

بررسی کاربردهای فناوری نوین اینترنت اشیا در بخش بالادستی صنعت نفت

یاسر جهان‌پیما*، شرکت انرژی دانا

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از فناوری نوین اینترنت اشیا به‌عنوان ارتباط‌دهنده هوشمند حس‌گرها و دستگاه‌ها در صنایع مختلف از جمله صنعت نفت چه به صورت پایلوت و چه در مقیاس واقعی رو به گسترش بوده است. هر چند کاهش قیمت نفت در سال‌های قبل موجب کند شدن روند سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید شده، با این وجود نمونه‌های متعددی از کاربردهای موفقیت‌آمیز اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز وجود دارد. اگر چه میزان توجه و سرمایه‌گذاری آن در صنعت نفت کمتر از صنایع دیگر بوده و هنوز راه دور و درازی در پیش دارد. در این مقاله چندین مورد از این نمونه‌های موفق و تاثیر آن در کاهش هزینه تجهیزات، نیروی انسانی و بهبود وضعیت تولید بررسی شده است. از جمله کاربردهای آن، استفاده در فرآیند فراآوری مصنوعی، بهینه کردن تولید نفت، افزایش عمر تجهیزات، بهبود عملکرد تجهیزات و بازرسی خطوط لوله و تاسیسات نفتی می‌باشد که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. با این حال، هنوز چالش‌های زیادی از جمله امنیت شبکه و اطلاعات در استفاده از این فناوری وجود دارد که البته این موضوع نباید روند رو به رشد استفاده از فناوری‌های جدید را در صنعت نفت متوقف نماید.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۰۷/۱۷

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۰۸/۱۹

تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۱۰/۲۶

واژگان کلیدی:

اینترنت اشیا، بهینه‌سازی تولید، فراآوری مصنوعی، بهبود عملکرد

مقدمه

صورت گیرد. در شکل-۱ سه بخش اصلی اینترنت اشیا نمایش داده شده که در مورد صنعت نفت و گاز نیز صدق می‌کند. از لحاظ فنی، اجزا و پارامترهای اصلی یک سیستم مبتنی بر اینترنت اشیا عبارتند از: هوش مصنوعی، اتصالات، حس‌گرها، مدیریت فعال و اشیای کوچک. وجود حس‌گرها باعث می‌شود که IoT از یک شبکه غیرفعال به شبکه‌ای فعال تبدیل شود. این کار در بستر هوش مصنوعی انجام می‌شود که به کمک الگوریتم‌های آن، هر جزیی از سیستم هوشمند شده و عملکرد آن بهبود می‌یابد [۴].

تاکنون در صنعت نفت چندان به اینترنت اشیا توجه نشده است و شاید بتوان ادعا کرد که صنعت نفت از این کاروان عقب مانده است. اما به دلیل چالش‌های بزرگ موجود در صنعت نفت و گاز که عمدتاً به علت استفاده از روش‌های قدیمی و ناکارآمد در مدیریت داده و مدیریت دارایی می‌باشد، استفاده از اینترنت اشیا در آینده مورد توجه گرفته و باعث تغییرات شگرفی در این صنعت خواهد شد. به‌عنوان نمونه جمع‌آوری داده‌ها از طریق حس‌گرهای مبتنی بر اینترنت اشیا

کاربرد فناوری‌های نوین در صنعت نفت باعث کاهش هزینه‌ها، افزایش ایمنی و بهبود تولید می‌شود. از جمله این روش‌ها، اینترنت اشیا می‌باشد که در این مقاله کاربردهایی از آن مورد بررسی قرار گرفته است.

اینترنت اشیا^۱ ارتباط حس‌گرها و دستگاه‌ها با شبکه‌ای است که از طریق آن می‌توانند با یکدیگر و با کاربرانشان تعامل کنند. این مفهوم می‌تواند به سادگی ارتباط یک گوشی هوشمند با تلویزیون یا به پیچیدگی نظارت بر زیرساخت‌های شهری و ترافیک باشد که بسیاری از دستگاه‌های اطراف ما را در برمی‌گیرد [۱]. به کمک اینترنت اشیا دستگاه‌های مختلف می‌توانند به هم متصل شده و با یکدیگر و با انسان تعامل کنند. به عنوان مثال، در صورتی که یخچال و محتویات داخل آن به اینترنت اشیا متصل شوند، می‌توان از موجودی و تاریخ انقضای اشیای موجود در یخچال باخبر شده و آنها را به طور مناسب مدیریت و کنترل نمود. به همین ترتیب می‌توان خانه‌ها، اتومبیل‌ها و کارخانه‌های هوشمند نیز داشت و همه اجسام را به این سیستم متصل نمود [۲].

