بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی هسته ای (پرتوپزشکی)

# شبیه سازی چاه پیمای نوترونی با مشخصات محیط نار-۳ توسط کد MCNP و تعیین میزان تخلخل از روی داده های چاه پیمای نوترونی و داده های شبیه سازی توسط منطق فازی روی چاه نار-۵

به وسیله ی
مجتبی وردیان

استاد راهنما
دکتر رضا فقیهی

اساتید مشاور
دکتر فریدون اسماعیل زاده
مهندس سیمین مهدی زاده
مهندس حمیدرضا نصریانی

شهریور ۱۳۸۸

**بنام خدا**

# شبیه سازی چاه پیمای نوترونی با مشخصات محیط نار-۳ توسط کد MCNP و تعیین میزان تخلخل از روی داده های چاه پیمای نوترونی و داده های شبیه سازی توسط منطق فازی روی چاه نار-۵

**به وسیله ی**

**مجتبی وردیان**

**پایان نامه**

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

**در رشته**

**مهندسی هسته ای-گرایش پرتو پزشکی**

**از دانشگاه شیراز**

**شیراز**

**جمهوری اسلامی ایران**

**ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی**

**دکتر رضا فقیهی استادیار مهندسی هسته ای (رئیس کمیته).....**

**دکتر فریدون اسماعیل زاده دانشیار مهندسی شیمی.....**

**مهندس سیمین مهدی زاده مربی مهندسی هسته ای.....**

**مهندس حمیدرضا نصریانی کارشناس ارشد مهندسی مخازن.....**

**شهریور ۱۳۸۸**

# بـــــه نـــام خـــــدا

## اظهـار نـامـــــه

اینجانـــب مجتبی وردیان دانشجـــوی رشته ی مهندسی هسته ای گرایش پرتوپزشکی دانشکده‌ی مهندسی اظهار می کنم که این پایان نامه حاصل پـژوهش خـودم بـــوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانـشگاه دسـتاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قـرار نـدهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نـام ونـام خـانـوادگی: مجتبی وردیان

تـاریخ و امضاء:

تقدیم به

پدر و مادر و همسرم

# سپاسگزاری

با سپاس و تشکر فراوان از راهنمائی های ارزنده ی اساتید گرانقدر، آقای **دکتر رضا فقیهی** که مسئولیت راهنمائی این پروژه را به عهده داشتند و با تشکر فراوان از اساتید محترم، خصوصا جناب آقای **دکتر فریدون اسماعیل زاده**، خانم **مهندس سیمین مهدی زاده** و آقای **مهندس حمیدرضا نصریانی** و آقای **مهندس صمد جوکار** از شرکت زاگرس جنوبی که در طی انجام پروژه از مشاوره های ارزنده ی ایشان برخوردار بوده ام.

همچنین از مدیر عامل محترم شرکت زاگرس جنوبی و دیگر مدیران آن که امکان استفاده اینجانب از داده های پتروفیزیکی و امکانات لازم را فراهم کردند، تشکر و قدردانی می نمایم.

# چکیده

## شبیه سازی چاه پیمای نوترونی با مشخصات محیط نار-۳ توسط کد MCNP و تعیین میزان تخلخل از روی داده های چاه پیمای نوترونی و داده های شبیه سازی توسط منطق فازی روی چاه نار-۵


