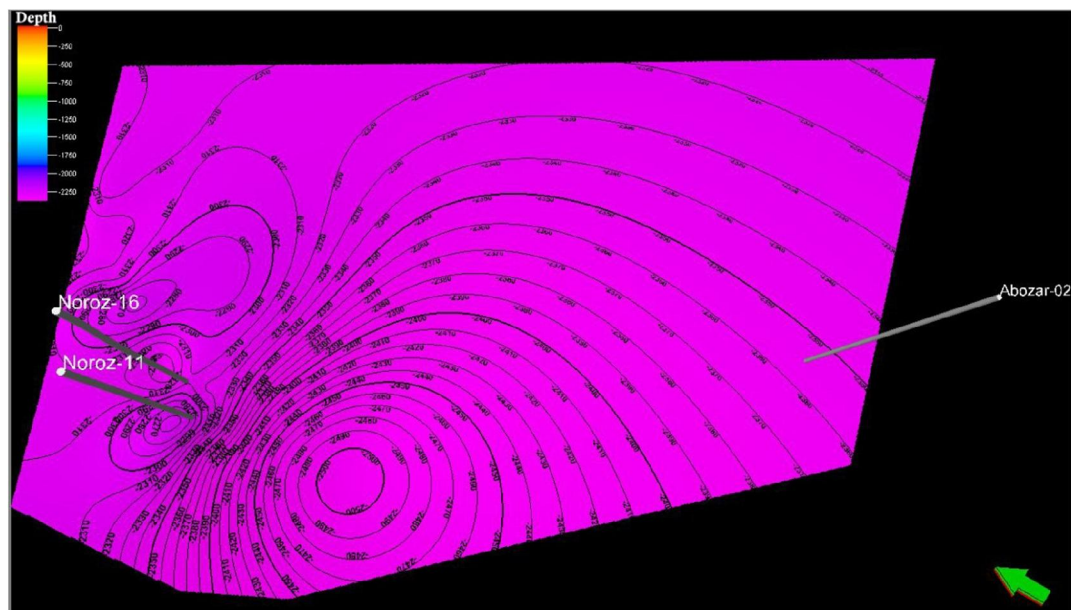
این سازند متشکل از دولومیت، آهک و مقادیر کمتری انیدریت می‌باشد. لایه‌های اصلی انیدریتی تقریباً در بخش میانی و همچنین به میزان کمتری به صورت پراکنده در طول سازند وجود دارند. درصدهای کمی از کانی‌های رسی نیز در سرتاسر سازند دیده می‌شوند. شکل ۲-۵ ستون چینه‌شناسی سواحل ایرانی و عربی خلیج فارس را نشان می‌دهد (درویش‌زاده، ۱۳۸۲).

Simplified Stratigraphy, Petroleum system and Tectonics of the Persian Gulf offshore-areas

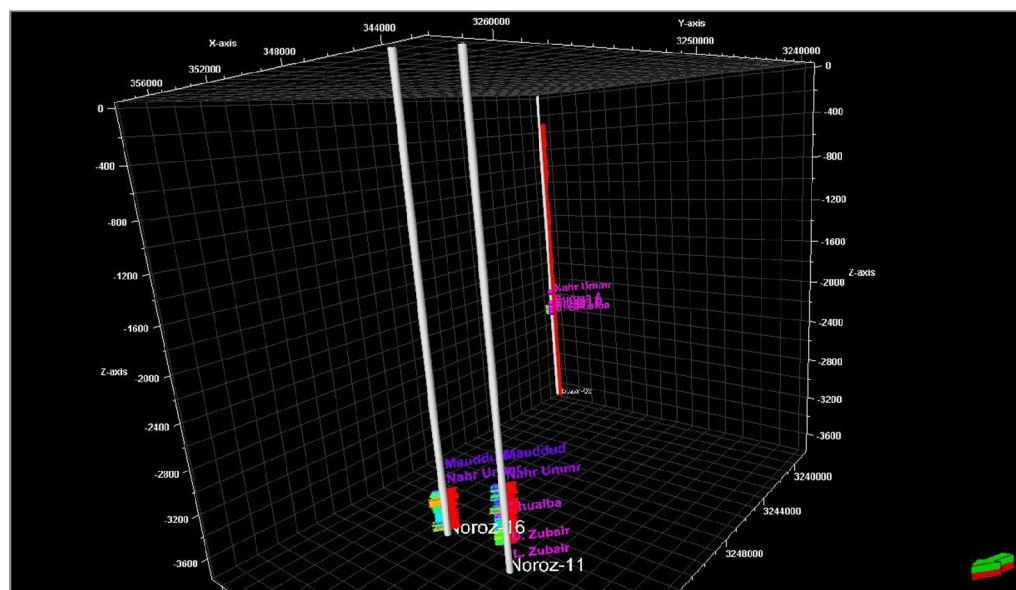


شکل ۲-۵. ستون چینه‌شناسی سازندهای خلیج فارس در سواحل ایرانی و عربی.

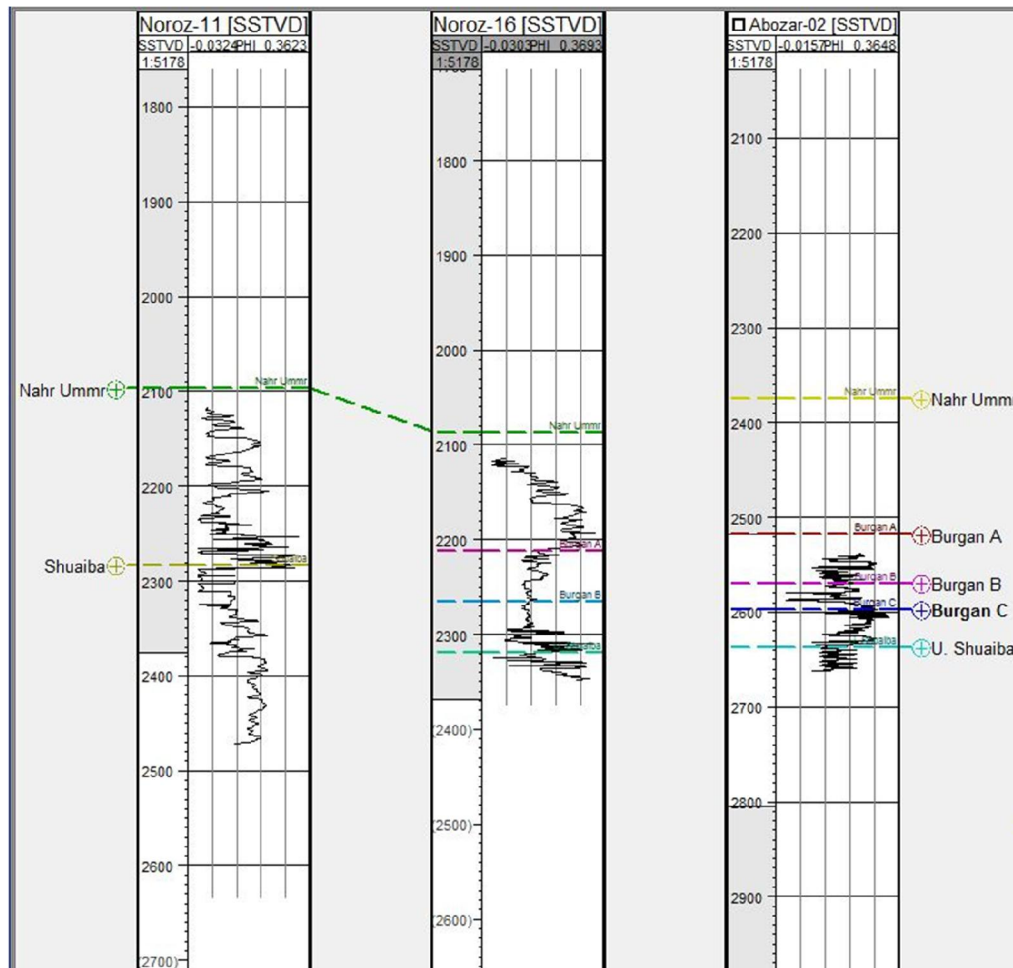
در شکل ۲-۶ به کمک نرم افزار Petrel وضعیت و موقعیت چاههای مورد مطالعه بر روی سطح لرزه‌ای گذرنده از زیر سازند کژدمی نشان داده شده است. شکل ۲-۷ نگارهای چاهنگاری در چاههای تحت مطالعه را نمایش می‌دهد. همچنین شکل ۲-۸ ارتباط زیرلایه‌ها را در سازند کژدمی در چند چاه نشان می‌دهد.



شکل ۲-۶. وضعیت و موقعیت چاههای مورد مطالعه بر روی سطح لرزه‌ای گذرنده از زیر سازند کژدمی نرم افزار Petrel.



شکل ۲-۷. نگارهای چاه‌پیمایی در چاههای تحت مطالعه همراه با نمایش عمقی آنها.



شکل ۲-۸. ارتباط زیرلایه ها در سازند کژدمی در چاه های (۱۱) و (۱۶) نوروز و (۲) ابوزر به همراه نمودار تخلخل به وسیله نرم افزار Petrel.

با توجه به محدود بودن تعداد چاه های حفاری شده، بررسی چگونگی گسترش مخازن متخلخل و تولیدی در پهنه میدان، تنها با استفاده از اطلاعات چاه ها میسر نبوده و به این منظور استفاده از داده های لرزه ای معکوس شده ضروری است.

۳-۱ مقدمه

در ارزیابی کمی و کیفی مخازن هیدروکربوری، آگاهی از زمین شناسی و خصوصیات پتروفیزیکی آنها (تخلخل، حجم شیل، ضخامت) ضروری است. روش سنتی تهیه نقشه های زمین شناسی زیرسطحی، استفاده از رخنمون ها و مشاهدات سطح زمین بوده است. از آنجا که در بسیاری نواحی ساختمان و چینه شناسی زمین در اعماق چند هزار متری را نمی توان از مشاهدات سطحی استنتاج کرد، این روش چندان مورد استقبال واقع نمی شود. روش دیگر کسب اطلاعات زمین شناسی زیرسطحی و خصوصیات مخزنی، حفر چاه های اکتشافی و تهیه نگارهای چاه پیمائی است. اگرچه حفاری چاه های اکتشافی با اعماق زیاد، مستلزم هزینه های فوق العاده است، لیکن به دلیل کسب اطلاعات دقیق و ارزشمند زمین شناسی و پتروفیزیکی از روی نگارهای چاه پیمائی، خرده های حفاری و یا مغزه گیری در محل این چاه ها، صرف این هزینه ها، کاملاً قابل توجیه است. با این همه اطلاعات حاصل از چاه ها اگرچه دقیق و بسیار حائز اهمیت هستند ولی تنها در محل چاه های حفر شده قابل استناد بوده و تعمیم این اطلاعات به سرتاسر گستره مخزن ممکن و معتبر نیست. لذا به منظور شناخت کافی از گستره مخزن لازم است تا چاه های متعدد و فراوانی در این پهنه حفاری گردد که این موضوع به هیچ عنوان توجیه اقتصادی نخواهد داشت. در چنین شرایطی داده های لرزه ای، به عنوان ابزاری قدرتمند و دارای توجیه اقتصادی مورد استفاده قرار می گیرد. تا حدود ۲ دهه قبل از داده های لرزه ای، تنها در تهیه نقشه های ساختمانی زیرسطحی استفاده می گردید، لیکن امروزه به لطف پیشرفت های کامپیوتری (نرم افزاری و سخت افزاری) و نیز استفاده از روش لرزه نگاری سه بعدی، نه تنها تهیه نقشه های ساختمانی و ساختارهای زمین شناسی زیرسطحی با وضوح مطلوب، بسیار آسان شده است بلکه استخراج خصوصیات مخزنی و پتروفیزیکی و حتی آشکارسازی هیدروکربور نیز از این داده ها امکان پذیر می باشد. به همین منظور از روشی به نام معکوس سازی برگردان لرزه ای استفاده می شود. برگردان لرزه ای، داده های لرزه ای را به امپدانس صوتی تبدیل کرده و امکان تخمین خواص پتروفیزیکی و مخزنی را از آنها فراهم می آورد. برای انجام برگردان، ابتدا لازم است که به کمک

نگارهای پتروفیزیکی، نگار امپدانس صوتی و سپس از این نگار، سری ضرایب بازتاب لایه های زمین محاسبه شود. با همامیخت یک موجک لرزه ای در سری زمانی ضرایب بازتاب، یک لرزه نگاشت مصنوعی حاصل می شود. این لرزه نگاشت، مدلی است که به روش مستقیم، از زمین تهیه شده است. به بیان ساده، از ماهیت و خصوصیات زمین، داده های لرزه ای ساخته (محاسبه) می شود، حال آنکه در برگردان لرزه ای، از داده های لرزه ای، ماهیت و خصوصیات زمین محاسبه می شود. به همین منظور، پس از ساخت لرزه نگاشت مصنوعی و تطابق آن با داده های لرزه ای واقعی، برگردان لرزه ای را تصحیح می کنند. همچنین این تطابق، شناسایی بالا و پایین سازندها بر روی داده های لرزه ای را ممکن می کند. پس از شناسایی، بالا و پائین سازندها در محل چاهها و بر روی داده های لرزه ای تفسیر شده و در تمام حجم داده های لرزه ای گسترش می یابد. سپس این حجم لرزه ای^۱ از داده های لرزه ای مدل شده، با واهمآمیخت با موجک لرزه ای، برگردان شده و سری ضرایب بازتاب و سپس مکعب امپدانس صوتی حاصل می شود (شیری، ۱۳۸۹).

در این فصل با تئوری ها، اصول و قواعد اصلی روش های پردازش و مدل سازی بکار گرفته شده در این پایان نامه آشنا می شویم. بخش های مختلف این فصل طوری تنظیم شده است که ابتدا یک دید کلی از فرآیند مدل سازی و تعیین خصوصیات پتروفیزیکی را به ما می دهد و پس از آن به شرح اصول به کار رفته شده در مراحل مختلف انجام این مطالعه با حفظ ترتیب آنها پرداخته شده است.

۳-۲ خصوصیات پتروفیزیکی

توصیف مخزن، کار بر روی داده ها است که هدف آن توسعه و ایجاد یک مدل دقیق با بهترین استفاده از داده های موجود می باشد. مشکلاتی از قبیل عدم قطعیت، غیرخطی بودن روابط مجهول بین انواع داده ها، حجم داده ها و حصول داده ها از روش ها و منابع متفاوت، لزوم بکارگیری دیگر روش های هوشمند و شبکه های عصبی را ضروری می سازد. تجربه نشان می دهد که بکارگیری این

^۱ . Seismic Cubic

روش‌ها در صنعت نفت تا حد قابل توجهی مشکلات مذکور را مرتفع کرده و باعث موفقیت‌های زیادی شده است. میزان موفقیت در اکتشاف منابع نفت و گاز از ۳۰ درصد در دهه ۱۹۸۰ به ۴۰ درصد در دهه ۱۹۹۰ رسیده است و موفقیت حفاری‌های نفت و گاز از ۳۰ درصد در آغاز سال ۱۹۹۰ به ۴۷ درصد در سال ۱۹۹۶ رسیده است. در کل، این روش‌ها در کاهش میزان هزینه‌ها و کاهش ریسک اکتشاف و حفاری و بهره‌برداری بسیار مفید هستند و تاثیر بسزایی در تولید بهینه میزان نفت و گاز در چاه‌ها و طول عمر آن‌ها دارند (Nikraves and Aminzadeh, 2001).

کاربردهای اخیر روش‌های هوشمند، ما را در پیدا کردن منابع جدید و مدیریت بهتر مخازن و بهینه‌سازی تولید تواناتر کرده است. این روش‌ها در تولید بهتر از مخازن با تراوایی‌های بسیار پایین مانند شیل‌های ترکدار و مخازن شکسته گازی و مخازنی که در زیر نمک‌ها و آب‌های عمیق قرار دارند و منابع نفت و گاز آینده را شامل می‌شوند ارزش خود را به اثبات رسانده‌اند.

روش‌های هوشمندی مانند شبکه‌های عصبی برای آنالیز داده‌ها و تفسیرها قدرت بسیار زیادی دارند و یک نقطه عطف در زمینه‌های علم و مهندسی در تبدیل داده‌ها به اطلاعات و اطلاعات به علم بشمار می‌روند. در صنایع نفت و گاز، این روش‌های هوشمند در آنالیزهای عدم قطعیت و بررسی میزان ریسک و تفسیر و ... و استخراج اطلاعات از داده‌های مختلف مانند داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی و داده‌های زمین‌شناسی و چاه‌نگاری و داده‌های تولید قابل استفاده هستند. علاوه بر این موارد، این روش‌ها می‌توانند یک ابزار مفید برای مشخص کردن مناطق نفت و گاز در میادین تولیدی باشند و ما را در تولید هر چه بهتر نفت و گاز باقی مانده یاری برسانند.

۳-۲-۱ چاه پیمائی

مغزه‌های حاصل از چاه‌ها بهترین اطلاعات را در اختیار زمین‌شناسان و مهندسين مخزن قرار می‌دهند. ولی همیشه مغزه‌گیری کامل از چاه امکان‌پذیر نیست و یا حجم مغزه برای انجام آزمایش‌های مختلف کافی نیست، از نظر اقتصادی نیز مغزه‌گیری کاری بسیار پرهزینه است.

اطلاعات بدست آمده از خرده های حاصل از حفاری نیز بدلیل خرد شدن زیاد سنگ ها توسط مته حفاری (اندازه کوچک تر از ۱ cm) و نیز ریزش دیواره های چاه و مخلوط شدن سازندها با یکدیگر زیاد قابل اعتماد نیست.

ولی لاگ ها یا نمودارهای چاه پیمائی که بلافاصله پس از حفاری یا در حین حفاری قابل تهیه و مقایسه اند، حاوی اطلاعاتی هستند که همیشه در دسترس بوده و از نظر اقتصادی به صرفه ترند. لذا بعد از مغزه ها نمودارهای چاه پیمائی یکی از قابل قبول ترین روش هایی است که اطلاعات باارزشی از ویژگی های طبقات زیرزمین و مخازن در اختیار زمین شناسان قرار می دهد.

امروزه در علم پتروفیزیک با استفاده از نمودارهای چاه پیمائی، بسیاری از اطلاعات زمین شناسی مخزن و رسوب شناسی از جمله سنگ شناسی، ساخت و ترکیب سنگ ها، تراوایی، ضخامت و شیب لایه ها، رخساره ها و توالی آن ها، محیط رسوبی، مقدار و نوع سیالات موجود در سنگ، حرارت و فشار سازند قابل بررسی و محاسبه است. مطالعه داده هایی که از زیرزمین بدست می آید منجر به تهیه نقشه ها و برش های زیرزمینی می شود تا تجزیه و تحلیل حوضه های رسوبی به خوبی انجام می گیرد.

۳-۲-۲ تخلخل

از آنجا که یکی از اهداف از انجام این پروژه، بررسی تخلخل و تغییرات آن در مخزن بورگان (کژدمی) و در پهنه میادین ابودر و نوروز می باشد، لازم است که قبل از دیگر موضوعات به آن پرداخته شود.

تخلخل یک سنگ عبارتست از نسبت حجم فضاهای خالی به حجم کل سنگ:

$$\phi = \frac{V_p}{V_t} \quad (۱-۳)$$

که V_p حجم فضاهای خالی و V_t حجم کل سنگ است (Tiab and Donaldson, 2004).

یکی از مهم ترین عوامل در تعیین حجم ذخیره مخازن، تخلخل است. تخلخل در موارد طبیعی می تواند از ۸۰ درصد برای رسوبات نرم کف اقیانوس ها تا کمتر از ۰/۱ درصد در بعضی از سنگ آهک های کریستالی تغییر کند. تخلخل در مخازن بین ۴ تا ۵ درصد و بطور معمول بین ۱۰ تا ۲۰ درصد متغیر است. روش های مختلفی برای محاسبه تخلخل وجود دارد. در صنعت نفت، روش استفاده از نگارهای چاه مهم ترین روش می باشد. برای محاسبه تخلخل از نگارهای تخلخل، شامل نگار نوترون، نگار چگالی و نگار صوتی استفاده می شود. بسته به روش مورد استفاده می توان از یک یا ترکیبی از چند نگار استفاده کرده و تخلخل را محاسبه نمود.

۳-۱-۲-۱ عوامل تعیین کننده در میزان تخلخل

عوامل تعیین کننده در میزان تخلخل را می توان به دو گروه عمده اولیه و ثانویه تقسیم کرد. تاثیر این عوامل در سنگ های مختلف متفاوت است به عنوان مثال در سنگ های تخریبی عوامل اولیه تعیین کننده اصلی و در سنگ های کربناته عوامل ثانویه حائز اهمیت بیشتری هستند. از جمله مهم ترین عوامل اولیه، می توان به جورشدگی و شکل ذرات اشاره کرد. هرچه جورشدگی بهتر باشد، تخلخل افزایش می یابد. شکل ذرات بر چگونگی قرارگیری ذرات در کنار هم موثر است در این ارتباط گردشگری و کرویت ذرات از پارامترهای مهم می باشند و هرچه این دو پارامتر افزایش یابد، تخلخل کاهش می یابد (Tiab and Donaldson, 2004).

عوامل ثانویه عواملی هستند که پس از رسوب گذاری و در طی فشردگی و دیاژنز بر رسوبات تاثیر می گذارند بطوریکه محصول نهایی می تواند سنگی متخلخل یا متراکم باشد. از جمله عوامل ثانویه، می توان به فشردگی، سیمانی شدن، شکستگی و انحلال اشاره کرد. که فشردگی و سیمانی شدن باعث کاهش تخلخل و شکستگی و انحلال موجب افزایش آن می شوند.

از دیدگاه های مختلف، تقسیم بندی های متفاوتی برای تخلخل وجود دارد. تخلخل اولیه در هنگام رسوب گذاری بوجود می آید و تخلخل ثانویه پس از ته نشین شدن رسوبات و در طی تبدیل شدن

رسوبات به سنگ و یا پس از سنگ شدن آنها، بوجود می آید. در پتروفیزیک و مهندسی نفت، اغلب تخلخل به دو گروه تخلخل مفید یا موثر و تخلخل کل تقسیم بندی می شود. تخلخل کل شامل تمام فضاهای خالی سنگ بوده در حالیکه تخلخل مفید، به بخشی از تخلخل که به هم ارتباط داشته باشند و توسط سیال قابل جانشینی باشد اطلاق می گردد (Tiab and Donaldson, 2004).

۳-۳ لرزه نگاری

۳-۳-۱ اهمیت و اصول روش های لرزه ای

روش لرزه ای اکثراً به عنوان ابزاری برای اکتشاف منابع نفت و گاز استفاده می شوند. این روش بطور معمول جهت استخراج اطلاعات ساختمانی زیر سطحی به کار می رود. تئوری پایه و اساسی لرزه ای بر اساس حرکت امواج در زیر سطح است. برداشت های لرزه ای عموماً به دو دسته زیر تقسیم می شوند (Gadallah, 1994):

۱. روش انکساری: این روش بر این پایه بنا شده است که سرعت موج با افزایش عمق افزایش می یابد و عموماً برای شناسایی ساختارها و شکستگی های زیر سطحی استفاده می شود. این روش یکی از بهترین روش هایی است که جهت تعیین مناطق گسلی مورد استفاده قرار می گیرد (Bacon et al, 2003).

۲. روش بازتابی: این روش متداول ترین روش اکتشاف ذخایر هیدروکربوری می باشد که در آن ژئوفون ها در فاصله ی بحرانی قرار داده می شوند تا امواج انعکاسی اولین ورودی ها به ژئوفون باشند. روش بازتابی یکی از بهترین روش های ژئوفیزیکی جهت تعیین خصوصیات سنگی (تخلخل، نفوذپذیری، پارامترهای الاستیک و ...) لایه های زیر سطحی و ساختارهای زمین شناسی می باشد که در طول سطح بازتاب بدست می آید (Bacon et al, 2003).

زمانی که انرژی لرزه ای که حاصل یک منبع انفجاری یا وایبروسایز است به داخل زمین ارسال می شود، این انرژی به درون لایه های زمین منتشر می شود. اگر موج منتشر شده به یک سطح که میان

دو لایه با سرعت‌ها مختلف قرار دارد برخورد کند، بخشی از انرژی توسط سطح منعکس می‌شود و باقی مانده آن از داخل لایه بعدی عبور می‌کند. به این وسیله موج لرزه‌ای به مولفه‌های مختلفی تجزیه می‌شود. میزان انرژی منعکس شده و عبور کرده توسط میزان اختلاف امپدانس صوتی دو سطح تعیین می‌شود. امپدانس صوتی (Z)، حاصل ضرب چگالی (ρ) و سرعت (V) سنگ است و معمولاً با سختی سنگ رابطه مستقیمی دارد (شیری، ۱۳۸۹).

اگر دامنه یک موج را با A_0 نشان دهیم زمانی که این موج به سطح میان دو لایه که اختلاف سرعت و چگالی دارند برخورد می‌کند، موج عبوری با دامنه A_1 به درون لایه دوم و در همان جهت عبور می‌کند و موج انعکاسی با دامنه A_2 به سمت منبع بازگشت می‌کند. ضریب انعکاسی R با نسبت دامنه موج انعکاس یافته به دامنه موج اولیه تعریف می‌شود و در اصطلاح، امپدانس صوتی برای یک برخورد عمود توسط معادله زوئپریتس^۱ بصورت زیر تعریف می‌شود (Emre, 2005).

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (2-3)$$

در این معادله Z_1 و Z_2 امپدانس‌های صوتی لایه‌های اول و دوم هستند. این معادله بر حسب سرعت و چگالی بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$R = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1} \quad (3-3)$$

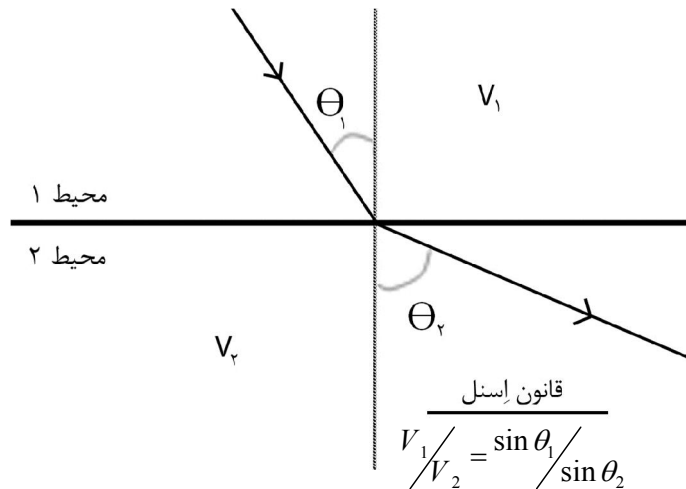
قانون اسنل به بررسی ارتباط بین سرعت و زاویه‌ی موج قبل و پس از ورود به لایه دوم می‌پردازد.

$$\frac{\sin \theta_1}{V_1} = \frac{\sin \theta_2}{V_2} \quad (4-3)$$

قانون اسنل ثابت بودن نسبت زاویه‌ها به سرعت را بیان می‌کند. قانون اسنل^۲ در شکل ۳-۱ نشان داده شده است (Emre, 2005).

^۱ . Zepppritz

^۲ . Snell's Law



شکل ۳-۱. قانون اِسنل (Emre, 2005)

۳-۳-۲ نشانه‌های لرزه‌ای

نشانه‌های لرزه‌ای توابع ریاضی مشتق شده از اطلاعات لرزه‌ای هستند که در حوزه زمان و فرکانس از داده‌های لرزه‌ای استخراج می‌گردند. این اطلاعات پایه‌ای شامل زمان، دامنه، فرکانس و جذب می‌باشند و این خصوصیات پایه، طبقه‌بندی نشانه‌ها را ممکن می‌سازند. براساس مطالعات اخیر نشانه‌های مشتق شده از دامنه شامل اطلاعات چینه‌شناسی و مخزنی هستند. نشانه‌های مشتق شده از فرکانس شامل اطلاعاتی در ارتباط با خصوصیات مخزن می‌باشند (Taner, 2001).

جدول ۳-۱. نشانه‌ها و اطلاعاتی که ارائه می‌کنند (Chopra and Marfurt, 2007).

اطلاعات	نوع نشانه‌گر
اطلاعات ساختمانی	نشانه‌های بدست آمده از زمان
اطلاعات چینه‌شناسی	نشانه‌های به دست آمده از دامنه
خصوصیات مخزن	نشانه‌های به دست آمده از فرکانس

نشانگرهای لرزه‌ای یک اندازه‌گیری هندسی، جنبشی و پویا یا یک ویژگی آماری که از داده‌های لرزه‌ای استخراج می‌شود، بشمار می‌رود. به همین منوال، می‌توان آن‌ها را به تمامی اطلاعاتی که از داده‌های لرزه‌ای استخراج نمود اطلاق کرد، خواه بصورت اندازه‌گیری مستقیم یا به وسیله یک دلیل منطقی یا تجربی باشد (Chen and Sidney, 1997).

زمانی که برای اولین بار در دهه ۱۹۷۰ نشانگرهای لرزه‌ای پیچیده مورد توجه قرار گرفتند. در آغاز به خاطر راحتی مشاهده آن‌ها و بعدها به خاطر استخراج آن‌ها از دیگر داده‌های لرزه‌ای، به یک ابزار معتبر جهت توصیف مخازن تبدیل شدند. مطالعه و تفسیر نشانگرهای لرزه‌ای به ما اطلاعات کیفی در بُعد هندسی و خصوصیات فیزیکی زیرسطحی را در اختیار ما می‌گذارند (Taner, 2001).

روش‌های مختلفی برای استخراج نشانگرهای لرزه‌ای ابداع شده‌اند. این روش‌ها شامل آنالیزهای پیچیده بر روی ردلرزه‌ها^۱، روش‌های آماری بازه‌ای^۲، اندازه‌گیری همبستگی^۳، آنالیز فوریه، آنالیز زمان - فرکانس، تبدیل موجک^۴، مولفه‌های اصلی^۵ و روش‌های تجربی مختلف می‌شوند (Barnes, 2001).

نشانگرهای لرزه‌ای را می‌توان قبل یا بعد از برانبارش و یا قبل یا بعد از مهاجرت محاسبه نمود. نشانگرهای به دست آمده از داده‌های برانبارش شده، در طول یک افق یا روی یک پنجره، بین دو افق و یا بین دو برش زمانی بررسی می‌شوند. در بعضی از موارد پنجره، یک بازه ثابت زمانی است که به برش زمانی معروف است. پنجره ممکن است یک بازه ثابت باشد که بزرگتر از محدوده یک افق تفسیر شده ساختمانی انتخاب می‌شود تا تغییرات عمقی مخزن را دنبال نماید. همچنین ممکن است چند پنجره با هم جمع شوند تا یک نشانگر کلی را تولید نمایند. نشانگرهای لرزه‌ای را می‌توان بر حسب نوع به موارد زیر تقسیم‌بندی کرد (Russell, 2004):

^۱ . Complex trace analysis

^۲ . Interval statistics

^۳ . Correlation measures

^۴ . Wavelet transforms

^۵ . Principal components

۱. نشانگرهای لحظه‌ای^۱: این نشانگرها از تلفیق ردلرزه‌ها و تبدیل هیلبرت^۲ به دست می‌آیند.
 ۲. نشانگرهای فرکانسی پنجره‌ای^۳: این نشانگرها حاصل محاسبه طیف دامنه در یک محدوده مشخص فرکانس هستند.
 ۳. نشانگرهای بازگشتی^۴: این نشانگرها حاصل عملگر بازگشتی بر روی ردلرزه‌ها می‌باشند.
 ۴. نشانگرهای میان‌گذر^۵: این نشانگرها حاصل اعمال فیلتر میان‌گذر بر روی ردلرزه‌ها می‌باشند.
 ۵. نشانگرهای ردلرزه‌ای چندگانه^۶: این نشانگرها حاصل اعمال یک عملگر بر روی چندین ردلرزه در داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی می‌باشند.
 ۶. نشانگرهای دامنه در مقابل دورافت^۷: این نشانگرها از داده‌های لرزه‌ای برانبارش نشده به دست می‌آیند.
 ۷. نشانگرهای مدل‌پایه: این نشانگرها از الهام‌گیری یک مدل اولیه برای مدل نهایی استخراج می‌شوند (Chopra and Marfurt, 2007).
- با توجه به کثرت نشانگرهای لرزه‌ای، لیست نشانگرهایی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است به اختصار در جدول ۲-۳ آورده شده است.