در اینترنت اشیا، با استفاده از حس‌گرهای تعبیه شده در دستگاه‌ها، داده‌های موردنیاز گردآوری شده و متناسب با آنها اقدامات لازم صورت می‌گیرد. به عنوان مثال، می‌توان ساختمان‌ها را ذکر کرد که حس‌گرهای آن اطلاعات را دریافت کرده و دما و روشنایی آن به طور اتوماتیک تنظیم می‌شود و یا حس‌گرهایی که تجهیزات را به صورت مداوم پایش کرده و قبل از خرابی هشدار می‌دهند تا اقدامات لازم



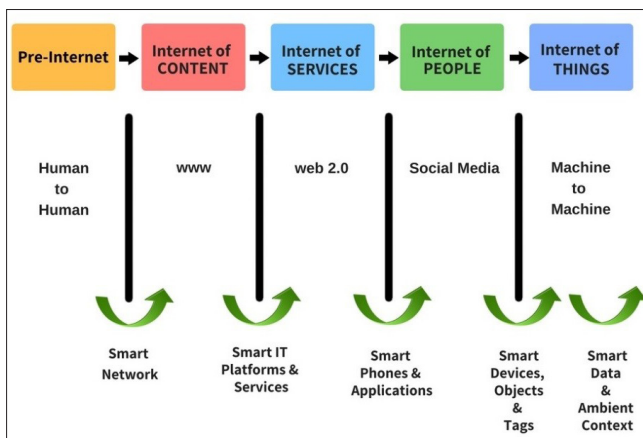
بخش‌های اصلی سیستم اینترنت اشیا [۳]

* نویسنده‌ی عهد‌دار مکاتبات (Jahanpeyma.Yaser@danaenergy.ir)

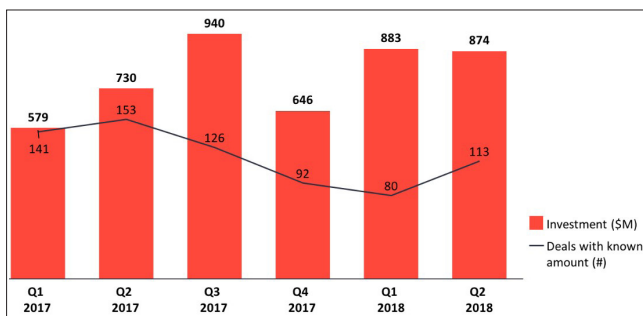
ABI تخمین زده است که تا سال ۲۰۲۰ بیش از ۳۰ میلیارد دستگاه به صورت بی‌سیم به اینترنت اشیاء وصل خواهند شد [۱۰].

بر اساس آمار موسسه IoT Analytics، در سال ۲۰۱۸ حدود ۲,۹ میلیارد دلار و در نیمه اول سال ۲۰۱۸ نزدیک به ۱,۷۵ میلیارد دلار در استارت‌آپ‌های مربوط به اینترنت اشیاء سرمایه‌گذاری صورت گرفته و پیش‌بینی شده که کل سرمایه‌گذاری سال ۲۰۱۸ به رقم ۳,۳ میلیارد دلار برسد. شکل ۳- میزان سرمایه‌گذاری و همچنین تعداد معاملات انجام شده در استارت‌آپ‌های اینترنت اشیاء را در سال ۲۰۱۷ و نیمه اول سال ۲۰۱۸ نشان می‌دهد.

شکل ۴- سهم حوزه‌های مختلف را از میزان سرمایه‌گذاری صورت گرفته در بخش اینترنت اشیاء در سال ۲۰۱۸ نشان می‌دهد. از بین کشورها بیشترین سرمایه‌گذاری در آمریکا صورت گرفته است. همچنین شهرهای هوشمند نسبت به سایر موارد سهم بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند. در این نمودار سهم صنعت نفت به‌طور خاص مشخص نشده است. اما مشخصاً سرمایه‌گذاری صورت گرفته در بحث اینترنت اشیاء در صنعت نفت کمتر از صنایع دیگر بوده و نیازمند توجه و سرمایه‌گذاری‌های گسترده است.



