

۱۱۳۳۸۸۲  
۴۰۰۰۰۰۰۰

# راهنمای جامع مهندسی نفت

زمین‌شناسی نفت، اکتشاف

حفاری و تولید

www.ketab.ir

مؤلفین:

دکتری ولی احمد سجادیان

مهندسی محمود خلیفه

مهندسی امیررضا محمد محمدی

|                                                           |                     |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|
| محمود خلیفه                                               | سرشناسه             |
| راهنمای جامع مهندسی نفت زمین شناسی نفت اکتشاف حفاری تولید | عنوان و بدیداور     |
| بهران: کتاب آوا، ۱۳۹۰                                     | مشخصات نشر          |
| ص ۴۲۲                                                     | مشخصات ظاهری        |
| ۸-۸۶-۵۵۲۶-۰۵-۶۰-۹۷۸                                       | سایک                |
| فیبی                                                      | وضعیت فهرست نویسی   |
| نفت، مهندسی مخازن زیرزمینی                                | موضوع               |
| نفت - مهندسی                                              | موضوع               |
| سجادیان ولی احمد                                          | شناسه افزوده        |
| محمد محمدی امیررضا ۱۳۶۵                                   | شناسه افزوده        |
| ۱۳۹۰ خ/۸۷۱/۸۲                                             | رده بندی کنگره      |
| ۶۲۲/۳۴۸۲                                                  | رده بندی دیویی      |
| ۲۵۱۹۶۷۵                                                   | شماره کتابشناسی علی |



|             |                                                                 |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|
| مؤلفان      | مهندس محمود خلیفه / دکتر ولی احمد سجدهیان / مهندس امیررضا محمدی |
| ناشر        | کتاب آوا                                                        |
| چاپ و صحافی | سجده / ناصر                                                     |
| استوگرافی   | باران                                                           |
| صفحه‌آرایی  | آوا گرافیک                                                      |
| نوبت چاپ    | دوم ۱۴۰۳                                                        |
| شمارگان     | ۵۰ جلد                                                          |
| قیمت        | ۳۲۰,۰۰۰ تومان                                                   |
| شابک        | ۹۷۸-۶۰۰-۵۵۲۶-۸۶-۸                                               |

نسانی دفتر مرکزی: انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۴، طبقه ۲، واحد ۴  
شماره های تماس: ۶۶۹۷۴۶۴۵ | ۶۶۹۷۴۱۳۰ | ۶۶۴۰۷۹۹۳ | دورنگار: ۶۶۴۶۱۱۵۸

www.avabook.com    avabook    kazemi@yahoo.com

فروشگاه کتاب آوا: اسلام شهر، خیابان صیاد شیرازی، روبروی دانشگاه آزاد اسلامی، جنب دادگستری  
تلفن: ۵۶۳۵۴۶۵۱

تتمتع حقوق الإنسان في العراق بحماية مطلقة من قبل الدولة، ولا يجوز انتهاكها من قبل أي جهة أو فرد، ولا يجوز التمييز في الحقوق على أساس الجنس، العرق، الدين، اللغة، الأصل، أو أي سبب آخر. ولا يجوز إخضاع أي فئة من الفئات إلى معاملة خاصة أو تمييزية.

## فهرست

|    |                                                         |
|----|---------------------------------------------------------|
| ۱  | مقدمه                                                   |
| ۱۳ | فصل یکم - ماهیت نفت و گاز                               |
| ۱۳ | نفت                                                     |
| ۱۳ | اجزاء سازنده هیدروکربور                                 |
| ۱۴ | نفت خام                                                 |
| ۱۴ | مولکول‌های هیدروکربنی                                   |
| ۱۶ | درجه API                                                |
| ۱۷ | سولفور                                                  |
| ۱۸ | نفت‌های خام شاخص                                        |
| ۱۸ | نقطه ریزش                                               |
| ۱۹ | خصوصیات نفت خام                                         |
| ۱۹ | واحد اندازه‌گیری نفت خام                                |
| ۲۰ | پالایش نفت خام                                          |
| ۲۱ | گاز طبیعی                                               |
| ۲۱ | اجزاء سازنده گاز                                        |
| ۲۳ | میعانات گازی                                            |
| ۲۴ | سنجش                                                    |
| ۲۵ | مخازن هیدروکربنی                                        |
| ۲۷ | فصل دوم - پوسته زمین - جایی که نفت را در آن خواهیم یافت |
| ۲۷ | سنگ‌ها و کانی‌ها                                        |
| ۲۷ | انواع سنگ‌ها                                            |
| ۲۸ | سنگ‌های آذرین                                           |
| ۲۹ | سنگ‌های رسوبی                                           |

