بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین المللی امام خمینی

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی نفت

مدل سازی سه بعدی واحدهای هیدرولیکی جریان با استفاده از شناسه های لرزه ای و خواص پتروفیزیکی در یکی از میادین شرکت نفت فلات قاره ایران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی اکتشاف نفت

نگارش: امیر هاشم‌پور

استاد راهنما: محمد علی عقیقی

استاد مشاور: علی کدخدایی

اسفند ۸۹

این پایان نامه و هر آنکه هستم و هر آنچه دارم، تقدیم به

پیشگاه مقدس پدر فداکار و مادر فرزانه‌ام،

و تقدیم به آنان که می‌اندیشند

صمیمانه‌ترین تشکرها را از جناب آقای دکتر علی کدخدایی دارم که مرا در تمامی مراحل انجام این پایان نامه، بی دریغ یاری نمودند،

و ممنونم از خواهر مهربانم

مریم

این پایان نامه با حمایت اداری، مالی و علمی بخش پژوهش و توسعه شرکت نفت فلات قاره ایران به انجام رسیده است.

چکیده

توصیف مخزن یکی از مهمترین مراحل اکتشاف و توسعه مخزن است. روشی جدید و موفق در توصیف مخزن، روش واحدهای هیدرولیکی جریان است که ضخامت مخزن را به واحدهایی تقسیم می‌کند که قابل نقشه برداری‌اند و خواص مخزنی آنها، به طور قابل پیش بینی از خواص دیگر بخشهای مخزن متفاوت است. یکی از روشهای موفق در تقسیم بندی مخازن، آنالیز خوشه‌ای است که در این مطالعه از آن بهره گرفته شده است. با توجه به هزینه بالای مطالعات مخزنی، نمی‌توان در تمام مخزن مغزه‌گیری کرد. برای هموار کردن این مهم، در پژوهش حاضر از روشهای هوش مصنوعی برای تخمین پارامترهای مخزنی در چاههایی که مغزه‌گیری در آنها انجام نشده است، استفاده شده است. پس از تعمیم پارامترهای مخزنی در کل میدان، واحدهای هیدرولیکی جریان و دیگر پارامترهای مخزنی در میدان مدلسازی شده‌اند. داده‌های لرزه‌ای موجود در این میدان (امپدانس صوتی نسبی)به صورت متغیر دوم در کوکریجینگ وارد نرم‌افزار مدلسازی شدند تا پارامترهای مخزن، از اطلاعات لرزه‌ای هم بهره-مند شده و با دقت بیشتری مدل شوند. نتایج مدلسازی با استفاده از داده‌های لرزه‌ای نشان داد که این اطلاعات، تا حد زیادی دقت مدلها را افزایش می‌دهند. این پژوهش نشان داد که زمانی که مدلسازی شاخص منطقه‌ای جریان و واحدهای هیدرولیکی با استفاده از الگوریتمهای *SGS* و *SIS* با داده‌های لرزه‌ای تلفیق شود، نتایج بسیار خوبی را ارائه می‌دهد.

فهرست

چکیده
فهرست مطالب
فهرست جداول
فهرست اشکال
فصل اول: مقدمه ۱
۱-۱-مقدمه ۲
۱-۲-هدف پژوهش ۴
۱-۳-روش پژوهش ۵
۱-۳-۱-داده‌های موجود ۵
۱-۳-۲-نرم‌افزارهای مورد استفاده ۶
۱-۳-۳-منطقه مورد مطالعه ۷
۱-۴-مراحل پژوهش ۸
فصل دوم: خصوصیات پتروفیزیکی مخازن و مفهوم واحدهای هیدرولیکی جریان ۹
۲-۱-مقدمه ۱۰
۲-۲-تخلخل ۱۰
۲-۳-تراوایی ۱۱
۲-۴-روابط بین تخلخل و تراوایی ۱۲
۲-۵-رابطه کوزنی ۱۳
۲-۶-واحدهای هیدرولیکی جریان ۱۵
۲-۶-۱-مقدمه ۱۵
۲-۶-۲-تئوری ریاضی واحدهای هیدرولیکی جریان ۱۶
۲-۶-۳-مساحت سطحی ۱۹
۲-۶-۴-فاکتورهای سرشت نمایی واحدهای جریان ۱۹
۲-۷-سرشت‌نمایی مخازن با استفاده از مفهوم واحدهای هیدرولیکی جریان ۲۱
فصل سوم: آنالیز خوشه‌ای، شبکه‌های عصبی مصنوعی و زمین آمار ۲۳

