



## بررسی فرصت های استفاده از نانو فناوری در سیالات حفاری و مته های حفاری در صنعت نفت ایران

محمد صاحب پاشایی<sup>۱</sup> عباس هاشمی زاده<sup>۲</sup>

Msp888.pashaei@gmail.com  
Abbas.hashemizadeh@gmail.com

### چکیده :

صنعت نفت به عنوان مهم ترین صنعت فعلی کشور است. استفاده از فناوری نانو در حوزه نفت و صنایع وابسته، در دهه قبل با گسترش زیادی در زمینه های مختلفی همراه بوده و از آنجا که استفاده از این فناوری در صنایع بالا دستی ارزش افزوده بالایی به همراه دارد، در این پژوهش به فرصت های استفاده از فناوری نانو در صنایع بالا دستی مانند حفاری در صنعت نفت ایران پرداخته می شود. نانو ذرات از خاصیت های زیادی برخوردار هستند و می توان از آن برای کاهش هزینه و صرفه جویی در وقت در زمینه های مختلفی استفاده کرد. استفاده از نانو ذرات در سیال حفاری و استفاده از فناوری نانو در مته های حفاری که دو قسمت مهم در حفاری هستند، افزایش یافته هایی که تشکیل شده از ذرات نانو هستند در سیالات و ابزار حفاری قابل استفاده هستند که به کار بردن آنها به ویژه در سیالات حفاری به بالا برده هدایت حرارتی و کاهش یافتن قابلیت رسوب گذاری منتج می شود. همچنین برای افزایش عمر تجهیزات حفاری و استفاده بیشتر از آنها نیز می توان از این مواد استفاده کرد. یکی از اهداف مهم استفاده از فناوری نانو در حفاری کاهش هزینه ها و استفاده بهینه از ابزار حفاری است. با این فناوری کنترل آلودگی محیط زیست که امروزه مورد بررسی دانشمندان علم صنایع هیدروکربوری قرار گرفته در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه های کلیدی: صنایع بالادستی ، نانو ، حفاری ، مته حفاری ، سیال حفاری

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی مهندسی بهره برداری از منابع نفت دانشگاه حکیم سبزواری

<sup>۲</sup> عضو هیئت علمی دانشگاه حکیم سبزواری



## ۱- مقدمه

یکی از مهم ترین عملیات حفاری، دستیابی به لایه های نفتی، ارزیابی سازند و تکمیل چاه است که موجب افزایش بازدهی در تولید مواد هیدروکربوری می شود. خواص سیال حفاری اثر مستقیم بر عملکرد عملیات حفاری دارد. سیال حفاری در عملیات حفاری کاربرد زیادی دارد از جمله آنها انتقال کننده ها، پایداری فشار سازند و کاهش اثرات بر محیط زیست اشاره نمود. یکی از مهم ترین قسمت های صنایع بالا دستی، حفاری است و مته نیز یکی از مهم ترین ابزار حفاری است. مته ها یکی از قسمت هایی هستند که مرتباً در حال فرسایش هستند و پس از حفر عمق خاصی کارایی خود را از دست می دهند و باید جایگزین شوند. با استفاده از نانو مواد می توان وسایل و تجهیزات حفاری را بهبود بخشید. با استفاده از مواد جدید مانند نانو کامپوزیت ها و نانو ساختارها مته های حفاری با دوام و محکم تری تولید کرد و با افزودن نانو سیالات در نسبت حجمی کم به سیال حفاری خواص مکانیکی، نوری و حرارتی سیال را بهبود دهیم. ذرات نانو دارای مزیت هایاز جمله پایداری در برابر رسوب کردن به علت تعامل بین نیروهای سطحی با نیروی سر شکل افزایش دهند هستند حال در این پژوهش ما بر آنیم که از متدهای جدیدی در زمینه مته و سیال حفاری استفاده کنیم که به شرح زیر است.