**به وسیله ی:**
**مجتبی وردیان**



فرایند تعیین خصوصیات و مشخصات مخازن هیدروکربن توسط چاه پیمایی در دو مرحله می باشد. مرحله ی اول راندن یک یا چند پروپ چاه پیمایی در یک چاه و بدست آوردن اطلاعات مربوط به نقاط مختلف چاه و مرحله ی دوم پردازش اطلاعات بدست آمده از پروپ های چاه پیمایی و تفسیر آنها و در نهایت تعیین خصوصیات و مشخصات مخزن می باشد. در این مطالعه، در مرحله اول با استفاده از اطلاعات موجود، ابتدا یک پروب نوترونی حرارتی مدل (CNL) با کد محاسباتی $MCNP4C$ شبیه سازی شد و در مرحله دوم یک نرم افزار فازی- عصبی تهیه شد که امکان برآورد تخلخل و نفوذپذیری از داده های خام را فراهم می کند. در شبیه سازی چاه پیمای نوترونی، منحنی کالیبراسیون آن، عوامل فیزیکی حاکم بر تغییرات منحنی کالیبراسیون، رفتار چاه پیمای نوترونی در جنس سنگ های مختلف بررسی شد. سپس آرایش منحنی های نسبت شمارش آشکارسازهای نزدیک و دور در جنس سنگ های مختلف نسبت به هم بررسی و پدیده های فیزیکی حاکم بر این آرایش منحنی ها تعیین شد تا اینکه فاصله ی مناسب آشکارسازها از چشمه ی نوترونی برای جلوگیری از همپوشانی منحنی ها مشخص شود. وابستگی متقابل انرژی نوترون های سازنده منحنی های چاه پیمای نوترونی و محل قرار گیری آشکارسازهای نوترونی به هم و همچنین محدوده ی انرژی نوترون های شرکت کننده در منحنی های تولید شده توسط چاه پیمای نوترونی نیز بررسی گردید.

درمرحله ی دوم، از طریق پردازش اطلاعات حاصل شده از چاه پیمایی توسط سیستم فازی، تخلخل و نفوذپذیری که تأثیر بسیار زیادی روی شناخت مخزن و میزان ذخیره و قابلیت تولید مخزن را دارند بررسی شد و نشان داده شد که خصوصیاتی از مخزن را که مستقیماً از طریق اندازه گیری های چاه پیماهای موجود نمی توان تعیین کرد را می توان از طریق سیستم هوشمند فازی – عصبی تعیین کرد.

سیستم تعیین خصوصیات مخزن (فازی - عصبی) را روی داده های چاه پیمایی جمع آوری شده از میدان های نفتی و گازی زاگرس جنوبی ایران تست شده است. ضریب همبستگی نتایج سیستم های تفسیر طراحی شده روی داده های واقعی نزدیک به یک است و خطای مربع متوسط نرمالیزه شده آنها نزدیک صفر است.

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**۱ – مقدمه ..... ۱**

الف. شبیه سازی با *MCNP4C* : ..... ۳

ب. تفسیر با منطق فازی ..... ٤

**۲ - تئوری ..... ٦**

۲-۱- چاه پیماي نوتروني : ..... ۷

۲-۱-۱- چشمه ي نوتروني : ..... ۷

۲-۱-۲- آشکارساز نوترونی : ..... ۸

۲-۱-۳- اصول اندازه گیری چاه پیمای نوترونی : ..... ۱۰

۲-۱-۳-۱- کالیبراسیون و استانداردسازی : ..... ۱۳

۲-۱-۳-۲- حجم تحقیق : ..... ۱۵

۲-۲- برخورد نوترون با مواد : ..... ۱٦

۲-۲-۱- سطح مقطع : ..... ۱٦

۲-۲-۲- انواع برخوردهاي نوترون با مواد : ..... ۱۸

۲-۲-۲-۱- برخورد پراکندگی الاستیك : ..... ۱۸

۲-۲-۲-۲- برخورد پراکندگی غیرالاستیك : ..... ۲۰

۲-۲-۲-۳- برخورد جذب تابشي : ..... ۲۰

۲-۲-۲-۴- واکنش تولید ذرات باردار : ..... ۲۰

۲-۲-۲-۵- واکنش تولید نوترون : ..... ۲۱

۲-۲-۲-۶- شکافت : ..... ۲۱

۲-۲-۲-۷- سطح مقطع کل : ..... ۲۱

۲-۲-۳- رفتار هیدروژن : ..... ۲۱

۲-۲-۴- سطح مقطع ماکروسکوپیك و تضعیف نوترون : ..... ۲۲

۲-۲-۵- سطح مقطع برخورد در برخورد با مولکول ها : ..... ۲۳

۲-۲-۶- برخورد پراکندگی الاستیك نوترون هاي کم انرژي با مولکول ها و جامدات : ..... ۲٤