جدول ۲-۳. لیست نشانگرهای لرزه‌ای استفاده شده در مطالعه حاضر.

شماره	نام نشانگر	توضیح
۱	Amplitude Envelope	به وسیله ردلرزه و تبدیل هیلبرت تعریف می‌شود.
۲	Amplitude Weighted Cosine Phase	حاصل ضرب دو نشانگر ۱ و ۷ است.
۳	Amplitude Weighted Frequency	حاصل ضرب دو نشانگر ۱ و ۱۷ است.
۴	Amplitude Weighted Phase	حاصل ضرب دو نشانگر ۱ و ۱۸ است.
۵	Average Frequency	میانگین طیف دامنه در اطراف یک زمان مشخص است.

^۱. Instantaneous attributes^۲. Hilbert Transform^۳. Window frequency^۴. Recursive^۵. Band pass^۶. Multi-trace^۷. Amplitude Versus Offset

ادامه جدول ۳-۲.

۶	Apparent Polarity	از تعیین قطبیت یک لرزه‌نگاشت در جاهایی که نشانگر ۱ بیشینه است حاصل می‌گردد.
۷	Cosine Instantaneous Phase	کسینوس نشانگر ۱۸ است.
۸	Derivative	از مشتق‌گیری نسبت به نمونه‌های اطراف بر روی یک ردلرزه ایجاد می‌شود.
۹	Derivative Instantaneous Amplitude	مشتق نشانگر ۱ است.
۱۰	Dominant Frequency	از مقدار بیشینه طیف دامنه در اطراف یک زمان مشخص حاصل می‌شود.
۱۱	Filter 10 - 20	فیلتر میان‌گذر.
۱۲	Filter 20 - 30	فیلتر میان‌گذر.
۱۳	Filter 30 - 40	فیلتر میان‌گذر.
۱۴	Filter 40 - 50	فیلتر میان‌گذر.
۱۵	Filter 50 - 60	فیلتر میان‌گذر.
۱۶	Filter 60 - 70	فیلتر میان‌گذر.
۱۷	Instantaneous Frequency	مشتق زمانی نشانگر ۱۸ است.
۱۸	Instantaneous Phase	فاز یک ردلرزه پیچیده است که با ردلرزه و تبدیل هیلبرت تعریف می‌شود.
۱۹	Integrate	از انتگرال ردلرزه ورودی حاصل می‌شود.
۲۰	Integrated Absolute Amplitude	از انتگرال نشانگر ۱ حاصل می‌شود.
۲۱	Quadrature Trace	از ۹۰ درجه برگردان منفی فاز حاصل می‌شود.
۲۲	Second Derivative	از مشتق دوم بر روی ردلرزه‌ها حاصل می‌شود.
۲۳	Second Derivative Instantaneous Amplitude	از مشتق دوم بر روی نشانگر ۱ حاصل می‌شود.
۲۴	Time	زمان هر یک از نمونه‌ها بر روی ردلرزه.

ادامه جدول ۳-۲.

۲۵	X-Coordinate	طول جغرافیایی ردلرزه.
۲۶	Y-Coordinate	عرض جغرافیایی ردلرزه.

۳-۳-۳ استخراج امپدانس صوتی بوسیله معکوس سازی داده های لرزه ای

یکی از اهداف اصلی لرزه نگاری انعکاسی، استخراج امپدانس صوتی بر حسب عمق از داده های لرزه-ای است. این واقعیت که امپدانس صوتی از حاصل ضرب سرعت در چگالی به دست می آید بدیهی است. بنابراین معکوس سازی امپدانس صوتی به معنی برگرداندن داده های لرزه ای به نگارهای شبه تخلخل برای هر ردلرزه می باشد (شیری، ۱۳۸۹).

دامنه های لرزه ای، خصوصیات سطوح بین لایه هایی که منعکس کننده اختلاف امپدانس صوتی بین دو لایه است می باشند. این تغییرات بصورت خاص برای ساختارهای زیرسطحی و مشخص کردن لایه های حاوی هیدروکربور استفاده می شوند و زمانی که با داده های چاه نگاری ترکیب می شوند ابزار مناسبی برای بررسی رخساره ها هستند (Becquey et al., 1979). نگارهای شبه امپدانس صوتی، خصوصیات سنگی هستند که تغییرات جانبی سنگ شناسی را که مهم ترین خاصیت سنگ ها بشمار می روند و شامل تخلخل و سیالات داخل آن ها می شود به ما می دهند.

زمانی که دامنه امواج لرزه ای به نگارهای شبه امپدانس تبدیل می شود، کمبود فرکانس های بالا و پایین در داده های لرزه ای در مدل امپدانس صوتی نیز خود را نشان می دهند و این مشکلی است که در مدل های مرسوم دیده می شود (Aleman, 2004). معادله (۵-۳) را در نظر بگیرید.

$$x(t) = r(t) * w(t) \quad (5-3)$$

که در آن $x(t)$ لرزه نگاشت و $r(t)$ سری بازتاب و $w(t)$ موجک لرزه ای هستند و $*$ عملگر همامیخت^۱ می باشد. در این معادله $r(t)$ پهن باند^۲ است اما موجک لرزه ای اینطور نیست و فرکانسی

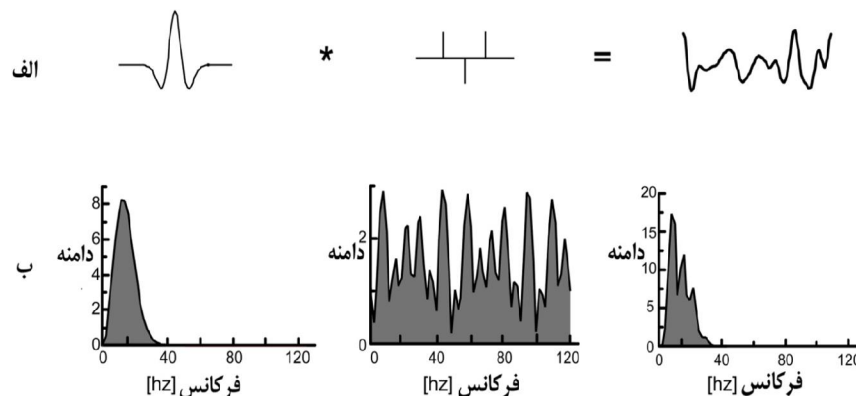
^۱. Convolutional operator

^۲. Broadband

بین ۱۰ تا ۵۰ هرتز دارد. بنابراین زمانی که همامیخت انجام می‌شود، لرزه‌نگاشت که خروجی حاصل آن است بصورت محدودباند^۱ خواهد بود که در شکل ۲-۳ آن را مشاهده می‌کنید.

در نتیجه، اطلاعاتی خارج از این پهنای باند به‌راحتی قابل استخراج از لرزه‌نگاشت نیست و امپدانس صوتی استخراج شده نیز بصورت محدودباند خواهد بود و این امر بر حذف فرکانس‌های بالا و پایین دلالت دارد (Oldenburg et al., 1983).

برای تصحیح و ترمیم کیفیت و تفکیک‌پذیری مدل امپدانس صوتی محدودباند، باید فرکانس‌های پایینی که از آن حذف شده است را به آن اضافه کرد. این اطلاعات را می‌توان از اطلاعات سرعت برون راند انعکاسی^۲، داده‌های چاه‌نگاری و سرعت‌های مهاجرت زمانی به‌دست آورد و از این اطلاعات می‌توان جهت مشخص کردن سکانس‌های چین‌های بالا رونده تدریجی^۳، برگرداندن لایه‌های نازک به مدل و ... استفاده کرد. در این صورت یک مدل امپدانس صوتی خواهیم داشت که تمام اطلاعات لرزه‌ای و چاه‌نگاری را که توسط موجک ایجاد شده است در خود دارد. نگارهای سرعت مصنوعی تاثیر بسزایی در چینه‌شناسی لرزه‌ای دارند و این داده‌ها حین فرآیند معکوس‌سازی لرزه‌نگاشت‌ها



شکل ۲-۳. طرح کلی که بیانگر مدل همامیخت است. الف) مدلی که در آن از همامیخت موجک لرزه‌ای زمانی و سری ضرایب انعکاسی، لرزه‌نگاشت ایجاد می‌شود. ب) طیف دامنه و فرکانس برای موجک، بازتاب دهنده‌ها و لرزه‌نگاشت (Aleman, 2004).

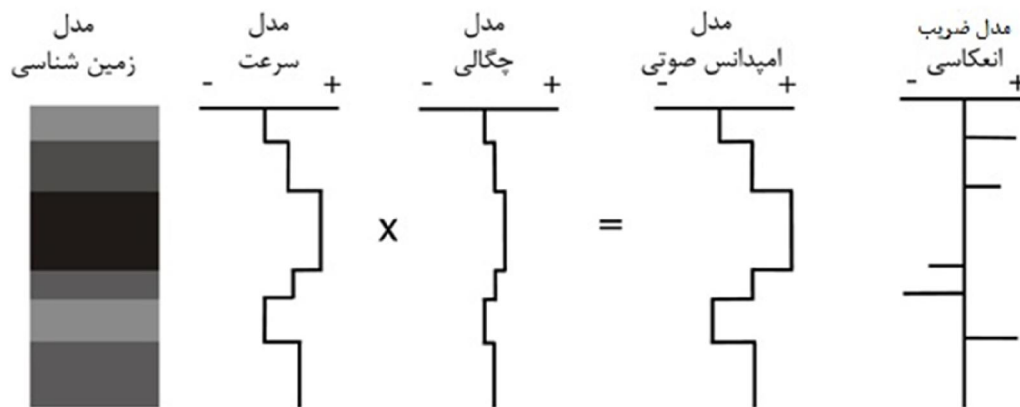
^۱. Band-limited

^۲. Reflection move out velocity

^۳. Gradational coarsening upward sequences

بدست می آیند و نگارهای امپدانس صوتی و ضرایب انعکاسی از ضروریات این فرآیند می باشند. همانطور که قبلاً بیان شد، امپدانس صوتی از حاصل ضرب سرعت در چگالی به دست می آید و ضرایب انعکاسی قسمتی از دامنه موج برخوردی به لایه ها هستند که به خاطر اختلاف امپدانس صوتی انعکاس می یابد (شیری، ۱۳۸۹).

معادله (۳-۳) که معادله ضریب انعکاس است هم می تواند مثبت و هم منفی باشد. اگر مقدار آن مثبت شود دلیل آن این است که امپدانس صوتی بین دو لایه افزایش می یابد و اگر منفی شد، کاهش امپدانس صوتی بین دو لایه اتفاق افتاده است. ضریب انعکاسی در حالت تابش نرمال بین دو عدد $+1$ و -1 تغییر می کند و به تغییرات امپدانس صوتی وابسته است و امپدانس صوتی نیز تابع سرعت و چگالی می باشد. شکل ۳-۳ این تغییرات و وابستگی ها را نسبت به هم نشان می دهد. تغییرات شدید در سرعت، بازتاب دهنده های قوی ایجاد می کند اما تغییرات چگالی نیز به اندازه خود باعث تغییر در بازتاب دهنده ها می شود که کمتر به آن اشاره می شود (Hardage, 1987).



شکل ۳-۳. طرح کلی که ارتباط عوامل مختلف را با امپدانس صوتی و ضرایب انعکاسی نشان می دهد (Aleman, 2004).

در یک توالی چینهای، ضرایب انعکاسی در هر یک از سطوح بر حسب تغییر در امپدانس صوتی ایجاد می شوند. این سطوح بر روی لرزه نگاشت ها، بازتاب دهنده نامیده می شوند و زمانی پدیدار می شوند که امپدانس صوتی تغییر کند و به اندازه ای باشد که توسط دستگاه های لرزه ای ثبت شوند.

امپدانس صوتی به اندازه کافی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته شده است و می توان اندازه بازتاب دهنده را به تغییرات امپدانس صوتی نسبت داد و اصل و بنیاد بازتاب دهنده را تشخیص داد (Badley, 1985).

برخی از پیکربندی های سنگ شناسی نوع خاصی از بازتاب دهنده ها را بر روی لرزه نگاشت ایجاد می کنند و این امر به مهندسين اکتشاف در شناسایی آن ها، کمک شایانی می کند. برای مثال، تغییرات امپدانس صوتی بین ماسه سنگ های اشباع از آب، اشباع از گاز و شیل ها زیاد است و بازتاب دهنده های قوی ایجاد می کنند. با این وجود، برخی اوقات هیچ تغییراتی در امپدانس صوتی بین مخازن ماسه سنگی و پوش سنگ های رسی دیده نمی شود و تشخیص بازتاب دهنده ها سخت است. مواردی وجود دارد که لایه های ضخیم مخازن ماسه سنگی دارای لایه های متعدد شیلی در میان خود است ولی هیچ بازتاب دهنده ای در این لایه ها دیده نمی شود، اما اگر مخازن گازی باشند این لایه ها قابل مشاهده است (Badley, 1985).

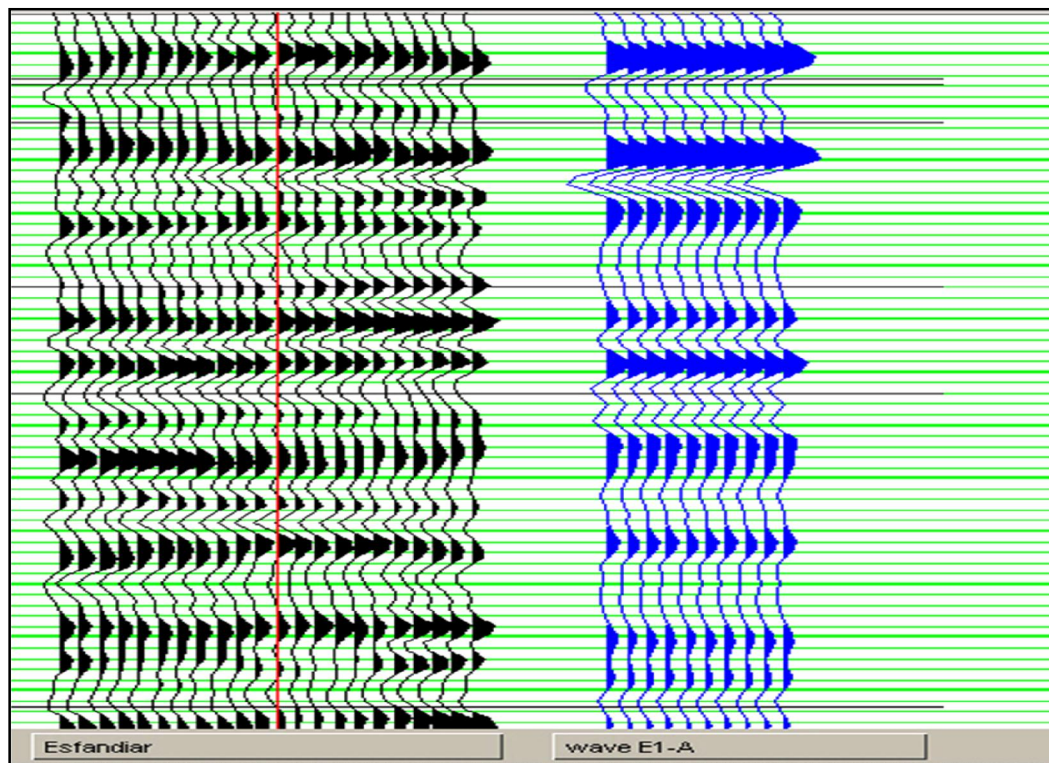
۳-۳-۱ کاربرد نگارهای صوتی و چگالی و لرزه نگاشت مصنوعی

به کمک نگارهای صوتی و چگالی، می توان امپدانس های صوتی مربوط به لایه ها را بدست آورده و از طریق آن ها نیز سری ضرایب بازتاب مربوط به سطوح بین لایه ها را مشخص کرد. به عبارت دیگر با ضرب کردن سرعت حاصل از نگار صوتی در چگالی حاصل از نگار چگالی، نگاری از امپدانس صوتی (Z) ایجاد می شود. با نگاهی به این نگار (Z) میتوان سطوح بازتابنده ای که تباین امپدانس صوتی در دوطرف آن ها دیده می شود را به آسانی مشخص کرد. همچنین این سطوح بازتابنده با دیگر نگارهای ژئوفیزیکی و زمین شناسی حاصل از چاه ها، تطبیق داده شده و در نتیجه ستون چینه شناسی و سنگ شناسی ناحیه را مشخص می سازند.

همانطور که گفته شد به کمک نگار امپدانس صوتی، سری ضرایب بازتاب محاسبه میشود. سپس با همامیخت یک موجک مصنوعی با این سری، یک لرزه نگاشت مصنوعی حاصل میشود. این

لرزهنگاشت را میتوان مستقیماً با ردلرزه واقعی برداشت شده، مقایسه نمود. مزیت دیگر مقایسه مستقیم داده‌های لرزه‌ای با نگارهای چاه، اندازه‌گیری عمق است که در مورد نگارهای چاه این اندازه‌گیری‌ها واقعی و دقیق بوده درحالی‌که داده‌های لرزه‌ای در این مورد دقیق نیستند.

در شکل ۳-۴ نمونه‌ای از استفاده از لرزهنگاشت مصنوعی جهت انطباق با داده‌های لرزه‌ای برداشت شده، نشان داده شده است. بازتاب‌های قوی که در بخش مربوط به داده‌های لرزه‌ای دیده میشود، به خوبی با این بازتاب‌ها در بخش مربوط به لرزهنگاشت مصنوعی، منطبق شده‌اند.



شکل ۳-۴. انطباق لرزهنگاشت مصنوعی (راست) با داده‌های لرزه‌ای برداشت شده (چپ).

۳-۳-۴ روش‌های معکوس‌سازی و الگوریتم‌های امپدانس صوتی

هدف برگردان لرزه‌ای، تبدیل داده‌های لرزه‌ای به نگارهای امپدانس صوتی در هر ردلرزه می‌باشد.

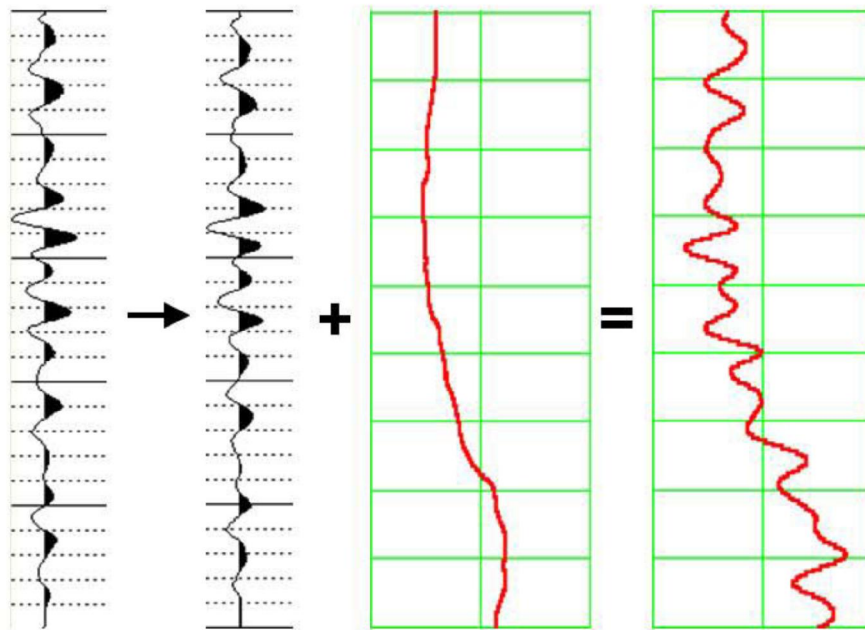
مزایای تبدیل داده‌های لرزه‌ای به امپدانس صوتی عبارتند از (Schuelke et al., 2001):

- تبدیل مقاطع لرزه‌ای از افق‌های بازتابی به لایه‌هایی با خصوصیات زمین‌شناسی
 - مدل‌سازی و استفاده از اطلاعات چینه‌شناسی لایه‌ها
 - افزایش قابلیت تفسیر افق‌های لرزه‌ای
 - امکان برقراری ارتباط بین امپدانس صوتی به عنوان یک نشانگر و خواص پتروفیزیکی
- با توجه به مزایای فوق، تفسیرهایی که بر روی مقاطع امپدانس صوتی انجام می‌شود، بویژه در قسمت‌هایی از مقاطع لرزه‌ای که امکان تعقیب بازتاب‌ها به دلایل مختلف وجود ندارد، دقیق‌تر است.
- همان‌طور که اشاره شد از موارد کاربرد امپدانس صوتی به عنوان یک نشانگر لرزه‌ای، تخمین تخلخل سنگ و سایر پارامترهای پتروفیزیکی می‌باشد، از میان خواص مختلف پتروفیزیکی، تخلخل، ارتباط مشخص‌تر و قابل توجیه‌تری با امپدانس صوتی دارد. در این حالت به عکس حالت مدل‌سازی مستقیم، هدف، ساختن مدل زمین بر اساس ردلرزه ثبت شده است.
- برای برگردان داده‌های لرزه‌ای، روش‌های مختلفی وجود دارد، هر یک از این روش‌ها، با الگوریتم خاص خود مدل زمین را می‌سازند. صرف‌نظر از جزئیات هر روش، بطور کلی آن‌ها را به دو دسته روش‌های قبل از برانبارش و روش‌های پس از برانبارش تقسیم می‌کنند. معکوس‌سازی امپدانس صوتی در دهه ۱۹۷۰ بوجود آمد و جایگزین ردلرزه شد (Lindseth, 1979). با این وجود، بخاطر اینکه ردلرزه‌ها محدودباند بودند وقتی امپدانس صوتی از آن‌ها استخراج می‌شد، آن‌ها نیز بصورت محدودباند بودند. نبود اطلاعات فرکانس‌های بالا و فرکانس‌های پایین، جزئیات روندها را از مدل‌های امپدانس حذف می‌کردند. راه حل این مساله توسط لیندست^۱ در سال ۱۹۷۹ ارائه شد و فرکانس‌های پایین با استفاده از یک مدل استخراج شده از داده‌های چاه‌نگاری بازیابی شد. به این ترتیب که بعد از ایجاد یک مدل توسط داده‌های چاه‌نگاری، با استفاده از یک فیلتر پایین‌گذر یک مدل با فرکانس پایین ایجاد و به مدل شبه امپدانس اضافه می‌شد. شکل ۳-۵ این فرآیند را نشان می‌دهد.

^۱ . Lindseth

تغییرات در امپدانس صوتی می تواند در اثر عوامل مختلفی مانند تغییرات سنگ شناسی، درجه شوری سیال، تخلخل و ... باشد. وارون سازی داده ها قبل از برانبارش داده های لرزه ای کمک زیادی در رفع این ابهام می کند. این روش نه تنها اطلاعات تراکمی سنگ بلکه اطلاعات برشی سنگ را نیز در اختیار قرار می دهد (شیری، ۱۳۸۹).

زمانی که معکوس سازی محدودباند توسعه پیدا کرد روش های بسیاری برای معکوس سازی امپدانس صوتی مانند معکوس سازی Sparse-Spike توسط اولدنبرگ^۱ و همکاران در سال ۱۹۸۳ و Model-Base توسط همپسون و راسل در سال ۱۹۹۰ معرفی شدند که در ادامه به بررسی مختصر آنها می پردازیم.



شکل ۳-۵. معکوس سازی به روش لیندست. از چپ به راست، ردلرزه اولیه که با استفاده از معادله (۳-۵) ردلرزه دوم را ایجاد و با اضافه شدن فرکانس های پایین، نگار پایانی به دست می آید (Hampson and Russell, 1992).

^۱ . Oldenburg

۳-۴-۱ الگوریتم بازگشتی یا معکوس سازی محدودباند^۱

خروجی الگوریتم بازگشتی، مدل امپدانس صوتی محدودباند است. در این روش ردلرزه ها، حاصل یک توالی امپدانس صوتی در نظر گرفته شده اند، بنابراین اولین امپدانس صوتی مطابق با اولین سطح مشترک است و برای محاسبه امپدانس صوتی سطح دوم امپدانس صوتی سطح اول لازم و ضروری است و سطح مشترک سوم به دوم و علی الآخر و دارای مزایا و معایب زیر است (Lindseth, 1979).

مزایا:

- پایداری در برابر نوفه ها.
- کاهش زمان محاسبات و نتایج قابل قبول.

معایب:

- ناپایداری در برابر مقادیر زیاد ضرایب بازتابی.
- نادیده گرفتن موجک و لایه های نازک.

۳-۴-۲ الگوریتم بر پایه مدل یا معکوس سازی خطی تعمیم یافته^۲

در روش الگوریتم مدل پایه تلاش بر این است، مدل اولیه ای که بوسیله لرزه نگاشت مصنوعی تهیه می شود در یک حد قابل قبول با داده های لرزه ای انطباق یابد. فرض را بر این می گیریم که موجک را داریم و با استفاده از آن لرزه نگاشت مصنوعی ایجاد می کنیم. لرزه نگاشت مصنوعی جهت ایجاد مدل اولیه استفاده می شود. با تلفیق این مدل و داده های لرزه ای، امپدانس صوتی پهن باند را خواهیم داشت (Hampson and Russell, 1990). وارون سازی براساس مدل به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد و دلیل استفاده گسترده این روش این است که اغلب برداشت های لرزه ای با حذف نوفه همراه است و نوفه های باقی مانده با تکنولوژی و دانش امروز قابل حذف نیستند و از طرفی چون این روش به مدل اولیه ای که از داده های لرزه ای به دست آمده وابسته می باشد روش مناسبی تشخیص داده

^۱ . Recursive or Band limited Inversion

^۲ . Generalized Linear Inversion or Model Based

می‌شود. این روش با مدل اولیه بدست آمده از داده‌های لرزه‌ای که می‌توان گفت بدون نوفه است سر و کار دارد و بنابراین تنها باید سعی نمود که مدل اولیه و داده‌های لرزه‌ای همبستگی بالایی داشته باشند (Hampson and Russell, 1990).

۳-۳-۴ الگوریتم معکوس‌سازی اسپایک‌های پراکنده^۱

در برگردان به روش خارهای پراکنده، هدف، بدست آوردن سری ضرایب بازتاب از ردلرزه و بازسازی کامل باند فرکانس مدل زمین است، بطوریکه دارای فرکانس‌های بالا و پائین نیز باشد. با استفاده از نگار صوتی فیلتر شده توسط فیلترهای مختلف، اهمیت وجود فرکانس‌های بالا و پائین در داده‌های لرزه‌ای مشخص می‌شود. بطور خلاصه می‌توان گفت که فرکانس‌های پائین در بردارنده تغییرات ناگهانی و عمده زمین‌شناختی (ناپیوستگی‌ها و تغییرات سریع سنگ‌شناسی) و فرکانس‌های بالا در بردارنده تغییرات جزئی در لایه‌ها می‌باشد. در روش خارهای پراکنده، برگردان با پهنای باند کامل انجام می‌گردد. روش معکوس‌سازی خارهای پراکنده داده‌های لرزه‌ای را برای مدل‌سازی لایه‌های زمین با حداقل تعداد ضرایب انعکاسی استفاده می‌کند و دارای مزایای زیر است (Hampson and Russell, 1990).

- نتایج زمین‌شناسی قابل قبول‌تری نسبت به روش بازگشتی دارد.
- کیفیت داده‌های لرزه‌ای تاثیر بسزایی در نتیجه‌ها دارند.
- نتیجه نهایی، امپدانس صوتی بصورت پهن‌بند خواهد بود.

۳-۳-۴ الگوریتم شبکه‌های عصبی

در الگوریتم شبکه‌های عصبی با بکارگیری شبکه‌های عصبی، ردلرزه‌ها را به ردهای امپدانس تبدیل می‌کنیم. ابتدا با استفاده از مدل اولیه (خروجی حاصل تلفیق داده‌های چاه و افق‌های لرزه‌ای) و

^۱ . Sparse-Spike Inversion

داده های لرزه ای در اطراف چاه ها، به آموزش شبکه می پردازیم و بعد از آن با استفاده از شبکه آموزش داده شده امپدانس صوتی پهن باند را در کل میدان محاسبه می کنیم.

۳-۳-۵ محاسبه امپدانس صوتی

داده های لرزه ای همیشه بصورت محدودباند به دست می آیند. برتوسن^۱ و یورسین^۲ (۱۹۸۳) یک روش جهت ایجاد مدل امپدانس صوتی از روی داده های محدودباند ارائه دادند که به شرح آن می پردازیم. تابع بازتابها از رابطه ۳-۶ تعیین می گردد:

$$\hat{r}(t) = \int_0^t r(t-u)p(u)du = r(t) * p(t) \quad (۳-۶)$$

که در آن $r(t)$ تابع سری بازتاب، $p(t)$ یک پالس موجک لرزه ای محدودباند و $\hat{r}(t)$ تابع تخمین سری بازتاب است و با استفاده از معادله زیر امپدانس صوتی $(\hat{\xi}(t))$ قابل دستیابی است.

$$\hat{\xi}(t) = \xi(0)e^{2\int_0^t \hat{r}(u)du} \quad (۳-۷)$$

$$\hat{\xi}(t) \approx \xi(0)[1 + 2\int_0^t \hat{r}(u)du] \quad (۳-۸)$$

بسط تیلور برای معادله (۳-۸) اگر و تنها اگر در صورتی که مقدار انتگرال کمتر از ۰/۵ باشد قابل استفاده است (Berteussen and Ursin, 1983). می توان معادله (۳-۸) را بصورت همامیخت $\hat{r}(t)$ بر تابع پله ای $n(t)$ در نظر گرفت.

$$n(t) = \begin{cases} 1 & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases} \quad (۳-۹)$$

بالاخره از معادله (۳-۶) برای محاسبه انتگرال موجک لرزه ای استفاده می کنیم.

$$v(t) = p(t) * n(t) = \int_0^t p(u)du \quad (۳-۱۰)$$

^۱ . Berteussen

^۲ . Ursin

برتوسن و یورسین (۱۹۸۳) نشان دادند که امپدانس صوتی تخمین زده شده منهای امپدانس صوتی که از لایه بالایی بدست می آید تقریباً مساوی دوبرابر امپدانس صوتی لایه بالایی ضربدر همامیخت تابع سری بازتاب و انتگرال موجک لرزه‌ای است.

معمولاً امپدانس صوتی حاصل از داده‌های لرزه‌ای محدودباند نتیجه همامیخت بین امپدانس لرزه‌ای واقعی و پالس لرزه‌ای است.

$$\hat{\xi}(t) - \xi(0) \approx [\xi(t) - \xi(0)n(t)] * p(t) \quad (11-3)$$

همانطور که می‌دانیم داده‌های لرزه‌ای بصورت ناپیوسته ثبت می‌شوند بنابراین تخمین ضرایب بازتاب بصورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\hat{r}_k = r_k * p_k = \sum_{j=-M}^M c_k - jp_j \quad (12-3)$$

که در آن p_k یک پالس لرزه‌ای محدودباند با فاز صفر است. بنابراین امپدانس صوتی تخمین زده شده برای داده‌های ناپیوسته بصورت زیر است.

$$\hat{\xi}_{k+1} - \xi_1 \approx 2\xi_1 \sum_{j=1}^k \hat{r}_j = 2\xi_1 c_k * v_k \quad (13-3)$$

که در آن v_k بیانگر انتگرال موجک لرزه‌ای است.

$$v_k = \sum_{j=-M}^k p_j \quad (14-3)$$

و این معادله در صورتی قابل قبول است که قدر مطلق مجموع ضرایب تخمینی بازتابی $\hat{r}_j$ کمتر از ۰/۵ باشد.

معادله زیر یک تخمین ناپیوسته امپدانس صوتی را زمانی که مجموع ضرایب بازتابی و ضرایب تخمینی برای همه لایه‌ها خیلی کمتر از ۰/۵ باشد نشان می‌دهد (Berteussen and Ursin, 1983).

$$\hat{\xi}_{k+1} - \xi_1 \approx \xi_{k+1} * p_k - \xi_1 v_k \quad (15-3)$$

در کلیه روش های تفسیر داده های لرزه ای، پردازش داده ها، از اهمیت خاصی برخوردار است، به طوریکه نتایج پردازش داده ها تاثیر فوق العاده ای بر نتایج تفسیر دارد. در تفسیر کمی داده ها و به خصوص در برگردان داده های لرزه ای، مراحل پردازش داده ها، اهمیت بیشتر و تعیین کننده تری دارد. به طور کلی هر عاملی که باعث آشفته شدن داده های لرزه ای و ایجاد اختلاف بین مدل واقعی زمین و مدل حاصل از داده های لرزه ای شود، باید حذف (یا تضعیف) شود. نوفه ها، بازتاب ها تکراری، فیلترهای اعمال شده در مرحله پردازش و تضعیف دامنه، از عواملی هستند که ممکن است نتایج برگردان را تحت تاثیر قرار دهند. بنابراین از میان مراحل مختلف پردازش داده های لرزه ای، مراحل زیر اهمیت بیشتری دارند:

- باز یافت دامنه
- بهبود قدرت تفکیک قائم
- بهبود قدرت تفکیک جانبی
- حذف نوفه

۳-۴ نگارهای مورد استفاده

در این مطالعه نگارهای صوتی، چگالی، تخلخل و لرزه نگاری درون چاهی^۱ یا چکشات مورد استفاده قرار گرفته است به همین دلیل شرح مختصر آنها در پیوست الف می آید.