## فناوری نانو:

نانو نشان دهنده هزارمیلیونیوم ( $10^{-9}$ ) با یک نانومتر برابر یک میلیونیوم یک میلی متر است، که برابر با عرض ۱۰ اتم هیدروژن است. این واحد طول معمولاً برای تعیین طول موج تابش مورد استفاده قرار می گیرد ( $10^{-10}$  انگستروم). در مفهوم کلی، فناوری نانو توانایی خلق و تغییرات مواد در سطح مولکولی است که این امکان را میسر می سازد تا موادی با خواص بهبود یافته تر مانند داشتن وزن سبک، مقاومت بالا و قابلیت های زیاد از جمله در رسانایی برق و گرما را ایجاد کرد. [۱]

## اهمیت نانو در صنعت نفت:

فناوری نانو تاثیر چشمگیری بر روی صنایع های نفت و گاز دارد. نانو تکنولوژی می تواند به منظور افزایش فرصت ها برای توسعه منابع زمین گرمایی با افزایش هدایت حرارت و کمک در توسعه از مواد ضد خوردنده که می تواند برای تولید انرژی زمین گرمایی استفاده شود به کار رود. [۲] برخی از آزمایشگاه های تخصصی نفت از مایعی پیشرفته، مخلوط شده با ذرات نانومتری و پودرهای دانه ریز استفاده می کنند که به میزان قابل توجهی روند سرعت حفاری را بهبود می بخشند. این ترکیب صدمه به سنگ مخزن در چاه را حذف و امکان بهره برداری بیشتر نفت را فراهم می آورد. [۱] فناوری نانو می تواند با ساده تر کردن جدایش نفت و گاز در مخزن و کمک به بهبود تولید نفت و گاز کمک شایانی انجام دهد. [۲] به عنوان مثال از طریق درک بهتر فرآیندها در سطح مولکولی، منابع انرژی درونی پاک بالقوه زیادی موجود می باشد که می توان با استفاده از فناوری نانو آنها را افزایش داد. [۱] فناوری نانو به شکل بیوسورفاکتانت در بهبود بازیافت استفاده می شود. در این روش معمولاً باکتری نفت خوار مواد بیوسورفاکتانت را همراه آب به درون مخازن زیرزمینی نفتی تزریق می کنند. با کتری ها حدود ۸ میلیاردم نفت خام را برای رشد و تکثیر خود مصرف می کنند و پس از تولید بیوسورفاکتانت موجب کاهش کشش سطحی نفت و روان شدن آن به سمت چاه اصلی می شود. به این شکل بخش اعظم نفت چاه موجود در لایه های سنگی اطراف مخزن استحصال می شود. [۱]



## صنایع بالادستی :

ما می دانیم که مجموع عملیاتی که از اکتشاف تا قبل از پالایشگاه در زمینه تولید و استخراج نفت انجام می گیرد، [۱۷] صنایع بالایی دستی می نامند. صنایع بالادستی شامل عناوینی چون اکتشاف، حفاری، استخراج و ... می شوند از اهمیت ویژه ای در توسعه منابع وابسته به ذخایر زیرزمینی کشور برخوردارند که ضرورت بررسی فناوریهای جدید مانند نانو تکنولوژی در این صنایع را تأیید می کند. [۱۲]

## زمینه های کاربردی فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت :

این زمینه ها در ۸ دسته کلی تقسیم بندی می شوند که عبارت انداز: نانو ذرات، نانو سنسورها، نانو کامپوزیت ها، نانو پوشش ها، نانو کریستال، نانو فیلتر، نانو محاسبات و نانو سیالات. مراکز تحقیقاتی صنعت نفت در ارتباط با فناوری نانو فعالیت های زیر را دارند :

- ۱- بررسی اولویت های تحقیقاتی نانو در گستره صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، تدوین برنامه و طرحهای مورد نیاز برای اجرا
  - ۲- ایجاد سیستم تعریف، ارزیابی و تصویب پروژه های نانو
  - ۳- برگزاری همایش های نانو تکنولوژی در صنعت نفت
  - ۴- تدوین و برگزاری دوره های آموزشی کوتاه مدت تخصصی در زمینه نانو
  - ۵- انجام پروژه های پژوهشی در ارتباط با فناوری نانو. [۱۷]
- از آنجا که حفاری یکی از صنایع و مته جزئی بارز از آن است این وسیله را زمینه نانو بررسی می کنیم.