|    |                                                   |
|----|---------------------------------------------------|
| ۳۲ | سنگ‌های دگرگونی                                   |
| ۳۳ | ساختار پوسته زمین                                 |
| ۳۶ | <b>فصل سوم - شناسایی سنگ‌ها و کانی‌های متداول</b> |
| ۳۶ | شناسایی کانی‌ها                                   |
| ۴۰ | شناسایی سنگ‌ها                                    |
| ۴۰ | سنگ‌های آذرین                                     |
| ۴۱ | سنگ‌های دگرگونی                                   |
| ۴۱ | سنگ‌های رسوبی                                     |
| ۴۶ | <b>فصل چهارم - زمان زمین‌شناسی</b>                |
| ۴۶ | سن‌یابی پرتوزایی                                  |
| ۴۹ | سن‌یابی نسبی                                      |
| ۴۹ | فسیل‌ها                                           |
| ۵۱ | میکروفسیل‌ها                                      |
| ۵۵ | مقیاس زمانی زمین‌شناختی                           |
| ۵۵ | تاریخچه زمین                                      |
| ۵۹ | <b>فصل پنجم - دگرشکلی سنگ‌های رسوبی</b>           |
| ۵۹ | هوازدگی، فرسایش و دگرشیبی‌ها                      |
| ۶۴ | تاق‌دیس‌ها و ناودیس‌ها                            |
| ۶۵ | گنبد‌ها                                           |
| ۶۵ | تک‌شیب‌ها                                         |
| ۶۶ | شکاف‌ها                                           |
| ۶۶ | درزه‌ها                                           |
| ۶۷ | گسل‌ها                                            |
| ۷۴ | <b>فصل ششم - سنگ‌های مخزن ماسه‌سنگی</b>           |
| ۷۴ | ماسه‌سنگ‌های تلماسه‌ای                            |
| ۷۶ | ماسه‌سنگ‌های خط ساحلی                             |
| ۷۷ | ماسه‌سنگ‌های رودخانه‌ای                           |
| ۷۹ | ماسه‌سنگ‌های دلتایی                               |
| ۸۳ | <b>فصل هفتم - سنگ‌های مخزن کربناتی</b>            |
| ۸۳ | پوش سنگ‌های کربناتی                               |

|          |                                                                      |
|----------|----------------------------------------------------------------------|
| ۸۴.....  | ریفها.....                                                           |
| ۸۴.....  | آشنایی با برخی از اصطلاحات رایج در سنگ‌شناسی کربناتی.....            |
| ۸۵.....  | مختصری درباره سنگ‌شناسی مخازن نفتی ایران.....                        |
| ۸۵.....  | گروه فارس.....                                                       |
| ۸۸.....  | گروه خامی.....                                                       |
| ۸۹.....  | گروه کازرون.....                                                     |
| ۹۰.....  | <b>فصل هشتم - توزیع سنگ‌های رسوبی.....</b>                           |
| ۹۰.....  | سازند جلگه‌ای.....                                                   |
| ۹۳.....  | رخساره سنگ‌های رسوبی.....                                            |
| ۹۴.....  | لایه‌های سنگ.....                                                    |
| ۹۶.....  | <b>فصل نهم - نقشه برداری.....</b>                                    |
| ۹۶.....  | نقشه‌های توپوگرافی.....                                              |
| ۹۸.....  | نقشه‌های زمین‌شناسی.....                                             |
| ۱۰۱..... | نقشه‌های مبنا.....                                                   |
| ۱۰۲..... | نقشه‌های زیرسطحی.....                                                |
| ۱۰۲..... | نقشه‌های ساختمانی.....                                               |
| ۱۰۴..... | نقشه‌های هم ضخامت.....                                               |
| ۱۰۵..... | نقشه نسبی.....                                                       |
| ۱۰۶..... | <b>فصل دهم - محیط اقیانوسی و تکتونیک‌های صفحه‌ای.....</b>            |
| ۱۰۶..... | نقشه برداری اقیانوس.....                                             |
| ۱۰۶..... | آب‌های کم عمق.....                                                   |
| ۱۱۰..... | آب‌های عمیق.....                                                     |
| ۱۱۰..... | جدایش قاره‌ها.....                                                   |
| ۱۱۰..... | گسترش بستر دریاها.....                                               |
| ۱۱۲..... | تکتونیک‌های صفحه‌ای.....                                             |
| ۱۱۳..... | میادین نفتی خاورمیانه.....                                           |
| ۱۱۵..... | <b>فصل یازدهم - سنگ‌های منشأ، زایش، مهاجرت و تجمع هیدروکربن.....</b> |
| ۱۱۵..... | سنگ منشأ.....                                                        |
| ۱۱۶..... | زایش هیدروکربن.....                                                  |
| ۱۱۹..... | مهاجرت نفت و گاز.....                                                |
| ۱۲۰..... | تجمع هیدروکربن.....                                                  |