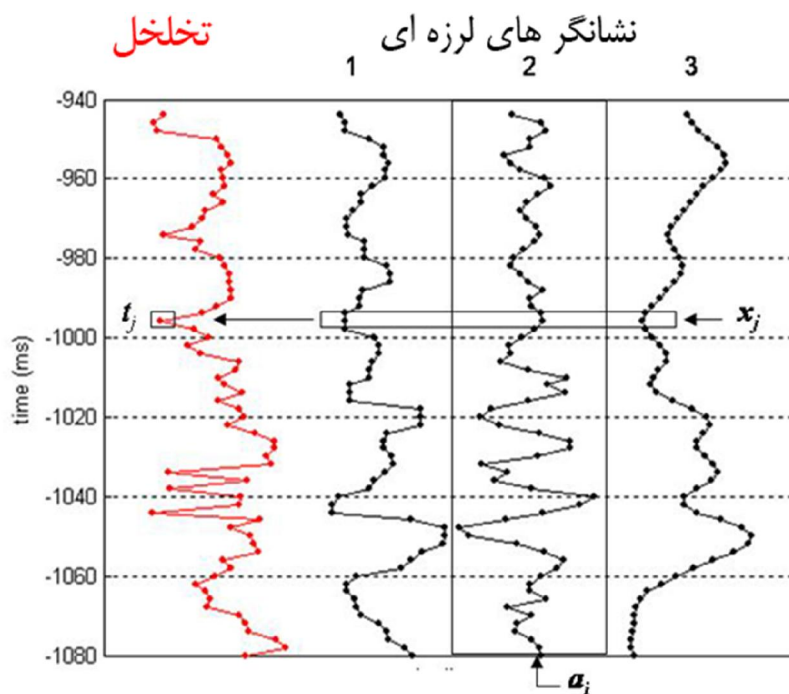
۳-۵ ترکیب خطی نشانگرها

در این بخش به شرح بهینه ترین روش ترکیب خطی نشانگرها جهت تخمین خصوصیات مخزنی می پردازیم.

^۱ . Vertical seismic profiling

رگرسیون خطی چند متغیره روشی است که جهت تعیین ارتباط میان یک پارامتر وابسته و چندین پارامتر مستقل استفاده میشود (Hampson et al., 2001). در مطالعه حاضر از این روش جهت تخمین نگار سرعت در یکی از چاهها با استفاده از نگارهای دیگر استفاده شده است. علاوه بر آن از این روش جهت تخمین خصوصیات مخزن بر اساس تلفیق نشانگرهای لرزه ای بهره گیری شده است.

در شکل ۳-۶ که یک نگار تخلخل در سمت چپ و سه نشانگر لرزه ای در سمت راست نشان داده شده است، هدف ترکیب بهینه این نشانگرها برای تخمین نگار تخلخل است. حال ما یک نگار هدف t و M نشانگر لرزه ای a_i که هر یک از آنها دارای N نمونه است، داریم. به طور معمول تعداد نمونه ها از تعداد نشانگرهای لرزه ای بیشتر است، بنابراین زمانی که $M \ll N$ است، مانند شکل ۳-۶ که از سه نشانگر لرزه ای و ۶۹ نمونه تشکیل شده است.



شکل ۳-۶. نگار تخلخل به عنوان هدف در سمت چپ و سه نشانگر لرزه ای به عنوان ورودی یا متغیرهای مستقل در سمت راست، که برای رگرسیون چندگانه خطی استفاده شده اند (Russell, 2004).

ما یک فرمول خطی ابتدایی را برای تخمین تخلخل به صورت زیر می نویسیم.

$$t = w_0 a_0 + w_1 a_1 + \dots + w_M a_M \quad (۱۶-۳)$$

که در آن $t^T = [t_1 \ t_2 \ \dots \ t_N]$ و $a_i^T = [a_{1i} \ a_{2i} \ \dots \ a_{Ni}]$ است. بردار نشانگر لرزه ای صفر بصورت $a_0^T = [1 \ 1 \ \dots \ 1]$ نوشته می شود. در رابطه فوق T علامت ترانهاده ماتریس است.

رابطه (۱۶-۳) را می توان بصورت فشرده شده زیر نوشت (Johnson and Wichern, 1998).

$$t = Aw \quad (۱۷-۳)$$

که در آن

$$w = \begin{bmatrix} w_0 \\ w_1 \\ \vdots \\ w_M \end{bmatrix} \text{ و } A = \begin{bmatrix} 1 & a_{11} & \dots & a_{1M} \\ 1 & a_{21} & \dots & a_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & a_{N1} & \dots & a_{NM} \end{bmatrix}$$

در ادامه به حل موردی رگرسیون چندگانه خطی می پردازیم. برای شروع معادله (۱۶-۳) را بصورت زیر می نویسیم.

$$t = w_0 + Aw \quad (۱۸-۳)$$

و $w^T = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_M]$ و $A = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_M]$ است بنابراین وزن ها را می توان بصورت زیر نوشت.

$$w = \sum_{i=1}^n \sigma_{At} \quad (۱۹-۳)$$

و

$$w_0 = \mu_t - w^T \mu_A \quad (۲۰-۳)$$

که در آن σ کواریانس، μ_t و μ_A میانگین متغیرهای وابسته و مستقل است و σ_{At} و μ_A و واریانس μ_t و واریانس μ_A کواریانس (w) بصورت زیر است.

$$\sigma_{At} = \begin{bmatrix} \sigma_{a_1 t} \\ \sigma_{a_2 t} \\ \vdots \\ \sigma_{a_M t} \end{bmatrix}, \mu_A = \begin{bmatrix} \mu_{a_1} \\ \mu_{a_2} \\ \vdots \\ \mu_{a_M} \end{bmatrix}, \Sigma^{-1} = \frac{1}{\sigma_{11}\sigma_{22} - \sigma_{12}^2} \begin{bmatrix} \sigma_{22} & -\sigma_{12} \\ \sigma_{12} & -\sigma_{11} \end{bmatrix}$$

حال به حل این مساله زمانی که $M = 2$ است می پردازیم، بنابراین معادله رگرسیونی ما به شکل زیر خواهد بود.

$$t = w_0 + w_1 a_1 + w_2 a_2 \quad (۲۱-۳)$$

از معادله (۱۹-۳) دو جمله دوم آن بصورت:

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{a_1 a_1} & \sigma_{a_1 a_2} \\ \sigma_{a_1 a_2} & \sigma_{a_2 a_2} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sigma_{a_1 t} \\ \sigma_{a_2 t} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sigma_{a_1 a_1} \sigma_{a_2 a_2} - \sigma_{a_1 a_2}^2} \begin{bmatrix} \sigma_{a_2 a_2} \sigma_{a_1 t} - \sigma_{a_1 a_2} \sigma_{a_2 t} \\ \sigma_{a_1 a_1} \sigma_{a_2 t} - \sigma_{a_1 a_2} \sigma_{a_1 t} \end{bmatrix}$$

و جمله اول آن بصورت زیر خواهد بود.

$$w_0 = \mu_y - [w_1 \ w_2] \begin{bmatrix} \mu_{a_1} \\ \mu_{a_2} \end{bmatrix} = \mu_t - (w_1 \mu_{a_1} + w_2 \mu_{a_2}) \quad (۲۲-۳)$$

زمانی که a_1 و a_2 مستقل از هم باشند، مقادیر وزن ها بصورت زیر است.

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{a_1 a_1} & 0 \\ 0 & \sigma_{a_2 a_2} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sigma_{a_1 t} \\ \sigma_{a_2 t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sigma_{a_1 t}}{\sigma_{a_1 a_1}} \\ \frac{\sigma_{a_2 t}}{\sigma_{a_2 a_2}} \end{bmatrix} \quad (۲۳-۳)$$

به عبارت دیگر وزن ها بوسیله تقسیم کوواریانس نشانگرهای لرزه ای با تخلخل بر کوواریانس نشانگرهای لرزه ای به دست می آیند (Russell, 2004).

۳-۶ تخمین خصوصیات مخزنی و یافتن بهترین نشانگرهای لرزه ای

همانطور که قبلا بحث شد، نشانگرهای زیادی برای تخمین خصوصیات مخزنی قابل استفاده است. اما چه تعداد از این نشانگرها را می توان برای تخمین خصوصیات مخزنی استفاده کرد؟ با توجه به اینکه افزایش تعداد نشانگرها، علی رغم افزایش همبستگی بین داده های تخمین زده شده و واقعی از یک حدی به بعد باعث بیش برآزش^۱ در شبکه تحت آموزش می شود و افزایش خطا در تخمین از

^۱ . Over fitting

نتایج آن خواهد بود (Hampson et al., 2001). بنابراین روشی که با آن بتوان تعداد بهینه این نشانگرها را مشخص کرد مفید خواهد بود که در ادامه به بررسی آن می پردازیم.

۳-۶-۱ رگرسیون مرحله ای^۱

یکی از روش های مفید جهت پیدا کردن بهینه نشانگرهای لרزه ای رگرسیون مرحله ای است که توسط ماسترس^۲ در سال ۱۹۹۵ معرفی شد و شامل مراحل زیر می شود:

۱. پیدا کردن بهترین نشانگر لرزه ای با روش جستجوی جامع^۳ از روی همه نشانگرها. معادله زیر میانگین مجموع مربعات خطا بین مقادیر تخمین زده شده و مقادیر واقعی را به ما می دهد، نشانگری که کمترین میانگین مجموع مربعات خطا را داشته باشد اولین نشانگر انتخابی خواهد بود ($M = 1$).

$$E^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - w_0 - w_1 a_{i1} - \dots - w_M a_{iM})^2 \quad (24-3)$$

۲. پیدا کردن بهترین جفت نشانگر از بین تمام نشانگرها با ترکیب نشانگری که در مرحله قبل انتخاب شد و یکی دیگر از نشانگرها. در این مرحله نیز از معادله (۲۴-۳) برای بهترین جفت نشانگر با حداقل میانگین مجموع مربعات خطا استفاده می کنیم ($M = 2$).
۳. پیدا کردن بهترین سه نشانگر، در این مرحله از جفت نشانگر مرحله قبل و یک نشانگر دیگر برای تخمین استفاده می کنیم و نشانگری که کمترین میانگین مجموع مربعات خطا را داشته باشد، نشانگر انتخابی سوم خواهد بود.
۴. تکرار فرآیند تا جایی که مورد علاقه است.

رگرسیون مرحله ای روشی موثر در پیدا کردن بهترین نشانگرها است. اما تعداد بهینه این نشانگرها را نمی دهد و دارای محدودیتی در افزایش تعداد نشانگرها نیست و از یک حد به بعد افزایش تعداد

^۱ . Stepwise regression

^۲ . Masters

^۳ . Exhaustive Search

نشانگرها باعث بیش‌برازش خواهد شد (Russell, 2004). در ادامه روشی ارائه خواهد شد که این نقص را رفع می‌کند و تعداد بهینه نشانگرها را به ما می‌دهد.

۳-۶-۲ اعتبارسنجی متقابل^۱

رگرسیون مرحله‌ای، مجموعه افزایشی از نشانگرها را آنچنان که باعث کاهش خطا در داده‌های آموزش می‌شود به ما می‌دهد، اما این افزایش نشانگرها تا چه زمانی ادامه داشته باشد؟ این امر توسط روشی که اعتبارسنجی متقابل نام دارد صورت می‌پذیرد و به اینصورت است که نمونه‌ای را از کل نمونه‌هایی که برای آموزش شبکه استفاده می‌شود کنار می‌گذاریم و شبکه را آموزش می‌دهیم، سپس از روی شبکه آموزش داده شده مقادیر نمونه کنار گذاشته شده را تخمین می‌زنیم و مجموع مربعات خطای آن را با استفاده از معادله (۳-۲۴) حساب می‌کنیم. حال نمونه کنار گذاشته شده را به مجموعه بازگردانده و یک نمونه دیگر انتخاب می‌کنیم و مجموع مربعات خطا را برای آن حساب می‌کنیم. این کار را برای تمام نمونه‌ها تکرار کرده و در انتها میانگین تمام مجموع مربعات خطا را اندازه می‌گیریم که به آن خطای اعتبارسنجی گفته می‌شود (شیری، ۱۳۸۹). خطای اعتبارسنجی را برای هر یک از مراحل رگرسیونی حساب می‌کنیم و آنجایی که این خطا افزایش می‌یابد زمانی است که فرآیند رگرسیون مرحله‌ای را متوقف می‌کنیم. در بحث مطالعات نفتی هر یک از نمونه‌ها، نشانگرها و نگار مورد بررسی در یک چاه نسبت به کل چاه‌ها می‌تواند باشد، این امر هم منطقی‌تر و هم باعث افزایش سرعت می‌شود (Russell, 2004).

۳-۷ شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی ایده‌ای است برای پردازش اطلاعات که از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته شده و مانند مغز به پردازش اطلاعات می‌پردازد. این شبکه از شمار زیادی عناصر پردازشی بهم

^۱ . Cross-validation

پیوسته تشکیل شده که نرون^۱ نامیده می‌شوند و برای حل مسائل مختلف بصورت یک پارچه عمل می‌کند. شبکه‌های عصبی در مسائل مختلفی مانند شناسایی الگوها، طبقه‌بندی اطلاعات و پیش‌بینی پارامترهای مختلف سیستم‌های مد نظر استفاده می‌شود. در این شبکه‌ها یادگیری از طریق مثال انجام می‌شود. بدین معنی که اغلب (و نه همواره) مجموعه‌ای از ورودی و خروجی‌های درست به شبکه عصبی داده می‌شود و شبکه عصبی با استفاده از این مثال‌ها، وزن ارتباطات خود را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که در صورت دادن ورودی‌های جدید پاسخ‌های درستی را تولید کند. در واقع دانش شبکه عصبی در وزن ارتباطات آن ذخیره می‌شود. یک شبکه عصبی تک‌لایه همانند روش رگرسیون فقط قادر است مسائل خطی را حل کند. اما شبکه‌های عصبی چند لایه قادرند مسائل غیرخطی را نیز حل کنند به طور خلاصه شبکه‌های عصبی چند لایه راهی برای بدست آوردن رابطه‌های غیرخطی هستند (Hagan et al., 1996).

هدف اصلی این روش طراحی مدلی ریاضی از روی مسائل زیستی است بطوریکه خصوصیات و ساختارهای شبکه‌های زیستی را به منظور ایجاد یک سیستم هوشمند پردازش اطلاعات تقلید کند. اولین مدل ریاضی در سال ۱۹۴۳ توسط مک‌کولوچ^۲ و پیتز^۳ و همکاران معرفی شد. یک شبکه عصبی انطباقی^۴ یک ساختار شبکه‌ای است که شامل یک سری گره‌های جهت‌دار^۵ متصل به هم می‌شود و به این خاطر به آن‌ها انطباقی گفته می‌شود که خروجی این گره‌ها به یک پارامتر تغییرپذیر وابسته است. شبکه‌های عصبی با الگوریتم‌ها و ساختارهای مختلف وجود دارند که در ادامه به بررسی برخی از آن‌ها می‌پردازیم (Duda et al., 2004).

^۱ . Neuron

^۲ . McCulloch

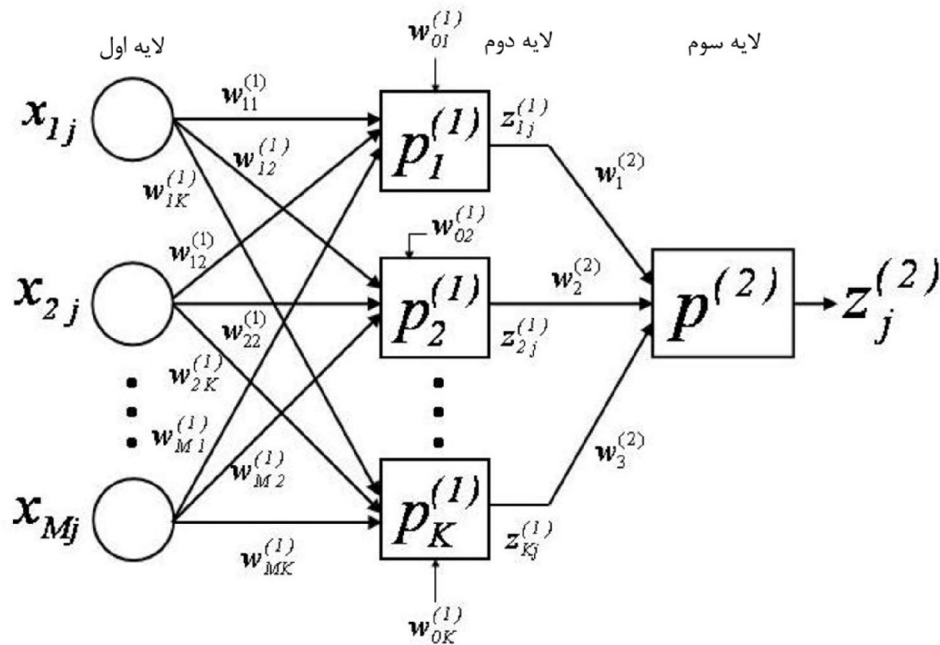
^۳ . Pitts

^۴ . Adaptive

^۵ . Node

۳-۷-۱ شبکه عصبی چند لایه پیش خور^۱

این شبکه یک ساختار کلاسیک از شبکه های عصبی است و به پرسپترون چند لایه (MLP^۲) ارجاع داده می شود. شکل ۳-۷ بیانگر یک MLP با M ورودی و K پرسپترون است، لایه اول بیانگر لایه ورودی است و لایه دوم به عنوان لایه مخفی شناخته می شود و لایه آخر لایه خروجی ها است. تعداد لایه های مخفی قابل افزایش است (شیری، ۱۳۸۹).



شکل ۳-۷. ساختار یک شبکه پرسپترون چند لایه (MLP) با M ورودی و K پرسپترون و یک خروجی (Russell, 2004).

برای تخمین خصوصیات مخزن با استفاده از MLP، لایه ورودی یک بردار برای M نشانگر $K_j^T = [x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{Mj}]$ است که در آن $j = 1, \dots, N$ بیانگر تعداد نمونه های لرزه ای در واحد زمان یا عمق است.

با در نظر گرفتن i به عنوان شماره نشانگر و k به عنوان شماره پرسپترون و q به عنوان شماره لایه، وزن ها را بصورت $w_{ik}^{(q)}$ نشان می دهیم.

^۱ . Multi Layer Feedforward Neural Networks

^۲ . Multi Layer Perceptron

در یک MLP تک لایه که هر پرسپترون شامل مجموعه ای از وزن ها و یک تابع جمع و یک تابع غیرخطی است، خروجی حاصل از وزن ها و مجموع در لایه اول به صورت زیر نوشته می شود (Russell, 2004).

$$y_{kj}^{(1)} = \sum_{i=0}^M w_{ki}^{(1)} x_{ij}, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (25-3)$$

در معادله (25-3) بایاس¹ $x_{0j} = 1$ است. این معادله بصورت فرم ماتریسی و برداری بصورت زیر است.

$$y_{kj}^{(1)} = W^{(1)T} x_j \quad (26-3)$$

که در آن $y_j^{(1)}$ و x_j و $W^{(1)T}$ به صورت زیر است.

$$y_j^{(1)} = \begin{bmatrix} y_{1j}^{(1)} \\ y_{2j}^{(1)} \\ \vdots \\ y_{kj}^{(1)} \end{bmatrix}, \quad x_j = \begin{bmatrix} 1 \\ x_{1j} \\ \vdots \\ x_{2j} \end{bmatrix}, \quad W^{(1)T} = \begin{bmatrix} w_{10}^{(1)} & w_{20}^{(1)} & \dots & w_{M0}^{(1)} \\ w_{11}^{(1)} & w_{21}^{(1)} & \dots & w_{M1}^{(1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{1k}^{(1)} & w_{2k}^{(1)} & \dots & w_{Mk}^{(1)} \end{bmatrix}$$

باید توجه داشت که در دو معادله (25-3) و (26-3) وزن های صفر نرون جدیدی را ایجاد نمی کنند،

تابع غیرخطی را می توان به صورت زیر نوشت.

$$z_{kj}^{(1)} = f(y_{kj}^{(1)}) \quad (27-3)$$

شکل برداری آن به صورت زیر است.

$$z_j^{(1)} = f(y_j^{(1)}) \quad (28-3)$$

خروجی لایه اول در لایه دوم تغذیه می شود و دوباره از بایس استفاده می کنیم. خروجی لایه دوم

دارای $K + 1$ وزن خواهد بود که به صورت زیر نوشته می شود.

$$y_j^{(2)} = \sum_{k=0}^K w_{kj}^{(2)} z_{kj}^{(1)} = w_j^{(2)T} z_j^{(1)}, \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (29-3)$$

بنابراین خروجی لایه دوم را می توان به صورت زیر نوشت.

$$z_j^{(2)} = f^{(2)}(y_j^{(2)}) \quad (30-3)$$

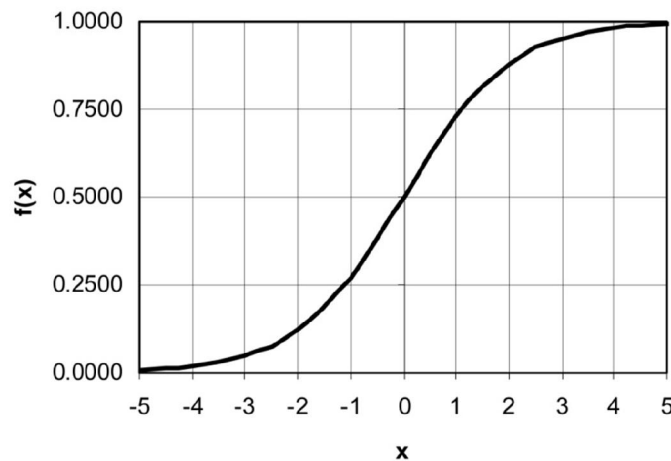
¹ - Bias

از ترکیب معادلات بالا، با توجه به اینکه یک MLP با دو لایه پرسپترونی در شکل ۳-۷ نشان داده شده است، می توان خروجی را به صورت زیر نوشت.

$$z_j^{(2)} = f^{(2)}(W^{(2)T} f^{(1)}(W^{(1)T} x_j)) \quad (3-31)$$

تابع استفاده شده در MLP تابع لجستیک^۱ است که معادله آن در زیر آورده شده و در شکل ۳-۸ نشان داده شده است.

$$f(x) = \text{logist}(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (3-32)$$



شکل ۳-۸. شکل تابع لجستیک (Russell, 2004).

مقادیر تابع لجستیک بین صفر و یک است، دو تابع دیگر که در شبکه های عصبی معمولاً استفاده می شود، توابع تانژانت هایپربولیک^۲ و پله ای هستند که مقادیر آنها بین مثبت یک و منهای یک تغییر می کند. ارتباط تابع تانژانت هایپربولیک با تابع لجستیک بصورت زیر است (Russell, 2004).

$$f(x) = \tanh(x) = \frac{\exp(x) - \exp(-x)}{\exp(x) + \exp(-x)} = 2\text{logist}(x) - 1 \quad (3-33)$$

^۱ . Logistic

^۲ . Hyperbolic tangent function

در انتها با اعمال تمام ورودی ها به شبکه MLP معادله (۳-۲۷) به شکل ماتریسی بصورت زیر نوشته خواهد شد (Russell, 2004).

$$Y^{(1)} = W^{(1)T} X \quad (3-34)$$

که در آن

$$Y^{(1)} = [y_1^{(1)} \ y_2^{(1)} \ \dots \ y_N^{(1)}] = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1N} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{K1} & y_{K2} & \dots & y_{KN} \end{bmatrix}$$

و

$$X = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_N] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{M1} & x_{M2} & \dots & x_{MN} \end{bmatrix}$$

۳-۷-۲ شبکه عصبی احتمالی

شبکه عصبی احتمالی شبکه‌ای است که توسط اسپچت^۱ در سال ۱۹۹۰ معرفی شد (Theodoridis and Cortombas, 2009). داده‌های استفاده شده برای آموزش این شبکه شامل N نمونه t_i که خصوصیات مخزنی گرفته شده از نگارهای تخلخل، اشباع آب و ... است می‌شود. هر یک از این نمونه‌ها وابسته به یک بردار که شامل M نشانگر لرزه‌ای است، می‌شود. حال با توجه به شکل ۳-۱۰ و ۳-۹ با در نظر گرفتن $s_i = (s_{i1}, s_{i1}, \dots, s_{iM})^T, i = 1, 2, \dots, N$ به عنوان بردار نشانگرهای لرزه‌ای و t_i به عنوان خروجی که از خصوصیات پتروفیزیکی مخزن است، معادله آن بصورت زیر نوشته خواهد شد.

$$y(s_i) = t_i, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3-35)$$

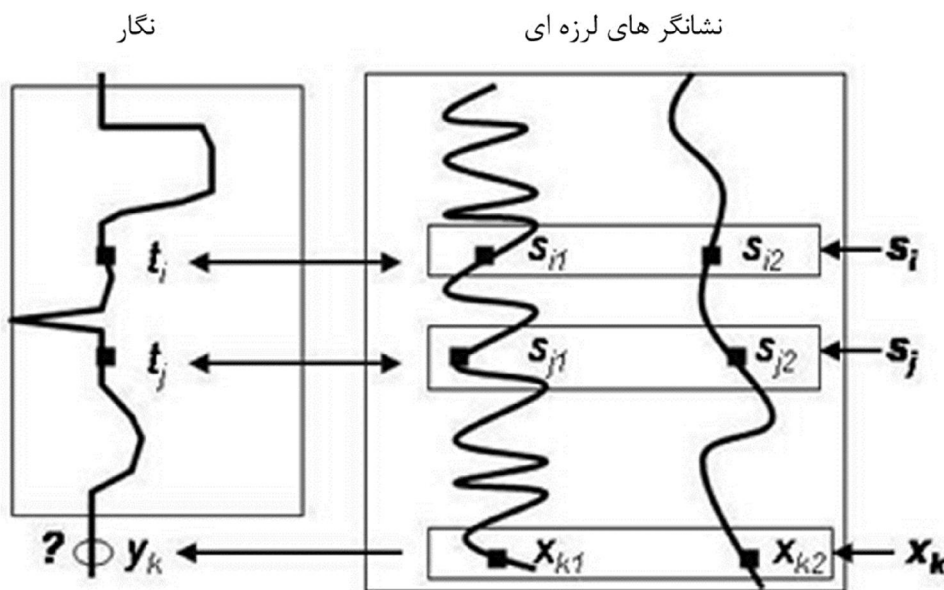
^۱ . Specht

الگوریتم PNN بر اساس اصول فاصله در فضای نشانگرها تعریف می شود (شکل ۳-۹). سه بردار نشانگرهای دو بُعدی در شکل ۳-۱۰ نشان داده شده است و فاصله بین آن ها بیانگر فاصله در دامنه های نشانگرها و نه فاصله مختصاتی است. حال ما سه بردار s_i و s_j و x_k داریم که دو بردار s_i و s_j از داده های آموزش و بردار x_k بردار ارزیابی (تخمین) است. فاصله بین این بردارها که در شکل ۳-۱۰ نشان داده شده است بصورت زیر است.

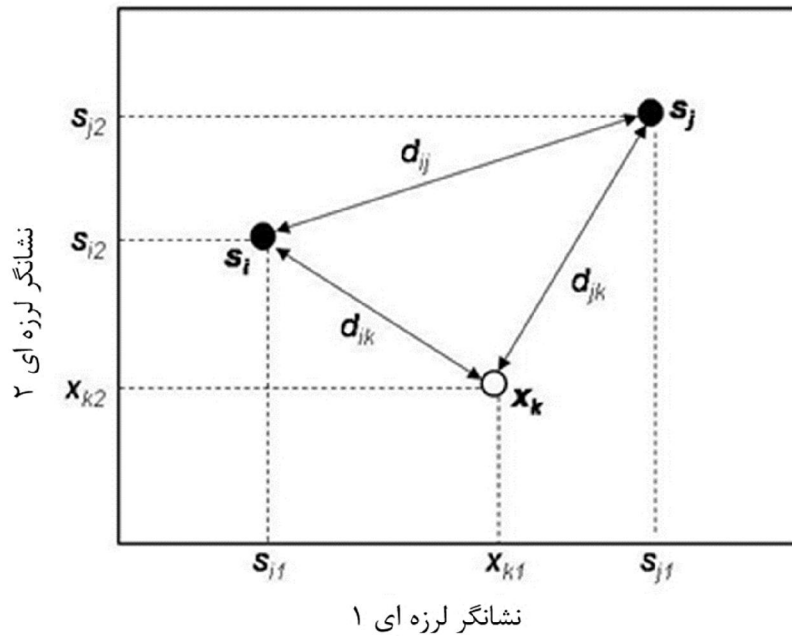
$$d_{ij} = |s_i - s_j| = \sqrt{(s_{i1} - s_{j1})^2 + (s_{i2} - s_{j2})^2},$$

$$d_{ik} = |s_i - x_k| = \sqrt{(s_{i1} - x_{k1})^2 + (s_{i2} - x_{k2})^2},$$

$$d_{jk} = |s_j - x_k| = \sqrt{(s_{j1} - x_{k1})^2 + (s_{j2} - x_{k2})^2}.$$



شکل ۳-۹. طرح کلی که بیانگر تفاوت بین بردارهای آموزش s_i و s_j است و خروجی های آن ها t_i و t_j که معلوم هستند و بردار x_k که خروجی آن یعنی y_k نامعلوم است (Russell, 2004).



شکل ۳-۱۰. طرح کلی بردارهای s_i و s_j و x_k . محورهای مختصات بیانگر دامنه نشانگرهای لایه‌ای است و فاصله مختصاتی نیست (Russell, 2004).

که در آن d_{ij} فاصله بین داده‌های آموزشی و d_{ik} و d_{jk} فاصله بین داده‌های تخمین است. نکته مهمی که باید به آن اشاره کرد این است که این فاصله‌ها نیستند که در شبکه عصبی ما به کار می‌روند بلکه تابع پایه اعمال شده بر این فاصله که در اینجا تابع گوسی است و بصورت زیر نوشته می‌شود.

$$\phi(d) = \exp\left[-\frac{d^2}{\sigma^2}\right] \quad (3-36)$$

که در آن σ انحراف معیار تابع گوسی است. معادله (۳-۳۶) همان پنجره پارزن^۱ است که با استفاده از آن، شبکه‌های عصبی احتمالی و تابع پایه شعاعی^۲ را تعریف می‌کنیم.

حال PNN را برای هر یک از نقاط x_k بصورت زیر تعریف می‌کنیم (Russell, 2004).

$$p(x_k) = \sum_{j=1}^N \exp\left[-\frac{|x_k - s_j|^2}{\sigma^2}\right] = \sum_{j=1}^N \phi_{kj} \quad (3-37)$$

^۱. Parzen window

^۲. Radial basis function Neural Network

که در آن $\phi(d_{kj})$ بصورت ϕ_{kj} آورده شده است. اگر ما از تمام نقاط داده شده برای آموزش PNN استفاده کنیم و یک نتیجه واحد بگیریم روشی درست برای تخمین را به ما نمی‌دهد اما اگر داده‌های آموزش را به چند گروه تقسیم کنیم در این صورت PNN ابزار مناسبی برای طبقه‌بندی خواهد بود. حال ساده‌ترین مورد را که در آن دو گروه داریم در نظر بگیرید بطوریکه گروه C_1 با N_1 نقطه و گروه C_2 با N_2 نقطه باشد و $N_1 + N_2 = N$ ، بنابراین مساله بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$P_1(x_k) = \frac{\sum_{j \in N_1} \phi_{kj}}{p(x_k)} \quad (38-3)$$

و

$$P_2(x_k) = \frac{\sum_{j \in N_2} \phi_{kj}}{p(x_k)} \quad (39-3)$$

نرمالیزه شدن در روابط فوق که توسط $p(x_k)$ معادله (37-3) تعریف شده است باعث $p_1(x_k) + p_2(x_k) = 1$ می‌شود. مقادیر p_j به عنوان احتمال عضویت در یک گروه تعریف می‌شوند. حال اگر $p_1(x_k) > p_2(x_k)$ آنگاه x_k یک عضو از گروه C_1 و یا اگر $p_1(x_k) < p_2(x_k)$ آنگاه x_k یک عضو از گروه C_2 خواهد شد (شیری، ۱۳۸۹).