## مته<sup>۱</sup> حفاری :

مته حفاری وسیله ی برنده ایی است که در انتهای رشته حفاری قرار دارد و با خراشیدن، تراشیدن، قاشقی کردن و خرد کردن سنگ باعث ایجاد حفره در سنگ می شود (شکل ۱). عملکرد یک مته به پارامترهایی از قبیل وزن روی مته، سرعت چرخش مته، خصوصیات سیال حفاری، هیدرولیک چاه، نوع سازند و در نهایت نوع مته بستگی دارد. [۲]

<sup>1</sup> Bit



شکل ۱: مته یکی از ابزار بارز حفاری چاهنفت است و حفاری برای یافت نفت به وسیله سر مته های ویژه ای انجام می شود. سر مته ها از فولاد ساخته می شوند و در لبه های برنده خود الماس های صنعتی دارند.

### کاربرد نانو فناوری در طراحی مته حفاری :

بیشترین تنش وارد در عملیات حفاری به مته های حفاری است. مته های حفاری جزء قسمت هایی از رشته حفاری هستند که مرتب در حال فرسایش می باشد و پس از حفر یک متر از مشخص کارایی خود را از دست می دهند و باید جایگزین شوند. بنابراین مواد جدیدی که مته ها را در برابر خوردگی و فرسایش مقاوم تر می کنند، در این بخش بسیار مفید هستند. برای بهبود عملکرد مته های حفاری موارد زیر پیشنهاد می گردد [۱۴]:

- ۱- بهبود و استحکام ساختار مته حفاری به کمک نانو پوشش ها؛ برای مثال:
  - الف- استفاده از نانو پوشش های کاربردی
  - ب- استفاده از نانو پوشش های کاربردی فلز
  - پ- استفاده از نانو پوشش های نیتريد تیتانیم
- ۲- بهبود سختی و پایداری گرمایی مته حفاری با استفاده از نانو کامپوزیت های نیتريد بور
- ۳- کاربرد نانوتیوب های کربنی در کاهش وزن ، افزایش استحکام و دوام مته حفاری
- ۴- بهبود و خواص پوشش ها با استفاده از نانو افزودنی ها
- ۵- پوشش مناسب برای مته ها جهت جلوگیری از سایش و خوردگی [۸]

### سیال حفاری و سیال حفاری نانویی:

سیال حفاری نانویی سیالی است که حداقل دارای یک افزودنی با اندازه ذرات در رنج ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. [۹] به علت اسکان تعداد زیاد گروه های کاربردی<sup>۱</sup> در ذرات نانویی می توان کارکرد هر افزودنی را در سیال حفاری افزایش داد و کارایی سیال را بهبود بخشید. [۱۰] سیال پایه دربرگیرنده نانو ذرات است که می تواند آبی، روغنی یا ترکیبی این دو باشد. از عمده مواد نانویی به کار برده شده در سیالات حفاری تا به امروز می توان از نانو فلزات ، نانو اکسید فلزات ، نانو لوله های کربنی ، نانو رسی ، نانوسیلیکا و .... نام برد. [۱۴]

<sup>1</sup>Functional groups



## افزایش عمر تجهیزات فناوری حفاری :

ذرات نانو به علت سطح انرژی ویژه بسیار بالا و واکنش سطحی بیشتر دارای رسانایی حرارتی بالا هستند. [۱۴] با استفاده از یک سیال حفاری نانویی، خنک کردن ابزار حفاری و خنک شدن سیال حفاری در سطح بهتر انجام می گیرد و باعث کاهش آسیب های وارده به تجهیزات می شود. اندازه بسیار ریز ذرات نانو توان ساینده گی آن ها و آسیب وارده به ابزار در اثر سایش و پارگی را کاهش می دهد. [۱۰] ذرات نانو با قرار گرفتن در سطح تماس دو قطعه فلزی یا ابزار فلزی و سازند به صورت مکانیکی موثرند که این عامل باعث کاهش سایش و افزایش عمر ابزار می شود. [۱۳] ذرات ریزتر بواسطه روانسازی بهتر سایش بین قطعات فلزی را کاهش می دهند. [۱۵]

سرعت حفاری چاه های نفت و گاز یکی از پارامترهای مهم در فرآیند تولید منابع هیدروکربنی می باشد که عدم توجه کافی به آن باعث ضررهای بسیار می شود. پژوهشگران همواره به دنبال افزایش سرعت حفاری چاه بوده اند. استفاده از گل حفاری خاص، مته های جدید در راستای افزایش سرعت حفاری موثر است. همچنین در ارتباط با استفاده از لیزر برای حفاری و مشبک کاری در راستای افزایش سرعت حفاری پیشنهاد هایی شده است. [۱۶]