۳-۱-مقدمه ۲۴
۳-۲-آنالیز خوشه‌ای ۲۴
۳-۲-۱-مقدمه ۲۴
۳-۲-۲-روشهای آنالیز خوشه‌ای ۲۵
۳-۲-۳-شباهت و فاصله ۲۶
۳-۲-۴-فاصله بین داده‌ها ۲۶
۳-۲-۵-دندروگرام ۲۸
۳-۲-۶-ضریب همبستگی به عنوان ملاک شباهت ۲۹
۳-۲-۷-خوشه‌بندی سلسله مراتبی ۲۹
۳-۳-مقدمه‌ای بر شبکه‌های عصبی مصنوعی ۳۳
۳-۳-۱-قابلیتهای شبکه عصبی ۳۴
۳-۳-۲-مسائل مناسب برای یادگیری شبکه‌های عصبی ۳۵
۳-۳-۳- الگوریتم پس انتشار ۳۵
۳-۳-۴- کاربردهای شبکه عصبی در اکتشاف نفت ۳۶
۳-۴-مقدمه‌ای بر زمین آمار ۳۸
۳-۴-۱-فرضیات پایایی ۳۹
۳-۴-۲-واریوگرام ۳۹
۳-۴-۳-کوواریوگرام ۴۶
۳-۴-۴- مدل‌های تئوری واریوگرام ۴۶
۳-۴-۵-کریجینگ ۴۹
۳-۴-۶- شبیه سازی ۵۱

فصل چهارم: تشخیص، سرشت نمایی و پیش بینی واحدهای هیدرولیکی جریان ۵۸
۴-۱-مقدمه ۵۹
۴-۲-روشهای طبقه بندی واحدهای هیدرولیکی جریان (HFU) ۶۰
۴-۲-۱-خوشه‌بندی گرافیکی ۶۰
۴-۲-۲-رسم پلات چگالی تجمعی FZI ۶۲
۴-۲-۳-روش آنالیز خوشه‌ای ۶۳

۴-۳-آماده سازی داده‌ها ۶۷
۴-۳-۱-تطابق عمق ۶۷
۴-۳-۲-حذف داده‌های ناهنجار ۶۸
۴-۳-۳-میان‌یابی داده‌های نگار ۷۰
۴-۳-۴-نرمالسازی داده‌ها ۷۱
۴-۳-۵-حذف داده‌های نامناسب ۷۱
۴-۴-شبکه عصبی ۷۲
۴-۴-۱-مقدمه ۷۲
۴-۴-۲-پارامترهای آموزش شبکه عصبی ۷۲
فصل پنجم: مدلسازی خواص پتروفیزیکی و واحدهای هیدرولیکی جریان با استفاده از داده‌های پتروفیزیکی و شناسه‌های لرزه‌ای ۷۶
۵-۱-مقدمه ۷۷
۵-۲-ورود داده‌ها ۷۸
۵-۳-شناسه‌های لرزه‌ای ۸۱
۵-۳-۱-طبقه بندی زمین شناسی شناسه‌های لرزه‌ای ۸۱
۵-۳-۲-امپدانس صوتی نسبی ۸۲
۵-۴-مدلسازی ساختمانی ۸۳
۵-۴-۱-تعریف مدل ۸۳
۵-۴-۲-مدلسازی گسل ۸۴
۵-۴-۳-شبکه‌بندی ستونی ۸۴
۵-۴-۴-ساخت افقها ۸۵
۵-۴-۵-ساخت زونها ۸۶
۵-۴-۶-لایه‌بندی ۸۶
۵-۵-مرحله مدلسازی خواص مخزنی ۸۷
۵-۵-۱-مرحله مدلسازی هندسی ۸۷
۵-۵-۲-مرحله درشت نمایی ۸۷
۵-۵-۳-واریوگرافی خواص مخزنی ۸۸