حال برای حالتی که در آن دو گروه که هر یک دارای یک تابع از دو نشانگر و هر یک دارای سه نقطه است، محاسبه مجموع توابع PNN برای x_k بصورت ترکیبی از توابع پایه از این شش نقطه خواهد بود و بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$p(x_k) = \sum_{j=1}^6 \exp \left[-\frac{|x_k - s_j|^2}{\sigma^2} \right] \quad (40-3)$$

$$= \exp \left[\frac{(x_{1k} - s_{11})^2 + (x_{2k} - s_{21})^2}{\sigma^2} \right] + \dots + \exp \left[\frac{(x_{1k} - s_{16})^2 + (x_{2k} - s_{26})^2}{\sigma^2} \right]$$

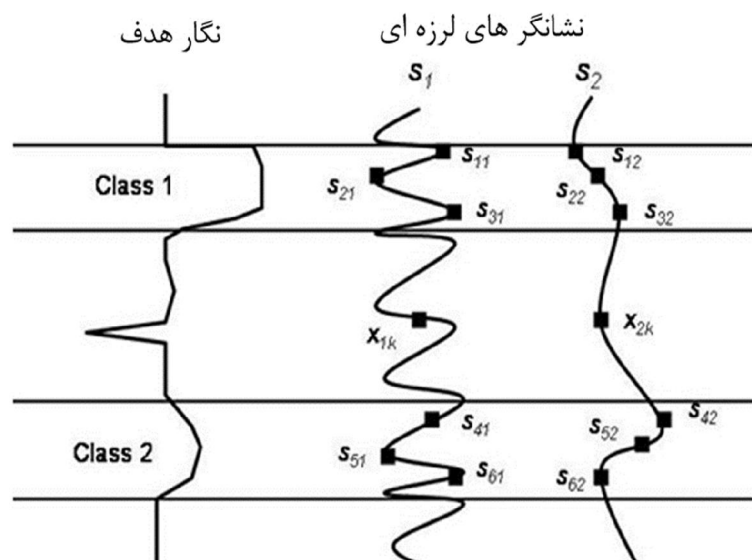
باید توجه داشت که معادله (۳-۴۰) نتیجه مجموع شش تابع گوسی است. حال هر یک از توابع احتمال گروه‌ها بصورت زیر خواهد بود.

$$p_1(x_k) = \frac{\sum_{j=1}^3 \exp \left[-\frac{|x_k - s_j|^2}{\sigma^2} \right]}{p(x_k)} \quad (۳-۴۱)$$

۹

$$p_2(x_k) = \frac{\sum_{j=4}^6 \exp \left[-\frac{|x_k - s_j|^2}{\sigma^2} \right]}{p(x_k)} \quad (۳-۴۲)$$

طبقه‌بندی‌ها برای دو گروه در شکل ۳-۱۱ نشان داده شده است. این مثال قابل تعمیم به K گروه و M نشانگر است (Russell, 2004).



شکل ۳-۱۱. یک شبکه عصبی ساده PNN که در آن از دو گروه (هر یک شامل سه نقطه) و دو نشانگر استفاده شده است (Russell, 2004).

۳-۷-۳ شبکه عصبی با تابع پایه شعاعی

شبکه عصبی با تابع پایه شعاعی به عنوان روشی که یک درون‌یابی دقیق را بین مجموعه‌ای از داده‌ها در فضای چند بُعدی انجام می‌دهد در سال ۱۹۸۷ توسط پاول^۱ طراحی شد. حال با توجه به شکل ۳-۱۰ و ۳-۹ با در نظر گرفتن $s_i = (s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{iM})^T, i = 1, 2, \dots, N$ به عنوان بردار نشانگرهای لرزه‌ای و t_i به عنوان خروجی که از خصوصیات پتروفیزیکی مخزن است، شکل عمومی معادله آن بصورت زیر است (Russell, 2004).

$$t(s_i) = \sum_{j=1}^N w_j \phi(|s_i - s_j|) = \sum_{j=1}^N w_j \phi_{ij}, i = 1, 2, \dots, N \quad (۴۳-۳)$$

که در آن $\phi(|x_i - x_j|)$ یک مجموعه N تایی از توابع پایه شعاعی هستند که به فاصله نشانگرها وابسته هستند و با ϕ_{ij} نشان داده شده‌اند. یک تابع پایه شعاعی، تابعی است که خروجی آن زمانیکه از نقطه مرکزی فاصله می‌گیرد دارای یک کاهش یا افزایش یکنواخت است (Orr, 1996). توابع زیادی مانند تابع اسپلاین صفحه نازک^۲ (۴۴-۳) و تابع درجه دوم چندگانه^۳ (۴۵-۳) وجود دارند که این خاصیت را دارا می‌باشند (Bishop, 1995).

$$\phi(x) = x^2 \ln(x) \quad (۴۴-۳)$$

$$\phi(x) = (x^2 + \sigma^2)^\beta, 0 < \beta < 1 \quad (۴۵-۳)$$

با این وجود تابع پایه گوسی به عنوان موثرترین تابع شناخته شده در این شبکه عصبی استفاده شده است (شیری، ۱۳۸۹). بنابراین معادله (۴۳-۳) بصورت زیر نوشته می‌شود.

$$t(s_i) = \sum_{j=1}^N w_j \phi_{ij} = \sum_{j=1}^N w_j \exp\left[-\frac{|s_i - s_j|^2}{\sigma^2}\right], i = 1, 2, \dots, N \quad (۴۶-۳)$$

که در آن $w_j, j = 1, 2, \dots, N$ وزن‌های مطلوب هستند. برای پیدا کردن وزن‌های معادله (۴۶-۳)، آن را بصورت یک دستگاه N معادله‌ای که هر یک N مجهول دارد بصورت زیر می‌نویسیم.

^۱ . Powell

^۲ . Thin-plate spline

^۳ . Multi-quadratic

معادله (۳-۴۷) به شکل ماتریس بصورت زیر است.

که در آن t و w و Φ بصورت زیر است.

جواب معادله (۳-۴۸) بصورت زیر است.

که در آن λ فاکتور سفیدکننده پیشین و I ماتریس همانی است و این معادله زمانی که ماتریس متقارن است براحتی حل می‌شود. پس از آنکه وزن‌ها مشخص شد، با توجه به شکل ۳-۹، با استفاده از معادله (۳-۵۰) از روی نشانگرهای لرزه‌ای به تخمین خصوصیات مخزنی می‌پردازیم (Russell, 2004).

γ_0

۴-۱ مقدمه

در این مطالعه از داده‌های سه چاه که نگارهای مختلف از جمله نگارهای تخلخل، صوتی، مقاومت، چگالی و ... در آن‌ها موجود است، استفاده می‌شود. از طرف دیگر اطلاعات لرزه‌نگاری دو بعدی را نیز فراخوانی می‌کنیم. در ابتدا بعد از مطالعه گزارش‌های در دسترس، به بررسی داده‌های چاه‌نگاری می‌پردازیم و تصحیحات احتمالی مورد لزوم را انجام می‌دهیم. پس از آن داده‌های چاه‌پیمایی (نگارهای صوتی، چگالی و تخلخل) به کمک داده‌های لرزه‌نگاری چاه (چکش‌شات) به منظور هماهنگی با داده‌های لرزه‌ای، از مقیاس عمقی به مقیاس زمانی تبدیل می‌شوند و سپس لرزه‌نگاشت مصنوعی ساخته می‌شود. پس از آن باید داده‌های چاه با داده‌های لرزه‌ای کالیبره شود. در مرحله بعد به کمک وارون‌سازی لرزه‌ای، مدل امپدانس صوتی تهیه می‌شود. لازم است با تکرار مدل‌سازی با پارامترهای مختلف به مدلی با کمترین خطا دست یافت. این مدل تفکیک‌پذیری عمودی را بهبود می‌بخشد و لایه‌های مخزنی را نمایان می‌سازد. در قسمت بعد با توجه به این که نشانگر خارجی مقاومت صوتی و نشانگرهای داخلی دیگر از قبیل فاز لحظه ای و فرکانس لحظه ای و ... در ارتباط با پارامترهای مخزنی (مخصوصاً تخلخل) هستند، از این نشانگرها استفاده نموده و بهترین رابطه بین تخلخل را در مخزن با نشانگرهای مذکور بدست می‌آوریم و بهترین مدل تخلخل را در میدان مربوطه شناسایی و ارائه می‌کنیم. مطالعه موردی در این پایان‌نامه میدان نوروز و ابوذر بوده است. مخزن مورد مطالعه در این میادین، لایه مخزنی بورگان است که به طور تقریبی در میدان ابوذر در عمق ۲۵۹۳ متر و میدان نوروز در عمق ۲۲۵۰ متر قرار گرفته است و محدوده مورد مطالعه از سرسازند نهرعمر (کژدمی) تا سرسازند شعبیا (داریان) است.

با توجه به اینکه روش‌های ارائه شده، جدا از روش‌های جدیدی که در این پایان‌نامه به آن پرداخته شده است، در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از مهندسين در شرکت‌های نفتی قرار گرفته است، لذا سعی شده است که تمام مراحل کار برای رسیدن به هدف مورد نظر به همراه جزئیات آن در این فصل ارائه شود تا بتوان از نتایج آن براحتی و بدون هیچ ابهامی بهره گرفت و در صورت انجام کارهای

مشابه، تجربیات حاصل از آن مفید و راه گشا باشد. در این فصل کلیه مراحل انجام کار از آماده سازی داده ها، تعبیر و تفسیر تا انجام معکوس سازی، مدل سازی تخلخل، توزیع ضخامت و پیش بینی تعیین روند حوضه توضیح داده شده است. مراحل کار به صورت زیر است:

- ترسیم مقاطع لرزه ای موجود و افق های سازند کژدمی و داریان بر روی آن ها.
 - تهیه لرزه نگاشت مصنوعی و استخراج موجک جهت تطبیق با داده های لرزه ای.
 - تهیه مدل اولیه و آنالیز فرایند معکوس سازی.
 - تخمین امپدانس صوتی پهن باند با استفاده از تلفیق داده های لرزه ای و چاه پیمایی.
 - تخمین تخلخل از روی نشانگرهای لرزه ای و امپدانس صوتی پهن باند بدست آمده.
 - تخمین ضخامت مخزن و پیش بینی تعیین روند لایه های هیدروکربوری.
- شرح، نتیجه گیری ها، مشکلات و پیشنهاداتی که در انجام مراحل مختلف کار وجود داشته است، در هر یک از بخش های فوق ارائه شده است.

۴-۲ لیست نرم افزارهای استفاده شده

در مراحل مختلف این کار از نرم افزارهای متفاوتی استفاده شده است. در ادامه لیست این نرم افزارها با ذکر توضیح مختصری از کارهای انجام شده با آنان آورده شده است. اما جزئیات آن ها در بخش های آتی ذکر می گردد.

۱. نرم افزار (HRS) Hampson-Russell Software

نرم افزار HRS یک نرم افزار مفید در معکوس سازی و کار بر روی نشانگرهای لرزه ای و ... است. این نرم افزار برنامه های مختلفی دارد که در این پایان نامه از برنامه های Well Explorer, eLog, EMERGE, STRATA برای استخراج نشانگرهای لرزه ای، ترسیم افق لرزه ای، معکوس سازی، تهیه مدل های تخلخل با استفاده از شبکه های عصبی و ... استفاده شده است.

۲. نرم افزار Petrel

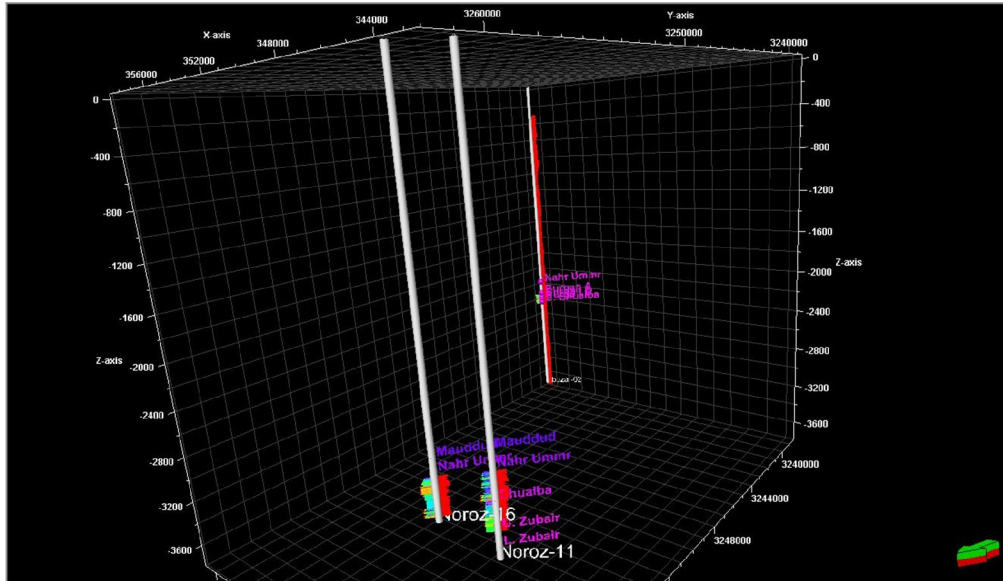
این نرم افزار محصول شرکت شلومبرگر است و از آن برای تهیه مدل ساختمانی و زمین شناسی مخزن و تخمین ضخامت مخزن استفاده شده است.

۳. نرم افزار TatukGIS Calculator

از این نرم افزار برای تبدیل مختصات‌های جغرافیایی از درجه به UTM استفاده شده است. موقعیت جغرافیایی چاه‌ها در خلیج فارس در عنوان بالای نمودارهای چاه‌پیمایی و در نقشه‌ها و گزارش‌ها بصورت مختصات جغرافیایی مشخص شده است. برای ترسیم نقشه‌های مختلف زیرزمینی با برنامه‌های نرم‌افزاری، مختصات جغرافیایی چاه‌ها توسط برنامه ژئوکلک به سیستم لمبرت (متریک) تبدیل شده است.

۴-۳ داده‌های مربوط به چاه‌ها

برای انجام این مطالعه اطلاعات نگارهای صوتی، چگالی، گاما و تخلخل یک چاه از میدان ابوذر و دو چاه از میدان نوروز که نمایش سه بعدی آن‌ها در شکل ۴-۱ آمده است، در نرم افزار فراخوانی شد. انجام این مرحله یعنی فراخوانی صحیح این نمودارها نیاز به دقت فراوانی دارد برای انجام این مرحله باید اطلاعات مختصات UTM چاه‌ها، ارتفاع میز دوار، نوع چاه‌ها از نظر هدف حفاری، اسم چاه‌ها و مسیر این چاه‌ها در نرم افزار فراخوانی شود.



شکل ۴-۱. نمایش سه بعدی چاه‌های نوروز و ابوذر به همراه نگارهای موجود.

در همین مرحله از کار، اطلاعات مربوط به عمق سازندها در چاه‌های مختلف را وارد می‌کنیم و همچنین از آنجا که چاه A-2 میدان ابوذر حاوی اطلاعات چک شات نیز بوده است، این اطلاعات را نیز فراخوانی می‌کنیم. سپس تصحیحات چک شات برای تصحیح رابطه زمان-عمق انجام می‌شود (شکل ۴-۲). در چاه‌هایی که فاقد اطلاعات چک شات هستند، در صورت وجود نگار صوتی، نرم‌افزار بصورت خودکار نگار رابطه زمان-عمق را به کمک نگار صوتی تهیه می‌کند. با استفاده از نگار صوتی، در هر نقطه عمقی z ، سرعت $V(z)$ معلوم است و به کمک رابطه زیر می‌توان زمان مربوط به آن عمق را به دست آورد.

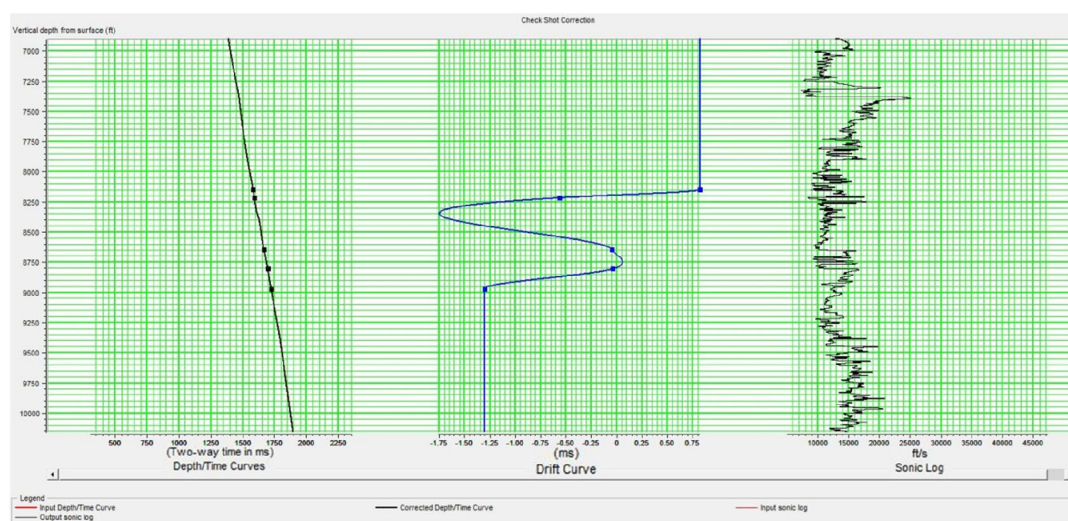
$$t(z) = \int_{z_0}^z \frac{dz}{v(z)} \quad (۴-۱)$$

زمان بدست آمده از رابطه (۴-۱) و تبدیل عمق به زمان از این رابطه بدلیل این که داده‌های نگار صوتی، سرعت سنگ‌های اطراف چاه را نشان می‌دهد و از طرفی امواج لرزه‌ای تحت تاثیر مواردی مثل جذب و پراکندگی قرار می‌گیرند، بنابراین هرکدام از این داده‌ها بتنهایی رابطه مناسبی برای تبدیل

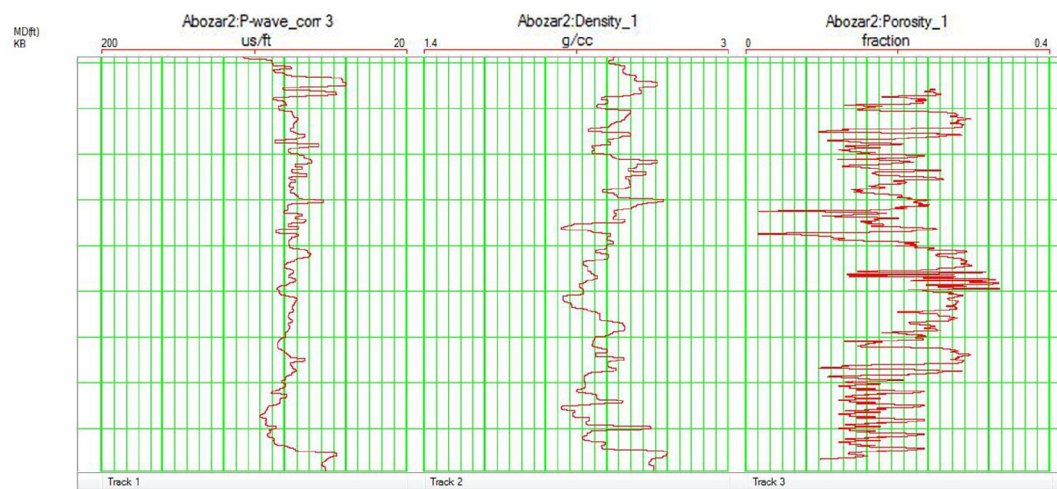
زمان به عمق را بدست نمی‌دهند. برای غلبه بر این مشکلات از داده‌های چک شات که تاثیر موارد ذکر شده را تا حد قابل قبولی حذف می‌کند، استفاده می‌کنند.

سپس داده‌های نگارهای چگالی، تخلخل و سرعت را برای چاه‌های موجود در میدان ابوذر و نوروز به ترتیب آماده‌سازی می‌کنیم. (شکل‌های ۴-۳، ۴-۴ و ۴-۵).

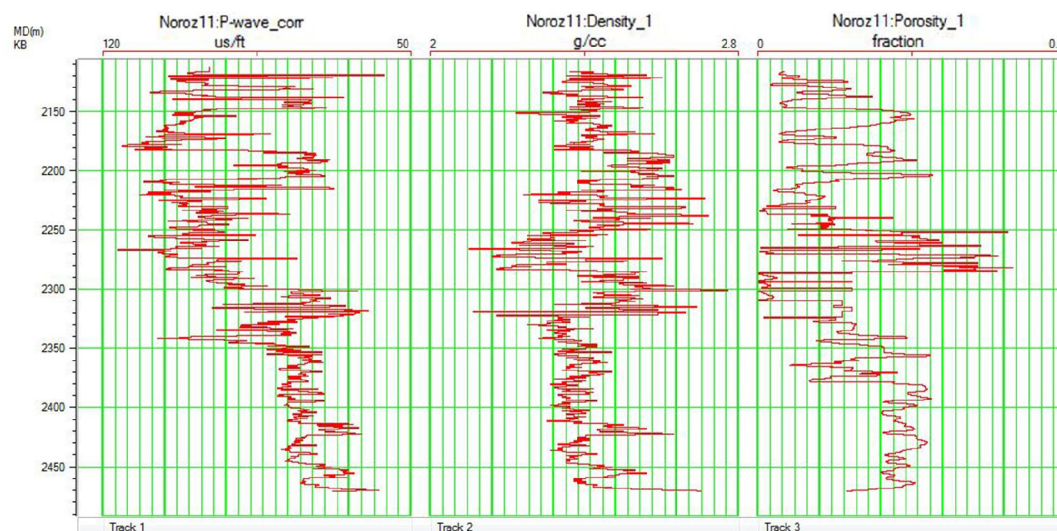
در چاه‌ها، نگارهای صوتی و چگالی، بطور منظم و در عمق‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شود. از ضرب کردن مقادیر چگالی در سرعت، امپدانس صوتی در هر عمق حاصل می‌شود.



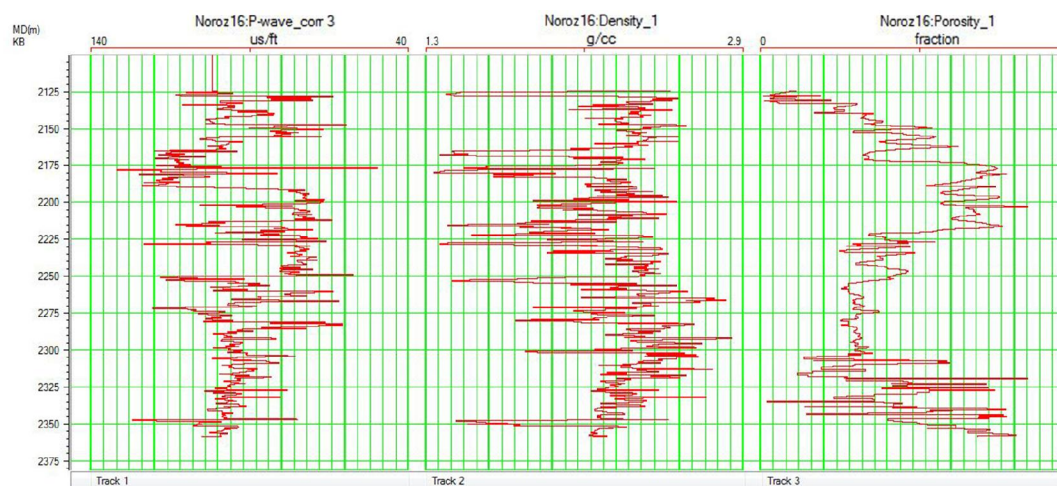
شکل ۴-۲. اعمال چک شات بر روی چاه A-2.



شکل ۴-۳. نمایش نگارهای چگالی، تخلخل و سرعت در چاه A-2.



شکل ۴-۴. نمایش نگارهای چگالی، تخلخل و سرعت در چاه N-11.



شکل ۴-۵. نمایش نگارهای چگالی، تخلخل و سرعت در چاه N-16.

۴-۴. داده‌های لرزه‌ای و فراخوانی آن‌ها

در ابتدا باید داده‌های لرزه‌ای بدرستی فراخوانی شوند. این مرحله مهمترین و وقت‌گیرترین قسمت کار بود و پس از تلاش بسیار انجام شد و سه خط لرزه‌ای فراخوانی شدند (شکل ۴-۶).

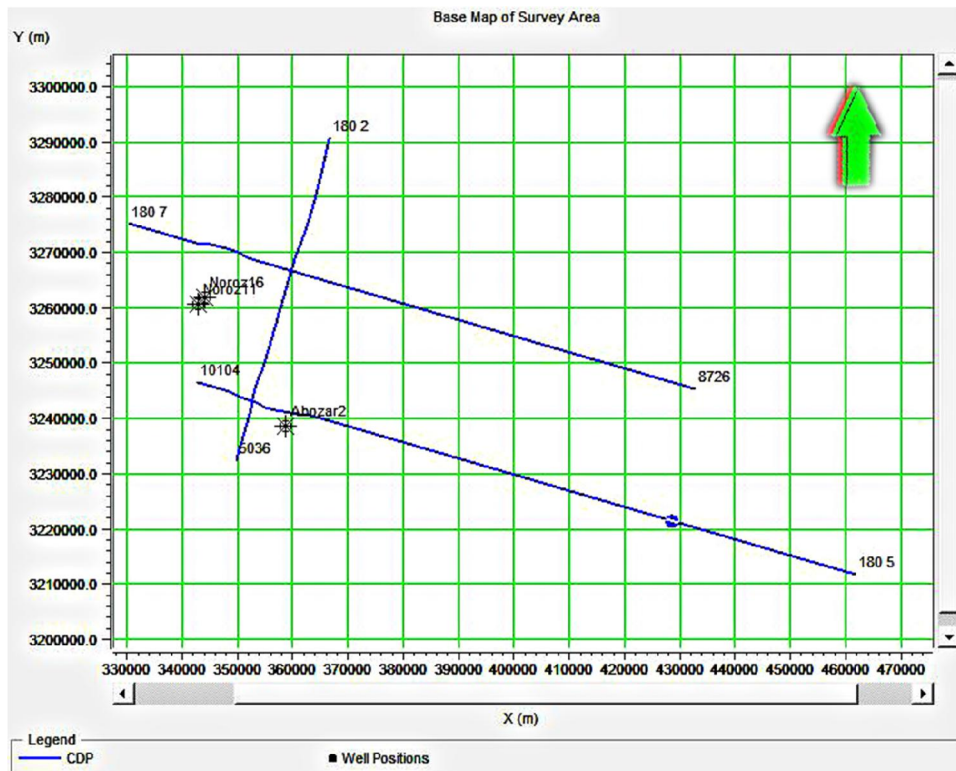
وارد کردن داده‌های چاه‌نگاری در این نرم‌افزار به این ترتیب است که با استفاده از قسمت Well Explorer این نرم‌افزار، داده‌های نگار مربوط را بصورت دو ستون در یک فایل متنی که ستون اول آن

عمق و ستون دوم آن مقادیر اندازه‌گیری شده است قرار داده و با وارد کردن این داده‌ها و خصوصیات و پارامترهای مختلف نگار و چاه در مراحل مختلف، یک نگار وارد این نرم افزار می‌شود.

در ادامه تمام کارهای مربوط به نرم افزار در قسمت STRATA نرم افزار انجام می‌شود. وارد کردن داده‌های لرزه‌ای بخصوص داده‌های لرزه‌ای دو بُعدی به مراتب سخت‌تر از داده‌های سه بُعدی است. زیرا نکاتی را باید در آن رعایت کرد که در غیر این صورت نرم‌افزار قادر به تشخیص صحیح این داده‌ها نیست. با استفاده از فهرست لرزه‌ای در سمت چپ نرم‌افزار مراحل وارد کردن داده‌ها را به صورت از پیش تعیین شده انجام می‌دهیم. وارد کردن داده‌های لرزه‌ای سه بُعدی به راحتی قابل انجام است ولی وارد کردن داده‌های دو بُعدی دقت در نکات زیر را می‌طلبد.

- فرمت اولیه داده‌های لرزه‌ای ممکن است با فرمت SEGY با دو ساختار IBM یا IEEE باشند، داده‌های لرزه‌ای که وارد نرم افزار HRS می‌شوند باید با فرمت SEGY با ساختار IBM باشند، در صورت مغایرت می‌توان داده‌ها را وارد یک نرم افزار دیگر مانند Petrel کرده و از داده‌های لرزه‌ای خروجی با فرمت SEGY با ساختار IBM گرفته شود.
- بهترین چیدمان داده‌های دو بُعدی در نرم افزار HRS بصورت Multiple است که مقاطع لرزه ای را بصورت یک گروه از مقاطع جدا از هم وارد نرم افزار می‌کند.
- به منظور وارد کردن همه مقاطع به طور هم‌زمان، ساختار بارگیری مقاطع باید بصورت یکسان انتخاب شوند. برای این منظور ابتدا مراحل وارد کردن یک مقطع لرزه‌ای دو بُعدی تا مراحل پایانی طی می‌شود اما قبل از اتمام مراحل، منوی Save format to file انتخاب می‌شود و ساختار بارگیری یکی از مقاطع در قسمتی از کامپیوتر ذخیره می‌شود. سپس برای وارد کردن مقاطع لرزه‌ای بصورت Multiple اقدام می‌شود و در آخرین مرحله با استفاده از منوی Load Format From File ساختار ذخیره شده در کامپیوتر بارگیری و به تمام مقاطع ارجاع داده می‌شود.

- در صورتی که طول و یا عمق مقاطع لرزه‌ای خارج از محدوده مخزن باشند، برای کاهش عملیات پردازش کامپیوتر می‌توان با ابزار Copy که در منوی Process نرم افزار قرار دارد، مقاطع را بصورت عمقی و طولی بریده و به اندازه دلخواه در آورد .



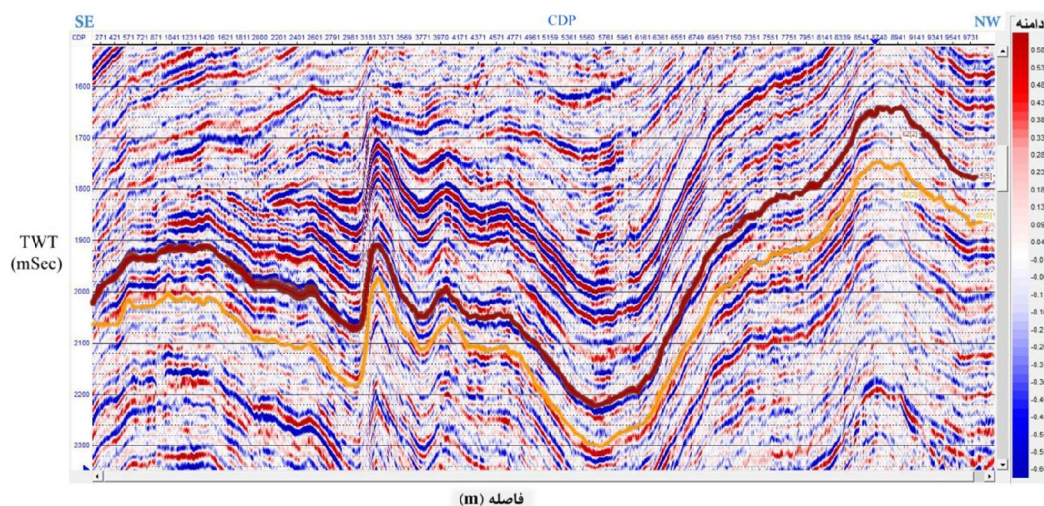
شکل ۴-۶. نقشه خطوط لرزه ای ناحیه مورد مطالعه به همراه نمایش محل چاه‌ها در این ناحیه.