|     |                     |
|-----|---------------------|
| ۱۲۲ | ..... سنگ‌های مخزن  |
| ۱۲۶ | ..... اشباع         |
| ۱۲۷ | ..... شیل‌های نفتی  |
| ۱۲۷ | ..... ماسه‌های قیری |

## فصل دوازدهم - نفتگیرها ..... ۱۲۹

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| ۱۳۱ | ..... نفتگیرهای ساختمانی               |
| ۱۳۱ | ..... تاکدیس‌ها و گنبد‌های نمکی        |
| ۱۳۳ | ..... گسل‌های رشدی و تاکدیس‌های غلتیده |
| ۱۳۵ | ..... چین‌های کشیده                    |
| ۱۳۶ | ..... نفتگیرهای چین‌های                |
| ۱۳۷ | ..... نفتگیرهای هیدرودینامیکی          |
| ۱۳۸ | ..... نفتگیرهای ترکیبی                 |
| ۱۳۹ | ..... ساختارهای بالدهد                 |
| ۱۳۹ | ..... گنبد‌های نمکی                    |

## فصل سیزدهم - اکتشاف، زمین‌شناسی و ژئوشیمی نفت ..... ۱۴۳

|     |                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------|
| ۱۴۳ | ..... چشمه‌های نفتی                                    |
| ۱۴۵ | ..... فنون زمین‌شناختی                                 |
| ۱۴۷ | ..... ارتباط اطلاعات زمین‌شناسی موجود در یک حوضه رسوبی |
| ۱۵۱ | ..... فنون ژئوشیمیایی                                  |

## فصل چهاردهم - ژئوفیزیک اکتشافی نفت ..... ۱۵۳

|     |                                         |
|-----|-----------------------------------------|
| ۱۵۳ | ..... اکتشاف ثقلی و مغناطیسی            |
| ۱۵۷ | ..... اکتشافات لرزه‌ای                  |
| ۱۵۷ | ..... جمع‌آوری داده‌های لرزه‌نگاری      |
| ۱۶۶ | ..... ثبت لرزه                          |
| ۱۶۹ | ..... تفسیر لرزه‌نگاری                  |
| ۱۷۳ | ..... پردازش داده‌ها                    |
| ۱۷۵ | ..... تبدیل زمان به عمق                 |
| ۱۷۶ | ..... دامنه لرزه برحسب انحراف از موقعیت |
| ۱۷۶ | ..... اکتشافات لرزه‌ای ۳- بُعدی         |
| ۱۷۸ | ..... اکتشاف لرزه‌ای ۴- بُعدی و ۴- جزئی |

