

بسم الله الرحمن الرحيم

تحليل آماری مخازن هیدروکربنی

گردآوری و تدوین:

دکتر جعفر قاجار

مهندس مهدی رضوی فر



تابستان ۱۳۹۸

فاجار، جعفر، ۱۳۵۹ -	سرشناسه
تحلیل آماری مخازن هیدروکربنی / تألیف جعفر قاجار، مهدی رضوی فر	عنوان و نام پدیدآور
تهران: نشر بید، ۱۳۹۸.	مختصات نشر
۲۶۶ ص.	مختصات ظاهری
۹۷۸ - ۶۲۲ - ۶۹۱۸ - ۱۹ - ۰	شابک
فیا	وضعیت فهرست‌نویسی
کتابنامه	یادداشت
مخزن‌های هیدروکربنی - روش‌های آماری	موضوع
Hydrocarbon reservoirs -- Statistical methods	موضوع
مخزن‌های هیدروکربنی - شبیه‌سازی	موضوع
Hydrocarbon reservoirs -- Simulation methods	موضوع
نفت - مهندسی مخازن زیر زمینی - شبیه‌سازی	موضوع
Oil reservoir engineering -- Simulation methods	موضوع
رضوی فر، مهدی، ۱۳۷۱ -	ماده افزا
TNAV-۱۵۷	ردیف کنگره
۶۲۲/۳۳۸۲	بندی دیویی
۵۷۹۱۷۵	شماره کتابخانه



انتشارات بید

تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، کوچه مهدی‌زاده،

شماره ۲۷، واحد ۱۲

تلفن: ۰۹۰۲۴۸۶۸۹۵۶ - ۶۶۴۲۷۹۶۱۵ - ۶۶۴۳۵۶۳۷

تحلیل آماری مخازن هیدروکربنی

تألیف دکتر جعفر قاجار - مهندس مهدی رضوی فر

• چاپ اول: ۱۳۹۸ • شماره‌گان: ۵۰۰ نسخه • نشر: بید

شابک: ۹۷۸ - ۶۲۲ - ۶۹۱۸ - ۱۹ - ۰

قیمت: ۵۰,۰۰۰ تومان

تمامی حقوق این اثر محفوظ است.

پیشگفتار

با توجه به نیاز روزافزون به انرژی و از طرفی محدودیت منابع هیدروکربنی، نیاز به استفاده از روش های نوین جهت افزایش تولید از منابع هیدروکربنی امری ضروری است. به این منظور، شناخت دقیق مخازن و شبیه سازی آنها با عدم قطعیت کمتر امری لازم است به دلیل اطلاعات و داده های محدود با عدم قطعیت بالا، امکان تخمین دقیق عوامل مؤثر در تولید معمولاً بسیار مشکل است. از این رو برای بررسی دقیق تر داده ها، تخمین مناسب و شبیه سازی کاربردی مخازن هیدروکربنی نیازی اساسی به استفاده از علم آمار و رسین آمار است.

نوشته حاضر، متن فشرده ای در باب آمار و زمین آمار کاربردی در مهندسی نفت است که به منظور تدریس تهیه و تنظیم شده است. هدف از کتاب حاضر فراهم آوردن مجموعه ای منسجم و نسبتاً کامل برای تدریس دروس "کاربرد آمار و احتمال در مهندسی نفت"، "تحلیل آماری داده های مخزن"، "توصیف و ارزیابی زمین آماری مخزن" و "زمین آمار و مدل سازی فضایی مخزن" در مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا است. این مجموعه، حاصل تجربه چندین سال تدریس دروس فوق الذکر برای دانشجویان مهندسی نفت در دانشگاه شیراز است. تلاش شده است علاوه بر تبیین مبانی نظری آمار و زمین آمار، به بررسی کاربرد و نقش این علوم در مهندسی نفت و علوم زمین پرداخته شود. در ضمن به دلیل محدودیت صفحات، ثبت بسیاری از قضایا و نتیجه ها به کتاب های منبع ارجاع داده شده است. در عین حال سعی شده است که جزئیات مهم فدای این هدف نشود. در نگارش این اثر از معتبرترین منابع موجود کمک گرفته شده است؛ که در سراسر کتاب در جای مربوطه حداًال امکان آدرس دهی شده است. لازم به ذکر است که از منابع زیر بیشترین استفاده شده است:

- Ross, S.M. (2014), Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists, 5th ed., Elsevier.
- Kelkar, M. and Perez G. (2002), Applied Geostatistics for Reservoir Characterization, SPE.