شکل ۲ | مراحل تکامل اینترنت اشیاء [۸]



شکل ۳ | میزان سرمایه‌گذاری و تعداد معاملات انجام شده در استارت‌آپ‌های اینترنت اشیاء [۱۱]

و تحلیل داده‌ها می‌تواند هزینه‌های استخراج نفت را کاهش دهد. این کار از طریق آپدیت کردن مداوم برنامه‌ها پس از دریافت داده‌های جدید صورت می‌گیرد. همچنین نظارت بر خطوط لوله و کشتی‌های حمل و نقل نفت از طریق سیستم اینترنت اشیاء می‌تواند باعث کاهش خسارات مالی و زیست‌محیطی شود.

Elmer در سال ۲۰۱۷ کاربردهایی از اینترنت اشیاء را در صنعت نفت مورد ارزیابی قرار داده و چند نمونه موفق اجرا شده را ذکر نموده است. از جمله این موارد می‌توان به بهبود عملکرد کمپرسورهای سه مرحله‌ای و بهینه کردن تعداد استروک‌های پمپ اشاره کرد. استفاده از این فناوری می‌تواند باعث کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد شرکت‌های اکتشاف و تولید نفت شود [۵].

در مقاله ای دیگر، تجربه موفق شرکت تات نفت^۴ روسیه در اجرای موفق پروژه اینترنت اشیاء در یکی از میادین نفتی ذکر شده که باعث مدیریت بهتر تولید نفت شده است. در حین فرآیند سیلاب‌زنی مخزن با آب^۵، اندازه‌گیری مداوم پارامترهای مرتبط، باعث بهبود تولید نفت شده است [۶].

باید توجه داشت در عین حال که استفاده از فناوری اینترنت اشیاء زندگی بشر را متحول کرده و مزایای فراوانی را با خود به ارمغان آورده، صنایع و کارخانه‌ها را در معرض حمله‌های اینترنتی قرار می‌دهد. از جمله این موارد می‌توان به حمله هکرها به کارخانه فولاد آلمان در سال ۲۰۱۴ اشاره کرد [۷].

این مقاله شامل چندین مطالعه موردی از کاربردهای موفق فناوری اینترنت اشیاء در صنعت نفت می‌باشد. همچنین در مورد مزایا و معایب آن بحث و بررسی صورت گرفته است. احتمالاً استفاده از این فناوری در آینده چهره تمام صنایع و از جمله صنعت نفت را به‌طور کلی تغییر داده و باعث کاهش هزینه‌ها و بازدهی بالاتر شود.

۱- روند توسعه و سرمایه‌گذاری در اینترنت اشیاء

اینترنت اشیاء جدیدترین نسل اینترنت است که می‌توان آن را اینترنت ماشین به ماشین^۶ نیز نامید. پیش از رسیدن به این مرحله، سه مرحله از حیات اینترنت طی شده که می‌توان آنها را به ترتیب اینترنت محتوا، اینترنت خدمات و اینترنت مردم نامید. در شکل ۲- مراحل تکامل اینترنت اشیاء به‌عنوان جدیدترین نسل اینترنت نشان داده شده است.

بر اساس آمار موسسه گارتنر، تا پایان سال ۲۰۱۷ بیش از ۸ میلیارد وسیله در جهان به اینترنت متصل بوده و پیش‌بینی می‌شود این عدد در سال ۲۰۲۰ به بیش از ۲۰ میلیارد برسد [۹]. تحقیقات