### افزودنی های نانو به سیال حفاری<sup>۱</sup>:

با ترکیب فناوری نانو و فناوری سیال حفاری، نانو موادهای می توانند به طور قابل توجهی افزایش یابند. مقاومت در دمای بالا، مقاومت آلودگی، کنترل هز روی سیال و کنده های حفاری و قدرت انتقال سیستم سیال حفاری موجب بهبود بخشیدن حفاری در وضعیت دما و فشار بالا و تقویت کردن حفاری از مخازن خاص می شود. با کمک فعالیت سطحی زیاد نانو موادهای، غشا (پوسته ای) از جنس نانو مواد بر روی ابزار حفاری و سوراخ ایجاد شده تشکیل می شود که می تواند به طور موثری نیروی اصطکاک بین ابزار حفاری و سوراخ ایجاد شده توسط مته را کاهش دهد (ضعیف کنند)، از مشکلاتی در حفاری جهت دارو چاه های افقی و ERV بکاهد. استفاده از مواد از جنس نانو در سیال حفاری می تواند کارشناسان تکنولوژی حفاری را قادر سازد تا به خواص سیال حفاری برای مناسب ساختن وضعیت حفاری دست یابند. استفاده از فناوری نانو هزینه مهیا کردن ابزار حفاری کاهش می دهد و باعث حفظ محیط زیست می شود. در زیر به برخی از برنامه های کاربردی استفاده از نانو اشاره می شود:

۱- افزودنی های با وزن بسیار زیاد در مقیاس نانو<sup>۲</sup>

۲- افزودنی های نانو کامپوزیت برای جلوگیری از هز روی<sup>۳</sup>

۳- بنتونایت نانو کامپوزیتی<sup>۴</sup>

۴- روان کاری نانو<sup>۵</sup>

<sup>1</sup>Nano scale drilling fluid additives

<sup>2</sup>Nano- sized weightiy Additive

<sup>3</sup>Nano composite fluid loss Additive

<sup>4</sup>Nano composite Bentonite

<sup>5</sup>Nano metric lubricant

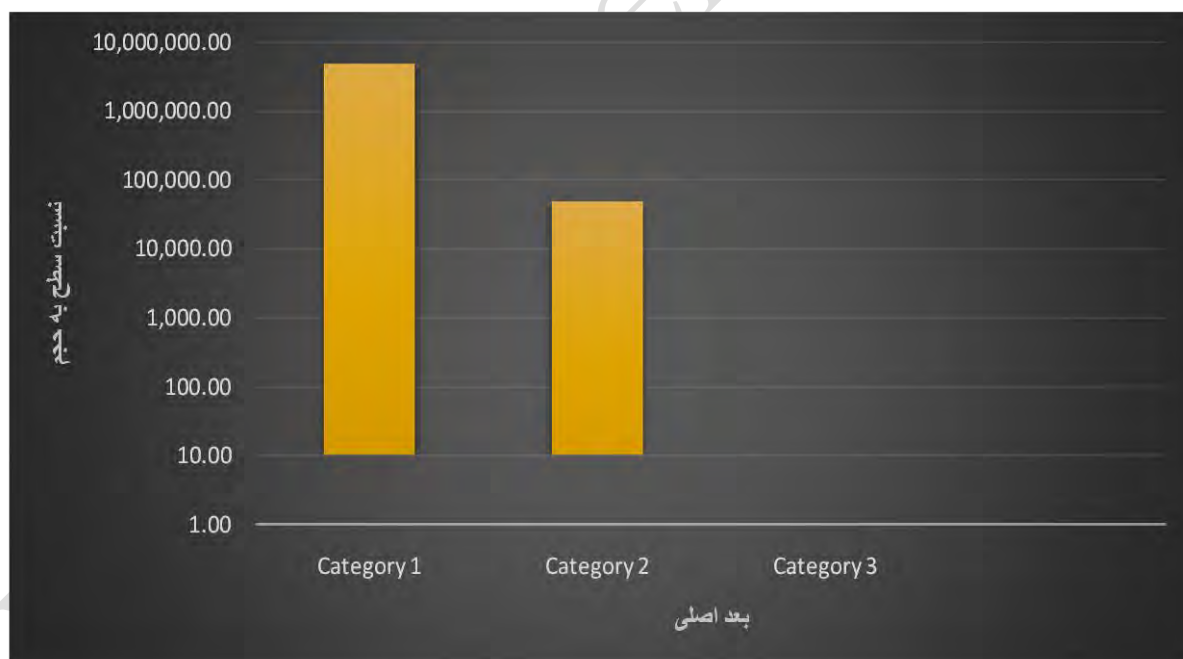


طبق SPE/IADC می توان از نتایج آزمایشات اولیه روی چندین سیال حفاری نانو پایه آبی<sup>۱</sup> پیشرفته در نانو مواد تجاری، برای غلبه کردن بر به هم پیوستن چالش های سیالات حفاری استفاده کرد. [۱۴]

## سیال حفاری پایه نانویی<sup>۲</sup>:

سیالات حفاری نانویی، سیالاتی که تقریباً شامل یک ماده اضافی در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است و حفاری مبتنی بر این سیالات را به عنوان حفاری پایه نانو می نامند. همانطور که می دانیم نانو یک قسمت از یک بلیون در مقیاس متر است. از مقایسه اندازه مواد میکرو و ماکرومتری متوجه می شویم که نانو مواد تقریباً به نسبت بیشتری با ناحیه سطحی در ارتباط اند.

(نمودار ۱) مساحت را نسبت به حجم مواد در واحد حجم یا جرم از ماکرومتر، میکرومتر و نانو متر در یک جسم کروی نشان می دهد. داده ها نشان می دهد که در نانو مواد نسبت به سایر مواد سطح بیشتری را در برمی گیرد. تغییراتی در سیستم سیالات با تمرکز بر قانون مواد ایجاد کنند. بر طبق آزمایشات ۱ سهیلی و یا کوب شنب (۱۹۹۸) و ژوات آل (۲۰۰۵) قوانین ناظر بر مقیاس نانو بسیار متفاوت با این قوانین در مقیاس میکرو و ماکرو است.



شکل ۲: نسبت مساحت سطح به حجم از حجم یکسان از مواد

<sup>1</sup>water-based nano fluids

<sup>2</sup>Nano – based drilling fluid



## سازگاری با محیط زیست :

سیال حفاری نانویی، غیرسمی، دوستدار محیط زیست و قابل تجزیه در طبیعت است. برای برطرف کردن نیازهای زیست محیطی در مناطق حساس مناسب می باشد. [۹] به علت غلظت بسیار اندک افزودنی های نانو در سیال حفاری با اندازه تقریبی (<math>1\%</math>) تخلیه مواد به محیط زیست اندک و آسیب وارده ناچیز می باشد. [۱۰] برخی دیگر از کاربردهای سیال حفاری نانویی، معکوس کردن خواص ترشوندگی مواد درون چاهی مثل کیک گل، کنده های حفاری، سطح چاه، سطح لوله های جداره و سایر سطوح فلزی است. این تغییر خواص می توانند در رفع آسیب سازند، آزاد کردن لوله های گیر کرده به صورت اختلاف فشاری و... مفید باشند. مواد نانو می توانند پیشگیرنده تشکیل واکس و آسفالتین، رسوب وهیدرات و کاهنده یا افزایشنده هدایت الکتریکی سیال حاوی خود باشند. [۱۳]

## نتیجه گیری:

با نگرشی به این پژوهش که درباره دو جزء مهم در حفاری یعنی سیال و مته حفاری است و دانستن این که عملکرد مته ها به پارامترهای گوناگون از جمله وزن روی مته، سرعت چرخش مته و ... وابسته است و رشد روز افزون آلودگی محیط زیست سلامت انسان را به خطر انداخته است، این موارد را میتوان برداشت کرد:

- ۱- با بهره گیری از نانو مواد در ایزاری مانند مته می توان از آنها به مدت بیشتری استفاده کرد.
- ۲- با استفاده از این مواد از خوردگی و معیوب شدن ابزار جلوگیری می شود و می توان از آنها به مدت بیشتری استفاده کرد.
- ۳- استفاده از نانو سیالات باعث کاهش آلودگی محیط زیست می شود و همچنین میتوانند واکنشها را با مواد شیمیایی دیگر در سیستم را کنترل کنند.
- ۴- ذرات نانویی در سیالات نانویی قابلیت بهبود در خواص رئولوژیکی، نوری و حرارتی سیال را دارند. سیالات حاوی مواد نانویی به علت تعادل بین نیروهای سطحی با نیروی ثقل دارای پایداری بیشتری هستند.
- ۵- این مواد کارایی بالاتری در انتقال حرارت را دارند و این مواد دارای پایداری حرارتی بسیار بالا هستند و به سیال توانایی تحمل شرایط سخت درون چاهی را می دهند.