۴-۵. افق های لرزه‌ای^۱ و ترسیم آن‌ها

نگارهای صوتی و چگالی و نگار امپدانس در حوزه عمق محاسبه شده‌اند در حالیکه داده‌های لرزه‌ای در حوزه زمان هستند. با توجه به اینکه در مراحل بعد از نگار امپدانس، لرزه‌نگاشت مصنوعی ساخته شده و با داده‌های لرزه‌ای واقعی تطبیق داده می‌شود، لازم است که نگارهای فوق از حوزه عمق به حوزه زمان انتقال یابد. با دانستن ارتباط زمان - عمق در چاه، این کار به آسانی صورت می‌پذیرد. برای

^۱ . Pick Horizons

این منظور اغلب از داده‌های سرعت نظیر VSP یا چکشات استفاده می‌شود. چکشات، عبارتست از یک‌سری محاسبات مستقیم زمان رسیدن امواج از چشمه سطحی به گیرنده‌های درون چاه. افق‌های لرزه‌ای، سرسازندها را در سرتاسر میدان ترسیم می‌کند که برای تبدیل به عمق لازم و ضروری هستند. برای ترسیم افق لرزه‌ای در نرم افزار HRS به نزدیک‌ترین چاهی که نگار VSP در آن موجود است و در نزدیکی یکی از مقاطع لرزه‌ای قرار دارد مراجعه کرده و دو برابر زمان رسید موج از سطح به سر سازند را بر روی مقطع لرزه‌ای ترسیم می‌کنیم. داده‌های چکشات نیز در صورتیکه برای سرسازندها در دسترس باشد قابل استفاده‌اند. افق‌های لرزه‌ای را به ترتیب از سطح به عمق و برای تمام مقاطع که در محدوده میدان قرار دارند رسم می‌کنیم. شکل ۴-۷ افق‌های لرزه‌ای رسم شده در مقطع لرزه‌ای ۵ با امتداد شمال غربی به جنوب شرقی میدان را با کمک داده‌های چکشات در چاه ابودر A-2 نشان می‌دهد. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود، دو برابر زمان رسید موج برای تمام سرسازندها، و حتی سرسازند کژدمی که در چاه‌های حفاری شده میدان ابودر بخاطر تغییرات تدریجی سنگ‌شناسی سازند سروک به کژدمی نامشخص بود، به راحتی قابل دستیابی است. وجود این سرسازندها و نگار سرعت در چاه‌ها و نگار چکشات در چاه ابودر A-2، در تهیه مدل زمان به عمق استفاده می‌شود.



شکل ۴-۷. مقطع لرزه‌ای ۵ با امتداد شمال غربی به جنوب شرقی به مخزن که محل چاه ابودر A-2 و افق‌های لرزه‌ای بر روی آن مشخص شده است.

۴-۶. انطباق دادن نگارها با داده‌های لرزه‌ای

در این بخش به انطباق دادن و انطباق هر چه بیشتر لرزه‌نگاشت با لرزه‌نگاشت مصنوعی حاصل از داده‌های چاه‌نگاری پرداخته می‌شود. که البته انطباق دادن هر چه بیشتر داده‌های لرزه‌ای با لرزه‌نگاشت مصنوعی نیز به تصحیح و انطباق هر چه بیشتر این دو بُعد کمک می‌کند. بنابراین، بعد از اعمال نگار VSP یا چکشات چاه ابودر A-2 بر نگار سرعت چاه‌های موجود و تهیه بُعد سرعت برای چاه‌ها، انطباق دادن و تصحیح بُعد زمان به عمق به صورت زیر انجام می‌شود.

۱. مشخص کردن فاز موجک، که برای شروع فاز آن را صفر در نظر می‌گیریم.
۲. استخراج آماری موجک از داده‌ای لرزه‌ای، که به صورت آماری از روی داده‌های لرزه‌ای یک موجک با فاز صفر استخراج می‌کنیم (در این روش طیف دامنه موجک بوسیله ی آنالیز خودهمبستگی^۱ مجموعه ای از ردلرزه ها در محدوده ای از حجم لرزه ای استخراج می شود. در این روش فاز موجک توسط کاربر مشخص می شود و معمولاً فاز صفر بصورت عمومی انتخاب می‌گردد).

۳. با استفاده از موجک بدست آمده به انطباق دادن لرزه‌نگاشت‌های مصنوعی و واقعی در کل چاه‌ها می‌پردازیم. باید دقت داشت که عملیات کشش^۲ و فشردگی^۳ دامنه‌های لرزه‌نگاشت مصنوعی برای انطباق با لرزه‌نگاشت واقعی بصورت مجزا در هر یک از سازندها صورت می‌گیرد و نباید افق‌های لرزه‌ای را جابجا کرد. با این موجک رد لرزه مصنوعی را در محل چاه‌ها بدست آورده و انطباق ردلرزه مصنوعی با ردلرزه واقعی اطراف چاه را بررسی می‌کنیم. در این مرحله لازم است برای بالا بردن همبستگی بین ردلرزه مصنوعی و واقعی اطراف چاه، توسط نرم‌افزار قله‌ها و دره‌های دو رد لرزه را مقابل هم قرار داده و آن‌ها را به صورت دستی بر هم منطبق کرد.

^۱ . Auto Correlation

^۲ . Stretch

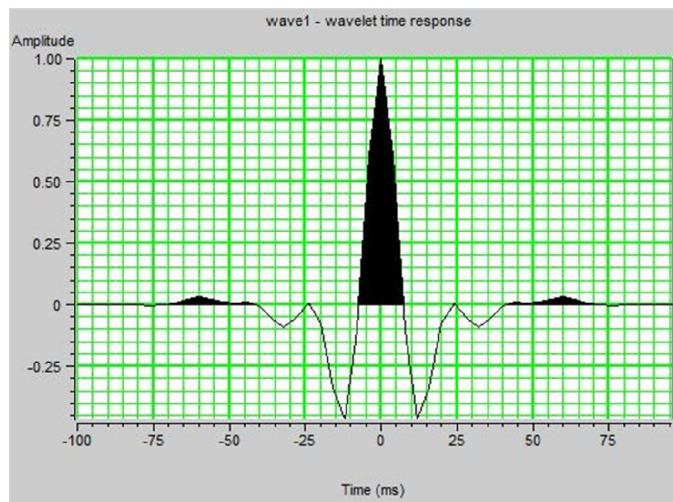
^۳ . Squeeze

۴. پس از انطباق دادن اولیه به استخراج موجک با استفاده از کلیه چاه‌ها می‌پردازیم.

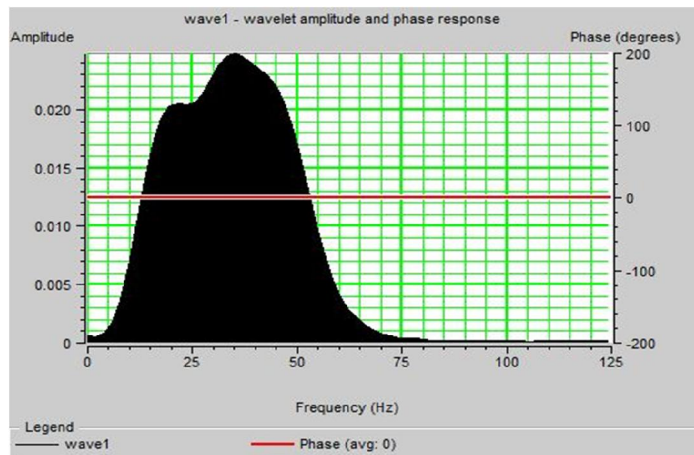
۵. انطباق دادن را تکرار و استخراج موجک را دوباره انجام می‌دهیم.

۶. این کار را آن‌قدر ادامه می‌دهیم تا یک همبستگی خوب بین لرزه‌نگاشت واقعی و مصنوعی در محل چاه‌ها ایجاد شود.

موجک استخراجی حاصل از این کار در نهایت به صورت شکل ۴-۸ در آمد. با استفاده از این موجک و تصحیح سرعت در عمق‌های مختلف و انجام همبستگی، ضریب همبستگی حاصل بین دو لرزه نگاشت واقعی و مصنوعی در اطراف چاه‌ها برای میدان ابوذر A-2 که از داده چکشات آن استفاده کردیم به حدود ۸۱ درصد و چاه N-11 و چاه N-16 از میدان نوروز به ترتیب به حدود ۹۰ و ۷۵ درصد رسید. شکل ۴-۹ این همبستگی را برای چاه ابوذر A-2 نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، محورهای عمودی، مقادیر زمان و عمق را نشان می‌دهند.

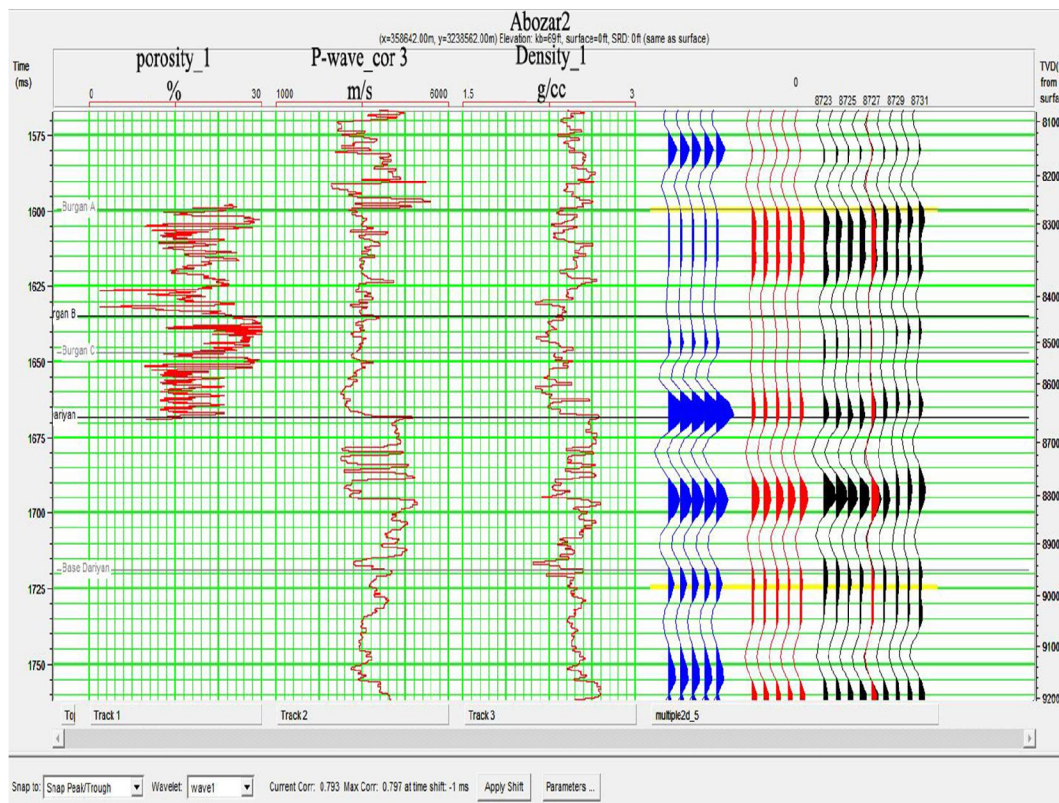


الف



ب

شکل ۴-۸. موجک استخراجی برای ایجاد لرزه‌نگاشت مصنوعی با استفاده از نگارهای چاه و داده‌های لرزه‌ای. الف) طیف دامنه به زمان موجک، ب) طیف دامنه به فرکانس موجک.



شکل ۴-۹. همبستگی ایجاد شده بین لرزه‌نگاشت مصنوعی و واقعی در چاه ابوزر A-2 که در نزدیکی مقطع لرزه‌ای ۵ قرار دارد. ردلرزه‌های مشکی، ردلرزه‌های واقعی در اطراف چاه ابوزر A-2، رد لرزه‌های قرمز، میانگین رد لرزه‌های مشکی رنگ و ردلرزه‌های آبی، ردلرزه مصنوعی حاصل از نگار سرعت و چگالی در چاه ابوزر A-2 را نشان می‌دهد.

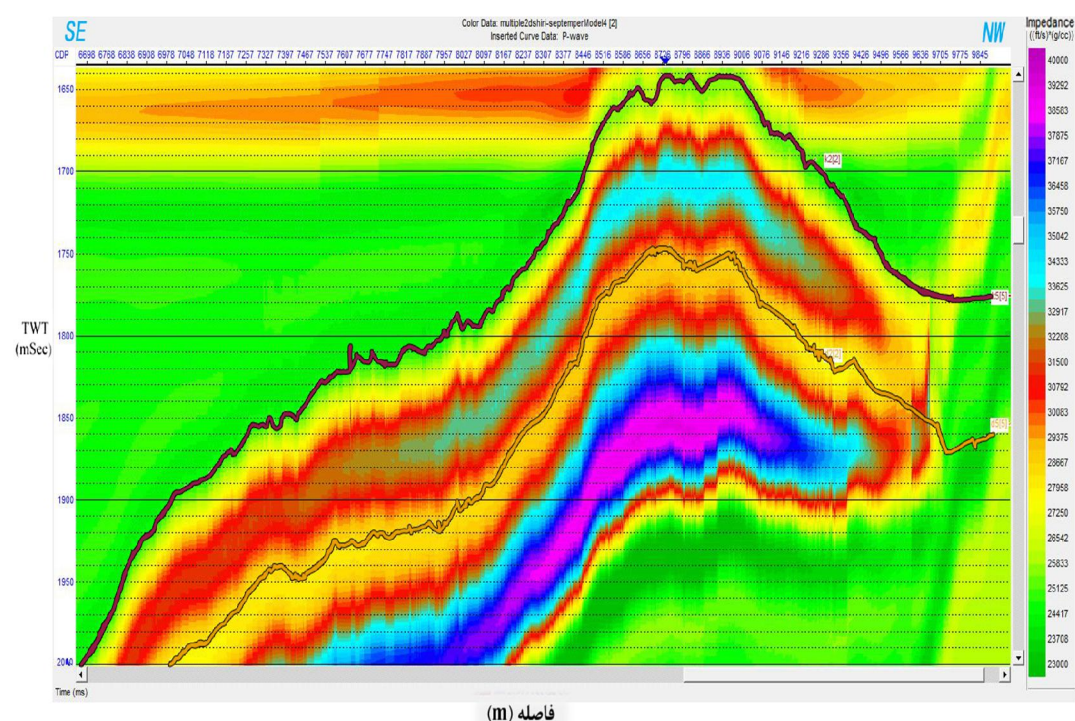
۴-۷. ایجاد مدل امپدانس صوتی

هدف از وارون سازی در مرحله اول تخمین امپدانس صوتی جهت بررسی بهتر مخزن از نظر سنگ شناسی، تخلخل و ماهیت سیال مخزنی و در مرحله دوم پیش بینی نقاط بهتر برای حفاری های بعدی است.

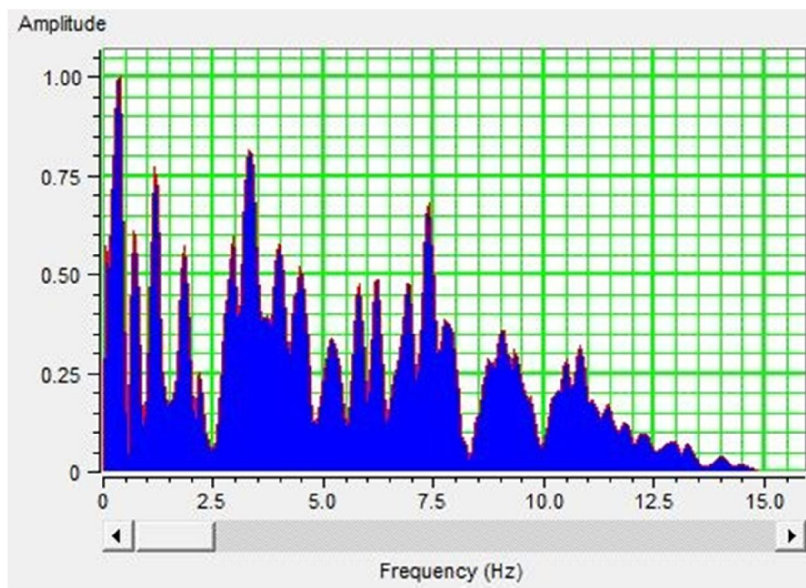
پس از اطمینان از همبستگی خوب ردلرزه مصنوعی و ردلرزه واقعی در محل چاه ها، اکنون باید یک مدل فرضی اولیه از اطلاعات لرزه ای و نگارها بسازیم. این مدل اولیه عموماً یک مدل زمین شناسی است. کاربرد مدل زمین شناسی در وارون سازی این است که چون جواب های حاصل از وارون سازی یکی نیست، این مدل جواب ها را محدود می کند و همچنین اطلاعاتی را در محدوده فرکانس پایین بدست می دهد چرا که وارون سازی در محدوده فرکانس های پایین نتیجه مطلوبی نمی دهد در نتیجه می توان با استفاده از مدل زمین شناسی این داده ها را جایگزین کرد. برای محاسبه این مدل ابتدا رابطه بین نگار مقاومت صوتی و رد لرزه در محل چاه ها به دست می آید. سپس به کمک درون یابی این رابطه بر روی تمام ردلرزه ها در محدوده لرزه ای اعمال می شود. به این ترتیب یک مدل مقاومت صوتی اولیه به دست می آید.

در این مرحله ابتدا با استفاده از نگارهای چاه و افق های لرزه ای مدل امپدانس صوتی با فرکانس پایین را ایجاد می کنیم. این مدل جهت احیای فرکانس های پایین برای مدل امپدانس صوتی نهایی که فاقد فرکانس های پایین است استفاده می شود. شکل ۴-۱۰ مدل امپدانس استخراج شده با فرکانس کمتر از ۱۵ هرتز را برای مقطع لرزه ای ۵ نشان می دهد که در آن امپدانس صوتی در محدوده مخزن بین ۲۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ متغیر است و امتداد لایه ها به خوبی در آن مشخص است. این مدل توسط نرم افزار HRS و با استفاده از فهرست Model در برنامه STRATA ایجاد شده است. مدل ایجاد شده تنها شامل فرکانس هایی است که طی برداشت های لرزه ای حذف شده اند. همانطور که در شکل ۴-۱۱ الف می بینید طیف دامنه مقطع لرزه ای ۵، بیشتر فرکانس های بین ۱۵ تا ۷۰ را شامل می شود. بنابراین با تلفیق مدل امپدانس صوتی که تنها فرکانس های پایین را شامل می شود و حاصل استخراج

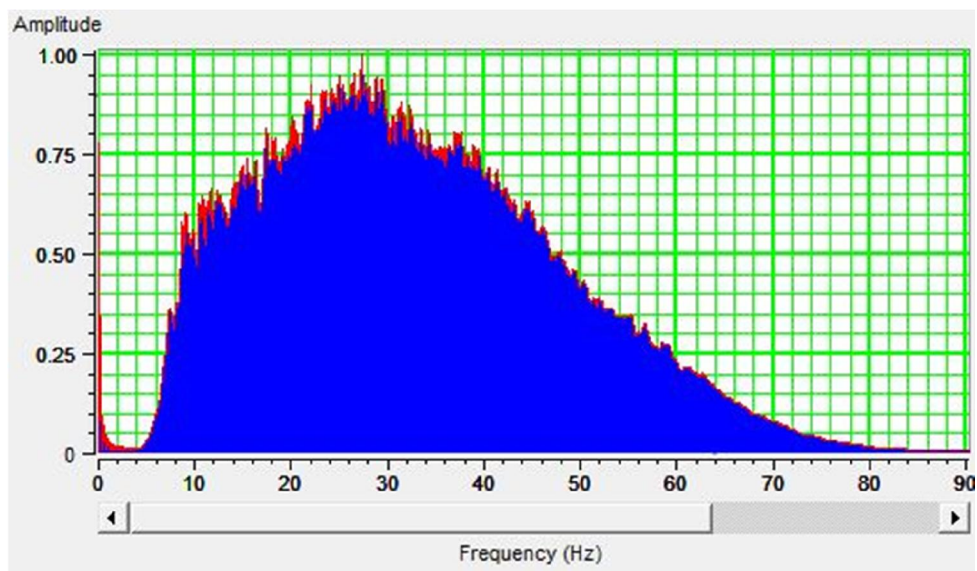
امپدانس صوتی از چاه‌ها و افق‌های لرزه‌ای است با مدل امپدانس صوتی محدودباند حاصل از لرزه‌نگاشت، این کاستی را از مدل امپدانس صوتی محدودباند برطرف می‌کنیم و در نهایت یک مدل پهن‌باند امپدانس صوتی خواهیم داشت. شکل ۴-۱۱ ب طیف دامنه به فرکانس مدل امپدانس صوتی با فرکانس کمتر از ۱۵ هرتز شکل ۴-۱۰ را نشان می‌دهد.



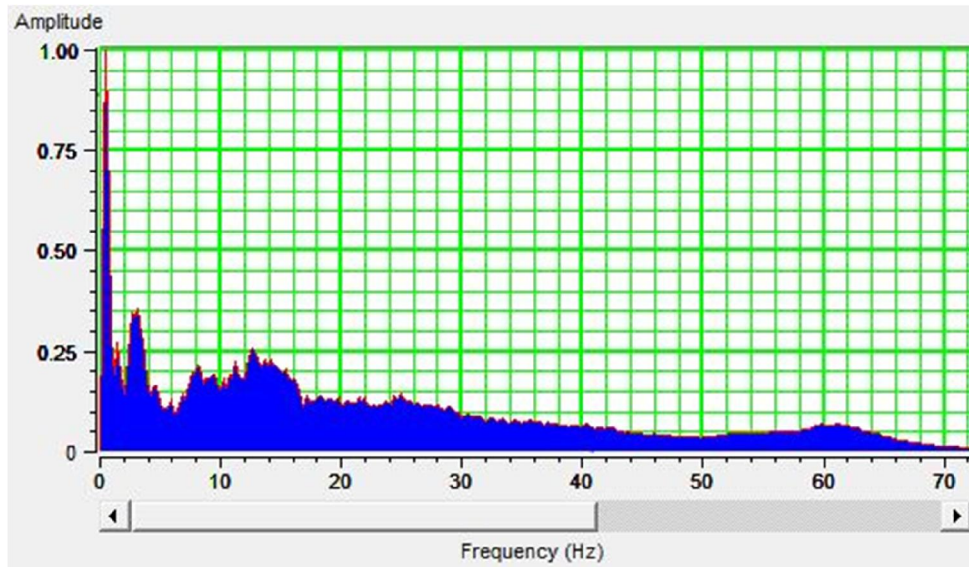
شکل ۴-۱۰. مدل امپدانس صوتی مقطع لرزه‌ای ۵ با استفاده از نگارهای چاه و افق‌های لرزه‌ای برای فرکانس‌های کمتر از ۱۵ هرتز.



الف



ب



ج

شکل ۴-۱۱. طیف دامنه به فرکانس. الف) مدل اولیه ب) مقطع لرزه ای ۵، ج) مدل ایجاد شده بوسیله نگارهای چاه و افق‌های لرزه‌ای.

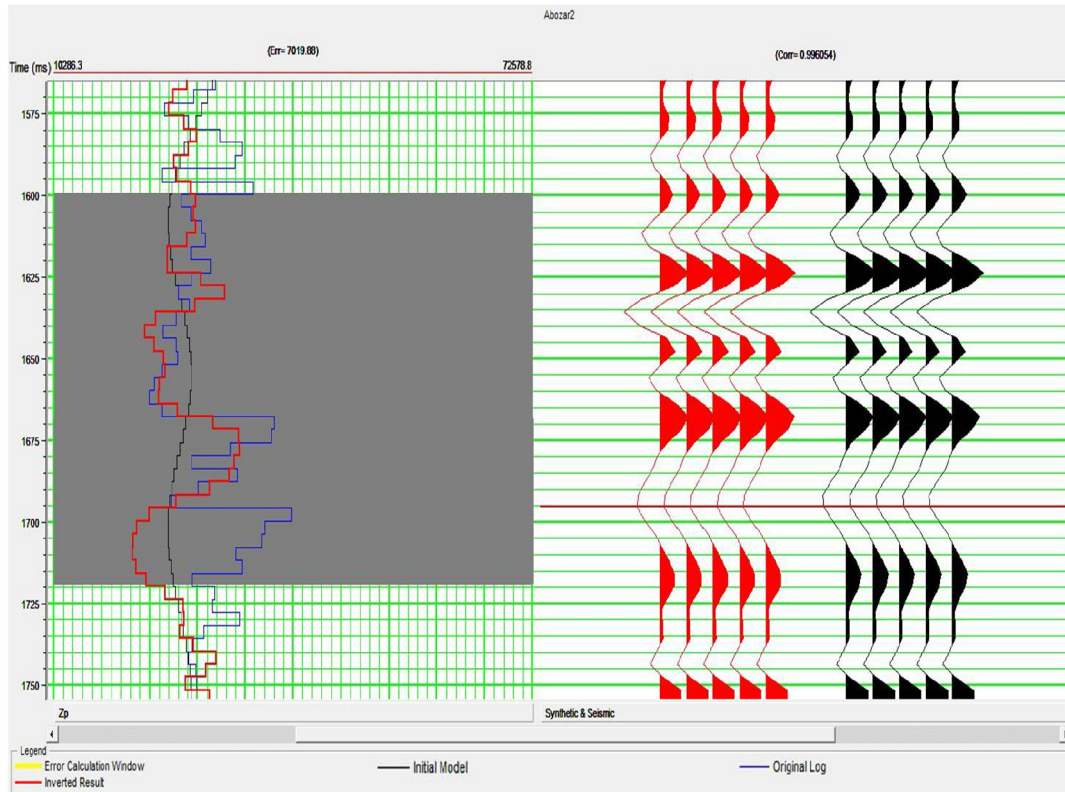
۴-۸. ایجاد مدل امپدانس صوتی پهن‌بند

در این قسمت به تلفیق مدل امپدانس صوتی با فرکانس پایین و مدل محدودبند امپدانس صوتی حاصل از لرزه‌نگاشت می‌پردازیم.

با فرض اینکه موجک مشخص است، یک ردلرزه مصنوعی با استفاده از این موجک و مدل اولیه ساخته می‌شود. سپس این مدل به تدریج تغییر داده می‌شود تا ردلرزه مصنوعی به دست آمده از این مدل به همخوانی مناسبی با ردلرزه‌های اصلی برسند. از آنجا که وارون‌سازی همه مقاطع لرزه‌ای فرآیندی است که نیاز به زمان نسبتاً زیاد و عملیات فراوان دارد، در ابتدا توسط بررسی‌های حجم کمی از داده‌های لرزه‌ای بهترین پارامترها برای وارون‌سازی انتخاب می‌شوند و سپس با پارامترهای بهینه بدست آمده وارون‌سازی نهایی انجام می‌شود.

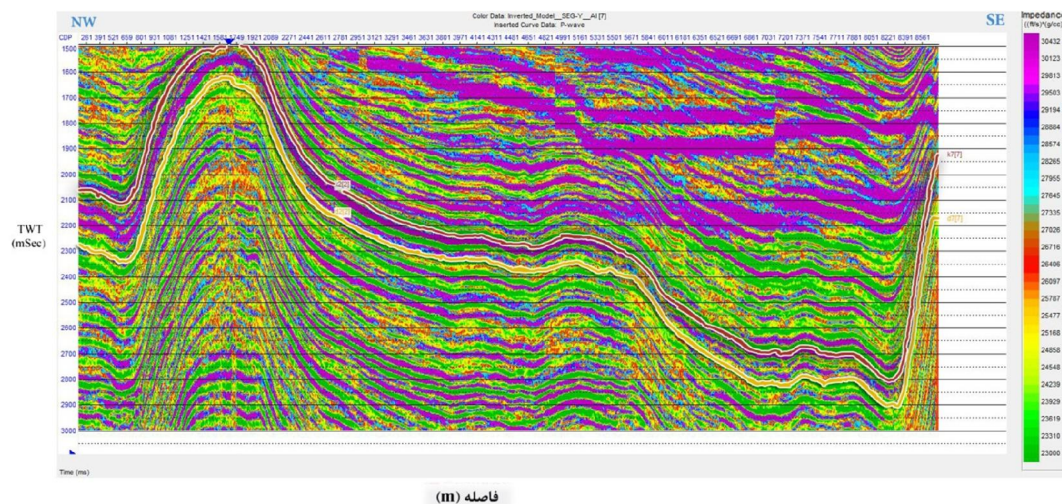
شکل ۴-۱۲ نتایج بررسی‌ها با پارامترهای ذکر شده و ارزیابی همبستگی بین مدل مقاومت صوتی اولیه و مقاومت صوتی بدست آمده از وارون‌سازی در مکان چاه‌ها را نشان می‌دهند. نتیجه بررسی‌ها،

همبستگی کلی ۹۸ درصدی را بین نتیجه وارون سازی و نگارهای مقاومت صوتی واقعی در محل چاه ها را نشان می دهد.

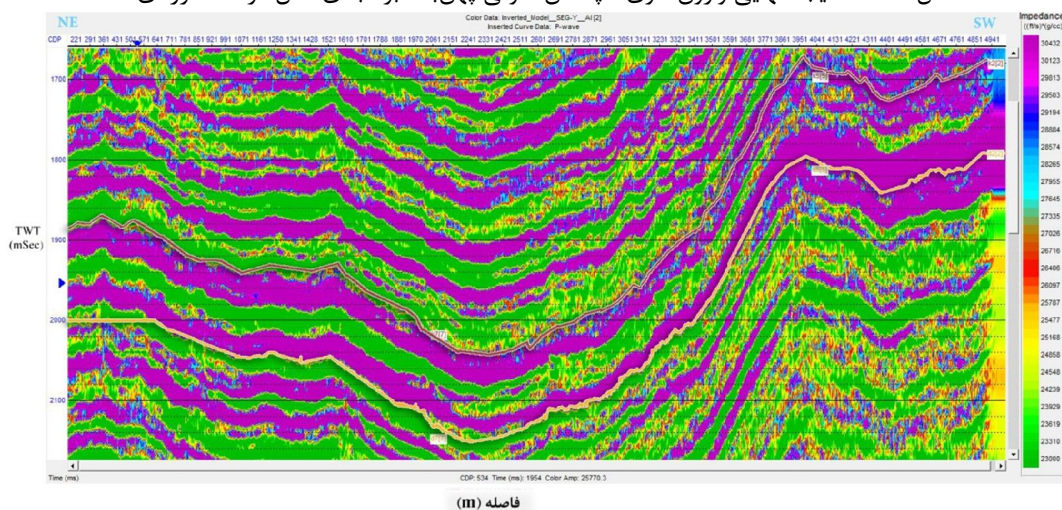


شکل ۴-۱۲. نمایش تطابق امپدانس صوتی به دست آمده از نتیجه وارون سازی و مقطع لرزه ای واقعی در محل چاه A-2.

الگوریتم های مختلفی برای تلفیق این داده ها وجود دارند. با توجه به کارایی الگوریتم Model Base در نرم افزار HRS نسبت به دیگر روش ها، این الگوریتم را که خروجی آن به صورت پهن باند است انتخاب می کنیم. به این ترتیب، امپدانس صوتی پهن باند برای تمام مقاطع لرزه ای تهیه شد. شکل های ۴-۱۳ و ۴-۱۴ مدل امپدانس صوتی نهایی را برای مقاطع ۲ و ۷ نشان می دهد. همان طور که مشاهده می کنید تفسیر مخزن در این شرایط بسیار راحت تر از تفسیر از روی مقطع لرزه ای اولیه شکل ۴-۷ می باشد و تغییرات سنگ شناسی لایه ها به صورت افقی و عمودی به راحتی قابل تشخیص است.



شکل ۴-۱۳. نتیجه نهایی وارون سازی امپدانس صوتی پهن باند بر مبنای مدل در خط لرزه‌ای ۷.



شکل ۴-۱۴. نتیجه نهایی وارون سازی امپدانس صوتی پهن باند بر مبنای مدل در خط لرزه‌ای ۲.