## فصل پانزدهم - اصول مقدماتی حفاری ..... ۱۸۲

|     |                                             |
|-----|---------------------------------------------|
| ۱۸۳ | قراردادهای خارجی                            |
| ۱۸۴ | برآورد هزینه                                |
| ۱۸۵ | قراردادهای حفاری                            |
| ۱۸۷ | قراردادهای مشترک عملیاتی و شراکتی           |
| ۱۸۷ | آماده‌سازی مکان حفاری                       |
| ۱۸۹ | انواع چاه‌ها                                |
| ۱۹۱ | قوانین دولتی                                |
| ۱۹۲ | دکل‌های حفاری ضربه‌ای                       |
| ۱۹۵ | <b>فصل شانزدهم - حفاری چاه - علم مکانیک</b> |
| ۱۹۵ | سامانه تولید نیروی دکل                      |
| ۱۹۸ | سامانه نگهدارنده و بالا برنده رشته حفاری    |
| ۲۰۱ | سامانه چرخش رشته حفاری                      |
| ۲۱۳ | سامانه گردش گل حفاری                        |
| ۲۲۲ | عملیات حفاری                                |
| ۲۲۵ | <b>فصل هفدهم - مشکلات حفاری</b>             |
| ۲۲۵ | شرایط زیرسطحی                               |
| ۲۲۷ | مشکلات حین حفاری                            |
| ۲۲۷ | مانده یابی                                  |
| ۲۳۰ | گیر کردن لوله                               |
| ۲۳۲ | شیل‌های مردابی                              |
| ۲۳۲ | هرز روی گل حفاری                            |
| ۲۳۲ | آسیب‌دیدگی سازند                            |
| ۲۳۳ | گازهای خورنده                               |
| ۲۳۳ | فشارهای غیرعادی بسیار بالا                  |
| ۲۳۷ | <b>فصل هیجدهم - شیوه‌های حفاری</b>          |
| ۲۳۷ | حفاری عمودی                                 |
| ۲۳۸ | حفاری جهتدار                                |
| ۲۴۶ | حفاری با هوا و کف                           |
| ۲۴۷ | <b>فصل نوزدهم - آزمایش چاه</b>              |
| ۲۴۷ | گزارش سنگ‌شناسی                             |
| ۲۵۲ | منحنی ثبت زمان حفاری                        |

|     |                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------|
| ۲۵۴ | ..... گزارش گل حفاری                                             |
| ۲۵۵ | ..... چاه‌پیمایی                                                 |
| ۲۵۵ | ..... مفاهیم بنیادی مورد استفاده در ارزیابی نمودارهای چاه‌پیمایی |
| ۲۶۰ | ..... تشریح منحنی‌های متداول                                     |
| ۲۷۴ | ..... اندازه‌گیری‌ها و چاه‌پیمایی در حین حفاری                   |
| ۲۷۵ | ..... تست ساق مته                                                |
| ۲۷۸ | ..... آزمایش‌ده مجدد سازند                                       |
| ۲۷۹ | ..... فصل بیستم - تکمیل چاه                                      |
| ۲۷۹ | ..... لوله‌گذاری چاه                                             |
| ۲۸۷ | ..... تکمیل ته چاه                                               |
| ۲۹۰ | ..... لوله مغزی                                                  |
| ۲۹۲ | ..... سرچاهی                                                     |
| ۲۹۳ | ..... کاهنده‌ها                                                  |
| ۲۹۳ | ..... تجهیزات سطحی                                               |
| ۳۰۲ | ..... تکمیل چندگانه چاه                                          |
| ۳۰۳ | ..... چاه‌های هوشمند                                             |
| ۳۰۴ | ..... فصل بیست و یکم - فرآورش و ذخیره‌سازی                       |
| ۳۰۴ | ..... خطوط جریان                                                 |
| ۳۰۶ | ..... تفکیک‌گر                                                   |
| ۳۱۱ | ..... تصفیه گاز                                                  |
| ۳۱۳ | ..... مخازن ذخیره‌سازی                                           |
| ۳۱۸ | ..... فصل بیست و دوم - حفاری فراساحلی و عملیات تکمیل چاه         |
| ۳۱۸ | ..... تاپ درایو                                                  |
| ۳۱۹ | ..... خدمه دریایی                                                |
| ۳۲۰ | ..... حفاری اکتشافی                                              |
| ۳۲۱ | ..... جک آپ                                                      |
| ۳۲۱ | ..... بارج                                                       |
| ۳۲۲ | ..... سکوی ثابت                                                  |
| ۳۲۲ | ..... سکوهای نیمه‌شناور                                          |
| ۳۲۳ | ..... کشتی حفاری                                                 |
| ۳۲۴ | ..... حفاری یک چاه اکتشافی فراساحلی                              |
| ۳۲۷ | ..... حفاری توسعه‌ای و تولیدی                                    |