۲- مزایا و معایب اینترنت اشیا

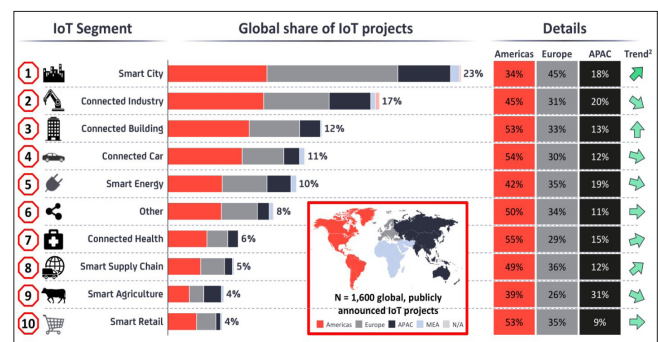
در صورتی که اینترنت اشیا در صنعت نفت مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند مزایای فراوانی داشته باشد که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- پایش تمام فرآیندهای مرتبط با مجموعه یا تأسیسات به‌منظور اطلاع از نواقص احتمالی یا تصمیم به بهبود
- صرفه‌جویی در زمان و هزینه
- تجمیع و تطبیق مدل‌های اقتصادی با دریافت اطلاعات آنلاین
- اتخاذ تصمیم‌های اقتصادی با کارایی بالاتر
- بهینه‌سازی تولید و خلق ارزش افزوده

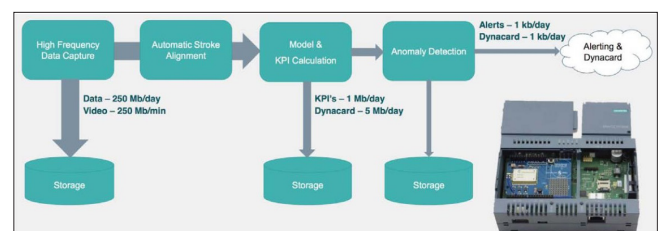
با وجود مزایای فراوان این فناوری، استفاده از آن ممکن است مخاطرات و ریسک‌هایی داشته باشد که مهم‌ترین آنها امنیت شبکه و اطلاعات می‌باشد. اتصال دائم میلیاردها وسیله به اینترنت، آنها را در معرض حمله هکرها قرار داده و ممکن است زیان‌های جبران‌ناپذیری به تأسیسات وارد کند. به همین دلیل لازم است که بحث امنیت شبکه کاملاً مورد توجه قرار گرفته و سیستم‌ها به‌طور مداوم ارتقا یابند.

۳- تأثیرات و کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت نفت

اینترنت اشیا در آینده چهره صنعت نفت و گاز را نیز همانند سایر صنایع دگرگون خواهد کرد. با کاهش قیمت نفت و پایین آمدن



شکل ۴ | سهم حوزه‌های مختلف از میزان سرمایه‌گذاری صورت گرفته در اینترنت اشیا در سال ۲۰۱۸ [۱۱]



شکل ۵ | ساختار طراحی شده توسط OMV جهت نظارت بر پمپ‌های کلی اسبی [۱۳]

حاشیه سود، شرکت‌های نفتی ناگزیر به کاهش هزینه‌های خود هستند. با استفاده از فناوری اینترنت اشیا می‌توان با کاهش نیروی انسانی مورد نیاز، کاهش زمان عملیات و کم کردن ریسک خطرات، اقدام به کاهش هزینه‌ها نمود. به‌طور خاص، ایمنی یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کارکنان صنعت نفت است که با استفاده از فناوری اینترنت اشیا، می‌توان خطراتی را که پتانسیل رخ دادن دارند، پیش از تبدیل آنها به خطرات یا مشکلات حاد مهار نمود.

شاید بتوان آنالیز و تصمیم‌گیری Real-Time را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت نفت و گاز عنوان نمود. دریافت آنلاین اطلاعات تولید و داده‌های دریافتی از تجهیزات و دارایی‌ها کمک می‌کند که با اتخاذ تصمیم‌های مناسب، بازدهی بهبود پیدا کند که حتی افزایش اندک آن می‌تواند تأثیر اقتصادی قابل توجهی بر روی پروژه داشته باشد. به عنوان مثال، شرکت‌ها می‌توانند در حین حفاری چاه‌های جدید، با دریافت همزمان و آنالیز داده‌های تولید چاه‌های مجاور به‌همراه داده‌های چاه در حال حفاری، استراتژی حفاری را تغییر داده و بدین‌وسیله تولید را ۶ تا ۸ درصد افزایش دهند. برای این کار بستری از اینترنت اشیا در چاه‌ها مورد نیاز است که حجم عظیم داده‌های دریافتی را به اطلاعات مفید و کاربردی تبدیل نماید.