۴-۹. تخمین تخلخل به کمک نشانگرهای لرزه‌ای

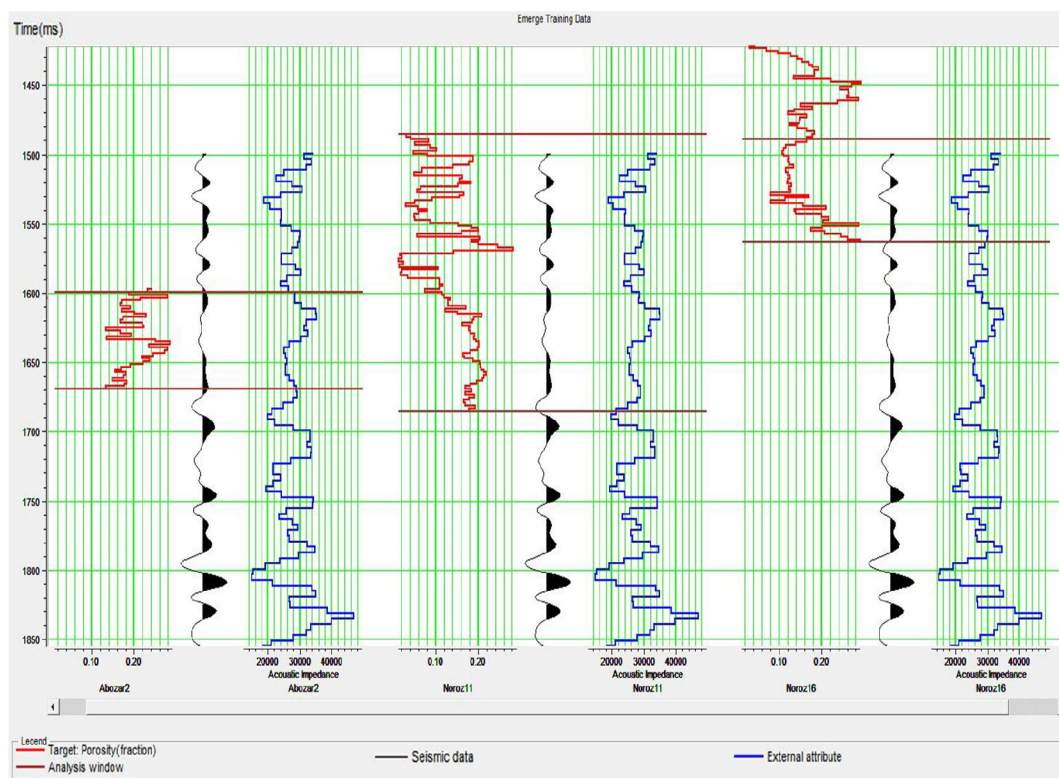
در این قسمت با تلفیق داده‌های چاه‌نگاری و نشانگرهای لرزه‌ای مدل تخلخل را برای میادین نوروز و ابودر تهیه می‌کنیم. سپس با استفاده از برنامه EMERGE نرم‌افزار HRS مدل تخلخل را تهیه می‌کنیم. در آغاز باید بهترین نشانگرهای لرزه‌ای را برای تخمین تخلخل مشخص کرد. با استفاده از اعتبارسنجی متقابل، تعداد بهینه این نشانگرها برای تخمین تخلخل مشخص می‌شوند. نشانگرهای

استخراج شده در اطراف چاه‌ها به عنوان ورودی و نگارهای تخلخل به عنوان خروجی برای آموزش سه شبکه عصبی استفاده شدند.

در اولین اقدام، میانگین نزدیک‌ترین ردلرزه‌های نشانگرها و مدل شبه امیدانس صوتی به چاه‌ها و نگارهای تخلخل را برای آموزش شبکه جدا می‌کنیم. به این ترتیب میانگین نزدیک‌ترین ردلرزه‌های نشانگرهای مقطع لرزه‌ای ۵ برای چاه ابودر A-2 و مقطع لرزه‌ای ۷ برای چاه نوروز N-11 و مقطع لرزه‌ای ۷ برای چاه نوروز N-16 استخراج شدند (شکل ۲-۲). سپس، تعداد بهینه از بهترین نشانگرها را برای تخمین تخلخل مشخص می‌کنیم. با استفاده از این داده‌ها، شبکه را آموزش می‌دهیم و در نهایت با استفاده از شبکه‌های آموزش داده شده، با تلفیق نشانگرهای منتخب، مدل شبه تخلخل را در کل میدان تهیه می‌کنیم.

برای بررسی وضعیت مخزن از دید نشانگرهای لرزه‌ای می‌بایست نتیجه وارون‌سازی به عنوان یک نشانگر منفرد در برنامه EMERGE نرم‌افزار HRS مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور نتیجه وارون‌سازی به عنوان یک نشانگر خارجی به همراه داده‌های دو بعدی لرزه‌ای منطقه مورد مطالعه به طور جداگانه در نرم‌افزار فراخوانی می‌شوند (شکل ۴-۱۵).

برای انجام تخمین با بررسی یک یا چند نشانگر لرزه‌ای استخراج شده از داده‌ها، نشانگرهایی که با استفاده از آن‌ها تطابق بهتری در محل چاه‌ها با پارامتر مورد ارزیابی حاصل می‌شود را مشخص می‌کنیم.



شکل ۴-۱۵. نمایش داده‌های وارون‌سازی و ردلرزه‌ای و تخلخل در محل چاه‌ها.

۴-۹-۱. تخمین تخلخل با روش رگرسیون معمولی و چند متغیره

۴-۹-۱-۱. تحلیل به کمک یک نشانگر (رگرسیون معمولی)

در این روش تمامی نشانگرهای داخلی و نشانگر خارجی مقاومت صوتی، مورد ارزیابی قرار گرفته و نشانگری که بیشترین همبستگی را در مکان چاه‌ها با تخلخل داشته باشد، انتخاب می‌گردد.

نتایج تحلیل و داده‌های تخلخل به دست آمده به کمک یک نشانگر در جدول ۴-۱ نشان داده شده است. همچنان که از جدول ۴-۱ دیده می‌شود، بیشترین همبستگی بین نگار تخلخل و نشانگر خارجی مقاومت صوتی بوده است و مقدار این همبستگی 0.45 - می‌باشد. خطای تخمین تخلخل به کمک این نشانگر حدود 5% بوده است.

جدول ۴-۱. نتایج تحلیل و مقایسه داده‌های تخلخل واقعی و داده‌های تخلخل بدست آمده به کمک یک نشانگر

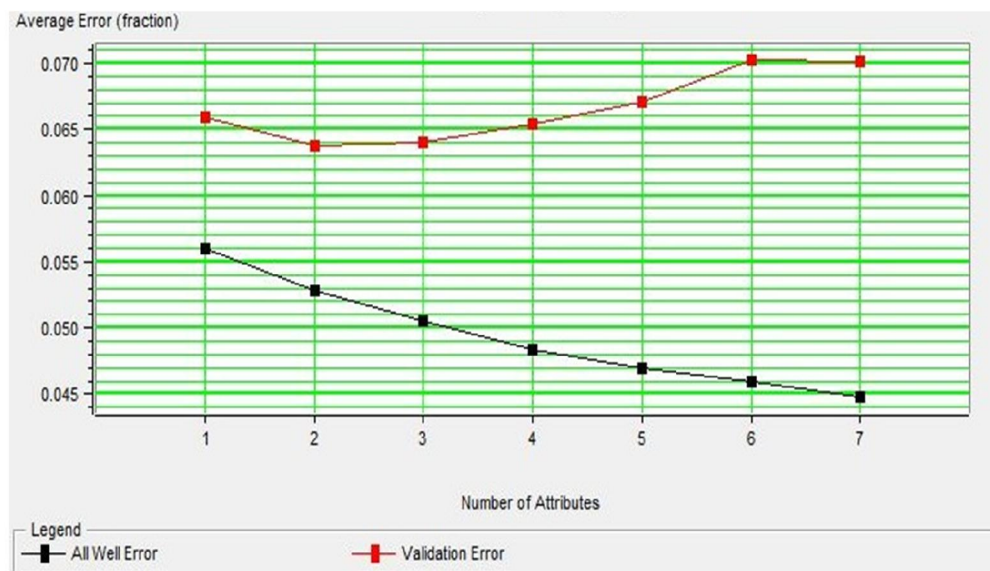
Target	Attribute	Error	Correlation
Porosity	Acoustic Impedance	0.055256	-0.45012
Porosity	Average Frequency	0.056696	-0.431481
Porosity	Time	0.056716	0.430823
Porosity	Dominant Frequency	0.058270	0.374652
Porosity	Amplitude Weighted Frequency	0.058320	-0.372685

۴-۹-۱-۲. تحلیل به کمک چند نشانگر (رگرسیون چند متغیره)

در تحلیل به کمک چند نشانگر باید تعداد نشانگرهایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، توجه داشت. برای مشخص کردن تعداد مناسب، نرم افزار از روش اعتبارسنجی متقاطع که در بخش تئوری درباره این روش توضیح داده شده استفاده می‌کند. برای بدست آوردن تعداد مناسبی از نشانگرها، تعداد دلخواهی از نشانگرها به نرم افزار داده می‌شود و برای بهینه‌کردن زمان محاسبات به نرم افزار اجازه داده می‌شود، روش اعتبارسنجی متقاطع را برای حداکثر هفت نشانگر انجام دهد.

نتایج اعتبارسنجی متقاطع در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده است. همچنان که از شکل پیداست ترکیب سه نشانگر بهترین تعداد نشانگرها برای ارزیابی تخلخل خواهد بود. لیست نشانگرهای مورد استفاده در جدول ۴-۲ آورده شده است.

باید توجه داشت که استفاده از داده‌های لرزه‌ای دو بُعدی در این فرآیندها بسیار پیچیده‌تر و دارای حساسیت‌های بیشتری نسبت به داده‌های لرزه‌ای سه بُعدی هستند، مخصوصاً زمانی که داده‌های لرزه‌ای در فاصله دورتری از چاه قرار دارند، استخراج نشانگرها در اطراف چاه‌ها را سخت‌تر می‌کنند. در صورتی که برای داده‌های لرزه‌ای سه بُعدی، جدا از فراوانی ردلرزه‌ها در اطراف چاه‌ها، این ردلرزه‌ها دارای کیفیت و همخوانی بیشتری نسبت به داده‌های دو بُعدی هستند.



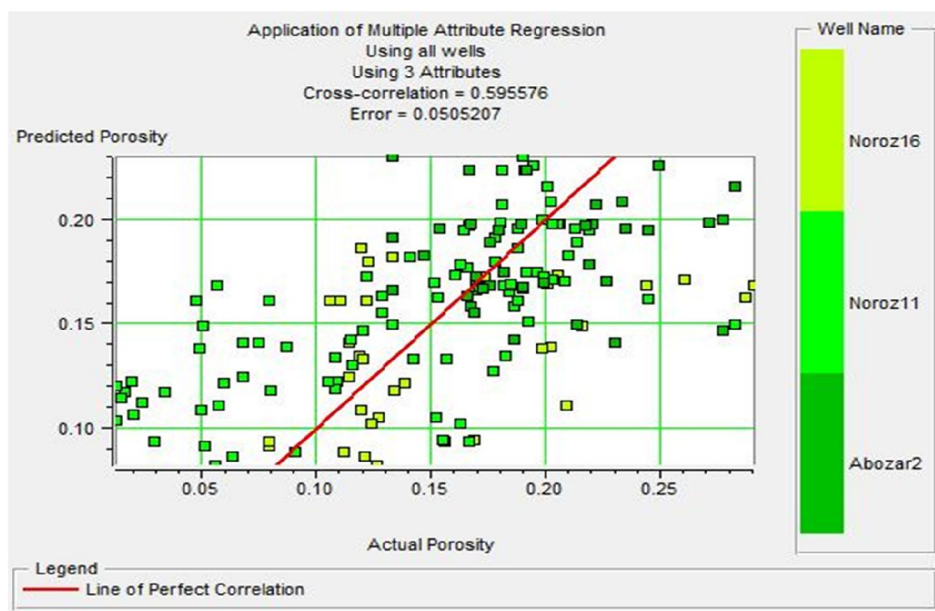
شکل ۴-۱۶. بررسی و مقایسه اثر طول عملگر در مقدار خطای تخمین به کمک چند نشانگر.

جدول ۴-۲. نتایج تحلیل به کمک چند نشانگر

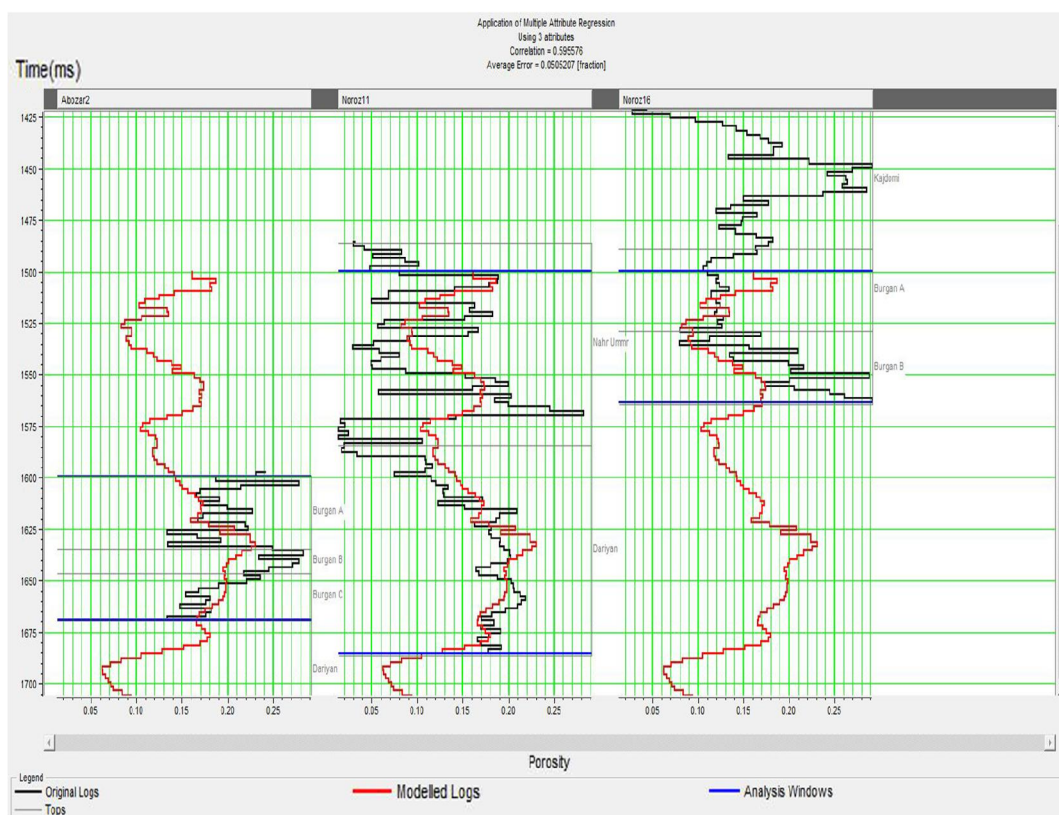
	Target	Final Attribute	Training Error	Validation Error
1	Porosity	Acoustic Impedance	0.056038	0.065922
2	Porosity	Average Frequency	0.052839	0.063778
3	Porosity	Time	0.050521	0.064078
4	Porosity	Dominant Frequency	0.048327	0.065379
5	Porosity	Amplitude Weighted Frequency	0.046944	0.067037
6	Porosity	Amplitude Weighted Cosine Phase	0.045949	0.070257
7	Porosity	Filter 45/50-55/60	0.044806	0.070190

شکل‌های ۴-۱۷ و ۴-۱۸ نشان می‌دهند که مقدار تطابق به دست آمده به کمک این روش ۶۰٪ و

خطایی معادل ۵٪ دارد.



شکل ۴-۱۷. نمودار مقایسه داده‌های تخلخل واقعی و تخلخل بدست آمده از روش تحلیل چند نشانگری در محل چاه‌ها.



شکل ۴-۱۸. مقایسه نگارهای تخلخل واقعی و تخمین زده شده توسط روش رگرسیون چند متغیره در چاه‌ها.

۴-۹-۲. تحلیل به کمک شبکه‌های عصبی

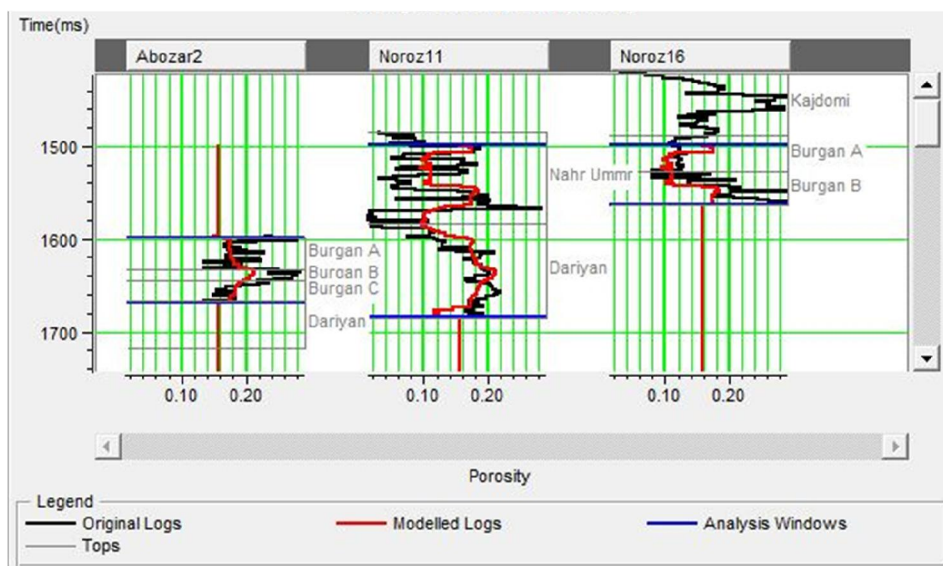
شبکه عصبی یک الگوریتم ریاضی است که با وزندهی به داده‌های ورودی، رابطه آن‌ها را با خروجی مشخص می‌کند. این رابطه می‌تواند غیرخطی بوده و وزن‌های اختصاص یافته به ورودی‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. پرداختن به بحث ریاضی استفاده از شبکه عصبی و اثبات روابط ریاضی موجود در این روش، موضوع این مطالعه نیست.

استفاده از شبکه عصبی طی دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول تعداد کمی از داده‌های ورودی و خروجی جهت یافتن و تشخیص رابطه بین این دو دسته داده، به عنوان نمونه‌های آموزشی به شبکه عصبی، معرفی می‌شود. پس از آموزش (تشخیص) رابطه فوق از سوی شبکه عصبی، این رابطه به تمام ورودی‌ها اعمال شده و از شبکه عصبی، خروجی گرفته می‌شود. بدیهی است که برای اینکار، دست‌کم داشتن نمونه‌هایی از خروجی برای آموزش شبکه عصبی ضروری است. این نمونه‌ها، در محل چاه‌ها، موجود هستند. بنابراین برای انجام تبدیل در این مطالعه، ابتدا، مقادیر امپدانس و تخلخل در محل چاه‌ها، به عنوان نمونه‌های آموزشی به شبکه معرفی و پس از آموزش شبکه، رابطه استخراج شده به تمام خطوط لرزه‌ای اعمال می‌گردد.

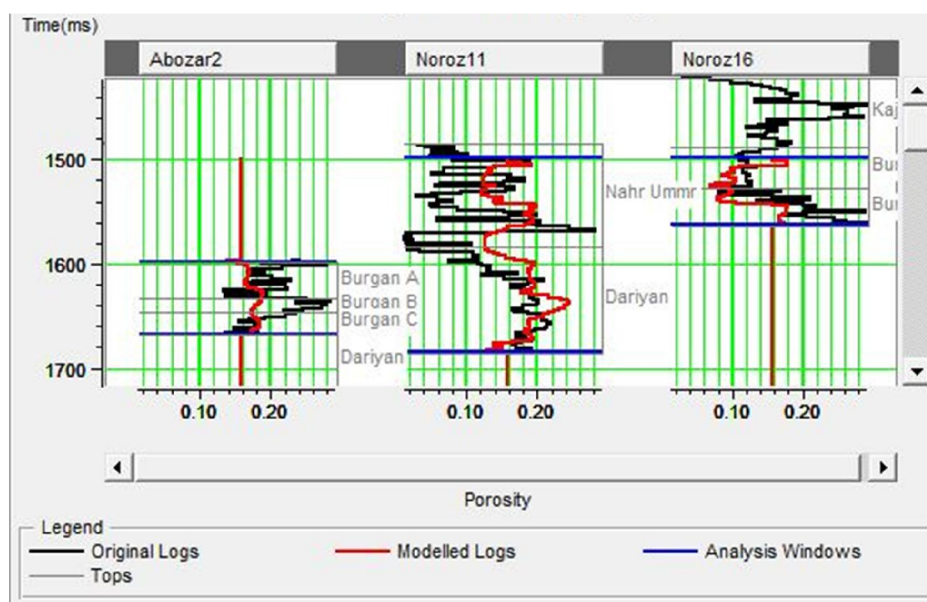
همان‌طور که قبلاً در بخش تئوری توضیح داده شد، رگرسیون چند متغیره را به دو روش می‌توان مورد استفاده قرار داد. اول اینکه از این روش می‌توان مستقیماً برای پیش‌بینی پارامترهای مخزنی استفاده کرد یا اینکه می‌توان از این روش برای به دست آوردن بهترین نشانگرها که در روش شبکه عصبی مورد استفاده قرار می‌گیرند، استفاده کرد. بنابراین در تحلیل به کمک شبکه‌های عصبی از نشانگرهای مشخص شده توسط رگرسیون چند متغیره بخش قبلی استفاده خواهیم نمود.

۴-۹-۲-۱. تخمین تخلخل با شبکه PNN

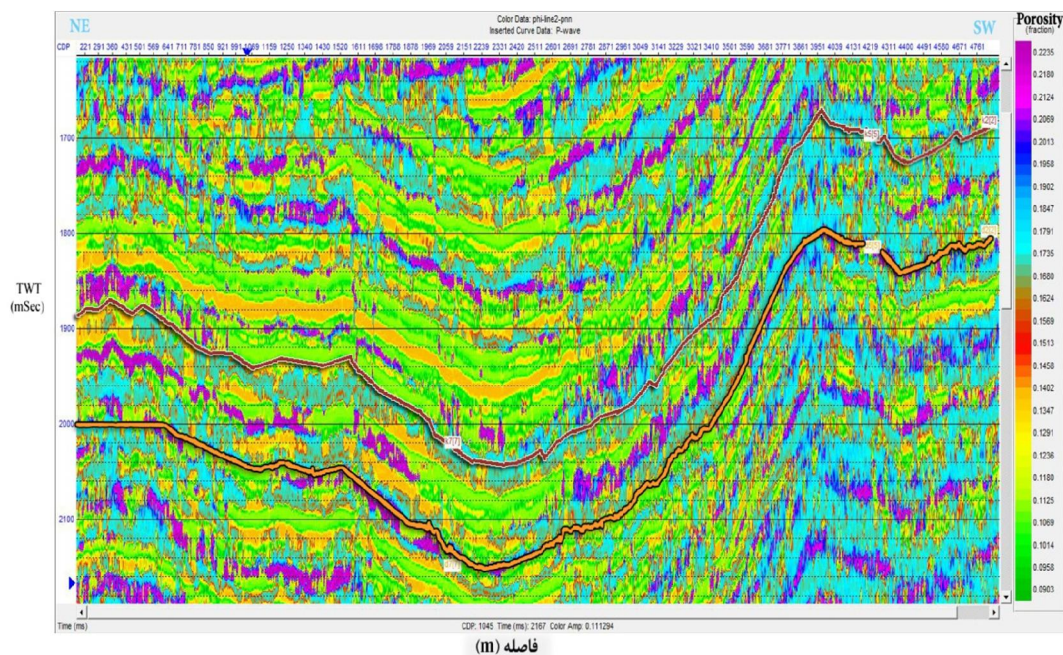
نتایج تحلیل و تخمین تخلخل با روش شبکه عصبی احتمال پذیر در شکل های ۴-۱۹، ۴-۲۰، ۴-۲۱ و ۴-۲۳ نشان داده شده است. مقدار تطابق بدست آمده توسط این روش ۸۲٪ بوده و خطای معادل ۴٪ را نشان می دهد.



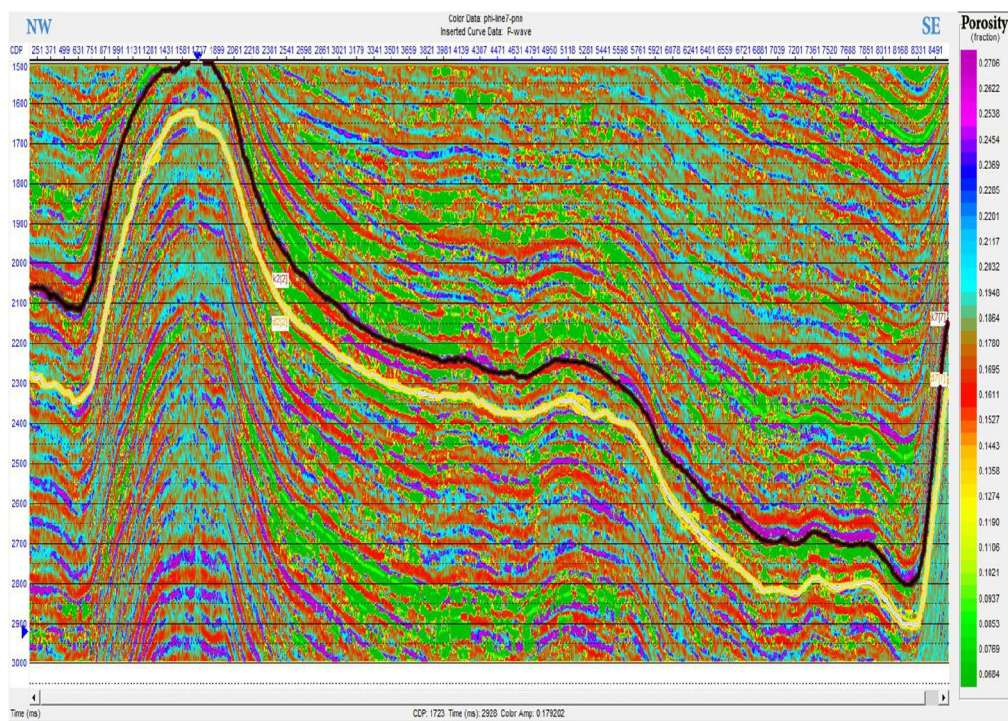
شکل ۴-۱۹. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش PNN در محل چاهها (Train).



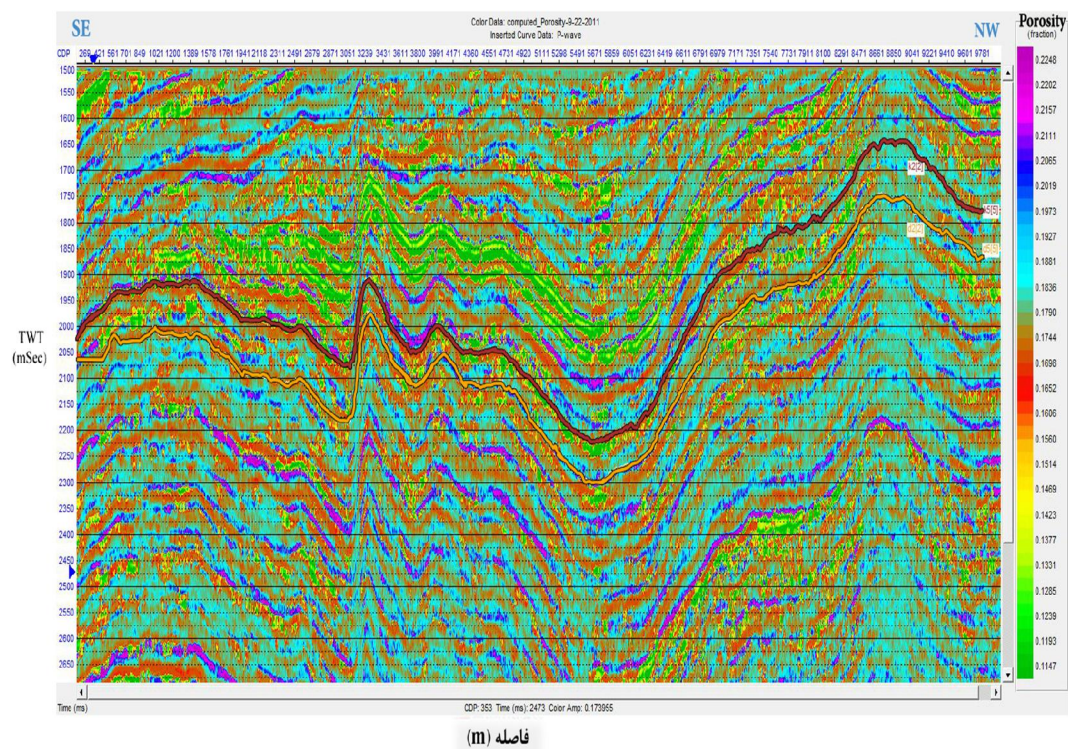
شکل ۴-۲۰. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش PNN در محل چاهها (validation).



شکل ۴-۲۱. نتایج تخمین تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه با اعمال روش PNN بر مقطع لرزه‌ای ۲.



شکل ۴-۲۲. نتایج تخمین تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه با اعمال روش PNN بر مقطع لرزه‌ای ۷.



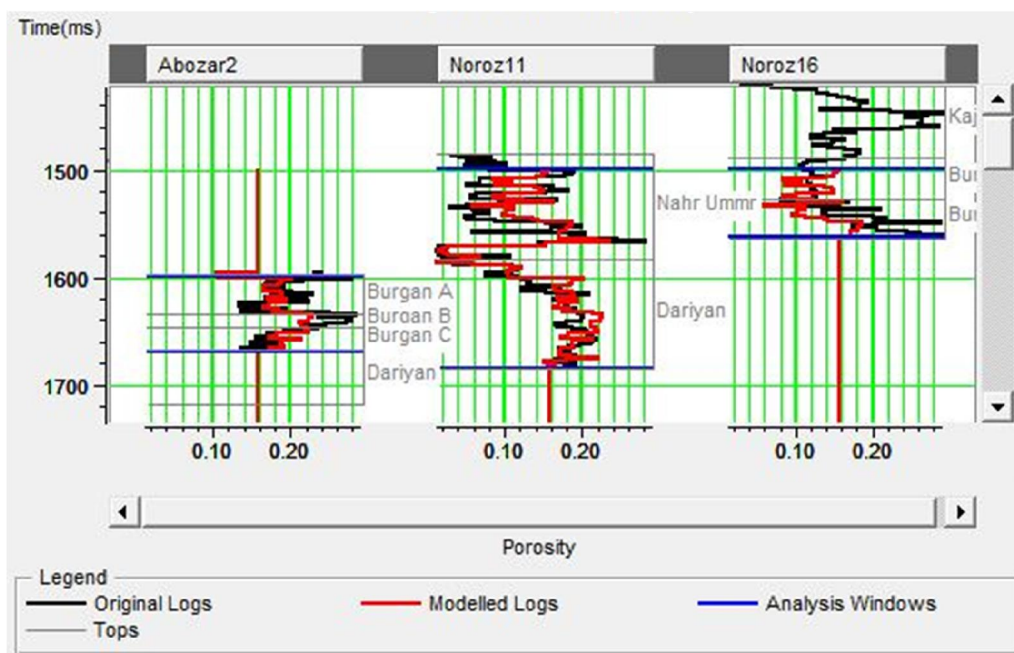
شکل ۴-۲۳. نتایج تخمین تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه با اعمال روش PNN بر مقطع لرزه‌ای ۵.

