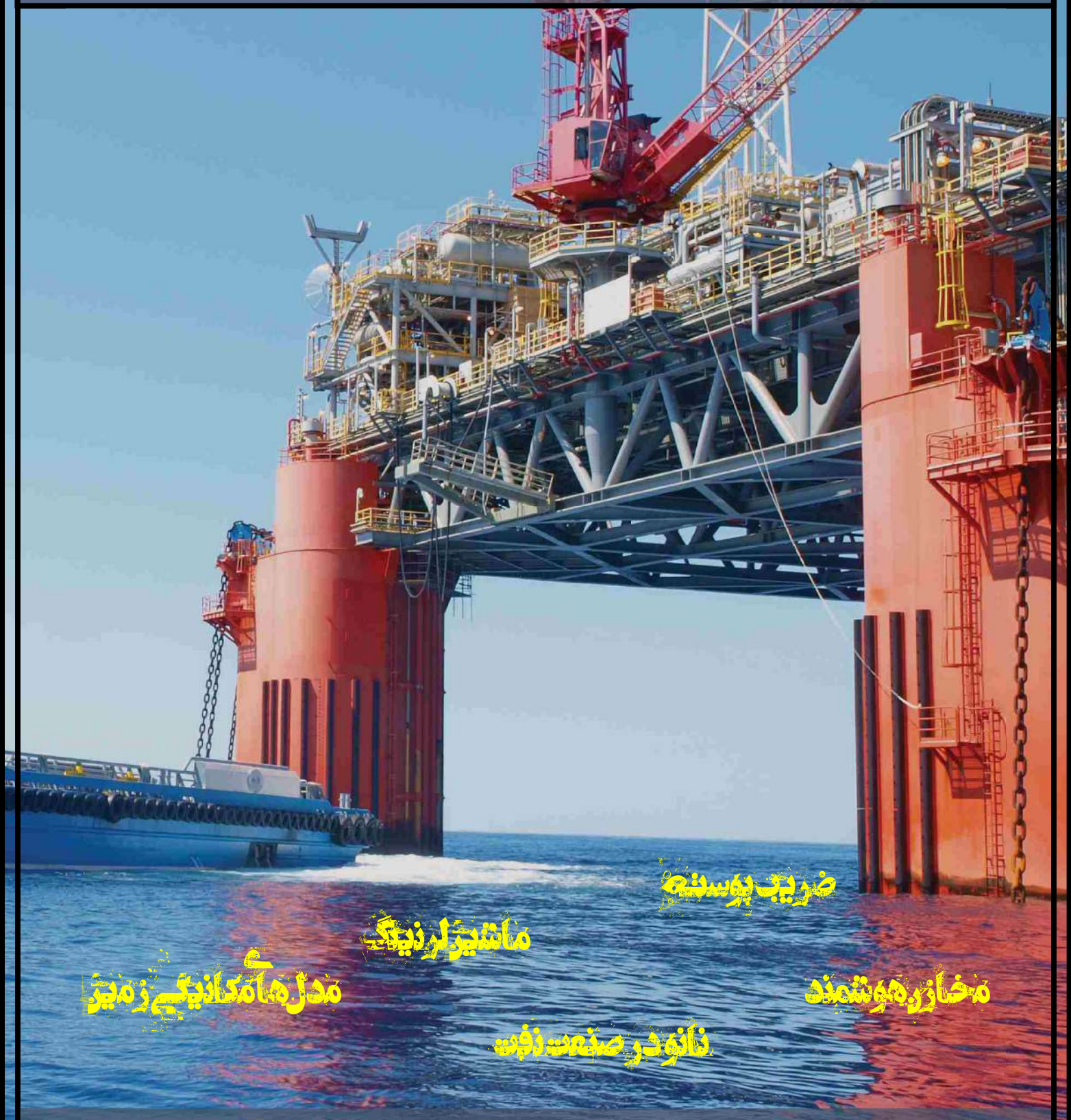
ISSN:2423-3358

# نشریه صنعت برتر

نشریه علمی-دانشجویی نفت و گاز شماره دوازدهم-تابستان ۱۳۹۹



ضریب پوسته

ماشین لرنینگ

مدل‌های کانیکی زمین

مخازن هوشمند

نانو در صنعت نفت

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد علوم و تحقیقات

بسم الله الرحمن الرحیم


صاحب امتیاز : انجمن مهندسی گاز ایران

مدیر مسئول : دکتر مستانه حاجی پور

سردبیر : سهیل بخشایش

مدیر اجرایی : علی وارسته رنجبر

ویراستار و طراح : علی وارسته رنجبر

هیئت تحریریه : سهیل بخشایش-سینا شکوری - امیرحسین مولایی-علی وارسته رنجبر

همکاران این شماره : محمد مهدی صباغیان-احسان خدمت گزار-محمد رضا اکرمی

فهرست مطالب


- نانو در نفت با تمرکز بر سیالات حفاری ..... ۳
- مدل های مکانیکی زمین ..... ۹
- مخازن هوشمند ..... ۱۳
- ماشین لرنینگ ..... ۱۷
- ضریب پوسته ..... ۱۸


## سخن سردبیر

به نام نامی حق

آغاز هر نشریه علمی- پژوهشی، به سان طلوعی نوین در عرصه آگاهی و دانش است، به ویژه در زمینه ی مهندسی، که جایگاه چالش های بزرگ و حساسی می باشد. اینک که به لطف الهی، دوازدهمین شماره نشریه صنعت برتر انتشار می یابد، یاد آوری چند نکته خالی از لطف نیست؛

همزمان با انتشار این شماره لازم می دانم از سرکار خانم دکتر مستانه حاجی پور، مدیر مسئول محترم، همکاران گرامی جناب آقای صباغیان و جناب آقای خدمت گزار و همچنین از زحمات تمامی عزیزانی که ما را در این مسیر یاری نمودند و رهنمود هایشان فانوس راهمان گشت، تقدیر و قدر دانی نمایم.

اعضای محترم هیئت تحریریه، و به ویژه همکار محترم مهندس علی وارسته که علاوه بر بُعد کیفی مجله، در بُعد اجرایی آن نیز زحمات ارزشمندی را بجایی آوردند، سپاسگزاری نموده و برای هم این بزرگواران، از درگاه خدای متعال توفیق روزافزون مسئلت نمایم.

سهیل بخشایش


نشانی دفتر : دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات - دانشکده نفت و مهندسی شیمی

رایانامه : Info@simag.ir

نشانی وبگاه : www.simag.ir



دارای پروانه انتشار نشریه دانشجویی با شماره : ام گ /۴۶۹۶/۹۸/۰۰۰

# استفاده از فناوری نانو در صنعت نفت با تمرکز بر سیالات حفاری

نویسنده : سینا شکوری

**هدف :**

هدف از این پژوهش شناســـایی مزایای بالقوه ای اســـت که می توان با استفاده از فناوری نانو و نانوذرات در صنعت نفت، به ویژه در زمینه سیال حفاری به دست آورد. در مرحله اول استفاده از فناوری نانو در زمینه های مختلف صنعت نفت و گاز مانند اکتشـــاف، حفاری، حفاظت از مخزن در تولید روشن می شود.

## چرا استفاده از فناوری نانو در صنعت حفاری ؟

با اســـتفاده از فناوری نانو می توان چندین تغییر انقلابی در صنعت حفـــاری انجام داد که منافع این صنعت را در ابعاد مختلفـــی از قبیل بهبود کیفیت کیـــک گل ، کاهـــش مقاومت اصطکاکـــی در چاه، به حداقل رســـاندن خطر گیرکردگـــی لوله، ایجاد اســـتحکام چاه ، حفاظت مخزن از آســـیب ســـازند و افزایش بازده برداشـــت نفـــت و گاز تامین نماید. محققان اســـتفاده از نانوذرات را در سیالات حفاری آزمایـــش کرده انـــد و از لحاظ کاهش گشـــتاور و کشـــش ، پایداری چاه، کنترل از هدر رفتن ســـیال حفاری و بهبود کارایی تمیز کردن چاه نتایج بسیار امیدبخشـــی گرفته اند. مقایسهٔ ســـیالات متعارف و نانـــوذرات برای نشـــان دادن تاثیر نانـــوذرات در ســـیال حفاری در این پژوهش ارائه شـــده اســـت .

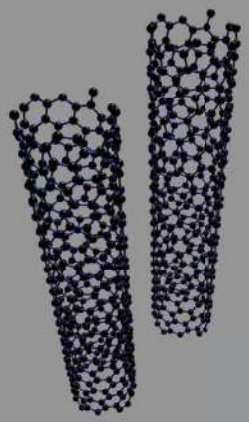
عملکرد کلـــی هر عملیات حفاری به شـــدت به انتخاب ســـیال حفاری بستگی دارد ، انواع مختلفی از ســـیال حفاری وجود دارد کـــه طبق فاز خارجی به صورت سیال پایه آبی، پایه روغنی ، پایه سنتزی و سیستم های ســـیال پایه استری طبقه بندی می شـــوند . انتخاب سیال حفاری زمانی پیچیده تر می شـــود که افزودنی های زیـــادی در صنعت معرفی شده و نیاز به تشـــکیل فرمول جدید سیال حفاری به عنوان ترکیبی برای شناســـایی هیدروکربن ها به دلیل شـــکل گیری پیچیده زمین شناسی ضروری خواهد بود.اکتشـــافات در چاه های عمیق به سرعت در حال افزایش اســـت تا نیازهای جهانی نفت و گاز را تامین نماید و به همیـــن دلیل چالش های فنی بزرگی در مورد عملیات حفاری به ویژه در آب های عمیق به عنوان مشـــکلات حفاری رخ داده اســـت. گشـــتاور بیش از حد و کشـــیدگی در بیشتر چاه های جهت دار و گسترش یافته یکی از چالش های بزرگ در حفاری است زیرا ممکن است از محدودیت های مکانیکی تجهیزات حفاری فرارتر برود و به طور قابل توجهی حداکثر جا به جایی افقی (طول حفاری افقـــی ) را محدود تر ســـازد و همچنین روانکاری ســـیالات حفاری به علت وجود نیرو های اصطکاک در بسیاری از مراحل ساخت چاه نقش مهمی دارند.