|     |                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------|
| ۳۳۱ | ..... عملیات زیردریایی                                  |
| ۳۳۱ | ..... مرحله نهایی تکمیل چاه‌های فراساحلی                |
| ۳۳۳ | ..... بسترهای دریایی ناپایدار                           |
| ۳۳۴ | ..... فصل بیست و سوم - تعمیر چاه                        |
| ۳۳۴ | ..... تجهیزات تعمیر چاه                                 |
| ۳۳۸ | ..... اقدامات عملیاتی بر روی چاه‌های فراساحلی           |
| ۳۳۹ | ..... آماده‌سازی چاه                                    |
| ۳۳۹ | ..... مشکلات چاه                                        |
| ۳۳۹ | ..... پاکسازی شن از کف چاه                              |
| ۳۴۰ | ..... پاکسازی چاه                                       |
| ۳۴۰ | ..... خارج سازی و تعمیر لوله مغزی                       |
| ۳۴۱ | ..... تعمیر لوله‌جداری                                  |
| ۳۴۲ | ..... سیمانکاری ثانویه                                  |
| ۳۴۳ | ..... پاکسازی چاه                                       |
| ۳۴۵ | ..... فصل بیست و چهارم - مکانیسم‌های نیروهای رانشی مخزن |
| ۳۴۵ | ..... نیروهای رانشی مخزن                                |
| ۳۴۵ | ..... مکانیسم‌های نیروهای رانشی مخازن نفتی              |
| ۳۴۸ | ..... مکانیسم‌های تولید در مخازن گازی                   |
| ۳۴۹ | ..... حداکثر نرخ تولید بهینه                            |
| ۳۵۰ | ..... فصل بیست و پنجم - تولید نفت خام                   |
| ۳۵۰ | ..... فشار چاه و مخزن                                   |
| ۳۵۱ | ..... چاه‌آزمایی                                        |
| ۳۵۴ | ..... لاگ‌های چاه جدار بسته                             |
| ۳۵۴ | ..... لاگ‌های تولید                                     |
| ۳۵۵ | ..... منحنی‌های کاهش                                    |
| ۳۵۷ | ..... پدیده مخروطی شدن                                  |
| ۳۵۸ | ..... بازگردانی گاز                                     |
| ۳۵۹ | ..... تحریک چاه                                         |
| ۳۵۹ | ..... اسیدکاری چاه                                      |
| ۳۵۹ | ..... شکاف‌زایی انفجاری                                 |
| ۳۶۰ | ..... شکاف‌زایی هیدرولیکی                               |
| ۳۶۳ | ..... جمع‌آوری گاز همراه و دفع آب تولیدی از میدان نفتی  |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| نشست سطح زمین .....  | ۳۶۴ |
| خوردگی .....         | ۳۶۵ |
| نقشه‌های تولید ..... | ۳۶۵ |
| گاز سربار .....      | ۳۶۶ |

### فصل بیست و ششم - ذخیره قابل استحصال .....

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| ضریب بازیافت .....                 | ۳۶۸ |
| ضریب آبرفتگی و ضریب حجمی نفت ..... | ۳۶۸ |
| محاسبات ذخیره قابل استحصال .....   | ۳۷۰ |
| نفت قابل استحصال .....             | ۳۷۰ |
| گاز قابل استحصال .....             | ۳۷۲ |
| روش موازنه جرم‌های سیالات .....    | ۳۷۳ |
| انواع ذخایر قابل استحصال .....     | ۳۷۴ |

### فصل بیست و هفتم - روشهای بهبود یافته بازیافت نفت .....

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| سیلابزنی .....              | ۳۷۵ |
| ازدیاد برداشت نفت .....     | ۳۷۹ |
| تزریق امتزاجی گاز .....     | ۳۷۹ |
| تزریق مواد شیمیایی .....    | ۳۸۰ |
| بازیافت حرارتی .....        | ۳۸۱ |
| راندمان .....               | ۳۸۴ |
| هماهنگ‌سازی فعالیت‌ها ..... | ۳۸۴ |
| ترک چاه .....               | ۳۸۴ |
| منابع .....                 | ۳۸۶ |