۴-۹-۲-۲. تخمین تخلخل با شبکه MLFN

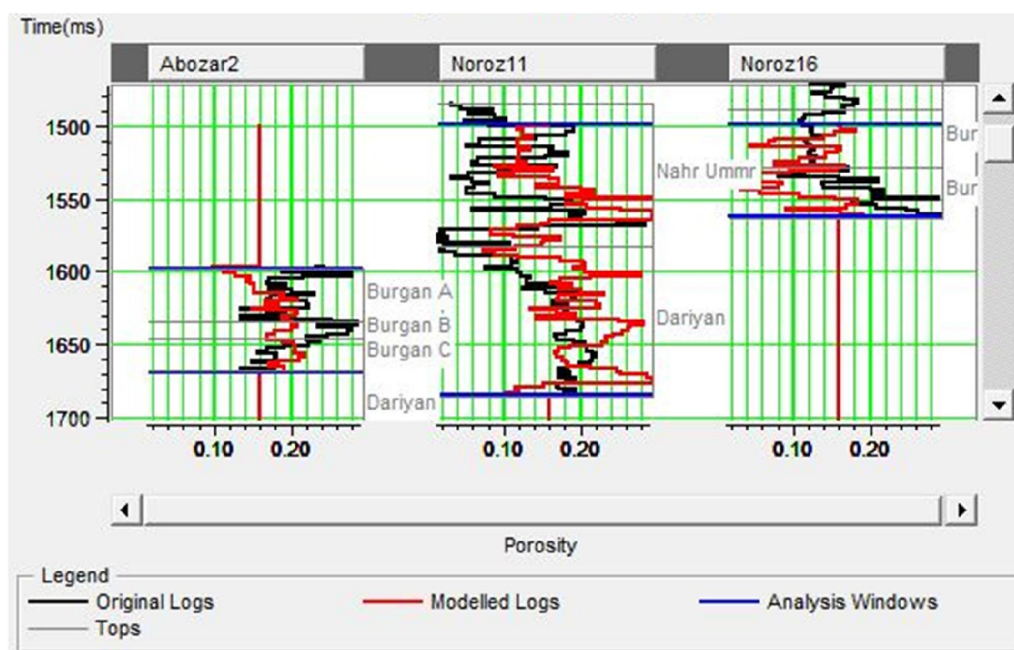
نتایج تحلیل و تخمین تخلخل با روش شبکه عصبی MLFN در شکل‌های ۴-۲۴، ۴-۲۵ و ۴-۲۶

نشان داده شده است. مقدار تطابق به دست آمده توسط این روش ۸۷٪ بوده و خطای معادل ۳٪ را

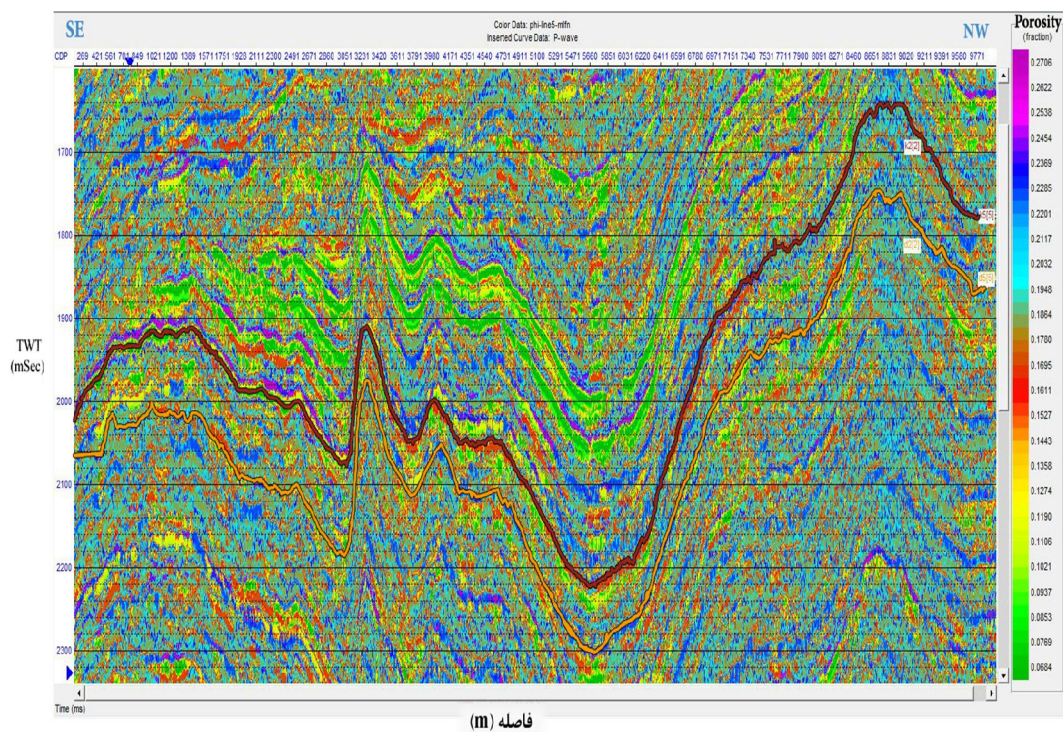
نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۴. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش MLFN در محل چاهها (Train).



شکل ۴-۲۵. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش MLFN در محل چاهها (validation).



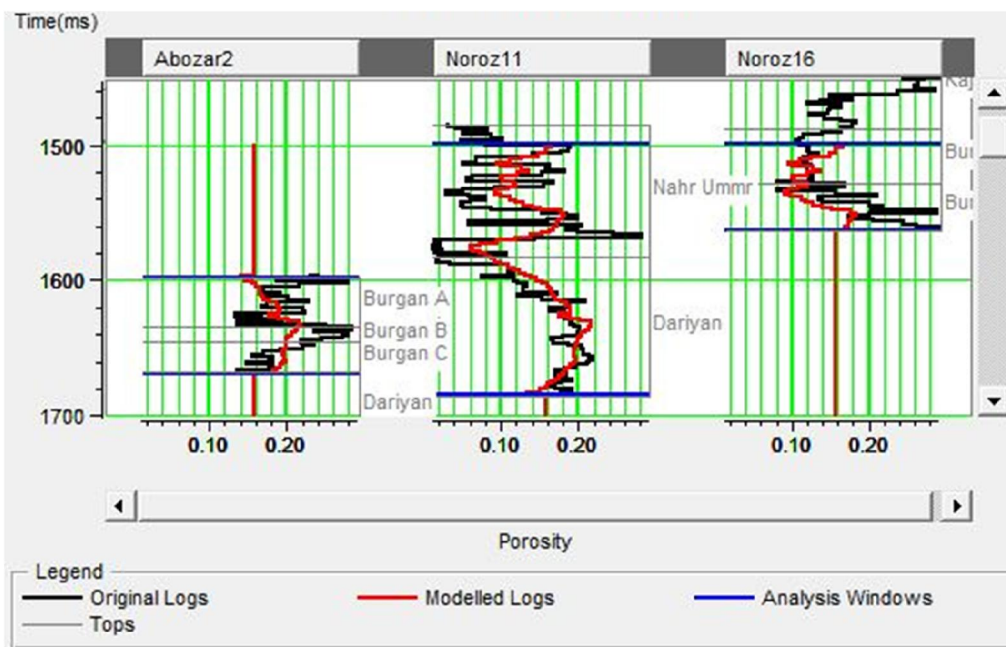
شکل ۴-۲۶. نتایج تخمین تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه با اعمال روش MLFN بر مقطع لرزه‌ای ۵.

۴-۹-۲-۳. تخمین تخلخل با شبکه RBFN

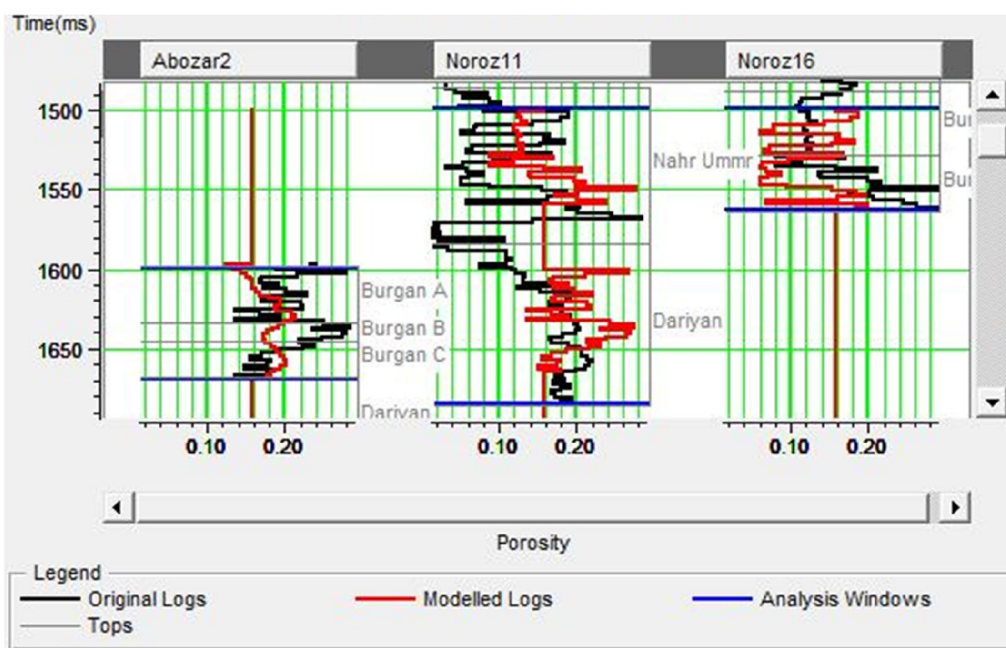
نتایج تحلیل و تخمین تخلخل با روش شبکه عصبی RBFN در شکل‌های ۴-۲۷، ۴-۲۸ و ۴-۲۹

نشان داده شده است. مقدار تطابق بدست آمده توسط این روش ۸۵٪ بوده و خطای معادل ۴٪ را

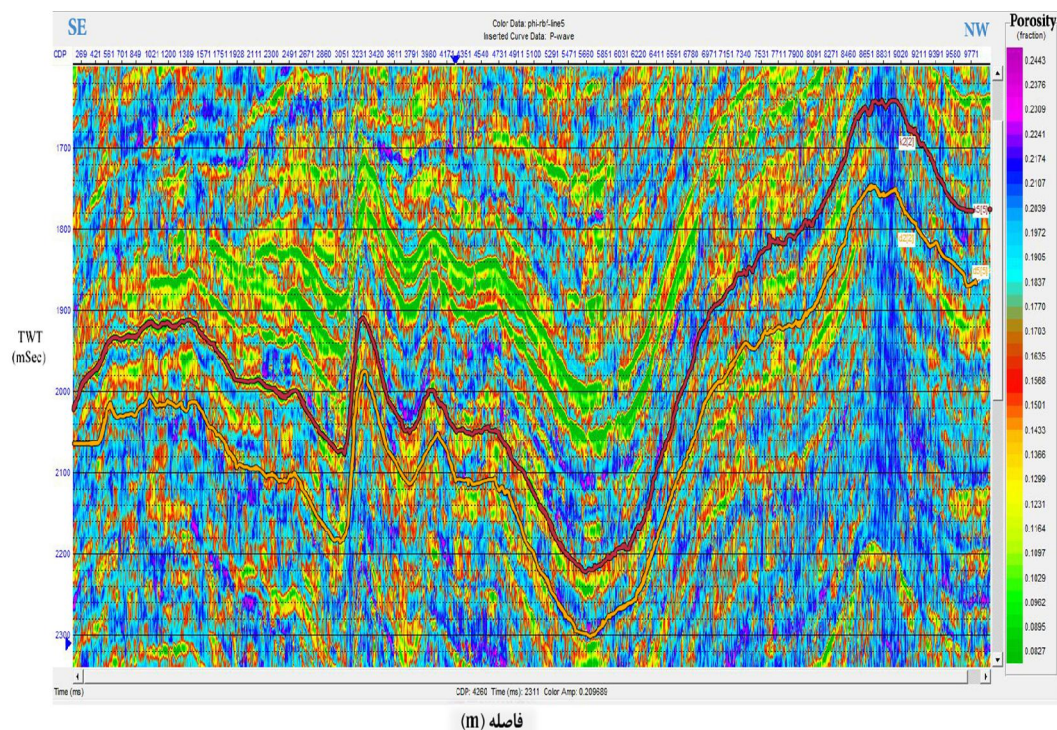
نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۷. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش RBFN در محل چاه‌ها (Train).



شکل ۴-۲۸. نمایش تطابق نگار تخلخل واقعی و محاسبه شده توسط روش RBFN در محل چاه‌ها (validation).



شکل ۴-۲۹. نتایج تخمین تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه با اعمال روش RBFN بر مقطع لرزه‌ای ۵.

نتایج تحلیل و تخمین تخلخل با روش‌های رگرسیون چند متغیره و شبکه‌های عصبی در جدول ۴-۳ آورده شده است. همچنان که از جدول پیداست شبکه عصبی PNN در رابطه با تخمین تخلخل بهتر از روش‌های دیگر عمل نموده است. باید توجه داشت که کمی چاه‌ها در این میدان و دوبریدی بودن داده‌ها و فاصله چاه‌ها از مقاطع لرزه‌ای و کوتاه بودن بازه نگاربرداری از جمله دلایل اصلی این تخمین با کیفیت نسبتاً پایین شده است.

جدول ۴-۳. نتایج تحلیل و تخمین تخلخل به روش‌های مختلف

روش	ضریب همبستگی، داده‌های آموزش	خطای آموزش	ضریب همبستگی، داده‌های اعتبارسنجی	خطای اعتبارسنجی
PNN	۰/۸۱۶	۰/۰۴۹	۰/۶۰۹	۰/۰۵۸
RBFN	۰/۸۵۶	۰/۰۴۵	۰/۴۴۴	۰/۰۷۱
MLFN	۰/۸۷۱	۰/۰۳۹	۰/۵۵۴	۰/۰۶۳

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، شبکه عصبی PNN بهترین تخمین تخلخل را از روی نشانگرها زده است و این در حالی است که راسل (۲۰۰۴)، شبکه RBFN و کدخدایی ایلخچی و همکاران (۲۰۰۹)، شبکه PNN را بهترین شبکه عصبی برای تخمین تخلخل از روی نشانگرهای لرزه‌ای معرفی می‌کنند. استفاده مقاطع تخلخل می‌تواند در تفسیر هر چه بهتر مخازن و ساختارهای زیرزمینی و برای ساخت یک مدل سه‌بعدی شبه تخلخل باشد. البته بررسی و آنالیز و مدل‌سازی داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی نسبت به داده‌های دوبعدی راحت‌تر و از کیفیت بهتری برخوردار است. لذا توصیه می‌شود که برای اینگونه آنالیزها مخصوصاً برای مدل‌سازی در صورت امکان از داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی استفاده شود.

۴-۱۰. تخمین محاسبات عمق و ضخامت ها

خلیج فارس در حاشیه شمال شرقی صفحه عربی، بین عرض‌های جغرافیایی ۲۴ تا ۳۰ درجه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۸ تا ۵۷ درجه شرقی واقع شده است.

خلیج فارس با ۱۰۰۰ کیلومتر طول و ۳۰۰-۲۰۰ کیلومتر عرض، حدود ۲۲۶۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. عمق متوسط آن ۳۵ متر و حداکثر عمق در نزدیکی تنگه هرمز حدود ۱۰۰ متر است. کف خلیج فارس به شکل U پهن مقارنی است که شیب آن به سمت دریای عمان است. مقدار شیب در سواحل ایران ۱۷۵ سانتیمتر در هر کیلومتر و در سواحل عربی ۳۵ سانتیمتر در هر کیلومتر است (Purser, 1973).

مرز بالایی سازند کژدمی، شروع اولین لایه‌های تخریبی شیل و پایان آهک‌های سازند سروک است. اولین لایه تخریبی در نمودارهای چاه‌پیمایی اشعه گاما بصورت یک پیک مشخص می‌شود که نمودار به سمت راست منحرف شده و مقدار GR بالا را نشان می‌دهد. مرز بالایی ساند کژدمی در نمودارهای صوتی نیز بصورت یک قله می‌باشد که به سمت چپ منحرف شده، مقدار Δt زیاد را نشان می‌دهد. شروع اولین لایه آهکی ضخیم و پایان تخریبی‌ها و شیل‌های ماسه‌ای بخش C مرز پائین سازند کژدمی است. این مرز در نمودارهای چاه‌پیمایی اشعه گاما و صوتی کاهش مشخص GR و Δt را نشان می‌دهد.

بدلیل اینکه مبدأ و نقطه شروع تهیه نمودارهای چاه‌پیمایی از صفحه دوار حفاری^۱ است، عمق‌های بدست آمده برای مرزهای بالا و پائین سازند کژدمی و بخش‌های مختلف آن با توجه به معادل سازندهای کشورهای عربی که در شکل ۲-۵ ذکر گردید، در میادین ابوذر چاه A-2 و نوروز N-11 و N-16، از این سطح می‌باشد (جدول ۴-۴، ۴-۵ و ۴-۶). با کم کردن ارتفاع صفحه دوار حفاری (K.B) مربوط به هر چاه از عمق‌های حفاری بدست آمده، عمق هر بخش از سطح آب دریا که بعنوان سطح مبنا است، تعیین گردیده است (Subsea Depth). سطح آب دریا، سطح صفر در نظر گرفته می‌شود و کلیه عمق‌های بدست آمده، اعداد منفی می‌باشند.

$$\text{Measured Depth} - \text{K.B.} = - \text{Subsea Depth}$$

با محاسبه تفاضل عمق مرز بالایی و پایینی هر یک از بخش‌های سازند کژدمی، ضخامت کل سازند کژدمی تعیین شده است (جدول ۴-۷).

^۱ . Kelly Boushing

جدول ۴-۴. ستون چینه‌شناسی میدان ابودر در چاه A-2.

چینه شناسی چاه A-2	
ارتفاع صفحه حفاری (K.B) (متر) ۲۱	
عمق (متر)	سازند
۸۲۰/۷۹	آسماری
۸۴۴/۲۵	غار
۹۴۷/۵۸	دامم
۱۶۸۳/۹۴	تیرات
۱۹۷۵/۰۱	گودیر
۲۰۲۶/۸	میشریف
۲۱۳۹/۵۹	ماگوا
۲۱۵۴/۸۳	احمدی
۲۲۷۱/۲۶	مادود
۲۳۹۸/۶۶	نهر عمر
۲۵۴۱/۹۱	A بورگان
۲۵۹۳/۱۱	B بورگان
۲۶۲۱/۱۵	C بورگان
۲۶۶۰/۷۷	شعیبا

جدول ۴-۵. ستون چین‌شناسی میدان نوروز در چاه N-11.

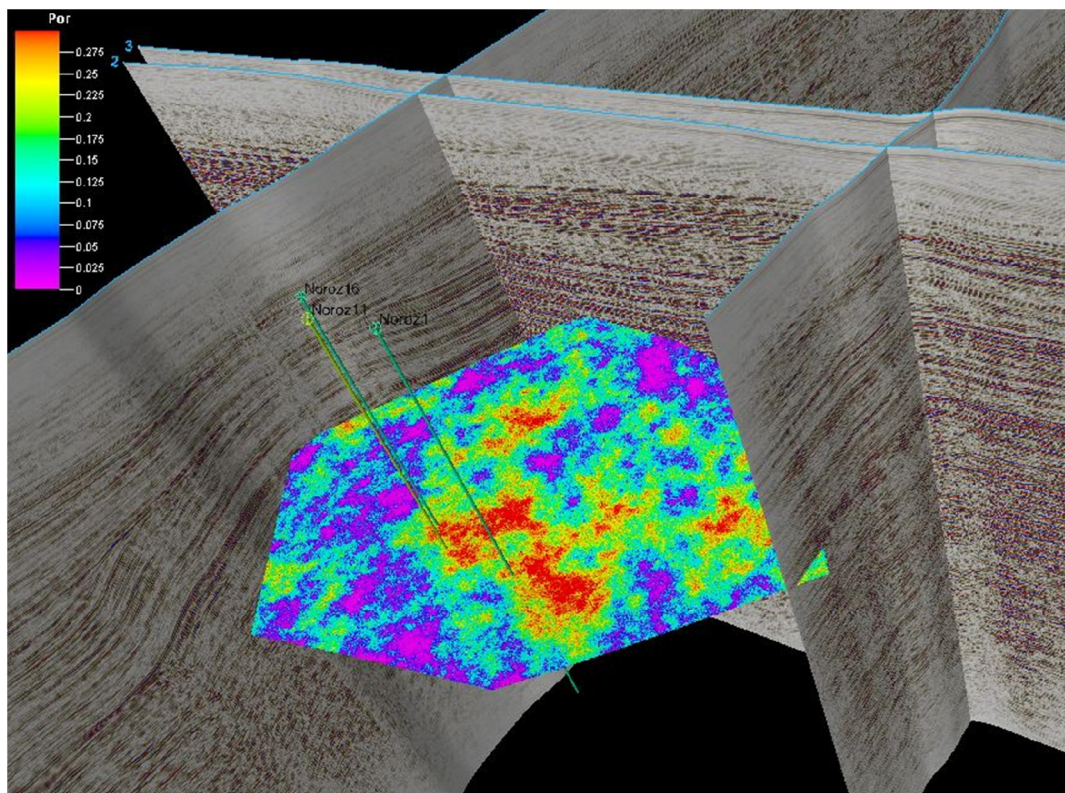
چینه شناسی چاه N-11	
ارتفاع صفحه حفاری (K.B) (متر) ۲۰	
عمق (متر)	سازند
۱۰۰	آغاجاری
۸۱۸	گچساران
۱۰۶۷	غار
۱۱۴۷	آسماری
۱۲۲۹	دامم
۱۴۲۳	راس
۱۴۹۷	ردهما
۱۷۸۵	تیرات
۱۸۸۵	بهره
۱۹۵۴	گورنه
۲۰۰۵	مادود
۲۱۱۷	نهر عمر
۲۳۰۳	شعبیا
۲۴۷۲	بالای زوبیر
۲۵۷۴	پایین زوبیر

جدول ۴-۶. ستون چین‌شناسی میدان نوروز در چاه N-16.

چینه شناسی چاه N-16	
ارتفاع صفحه حفاری (K.B) (متر) ۲۸.۷۰	
عمق (متر)	سازند
۱۰۷۲/۱	بالای آسماری
۱۱۲۸/۸	غار
۱۲۰۷/۲	پایین آسماری
۱۲۶۶/۸	دامم
۱۳۴۷/۹	راس
۱۴۱۷	ردهما
۱۸۲۸/۴	تیرات
۱۹۳۰/۵	بهره
۱۹۶۱/۶	گورنه
۲۰۱۰/۴	گودیر
۲۰۴۴	مادود
۲۱۲۶/۱	نهر عمر
۲۲۵۱/۲	A بورگان
۲۳۰۵/۹	B بورگان
۲۳۵۹/۶	بالای شعیبا

جدول ۴-۷. نام میدان، نام اختصاری و مختصات UTM چاههای مورد مطالعه.

نام میدان	نام اختصاری چاه	ضخامت مخزن بورگان (متر)
ابوذر	A-1	۲۰۴
ابوذر	A-2	۲۶۳
نوروز	N-1	۲۷۸
نوروز	N-11	۱۸۶
نوروز	N-16	۲۳۳
هندیجان	H-1	۲۰۵
هندیجان	H-2	۲۱۰
هندیجان	H-3	۱۹۵
هندیجان	H-4	۲۱۰
دورود	D-001	۱۶۹
دورود	D-005	۱۸۵
دورود	D-008	۱۸۲
دورود	D-009	۱۷۶
اسفندیار	E-02	۱۲۵
اسفندیار	E-03	۱۲۸
اسفندیار	E-04	۱۳۵



شکل ۴-۳. مدل تخلخل در محدوده مخزنی مورد مطالعه.

جدول ۴-۸. نام میدان و میانگین مدل سازی تخلخل چاه های مورد مطالعه.

نام میدان	میانگین مدل سازی تخلخل (%)
هندیجان	۲۰
ابوذر و نوروز	۱۴

مدل ها، نقشه ها و گزارش ها نشان می دهد که ضخامت بخش های ماسه ای بورگان در سازند کژدمی از شرق به غرب افزایش یافته و تقریباً به امتداد حوضه عمود است. این موضوع بیانگر آن است که منشأ رسوبات تخریبی از سپر عربستان بوده و به سمت ایران از ضخامت آن ها کاسته می شود. فاصله کم بین متحنی ها در سمت غرب نقشه هم ضخامت بخش های ماسه ای، سرعت زیاد رسوب گذاری و فرونشینی رسوبات را مشخص می کند. این نقشه ها عمق کنونی بخش های مختلف سازند کژدمی را نشان می دهند که از نظر عمق حفاری چاه نفت حائز اهمیت است. وجود توپوگرافی های قدیمی، گسل های

پی‌سنگی در ارتباط با کوهزایی و حرکت گنبد‌های نمکی بر روی شکل منحنی‌های کنتوری تأثیر گذاشته است (شکل ۴-۳۰).

در نتیجه مخزن بورگان در میدان‌های هندیجان، ابودر، نوروز، دورود و اسفندیار، در ناحیه چاه‌های اسفندیار E-۰۲، اسفندیار E-۰۳ و اسفندیار E-۰۴ در جنوب مخزن، دارای ضخامت و میانگین تخلخل کمتر نسبت به چاه‌های شمال و غرب مخزن دارا هستند. در کل هر چه از سمت میدان هندیجان در شمال مخزن به سمت میدان اسفندیار در جنوب مخزن حرکت کنیم از ضخامت و کیفیت مخزنی کاسته می‌شود (جداول ۴-۹ و ۴-۸).

جدول ۴-۹. نام میدان، نام اختصاری، مختصات جغرافیایی چاه‌های مورد مطالعه.

نام میدان	نام اختصاری چاه	سرسازند داریان (متر)	سرسازند کژدمی (متر)	میانگین تخلخل (%)
ابودر	A-1	۲۷۹۴	۲۵۹۰	۱۳
ابودر	A-2	۲۶۶۰	۲۳۹۸	۲۰
نوروز	N-1	۲۴۶۵	۲۱۸۷	۱۵
نوروز	N-11	۲۳۰۳	۲۱۱۷	۱۱
نوروز	N-16	۲۳۵۹	۲۱۲۶	۱۳
هندیجان	H-1	۳۳۲۵	۳۱۲۰	۱۵
هندیجان	H-2	۳۳۰۰	۳۰۹۰	۱۶
هندیجان	H-3	۳۳۷۵	۳۱۸۰	۱۸/۵
هندیجان	H-4	۳۳۴۰	۳۱۳۰	۱۷
دورود	D-001	۲۹۴۴	۲۷۵۵	۱۳
دورود	D-005	۳۰۲۶	۲۸۴۲	۹
دورود	D-008	۲۹۸۲	۲۸۰۰	۱۱
دورود	D-009	۳۰۹۷	۲۹۲۱	۱۰
اسفندیار	E-02	۲۲۴۲	۲۱۱۷	۷
اسفندیار	E-03	۲۲۶۸	۲۱۴۰	۶
اسفندیار	E-04	۲۲۸۵	۲۱۵۰	۸

نقشه‌های ساختمانی روند شمال غربی - جنوب شرقی حوضه را نشان می‌دهند و عمق حوضه به سمت جنوب شرقی محدوده مورد مطالعه افزایش می‌یابد. شیب بخش‌های غربی بیشتر از قسمت‌های شرقی و جنوبی است.

بررسی تخلخل محاسبه شده برای مخزن نشان می‌دهد که در عمق‌های بین ۲۵۴۱ تا ۲۶۶۰ متری (محدوده زمانی بین ۱۶۵۰ تا ۱۷۵۰ میلی ثانیه) یک افق متخلخل (با تخلخل بیش از ۲۰ درصد) در قسمت‌های شمالی و بویژه در قسمت شمال غربی میدان، گسترش دارد. تخلخل این افق به سمت جنوب میدان و به ویژه در جنوب شرقی آن کاهش می‌یابد. این موضوع با اطلاعات بدست آمده از چاه A-2 در جنوب میدان، مطابقت دارد.

۵-۱ جمع‌بندی نتایج و بحث روی آن‌ها

با توجه به پیشرفت تکنولوژی، استفاده از نرم‌افزارها و ابزارهای جدید در پردازش و مدل‌سازی می‌تواند برای ارزیابی‌های دقیق‌تر میزان ذخایر هیدروکربوری نقش موثری ایفا کنند و میزان ریسک را بطور قابل توجهی در ارزیابی‌ها کاهش دهند و بدین طریق باعث افزایش تولید و رشد اقتصادی شوند. توصیف دقیق کمی و کیفی مخازن با استفاده از نرم‌افزارها و روش‌های جدید بکار گرفته شده مانند شبکه‌های عصبی برای تخمین پارامترهای پتروفیزیکی و تلفیق بهینه داده‌های لرزه‌نگاری، چاه‌نگاری، مغزه‌گیری و زمین‌شناسی باعث افزایش دقت تخمین‌های اکتشاف، حفاری و تولید می‌شود.

مطالعه حاضر بر روی میادین ابوذر و نوروز انجام شد و محدودیت داده‌ها یکی از مشکلات اصلی بود. در بحث توصیف و مدل‌سازی تخلخل یکی از مسائل مهم به حساب می‌آید و هر اندازه که این مدل‌ها به واقعیت مخزن نزدیک‌تر باشند، ارزیابی‌ها دقیق‌تر خواهند بود. برای تهیه مدل‌های توزیع تخلخل تلفیق اطلاعات یکی از راه‌حل‌های موثر است.

جهت تهیه مدل‌های دوبعدی شبه تخلخل با استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای و داده‌های سه چاه موجود در منطقه مورد مطالعه، استخراج امپدانس صوتی به عنوان یکی از مهمترین نشانگرهای مرتبط با تخلخل ضروری بود. بهترین مدل شبه امپدانس زمانی قابل استحصال است که فرکانس‌های پایینی که از داده‌های لرزه‌ای حذف شده‌اند به آن‌ها برگردانده شوند. استفاده از نگارهای سرعت و چگالی و تهیه یک مدل با فرکانس پایین و تلفیق آن با مدل امپدانس صوتی حاصل از داده‌های لرزه‌ای که بصورت محدودباند است، یکی از راه‌حل‌های مفیدی است که با استفاده از نرم‌افزار HRS و الگوریتم تلفیق مدل پایه انجام شد. پس از استخراج کلیه نشانگرها و امپدانس صوتی پهن‌بند در اطراف چاه‌ها، بهینه‌ترین ترکیب این نشانگرها با استفاده از رگرسیون مرحله‌ای و اعتبارسنجی متقابل، برای تخمین تخلخل انتخاب شدند.

تخمین تخلخل از روی نشانگرهای لرزه‌ای با موفقیت انجام شد و ضرایب همبستگی تخمین تخلخل با استفاده از شبکه RBFN، ۰/۴۴ و شبکه MLFN، ۰/۵۵ و شبکه PNN، ۰/۶۱ و PNN بهترین شبکه عصبی برای تخمین تخلخل از روی نشانگرهای لرزه‌ای هستند.

با استفاده از نرم‌افزار Petrel، مدل ساختمانی و تخلخل و سرعت به خوبی قابل ساختن می‌باشد. متأسفانه، به علت محدودیت نرم‌افزار Petrel در تعمیم مقاطع تخلخل دو بُعدی تهیه شده در ساخت مدل سه بُعدی تخلخل، این مدل تنها بوسیله نگار تخلخل موجود در چاه‌ها تهیه شد. از این رو در نتیجه‌گیری باید به تعیین و محاسبه درست این پارامترها با به کارگیری انواع داده‌ها و روش‌های نوین هوشمند اقدام نمود.

در این مطالعه و طی مراحل که در فصل قبل شرح داده شد، نتایج قابل توجه زیر بدست آمده است و در ادامه بر اساس این نتایج، پیشنهادهایی ارائه شده است.

۵-۲ نتیجه‌گیری

در این مطالعه از داده‌های چاه‌ها و داده‌های لرزه‌ای برای پیش‌بینی پارامترهای مخزنی از نشانگرهای لرزه‌ای استفاده شده است. در زیر نتایجی در رابطه با کارایی هریک از روش‌های بررسی شده آورده شده است.

- نتیجه وارون‌سازی به روش برگشتی، بخاطر محدودیت باند فرکانسی و نیز در نظر نگرفتن وجود نوفه‌های همراه با داده‌های لرزه‌ای، از نتایج بدست آمده از دیگر روش‌های معکوس‌سازی، ضعیف‌تر است. با این‌همه بخاطر سادگی و سرعت انجام آن برای بررسی‌های با دقت کم مناسب است.
- برگردان به روش مدل پایه، در محدوده چاه‌های مورد مطالعه (دارای نگار چاه‌پیمایی)، نتایج بهتری داده و با دور شدن از این محدوده، خطای این روش نیز افزایش می‌یابد.