## فناوری نانو و صنعت نفت

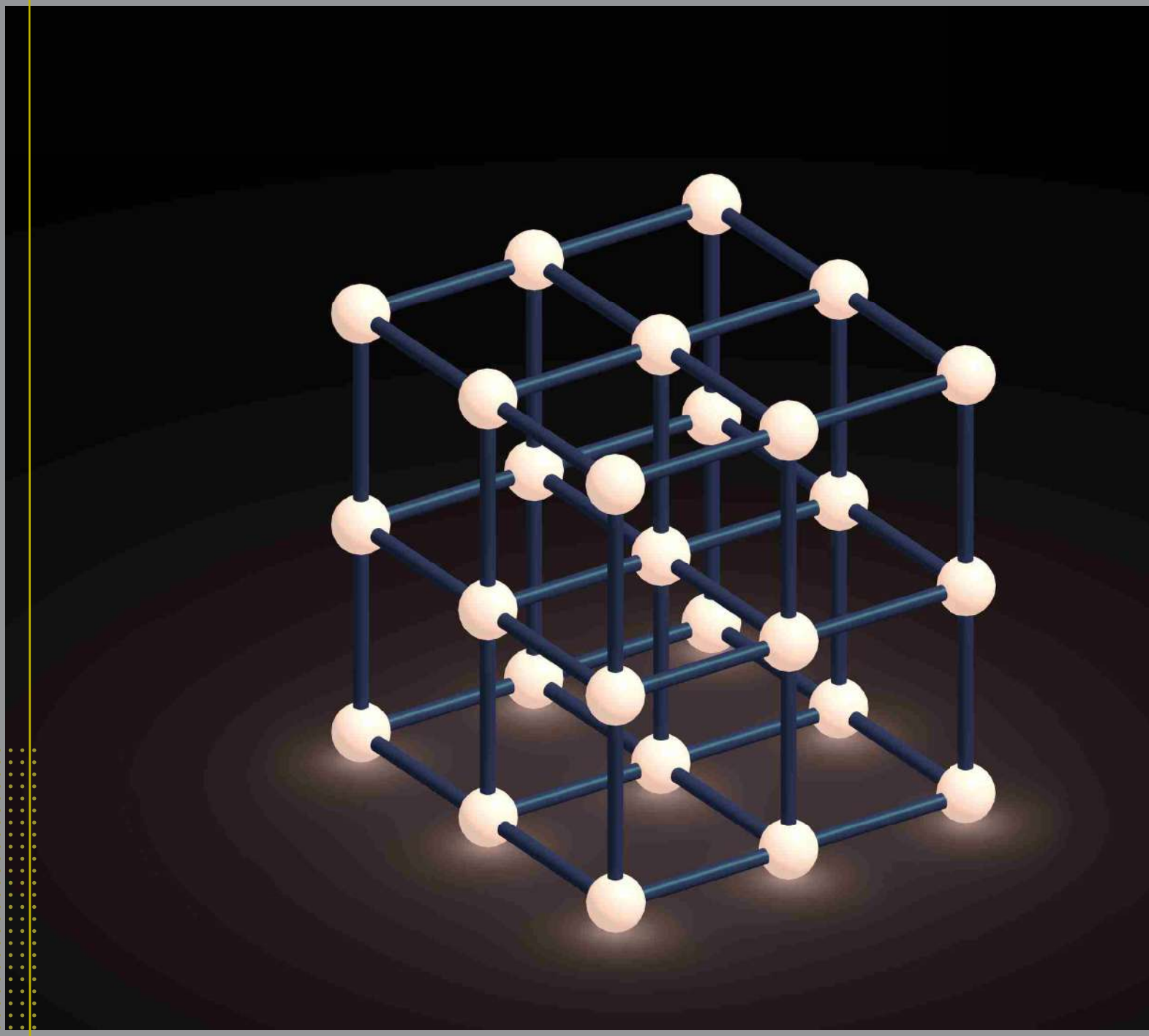
زمینه های مختلف در صنعت نفت از پیشـــرفت فناوری نانو بهره مند هســـتند. این مراحل شـــامل اکتشاف، حفاری، تولید است. استفاده از سنسورهای نانو در مرحله اکتشـــاف در تصویربـــرداری با دقت زیرزمینی نمایان می شـــود. بهبـــود در تولید نفت بیشترین استفاده از فناوری نانو را برای به دست آوردن هیدروکربن های بیشـــتر از مخزن با اصلاح مولکول ها و تغییر خواص کشش ســـطحی انجام می دهد.

## اکتشاف

اســـتفاده از سنســـورهای نانو در فاز اکتشافی از سوی دانشمندان نفتی مورد توجه قرار گرفت است که عناصر و سنسورهای کنتراست تصویربرداری را مـــی توان با نانوذرات توســـعه داد ، به طوری که در مقایسه با خواص مغناطیسی ، نوری و الکتریکی آنها متفاوت عمل می کنند. چاه های عمیق محیط های پر تنشـــی را نشان می دهند، زیرا دما و فشار نسبتا بالا هســـتند. نوع خاصی از سنســـور به نام Nano dust در فضـــای خالی قرار می گیرد تا برای اهداف متعـــددی مانند شناســـایی نوع ســـیال ، نظارت بر جریان سیال و تعیین مشخصات مخزن به کار روند. توموگرافـــی[1] میکرو کامپیوتری قادر به تشـــخیص خلل و فرج های موثر ســـاختار سازند های پرفشار نیســـت . بنابراین نانو توموگرافـــی کامپیوتری می تواند برای تصویر ســـازی این سازه ها استفاده شود.



۱- برش‌نگاری یا توموگرافی (به انگلیسی: Tomography) تصویربرداری سه‌بعدی است. در برش‌نگاری، تصویری که به دست می‌آید تنها سایه دوبعدی از حجمی سه بعدی نیست، بلکه عکس برشی از حجم است که ممکن است در هر یک از سه جهت فضا باشد



## حفاری و تکمیل چاه

در زمینه های مختلف حفاری مانند سیال حفاری، مته حفاری ، ابزارهای ته چاه ، سیمان و نمودار گیری چاه از فناوری نانو استفاده می کنند. استفاده از نانو ذرات در سیال حفاری، مهندسان را قادر می سازد که پایداری چاه را حفظ کنند و از دست دادن سیال حفاری را به ویژه در سازندهای شیلی که نفوذپذیری نانودارسی **(nD)** دارند را کنترل کنند . سیال حفاری مبتنی بر نانو همچنین می تواند به کاهش گشتاور و کشیدگی در چاه های گسترده و چند جانبه کمک کند زیرا آنها یک فیلم نازک بین دیوار چاه و لوله را تشکیل می دهند ، این فیلم حتی به آسانی می تواند زمانی که لوله در داخل یا خارج از چاه قرار می گیرد، تشکیل شود. بعضی از نانوذرات در سیال حفاری مانند **ZnO** می توانند برای حذف $H_2S$ از گل پایه آبی قبل از رسیدن به سطح استفاده شوند و این کار به معنی تضمین کاهش آلودگی به محیط زیست، جلوگیری از خوردگی و حفاظت از پرسنل است. در عملیات حفاری با درجه حرارت بالا و فشار بالا**(HPHT)**سیستم سیال حفاری مبتنی بر نانو نیز می تواند کارآیی داشته باشد ، زیرا حاوی ذرات با مساحت سطحی بالاتر ، هدایت حرارتی بهتر ، تعامل بهتر با سنگ و تحمل گرمای زیاد می باشد .

این سیالات همچنین می توانند سایش وترک خوردن ابزارهای حفاری را کاهش دهند،زیرا آنها نیروی سایشی کمتری را به وجود می آورند . از دیدگاه محیط زیست سیال حفاری مبتنی بر نانو نیزمهم است، زیرا با استفاده از غلظت بسیار پایین نانوذرات در محیط های حساس محیط زیستی می تواند سودمند باشد.

در عملیات سیمان کاری نیز همچنین می تواند برای بهبود عملکرد سیمان با توجه به فرآیند هیدراتاسیون، از دست دادن مایع، مهاجرت گاز و مقاومت فشاری، از چندین نانوذرات مانند نانوسایلیکا، نانوالومینا و نانولوله کربن **(CNT)** استفاده کرد که مورد بررسی قرار گرفته است.