در ادامه، چند مورد از کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت نفت ذکر شده است. یکی از چالش‌های موجود در این زمینه این است که شرکت‌هایی که در حال اجرای پایلوت یا کامل این مورد هستند، هنوز مایل نیستند نتایج کار خود را منتشر کنند و همین موجب شده بسیاری از جزئیات در دسترس نباشد.

۳-۱- فراآوری مصنوعی

یکی از کاربردهای ویژه اینترنت اشیا در فراآوری مصنوعی نفت می‌باشد که در ادامه دو نمونه اجرا شده آن مورد بررسی قرار گرفته است:

در سال ۲۰۱۶ هم‌زمان با کاهش قیمت نفت، شرکت OMV در میدان Matzen اتریش با کاهش میزان تولید روبه‌رو شد. این میدان دارای ۱۰۰۰ چاه در محدوده‌ای به وسعت ۲۴۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. ۴۷ درصد چاه‌های میدان دارای هشداردهنده‌ها و کنترل‌کننده‌های آنلاین هستند، اما ۵۳ درصد چاه‌ها که از نوع Stripper بوده و اغلب پمپ‌های کله‌اسبی^۷ بر روی آنها نصب شده، دارای هیچ‌گونه رابط آنلاین نبوده و برای چک کردن آنها، تنها بازدیدهای منظم دوره‌ای صورت می‌گیرد. بر مبنای تحلیل‌های OMV، سیستم اتوماسیون مبتنی بر اینترنت

خطوط لوله انتقال نفت در دلتای نیجر راه اندازی کرده است. برای این کار از همکاری شرکت شل با شرکت تولیدکننده تجهیزات Koncar، شرکت تأمین کننده تجهیزات ارتباطی Ingenu و شرکت خدمات فناوری Upland Consulting میسر شده است [۱۶]. هدف اصلی این است که در صورت وقوع مواردی از قبیل سرقت نفت، خرابکاری یا نشت خطوط لوله، بتوان محل دقیق نشتی را در کوتاه ترین زمان ممکن بدون دخالت انسان در این مناطق ناامن پیدا کرد.

دقیقا مشخص نیست که شل با نصب این تجهیزات چه قدر توانسته در هزینه های خود صرفه جویی کند. اما با توجه به اینکه در سال ۲۰۱۷ حدود ۱۰۰ کیلومتر از خطوط لوله شل در نیجریه مورد حمله های خرابکارانه قرار گرفته است، قطعاً استفاده از این تکنولوژی توانسته هزینه های نگهداری از خطوط لوله نفت را به شکل قابل ملاحظه ای کاهش دهد.

۳-۳- افزایش عمر تجهیزات

در صنعت نفت برای کاهش هزینه ها به خصوص در میدین دریایی، برخی تجهیزات بیش از عمر مفید خود مورد استفاده قرار می گیرند. برای مثال ممکن است عمر تجهیزات ۲۰ سال باشد، اما به مدت ۲۵ سال مورد استفاده قرار گیرد. اگر چه این کار ریسک عملیات را بالاتر می برد، اما به کمک تکنولوژی های نوین مثل اینترنت اشیا می توان به صورت مداوم از سلامت تجهیزات باخبر شده و استراتژی مناسب نگهداشت را تدوین نمود.

به عنوان نمونه، در یک پروژه دریایی که پمپ در حال خراب شدن بوده، به جای اندازه گیری مداوم پارامترهای فیزیکی مثل سایش روتور پمپ، پارامترهای غیرمستقیم از قبیل مقدار رو به افزایش مواد خنک کننده و روان کننده اندازه گیری شده و توسط اینترنت اشیا کنترل شده اند. با اندازه گیری این پارامترها می توان زمان تقریبی تعویض پمپ را تخمین زده و از توقف تولید نفت در اثر خراب شدن ناگهانی پمپ جلوگیری کرد. با این کار هزینه های مذکور از ۱۸ میلیون دلار به ۳ میلیون دلار کاهش یافته است [۱۷].