- نیکوکار، م. و عربزاده، ب. (۱۳۸۸). *آمار و احتمالات کاربردی*، چاپ چهاردهم، انتشارات آزاده

در گردآوری و تنظیم این اثر لازم است صمیمانه از آقای مهندس حسین یآوری (فارغ التحصیل کارشناسی مهندسی نفت دانشگاه شیراز) به خاطر تلاش زیاد جهت تهیه نسخه اولیه این کتاب تشکر کرد. همچنین نویسندگان این کتاب از انتشارات بید کمال تشکر را دارند. این کتاب مسلماً بدون کاستی و نقص نیست. امیدواریم که اساتید، کارشناسان و دانشجویان محترم، با راهنمایی‌های سودمند خود، ما را در اصلاح و تکمیل این کتاب یاری دهند. خوانندگان محترم این اثر می‌توانند نظرات و پیشنهادات خود را به نشانی پست الکترونیکی jqajar@shirazu.ac.ir ارسال نمایند.

دکتر جعفر قاجار

عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز

مهندس مهدی رضوی‌فر

دانشجوی دکتری دانشگاه شیراز

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱۳
----------------------	----

بخش اول: آمار توصیفی ۱۵

فصل دوم: تعاریف و مفاهیم اولیه	۱۷
--------------------------------------	----

۱-۱-۱. تعاریف اولیه	۱۸
---------------------------	----

۲-۱. انواع صفت و ششگانه یا داده	۱۹
---------------------------------------	----

۱-۲-۱. مقیاس اس	۲۰
-----------------------	----

۲-۲-۱. مقیاس رتبه ای یا ترتیبی	۲۰
--------------------------------------	----

۳-۲-۱. مقیاس فاصله ها	۲۱
-----------------------------	----

۴-۲-۱. مقیاس نسبی	۲۱
-------------------------	----

فصل سوم: آمار توصیفی یک متغیر	۲۳
-------------------------------------	----

۱-۳. نمایش یا ارائه داده ها	۲۳
-----------------------------------	----

۱-۱-۳. نمایش جدولی داده ها	۲۳
----------------------------------	----

۲-۱-۳. نمایش ترسیمی داده ها	۲۶
-----------------------------------	----

۲-۳. تلخیص داده ها	۲۹
--------------------------	----

۱-۲-۳. سنجه ها یا شاخص های مکان	۲۹
---------------------------------------	----

۱-۱-۲-۳. سنجه های مرکزی	۳۰
-------------------------------	----

۱-۱-۱-۲-۳. میانگین نمونه	۳۰
--------------------------------	----

۲-۱-۱-۲-۳. میانه نمونه	۳۲
------------------------------	----

۳-۱-۱-۲-۳. نمای نمونه	۳۳