## نانو سیالات حفاری :

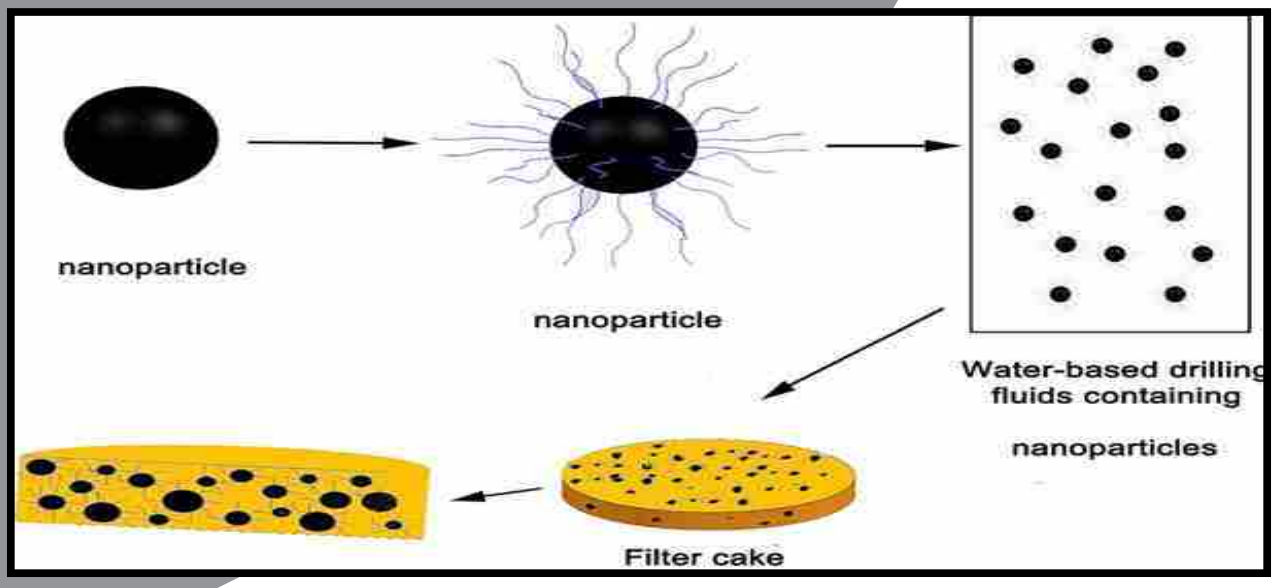
سیال حفاری نقش مشابهی در عملیات حفاری دارد و همانند خون در بدن ماست. هر مشکلی در سیال حفاری می تواند به شدت بر عملکرد کل عملیات تاثیر بگذارد. بنابراین، همیشه رفتار و عملکرد سیال حفاری در چاه بررسی می گردد . سیالات حفاری همیشه مورد توجه بسیاری از محققین هستند تا برای بهبود در طراحی و خواص گل از آنها استفاده شود. محققان به دنبال استفاده از ذرات نانو در سیال حفاری هستند، زیرا می توانند چندین مزیت را برای گل حفاری ایجاد کنند ، این کار بخشی مهم و نقطه عطفی در زمینه سیالات نانو حفاری می باشد .

بررسی اجمالی از تحقیقات نانو سیالات حفاری در جدول زیر به صورت یک مرور کلی از تحقیقات در مورد اثرات افزودن نانو ذرات در سیال حفاری است که توسط محققین مختلف در مطالعات تجربی آنها مورد بررسی قرار گرفته است.(جدول شماره ۱)

| نانو ذره | غلظت | نوع سیال حفاری | اثرات افزودن نانو ذره |
|---|---|---|---|
| Graphene Oxide | 0.57-1.71% | WBM | بهبود رئولوژی گل و کاهش از دست رفتن سیال حفاری |
| CNT | 0.14% | OBM | کاربرد در HPHT ، بهبود رئولوژی گل و کاهش از دست رفتن سیال حفاری |
| NanoSilica | 3% w/v | WBM | بهبود فوق العاده رئولوژی گل و افزایش پایداری چاه با بستن خلل و فرج شیل |
| Iron hydroxide | 0.5-2.5% | OBM | کاهش قابل توجهی فیلتراسیون تحت شرایط LPLTو فیلتر کیک قابل قبول |
| Calcium carbonate | 0.5-2.5% | OBM | رئولوژی گل تحت تاثیر قرار نمی گیرد، کاهش قابل توجهی فیلتراسیون تحت شرایط LPLT و فیلتر کیک قابل قبول |
| MutilwalledCNTs | Upto 2% | WBM | بهبود ویسکوزیته ی پلاستیکی ، YP و قدرت ژله ای سیال حفاری |
| Nano CMC | 10% | WBM | از دست رفتن آب و ضخامت کیک گل حفاری کاهش می یابد |

جدول شماره ۱ : بررسی اجمالی از تحقیقات نانو سیالات حفاری

شکل شمار(۱) نحوه ترکیب شدن نانوذرات را در فیلتر کیک نشان می دهد.




شکل شماره ۱: نحوه ترکیب شدن نانوذرات

## نتیجه گیری :

فنـــاوری نانو به عنوان یک فنـــاوری نو در زمینه های مختلف صنعت نفت به ویژه در زمینه مهندسی حفاری ظهور کرده اســـت. ایـــن یک پژوهش جامع از پیشـــرفت های اخیر در زمینه ســـیال حفاری با نانوذرات را تحت پوشـــش قرار داده است که علاوه بر بهبود عملکـــرد آن و بهبود عملکرد حفاری ، نانو ذرات را به علت خواص منحصر به فرد خود به عنوان یک افزودنی به ســـیال حفاری مـــورد آزمایش قرار داده اســـت که توانایی آنها در تبدیل شـــدن به یک مولفه دائمی برای افزودنشـــان بـــه تمامی گل های حفاری را دارند زیرا آنها می توانند به حل بســـیاری از مشکلات کمک نمایند. به این ترتیب نانوذرات نه تنها جایگزین راهکارهای سنتی می شوند بلکه باعث می شود صنعت حفاری فعلی از حد خود فراتر رود تا بتواند به هیدروکربن هایی دسترسی پیدا کند که امروزه قابل دسترسی نیستند.

## منابع :


۱. Nabhani N, Emami M, Moghadam ABT (۲۰۱۱) Application of Nanotechnology and Nanomaterials in Oil and Gas Industry. AIP Conference Proceedings ۱۴۱۵(۱).

۲. Morales D, Gutiérrez JM, García-Celma MJ, Solans YC (۲۰۰۳) A Study of the Relation between Bicontinuous Microemulsions and Oil/Water Nano-emulsions formation. Langmuir ۱۹(۱۸): ۷۱۹۶-۷۲۰۰.

۳. Krishnamoorti R (۲۰۰۶) Extracting the Benefits of Nanotechnology for the Oil Industry. Journal of Petroleum Technology ۵۸(۱۱): ۲۴-۲۶.

۴. http://ec.europa.eu/health/ ۲۰۱۶ May scientific_committees/opinions_layman/nanomaterials-۲/۳/en/l۲/۳.htm.

۵. Mokhatab S, Fresky MA, Islam MR (۲۰۰۶) Applications of Nanotechnology in Oil and Gas E&P. Journal of Petroleum Technology ۵۸(۴): ۴۸-۵۱.

۶. Kong XL, Ohadi M (۲۰۱۰) Applications of Micro and Nano Technologies in the Oil and Gas Industry-Overview of the Recent Progress. Society of Petroleum Engineers, Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, Abu Dhabi, UAE.

۷. Abdo J, Haneef MD (۲۰۱۱) Nano-Enhanced Drilling Fluids: Pioneering Approach to Overcome Uncompromising Drilling Problems. J Energy Resour Technol ۱۳۴(۱): ۱-۶.

۸. Chaaudhury MK (۲۰۰۳) Complex Fluids: Spread the Word about Nanofluids. Nature ۴۲۳(۶۹۳۶): ۱۳۱-۱۳۲.

۹. Amanullah M, Al-Tahini AM (۲۰۰۹) Nano-Technology-Its Significance in Smart Fluid Development for Oil and Gas Application. Society of Petroleum Engineers, SPE Saudi Arabia Section Technical Symposium, AlKhobar, Saudi Arabia.

۱۰. Singh SK, Ahmed RM, Growcock F (۲۰۱۰) Vital Role of Nanopolymers in Drilling and Stimulations Fluid Applications. Society of Petroleum Engineers, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Florence, Italy.

۱۱. Pitkethly MJ (۲۰۰۴) Nanomaterials-The Driving Force. Materialstoday ۷(۱۲): ۲۰-۲۹.

۱۲. Song Y, Marcus C (۲۰۰۷) Hyperpolarized Silicon Nanoparticles: Reinventing Oil Exploration?.

۱۳. El-Diasty AI (۲۰۱۳) Applications of Nanotechnology in the Oil & Gas Industry: Latest Trends Worldwide & Future Challenges in Egypt. Society of Petroleum Engineers, North Africa Technical Conference and Exhibition, Cairo, Egypt.

# مدل های مکانیکی زمین برای حفاری در صنعت نفت

نویسنده : علی وارسته رنجبر

## چرا مدل مکانیکی زمین؟

در هنگام حفاری چاه فشـــار هیدرولیکی گل حفاری باید جایگزین ســـتون سنگی حذف شده بشود، اما فشـــار گل نمی تواند تنش های زمین را در تمام جهات متعادل نگه دارد.همواره سنگ های اطراف چاه در حال تغییر شـــکل و فشـــردگی هستند و ممکن است در صورت افزایش تنش بیش از مقاومت ســـنگ شکسته بشـــوند. برای یک مهندس لازم است که بتواند وزن گل بهینه را محاســـبه نماید تا مشـــکلاتی از این قبیل پیش نیایند. هدف اصلی از بررسی مدل های مکانیکی زمین ، اســـتفاده از اطلاعات موجود برای ارزیابی پایـــداری چاه و انتخاب وزن گل بهینه و پنجره گل مناســـب هر محدوده می باشد ، لازم به ذکر است که در مواردی چون تولید ماسه و پایداری مشـــبک کاری هم کاربرد دارد. به تعبیری مدل مکانیکی زمین را میتوان دریچه ای نو و علمی به تجربیات حفاری و پایداری دانســـت که مهندس حفار را پیش از عملیات از مشـــکلاتی که ممکن است در حین حفاری پیش بیایند آگاه میکند.

## مدل مکانیکی زمین چیست؟

مدل مکانیکی زمیـــن مجموعه ای از اطلاعات – اندازه گیری ها و مدل ها- که خصوصیات مکانیکی سنگ و شکستگی ها و همچنین تاثیر تنش ، فشار و دما را در اعماق زمین بر آنها نشان میدهد. مهندسان و زمین شناســـان با کمک مدل مکانیکی چگونگی تغییر شـــکل و گاهی نقاط تسلیم را برای حفاری ، تکمیل و تولید به کار میگیرند.