## با نام خالق هستی

### پیشگفتار

با افزایش رو به رشد مصرف انرژی‌های فسیلی و از طرفی کاهش نرخ تولید مخازن نفت و گاز، تلاش در جهت اکتشاف و تولید بیشتر از مخازن نفت و گاز افزایش یافته است. از این رو عدم وجود مجموعه‌ای به زبان فارسی که حاوی مطالب جمع‌آوری شده‌ای راجع به بخش بالادستی صنعت نفت و گاز باشد، محسوس بود. همکاران گران قدر، دانشجویان عزیز، مجموعه‌ای که هم‌اکنون تحت عنوان "راهنمای جامع مهندسی نفت: زمین‌شناسی نفت، اکتشاف، حفاری و تولید" فرا روی شماست، حاصل تلاش گروهی از مولفین و مترجمین است که به لطف خداوند متعال فرصتی جهت تنظیم آن بدست آمد.

کتاب پیش‌رو شامل ۲۷ فصل می‌باشد که در هر فصل به بررسی کلی بخشی از موضوعات بنیادی علمی مرتبط با صنعت نفت و گاز پرداخته شده است. بطور کلی در مبحث زمین‌شناسی نفت، به شرایط و نحوه تشکیل نفت و گاز، ارزیابی سنگ منشأ، نحوه مهاجرت و تشریح انواع نفت‌گیرها پرداخته شده است. در بخش اکتشاف، روش‌های ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی اکتشاف نفت و گاز تشریح شده است. در مبحث حفاری و تولید نیز به تشریح روش‌های حفاری در خشکی و دریا، روش‌های تکمیل چاه، انواع سکوها، تولیدی فراساحلی، فراورش و ذخیره‌سازی همت گماشته شده است. در نگارش این کتاب، در هر مورد مأخذ نیز ذکر شده است.

پر واضح است که این کتاب حاصل زحمات و تلاش افراد دلسوزی است که بدون همکاری و راهنمایی آنان، بی‌شک نگارش این میسر نمی‌شد. لازم می‌دانیم از اساتید محترم دانشگاهی و همکاران عزیز صنعتی آقایان دکتر ابوالقاسم امامزاده، مهندس سید مهدی دبیری، مهندس اصغر گندمکار، مهندس میلاد ایزدی، مهندس هادی باقرزاده، وحید سجادیان که در نگارش این اثر ما را یاری نمودند، کمال تشکر و سپاسگذاری را داشته باشیم.

از آنجا که کمال مطلق امری غیر ممکن می‌نماید، سعی گردیده این مجموعه به مطلوب نزدیک‌تر باشد، از این رو نواقص و احیاناً اشتباهاتی را در بر خواهد داشت و ادعائی در کامل بودن آن نیست. لذا بدین وسیله از صاحب‌نظران درخواست می‌شود که با ارائه نظرات اصلاحی خود در ارتقاء مجموعه‌هایی از این دست همکاری لازم مبذول دارند.

اینجانبان بر خود واجب می‌دانیم تا از مدیر محترم انتشارات کتاب آوا، جناب آقای حمید کاظمی که زحمات چاپ این اثر را پذیرفته و اینجانب را یاری نمودند، مراتب تشکر خود را به عمل آوریم.

از کلیه مطالعه کنندگان ارجمند، اساتید محترم و دانشجویان عزیز خواهشمند است تمام اشکالات علمی و تاییدی را یادآور شوند تا در چاپ‌های بعدی اصلاح شود و مجموعه‌ای با حداقل اشکال در اختیار دانش‌پژوهان قرار گیرد.

در خاتمه از مدیریت توسعه منابع انسانی شرکت ملی نفت ایران و اعضای محترم کمیته انتشارات که امکان نشر این اثر را فراهم آوردند سپاسگذاری نموده و برای همه دست‌اندرکاران انتشارات مطالب علمی آروزی توفیق می‌نماییم.

**با تشکر**

گروه مولفین و مترجمین

بهار ۱۳۹۰

www.ketab.ir