## منابع :

1. Esmaeili, Abdullah, (2009) "Applications of Nano technology in oil and gas industry" national Iranian south oil company petrotech, new delhi .
2. Torres, Alvin, (2005), Account manager, " pan American advanced studies institute in computational Nano technology and Molecular Engineering " final report, Caltech, materials and process simulation center California institute of technology .
3. SPE Review, magazine of the Aberdeen and London sections of the society of petroleum Engineers, Issue 209, June 2007
- 4: <http://news.thomasnet.com/news/1167>
- 5: k.czechowski, I.pofelaka, B.krolicha, p. szlosch, B.smuk, j.wszolek, A. kurlito, j.kasina, "Effect of nitride nanoscale multilayer coatings on functional properties of composite ceramic cutting inserts", Bulletin of the Polish Academy of Science Technical Science, vol.53.No.4, 2005
6. سید علی طاهری و مسعود صامت و سیده سالومه عظیمی پورمیبد، محد سلیمانی/اولین کنگره ملی صنعت حفاری ایران
7. محمد امین ساعتی /استفاده از فناوری نانو برای بهبود ساختار مته ها و جلوگیری از خوردگی آنها/اولین کنفرانس و نمایشگاه تخصصی نفت
8. علی رضا مودنی و محمد نبئی - ۱۳۸۸ - مهندسی حفاری
9. Md.Amanullah, spe. and Ashraf M. Al- Tahini, SPE, Saudi Aramco, 2009. "NANO- Technology- its significance in smart fluid development for oil and gas field Application", SPE126102-MS
10. Md .Amanullah, SPE, mohamad k Al.Arfaj, SPE and ziad Al - Abdullatif, spe, Saudi Aramco, 2011, " Preliminary Test results of nano -based Drilling fluids for oil and Gas field Application ", SPE 139534-MS
11. علی قجری، محمد سلیمانی و صابر محمدی / کاربرد فناوری نانو در سیالات حفاری/ اولین کنفرانس و نمایشگاه تخصصی نفت
12. علی اخوان عبداللهیان/ دومین همایش ملی توسعه فناوری در صنعت نفت، چالش ها و راهکارها  
فائقه اسلامی پور و محمدرضا زارعی خشکناب، سید مصطفوی و شیرین علیخانی / حوزه های کاربرد فناوری نانو در صنعت نفت/ دومین همایش ملی توسعه فناوری در صنعت نفت، چالش ها و راهکارها
13. Lirioquinero, Antonio Enrique cardenas, David E. Clark, 2012. " Nanofluids and methods of use for Drilling and completion fluids " . united states patent Application us 2012/0015852A1.
14. subodhsingh and Ramadan Ahmed, university of oklahoma, and fred Grow cock, M-L SWACO, 2010 Vital role of Nanoploymers in Drilling and stimulations fluid Applications", SPE 130413-MS.
15. Duan B: leih, 2001 " the effect of particle size on the lubricating properties of colloidal polystyrene used as water based lubrication additive", journal of wear volume 249, Number5, June 2001, pp.528532(5), Elsevier
۱۶. میر بهمن غنی زاده واحسان اسماعیل نژاد / ارزیابی کاربرد نانو ذرات در افزایش سرعت حفاری چاه های نفت و گاز/اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی
۱۷. علیرضا خاکپور و سیما خاموشی / بررسی کاربردی فناوری نانو در حوزه نفت و صنایع وابسته .
۱۸. محمد امین آریانا و احسان عباسی /بهبود خواص سیال حفاری با استفاده از فناوری نانو/ اولین همایش ملی توسعه تکنولوژی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی
۱۹. محمد فرخچه و محسن هاشم زاده / اثرات زیست محیطی سیالات حفاری / اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی
۲۰. محمد سجادیان، محمد سلیمانی، علیرضا نصیری، احسان اسماعیل پور مطلق/اولین همایش ملی نانو مواد و نانو تکنولوژی.