تغییر شکل سنگ ها در بسیاری از موارد مربوط به تنش می باشد. بعضی از سنگ ها همانند گرانیت سفت و محکم و نیز بعضی گلسنگ (Mudstones) نرم و ضعیف هستند و برخی همانند نمک ها با مرور زمان جریان پیدا می کنند. یک مدل مکانیکی زمین اطلاعاتی درباره رفتار مکانیکی و مقاومت ســـنگ با اســـتفاده از روابط بین خصوصیات سنگ که شامل تغییر فرم ها و شـــرایط محیطی فراهم می ســـازد. به علت شکســـتگی ها و لایه های فابریک سنگی ، خصوصیـــات در همه جهات با هم یکســـان نبوده و سنگ ناهمسانگرد می باشد.

## ساخت یک مدل مکانیکی زمین

برای طراحی یک مدل مکانیکی اول لازم اســـت بدانیم به چه اطلاعاتی نیازمندیم ، سپس با توجه به سوژه مد نظر معادلات لازم را محاسبه و مدل مورد نظر را طراحی نماییم . به طور معمول برای طراحی یـــک مدل مکانیکی زمین از منابع مختلفی از قبیل ؛ اطلاعـــات حفاری ، لاگ هـــا ، MDT ، DST ، FIT ، LOT و غیره استفاده می شود و همچنین برای داشتن تصویری واضح تر جدول(۱) را مشاهده کنید. کارشناسان زمین شناسی مخزن و فشار لایه های زمین را مشـــخص می نمایند و سپس از اندازه گیری های مانیتور شده و روش های مدلی استفاده مـــی کنند. انـــدازه گیری ها از منابـــع مختلفی که عبارتند از؛ اطلاعات لرزه نگاری ، لاگ ها و غیره که در بالا ذکر شد، بدست می آیند و نیز برای اطلاعات بیشتر از نقشه تنش جهان نیز می توان بهره گرفت.

اطلاعاتی برای ساخت مدل مکانیکی جمع آوری می شـــوند که شـــامل خصوصیات مکانیکی ، فشار حفرات ، اندازه و جهت بیشینه و کمینه مقدار تنش ها می باشـــد. این مقادیر از اندازه گیری مستقیم از تســـت تنش برجا و فشـــار حفرات بدست می آیند و یا از مدل های فشـــاری حفرات برای تاثیر سیال مخزن و نیز تزریق سیال به طور غیر مستقیم بدست می آید و نیز المان هـــای مدل تنش برای جاذبه و تنش های تکتونیکی که به وســـیله اطلاعات زمین شناسی منطقه و ساختار های زمین شناسی توسط مهندسان بدست می آید.

مدل مکانیکی حاصل توسط اطلاعات ازمایشگاهی مغزه نگاری یا اندازه گیری تنش های برجا با مقایسه اطلاعات حفاری و تکمیل و مشاهدات تولید ارزیابی می شـــوند.در صورت لزوم مدل مکانیکی بارها مورد ارزیابی قرار می گیرد تا به شـــکلی رضایت بخش با مشـــاهدات همخوانی پیدا کند. بســـیاری از پارامتر های مکانیکی زمین خصوصیات و شرایطشـــان غیر مستقل هســـتند. برای مثال فشار حفرات و شرایط تنش باید استوار بر محدودیت های پایداری عمومی طبق سیستم ژئومکانیکی باشند، به علاوه یک مدل مکانیکی زمین لازم است مبتنی بر مدل های زمین شناسی و مخزنی باشد.

## ارزیابی مدل مکانیکی زمین

مـــدل مکانیکی زمین شـــامل ســـطوح مختلف

| پارامتر مورد نظر | لاگ | منابع دیگر |
|---|---|---|
| چینه شناسی مکانیکی | اشعه گاما ، چگالی ، سونیک | کاتینگ ها |
| فشار حفره | مقاومت ویژه | سرعت از اطلاعات لرزه نگاری |
| تنش عمودی | چگالی نمونه | کاتینگ ها |
| کمترین تنش افقی | سرعت برشی اطلاعات سونیک | تست دشت ، فشار حفره |
| بیشترین تنش افقی | عکس های دیواره | مدل تنشی دیواره ، مقاومت سنگ ، شکست هیدرولیکی |
| جهت تنش | کالیپر ، عکس های دیواره | مدل های ساختار زمین ، اطلاعات سه بعدی لرزه نگاری |
| مدول یانگ و نسبت پوآسون | چگالی نمونه | اطلاعات ازمایشگاهی مغزه |
| مقاومت سنگ | چگالی نمونه ، مکانیک چینه شناسی | اطلاعات ازمایشگاهی مغزه |
| مکانیسم های تسلیم | کالیپر ، عکس های دیواره | DDRs |

جدول شماره ۱ : ورودی ها برای ساخت مدل

اطلاعات است که بر اساس نرم افزار استفاده شده مدل ما ممکن است ساده یا پیچیده باشد و در وضوع کم و زیاد در مقیاس های متری نزدیک چاه و یا ده ها کیلومتر در حوضه رسوبی و 3D,2D,1D وجود دارد. برای مثال مدل 3D نسبت به مدل 1D ، ساختار ها ، شکستگی ها ، گنبدهای نمکی و اثر تنش های برجا را در میدان نشان می دهد. علاوه براین اطلاعات داخل مدل های مکانیکی زمین ممکن است یک رویداد را مستند کنند و یا زمان وقوع رویداد را ثبت نمایند.

برای نرم افزار های ژئومکانیکی ، محدوده مورد نظر گاهی فراتر از مخزن است. برای انجام عملیات شکست هیدرولیکی بین یک محدوده ، مدل مکانیکی شامل سازند مورد نظر برای عملیات خواهد بود که قرار است شکسته شود. هنگامی که نگرانی پتانسیل مواجهه با خطرات در حین حفاری است ، مدل مکانیکی زمین از دهانه چاه تا مخزن طراحی می شود. برای یک چاه حفاری شده در اطراف یک گنبد نمکی ، شرایط تنش اطراف چاه شامل تاثیرات مکانیکی گنبد نیز خواهد بود.

## استفاده از مدل مکانیکی

یک مدل مکانیکی زمین مجموعه ای از اطلاعات خصوصیات تنش های برجا برای یک حجم خاص از زمین می باشد که این مشخصات ممکن است در جایگاه خود کارآمد باشند ، برای مثال جهت تنش برای برنامه ریزی چاه های افقی و تکمیل آنها بسیار مهم می باشد.یک مدل مکانیکی زمین شامل تمام اطلاعات موجود و مورد نیاز برای ارزیابی چگونگی تغییر فرم سنگ و شکستگی ها است و حفاری و تکمیل و عملیات تولید چاه است. کارشناسان زمین شناسی از مدل مکانیکی استفاده میکنند تا اطلاعات را منتقل کنند ، به خصوص در استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی مخزن ، شکستگی های هیدرولیکی و ساختارهای زمین شناسی کاربرد بسیار دارد.

از کاربردهای بسیار مهم مدل مکانیکی میتوان به تاثیر ساختار ها بر عملیات ها اشاره کرد که جهت و نقطه اثر تنش ها را بر شکستگی های باز و یا بسته طبیعی نشان میدهد و تاثیر آنها بر نفوذ پذیری توده سنگ که بر نرخ تولید ، حجم بازیابی و برنامه اقتصادی تولید تاثیر بسزایی دارد. مهندسان از مدل مکانیکی زمین استفاده میکنند تا از تجربیات گذشته را متوجه شده و ریشه حوادث غیر منظره همانند جریان سیال و یا هرزروی گل حفاری را شناسایی کنند. مهندسان حفاری و تکمیل می توانند اطلاعات بسیاری از مدل مکانیکی زمین به جهت بهبود روند عملیات حفاری و همچنین عملیاتی ایمن تر را برنامه ریزی کنند و نیز می توانند تضادهای اثر ژئومکانیک را برای سناریو های مختلف در میدان های عملیاتی برای توسعه و یا طراحی عملیات از این مدل گرفته و به کاربرند. در مجموع مدل مکانیکی زمین برای تمام مراحل عملیاتی که عبارتند از طراحی ، برنامه ریزی ، حفاری ، راندن لوله جداری و به خصوص وزن گل لازم و ... بسیار لازم است تا بتوان عملیات را در بهینهترین و به صرفه ترین حالت ممکن پیش برد و با پیش بینی حوادث میتوان با خطرات کمتری در عملیات مواجه بود و در آخر لازم به ذکر است که مدل مکانیکی زمین در عملیات های ازدیاد برداشت که شامل شکست های هیدرولیکی می شوند نقش بسیار مهمی را ایفا میکند.

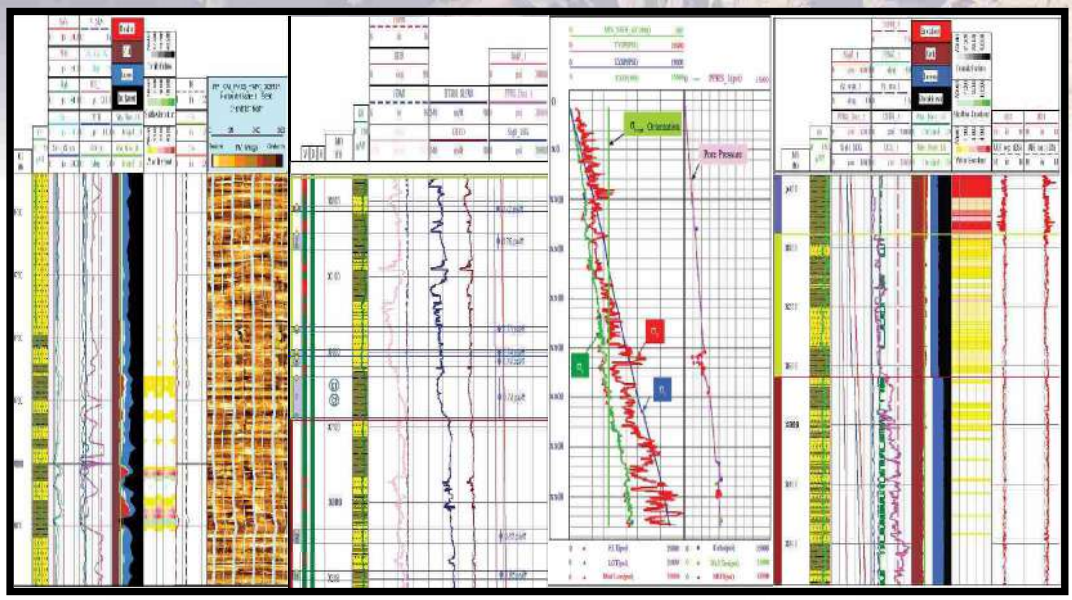
## منابع :