-----------------------------	----

۲-۱-۲-۳. کمینه و بیشینه	۳۴
-------------------------------	----

۳-۱-۲-۳. چندک ها	۳۴
------------------------	----

۲-۲-۳. شاخص های پراکندگی	۳۶
--------------------------------	----

۱-۲-۲-۳. واریانس و انحراف معیار نمونه	۳۶
---	----

۳۷	۲-۲-۲-۳. محدوده
۳۷	۳-۲-۲-۳. محدوده بین چارکی (IQR)
۳۷	۴-۲-۲-۳. ضریب تغییرات
۳۷	۳-۲-۳. شاخص‌های شکل
۳۸	۱-۳-۲-۳. تعداد نماها
۳۸	۲-۳-۲-۳. چولگی
۳۹	۳-۳-۲-۳. کشیدگی
۴۰	۳-۳. ه. مجموعه داده نرمال
۴۰	۴-۳. نمودار جعبه‌ای
۴۷	فصل چهارم. آمار توصیفی دو متغیره
۴۷	۱-۴. نمایش داده‌ها
۴۷	۱-۱-۴. جدول فرکانس دو متغیره یا مشروط
۴۷	۲-۱-۴. نمایش ترسیمی داده‌ها
۴۷	۳-۱-۴. نمودار پراکنش
۴۸	۱-۳-۱-۴. هیستوگرام دو متغیره
۴۸	۲-۳-۱-۴. هیستوگرام دو بعدی
۴۸	۲-۴. سنجش‌های رابطه یا همبستگی بین دو متغیره
۴۹	۱-۲-۴. کواریانس نمونه
۴۹	۲-۲-۴. ضریب همبستگی نمونه
۵۲	۳-۲-۴. نمودار Q-Q
۵۵	فصل پنجم: توصیف مجموعه داده‌های فضایی
۵۵	۱-۵. مقدمه
۵۵	۲-۵. نمایش داده‌ها
۵۸	۳-۵. تفاوت آمار کلاسیک و آمار فضایی
۵۹	۴-۵. ویژگی‌های داده‌های مخزن
۶۰	۵-۵. خوشه‌شکنی نمونه
۶۱	۶-۵. روش پنجره متحرک
۶۲	۷-۵. انواع رابطه فضایی

۶۴	۱-۷-۵. سنجه‌های خودهمبستگی.....
۶۵	۲-۷-۵. نمایش ترسیمی خودهمبستگی فضایی.....
۶۵	۱-۲-۷-۵. نمودار پراکندگی H.....
۶۵	۲-۲-۷-۵. کواریوگرام و کورلوگرام.....

بخش دوم: احتمال ۶۹

۷۱	فصل ششم: مبانی احتمال.....
۷۱	۱-۶. مجموعه.....
۷۱	۲-۶. مخصری از نظریه مجموعه‌ها.....
۷۳	۳-۶. آزمایش تصادفی.....
۷۴	۴-۶. فضای نمونه. پیشامد.....
۷۵	۵-۶. تعریف احتمال.....
۷۷	۶-۶. اصول بدیهی احتمال.....
۷۸	۷-۶. خلاصه‌ای از ترکیبیات.....
۷۹	۸-۶. احتمال شرطی.....
۸۲	۹-۶. قاعده بیز.....
۸۵	فصل هفتم: متغیر تصادفی و امید ریاضی.....
۸۵	۱-۷. متغیر تصادفی.....
۸۶	۲-۷. تابع توزیع احتمال.....
۸۶	۱-۲-۷. تابع توزیع احتمال یک متغیر تصادفی گسسته.....
۸۷	۲-۲-۷. تابع توزیع احتمال یک متغیر تصادفی پیوسته.....
۸۷	۳-۷. تابع توزیع تجمعی.....
۹۳	۴-۷. تابع توزیع احتمال توأم یا دومتغیره و تابع توزیع توأم.....
۹۵	۵-۷. احتمال شرطی.....
۱۰۳	۶-۷. امید ریاضی.....
۱۰۴	۷-۷. گشتاورها.....
۱۰۵	۸-۷. واریانس.....
۱۰۶	۹-۷. کواریانس.....