۵-۶-ساخت مدلهای سه بعدی ۹۸
۵-۶-۱-ساخت مدل واحدهای هیدرولیکی جریان ۹۸
۵-۶-۲-ساخت مدل شاخص زون جریان ۱۰۳
۵-۶-۳-ساخت مدل تخلخل ۱۰۷
۵-۶-۴-ساخت مدل تراوایی ۱۱۱
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات **۱۱۶**
منابع و مراجع ۱۱۹
واژه‌نامه فارسی-انگلیسی ۱۲۲

فهرست جداول

جدول ۴-۱: نتایج گزارشات زمین‌شناسی میدان ۵۹
جدول ۴-۲: دسته‌بندی حاصل از آنالیز خوشه‌ای ۶۶
جدول ۵-۱: رابطه تخلخل-تراوایی برای هر واحد هیدرولیکی جریان ۱۱۲

فهرست نمودارها، اشکال و نقشه‌ها

شکل ۱-۱. میدان هندیجان ۷

شکل ۲-۱: روابط بین تخلخل و تراوایی (تیاب، ۲۰۰۴) ۱۲

شکل ۲-۲: نحوه یافتن K_T از روی تابع J (تیاب، ۲۰۰۴) ۱۸

شکل ۲-۳: نحوه یافتن K_T از روی تابع J (تیاب، ۲۰۰۴) ۱۹

شکل ۲-۴. کرویت و گردشدگی انواع اشکال (تیاب، ۲۰۰۴) ۱۹

شکل ۳-۱. خوشه‌بندی سلسله مراتبی با چهار داده که هم به شکل خوشه‌های *نستد* و هم دندروگرام نمایش داده شده است. ۲۵

شکل ۳-۲. دندروگرام‌های حاصل از الگوریتم‌های (a) نزدیکترین همسایگی (b) دورترین همسایگی، (c) اتصال میانگین ۲۹

شکل۳-۳. محاسبه فاصله بین داده‌ها (خودآموز متلب، ۲۰۰۸) ۳۱

شکل۳-۴. محاسبه ارتباط بین داده‌ها (خودآموز متلب، ۲۰۰۸) ۳۲

شکل۳-۵. دندروگرام (خودآموز متلب، ۲۰۰۸) ۳۲

شکل۳-۶. شمای کلی شبکه عصبی (نلز، ۲۰۰۱) ۳۴

شکل۳-۷. اصول محاسبه واریوگرام (وبستر و دیگران، ۲۰۰۷) ۴۱

شکل۳-۸. پارامترهای واریوگرام ۴۲

شکل۳-۹. پارامترهای فاصله لگ عمودی (تانر، ۲۰۰۱) ۴۴

شکل۳-۱۰. پارامترهای فاصله لگ افقی (تانر، ۲۰۰۱) ۴۵

شکل۳-۱۱. ناهمسانگردی منطقه‌ای (سالمون، ۲۰۰۸) ۴۷

شکل۳-۱۲. مدلهای تئوری واریوگرام (سالمون، ۲۰۰۸) ۴۹

شکل۳-۱۳. انتقال گوسی برای یک متغیر پیوسته (کلکار و پرز، ۲۰۰۲) ۵۴

شکل۳-۱۴. انتقال گوسی برای یک متغیر گسسته (کلکار و پرز، ۲۰۰۲) ۵۵

شکل۳-۱۵. انتخاب نمونه‌ها در کریجینگ و شبیه‌سازی (کلکار و پرز، ۲۰۰۲) ۵۶

شکل۳-۱۶. تبدیل معکوس از فضای گوسی (a) برا یک متغیر پیوسته، (b) برای یک متغیر گسسته (کلکار و پرز، ۲۰۰۲) ۵۷