.Bull. Geol ..۲۰۱۷ ,.Alt II, R.C., Zoback, M.D

https:// .۲۲۸–۲۱۶ ,۱۰۷ .Soc. Am

.۰۱۲۰۱۶۰۱۵۶ /۱۰/۱۷۸۵ /doi.org

SPE.com

شکل شماره ۱ : نمونه هایی از خروجی ها

# تکنولوژی هوشمند سازی مخازن نفت و گاز

نویسنده : محمدرضا اکرمی

**ورود به دنیای جدید چاه ها:**

یکـــی از تکنولـــوژی های نو و تاثیرگذار بر صنعت نفت که به شـــکل فزاینده ای در حال رشـــد می باشد،هوشـــمند کردن چاه های نفت و گاز است و در حال گستردش هوشمند سازی مخازن و میادین نفتـــی و گازی می باشـــد.اهداف بـــه کارگیری این فن آوری بـــا توجه به نحوه و نوع پیاده ســـازی آن می تواند شـــامل افزایش تولید نفت ،کاهش عوامل ناخواســـته مانند آب و گاز،مدیریت همزمان تولید و تزریق،مدیریت ریســـک های تحت الارضی و همچنین کاهش تعداد چاه های مورد نیاز برای توســـعه میادین به هنگام تولید همزمان از چند ناحیه مخزنی با فشـــار های متفاوت می باشـــد.بنابراین از نظر متخصصان نفتی چاه هایی که بتوانند این ویژگی های کلی را ایجاد کنند، اصطلاح چاه های هوشمند به آن ها اطلاق می شود.استفاده از فناوری چاه های هوشمند،اگر چه در گام های ابتدایی خود در صنعت نفت کشور ما به سر می برد،اما آغاز این پروژه از سوی مرکز مطالعات اکتشاف و تولید پژوهشگاه صنعت نفت می تواند به عنوان نقطه قوتی مهم تلقی شـــده و توســـعه آن به عنوان راهبردی در جهت غلبه بر چالش های موجود صنعت نفت می باشد.در ادامه به بررسی اهمیت کاربرد این فناوری و نحوه عملکرد و اجرای آن پرداخته می شود.

## نگاهی بر اهمیت فناوری هوشمند سازی :

بیش از نود درصد از شرکت های موجود در صنعت نفت دنیا حدود پانزده سال می باشد که در حال به کارگیری و توسعه تکنولوژی هوشمند می باشند.جدول (۱) تاریخچه استفاده از این تکنولوژی را در میادین نفتی دنیا ارائه می نماید.

شرکت های ذکر شده در جدول از جمله شرکت های نفتی حاضر در منطقه خاورمیانه می باشند که از این تکنولوژی حتی در پایین ترین سطح هوشمندی استفاده می نمایند.برای مثال در کشور قطر از سال ۲۰۱۱ تاکنون،تمامی چاه های حفاری شده دارای سیستم هوشمند می باشند و به طور مشابه در کشور عمان و امارات متحده نیز از چاه های جدید التاسیس مجهز به تکنولوژی هوشمند استفاده می شود.با توجه به این که کشور های مجاور و دارای میادین مشترک با ایران از تکنولوژی چاه هوشمند برخوردار هستند و با کمک همین دانش و تکنولوژی تمامی دارایی های مشترک با ایران را بدون اینکه کوچک ترین دخل و تصرف جغرافیایی به آن ها داشته باشد ،بهره برداری کرده و به فروش می رسانند،بنابراین به کارگیری چنین تکنولوژی با سطوح مختلف هوشمندی در کشور ضروری به نظر می رسد.

## ارزیابی اقتصادی میدان هوشمند با میدان سنتی:

ارزیابی اقتصادی این تکنولوژی در پروژه مطالعاتی اجرا شده توسط پژوهشگاه صنعت نفت در میدان جفیر ،شرکت نفت و گاز اروندان در سازند ایلام و سروک با چهار چاه تولیدی با میزان تولید نفت حدودا ۵۰ هزار بشکه در روز نشان می دهد که با پیاده سازی اطلاعات مربوط به میادین و چاه هوشمند ،میزان تولید به روزانه ۶۵ الی ۷۵ هزار بشکه در روز افزایش خواهد یافت که علاوه بر این که میزان تولید بالا می رود،مدت زمان طول عمر میدان هم از حدود چهار سال درحالت سنتی به حدود هفت الی هشت سال در حالت هوشمند افزایش می یابد.میزان ازدیاد برداشت حدود ۳ درصد افزایش می یابد که در مقابل هزینه تقریبا چهار میلیون دلاری تکنولوژی هوشمند سازی در دو فاز مطالعاتی و فاز پیاده سازی قابل چشم پوشی بوده و اقتصادی می باشد.

فرآیند به کارگیری هوشمندسازی:

### ۱-شناخت اجزا:

به منظور پیاده سازی این تکنولوژی،در ابتدا به بررسی اجزای اصلی آن می پردازیم.به طور کلی چاه های هوشمند از یکسری از تجهیزات مکانیکی و الکتریکی تشکیل شده است که کنترل چاه را از راه دور مقدر می سازد.

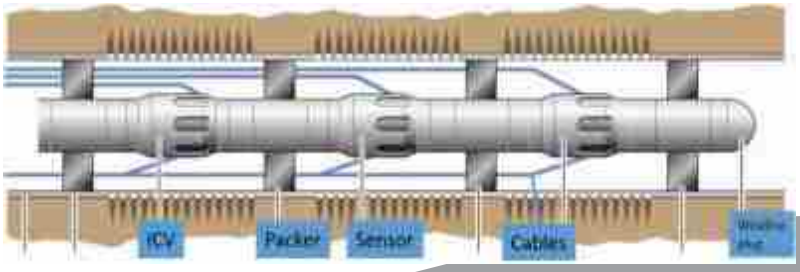
۱- شیرهای کنترل بازه ای(ICV): یکی از

| سال | وقایع |
|---|---|
| ۱۹۸۰ تا اوایل دهه ۱۹۹۰ | • نصب حسگر های دما و فشار به منظور پایش مداوم<br>• پژوهش در زمینه ابزار و مفاهیم تکنولوژی چاه هوشمند برای اولین بار توسط شرکتOTIS در سال ۱۹۸۵ میلادی |
| ۱۹۹۳ | • نصب اولین حسگر نوری دما/فشار توسط شرکت Weatherford |
| ۱۹۹۴ | • بررسی امکان سنجی تکمیل چاه هوشمند و ارائه سیستم تحلیل مدیریت مخزن کنترل شده از سطح توسط شرکت PES |
| ۱۹۹۶ | • نصب آزمایشی سیستم تحلیل مدیریت مخزن کنترل شده از سطح توسط شرکت PES<br>• استفاده از تکنیک چاه های هوشمند در چاه های فراساحلی |
| ۱۹۹۷ | • نصب اولین سیستم چاه هوشمند با سیستم SCRAMS توسط شرکتPES وهالیبرتون در میدان SAGA نروژ |
| ۱۹۹۸ | • تمایل شرکت های بیشتر جهت استفاده از این فناوری در میدان های نفتی<br>• استفاده از این فناوری و نصب اولین حسگرهای فیبرنوری در میدان Oseberg در دریای شمال توسط شرکت Norsk Hydro |
| ۲۰۰۴ | • نصب تعداد ۱۳۰ حلقه چاه هوشمند بنا به آمار شرکت WellDynamics |
| ۲۰۰۵ | • نصب تعداد ۱۵۵ حلقه چاه هوشمند بنا به آمار شرکت WellDynamics |
| ۲۰۰۶ | • شرکت بیکرهیوز درسال ۲۰۰۶ در زمینه چاه هوشمند در یک پروژه در پایی فوق عمیق در خلیج مکزیک با عمق آب ۲۵۰۰ متر و با احتمال وجود جریان حلقوی قدرتمند شروع به کار کرد. |

جدول شماره ۱ : تاریخچه استفاده از این تکنولوژی در میادین نفتی دنیا

تجهیزات اصلی مورد استفاده در این چاه ها، شیر های مکانیکی ته چاهی است که به نام شیرهای کنترل بازه ای(ICV)شناخته می شود.این شیر ها  با استفاده از پالس های متصل به کابل های الکتریکی تعبیه شده اند که با مجرابند(Packer) فعال می شوند و از طریق اریفیس هایی با سایزهای  مختلف از پیش تنظیم می شوند.شیر های کنترل هوشمند از نظر توانمندی در کنترل خروجی سیال به سه دسته،شیرهای باز/بسته، شیر های چند حالته(گسسته)و شیرها با بی نهایت حالت(پیوسته) تقسیم می شوند.

۲-سنسور های ته چاهی : ابزار های الکترونیکی یا مکانیکی که سیگنال ها را به فرستنده انتقال می دهند.
۳-فرستنده : ابزار های الکترونیکی که سیگنال های گوناگون را به شبکه ارسال می کنند.
۴-مجرابند(Packer) : به منظور جداسازی اجزا استفاده می شود.




شکل شماره ۱ : مجرایند

## ۲-الگوی هوشمندسازی:

کلید موفقیت در پروژه مخازن هوشمند،شناسایی و به کارگیری وجه مشترک میان تخصص های مرتبط است.در یک نگاه کلی این الگو به شش فاز تقسیم بندی می شود که عبارت است از:شناسایی، ارزیابی،انتخاب،تعریف،اجرا و عملیات.