۲-۲-۷- توزیع زاویه ای نوترون ها پس از برخورد بر اساس جرم اتمی هسته ی هدف : ..... ۲۵
۲-۲-۸-چگالي برخورد ..... ۲۶
۲-۲-۹- کاهش انرژی نوترون پس از برخورد ..... ۲۶
۲-۳ - نحوه ي کار کد محاسباتي هسته اي MCNP : ..... ۲۸
۲-۴- تئوری فازی ..... ۲۹
۲-۴-۱- مجموعه های فازی : ..... ۲۹
۲-۴-۲- متغیرهای زبانی ..... ۳۰
۲-۵- شبکه های عصبی مصنوعی ..... ۳۱
۲-۶- *ANFIS* : ..... ۳۵
**۳– پیشینه تحقیق ..... ۳۷**
۳-۱- پیشینه *MCNP* ..... ۳۸
۳-۲- پیشینه فازی ..... ۳۹
**۴-ابزار و وسایل : ..... ۴۲**
۴-۱- شبیه سازی توسط کدهای محاسباتی هسته ای ..... ۴۳
۴-۱-۱- کد محاسباتی *MCNP4C* ..... ۴۴
۴-۱-۲- فرمت فایل ورودی کد *MCNP4C* ..... ۴۵
۴-۱-۲-۱- خط عنوان $(title-card)$ ..... ۴۵
۴-۱-۲-۲- قسمت مربوط به سلول $(cell-cards)$ ..... ۴۵
۴-۱-۲-۳- قسمت مربوط به صفحات $(surface-cards)$ ..... ۴۶
۴-۱-۲-۴- کارت های داده $(data-cards)$ ..... ۴۸
۴-۲- ساختار ANFIS : ..... ۵۱
**۵ – مراحل انجام پروژه ..... ۵۶**
۵-۱- مراحل شبیه سازي پروژه با کد *MCNP4C* : ..... ۵۷
۵-۱-۱- چاه: ..... ۵۷
۵-۱-۲- سازند اطراف چاه: ..... ۵۷
۵-۱-۳- مجموعه کل چاه پیما : ..... ۵۷
۵-۲- تفسیر با منطق فازی: ..... ۶۰
**۶- نتایج ..... ۶۲**
۶-۱- نتایج شبیه سازی با *MCNP4C* ..... ۶۳

۶-۱-۱- منحنی کالیبراسیون : ..... ٦٣
۶-۱-۲- بررسی پدیده های فیزیکی حاکم بر منحنی های کالیبراسیون : ..... ٦٤
۶-۱-۳- منحنی تصحیح جنس سنگ :..... ٨٢
۶-۱-۴- بررسی پدیده های فیزیکی حاکم بر منحنی های تصحیح جنس سنگ :..... ٨٤
۶-۱-۵- بررسی رفتار چاه پیمای نوترونی در محیط هیدروکربن :..... ١٠١
۶-۱-۶- طیف سنجی انرژی نوترون های تشکیل دهنده منحنی های چاه پیمای نوترونی : ..... ١٠٢
۶-۲-نتایج شبیه سازی با فازی : ..... ١٠٨
۶-۲-۱- تخلخل : ..... ١٠٨
۶-۲-۲- نفوذپذیری : ..... ١١١
**۷ – نتیجه گیری : ..... ١١٤**
الف. شبیه سازی *MCNP4C* ..... ١١٥
ب. تفسیر با فازی ..... ١١٦
**منابع :..... ١١٧**

## فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**

جدول۱-۲. مقایسه پارامتر برخورد بر حسب جرم اتمی..... ۲۷
جدول۱-۴. کارت های سطح در $MCNP$ ..... ۴۷
جدول۲-۴. متغیر های مورد استفاده در تعریف چشمه..... ۴۹
جدول۳-۴. تالی های $MCNP$ ..... ۵۰
جدول۱-۶. جدول سطح مقطع برخورد پراکندگی در دولومیت،کلسیت و ماسه سنگ..... ۸۶
جدول۲-۶. سطح مقطع جذب $He-3$ ..... ۱۰۵

## فهرست شکل ها

**عنوان** **صفحه**


شکل ۱-۲. سطح مقطع هلیوم-۳ بر طبق انرژی..... ۱۰
شکل ۲-۲. همپوشانی منحنی های چاه پیمای نوترونی بر اساس فاصله آشکارساز تا چشمه..... ۱۱
شکل ۳-۲. فرآیند های نوترون در سازند اطراف یک چاه، در مسیر از چشمه تا آشکار ساز..... ۱۲
شکل ۴-۲. منحنی های کالیبراسیون یک پروب تخلخلی- نوترونی جبران شده از روی داده های پیت کالیبراسیون موسسه نفت آمریکا..... ۱۴
شکل ۵-۲. فرآیند برخورد یک بیم نوترونی با جسم هدف..... ۱۶
شکل ۶-۲. سطح مقطع پراکندگی الاستیک و سطح مقطع کل کربن..... ۱۹
شکل ۷-۲. سطح مقطع پراکندگی یک اتم (هسته)که در یک مولکول قرار دارد، به عنوان تابعی از $E/B_m$ در انرژی های پایین در $0^\circ K$، که $E$ انرژی نوترون برخوردی و $B_m$ انرژی بستگی اتم در مولکول است..... ۲۵
شکل ۸-۲. مدل بررسی مراحل تاریخچه ذرات در $MCNP4C$ ..... ۲۸
شکل ۹-۲. مدل شبیه سازی شده یک نورون..... ۳۲
شکل ۱۰-۲. مدل شبیه سازی شده نورون ها در یک شبکه عصبی..... ۳۳
شکل ۱۱-۲. نحوه کار یک شبکه عصبی..... ۳۴
شکل ۱۲-۲. عملیات در یک شبکه عصبی..... ۳۴
شکل ۱-۴. تاریخچه زندگی یک نوترون..... ۴۳
شکل ۲-۴. شبکه $ANFIS$ با دو ورودی و یک خروجی و محاسبات خروجی آن..... ۵۲
شکل ۱-۵. چاه پیمای نوترونی حرارتی جبران شده شبیه سازی شده با کد محاسباتی $MCNP4C$ ..... ۶۰
شکل ۱-۶. منحنی کالیبراسیون بدست آمده از چاه پیمای نوترونی شبیه سازی شده با $MCNP4C$ در کلسیت..... ۶۳
شکل ۲-۶. منحنی کالیبراسیون بدست آمده از چاه پیمای نوترونی شبیه سازی شده با $MCNP4C$ در دولومیت..... ۶۴
شکل ۳-۶. منحنی کالیبراسیون بدست آمده از چاه پیمای نوترونی شبیه سازی شده با $MCNP4C$ در ماسه سنگ..... ۶۴
شکل ۴-۶. نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $90^\circ$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط هایی که تخلخل آنها با هم متفاوت و در بازه ی انرژی $E_d = 0 - 0.1eV$..... ۶۷