شکل ۴-۱. دسته‌بندی داده‌های مغزه به تعداد بهینه واحدهای هیدرولیکی جریان در مخزن مورد مطالعه با استفاده از خوشه‌بندی گرافیکی ۶۱

شکل ۴-۲. کراس پلات تخلخل در برابر تراوایی برای داده‌های مخزن مورد مطالعه بعد از فرآیند زون‌بندی ۶۱
شکل ۴-۳. پلات چگالی تجمعی *FZI* ۶۲
شکل ۴-۴. ۳۶ دندروگرام حاصل از ترکیب توابع فاصله و ارتباط مختلف ۶۵
شکل ۴-۵. ۳۶ ضریب کوفنت حاصل از ترکیب توابع فاصله و ارتباط مختلف ۶۵
شکل ۴-۶. دندروگرام حاصل از بهترین ترکیب توابع فاصله و ارتباط مختلف با بیشترین ضریب کوفنت ۶۶
شکل ۴-۷. نمودار تطابق عمق ۶۹
شکل ۴-۸. نمودار بررسی همبستگی نگار چگالی با مقادیر شاخص زون جریان برای حذف داده‌های ناهنجار ۶۹
شکل ۴-۹.. نمودار بررسی همبستگی نگار نوترون با مقادیر شاخص زون جریان برای حذف داده‌های ناهنجار ۷۰
شکل ۴-۱۰. ارتباط قرائت نگار به واحدهای هیدرولیکی حاصل از مغزه (عباس زاده و همکاران، ۱۹۹۶) ۷۰
شکل ۴-۱۱. تنظیم پارامترهای آموزش شبکه عصبی در *MATLAB* ۷۳
شکل ۴-۱۲. انتخاب تعداد لایه مخفی شبکه عصبی در *MATLAB* ۷۳
شکل ۴-۱۳. مدل شبکه عصبی در *MATLAB* ۷۴
شکل ۴-۱۴. واحدهای هیدرولیکی جریان تخمین زده شده در چاههای فاقد مغزه که در کنار چاه دارای مغزه رسم شده‌اند ۷۵
شکل ۵-۱. نمایی از قرارگیری چاهها با نمایش سر سازندها و نگار تخلخل مربوط به هر چاه ۷۹
شکل ۵-۲. نمایی از نقشه‌های *UGC* سازند آسماری ۷۹
شکل ۵-۳. نمایی از نقشه‌های *UGC* سازند غار ۸۰
شکل ۵-۴. نمایی از نقشه‌های *UGC* سازند جهرم ۸۰
شکل ۵-۵. نمایی از داده‌های لرزه‌ای در میدان ۸۴
شکل ۵-۶. نمایی از مدل حاصل از پیلار گریدینگ ۸۵
شکل ۵-۷. نمایی از مرحله ساخت افقها ۸۶
شکل ۵-۸. نمایی از مرحله ساخت لایه‌ها ۸۷
شکل ۵-۹. نمایی از مرحله مدلسازی هندسی شناسه‌های لرزه‌ای ۸۸
شکل ۵-۱۰. نمایی از مرحله درشت نمایی ۸۹
شکل۵-۱۱. واریوگرام محاسبه شده برای تخلخل در جهت اصلی ۸۹
شکل ۵-۱۲. واریوگرام محاسبه شده برای تخلخل در جهت فرعی ۹۰
شکل ۵-۱۳. واریوگرام محاسبه شده برای تخلخل در جهت قائم ۹۰