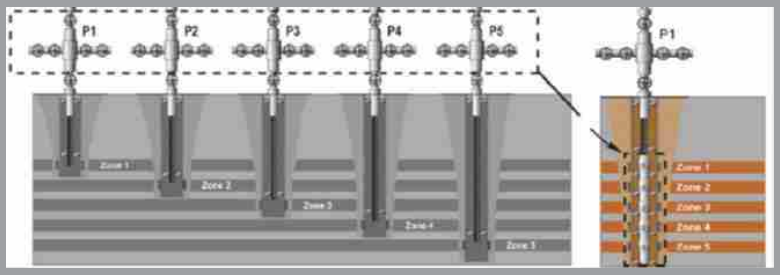
به طور کلی در سه فاز اول،تیم پروژه فرصت هایی را که به واسطه به کارگیری تکنولوژی مخازن هوشمند به دست می آید را شناسایی و امکان به کارگیری این تکنولوژی را مورد ارزیابی قرار می دهد. در مرحله انتخاب با توجه به هزینه و وقت تخصیص داده شـــده برای اولویت بندی مخازن از روش های مختلف استفاده می شود. در مرحله تعریف، مسئله سازگاری اجزا چاه هوشمند با اجزای دیگر در چاه بررسی شده و کلید موفقیت در فاز اجراست که یک برنامه دقیق ارزیابی و کنترل کیفیت می باشد که در نصب موفق سیستم هوشمند کمک شایانی خواهد کرد . در فاز عملیات،یک محیط کاری همراه با تیم گروهی به منظور تصمیم گیری به هنگام جهت بهینه سازی فرآیند صورت می پذیرد.

شکل شماره ۲ : مراحل هوشمند سازی

## ۳- بررسی موارد موثر در هوشمند سازی:

۱- تعداد لایه های مخزنی : طراحی چاه هوشـــمند با افزایش تعداد لایه های مخزنی جهت به کارگیری فرآیند هوشمندسازی پیچیده تر می شود. تعداد نواحی می تواند پیشنهاد اولیه ای برای تعداد شیرهای کنترلی درون چاهی باشد که متعاقبا با ملاحظات عملیاتی و اقتصادی تغییر خواهد کرد.

۲- تفاوت فشار / نوع سیال در لایه ها : تفاوت فشار در نواحی مختلف سبب ایجاد مشکلات حفاری می شود.ایجاد جریان عرضی و در نتیجه از دست رفتن مقدار زیادی از نفت قابل برداشت در قسمت هایی از مخزن که فشار کمتری دارد و همچنین هرزروی گل حین عملیات حفاری از پدیده های شایع در مخازنی است که لایه هایی با فشارهای متفاوت دارند.سیستم های چاه هوشمند با به کار بردن شیرهای کنترلی می توانند جریان های لایه های پرفشار را کنترل کنند و تولید را در لایه های کم فشار بهبود بخشند.




شکل شماره ۳ : نمونه ای شیر های کنترل

۳- بررسی سازگاری سیالات مختلف : در چاه هوشمند با توجه به شتاب زیاد تولید،امکان تولید هر نوع رسوب نظیر آسفالتین و... در نتیجه اختلاط ســـیالات لایه های مختلف(با توجه به عدم ســـازگاری این سیالات)وجود دارد.در این گونه چاه ها ضرورت تولید مجزا و چالش های تولید باید بررسی شود،زیرا در صورت عدم سازگاری سیالات و تشکیل رسوب، سبب از کارافتادگی تجهیزات هوشمند می شوند.به طور مثال در بعضی میادین دریای شمال،رسوب باریم سولفات گزارش شده است.

۴- ضخامت لایه ها : در مخازن همگن ، افزایش ضخامت لایه ها سودمندی به کارگیری چاه های هوشمند را کاهش می دهند و به طور کلی درمخازن ضخیم چاه های چند شاخه گزینه بهتری هستند.

۵- نفوذ پذیری متغیر لایه ها : تولید بهینه از لایه هایی بـا نفوذپذیری کم در حضور لایه هایی با نفودپذیری زیاد با اسـتفاده از چاه های معمولی دشوار است.بنابراین تولید از مناطق با نفوذپذیری کم را می توان با استفاده از شیر های کنترلی متعادل کرد.

چالش های پیاده سازی تکنولوژی چاه هوشمند:

- وجود موانع ایجاد و توسـعه تکنولوژی هوشـمند مانند فرآیندها و نیروی انسانی
- آسـیب پذیری تجهیزات هوشمند در مقابل تولید شن از مخزن
- تجمع رسوب در ته چاه
- تغییرات مدیریت تولید
- وجود گشـتاور و نیـروی مقـاوم در مقابل راندن ابزارآلات مرتبط با تکنولوژی هوشمند به درون چاه

**جمع بندی و نتیجه گیری:**

تکنولوژی چاه و میدان هوشمند قابلیت افزایش ۱ الی ۳ درصدی بازیافت نفت مخازن کشور را دارا می باشد.با توجه به این که میادین نفتی کشـور در حال حاضر با شـرایط افزایش آب و کاهش فشار رو به رو هستند و همچنین سایر کشـورهای دارای میادین مشترک،برداشـت بسیار بالایی انجام می دهند،الزام به اسـتفاده از این تکنولوزی در دوره جدید پیشنهاد می شود.تنها مشکلاتی که می توان درباره این تکنولـوژی در نظر گرفت،نبود تجربه پیاده سـازی و عدم توانایی تولید تجهیزات هوشـمند در داخل کشور می باشـد که توان بالای داخلی و مهندسی معکوس در حوزه های مختلف موجب مرتفع شدن این مشکل خواهد شد.

**منابع:**


۱-چاه و میدان هوشـمند و کاربردهـای آن درصنعت نفت ایـران، دفتر مطالعات انرژی،صنعـت و معدن(گروه انرژی)،۱۳۹۵

۲-تورج بهروز،فرآیند توسعه تکنولوژی مخازن هوشمند، پژوهشگاه صنعت نفت،ماهنامه اکتشاف و تولید،۱۳۹۳

۳- Gustavo carvajal,Marko Maucec; Smart wells and techniques for reservoir monitoring;۲۰۱۸

۴- Jinlong Wang ;Development of a downhole incharge inflow control valve in intelligent wells; ۲۰۱۵

# یادگیری ماشین (machine learning) در نفت و گاز؛ به روش تجزیه و تحلیل SWOT

DOI: https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.01.113

مترجم : علی وارسته رنجبر

## ماشین لرنینگ

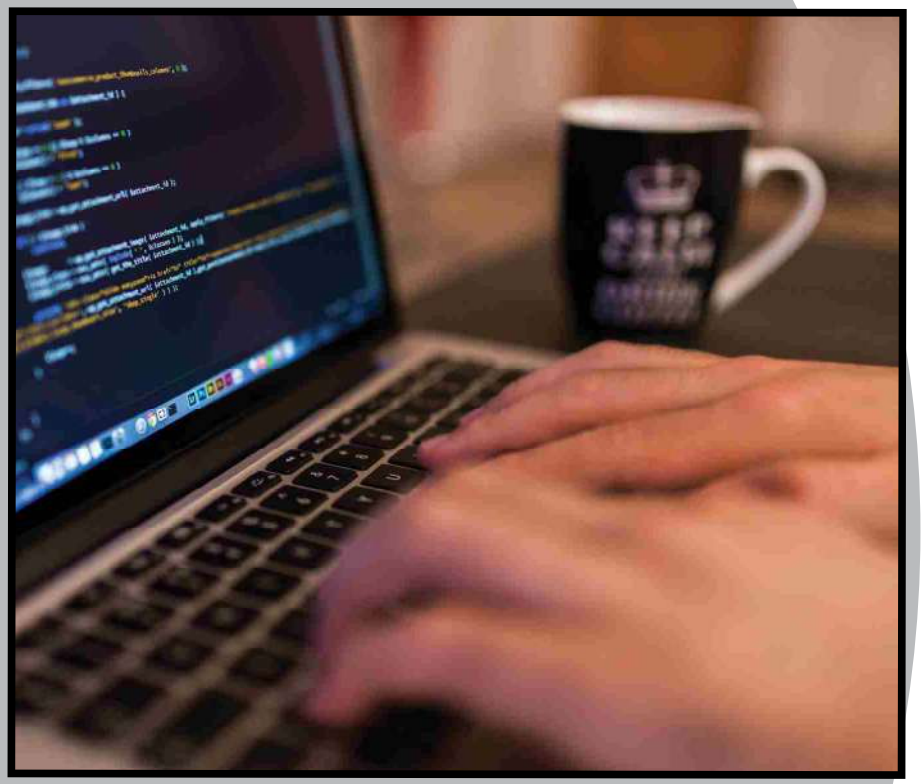
دیجیتالی کردن گردش کار با استفاده از یادگیری ماشین و تجزیه و تحلیل پیشرفته ، استراتژی جدید برای افزایش ارزش تجارت در صنعت نفت و گاز است. شرکتها در تلاشند تا از این فناوریهای جدید استفاده کنند. ما تلاش می کنیم تا مدل های خود را در تولید قرار دهیم و نتایج ملموس بدست آوریم تا بازده مطلوب سرمایه گذاری را بدست آوریم. این که آیا شما یک مجری C-suite یا مهندس دستی در زمینه کار باشید ، در مورد MachineLearning به عنوان بخشی از ابتکارات تحول دیجیتال شنیده اید. یادگیری ماشین به طور گسترده می تواند به دو مرحله آزمایش و عملیاتی شدن تقسیم شود. آزمایش ML به تلاشهای متمرکز در تهیه داده ، انتخاب الگوریتم و اعتبار سنجی و تأیید مدل اشاره دارد. عملیاتی سازی ML به فرایند استقرار مدل ها و مصرف بعدی و نظارت بر خدمات انعطاف پذیر ، کارآمد و قابل اندازه گیری اشاره دارد. این مباحث در هسته اصلی هر جلسه کاری یا کنفرانس فنی قرار دارند.