۱۰۸	۷-۱۰. ضریب همبستگی
۱۰۸	۷-۱۱. تابع مولد گشتاور
۱۰۹	۷-۱۲. امید شرطی
۱۱۲	۷-۱۳. قضیه چیبیشف
۱۱۵	فصل هشتم: مدل های تحلیلی توابع توزیع احتمال
۱۱۵	۸-۱. توزیعهای مهم متغیرهای تصادفی گسسته
۱۱۵	۸-۱-۱. توزیع یکنواخت گسسته
۱۱۶	۸-۲. توزیع برنولی
۱۱۷	۸-۳. توزیع دوجمله‌ای
۱۱۹	۸-۱-۱. توزیع پواسون
۱۲۱	۸-۱-۵. توزیع هندسی
۱۲۲	۸-۱-۶. توزیع دوجمله‌ای ممتد
۱۲۲	۸-۱-۷. توزیع فوق هندسی
۱۲۳	۸-۱-۸. توزیع چندجمله‌ای
۱۲۴	۸-۲. مهمترین توزیعهای پیوسته
۱۲۴	۸-۲-۱. توزیع یکنواخت پیوسته
۱۲۶	۸-۲-۲. توزیع گاما
۱۲۷	۸-۲-۳. توزیع نمایی
۱۲۸	۸-۲-۴. توزیع نرمال
۱۳۲	۸-۲-۵. توزیع لاگ نرمال
۱۳۲	۸-۲-۶. توزیع مربع کای
۱۳۴	۸-۲-۷. توزیع t
۱۳۵	۸-۲-۸. توزیع F

بخش سوم: آمار تحلیلی ۱۳۹

۱۴۱	فصل نهم: آماره‌ها و توزیع آنها
۱۴۱	۹-۱. مقدمه
۱۴۴	۹-۲. قضیه حد مرکزی

۳-۹. توزیع نسبت (نمونه‌های بزرگ).....	۱۴۵
۴-۹. توزیع تفاضل دو میانگین (نمونه‌های بزرگ).....	۱۴۵
۵-۹. توزیع تفاضل دو نسبت (نمونه‌های بزرگ).....	۱۴۶
۶-۹. توزیع میانگین نمونه (نمونه‌های کوچک).....	۱۴۷
۷-۹. توزیع تفاضل دو میانگین (نمونه‌های کوچک).....	۱۴۸
۸-۹. توزیع واریانس نمونه.....	۱۴۹
۹-۹. توزیع خارج قسمت دو واریانس.....	۱۴۹
فصل ده. نظریه تخمین (برآورد) و آزمون فرض	۱۵۱
۱-۱۰. استنباط آماری.....	۱۵۱
۲-۱۰. تخمین (برآورد).....	۱۵۱
۱-۲-۱۰. برآورد نقطه‌ای.....	۱۵۲
۱-۲-۱۰. روش گشتاررها.....	۱۵۲
۲-۱-۲-۱۰. روش اشتغال اکزیم.....	۱۵۳
۲-۲-۱۰. برآورد فاصله‌ای.....	۱۵۶
۱-۲-۲-۱۰. فاصله اطمینان برای میانگین جامعه.....	۱۵۶
۲-۲-۲-۱۰. فاصله اطمینان برای تفاضل میانگین‌ها.....	۱۵۷
۳-۲-۲-۱۰. فاصله اطمینان برای نسبت نمونه بزرگ.....	۱۵۹
۴-۲-۲-۱۰. فاصله اطمینان برای تفاضل بین نسبت‌ها (نمونه‌های بزرگ).....	۱۶۰
۵-۲-۲-۱۰. فاصله اطمینان برای واریانس جامعه آماری.....	۱۶۱
۶-۲-۲-۱۰. فاصله اطمینان برای نسبت دو واریانس جامعه آماری.....	۱۶۱
۳-۱۰. آزمون فرض‌ها.....	۱۶۲
۱-۳-۱۰. آزمون فرض آماری (نمونه‌های بزرگ).....	۱۶۴
۲-۳-۱۰. آزمون فرض آماری (نمونه‌های کوچک).....	۱۶۷
۳-۳-۱۰. آزمون واریانس.....	۱۷۱
۴-۳-۱۰. آزمون مقایسه واریانس‌ها.....	۱۷۲

