



دانشگاه تهران  
پردیس دانشکده‌های فنی  
دانشکده مهندسی معدن



پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
(مهندسی اکتشاف نفت)

عنوان

شیبه‌سازی زمین‌آماري پارامترهاي پتروفيزيكي يكي از ميادين  
نفتي جنوب‌غربي ايران با روش SGS

استاد راهنما:

دکتر علی‌اصغر حسنی‌پاک

استاد مشاور:

مهندس مشرفی‌زاده

نگارش:

سجاد بهزادی

تیر ۸۷

## تقدیر و تشکر:

استاد گرامی جناب آقای دکتر علی اصغر حسنی پاک

بر خود لازم می‌دانم از زحمات و راهنمایی‌های جنابعالی که مرا در انجام این پایان‌نامه یاری نموده‌اید سپاسگذاری نمایم.

و از جناب آقای مهندس مشرفی‌زاده در شرکت مهندسی و توسعه نفت که شرایط استفاده از داده‌های پتروفیزیکی میدان مورد مطالعه را فراهم نمودند تشکر می‌نمایم. همچنین از زحمات دوستان عزیزم جناب آقایان مهندس ایوب نارک‌نژاد، مهندس رضا قیامی، مهندس امین جودکی، مهندس حجت شفیعی که در آماده‌سازی این پایان‌نامه مرا یاری نمودند تقدیر می‌نمایم.

تقدیم به پدر و مادر عزیز و مهربانم

## چکیده

این میدان یکی از میداین نفتی جنوب غربی ایران می باشد. که سنگ مخزن آسماری در این میدان شبیه سازی می شود.

پارامتر های پتروفیزیکی این میدان شامل تخلخل و درجه اشباع آب بود که که مربوط به ۲۱ چاه در میدان بود که شبیه سازی شدند. میانگین تخلخل و در اشباع آب به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۴۲ می باشد. با استفاده از روش شبیه سازی گوسی متوالی در ابتدا ۲ پارامتر تخلخل و درجه اشباع بطور جداگانه شبیه سازی شد. سپس متغیر  $\phi(1 - S_w)$  ساخته شد که این متغیر به دو روش غیر مستقیم و مستقیم مدل سازی شد.

برای شبیه سازی هر کدام از پارامتر ها ابتدا مطالعات آماری بر روی آنها انجام شد و در نهایت داده ها نرمال استاندارد شدند. مطالعات واریو گرافی بر روی داده های نرمال انجام شد که جهات اصلی ناهمسانگردی در راستای ۱۳۵ (حد اکثر) و ۴۵ (حداقل) انتخاب شدند. سپس شبیه سازی با ۱۰۰ تحقق انجام شد. در اینجا برای شبیه سازی از واریو گرام و هیستو گرام بعنوان شروط شبیه سازی استفاده شد که بخوبی باز تولید شدند. مقایسه ای بین مدل سازی مستقیم و غیر مستقیم متغیر  $\phi(1 - S_w)$  انجام شد که در نهایت شبیه سازی مستقیم نتایج بهتری نشان داد. در نهایت میزان ذخیره درجا بر حسب حد آستانه های متفاوت از پارامتر  $\phi(1 - S_w)$  در سطوح اعتماد ۰/۹۵، ۰/۹۰، ۰/۸۰ بدست آورده شد.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه .....
۳	بخش اول: اصول زمین آمار کاربردی .....
۴	فصل اول .....
۴	مقدمه ای بر زمین آمار .....
۵	۱-۱- مقدمه .....
۵	۱-۱-۱- تاریخچه زمین آمار .....
۵	۱-۱-۲- تعریف زمین آمار .....
۵	۱-۲- واریو گرام .....
۸	۱-۳- کریجینگ زمین آماری .....
۸	۱-۳-۱- تخمینگر خطی .....
۹	۱-۳-۲- واریانس تخمین .....
۱۰	۱-۳-۳- می نیمم سازی واریانس .....
۱۱	۱-۳-۴- کواریانس مقادیر تخمین زده شده .....
۱۱	۱-۳-۵- واریانس مقادیر تخمین زده شده .....
۱۲	۱-۴- شبیه سازی زمین آماری .....
۱۲	۱-۴-۱- اضافه کردن مولفه تصادفی .....
۱۴	فصل دوم .....
۱۴	طبقه بندی روش های شبیه سازی .....
۱۵	۱-۲- مقدمه .....
۱۵	۱-۲-۲- طبقه بندی بر اساس ماهیت داده ها .....
۱۵	۱-۲-۲-۱- مدل های نا پیوسته .....
۱۵	۱-۲-۲-۲- مدل های پیوسته .....
۱۵	۱-۲-۳- طبقه بندی بر اساس الگوریتم .....
۱۶	۱-۳-۲- الگوریتم های گوسی .....

۱۶	۲-۳-۲- الگوریتم های شاخص
۱۶	۳-۳-۲ الگوریتم انیلینگ
۱۶	۴-۳-۲ الگوریتم P-field
۱۶	۵-۳-۲ الگوریتم بولین
۱۷	۴-۴-۲ طبقه بندی بر اساس شرطی بودن
۱۷	۱-۴-۲ شبیه سازی غیر شرطی
۱۷	۲-۴-۲ شبیه سازی شرطی
۱۸	۱-۲-۴-۲ شرطی سازی
۲۰	فصل سوم
۲۰	شبیه سازی گوسی متوالی
۲۱	۱-۳-۱ مقدمه
۲۲	۲-۳-۲ تئوری شبیه سازی
۲۵	۳-۳-۲ جزئیات اجرایی شبیه سازی گوسی متوالی
۲۵	۱-۳-۳ تخصیص داده ها به گره های شبکه
۲۷	۲-۳-۳ داده های محلی
۲۷	۱-۲-۳-۳ ماکزیمم تعداد داده ها
۳۰	۲-۲-۳-۳ جستجوی داده ها [۱۰ و ۲]
۳۳	۳-۳-۳ مسیر های شبیه سازی
۳۳	۱-۳-۳-۳ مسیر منظم
۳۵	۲-۳-۳-۳ مسیر مارپیچی
۳۶	۳-۳-۳-۳ مسیر تصادفی
۳۶	۴-۳-۳-۳ شبکه های چند گانه
۳۷	بخش دوم
۳۷	شبیه سازی یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران
۳۸	فصل چهارم
۳۸	کلیات زمین شناسی
۳۹	۱-۴-۱ زمین شناسی عمومی