شکل ۵-۶. نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $90^{\circ}$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط هایی که تخلخل آنها با هم متفاوت و در بازه ی انرژی $E_d = 0.1-1eV$ ..... ۶۷
شکل ۶-۶. نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $90^{\circ}$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط هایی که تخلخل آنها با هم متفاوت و در بازه ی انرژی $E_d = 1eV-100KeV$ ..... ۶۸
شکل ۷-۶. نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $90^{\circ}$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط هایی که تخلخل آنها با هم متفاوت و در بازه ی انرژی $E_d = 100KeV-2MeV$ ..... ۶۸
شکل ۸-۶. مقایسه نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $90^{\circ}$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در یک محیط اما در بازه های انرژی متفاوت..... ۶۹
شکل ۹-۶. نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $135^{\circ}$ نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط هایی که تخلخل آنها با هم متفاوت و در بازه ی انرژی $E_d = 0-0.1eV$ ..... ۷۰
شکل ۱۰-۶. نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $135^{\circ}$ نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط هایی که تخلخل آنها با هم متفاوت و در بازه ی انرژی $E_d = 0.1-1eV$ ..... ۷۰
شکل ۱۱-۶. نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $135^{\circ}$ نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط هایی که تخلخل آنها با هم متفاوت و در بازه ی انرژی $E_d = 1eV-100KeV$ ..... ۷۱
شکل ۱۲-۶. نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $135^{\circ}$ نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط هایی که تخلخل آنها با هم متفاوت و در بازه ی انرژی $E_d = 100KeV-2MeV$ ..... ۷۱
شکل ۱۳-۶. مقایسه نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $135^{\circ}$ نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در یک محیط اما در بازه های انرژی متفاوت ..... ۷۲
شکل ۱۴-۶. مقایسه نسبت تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه بین بازه ی زاویه ای $90^{\circ}$ و $135^{\circ}$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در یک محیط ..... ۷۲
شکل ۱۵-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز ..... ۷۴
شکل ۱۶-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز ..... ۷۴

شکل ۶-۱۷. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۷۵
شکل ۶-۱۸. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۷۵
شکل ۶-۱۹. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۷۶
شکل ۶-۲۰. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۷۷
شکل ۶-۲۱. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۷۷
شکل ۶-۲۲. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۷۸
شکل ۶-۲۳. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۷۸
شکل ۶-۲۴. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۷۹
شکل ۶-۲۵. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۸۰
شکل ۶-۲۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۸۰
شکل ۶-۲۷. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۸۱
شکل ۶-۲۸. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۸۱
شکل ۶-۲۹. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط هایی که تفاوت آنها در تخلخل آنها است در بازه های متفاوت انرژی چشمه و آشکارساز .....۸۲
شکل ۶-۳۰. منحنی های تصحیح جنس سنگ بدست آمده از شبیه سازی چاه پیمای نوترونی توسط کد $MCNP4C$ .....۸۳
شکل ۶-۳۱. چارت por-13b (چارت منحنی های تصحیح جنس سنگ ) منتشر شده توسط شرکت شلم برگر.....۸۴
شکل ۶-۳۲. سطح مقطع جذب کلسیم و منیزیم .....۸۷
شکل ۶-۳۳. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 4 - 4.5MeV$ و $E_s = 4.5MeV$ .....۸۸

شکل۳۴-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز و چشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 1ev - 100Kev$ و $E_s = 1ev - 100Kev$ ..... ۸۸
شکل ۳۵-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0.1ev - 1ev$ و $E_s = 1ev$ ..... ۸۹
شکل ۳۶-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0 - 0.1ev$ و $E_s = 0.1ev$ ..... ۸۹
شکل ۳۷-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 100Kev - 2Mev$ و $E_s = 4.5MeV$ ..... ۹۲
شکل ۳۸-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 1ev - 100Kev$ و $E_s = 4.5MeV$ ..... ۹۳
شکل ۳۹-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0.1 - 1ev$ و $E_s = 4.5MeV$ ..... ۹۳
شکل ۴۰-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0 - 0.1ev$ و $E_s = 4.5MeV$ ..... ۹۴
شکل ۴۱-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0.1 - 1ev$ و $E_s = 1eV - 100KeV$ ..... ۹۴
شکل ۴۲-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0 - 0.1ev$ و $E_s = 1eV - 100KeV$ ..... ۹۵
شکل ۴۳-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0 - 0.1ev$ و $E_s = 1eV$ ..... ۹۵
شکل ۴۴-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $135^\circ$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 100Kev - 2Mev$ ..... ۹۷