شکل۵-۱۴. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره یک در جهت اصلی ۹۱
شکل ۵-۱۵. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره یک در جهت فرعی ۹۱
شکل ۵-۱۶. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره یک در جهت قائم ۹۲
شکل ۵-۱۷. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره دو در جهت اصلی ۹۲
شکل ۵-۱۸. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره دو در جهت فرعی ۹۳
شکل ۵-۱۹. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره دو در جهت قائم ۹۳
شکل ۵-۲۰. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره سه در جهت اصلی ۹۴
شکل ۵-۲۱. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره سه در جهت فرعی ۹۴
شکل ۵-۲۲. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره سه در جهت قائم ۹۵
شکل ۵-۲۳. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره چهار در جهت اصلی ۹۵
شکل ۵-۲۴. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره چهار در جهت فرعی ۹۶
شکل ۵-۲۵. واریوگرام محاسبه شده برای واحد هیدرولیکی جریان شماره چهار در جهت قائم ۹۶
شکل ۵-۲۶. واریوگرام محاسبه شده برای FZI در جهت اصلی ۹۷
شکل ۵-۲۷. واریوگرام محاسبه شده برای FZI در جهت فرعی ۹۷
شکل ۵-۲۸. واریوگرام محاسبه شده برای FZI در جهت قائم ۹۸
شکل ۵-۲۹. نمایی از تنظیمات مدلسازی رخساره‌ها ۹۹
شکل ۵-۳۰. مدل واحدهای هیدرولیکی جریان در جهت x ۹۹
شکل ۵-۳۱. مدل واحدهای هیدرولیکی جریان در جهت y ۱۰۰
شکل ۵-۳۲. مدل واحدهای هیدرولیکی جریان در جهت z ۱۰۰
شکل ۵-۳۳. مدل سه بعدی واحدهای هیدرولیکی جریان ۱۰۱
شکل ۵-۳۴. هیستوگرام توزیع واحدهای هیدرولیکی جریان ۱۰۱
شکل ۵-۳۵. فراوانی واحدهای هیدرولیکی جریان در میدان ۱۰۲
شکل ۵-۳۶. مقطع مدل سه‌بعدی واحدهای هیدرولیکی جریان ۱۰۲
شکل ۵-۳۷. نمایی از تنظیمات مدلسازی FZI ۱۰۴
شکل ۵-۳۸. مدل FZI در جهت x ۱۰۴
شکل ۵-۳۹. مدل FZI در جهت y ۱۰۵
شکل ۵-۴۰. مدل FZI در جهت z ۱۰۵

شکل ۵-۴۱. مدل سه بعدی FZI ۱۰۶
شکل ۵-۴۲. هیستوگرام توزیع FZI ۱۰۶
شکل ۵-۴۳. مقطع مدل سه‌بعدی شاخص زون جریان ۱۰۷
شکل ۴-۴۴. مدل تخلخل در جهت x ۱۰۸
شکل ۵-۴۵. مدل تخلخل در جهت y ۱۰۸
شکل ۵-۴۶. مدل تخلخل در جهت z ۱۰۹
شکل ۵-۴۷. مدل سه بعدی تخلخل ۱۰۹
شکل ۵-۴۸. هیستوگرام توزیع تخلخل ۱۱۰
شکل ۵-۴۹. مقطع مدل سه‌بعدی توزیع تخلخل ۱۱۰
شکل ۵-۵۰. رابطه تخلخل-تراوایی برای هر واحد هیدرولیکی جریان ۱۱۲
شکل ۵-۵۱. مدل تراوایی در جهت x ۱۱۳
شکل ۵-۵۲. مدل تراوایی در جهت y ۱۱۳
شکل ۵-۵۳. مدل تراوایی در جهت z ۱۱۴
شکل ۵-۵۴. مدل سه بعدی تراوایی ۱۱۴
شکل ۵-۵۵. مقطع مدل سه‌بعدی توزیع تراوایی ۱۱۵

فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه

همواره تعیین دقیق و سرشت نمایی[۱] درست لایه‌های مخزنی نفت و گاز از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده است که این مهم موجب شده است فعالان این صنعت، به موازات پیشرفت صنایع حفاری و استخراج، همواره به دنبال روشهای بهینه و دقیق برای سرشت نمایی لایه‌های مخزنی باشند تا بتوانند ریسک ذاتی این مرحله حیاتی، مرحله اکتشاف، را کاهش دهند، چرا که دقت و صرفه اقتصادی پروژه وابستگی زیادی به میزان دقت این مرحله دارد. در کنار روشهای اصلی اکتشاف مخازن هیدروکربنی مانند اکتشافات ژئوفیزیکی، پتروفیزیکی و ژئوشیمیایی، استفاده از روشهای ترکیبی می‌تواند در افزایش دقت جستجوی ذخایر هیدروکربنی[۲]، و به موازات آن، کاهش ریسک اکتشاف، تاثیر به سزایی داشته باشد. با این حال، مهندسین اکتشاف و مخازن هیدروکربنی همواره تاکید زیادی بر پایین نگه داشتن هزینه‌ها داشته اند، چرا که یک اکتشاف زمانی قابل قبول تلقی می‌شود که نه تنها بتواند محل دقیقی از مخازن را مشخص کند، بلکه بتواند با استفاده از کمترین هزینه بیشترین بازدهی را داشته باشد که این منوط به دقت روشهای اکتشافی و صحت نتایج حاصله است.