۳۹	..... چینه‌شناسی	۲-۴
۳۹	..... چینه‌شناسی سازندهای رخنمون در منطقه:	۱-۲-۴
۴۰	..... آسماری و مشخصات منطقه‌ای آن:	۲-۲-۴
۴۳	..... فصل پنجم	
۴۳	..... مطالعات آماری و زمین آماری داده ها	
۴۴	..... ۱-۵- مطالعات آماری	
۴۴	..... ۱-۱-۵- مقدمه	
۴۵	..... ۲-۱-۵- آزمون مقادیر خارج از ردیف	
۴۶	..... ۳-۱-۵- بررسی روند	
۴۷	..... ۴-۱-۵- بررسی پایایی زون مخزنی و غیر مخزنی در جهت قائم	
۴۹	..... ۵-۱-۵- کامپوزیت سازی	
۵۰	..... ۶-۱-۵- دی کلاستر کردن داده ها	
۵۱	..... ۷-۱-۵- نرمال کردن داده ها	
۵۲	..... ۸-۱-۵- تعیین ابعاد بلوک	
۵۴	..... ۲-۵- مطالعات واریو گرافی	
۵۴	..... ۱-۲-۵- واریو گرافی	
۵۴	..... ۲-۲-۵- مدلسازی واریو گرام	
۵۵	..... ۳-۲-۵- واریو گرافی غیر جهتی و جهتی	
۵۹	..... فصل ششم	
۵۹	..... شبیه سازی میدان	
۶۰	..... ۱-۶- معرفی نرم افزار G SLIB	
۶۱	..... ۲-۶- شبیه سازی متغیر تخلخل	
۶۱	..... ۱-۲-۶- آنالیز حساسیت پارامترهای شبیه سازی	
۶۴	..... ۲-۲-۶- اعتبار سنجی نتایج شبیه سازی	
۶۴	..... ۱-۲-۲-۶- هیستوگرام	
۶۵	..... ۲-۲-۲-۶- واریو گرام	
۶۶	..... ۳-۲-۶- هیستوگرام تحقق ها و بلوک ها	
۷۰	..... ۴-۲-۶- نقشه E-TYPE	
۷۱	..... ۵-۲-۶- نقشه های احتمال	
۷۳	..... ۳-۶- شبیه سازی در جه اشباع آب	

۷۶	..... $\varphi(1 - S_W)$ مدل‌سازی غیر مستقیم متغیر
۷۸	..... $\varphi(1 - S_W)$ شبیه سازی مستقیم متغیر
۸۱	..... $\varphi(1 - S_W)$ مقایسه مدل‌سازی غیر مستقیم و شبه سازی مستقیم متغیر
۸۴	..... ۷-۶ تخمین میزان $\phi(1 - S_w)$ در کل میدان
۸۵	..... ۸-۶ اعتبار سنجی نتایج شبیه سازی با داده های چاه
۸۶	..... نتیجه گیری و پیشنهادات
۸۶	..... منابع
- ۱ -	..... پیوست ۱
- ۱ -	..... نتایج آنالیز آماری ، واریو گرافی، آنالیز حساسیت و اعتبار سنجی درجه اشباع آب
- ۷ -	..... پیوست ۲
- ۷ -	..... نتایج آنالیز آماری ، واریو گرافی، آنالیز حساسیت و اعتبار سنجی متغیر $\varphi(1 - S_W)$
- ۱۴ -	..... پیوست ۳
- ۱۴ -	..... نقشه های احتمال متغیر تخلخل
- ۱۹ -	..... پیوست ۴
- ۱۹ -	..... نقشه های احتمال متغیر درجه اشباع آب
- ۲۴ -	..... پیوست ۵
- ۲۴ -	..... نقشه های احتمال متغیر $\varphi(1 - S_W)$ (شبیه سازی مستقیم)



## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- مدل کلی واریو گرام و پارامتر های آن.....	۶
شکل ۲-۱- تاثیر روند(راست) و تناوب(چپ) بر واریو گرام.....	۷
شکل ۳-۱- تاثیر انیزوتروپی هندسی(چپ) و منطقه ای (راست) در واریو گرام.....	۷
شکل ۱-۳- نمایش شبکه ۴ سلولی (A) و تخصیص نزدیکترین داده به گره شبکه در مرکز هر سلول (B).....	۲۶
۲-۳- تغییرات افزایش زمان CPU بر حسب تعداد داده شرطی.....	۲۸
۳-۳- نقشه مکانی داده های اولیه و ۳ نقطه ای که قرار است تخمین زده شود(نقاط پر رنگ).....	۲۸
۴-۳- نمودار مربوط به مقادیر تخمینی (A,C,E) و مقادیر واریانس تخمین (B,D,F) برای ۳ نقطه مشخص شده در شکل قبل.....	۲۹
شکل ۳-۵- مسیر مارپیچی جستجوی داده ها.....	۳۱
۳-۶- روش SBC برای جستجوی داده ها.....	۳۲
۳-۷- نمودار زمان لازم برای جستجو توسط CPU بر حسب تعداد داده ها در دو حالت.....	۳۲
مارپیچی(خط تو پر) و ترکیب مارپیچی و SBC (نقطه ای).....	۳۲
شکل ۳-۸- نمایش مسیر شبیه سازی در روش منظم.....	۳۴
شکل ۳-۹- مقایسه نقشه ها و واریو گرام های باز تولید شده از شبیه سازی.....	۳۴
با استفاده از مسی شبیه سازی منظم و تصادفی.....	۳۴
شکل ۳-۱۰- نمایش مسیر شبیه سازی به روش مارپیچی.....	۳۵
۳-۱۱- نمایش مسیر شبیه سازی شبکه های چند گانه.....	۳۶
شکل ۵-۱: بخشی از میدان که مورد مطالعه قرار گرفته (چپ) و موقعیت چاهها در منطقه مورد مطالعه (راست).....	۴۴
شکل ۵-۲: هیستوگرام تخلخل مربوط به داده های اولیه.....	۴۵
شکل ۵-۳- نمودار داده های تخلخل در جهت Z.....	۴۶
شکل ۵-۴- نمودار داده های تخلخل در جهت X.....	۴۶
شکل ۵-۵- نمودار داده های تخلخل در جهت Y.....	۴۶
شکل ۵-۶- نمودار پایایی زون مخزنی بر حسب تخلخل.....	۴۷
شکل ۵-۷- نمودار پایایی زون غیر مخزنی بر حسب تخلخل.....	۴۷
شکل ۵-۸- هیستوگرام فراوانی ضخامت پیوسته زون مخزنی.....	۴۸
شکل ۵-۹- هیستوگرام فراوانی ضخامت پیوسته زون غیر مخزنی.....	۴۸
شکل ۵-۱۰- هیستوگرام فراوانی تخلخل بعد از کامپوزیت سازی.....	۵۰
شکل ۵-۱۱- هیستوگرام فراوانی تخلخل بعد از عملیات دی کلاستر.....	۵۰
شکل ۵-۱۲- چگونگی نرمال کردن توزیع های غیر نرمال.....	۵۱
شکل ۵-۱۳- هیستوگرام نرمال شده داده ها.....	۵۲
شکل ۵-۱۴- هیستوگرام فاصله بین چاهها (هر چاه با تمامی چاهها).....	۵۳
شکل ۵-۱۵- هیستوگرام فاصله بین چاهها (هر چاه با چاههای مجاور).....	۵۳
شکل ۵-۱۶- واریوگرام غیر جهتی برای داد های استاندارد نرمال شده.....	۵۵
شکل ۵-۱۷- واریوگرام در جهت ۱۳۵ برای داد های استاندارد نرمال شده.....	۵۶
شکل ۵-۱۸- واریوگرام در جهت ۴۵ برای داد های استاندارد نرمال شده.....	۵۶

- شکل ۵-۱۹- واریوگرام در جهت ۹۰ برای داد های استاندارد نرمال شده ..... ۵۶
- شکل ۵-۲۰- بیضوی ناهمسانگردی ..... ۵۷
- شکل ۶-۱- نمایشی از نرم افزار WIN GSLIB ..... ۶۰
- شکل ۶-۲- آنالیز حساسیت نسبت به ابعاد بلوک (نقطه صفر نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد) ..... ۶۰
- شکل ۶-۳- آنالیز حساسیت نسبت به شعاع جستجو ( ابعاد بلوک  $۷۵۰ * ۷۵۰ * ۲$  و نقطه ..... ۶۲
- صفر نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد) ..... ۶۲
- شکل ۶-۴- آنالیز حساسیت نسبت به تعداد نقاط شرطی شرکت کننده در تخمین ( ابعاد بلوک  $۷۵۰ * ۷۵۰ * ۲$  ..... ۶۳
- و نقطه صفر نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد) ..... ۶۳
- شکل ۶-۵- آنالیز حساسیت نسبت به ماکزیمم نقاط شرکت کننده در تخمین ( ابعاد بلوک  $۷۵۰ * ۷۵۰ * ۲$  ..... ۶۳
- و نقطه صفر نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد) ..... ۶۳
- شکل ۶-۶- نمودار متقاطع هیستو گرام های اولیه و هیستو گرام های تولید شده (تحقق ۴۷) ..... ۶۴
- شکل ۶-۷- نمودار متقاطع هیستو گرام های اولیه و هیستو گرام های تولید شده (تحقق ۷۷) ..... ۶۴
- شکل ۶-۸- نمودار متقاطع پارامتر های آماری تحقق های تولید شده از ۱۰۰ بار شبیه سازی ..... ۶۵
- و داده های اولیه (نقطه صفر مربوط به داده های اولیه می باشد) ..... ۶۵
- شکل ۶-۹- مقایسه واریوگرام ۱۰۰ تحقق شبیه سازی شده با واریو گرام داده های ..... ۶۵
- اولیه در جهت ۱۳۵ (نمودار ضخیم مربوط به داده های اولیه می باشد) ..... ۶۵
- شکل ۶-۱۰- مقایسه واریوگرام ۱۰۰ تحقق شبیه سازی شده با واریو گرام داده های اولیه ..... ۶۶
- در جهت ۹۰ (نمودار ضخیم مربوط به داده های اولیه می باشد) ..... ۶۶
- شکل ۶-۱۱- هیستو گرام باز تولید شده توسط تحقق ۱۲ ..... ۶۷
- شکل ۶-۱۲- هیستو گرام باز تولید شده توسط تحقق ۳۷ ..... ۶۷
- شکل ۶-۱۳- نقشه تحقق ۵۰ در لایه ۳۰ (۶۰ متری پایین تر از TOP مخزن) ..... ۶۸
- شکل ۶-۱۴- نقشه تحقق ۷۰ در لایه ۳۰ (۶۰ متری پایین تر از TOP مخزن) ..... ۶۸
- شکل ۶-۱۵- هیستو گرام بلوک شماره ۱۸۰۰۰ ..... ۶۹
- شکل ۶-۱۶- هیستو گرام بلوک شماره ۲۸۰۰۰ ..... ۶۹
- شکل ۶-۱۷- نقشه E-TYPE مربوط به میانگین در لایه ۱۰ مخزن (۲۰ متر پایین تر از TOP مخزن) ..... ۷۰
- شکل ۶-۱۸- نقشه E-TYPE مربوط به واریانس در لایه ۲۰ مخزن (۴۰ متر پایین تر از TOP مخزن) ..... ۷۱
- شکل ۶-۱۹- نقشه احتمال عبور از حد ۰/۰۴ برای تخلخل در لایه ۱۰ از میدان ..... ۷۲
- شکل ۶-۲۰- نقشه احتمال عبور از حد ۰/۰۴ برای تخلخل در لایه ۵۰ از میدان ..... ۷۲
- شکل ۶-۲۱- هیستوگرام باز تولید شده درجه اشباع آب توسط تحقق ۳ ..... ۷۳
- شکل ۶-۲۲- نقشه تحقق ۳ در لایه ۲۰ (۴۰ متری پایین تر از TOP مخزن) ..... ۷۴
- شکل ۶-۲۳- نقشه تحقق ۱۶ در لایه ۲۰ (۴۰ متری پایین تر از TOP مخزن) ..... ۷۴
- شکل ۶-۲۴- نقشه E-TYPE مربوط به میانگین در لایه ۲۰ مخزن (۴۰ متر پایین تر از TOP مخزن) ..... ۷۵
- شکل ۶-۲۵- نقشه احتمال عبور از حد ۰/۴ برای درجه اشباع در لایه ۲۰ از میدان ..... ۷۵
- شکل ۶-۲۶- هیستوگرام باز تولید شده درجه اشباع آب توسط تحقق مصنوعی ۵۰ ..... ۷۶
- شکل ۶-۲۷- نقشه تحقق مصنوعی ۱ در لایه ۲۰ (۴۰ متری پایین تر از TOP مخزن) ..... ۷۷
- شکل ۶-۲۸- نقشه تحقق مصنوعی ۵۰ در لایه ۲۰ (۴۰ متری پایین تر از TOP مخزن) ..... ۷۷