شکل ۴۵-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $135^{\circ}$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 1ev - 100Kev$ ..... ۹۷
شکل ۴۶-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $135^{\circ}$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0.1 - 1ev$ ..... ۹۸
شکل ۴۷-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $135^{\circ}$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0 - 0.1ev$ ..... ۹۸
شکل ۴۸-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $90^{\circ}$ نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 100Kev - 2Mev$ ..... ۹۹
شکل ۴۹-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $90^{\circ}$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 1ev - 100Kev$ ..... ۹۹
شکل ۵۰-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $90^{\circ}$ نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0.1 - 1ev$ ..... ۱۰۰
شکل ۵۱-۶. تعداد نوترون های شمارش شده توسط آشکارسازها در فواصل موثر مختلف بین آشکارساز وچشمه در بازه ی زاویه ای $90^{\circ}$نسبت به جهت ساطع شدن ذرات از چشمه در محیط های کلسیتی، دولومیتی و ماسه سنگی در بازه های متفاوت انرژی $E_d = 0 - 0.1ev$ ..... ۱۰۰
شکل ۵۲-۶. منحنی های تصحیح جنس سنگ بدست آمده از شبیه سازی، وقتی که منافذ سازند را هیدروکربن پر کرده است ..... ۱۰۱
شکل ۵۳-۶.نحوه قرار گیری منحنی های کالیبراسیون در محیط های کلسیت، دولومیت و ماسه سنگ وقتی که فقط نوترون های با انرژی $0 - 0.03ev$ را آشکار کنیم ..... ۱۰۵
شکل ۵۴-۶. نحوه قرار گیری منحنی های کالیبراسیون در محیط های کلسیت، دولومیت و ماسه سنگ وقتی که فقط نوترون های با انرژی $0 - 0.05ev$ را آشکار کنیم ..... ۱۰۶
شکل ۵۵-۶. نحوه قرار گیری منحنی های کالیبراسیون در محیط های کلسیت، دولومیت و ماسه سنگ وقتی که فقط نوترون های با انرژی $0 - 0.1ev$ را آشکار کنیم ..... ۱۰۶
شکل ۵۶-۶. نحوه قرار گیری منحنی های کالیبراسیون در محیط های کلسیت، دولومیت و ماسه سنگ وقتی که فقط نوترون های با انرژی $0 - 0.5ev$ را آشکار کنیم ..... ۱۰۷
شکل ۵۷-۶. نحوه قرار گیری منحنی های کالیبراسیون در محیط های کلسیت، دولومیت و ماسه سنگ وقتی که فقط نوترون های با انرژی $0 - 1ev$ را آشکار کنیم ..... ۱۰۷

شکل ۵۸-۶. نحوه قرار گیری منحنی های کالیبراسیون در محیط های کلسیت، دولومیت و ماسه سنگ وقتی که فقط نوترون های با انرژی $5ev - 0$ را آشکار کنیم .....۱۰۸
شکل ۵۹-۶. منحنی ضریب همبستگی برای تخلخل روی داده های آموزشی .....۱۱۰
شکل ۶۰-۶. منحنی ضریب همبستگی برای تخلخل روی داده های تستی .....۱۱۱
شکل ۶۱-۶. منحنی ضریب همبستگی برای نفوذپذیری روی داده های آموزشی .....۱۱۲
شکل ۶۲-۶. منحنی ضریب همبستگی برای نفوذپذیری روی داده های تستی .....۱۱۳