روشهای هوش مصنوعی[۳] با سرعت زیادی در حال رشد هستند که این نتیجه‌ی توفیق قابل قبول این روشها در ارائه جوابهای قابل استناد برای مسائل مهندسی، از جمله روشهای تخمین (مانند مدلسازی و شبیه سازی) و پردازش، می‌باشد. امروزه بخش قابل توجهی از محاسبات و تخمینهای طاقت فرسا، که به طور ذاتی خطای زیادی هم دارند، توسط برنامه‌های کامپیوتری که خصیصه هوشمندی آنها را قابل اعتماد می‌کند، انجام می‌شود که پردازش این حجم اطلاعات، بدون داشتن این نرم افزارهای هوشمند بسی غیر ممکن به نظر می‌رسد، چرا که با ورود علم به عصر دیجیتال، و توسعه ابزارهای اندازه گیری دیجیتال (که منجر به تولید حجم عظیمی از اطلاعات در عرصه علم و فناوری شده) دیگر نمی‌توان از روشهای *آنالوگ*[۴] برای پردازش این اطلاعات بهره برد.

واحدهای هیدرولیکی جریان (*HFU*) بنابر تعریف *ابانکس*[۵]، بخشی از سنگ مخزن هستند که قابل نقشه برداری اند و در آنها خواص پتروفیزیکی و زمین شناسی که بر جریان سیال موثرند، ثابت هستند و به طور قابل پیش بینی از خواص بخشهای دیگر سنگ مخزن متفاوت‌اند (ابانکس، ۱۹۸۷). طبیعت سنگهای مخزنی نفت و گاز تعیین کننده‌ی میزان سیال موجود در فضای خالی داخل این سنگها، توانایی حرکت سیال از میان این منافذ و دیگر خواص

---

[۱] *Reservoir Characterization*
[۲] *Hydrocarbon Prospecting*
[۳] *Artificial Intelligence*
[۴] *Analogue*
[۵] *Ebanks*

فیزیکی سنگ مخزن است. در نتیجه تشخیص و به نقشه در آوردن صحیح این خواص، یا آنچه در این پژوهش به دنبال آن هستیم، تشخیص، سرشت نمایی و مدلسازی واحدهای هیدرولیکی جریان (*HFU*)، در مشخص کردن طبیعت سنگهای مخزنی و به تبع آن دسته بندی آنها[۱] بر پایه ارزش اکتشافی و مخزنی‌شان، نقش مهم و اساسی در اکتشافات هیدروکربنی ایفا می‌کند. در حقیقت با استفاده از مفهوم واحدهای هیدرولیکی جریان، می‌توان لایه‌های مخزنی را به زونهایی با اختصاصات مخزنی تقسیم کرد که در آن زونها خواص مخزنی خاصی که در نحوه ذخیره شدن و جریان سیال موثرند، ثابتند، و می‌توان از یک چنین طبقه‌بندی، محدوده[۲] تولیدی در یک چاه را به زونهای تولیدی با خصوصیات متفاوت، و به تبع آن، رفتار متفاوت، تقسیم کرد. از یک چنین طبقه‌بندی می‌توان در پیش‌بینی رفتار تولیدی زونهای مختلف در چاههای مختلف بهره برد و اقدامات لازم برای بهینه‌سازی مراحل بعدی را انجام داد.