- وجود نوفه‌های فراوان و نیز بازتاب‌های تکراری، موجب تضعیف کیفیت داده‌ها و در نتیجه کاهش اعتبار نتایج حاصل از وارون‌سازی (به ویژه در روش‌های برگشتی و خارهای پراکنده) می‌شود.
- مدل امپدانس حاصل از تبدیل به روش شبکه عصبی، کاهش امپدانس را برای افقی از مخزن بورگان که بین عمق‌های ۲۵۴۱ تا ۲۶۶۰ متری قرار گرفته است، نشان می‌دهد. این موضوع وجود افق متخلخل ماسه‌سنگی واقع شده در این عمق از سازند را که در محل چاه ابودر A-2 نیز مشاهده شده است، تایید می‌کند (شکل ۴-۴).
- استفاده از روش تک نشانگری برای تخمین هر یک از خصوصیات پتروفیزیکی، به عنوان مثال استفاده از امپدانس برای تخمین تخلخل، به دلیل اعمال یک رابطه تبدیل خطی ساده بین آنها، نتایج ضعیف و نامعتبری ارائه می‌دهد. در حالیکه با استفاده از چند نشانگر و اعمال یک رابطه تبدیل غیرخطی، نتایج بسیار قابل قبول‌تری بدست می‌آید. شبکه عصبی به نحو فوق العاده‌ای این رابطه را یافته و آن را به تمام حجم امپدانس اعمال می‌کند.
- به دلیل محدود بودن تعداد چاه‌های میادین ابودر و نوروز، بررسی چگونگی گسترش افق متخلخل در مخزن بورگان (کژدمی) در پهنه‌ی بین چاه‌ها، با استفاده از داده‌های لرزه‌ای تبدیل شده امکان پذیر بوده و نسبت به دیگر روش‌های مطالعاتی (مانند حفاری چاه)، کم هزینه‌تر و آسان‌تر است.
- بررسی تخلخل محاسبه شده برای مخزن، نشان می‌دهد که در عمق‌های بین ۲۵۴۱ تا ۲۶۶۰ متری (محدوده زمانی بین ۱۶۵۰ تا ۱۷۵۰ میلی ثانیه) یک افق متخلخل (با تخلخل بیش از ۲۰ درصد) در قسمت‌های شمالی و بویژه در قسمت شمال غربی میدان، گسترش دارد. تخلخل این افق به سمت جنوب میدان و بویژه در جنوب شرقی آن کاهش می‌یابد. این موضوع با اطلاعات به دست آمده از چاه A-2 در جنوب میدان، مطابقت دارد.

- به علت عملکرد فعالیت‌های اکتشافی شرکت‌های نفتی گوناگون در خلیج فارس در گزارشات زمین‌شناسی، عمق سازند و مرز بخش‌های سازند کژدمی در مناطق مختلف خلیج فارس یکسان انتخاب نگردیده و حدود سازند انتخاب شده در چاه‌های مختلف یکسان نمی‌باشد. در این پایان‌نامه تمام اشتباهات تصحیح گردیده، تطابق کامل انجام گرفته است.
- نقشه‌های ساختمانی روند شمال غربی - جنوب شرقی حوضه را نشان می‌دهند. عمق حوضه به سمت جنوب شرقی محدوده مورد مطالعه افزایش می‌یابد. شیب بخش‌های غربی بیشتر از قسمت‌های شرقی و جنوبی است. این نقشه‌ها عمق کنونی بخش‌های مختلف سازند کژدمی را نشان می‌دهند که از نظر عمق حفاری چاه نفت حائز اهمیت است. وجود توپوگرافی‌های قدیمی، گسل‌های پی‌سنگی در ارتباط با کوهزایی و حرکت گنبد‌های نمکی بر روی شکل منحنی‌های کنتوری تأثیر گذاشته است.
- نقشه‌های هم‌ضخامت نشان می‌دهند که ضخامت بخش‌های ماسه‌ای بورگان در سازند کژدمی از شرق به غرب افزایش یافته و تقریباً به امتداد حوضه عمود است. این موضوع بیانگر آن است که منشأ رسوبات تخریبی از سپر عربستان بوده و به سمت ایران از ضخامت آن‌ها کاسته می‌شود. فاصله کم بین منحنی‌ها در سمت غرب نقشه هم‌ضخامت بخش‌های ماسه‌ای، سرعت زیاد رسوب‌گذاری و فرونشینی رسوبات را مشخص می‌کند.

۳-۵-۳ پیشنهادات

- در ادامه برخی از پیشنهادات که راه‌گشای کارهای آینده می‌باشد، بیان می‌گردد.
- به دلیل وجود نوفه‌های همراه و بازتاب‌های تکراری فراوان و همچنین پیوستگی ضعیف بازتابنده‌ها در تمام حجم داده‌های لرزه‌ای برداشت شده، تفسیر (Pick) کردن افق‌ها (سرسازند‌ها)، به‌سختی انجام شده و نتایج حاصل از مدل ساخته شده نیز دارای خطا می‌باشد. پیشنهاد می‌شود بمنظور رفع این نارسایی‌ها، داده‌های لرزه‌ای برداشت شده مجدداً

پردازش شده و در آن، ملاحظات پردازشی جهت تفسیر داده‌های لرزه‌ای به روش معکوس‌سازی لحاظ شود.

- در این مطالعه سه شبکه عصبی برای تخمین تخلخل از روی نشانگرهای عصبی استفاده شد و مجال استفاده از روش‌های دیگر از جمله روش‌های فازی نبود. بکارگیری شبکه عصبی فازی ANFIS و تمام این روش‌ها بر روی میادین مختلف و معرفی بهترین روش تخمین، از جمله کارهای تکمیلی در این زمینه می‌باشد.
- در این مطالعه، تخلخل از روی نشانگرهای لرزه‌ای تخمین زده شد اما این تنها خصوصیتی نیست که قابل استخراج از نشانگرهای لرزه‌ای هست. فشار منفذی (Pore Pressure) از جمله خصوصیات پتروفیزیکی است که دانستن توزیع آن امری مهم در صنایع نفت و گاز می‌باشد و امروزه توجه بسیاری از محققین و مهندسين را بسوی خود جلب کرده است.
- روش زمین آماری (Geostatistics) از دیگر روشهای تبدیل داده‌های لرزه‌ای است. در این روش عدم قطعیت موجود در داده‌ها را نیز می‌توان محاسبه نمود. پیشنهاد می‌شود که از این روش نیز برای تبدیل و مطالعات بعدی این مخزن استفاده شود.
- مطالعات انجام شده در این پایان نامه در نواحی مختلف خلیج فارس.
- بررسی کامل مغزه‌های حفاری و تهیه مقاطع نازک از آنها.
- بررسی فرآیند دیاژنز بر روی تخلخل و تراوایی زبانه‌های ماسه‌ای در خلیج فارس.
- مطالعه و مقایسه نمودارهای چاه‌پیمائی از دیدگاه تخلخل موثر و مقایسه آن با تخلخل بدست آمده از حفر چاه‌ها به منظور مقایسه و به حداقل رساندن تفاوت این دو تخلخل جهت ارزیابی دقیق ذخیره نفت.

در نهایت پیشنهاد می شود مطالعات تخمین به کمک زمین آمار را از حالت دوبعدی به سه بعدی تعمیم داده و نقشه های تخلخل را برای افق های مختلف مخزنی به جای میانگین گیری از افق مخزنی به دست آورد. در این صورت روند تغییرات تخلخل در مقابل عمق نیز مشخص خواهد شد و بهترین عمق از نظر تخلخل شناسایی خواهد گردید.

الف-۱ نگار صوتی

نگار صوتی یک نگار تخلخل است که مدت زمان عبور موج صوتی تراکمی را در عمق نفوذی چند فوتی از دیواره چاه اندازه می‌گیرد. زمان عبور Δt بر حسب میکروثانیه بر فوت اندازه‌گیری می‌شود. این ابزار شامل یک یا چند فرستنده و دو یا چندین دریافت کننده می‌شود که نوع پیشرفته آن جبرانی^۱ (BHC) است که به‌خوبی اثر تغییر ضخامت دیواره چاه و کجی سوند در چاه را جبران می‌کنند (Kobesh and Blizard, 1959, Schlumberger, 1972).

این نمودار بازتابی از سرعت مداوم صوت در سنگ‌ها است. معمولاً در سمت راست ستون نمودار چاه‌پیمائی رسم می‌شود و مقیاس آن ۴۰ تا ۸۰ میکروثانیه بر فوت است که به سمت چپ افزایش می‌یابد (Schlumberger, 1972). این نمودار بیشتر در تشخیص سنگ‌شناسی، تعیین تخلخل، شکستگی سنگ‌ها و تطابق کاربرد دارد. در مطالعه سازند کژدمی برای تشخیص ماسه‌ها و کربنات‌ها از شیل‌ها، از نمودار اشعه گاما و برای تفکیک آهک‌های بدون تخلخل از ماسه‌ها و شیل‌ها، از نمودار صوتی استفاده شده است. با تطابق بین این دو نمودار و نمودار نوترون، سنگ‌شناسی و عمق بخش‌های مختلف سازند کژدمی مشخص شده است (شیری، ۱۳۸۹).

الف-۲ نگار چگالی

نگار چگالی سازند یک نگار تخلخل می‌باشد که چگالی الکترونی سازند را اندازه می‌گیرد. این نگار در پیدا کردن لایه‌های تبخیری، لایه‌های گازدار، اندازه‌گیری چگالی هیدروکربور و ارزیابی مخازن ماسه‌ای شیلی و ساختمان‌های پیچیده سنگ‌شناسی کمک شایانی به مهندسين می‌کند (Schlumberger, 1972).

ابزار نگاربرداری چگالی در تماس با سازند، اشعه‌گاما را که منبع کبالت ۶۰ یا سزیم ۱۳۷ دارند تشعشع می‌کند و اشعه گاما به الکترون‌های سازند برخورد می‌کند و این برخوردها باعث کاهش انرژی

^۱ . Borehole compensated

اشعه گاما صادر شده می‌شوند که به این پدیده اثر کامپتون^۱ می‌گویند. گاما پخش شده در سازند توسط دریافت‌کننده‌ها که در فاصله مشخصی از فرستنده قرار دارند اندازه‌گیری می‌شود و بیانگر میزان چگالی کلی سازند است (Asquith and Gibson, 1982).

الف-۳ نگار نوترون

نگار نوترون یک نگار تخلخل است و غلظت هیدروژن را در سازند اندازه‌گیری می‌کند. در یک سازند تمیز که خالی از هرگونه رس است و تمام تخلخل با آب یا نفت پر شده است، نگار نوترون تخلخلی که از سیال پر شده است را اندازه می‌گیرد (شیری، ۱۳۸۹).

نوترون توسط یک منبع شیمیایی که در ابزار قرار دارد و ممکن است ترکیبی از امرسیم^۲ و بریلیم^۳ که پیوسته نوترون تشعشع می‌کند ایجاد می‌شود. این نوترون به هسته‌هایی که داخل سازند قرار دارند برخورد می‌کند و در نتیجه نوترون‌ها انرژی خود را بر اثر برخورد از دست می‌دهند و به خاطر اینکه نوترون با هیدروژن جرم اتمی یکسانی دارند بیشترین انرژی نوترون بر اثر برخورد با هیدروژن از بین می‌رود، بنابراین بیشترین کاهش انرژی تابعی از میزان هیدروژن سازند است و به این خاطر که هیدروژن در خلل و فرج سنگ است و متعلق به سیالات داخل آن است می‌توان آن را به تخلخل سازند نسبت داد. زمانی که سازند گازدار بوده و نفت یا حاوی آب کمی است، تخلخل ناشی از نگار نوترون مقدار کمی را نشان می‌دهد و به این بدان خاطر است که غلظت هیدروژن در گاز به مراتب خیلی کمتر از نفت یا آب است، به این پدیده اثر گاز گفته می‌شود (Asquith and Gibson, 1982).

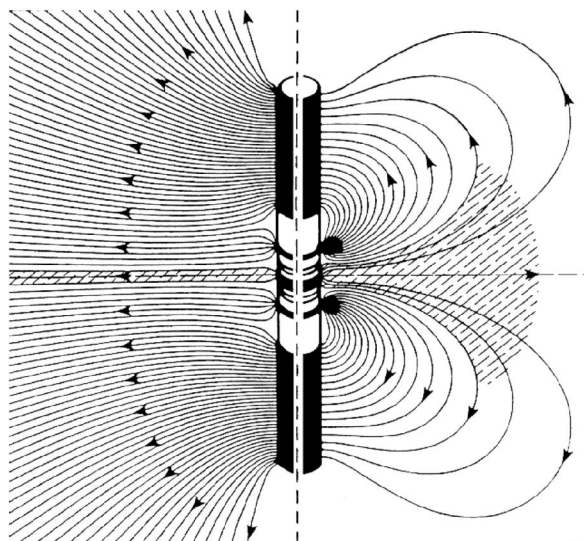
^۱ . Compton
^۲ . Americium
^۳ . Beryllium

الف-۴ نگار مقاومت ویژه لاترولوگ

نگار لاترولوگ برای اندازه‌گیری مقاومت واقعی سازندی در چاه‌هایی که با گل‌شور حفاری می‌شوند و مقاومت آب سازندی و گل آب برابر دارند طراحی شده است. شکل الف-۱ ابزار لاترولوگ مضاعف (^{1}DLL) و خطوط جریان در اطراف آن را نشان می‌دهد. این ابزار ترکیبی از دو ابزار LLd^2 و LLs^3 است که دو مقاومت ویژه عمیق و بخش کم‌عمق سازند را هم‌زمان اندازه‌گیری می‌کند (مرادزاده و قوامی‌ریابی، ۱۳۸۰).

الف-۵ نگار القایی

این ابزار خاصیت هدایت الکتریکی را بوسیله سیم پیچ‌هایی که جریان تولید می‌کند اندازه‌گیری می‌کند و در چاه‌های خشک یا چاه‌هایی که با گل نفتی حفاری می‌شوند برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه سازند مورد استفاده قرار می‌گیرند. ابزاری که ترکیب‌بندی سیم پیچ‌های آن در دهه ۱۹۵۰ ارائه شد و دارای سه سیم پیچ فرستنده و سه سیم پیچ گیرنده و دارای بازه سوند ۴۰ اینچ است و مقاومت الکتریکی عمیق سازند را به ما می‌دهد.



شکل (الف-۱). ابزار DLL و خطوط جریان در اطراف آن (Ellis, 2007).

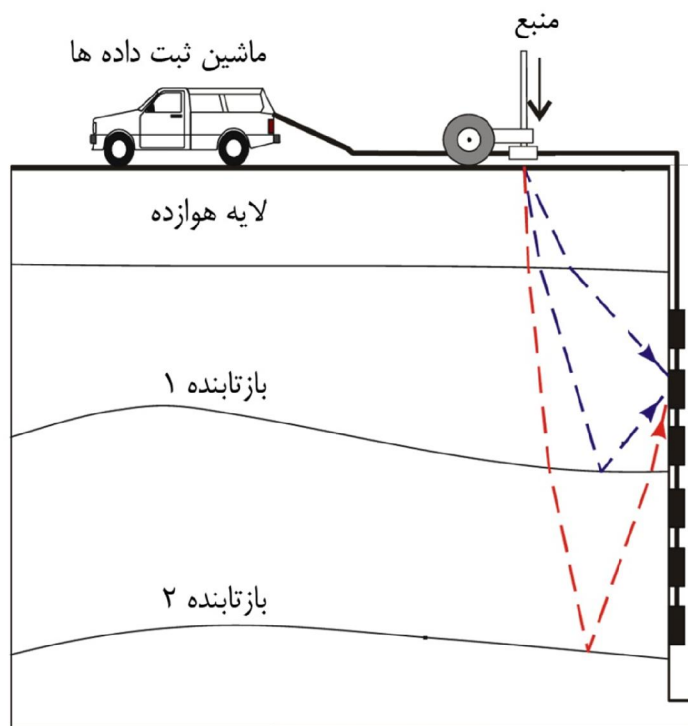
¹ . Dual Latrolog

² . Deep Latrolog

³ . Shallow Latrolog

الف-۶ نگار VSP

یک پروفیل لرزه‌ای عمودی (VSP)، به این ترتیب ایجاد می‌شود که یک سیگنال لرزه‌ای در سطح ایجاد و توسط یک سری ژئوفون در داخل یک چاه حفر شده در عمق‌های مختلف ثبت می‌گردد. پس از اعمال تصحیح، خروجی حاصل از این فرآیند زمان رسیدن امواج از سطح به اعماق مختلف است که در تخمین عمق سطوح انعکاسی لرزه‌نگاشت‌ها و بررسی همزمان داده‌های لرزه‌ای با داده‌های چاه‌نگاری و تعیین مدل سرعت حداقل استفاده‌هایی است که از این نگار در این مطالعه استفاده شده است. شکل الف-۲ نحوه برداشت این نگار را نشان می‌دهد (Hardage, 1999).



شکل (الف-۲). طرح کلی برداشت VSP، همراه با تغییر (Hardage, 1999).

الف-۷ نگار اشعه گاما

نمودار اشعه گاما بازتابی از اندازه‌گیری‌های مقدار رادیواکتیو طبیعی در سنگ‌هاست (صیرفی‌ان، ۱۳۶۵). نمودار اشعه گاما معمولاً در قسمت چپ ستون نمودار چاه‌پیمائی رسم می‌شود و مقیاس از چپ به راست در واحدهای APL ۱۰۰۰۰ یا APL ۱۲۰۰۰ انتخاب می‌شود (Schlumberger, 1972).

کاربرد نمودار اشعه گاما بیشتر در توالی‌های رسوبی شیل و ماسه‌سنگ است که برای تشخیص سنگ‌شناسی و تعیین مقدار شیل در ماسه‌سنگ‌ها، تطابق، تشخیص تغییرات عمودی رخساره‌ها و سکانس‌ها از آن استفاده می‌شود (Serra, 1985).

بنا به علل مذکور در مطالعات سازند کژدمی از نمودار اشعه گاما جهت تشخیص توالی‌های شیل و ماسه‌سنگ و تطابق بین چاه‌ها استفاده شده است. به همراه نمودار اشعه گاما از نمودارهای صوتی و نوترون نیز استفاده شده است.

منابع و مراجع

- برگریزان و همکاران، (۱۳۷۵)، گزارش داخلی شماره ۱۸۴۲ خلیج فارس، شرکت نفت فلات قاره ایران.
- درویش زاده ع، (۱۳۸۲)، زمین شناسی ایران، چاپ سوم، انتشارات امیر کبیر، تهران، ص ۶۴۸.
- رضایی م، (۱۳۸۰)، زمین شناسی نفت، چاپ اول، انتشارات علوی، تهران، ص ۳۷۹.
- شیری ی، (۱۳۹۰)، پایان نامه ارشد: "تلفیق داده های لرزه ای و چاه نگاری برای مدل سازی پتروفیزیکی و ارزیابی گاز برجای یکی از میادین هیدروکربوری جنوب ایران"، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- مرادزاده ع،، قوامی ریابی، ر،، (۱۳۸۰)، چاه پیمایی برای مهندسين، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ص ۲۴۶.
- مطیعی، همایون، (۱۳۸۲)، زمین شناسی ایران - چینه شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ص ۵۸۳.
- مطیعی، همایون، (۱۳۷۴)، زمین شناسی ایران - زمین شناسی نفت ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، جلد ۱، ص ۵۸۹.
- Adasani, M., (1967), The North Kuwait oil fields, Sixth Arab petroleum congress, PP. 6-39.
- Ahmad, N., Spadini, G., Palekar, A., and Subhani, M.A., (2007), Porosity Prediction Using 3D Seismic Inversion Kadanwari Gas Field, *Pakistan Journal of Hydrocarbon Research*, Vol. 17, pp. 95-102.
- Ahmed, T., (2000), *Reservoir Engineering Handbook*, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, pp. 1211.
- Al-Eidan, A.J, (2001), Upper Burgan reservoir description, Northern Kuwait, *Geo Arabia J.*, Vol. 6, pp. 179-208.
- Aleman, P.B., (2004), M.S thesis, Acoustic Impedance inversion of lower Permian carbonate buildup in the Permian basin, Texas A&M University.

- Alshahrhan, A.S., and Naim, A.E.M., (1997), sedimentary basins and petroleum geology of the middle east, Elsevier, pp 843.
- Asquith, G. and Gibson, C., (1982), *Basic Well Log Analysis for Geologist*, AAPG, Tulsa, Oklahoma USA. pp. 216.
- Bacon, M., Simm, R., and Redshaw, T., (2003), 3-D Seismic Interpretation, pp. 212.
- Badley, M. E., (1985), *Practical seismic interpretation*, Prentice- Hall, London, pp. 266.
- Balch R.S., Stubbs B.S., Weiss, W.W., and Wo S., (1999), Using artificial intelligence to correlate multiple seismic attributes to reservoir properties, paper SPE 56733, 1999 SPE Annual Technical Conference and Exhibition Proceedings, Oct. 3-6, Houston, Texas.
- Barnes, A.E., (2001), Seismic attributes in your facies, *CSEG*, pp. 41–47.
- Becquey, M., Lavergne, M., and Willm, C., (1979), Acoustic impedance logs computed from seismic traces, *Geophysics*, Vol. 44, pp. 1485–1501.
- Berteussen, K. A., and Ursin, B., (1983), Approximate computation of the acoustic impedance from seismic data, *Geophysics*, Vol. 48, pp. 1351–1358.
- Bishop, C.M., 1995, *Neural Networks for Pattern Recognition*, Oxford University Press, pp. 492.
- CGGVeritas, (2007), user manual, Hampson-Russell Software(HRS), Global Provider of Geophysical Services and Equipment.
- Chawathe, A., Ouenes, A., and Weiss, W.W., (1997), Interwell property mapping using crosswell seismic attributes, paper SPE 38747, 1997 SPE Annual Technical Conference and Exhibition Proceedings, Oct. 5-8, San Antonio, Texas.
- Chen, Q., and Sidney, S. (1997), Seismic attribute technology for reservoir forecasting and monitoring, *The Leading Edge*, Vol. 16, No. 5, pp. 445–448.
- Cook, D.A., and Schneider, W.A., (1983), Generalized linear inversion of reflection seismic data, *Geophysics*, Vol. 48, No.6, P. 665-676.
- Chopra, S., and Marfurt, K., (2007), *Geophysical Development*, No. 11, pp 440.

- Cornish, B. E., and King, G. A., (1988), Combined interactive analysis and stochastic inversion for high resolution reservoir modeling: Presented at the 50th Mtg., European Assn. Expl. Geophys.
- Duda, R O., Hart P.E., and Stork D.G. Pattern classification, Wiley Interscience, pp 738.
- Ellis, D.V., and Singer, J. M., (2007), *Well Logging for Earth Scientists*, 2nd Edition, Springer, pp. 685.
- Emre, A.F, (2005), M.S thesis, Reservoir characterization using intelligent seismic inversion, College of Engineering and Mineral Resources, West Virginia University.
- Fugro-Jason, (2010), User Manual, Fugro-Jason software.
- Gadallah, M.R., (1994), *Reservoir Seismology, Geophysics in Non-technical Language*, PennWell Books, Tulsa, Oklahoma, pp. 384.
- Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., and Gregory, A.R., (1974), Formation velocity and density – the diagnostic basics for stratigraphic traps, *Geophysics*, Vol. 39, pp. 770–780.
- GEDCO, (2002), User Manual, Vista - 2D/3D Seismic Data Processing.
- Graebner, R., and Wason, H. M., (1981), Three dimensional methods in seismic exploration: *Science*, Vol. 211, pp. 535–540.
- Hagan, M.T., Demuth, H.B., and Beale, M., (1996), Neural Network design.
- Hampson , D., and Galbraith, M., (1981), Wavelet Extraction by sonic-log correlation, *Journal of the CSEG*, Vol. 17, P. 24-42.
- Hampson, D. and Russell, B., (1990), AVO inversion, Theory and practice, Annual Meeting Abstracts, Society of Exploration Geophysicists, pp. 1456–1458.
- Hampson, D. and Russell, B., (1992), Strata Course Note, unpublished, Hampson Russell software, pp. 66.

- Hampson, D.P., Schuelke, J.S., and Quirein, J.A., (2001) Use of multi attribute transforms to predict log properties from seismic data, *Geophysics*, Vol. 66, No. 1, pp. 220–236.
- Hardage B.A, (1999), *Vertical seismic profiling: Principles*, Seismic Exploration, Vol. 14, pp. 552.
- Hardage, B. A., (1987), *Seismic stratigraphy*, Elsevier, Amsterdam, pp. 432.
- Hunt, J.M, (1979), *Petroleum Geochemistry and Geology*, Freeman, 617p.
- Iranian offshore oil company, (1974), Geological and Drilling Reports of Noroz Oil Field, Iranian offshore oil company, Tehran.
- Iranian offshore oil company, (1974), Geological and Drilling Reports of Abozar Oil Field, Iranian offshore oil company, Tehran.
- James, G.A., and Wynd, J.G., (1965), Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. AAPG, Vol. 49, No. 12.
- Johnson, R.A. and Wichern, D.W., (1998), *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Upper Saddle River, Prentice Hall.
- Kadkhodaie-Ilkhchi, A., Rezaee, M.R., Rahimpour-Bonab, H., and Chehrazai, A., (2009), Petrophysical data prediction from seismic attributes using committee fuzzy Inference system, *Computers & Geosciences*, pp. 2314–2330.
- Kobesh, F.P., and Blizard, R.B., (1959), Geometric factor in sonic logging, *Geophysics*, Vol. 24, pp. 64–76.
- Latimer, R.B., and Davison, R., (2000), An interpreter's guide to understanding and working with seismic-derive acoustic impedance data, *The Leading Edge*, P. 242-256.
- Leiphart, D.J., and Hart, B.S., (2001), Comparison of linear regression and a probabilistic neural network to predict porosity from 3D seismic attributes in Lower Brushy Canyon channeled sandstones, southeast New Mexico, *Geophysics*, Vol. 66, No. 5, pp. 1349–1358.

Lindseth, R.O., (1979), Synthetic sonic logs, A process for stratigraphic interpretation, *Geophysics*, Vol. 44, pp. 3–26.

Masters, T., (1995), *Advanced algorithms for neural networks*, John Wiley & Sons, Inc.

MathWorks, (2008), User Manual, MATLAB.

McCulloch, W. S., and Pitts, W., (1943), A logical calculus of the ideas imminent in nervous activity, *Bulletin of Mathematical Biophysics*, Vol. 5, pp. 115–133.

Mossahebi, M., (1975), Reservoir Engineering study Burgan formation Cyrus field of Iran.

Nikraves, M., and Aminzadeh, F., (2001), Past, present and future intelligent reservoir characterization trends, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 31, pp. 67–79.

NISOC, (1382), *Simplified Table of Rock Unit in Zagros Area*, Geology Department, Report No. pp. 5252.

Noroz and Abozar Fields Geological Report, (2003), IOOC Internal Report.

Noroz and Abozar Fields Geophysical Interpretation Report, (2003), IOOC Internal Reports.

Oldenburg, D. W., Scheuer, T., and Levy, S., (1983), Recovery of the acoustic impedance from reflection seismograms, *Geophysics*, Vol. 48, pp. 1318–1337.

Orr, M., (1996), Introduction to radial basis function neural networks, Research Report for the Institute of Adaptive and Neural Computation, University of Edinburgh.

Pedersen-Tatalovic, R., Uldall, A., and Jacobsen, N.L., (2008), Event-based low-frequency impedance modeling using well logs and seismic attributes, *The Leading Edge*, pp. 592–603.

Powell, M.J.D., (1987), Radial basis functions for multivariable interpolation, a review. In J.C. Mason and M.G. Cox (Eds.), *Algorithms for Approximation*, Clarendon Press, pp. 143–167.

Purser, B.H, (1973), *The Persian Gulf*, springer verlay pub.

Schuelke, J.S., Hampson, D., and Quirein, J.A., (2001), Use of Multi-Attribute transform to predict log properties from seismic data, geophysics, pp. 220-231.

Russell, B.H., (2004), PhD Thesis, The application of multivariate statistics and neural networks to the prediction of reservoir parameters using seismic attributes, Department of Geology and Geophysics, University of Calgary, Alberta.

Schlumberger, (1972), *log interpretation manual/principle*, Vol. 1, Houston.

Schlumberger, (2008), User manual, Petrel software.

Sen, M.K., (2006), Seismic Inversion, First Edition, SPE, pp 119.

Soto, B.R., and Holditch, S.A., (1999), Development of reservoir characterization models using core, well log, and 3D seismic data and intelligent software, paper SPE 57457, 1999 SPE Eastern Regional Conference and Exhibition proceedings, Oct. 21–22, Charleston, West Virginia.

Serra, O.C.R., (1985), Sedimentary environments from wireline logs.

Specht, D.F., (1990), Probabilistic neural networks, Neural Networks 3 (1), pp. 109–118.

Taner, M.T., (2001), Seismic Attributes, *CSEG*, pp. 48–56.

TatukGIS, (2002), User manual, Geographic Information Systems.

Telford, W.M., Geldart, L. P., and Sheriff, R.E., (2001), Applied geophysics, Second Edition, Cambridge University, pp 770.

Theodoridis, S., and Koutroumbas, K., (2009). Pattern recognition, Springer, pp 840.

Tiab, D. and Donaldson E.C., (2004), *Petrophysics: Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties*, second edition, Elsevier, 881p.



Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics

**Regional Study on Burgan Reservoir extension, in North West
of Persian Gulf, based on seismic and well logs Data**

A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science
in Petroleum Exploration Engineering

By:

Ali Hosseini

Supervisors:

Dr. Mansoor Ziaii

Dr. Abolghasem Kamkar-Rouhani

Advisor:

Dr. Amin Roshandel

Mr. Javid Hanachi

Jan. 2012

Abstract:

In hydrocarbon reservoir studies, gaining information about the petrophysical characteristics is the first priority. One of the significant petrophysical properties of any reservoir is porosity. Having knowledge about the distribution of porous horizons can be helpful in both identification of proper areas for drilling program and decreasing the probable danger of facing with any dry wells.

One of the conventional methods of determining the distribution of these petrophysical properties (e.g. porosity) is to use of drilling various wells. Regarding the limitation of drilling data to specific points around the borehole and associated cost of drilling, utilizing of alternative methods is completely necessary. Quantitate description of different properties and structures of reservoir needs to diverse data including well logs, cores and seismic data as well as geological information. The most important factor in reservoir description is to combine all of the data available and making a high contrast and qualitative model. Well logs are capable of discrimination of features at depth while their lateral resolution is quite weak. In the other hand, seismic data have regular and wide distribution in reservoir region but they are not capable of providing any good contrast for depth. Hence, integration of these data (i.e. well logs and seismic data) can be a significant help for exact description of reservoirs studied.

The prime aim of this study is to investigate the well logs and seismic data available in Abozar and Noroz oil fields. Afterward, utilizing the seismic and well logs data inversing methods including neural network and extracting novel seismic attributes, attempts have been carried out to describe the distribution of petrophysical parameters of reservoirs to obtain thickness variation and structural interpretation for suggesting the best procedure of exploration operation. In this regard, after verifying the obtained reservoirs parameters in the other areas, initial maps can be obtained via multi-linear regression analysis and neural network methods.

For estimation of porosity distribution in the reservoir, first of all, sonic log data is corrected via available seismic data (i.e. check shot); geological horizons are determined, picked and interpreted in the seismic lines; synthetic wavelet and seismogram are extracted; well logs and seismic data have been calibrated; an initial model has been created and inverted for error correction; different methods including multivariate regression analysis and neural networks are used for determination of porosity and converting seismic and well logs data to porosity in the studied horizon; thickness specification and identification of the Burgan reservoir trend is done ultimately.

For reaching to those aims mentioned earlier, in the first step, for making a synthetic seismogram, 2D seismic and commonly used well log data (e.g. RHOB, DT, PHI, etc) of the Noroz and Abozar oil field have been used. Regarding the capabilities of Hampson-Russell software in seismic inversion tasks, the most generalized acoustic impedance was extracted. Afterward, utilizing the multivariate regression analysis and cross correlation methods, three seismic attributes including acoustic impedance, average frequency and time have been extracted from seismic data. Ultimately, three

different neural networks were taken into account for forecasting of porosity using extracted attributes. The results obtained have shown that probabilistic neural network is the one with the best prediction for porosity.

The structural map obtained from geological studies has shown a Northwest-Southeast trend in the basement. Relative depth of basement is increased to southeast of the district. Slope of the west sections is comparatively more than that of the east and south sections. Iso-thickness maps obtained from drilling programs have shown that the thickness of sandstone section of Burgan in Kazhdumi formation is increased from east to west directed in the perpendicular direction of basement.

As a result, Burgan reservoir in the region of wells located in Sfandiar filed in south of reservoir, regarding the porosity obtained from logs and core data, has a lower thickness and porosity compared to those of the wells located in the north and south regions. Briefly speaking, from Hendijan filed in the north of the reservoir toward the Sfandiar filed in the south, thickness and quality of reservoirs have been decreased significantly.

Keywords: *Seismic inversion, Seismic and well logs data, porosity quasi model, Thickness and trend variation.*