## نقاط قوت

پایه و اساس هر ML داده است و صنعت نفت و گاز خوش شانس است که در اقیانوس داده های خام شنا می کند. سنسورهای ته چاه در هر چند ثانیه اندازه گیری می کنند و یک بررسی لرزه ای منفرد می تواند بیش از ۶ ترابایت داده در روز تولید کند. اکثر شرکت ها همچنین به منابع محاسباتی بزرگ مبتنی بر ابر یا ابری دسترسی دارند که می توانند برای اجرای مشاغل آزمایشی در مقیاس بزرگ استفاده شوند. علاوه بر این ، می توان از یک مجموعه گسترده از دانش خبره برای تزریق دانش مهندسی در آموزش الگوریتم های ML استفاده کرد، همچنین می تواند به عنوان یک مکانیسم بازخورد برای ارزیابی عملکرد یک الگوریتم و بهبود دقت پیش بینی ها مورد استفاده قرار گیرد.

## نقاط ضعف

این صنعت به دلیل فرهنگ ضد ریسک و کندی در پیشرفت فناوری بسیار مشهور است و لازم به ذکر است این صنعت روشهای مدیریت نوآوری ضعیفی نیز دارد.



این یک منطقه پیچیده است. جایی که استراتژی نوآوری یک شرکت تحت تأثیر پوشش تحلیلگرها قرار می گیرد لذا به سیستم ها و استراتژی های با دقت طراحی بالا نیاز دارد. با این وجود بسیاری از شرکت های نفت و گاز برای فعالیت های خود در زمینه ML و تجزیه و تحلیل سیستم مدیریت نوآوری ندارند. در حالی که شرکتهای نرم افزاری به فرآیندها و روشهای چابک تکیه دارند ، شرکتهای نفت و گاز یک رویکرد توسعه آهسته و از بالا به پایین با فرایندها و رویه های سخت دارند. این مدل آبشار حتی برای پروژه های ایده پردازی و نوآوری در تیم های چابک کوچک در این شرکت ها استفاده می شود.

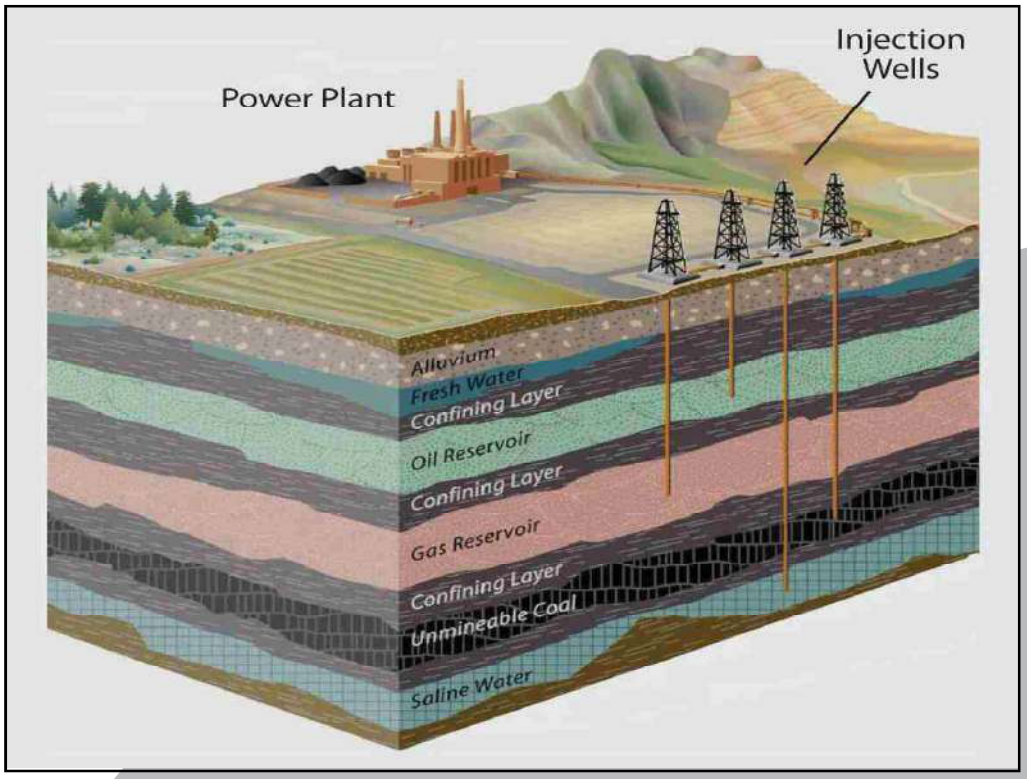
اگرچه پروژه های صنایع مشترک (JIP) گاهی در صنعت نفت و گاز اتفاق می افتد ، اما آنها معمولاً در زمره اپراتورهای دارایی های مشترک هستند. به ندرت، JIP ها بین رقبا شروع می شوند و مطمئناً در حوزه های استراتژیک مانند ML نیست. همکاری های گسترده در صنعت و پروژه های منبع باز روتین در بخش فناوری است. به عنوان مثال ، شبکه عصبی (ONNX) ۲ یک همکاری مشترک توسط مایکروسافت ، آمازون و فیس بوک است که می تواند برای جابجایی مدل های یادگیری عمیق بین ابزارها و سیستم عامل ها استفاده شود. مقادیر زیادی از داده ها همچنین به دلیل مشکلات کیفیت و صحت در داده های میدانی می توانند ضعف ایجاد کنند. در بیشتر موارد ، داده ها نیز تکه تکه می شوند و در سیلوها ذخیره می شوند ، و همین امر باعث می شود که در هنگام پروژه های ML تقاضا دشوار نشود.

## فرصت ها

ایجاد درک بهتر از فرصتهای ارائه شده توسط جریانهای کاری ML اصلی برای مهار ارزش تجاری و تأثیر واقعی آن است. تعداد زیادی نشریات صنعتی وجود دارد که از الگوریتم های یادگیری ماشین برای استفاده از موارد در اکتشاف ، حفاری ، مهندسی مخزن ،عملیات تولید استفاده می کنند. با این وجود ، کمبود تمرکز بر عملیاتی کردن یادگیری ماشین در صنعت نفت و گاز وجود داشته است.

# ضریب پوسته یا همان اسکین فکتور

نویسنده : امیرحسین مولایی




**برسی ضریب پوسته در مخازن گاز میعانی**

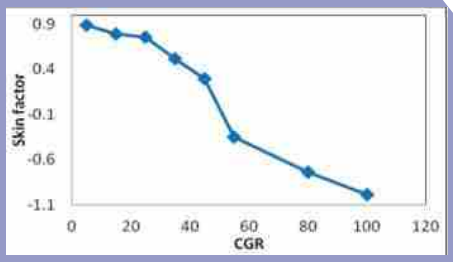
در شـــرایط اولیه مخزن، مخازن گاز میعانی به صورت مخازن تک فاز گازی کشـــف می شوند. معمولا سیالات این نوع مخازن به طور عمده شـــامل متان و برخی از هیدروکربورهای با زنجیره کوتاه می باشـــند. همچنین این نوع ســـیالات دارای هیدروکربورهای با زنجیر طولانی نیز بوده که غالبا اجزای نهایی سنگین نامیده می شوند. متان موجود در سیال مخازن گاز میعانی بین ۶۵ تا ۹۰ درصد مولی از این ســـیال را تشـــکیل می دهد، در حالیکه میزان متان موجود در نفت خام تنها بین ۴۰ تا ۵۵ درصد مولی است. از طرفی دیگر اجزای سنگین موجود در سیالات گاز میعانی که غالبا بر اساس $C_{7+}$ گزارش می شوند،کمتر از میزان $C_{7+}$ موجود در نفت خام است. مخازن گاز میعانی به علت وجود سیســـتم دوفازی گاز مخزن و میعانات گازی رفتار پیچیده ای از خود بروز می دهند.هرگاه فشار چاه های در حال تولید به زیر نقطه شبنم برسد باعث ایجاد سه مشکل اصلی زیر می شود:

- کاهش غیرقابل برگشت در تولید چاه
- ایجاد گاز کم ارزش تر
- مسدود شدن لوله انتقال به علت وجود میعانات گازی و ایجاد Skin

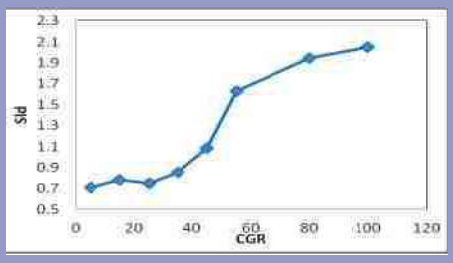
یک سیستم گاز میعانی بسته به فشار و دما می تواند شامل گاز تک فازی و یا سیستم دوفازی گاز و نفت باشد. توزیع فازها از طریق ثابت تعادل ویا از طریق بدست آوردن فوگاسیته فازها با استفاده از معادله حالت درجه ۳ به دست می آید. بیشترمخازن گاز میعانی در لایه هایی با فشاربین۳۰۰۰ تا۸۰۰۰ پام و دمای بین ۲۰۰تا۴۰۰ درجه فارنهایت کشف می شوند.این محدوده گسترده از فشار و دما به همراه ترکیب های مختلفی که یک سیال گاز میعانی می تواند داشته باشد، شرایط مختلفی را برای رفتار فازی سیالات گاز میعانی فراهم کرده و پیش بینی این رفتار را مشکل می کند. این موضوع مهندسان نفت را به هنگام مطالعه سیستمهای گازمیعانی جهت تعیین طرح توسعه ای میدان و اجرای آن با چالشهای جدی مواجه می کند.