مدلسازی مخزن مرحله‌ای است که در آن شمای کلی لایه‌های مخزنی در منطقه میدان مشخص می‌شود که می‌توان توسط آن ایده‌های دقیق‌تر و ملموس‌تر در مورد نحوه گسترش لایه‌های مخزنی و ضخامت آنها ارائه کرد. اما دقت این مرحله وابسته است به دقت نتایج مرحله قبل، یعنی تعیین واحدهای هیدرولیکی جریان. هر چقدر اطلاعات و نتایج حاصل از مرحله قبل دقیق‌تر و صحیح‌تر باشند، توزیع خواص مخزنی، گسترش و ضخامت هر زون مخزن را صحیح‌تر نشان دهند، مدل حاصل از مدلسازی نتایج، با توجه به روش و روند خود مدلسازی، مدلی واقع بینانه‌تر و درست‌تر تولید خواهد کرد.

داده‌ها نقش اصلی را در انتخاب روشها و نتایج حاصل ایفا می‌کنند. هر مرحله را تنها زمانی می‌توان موفق تلقی کرد اگر داده کافی موجود باشد و روش تحلیل به کار رفته متناسب با آن داده‌ها انتخاب شده باشد. آنچه در اینجا قابل ذکر است این است که مدلسازی مرحله‌ای است که در آن از انواع داده‌ها بهره گرفته می‌شود تا به بهترین مدل منتج شود. از آنجایی که چاههای نفت در فواصل دور از هم حفاری می‌شوند، معمولا داده‌ای جز داده‌های مطالعات لرزه‌ای در فواصل بین چاهها وجود ندارد. لذا می‌توان با بهره‌گیری از داده‌های لرزه‌ای، مطالعات را به فواصل بین چاه نیز تعمیم داده و دقت مدل را افزایش داد. شناسه لرزه‌ای به کار رفته در این پژوهش رابطه خطی با خواص مدل شده دارد که نتایج آن را بسیار بهبود بخشیده است.

دقت و صحت نتایج خروجی هر مرحله تاثیر مستقیمی روی نتایج مراحل بعدی و خروجی نهایی مدلسازی دارد. در نتیجه درک درست داده‌های ورودی، روند کار و خروجی مورد نظر می‌تواند در محصول کل کار بسیار

---

[۳] *Classification*
[۴] *Interval*

موثر و سازنده باشد. به همین دلیل پس از بررسی داده‌های خام اولیه، باید خروجی هر مرحله را با دلایل و شواهد ملموس، مانند گزارشات زمین شناسی، محک زد تا به بهترین خروجی ممکن دست یافت.

در این پایان نامه تلفیقی از روشهای پتروفیزیکی و ژئوفیزیکی، با استفاده از روشهای هوش مصنوعی، برای مدلسازی واحدهای هیدرولیکی جریان، تخلخل، تراوایی و شاخص زون جریان در یکی از میادین شرکت فلات قاره ایران[1] ، به کار برده شده است که نتایج حاصله انطباق خوبی با واقعیت دارد. از نتایج این پروژه در مراحل بعدی توسعه این میدان استفاده خواهد شد که می‌توان به این موارد اشاره کرد: پیش بینی و مدلسازی میزان گسترش زونهای مخزنی از جنبه عمق و گستردگی، پیش بینی زونهای مستعد برای حفاریهای بیشتر[2]، پیش بینی تولید در هر یک از چاههای حفاری شده و بررسی لزوم حفاری چاههای افقی و استفاده از مدلهای ساخته شده برای شبیه سازی مخزن.