شکل ۶-۲۹- نقشه احتمال عبور از حد ۰/۰۳ در لایه ۴۰ از میدان..... ۷۸

شکل ۶-۳۰- هیستوگرام باز تولید شده درجه اشباع آب توسط تحقق ۵..... ۷۸

شکل ۶-۳۱- نقشه تحقق ۱۰ در لایه ۲۰ (۴۰ متری پایین تر از TOP مخزن)..... ۷۹

شکل ۶-۳۲- نقشه تحقق ۲۰ در لایه ۲۰ (۴۰ متری پایین تر از TOP مخزن)..... ۷۹

شکل ۶-۳۳- نقشه E-TYPE مربوط به میانگین در لایه ۲۰ مخزن (۴۰ متر پایین تر از TOP مخزن)..... ۸۰

شکل ۶-۳۴- نقشه احتمال عبور از حد ۰/۰۳ در لایه ۲۰ از میدان..... ۸۰

شکل ۶-۳۵- نمودار متقاطع نقشه های E-TYPE مدلسازی غیر مستقیم (افقی) و شبیه سازی مستقیم (قائم)..... ۸۱

۶-۳۶- مقایسه هیستوگرام تحقق ها در مدلسازی غیر مستقیم (راست) و شبیه سازی مستقیم (چپ)..... ۸۲

شکل ۶-۳۷- مقایسه هیستوگرام بلوک ها در مدلسازی غیر مستقیم (چپ) و شبیه سازی مستقیم (راست)..... ۸۲

۶-۳۸- نمودار متقاطع مقادیر مربوط به بلوک ها توسط مدلسازی غیر مستقیم (افقی) و شبیه سازی مستقیم (قائم)..... ۸۳

۶-۳۹- نمودار متقاطع مقادیر احتمال توسط مدلسازی غیر مستقیم (افقی) و شبیه سازی مستقیم (قائم)..... ۸۳

که نمودار سمت راست مربوط به حد آستانه ۰/۰۲ و سمت چپ مربوط به حد آستانه ۰/۰۵..... ۸۳

۴۰-۶- نمودار حجم فضای خالی پر شده از هیدروکربور (قائم) بر حسب حد آستانه های مختلف از متغیر  
 $\phi (1 - S_w)$  (افقی) در سطح اعتماد های مختلف برای این میدان

شکل ۶-۴۱- نقشه پراکندگی میزان شاخص تولید از مخزن آسماری میدان مورد مطالعه..... ۸۵

۶-۴۲- نقشه احتمال عبور از حد ۰/۰۳ متغیر  $\phi (1 - S_w)$  در لایه ۴۰ (راست) و ۷۰ (چپ) از میدان مورد مطالعه..... ۸۵

پ ۱-۱- هیستوگرام داده های اولیه..... ۲ -

پ ۲-۱- هیستوگرام داده های کامپوزیت شده..... ۳ -

پ ۳-۱- هیستوگرام داده های نرمال شده..... ۳ -

پ ۴-۱- مدلسازی واریو گرام در جهت ۱۳۵ درجه (جهت اصلی ناهمسانگردی)..... ۴ -

پ ۵-۱- آنالیز حساسیت نسبت به ابعاد بلوک (نقطه صفر نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد)..... ۴ -

پ ۱-۶- آنالیز حساسیت نسبت به شعاع جستجو (ابعاد بلوک ۷۵۰\*۷۵۰\*۲ و نقطه صفر..... ۵ -

نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد)..... ۵ -

پ ۱-۷- آنالیز حساسیت نسبت به تعداد نقاط شرطی شرکت کننده در تخمین (ابعاد بلوک ۷۵۰\*۷۵۰\*۲..... ۵ -

و نقطه صفر نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد)..... ۵ -

پ ۱-۸- آنالیز حساسیت نسبت به ماکزیمم نقاط شرکت کننده در تخمین (ابعاد بلوک ۷۵۰\*۷۵۰\*۲..... ۵ -

و نقطه صفر نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد)..... ۵ -

پ ۱-۹- نمودار متقاطع هیستوگرام های اولیه و هیستوگرام های تولید شده (تحقق ۱۵)..... ۶ -

پ ۱-۱۰- مقایسه واریوگرام ۱۰۰ تحقق شبیه سازی شده با واریوگرام داده های اولیه در..... ۶ -

جهت ۱۳۵ (نمودار ضخیم مربوط به داده های اولیه می باشد)..... ۶ -

پ ۲-۱- هیستوگرام داده های اولیه..... ۸ -

پ ۲-۲- هیستوگرام داده های کامپوزیت شده..... ۹ -

پ ۲-۳- هیستوگرام داده های نرمال شده..... ۹ -

پ ۲-۴- مدلسازی واریوگرام در جهت ۱۳۵ درجه (جهت اصلی ناهمسانگردی)..... ۱۰ -

- پ ۲-۵- آنالیز حساسیت نسبت به ابعاد بلوک (نقطه صفر نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد).... - ۱۰
- پ ۲-۶- آنالیز حساسیت نسبت به شعاع جستجو ( ابعاد بلوک  $750 * 750 * 2$  و نقطه صفر نشان ..... - ۱۱
- دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد)..... - ۱۱
- پ ۲-۷- آنالیز حساسیت نسبت به تعداد نقاط شرطی شرکت کننده در تخمین ( ابعاد بلوک ..... - ۱۱
- $750 * 750 * 2$  و نقطه صفر نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد) ..... - ۱۱
- پ ۲-۸- آنالیز حساسیت نسبت به ماکزیمم نقاط شرکت کننده در تخمین ( ابعاد بلوک ..... - ۱۲
- $750 * 750 * 2$  و نقطه صفر نشان دهنده پارامتر های آماری داده های اولیه می باشد) ..... - ۱۲
- شکل پ ۲-۹- نمودار متقاطع پارامتر های آماری تحقق های تولید شده از ۱۰۰ بار شبیه سازی و ..... - ۱۲
- داده های اولیه (نقطه صفر مربوط به داده های اولیه می باشد)..... - ۱۲
- پ ۲-۱۰- مقایسه واریوگرام ۱۰۰ تحقق شبیه سازی شده با واریو گرام داده های اولیه ..... - ۱۳
- در جهت ۱۳۵ (نمودار ضخیم مربوط به داده های اولیه می باشد)..... - ۱۳
- شکل پ ۳-۱- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای تخلخل در لایه ۱۰ از میدان ..... - ۱۵
- شکل پ ۳-۲- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای تخلخل در لایه ۲۰ از میدان ..... - ۱۵
- شکل پ ۳-۳- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای تخلخل در لایه ۳۰ از میدان ..... - ۱۶
- شکل پ ۳-۴- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای تخلخل در لایه ۴۰ از میدان ..... - ۱۶
- شکل پ ۳-۵- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای تخلخل در لایه ۵۰ از میدان ..... - ۱۷
- شکل پ ۳-۶- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای تخلخل در لایه ۶۰ از میدان ..... - ۱۷
- شکل پ ۳-۷- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای تخلخل در لایه ۷۰ از میدان ..... - ۱۸
- شکل پ ۳-۸- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای تخلخل در لایه ۸۰ از میدان ..... - ۱۸
- پ ۴-۱- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای درجه اشباع آب در لایه ۱۰ از میدان ..... - ۲۰
- پ ۴-۲- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای درجه اشباع آب در لایه ۲۰ از میدان ..... - ۲۰
- پ ۴-۳- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای درجه اشباع آب در لایه ۳۰ از میدان ..... - ۲۱
- پ ۴-۴- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای درجه اشباع آب در لایه ۴۰ از میدان ..... - ۲۱
- پ ۴-۵- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای درجه اشباع آب در لایه ۵۰ از میدان ..... - ۲۲
- پ ۴-۶- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای درجه اشباع آب در لایه ۶۰ از میدان ..... - ۲۲
- پ ۴-۷- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای درجه اشباع آب در لایه ۷۰ از میدان ..... - ۲۳
- پ ۴-۸- نقشه احتمال عبور از حد  $0.4$  برای درجه اشباع آب در لایه ۸۰ از میدان ..... - ۲۳
- پ ۵-۱- نقشه احتمال عبور از حد  $0.3$  متغیر  $(1 - S_w)$  در لایه ۱۰ از میدان ..... - ۲۵
- پ ۵-۲- نقشه احتمال عبور از حد  $0.3$  متغیر  $(1 - S_w)$  در لایه ۲۰ از میدان ..... - ۲۵
- پ ۵-۳- نقشه احتمال عبور از حد  $0.3$  متغیر  $(1 - S_w)$  در لایه ۳۰ از میدان ..... - ۲۶
- پ ۵-۴- نقشه احتمال عبور از حد  $0.3$  متغیر  $(1 - S_w)$  در لایه ۴۰ از میدان ..... - ۲۶
- پ ۵-۵- نقشه احتمال عبور از حد  $0.3$  متغیر  $(1 - S_w)$  در لایه ۵۰ از میدان ..... - ۲۷
- پ ۵-۶- نقشه احتمال عبور از حد  $0.3$  متغیر  $(1 - S_w)$  در لایه ۶۰ از میدان ..... - ۲۷
- پ ۵-۷- نقشه احتمال عبور از حد  $0.3$  متغیر  $(1 - S_w)$  در لایه ۷۰ از میدان ..... - ۲۸
- پ ۵-۸- نقشه احتمال عبور از حد  $0.3$  متغیر  $(1 - S_w)$  در لایه ۸۰ از میدان ..... - ۲۸