# فهرست نشانه هاي اختصاري

| | |
|---|---|
| **MCNP** | *Monte Carlo N-Particle transport* |
| **MCNP4C** | *Monte Carlo N-Particle transport version 4C* |
| **API** | *American Petroliume Institute* |
| **CNL** | *Compensated Neutron Log* |
| **ev** | *electron volt* |
| **Kev** | *Kilo electron volt* |
| **Mev** | *Mega electron volt* |
| **PHI** | *Porosity* |
| **NPHI** | *Neutron Porosity* |
| **GR** | *Gamma Ray* |
| **Rhob** | *Bulk Density* |
| **RT** | *Resistivity* |
| **ANFIS** | *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* |
| **gbell** | *generalized bell function* |
| **MSE** | *Means square error* |
| **NMSE** | *Nomalized Means square error* |

# فصل اول

## مقدمه

نقش نمودارگیری از چاه در صنعت نفت به نحوی است که به صورت چشم مهندسین عمل می نماید و می توان گفت که ارزیابی دقیق مخازن و تعیین وضعیت لایه ها در اعماق زمین، وضعیت سیمان در پشت لوله جداری و ده ها مورد دیگر بدون استفاده از نمودارهای چاه پیمایی تقریبا غیر ممکن است. [1]

چاه پیمایی به مجموعه ای از تکنیک ها بر می گردد که به طور عمده در صنعت نفت برای ثبت خصوصیات مخزن به صورت تابعی از عمق در درون چاه با استفاده از دستگاه های متنوع به کار می رود. دستگاه هایی که به طور عمده در چاه پیمایی استفاده می شود شامل صوتی، الکتریکی، مغناطیسی و هسته ای (فوتونی و نوترونی) می باشد. استخراج نفت پس از طی چندین فاز صورت می گیرد. حفر چاه، جا گذاری لوله های جداری و پمپ کردن و در نهایت استخراج نفت از این مراحل می باشد. نمودارگیری از طریق چاه پیمایی معمولاً قبل از جا گذاری لوله های جداری انجام می شود. البته نمودارگیری می تواند روی چاه هایی که نفت از آنها استخراج شده است نیز انجام گیرد. [1]

ابزارهای چاه پیمایی دستگاه های طولی می باشند که دارای گیرنده ها و فرستنده های متنوع هستند. ابزار چاه پیمایی معمولاً از طریق یک سیم طولانی که سیگنال های گیرنده ها را به سیستم های تحلیل داده که در سطح زمین قرار دارند منتقل می کنند، به درون چاه فرستاده می شوند. این ابزارها باید بتوانند اطلاعات جامع و کاملی از محیط چاه ثبت کنند تا به طور کامل و دقیق بتوان خصوصیات مخزن، میزان ذخیره ی مخزن و قابلیت تولید آن را تعیین کرد. [1]

فرایند تعیین خصوصیات و مشخصات مخازن هیدروکربن توسط چاه پیمایی دو مرحله می باشد. مرحله ی اول راندن یک پروپ چاه پیمایی در یک چاه و بدست آوردن اطلاعات مربوط به نقاط مختلف چاه می باشد. مرحله ی دوم پردازش اطلاعات بدست آمده از پروپ چاه پیمایی و تفسیر آنها و در نهایت تعیین خصوصیات و مشخصات مخزن می باشد. هر پروپ چاه پیمایی شامل مجموعه ای از ابزار اندازه گیری می باشد که هر یک از این ابزار، با اندازه گیری یک پارامتر مشخص مخزن(مثلاً سرعت صوت در هر محیط)، اطلاعاتی از لیتولوژی و سیالات درون مخزن را کسب می کند. یکی از ابزارهای مهم موجود در پروپ چاه پیمایی، ابزار اندازه گیری نوترون می باشد که تخلخل مخزن که یکی از مهم ترین خصوصیات مخزن است را تعیین می کند. کد محاسباتی هسته ای $MCNP4C$ یک ابزار بسیار قوی برای شبیه سازی ابزار نوترونی پروب چاه پیمایی می باشد.

برای تعیین خصوصیات مخزن از طریق پردازش اطلاعات حاصل شده از پروب های چاه پیمایی، روش های مختلفی وجود دارد که روش تفسیر فازی از دقیق ترین و پایدار ترین آنها می باشد. در