۱-۲-هدف پژوهش

هدف از انجام این پایان نامه، تشخیص و سرشت نمایی واحدهای هیدرولیکی جریان[3] (*HFU*) و مدلسازی آنها با استفاده از داده‌های پتروفیزیکی و شناسه‌های لرزه‌ای[4] برای درک بهتر و دقیقتر ساختار و عمق و گسترش لایه‌های مخزنی می‌باشد. از آنجایی که دقت و صحت نتایج مطالعات اکتشافی نقش بسیار مهمی در عملیات بعدی مثل حفاری و استخراج، دارد، لذا صنعتگران نفت همیشه به دنبال کاهش ریسک و افزایش دقت در مطالعات خویش بوده اند. اینکه لایه‌های مخزنی در چه عمقی قرار دارند، گسترش آنها چقدر است و چه رفتاری را حین حفاری و استخراج از خود نشان خواهند داد، همه در تصمیم‌گیری برای مراحل بعدی تاثیر به سزایی خواهند داشت. لذا درک دقیق طبیعت لایه‌های مخزنی، یا آنچه که در این پایان نامه از آن نامبرده‌ایم، واحدهای هیدرولیکی جریان، می‌تواند نقشی حیاتی در بهینه سازی عملیات و تصمیم گیریهای آتی داشته باشد. در این پروژه، با استفاده از روشهای مختلف و با در دست داشتن داده‌های پتروفیزیکی و ژئوفیزیکی، لایه‌های مخزنی یکی از میادین شرکت فلات قاره را به واحدهای هیدرولیکی جریان طبقه بندی کرده و سپس با دخیل کردن شناسه‌های لرزه‌ای، مدلی سه بعدی از تخلخل، تراوایی و شاخص زون جریان تولید کرده‌ایم، باشد تا توانسته باشیم در بهینه‌سازی و کاهش ریسک عملیات اکتشاف این میدان نقش موثری داشته باشیم.

---

[1] *Iranian Offshore Oil Company*
[2] *Further Drilling*
[3] *Hydraulic Flow Units*
[4] *Seismic Attributes*

اهداف کلی از انجام این پایان نامه را به صورت زیر می‌توان بیان کرد:

- طبقه‌بندی لایه‌های مخزنی به واحدهایی با مشخصات فیزیکی و پتروفیزیکی خاص به نام واحدهای هیدرولیکی جریان در چاههای دارای مغزه با استفاده از روشهای مختلف
- پیش‌بینی عمق و گسترش واحدهای هیدرولیکی جریان در چاههای بدون داده مغزه اما دارای داده‌های چاه‌نگاری با استفاده از روشهای هوش مصنوعی مانند شبکه عصبی
- مدلسازی واحدهای هیدرولیکی جریان، تخلخل، تراوایی و شاخص زون جریان در میدان مورد مطالعه به منظور درک عمیقتر از نحوه گسترش واحدهای هیدرولیکی جریان
- بهره‌گیری از داده‌های لرزه‌ای در مدلسازی خواص مخزنی و افزایش دقت مدلسازی

۱-۳-روش پژوهش

این پژوهش مطالعه موردی است در یکی از میادین شرکت نفت فلات قاره ایران که در آن از روشهای آماری، زمین آماری، هوش مصنوعی و مدلسازی بهره گرفته شده است. این مطالعه داده‌های پتروفیزیکی و لرزه‌ای را برای سرشت‌نمایی سنگهای مخزنی این میدان به کار برده است که نتایج، نشان از مفید بودن داده‌ها و روشهای به کار گرفته شده دارد. این پژوهش می‌کوشد تا با معرفی یک روش ترکیبی جدید، سرشت‌نمایی سنگهای مخزنی در این میدان را بهبود بخشد.

۱-۳-۱-داده‌های موجود

وجود داده در مقیاسهای مختلف (مثل داده‌های مغزه به عنوان داده کوچک مقیاس و داده‌های لرزه‌ای به عنوان داده‌های بزرگ مقیاس) می‌تواند کمک شایانی به افزایش وضوح[۱] مدل بدست آمده از نرم افزارهای مدلسازی مخزن ،مثل *PETREL*، کند. لذا محققان همواره تمایل به جمع‌آوری داده از منابع تحقیقاتی مختلف یک میدان داشته‌اند تا بتوانند دقت بالایی در تخمین و مدلسازی پارامترهای مهم مخزنی را بدست آورند و متعاقبا ریسک این مرحله را کاهش دهند. از داده‌های مهم در مطالعات اکتشافی-مخزنی این میدان به موارد زیر اشاره کرد:

- گزارشات زمین شناسی میدان

[۱] *Resolution*