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۵-۱-مقایسه پارامتر های آماری داده های اولیه و دی کلاستر شده.....	۵۱
جدول ۵-۲-مشخصات واریو گرام در جهات متفاوت .....	۵۷
جدول پ ۱-۱-مشخصات واریو گرافی در جهات متفاوت.....	۴ -
جدول پ ۱-۲-مشخصات واریو گرافی در جهات متفاوت.....	۱۰ -

## مقدمه

یکی از صنایعی که ژئوستاتیسیتیک با سرعت بسیاری در آن همه گیر شد صنایع نفت و گاز می باشد. یکی از علل این رشد سریع به ماهیت داده های مخزن بر می گردد. داده های پتروفیزیکی مخازن نظیر: تخلخل، تراوایی و درجه اشباع، داده هایی می باشند که در فضای مخزن ارتباط و همبستگی فضایی نشان می دهند و به زبان زمین آماری ساختار فضایی نشان می دهند و این همان نوع متغیر هایی می باشد که زمین آمار در مورد آنها عمل می کند.

از طرف دیگر با توجه به داده های کم مخزن در مقیاس با حجم مخزن، همواره مهندسان مخزن در پی یافتن روشی جهت تخمین توزیع فضایی پارامترهای پتروفیزیکی در فضای مخزن بوده اند. آشنا شدن مهندسان مخزن با علم ژئوستاتیسیتیک و توانایی های این علم و کاربرد فراوان آن در تخمین پارامترهای پتروفیزیکی باعث شد که ژئوستاتیسیتیک در بین مهندسان به عنوان یکی از روشهای مهم در تخمین پارامترهای پتروفیزیکی مطرح شود.

در کنار تمام مزایای روشهای تخمین ژئوستاتیسیتیکی نسبت به روشهای دیگر تخمین، این واقعیت به چشم می خورد که روشهای تخمین ژئوستاتیسیتیکی نیز مانند روشهای دیگر اینترپولاسیون متکی به نوعی میانگین گیری می باشند. لذا همواره کاهش دامنه نوسانات از ویژگی های آنها می باشد. به این ترتیب این روشها برای نشان دادن روند ها در مخزن مناسب می باشند ولی برای شبیه سازی جریان در جاهایی که مقادیر آستانه ای دارای اهمیت می باشد نامناسب می باشد. این مهم مهندسان را بر آن داشت که به روشهای نوین روی آورند. از جمله این روشها روشهای شبیه سازی زمین آماری است.

روشهای شبیه سازی زمین آماری ناهمگنی پارامترهای پتروفیزیکی بطور دقیق تری به تصویر می کشد. در سالیان اخیر استفاده از شبیه سازی زمین آماری به عنوان روشی جهت به تصویر کشیدن واقعیت های محتمل ناهمگنی پارامترهای پتروفیزیکی رشد بسیاری داشته است. این روشها بیان کمی از توزیع فضایی پارامترهای پتروفیزیکی در یک فضای احتمال پذیر دارند. بدین ترتیب پس از بلوک بندی مخزن برای هر بلوک بازه ای از داده ها ایجاد می کند لذا برای هر پارامتر های پتروفیزیکی، چندین واقعیت محتمل شبیه سازی می شود.

مهمترین خاصیت شبیه سازی زمین آماری این است که به جای بهترین تخمین مجموعه ای از نقشه های توزیع هر پارامتر پتروفیزیکی را در مخزن نفتی تولید می کند که همگی شباهت معینی داشته باشد. آن شباهت معین به زبان زمین آماری همان هیستوگرام و واریوگرام یکسان است. به این ترتیب می توانیم بر اساس واقعیت های ایجاد شده بهترین حالت و بدترین حالت را ایجاد نماییم. ایجاد محتمل ترین، کم احتمال ترین و ... توانایی بررسی رفتار و عملکرد مخزن را در حالت های مختلف در اختیار مهندسیین مخزن قرار می دهد. به این ترتیب می توان عملکرد مخزن را در حالت های مختلف شبیه سازی نمود.

در هر شبیه سازی با تحقق های احتمالی از منطقه مواجه می شویم که هر حالت تحقق یافته با حالت تحقق یافته دیگر تفاوت دارد. لذا هر تحقق یافته را می توان محصول یک شبیه سازی دانست نه یک تخمین. از این لحاظ می توان هدف اصلی شبیه سازی را دست یابی مجدد به پراش داده های ورودی دانست.

در این پایان نامه از روش شبیه سازی گوسی متوالی استفاده شده است. این پایان نامه شامل ۲ بخش است. که بخش اول مربوط به اصول زمین آمار می باشد و بخش دوم مربوط به شبیه سازی یک میدان می باشد.

بخش اول شامل ۳ فصل است که در فصل اول اصول زمین آمار کاربردی توضیح داده شده است. در فصل دوم روش های شبیه سازی آماری طبقه بندی شده و شبیه سازی گوسی متوالی در فصل سوم آمده است.

فصل چهارم زمین شناسی منطقه را بررسی می کند. در فصل پنجم مطالعات آماری و واریو گرافی بر روی داده ها انجام شده و در فصل ششم به شبیه سازی این میدان پرداخته شده است.