۳-۴- بهبود عملکرد تجهیزات

بررسی آنلاین داده های دریافتی از تجهیزات نفت و گاز و آنالیز آنها باعث بهبود عملکرد و اطمینان نسبت به صحت کارکرد آنها (پیش از بازدیدهای دوره ای) می شود. با آنالیز داده های دریافتی از حس گرها مانند اطلاعات دما، فشار و نرخ جریان می توان متوجه تغییرات در شرایط عملیاتی دستگاه ها و عدم تطابق عملکرد واقعی

اشیا، نسبت به سایر روش ها مثل سامانه اسکادا^{۱۱} یا DCS^{۱۲} می تواند هزینه کمتر و بازدهی بالاتری در نظارت دائمی بر عملکرد پمپ های کله اسبی برای بهینه کردن تولید داشته باشد. این کار برای اولین بار و به صورت پایلوت با موفقیت اجرا شده که در شکل ۵-۵ مراحل آن نمایش داده شده است [۱۲].

به کمک ساختار طراحی شده، کاربر می تواند:

■ اطلاعات حس گرها را به صورت Real time از چاه، جریان برق، فشار و .. مشاهده کند.

■ مقادیر حداقل و حداکثر را برای پارامترهای اندازه گیری شده تعیین کند تا در صورت تجاوز از آن محدوده، پمپ یا وسیله مربوطه خاموش شود.

■ چرخه های مشخصی را برای نظارت بر پمپ کله اسبی تعیین کند. در مجموع پروژه اجرا شده از جهات مختلف مانند افزایش بازده، کاهش زمان های توقف تولید و افزایش امنیت میدان برای شرکت OMV حائز اهمیت بوده، باعث کاهش هزینه های مختلف شرکت از جمله هزینه تعمیرات و نظارت گردید.

مثال دوم از کاربرد اینترنت اشیا در فرآوردی مصنوعی، بهینه کردن تعداد استروک های پمپ می باشد. سرعت کمتر استروک پایین نسبت به استروک بالا، باعث بهبود عملکرد پمپ در چاه های افقی می شود. برای این کار استفاده از روش های یادگیری ماشین^{۱۳} مورد نیاز است که این مورد با آنالیز عملکرد چند ساعته پمپ جهت بهینه کردن سرعت آن قابل تحقق می باشد. بر اساس مطالعه ای که روی ۸۰ چاه سه میدان انجام شد، بهینه سازی استروک های پمپ می تواند ضمن حفظ تولید نفت، تعداد استروک ها را تا ۴۰ درصد کاهش دهد [۱۴].

در این مطالعه موردی که در مورد یک میدان دریایی^{۱۱} انجام شده است، حس گرهایی روی بدنه پمپ نصب شده تا سرعت روتور پمپ و دمای Bearings به سیستم مدیریت میدان ارسال شده، آنالیز لازم به صورت Real time انجام شده و نتایج در مرورگر وب نمایش داده شوند (که بدین معنی است که کاربر نیاز به نصب نرم افزار خاصی ندارد). بر مبنای آنالیز انجام شده تصمیمات لازم گرفته می شود که تنظیمات پمپ مثل تعداد استروک های آن تغییر کند و یا اینکه پمپ تعمیر شود [۱۵].

۳-۲- پایش خطوط لوله

شرکت شل^{۱۲} نمونه ای از اینترنت اشیا را برای مانیتور کردن

هزینه‌ها می‌باشد. با استفاده از این فناوری می‌توان خطوط لوله و تأسیسات نفت و گاز را به صورت دائم پایش کرده و قبل از بروز اشکال یا حادثه از آن جلوگیری کرد. همچنین استفاده از آن در فرآیندهای فرازآوری نفت (چه با پمپ و چه استفاده از گاز برای فرازآوری)، می‌تواند باعث بهینه کردن تولید نفت شود. پیشنهاد می‌شود سایر کاربردها و نمونه‌های موفق آن در دنیا ارزیابی شده تا پس از مهیا شدن بسترها و زیرساخت‌های لازم، در صنعت نفت ایران نیز مورد استفاده قرار گیرد. هر چند تاکنون استفاده از این فناوری در صنعت نفت نسبت به صنایع دیگر بسیار کمتر بوده، اما استفاده از این فناوری به خصوص توسط شرکت‌های اکتشاف و تولید می‌تواند در مدیریت هر چه بهتر میادین نفت و گاز موثر باشد. در عین حال این شرکت‌ها در صورت استفاده از فناوری اینترنت اشیا، باید توجه ویژه‌ای به امنیت شبکه و اطلاعات داشته باشند، چرا که اتصال همه دستگاه‌ها و تجهیزات به اینترنت باعث می‌شود که در مقابل حملات و ویروس‌های اینترنتی آسیب‌پذیرتر شوند. ■