ضریب پوسته کلی یک مخزن گاز میعانی شامل : ضریب پوسته مکانیکی، ضریب پوسته میعانی (Sld )و ضریب پوسته غیر دارسی (Snd)است. ضریب پوسته میعانی از تفاوت بین مقادیر ضریب پوسته محاسبه شده در آنالیز تک فازی و دوفازی بدست می آید. زیرا در آنالیز تک فازی فقط فاز گاز به عنوان فاز متحرک در مخزن در نظر گرفته می شود و فاز میعان به عنوان فاز متحرک محسوب نمی گردد. در حالی که در آنالیز دوفازی، فاز گازی و فاز میعانی به عنوان فازهای متحرک در مخزن در نظر گرفته می شوند و هر دو فاز گاز و میعان جریان می یابند. از آنالیز انطباق منحنی در هر دو آنالیز تک فازی و دوفازی، ضریب جریان غیر دارسی محاسبه می شود و از ضرب هر دبی حجمی در ضریب جریان غیر دارسی، ضریب پوسته غیر دارسی محاسبه می گردد.با استفاده ازنرم افزار چاه آزمایی به تاثیر پارامترهای مختلف در skin می پردازیم:

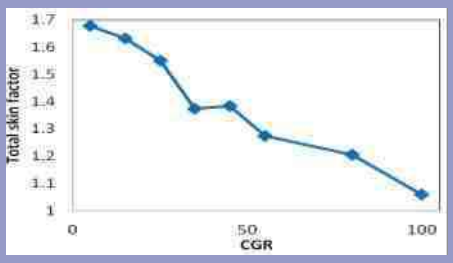
**تأثیر پارامتر نسبت میعان به گاز تولیدی : (CGR)**




شکل شماره ۱ : تغییر ضریب پوسته واقعی برح سب CGR




شکل شماره ۲ : تغییر ضریب پوسته میعانی بر حسب CGR

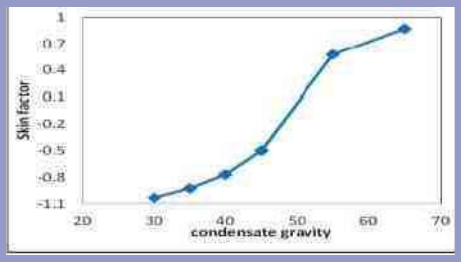



شکل شماره ۳ : تغییر ضریب پوسته کلی بر حسب CGR

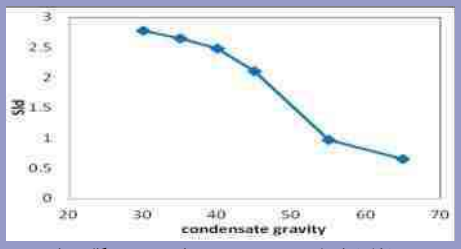
همانگونه که در شکل های ۱ تا ۳ مشاهده می شود، با افزایش مقادیرCGR،ضریب پوسته واقعی یا مکانیکی در اطراف چاه کم می شود و به همان نسبت مقادیر ضریب پوسته میعانی دراطراف چاه بیشتر می گردد. یعنی درمخزن گاز میعانی با افزایش اثر ضریب پوسته میعانی، متقابلا اثرضریب پوسته واقعی مخزن کم می شود. با افزایش پارامتر CGRضریب پوسته کلی نیز در چاه گاز میعانی کمتر می شود.

در مخزن گاز میعانی هرچه مقدارفشار نقطه شبنم بیشتر شود، مخزن در اطراف سریع تر در حالت دوفازی قرار می گیرد و میزان انباشتگی میعان چاه بیشتر می شود. یعنی میعانات بیشتری در اطراف چاه انباشته می شوند که این انباشتگی، باعث کاهش بیشتر نفوذپذیری در این ناحیه می شود. درنتیجه، یک افت فشار اضافی را در این ناحیه ایجاد می کند وباعث افزایش مقدار ضریب پوسته میعانی می شود. افزایش پارامتر CGR باعث افزایش مقدار فشار نقطه شبنم و افزایش میزان انباشتگی درمخزن گاز میعانی می شود که این خود دلیلی برافزایش ضریب پوسته میعانی در اطراف چاه است.

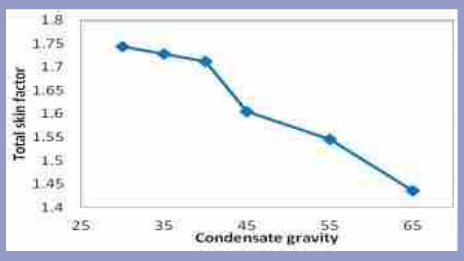
**تاثیر پارامتر چگالی میعان (γc):**




شکل شماره ۴ : تغییر ضریب پوسته واقعی برحسب چگالی میعان




شکل شماره ۵ : تغییر ضریب پوسته میعانی بر حسب چگالی معیان




شکل شماره ۶ : تغییر ضریب پوسته کلی بر حسب چگالی معیان

شکل های ۴ تا ۶ نشان می دهد که با افزایش مقدارچگالی میعان، مقادیر ضریب پوسته محاسبه شده از نرم افزار Pansystem افزایش و مقدار ضریب پوسته میعانی کاهش می یابد. همچنین با افزایش این پارامتر ضریب پوسته کلی در چاه مورد

نظر کاهش می یابد. در مخزن گاز میعانی، در حین تولید گاز و میعان با گذشت زمان و تجمع بیش از حد میعانات در اطراف دهانه چاه، تولید میعان و گاز کاهش می یابد و مقدار قابل توجهی از اجزای سنگین متوسط سیال میعانی با درجه اشباع غیرقابل حرکت در مخزن باقی می ماند. با توجه به این نکته، هر چه مقدار چگالی میعان افزایش یابد، میعانی که در مخزن و در اطراف دهانه چاه تولید می شود،دارای ترکیبات سبک تری خواهد بود که این امر باعث تحرک بیشتر میعان در نواحی اطراف چاه می شود. در نتیجه، به خاطر تحرک بالای میعان، به مرور زمان، میعان بیشتری از مخزن تولید خواهد شد. با افزایش تولید میعانات در مخزن گاز میعانی، میزان میعانات کمتری در اطراف چاه انباشته خواهد شد. بنابراین، هر چه میزان انباشتگی میعانات در اطراف دهانه چاه کمتر باشد، افت فشار اضافی ایجاد شده در این نواحی که ناشی از تجمع میعانات می باشد، کمتر گردیده، ضریب پوسته میعانی در مخزن گاز میعانی کاهش می یابد.

**افقی و عمودی بودن چاه در skin :**

مقدار ضریب پوسته در چاه عمودی بیشترازچاه افقی است که ممکن است به دلایل مختلفی مانند آشفتگی باشد. با تشکیل میعانات گازی در نزدیکی چاه ، افت فشار بیشتری در مخزن ایجاد شده و مقدار ضریب پوسته افزایش بیشتری می یابد.در صورت استفاده از چاه افقی ضریب پوسته به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد و حتی با تشکیل میعانات گازی در نزدیکی چاه ، ضریب پوسته همچنان دارای مقدار کمی است.بنابراین می توان نتیجه گرفت استفاده از چاه افقی در مخازن گاز میعانی بسیار سودمند بوده و باعث کاهش ضریب پوسته و افزایش بهره دهی از مخزن می شود.

**نتیجه گیری :**

نتایجی که از شبیه سازی مخزن می توان به دست آورد عبارتند از : ۱-استفاده از چاه افقی باعث کاهش ضریب پوسته و افزایش دقت محاسبه پارامترهای مخزن نسبت به چاه عمودی می شود. ۲- مقادیر بالای ضریب پوسته در چاه عمودی ممکن است به دلایل مختلفی مانند آشفتگی باشد. با تشکیل میعانات در نزدیکی چاه ، افت فشار بیشتری در مخزن ایجاد شده و مقدار ضریب پوسته افزایش بیشتری می یابد. ۳-هنگامیکه فشار زیر نقطه شبنم قرار می گیرد میعانات گازی در مخزن تشکیل شده و با کاهش فشار تا یک حد مشخصی، مقدار این میعانات افزایش می یابد. با کم شدن بیشتر فشار، میعانات شروع به تبخیر شدن کرده ولی با این حال، حتی در فشارهای خیلی کم، مقداری میعانات در داخل مخزن باقی می ماند. ۴-میعانات گازی بر عملکرد چاههای عمودی تاثیر زیادی داشته در حالیکه در چاههای افقی حتی در صورت وجود مقادیر زیاد میعانات گازی،تاثیر آن کم است. ۵-به دلیل بیشتر بودن سطح تماس چاه افقی با مخزن، عملکرد آن نسبت به چاه عمودی به طور قابل ملاحظه ای بهتر است..۶- با استفاده از آنالیز چاه آزمایی می توان فاصله چاه افقی تا دیواره پایینی $Z_w$ را با دقت زیادی محاسبه کرد.۷- با افزایش تراوایی در مخزن دارای چاه افقی، موج افت فشار سریع تر حرکت کرده و ممکن است جریان شعاعی اولیه در بعضی از موارد مشاهده نشود. ۸-هر چه ضریب پوسته در چاه افقی بیشتر شود، پرش در نمودار مشتق فشار بیشتر شده و فشار سریعتر افت می کند.

**منابع :**


۱) Ahmed Tarek. Reservoir Engineering Handbook. London: Elsevier

۲) Ikoku, Chi U.: "Natural Gas Reservoir Engineering," Krieger Publishing Company, New York, ISBN ۰-۸۹۴۶۴-۶۴۰-۰, ۱۹۸۴

۳)جلال فهیم پور، " شبیه سازی جریان سیال در مخازن گاز میعانی به منظور پیش بینی اثر تشکیل میعانات بر شرایط

نشـــریه صنعت برتـــر از بیـــن دانشـــجویانی کـــه مایل به همـــکاری دـــر قســـمت هـــای مختلف نشـــریه میباشـــند صمیمانـــه دعـــوت به عمـــل میـــاورد و همچنین مشـــتاقانه آمادـــه دریافـــت انتقادات و پیشـــنهادات شـــما خواهیم بود.

رایانامه : Info@simag.ir
نشانی وبگاه : www.simag.ir