## بخش اول: اصول زمین آمار کاربردی



## فصل اول

### مقدمه ای بر زمین آمار

## ۱-۱- مقدمه

## ۱-۱-۱- تاریخچه زمین‌آمار

استفاده از روشهای آماری در مسائل زمین‌شناسی و معدن و به همان نسبت آب‌شناسی و پیش از آن هواشناسی مربوط به زمان حال نمی‌باشد. مدت‌ها زمین‌آمار به معنی کاربرد آمار در مسائل زمین‌شناسی و به معنی عام مسائل در رابطه با علوم زمین می‌بود. لیکن آغاز استفاده از زمین‌آمار به شکل امروز از اواسط دهه ۶۰ و به طور فراگیر در میانه دهه ۷۰ و توسط فردی به نام پروفیسور جرج ماترون<sup>۱</sup> بوده است و شاید تا به امروز نیز برترین و برجسته‌ترین فعالیت‌ها در این زمینه بشمار آید. [۱]

## ۱-۱-۲- تعریف زمین‌آمار

از یک نظر زمین‌آمار را می‌توان راهکاری جهت درونیابی و ارتباط دادن داده‌ها در یک محیط غیر متجانس دانست. لیکن این تصور تا حدودی ابتدایی و ساده‌نگارانه است. زیرا متدهای دورنیابی و برونیابی مختلفی قبل از اینکه زمین‌آمار مطرح شود پذیرفته شده بودند که از جمله می‌توان روشهای عکس فاصله و روشهای آنالیز روند سطحی را نام برد. قبل از هر موردی باید خاطر نشان ساخت زمین‌آمار با دید خاص خود به داده‌ها می‌نگرد که ویژگی عمده آن اهمیت مکانی داده‌هاست و همچنین ارتباط حجم داده‌ها با مختصات آنها.

با استفاده از روشهای زمین‌آمار سعی بر این است که بهترین تخمین‌گر را برای کلیه نقاط محیط محاسبه نموده و مدل مناسب را ارائه نماییم که آن تخمین‌گر بر اساس موقعیت مکانی نقاط مجهول شناسایی خواهد شد به بیان ساده‌تر مقدار هر نقطه در این فضا که فاقد مقدار اندازه‌گیری باشد، قابل محاسبه و تخمین خواهد بود. هر چند روشهای مختلفی جهت این عملیات موجود است لیکن بهترین تخمین‌گر حداقل در محیط زمین که با مسائلی چون روند<sup>۲</sup> و انیزوتروپی مواجه‌ایم تخمین‌گری است که دارای وابستگی مکانی باشد و این تخمین‌گر توسط علم زمین‌آمار ارائه خواهد شد. [۱]

## ۱-۲- واریوگرام

واریوگرام مقداری است که بیانگر سرعت تغییرات مقادیر بر حسب جابجایی حول میانگین می‌باشد. تعریف فوق بر این مبنا استوار است که دو نمونه نزدیک به هم بیشتر به هم شباهت دارند تا دو نمونه دورتر از یکدیگر. یعنی شباهت نمونه‌ها با فاصله گرفتن از یکدیگر تغییر می‌کنند. مسلماً در یک محیط نمونه‌برداری غیر همگن سرعت این تغییرات در جهات متفاوت، مختلف خواهد بود. [۱]

واریوگرام یک تابع سه بعدی می‌باشد (در سه جهت) که دارای دو متغیر مستقل امتداد و گام و یک متغیر وابسته  $\gamma(h, a)$  می‌باشد و هنگامی که واریوگرام برای محاسبات کریجینگ بکار گرفته شود مقادیر سقف<sup>۳</sup>، دامنه تأثیر<sup>۴</sup> و مؤلفه تصادفی واریانس اهمیت پیدا می‌کنند. این مقادیر و مقادیر

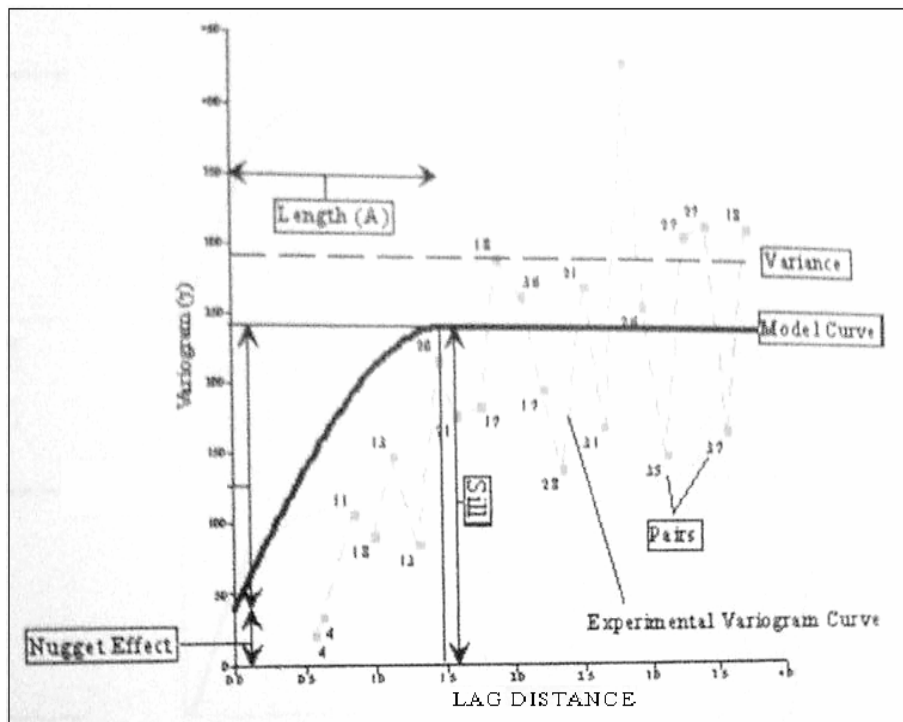
<sup>۱</sup>-Georges matheron .