با عملکرد اسمی آن شد. تشخیص سریع شرایط غیرعادی تجهیزات باعث می‌شود که دوره‌های خرابی تجهیزات طولانی‌تر شده و میزان خسارات کمینه شود. شرکت BP به‌همراه General electric بستری را در قالب اینترنت اشیا فراهم نموده که به کمک آن تعداد خرابی و توقف در عملیات دریایی کاهش می‌یابد [۱۸].

نتیجه‌گیری

سیستم اینترنت اشیا، تنها یک سامانه اسکادای ارتقا یافته نیست، بلکه سیستم‌های اختصاصی هزینه‌بر را با یک سیستم دسترسی باز^{۱۳} ارزان‌تر جایگزین می‌کند. با این حال هنوز در بسیار موارد، توجهی چندانی به سیستم اینترنت اشیا نشده و در عوض ترجیح داده می‌شود که سیستم‌های فعلی بهبود یابد. مطالعه مواردی که در این مقاله بررسی شده است، نخستین گام برای آشنایی با اینترنت اشیا و استفاده از آن در سایر قسمت‌های صنعت نفت و گاز جهت بهبود کارایی، افزایش تولید و کاهش

پانویس‌ها

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Internet of Things (IoT) | 8. SCADA |
| 2. Strokes | 9. Distributed Control System |
| 3. Exploration & Production (E&P) | 10. Machine Learning |
| 4. Tatneft | 11. Offshore |
| 5. Water Flooding | 12. Shell |
| 6. Machine to Machine | 13. Open Source |
| 7. Sucker Rod Pump | |

منابع

- [1] <https://www.businessinsider.com/internet-of-things-devices-applications-examples-20168->
- [2] <https://falnic.com/blog/what-is-the-internet-of-things.html>
- [3] <https://www.itna.ir/news/52614>
- [4] https://www.tutorialspoint.com/internet_of_things/internet_of_things_overview.htm
- [5] Elmer, William G. "Artificial Lift Applications for the Internet of Things." SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers, 2017.
- [6] Khisamov, R. S., et al. "Creation of the 'Internet of things' in crude oil production (Russian)." Oil Industry Journal 2017.10 (2017): 120124-.
- [7] Loomis, David, and Brian Wohnsiedler. "The Internet of Things (IoT) - Opportunities and Risks." ASSE Professional Development Conference and Exposition. American Society of Safety Engineers, 2015.
- [8] <https://www.quora.com/What-is-the-Internet-of-things-What-are-its-benefits>
- [9] <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/201707--02-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-up-31-percent-from-2016>
- [10] <https://www.abiresearch.com/press/more-than-30-billion-devices-will-wirelessly-conne/>
- [11] <https://iot-analytics.com/>
- [12] Desroches, Louis, et al., Unlocking the potential of IoT for beam pump surveillance in mature oil fields, Presented at IoT solution world congress, Barcelona, 35- October, 2017.
- [13] Flichy, Philippe, and Claude Baudoin. "The Industrial IoT in Oil & Gas: Use Cases." SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers, 2018.
- [14] Elmer, William G. "Artificial Lift Applications for the Internet of Things." SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers, 2017.
- [15] Johnsrud, Per Christian, Kyrre Tømmerberg, and Marius Haaverstad. "Improved Operation of Subsea Boosting Systems through Advanced Condition Monitoring and Data Analytics." Offshore Technology Conference. Offshore Technology Conference, 2018.
- [16] Tomas, Juan Pedro, Industrial IoT case study: Shell uses the IoT for pipeline monitoring Enterprise IoT Insights, 2017.
- [17] Murray, John, and Klas Eriksson. "Data Management and Digitalisation: Connecting Subsea Assets in the Digital Space." Offshore Technology Conference. Offshore Technology Conference, 2018.
- [18] <https://hbr.org/sponsored/201506/big-data-and-big-oil-ges-systems-and-sensors-drive-efficiencies-for-bp>