بخش چهارم: زمین آمار کاربردی برای مشخصه‌سازی مخزن ۱۷۵

فصل یازدهم: استفاده از زمین آمار در مشخصه‌سازی مخزن	۱۷۷
--	------------

۱۷۷	۱-۱۱. نقش آمار در مهندسی و زمین‌شناسی.....
۱۷۸	۲-۱۱. اندازه‌گیری.....
۱۸۰	۳-۱۱. محیط متخلخل (سنگ مخزن).....
۱۸۰	۴-۱۱. انواع سیستمها.....
۱۸۱	۵-۱۱. زمین آمار.....
۱۸۱	۶-۱۱. انگیزه توصیف دقیق مخزن.....
۱۸۲	۷-۱۱. شکلات استفاده همزمان از داده‌ها.....
۱۸۳	۸-۱۱. فیل‌های ناهمگونی.....
۱۸۸	۹-۱۱. رض پیوستگی.....
۱۸۹	۱۰-۱۱. شبیه‌سازی.....
۱۸۹	۱۰-۱۱. ۱-۱۰. شبیه‌سازی نسبت به کار آزمایشگاهی.....
۱۹۱	فصل دوازدهم: مبانی تخمین، نشست و خطوط تراز.....
۱۹۱	۱-۱۲. تخمین و نگاشت.....
۱۹۴	۲-۱۲. رابطه خطی برای تخمین.....
۱۹۴	۳-۱۲. شعاع بررسی.....
۱۹۵	۴-۱۲. شبکه‌بندی.....
۱۹۵	۵-۱۲. روش‌های ساده تخمین بدون در نظر گرفتن پیوستگی فضایی.....
۱۹۵	۱-۵-۱۲. روش مثلث‌سازی.....
۱۹۶	۲-۵-۱۲. روش نزدیکترین همسایه.....
۱۹۶	۳-۵-۱۲. روش میانگین محلی یا پنجره متحرک.....
۱۹۷	۴-۵-۱۲. روش معکوس فاصله.....
۱۹۷	۶-۱۲. تراز کردن و نقشه تراز.....
۱۹۹	فصل سیزدهم: مدل‌سازی فضایی.....
۱۹۹	۱-۱۳. آنالیز فضایی داده‌ها.....
۱۹۹	۲-۱۳. فرض مانایی.....
۲۰۱	۳-۱۳. واریوگرام.....
۲۰۳	۴-۱۳. ساختار واریوگرام.....
۲۰۴	۵-۱۳. تاثیر ناهمسانگردی بر واریوگرام.....

۲۰۴	۱-۵-۱۳. ناهمسانگردی هندسی.....
۲۰۵	۲-۵-۱۳. ناهمسانگردی ناحیه‌ای.....
۲۰۵	۳-۵-۱۳. تناوب یا اثر حفره.....
۲۰۶	۶-۱۳. تخمین واریوگرام.....
۲۱۰	۷-۱۳. مدل‌های واریوگرام.....
۲۱۵	۸-۱۳. مدل‌های ناهمسانگردی.....
۲۲۱	۹-۱۳. کراس واریوگرام.....
۲۲۳	فصل چهارم: تخمین زمین آماری.....
۲۲۳	۱-۱۴. کریجینگ.....
۲۲۴	۲-۱۴. کریجینگ ساد.....
۲۲۸	۳-۱۴. تخمین پارکی.....
۲۳۴	۴-۱۴. کریجینگ معمولی.....
۲۴۳	۵-۱۴. کوکریجینگ.....
۲۴۸	۶-۱۴. کریجینگ جهانی.....

ضمیمه ۲۵۱

۲۵۳	ضمیمه ۱: جدول توزیع دو جمله‌ای.....
۲۵۷	ضمیمه ۲: جدول توزیع نرمال استاندارد.....
۲۵۹	ضمیمه ۳: جدول توزیع مربع کای.....
۲۶۱	ضمیمه ۴: جدول توزیع t
۲۶۳	ضمیمه ۵: جدول توزیع F
۲۶۵	منابع.....