<sup>۲</sup>-trend

<sup>۳</sup>-sill

<sup>۴</sup>-range

آنیزوتروپی در هر نوع محاسبه زمین‌آماري بعنوان پارامترهای اساسی جهت ایجاد شبکه محاسبه واریوگرام، مدل‌سازی، تخمین و شبیه‌سازی‌های وابسته به واریوگرام مورد توجه قرار دارند. در شکل ۱-۱ نمایشی از مدل واریوگرام آمده است.



شکل ۱-۱- مدل کلی واریوگرام و پارامترهای آن

مولفه‌های تشکیل‌دهنده واریوگرام بصورت زیر است.

مولفه تصادفی واریانس<sup>۱</sup> (ناگت): به میزان تغییر پذیری در  $h=0$  اطلاق می‌شود و به کیفیت نمونه‌برداری و میزان خطای موجود در برداشت و انتقال نمونه و مقادیر آن و همچنین تغییرات کوچکتر مقیاس بستگی دارد.

مولفه ساختاری واریانس: برابر با مقدار عمودی تغییرات در مدل واریوگرام است

سقف: به مجموع مقادیر مولفه ساختاری و مولفه بدون ساختار تغییرپذیری اطلاق می‌شود.

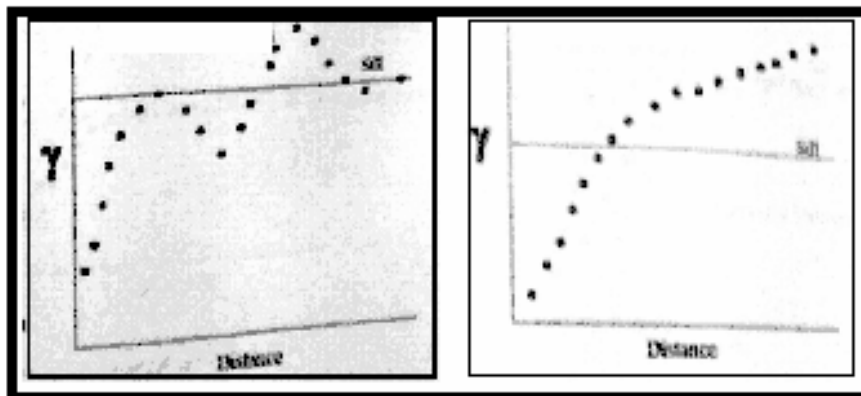
شعاع تاثیر: حد تاثیر نمونه‌ها در بعد مسافت به یکدیگر. بعضی مدل‌ها فاقد این مقدار می‌باشند زیرا هیچ‌گاه مقادیر واریوگرام ثابت نخواهند داشت. [۱]

از عوامل تاثیر گذار در مدل واریوگرام می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

<sup>۱</sup> -nugget

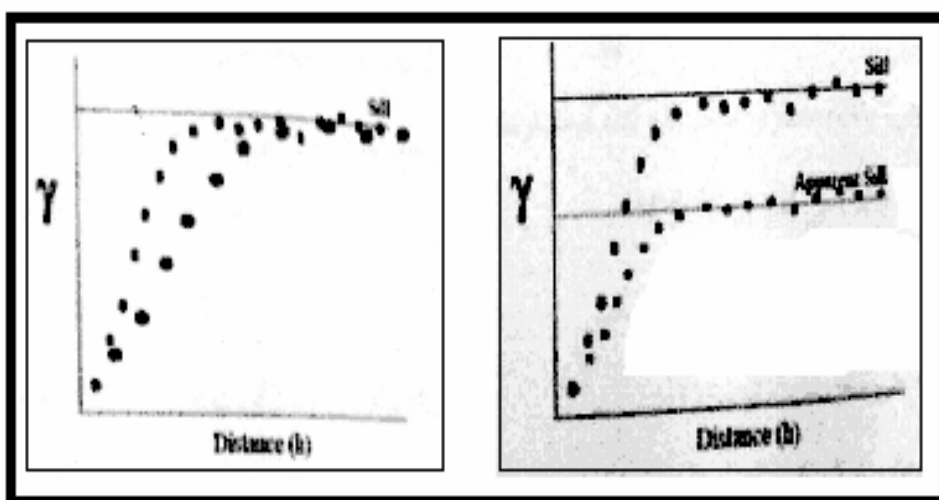
روند: که باعث وجود شیب عمومی در مدل واریوگرام می‌گردد بدین معنی که به جای رسیدن واریوگرام به سقف ثابت، نمودار به شیب ثابت که ناشی از روند عمومی منطقه است خواهد رسید (شکل ۲-۱).

تناوب<sup>۱</sup>: که عبارت از تناوب در تغییرات مقادیر حاصل از نمونه‌برداری می باشد. این عامل می‌تواند ناشی از ساختار خاص زمین‌شناسی منطقه یا محدودیت نمونه‌برداری باشد که به دنباله واریوگرام شکل سینوسی می‌دهد (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱- تاثیر روند(راست) و تناوب(چپ) بر واریوگرام

آنیزوتروپی هندسی<sup>۲</sup>: که باعث تغییرات شعاع تاثیر در جهات متفاوت می‌گردد. (شکل ۳-۱).  
آنیزوتروپی منطقه‌ای<sup>۳</sup>: که باعث تغییر در سقف واریوگرام در جهات متفاوت می‌گردد. (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱- تاثیر آنیزوتروپی هندسی(چپ) و منطقه‌ای (راست) در واریوگرام

<sup>1</sup> -cyclicity

<sup>2</sup> -geometric anisotropy

<sup>3</sup> -zonal anisotropy